

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades
Informe de trabajo de los profesores de tiempo completo
para el periodo 2022-2023



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 2022-2023

2.1. ÁREA BÁSICA

Perfil de enseñanza:

Horario de clase:	Lun, Mie y Vie 13-19 hrs
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 el curso de Física II
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 2022-2023.	
Campo 3. Diseño y elaboración de materiales didácticos impresos y digitales pertinentes a los Programas de Estudio vigentes	



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

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
PLANTEL SUR
JEFATURA DE SECCIÓN
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
24/07/2023

RECIBIDO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA
05/12/2023

REVISADO



Periodicidad y horario de las reuniones:

Quincenales, los martes de 13 a 15 hrs





COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/6967/2022

Número de Acta: CT/CCH/22/2022

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



MONTOYA GASCA MIGUEL
PROFESOR DE CARRERA TITULAR "C" DE TIEMPO COMPLETO DEFINITIVO
PLANTEL SUR
ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES
P R E S E N T E

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 2022-2023 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 17 de mayo de 2022, tomó el siguiente:

ACUERDO

Considerar Aceptado su Proyecto de Trabajo 2022-2023:
Área Básica del 08/08/2022 al 06/08/2023. Área Básica Enseñanza
Área Complementaria del 08/08/2022 al 06/08/2023. 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 EL CURSO DE FÍSICA II*
Producto: *Cuaderno de trabajo*

Fundamentación:

Su Proyecto de Docencia 2022-2023 SE ACEPTA porque:

- Presenta la planeación general de las principales actividades que realizarán el profesor y los alumnos durante el curso de las asignaturas Física I y II
- Describe la evaluación diagnóstica que realizará para conocer 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 2022-2023 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 o actividad, atenderá el propósito general del Campo de Actividad seleccionado.
- Incluye la actividad y/o producto que se compromete a desarrollar de acuerdo con las definiciones institucionales.





COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
CONSEJO TÉCNICO



OFICIO CCH/CT/6967/2022

Número de Acta: CT/CCH/22/2022

Asunto: Notificación sobre Proyecto de Trabajo



- 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., 6 de diciembre de 2022.

LA SECRETARIA DEL CONSEJO

MTRA. SILVIA VELASCO RUIZ



Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

Ficha de identificación del proyecto de trabajo de los profesores de tiempo completo para el periodo 2022-2023



1. DATOS GENERALES

Nombre:	MONTTOYA 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:

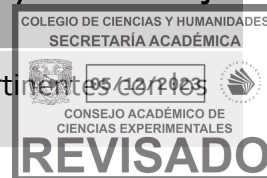
Horario de clase:	Lun, Mie y Vie 13-19 hrs
Asignatura en la cual desarrollará su proyecto de enseñanza:	· Física I · Física II

2.2. ÁREA COMPLEMENTARIA

Perfil de enseñanza o comisionado:

Título completo del proyecto:	Cuaderno de trabajo para el curso de Física II
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 2022-2023.	
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



24/07/2023



RECIBIDO

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA



05/12/2023



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:		Quincenales, los martes de 13 a 15 hrs	



**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 II**

Período: Ciclo Escolar 2022-2023

**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. Antonino Jacobo Gómez García, Profr. Titular B Def.
Fís. Manuel Alfonso Cortina López, Profr. Asig. 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, Profr. Asoc. B M.T. a Contrato

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



Agosto 08, 2022



Índice

1. Propuesta general

a) Introducción

- Campo de actividad 3
- Objetivos 3
- Fundamentación del proyecto 3
- Alcances del proyecto 4

b) Atención al propósito general del Campo III: Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes.

- Explicación de la atención del campo de actividad elegido 4

c) Producto y su descripción 5

- Actividades por desarrollar 5

d) Resultados esperados del proyecto considerando la pertinencia, calidad y trascendencia de la actividad o producto 5

e) Cronograma de actividades 6

- Organización del trabajo 6

- Etapas del proyecto 6

➤ Periodicidad y horario de las reuniones 7

f) Actividades que realizar por parte de cada uno de los integrantes del seminario 7

g) Recursos humanos y materiales viables 8

- Viabilidad del proyecto 8

2. Fuentes consultadas

3. Anexo de cartas compromiso



1. PROPUESTA GENERAL

a) INTRODUCCIÓN

La actualización de los Programa de Física I y II 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 I y II. 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 planea elaborar un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física II 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 2022-2023 es la elaboración de Cuaderno de Trabajo para el curso de Física II, el cual pertenece al Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos 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 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 II, cabe mencionar que es importante considerar la adecuación de las actividades para los ambientes presenciales, no presenciales o mixtos.

OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física II, 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 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. 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 II con el fin de orientar y facilitar el desarrollo del curso de acuerdo con el programa vigente de la asignatura de Física II, 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 mixtos.

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 II, las cuales formarán 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 CAMPO III A TRAVÉS DEL PRODUCTO O ACTIVIDADES

En el actual proyecto se elaborará un cuaderno de trabajo para el curso de Física II, 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 **atende el Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos 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**

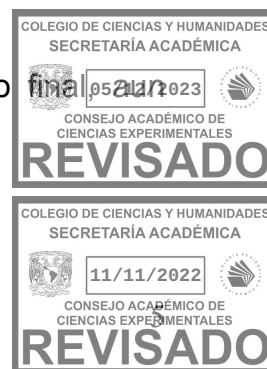
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PRODUCTO.

- **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.
- Hacer una revisión de las Guías para el Profesor, con el fin de seleccionar las actividades que se consideren adecuadas.
- Abrir canales de comunicación con los profesores que imparten la asignatura de Física II 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 final 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 II, dicha actividad pertenecen al Campo III, Diseño y elaboración de materiales didácticos pertinentes con los programas de estudio actualizados, es decir el trabajo que se piensa realizar es **pertinente**, ya que es 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 II, y con el nivel educativo. El producto por obtener, cuaderno de trabajo para el curso de Física II, 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 II.

e). CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Organización del trabajo

El presente proyecto será desarrollado por el grupo de profesores integrantes del *Seminario Curricular de Física*, donde el coordinador del seminario orientará las actividades de los profesores integrantes. Las actividades estarán enmarcadas en los aprendizajes y contenidos temáticos del Programa de Estudios Actualizados de Física II.

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 II. 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 II.
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 mixtos.



6. Revisión de la presentación de las actividades del cuaderno de trabajo, así como su edición.
7. Elaboración del informe de actividades de proyecto.



Etapa	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.

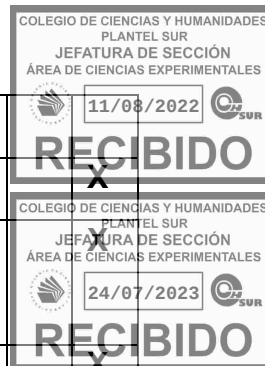
Con base en la metodología de trabajo y el desarrollo de las etapas antes mencionadas, los compromisos y responsabilidades de los integrantes del seminario son los siguientes:

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
Antonino Jacobo Gómez García	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	x	X	x	x	x				x		x			X



Hernández Rodríguez														
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
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 II.
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 II.

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 II.
- Estrategias y/o actividades de los integrantes del seminario.



- Guía para el profesor de Física II, elaborada por el Seminario Curricular de Física.
- Computadora, Impresora, Scanner y Videoprojector.
- 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 II.
- 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 II 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 I y II*. 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. (2021). 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 17 de mayo de 2022*. 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. REA. (1990). *Optics*. U.S.A.: Ed. Research and Education Association.
9. Resnick, R. (1981). *Conceptos de Relatividad y Teoría Cuántica*. México: Editorial LIMUSA.
10. 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
PRESENTE



Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, 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 Curso de Física II 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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

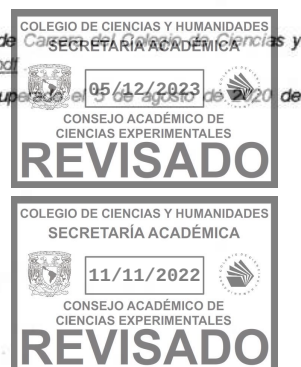
Atentamente

Cd. Mx., a 08 de Agosto de 2022

Nombre y Firma del profesor(a): MANUEL ALFONSO CORINA LOPEZ Yanner (Firma)
RFC: COLM 700526 TAO
Plantel de adscripción: CCH SUR
Profesor de ☒ 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 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
PRESENTE

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, 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 Curso de Física II 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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

Atentamente

Cd. Mx., a 01 de Julio de 2022

Nombre y Firma del profesor(a): Eduardo Abraham Escárcega Pliego

RFC: EAPE6A1009D49

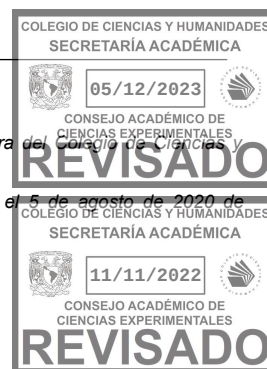
Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de ☒ (X) 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 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
PRESENTE

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, 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 Curso de Física II 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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

Atentamente

Cd. Mx., a 01 de Julio de 2022

Nombre y Firma del profesor(a): Ismael Hernández Rodríguez

RFC: HERI551115CX7

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de ☐ Asignatura ☒ 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 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
PRESENTE

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de Trabajo para Curso de Física II **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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

Atentamente

Cd. Mx., a 02 de Agosto de 2022

Nombre y Firma del
profesor(a):

Ismael Rivera Jiménez

RFC: RIJI600414

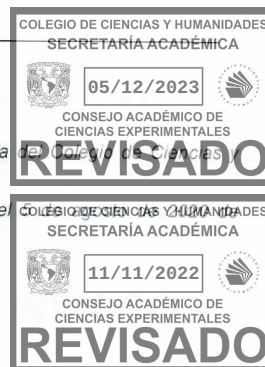
Plantel de adscripción: CCH SUR

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 de Ciencias Experimentales*. 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 3 de marzo 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
PRESENTE

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de Trabajo para Curso de Física II 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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

Atentamente

Cd. Mx., a 01 de Julio de 2022

Nombre y Firma del profesor(a):

RFC:

Javier Rodríguez Hernández
ROHJ56114EC9

Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de

☒ 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 de Ciencias Experimentales*. 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
PRESENTE

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, 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 Curso de Física II 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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

Atentamente

Cd. Mx., a 31 de Julio de 2022

Nombre y Firma del
profesor(a):

José Antonio Rodríguez Palacios

RFC: ROPA620509NX8

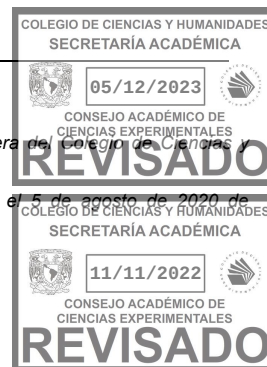
Plantel de adscripción: CCH SUR

Profesor de (X) 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
PRESENTE

Por este medio, manifiesto mi decisión de participar **voluntariamente** durante el ciclo escolar 2022-2023, en el Grupo de Trabajo Seminario Curricular de Física, Alberto Vázquez Rodríguez y Miguel Montoya Gasca, cuyo producto o actividad es: Cuaderno de Trabajo para Curso de Física II **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 **14 de octubre de 2022** de acuerdo con el calendario del *Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023*.

Atentamente

Cd. Mx., a 01 de Julio de 2022

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" M.T. a contrato

¹ "Glosario de Términos" del. *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera por el 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
PLANTEL SUR**

ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

**CUADERNO DE TRABAJO
FÍSICA II**

**ELABORADO POR:
SEMINARIO CURRICULAR DE FÍSICA
CCH SUR**

Alberto Vázquez Rodríguez (Coordinador)

Miguel Montoya Gasca (Coordinador)

Raúl Meléndez Venancio

J. Manuel Cruz Cisneros

Antonino Jacobo Gómez García

Manuel Alfonso Cortina López

Eduardo Abraham Escárcega Pliego

Ismael Hernández Rodríguez

Ismael Rivera Jiménez

Javier Rodríguez Hernández

José Antonio Rodríguez Palacios

Andrés Roberto Sánchez Ornelas

2022-2023



INFORME DE APOYO A LA DOCENCIA

1. Propuesta general:

a) Introducción



El producto o actividad que se desarrolló en el ciclo escolar 2022-2023 fue la elaboración de un Cuaderno de Trabajo para la asignatura de Física II el cual pertenece al Campo III **Diseño y Elaboración de Materiales Didácticos Pertinentes con los Programas de Estudio Vigentes.**

Este campo de actividad tiene el propósito de fortalecer la puesta en práctica de los Programas de Estudio Actualizados de las asignaturas de tercer y cuarto semestres.

El objetivo particular de este trabajo fue analizar los aprendizajes de Física II. Esta actividad permitió a los profesores de carrera y asignatura participantes tener un panorama completo del estudio de la Física en el Bachillerato con lo que se detectaron algunos conceptos fundamentales que deben fortalecerse para que los alumnos transiten de manera fluida y clara por todas las asignaturas de Física, desde I hasta IV.

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 II.

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



Objetivo General

Se elaboró un Cuaderno de Trabajo para el curso de Física II, 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 II, 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 2022-2023, de manera presencial,. 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.

El Seminario Curricular de Física elaboró el Cuaderno de Trabajo para el curso de Física II, 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:

El producto a obtener fue un Cuaderno de Trabajo para la materia de Física II, se realizó la revisión de los aprendizajes durante el primer semestre, se empezaron a plantear algunas actividades, entre ellas la búsqueda de información adecuada en internet así como páginas que brindaran un apoyo visual y suplir la falta de laboratorio. Así fue como se obtuvo un cuaderno que se trato de que mantuviera un equilibrio entre el tiempo destinado a cada aprendizaje así como en la cantidad de actividades como preguntas para discusión, prácticas virtuales y lecturas guiadas.

El Seminario Curricular de Física se elaboró el Cuaderno de Trabajo 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 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.



c) Explicación sobre cómo se atendió el propósito general del Campo de Actividad seleccionado.

El proyecto atiende el Campo III “Diseño y elaboración de materiales didácticos 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 II, con el 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 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 los productos indicando su calidad y trascendencia.¹

En el presente proyecto se elaboró un cuaderno de trabajo para el curso de Física I, dicha actividad pertenecen al Campo III, Diseño y elaboración de materiales didácticos 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 II, y con el nivel educativo.

El producto obtenido, cuaderno de trabajo para el curso de Física II, 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 mejoraron la enseñanza de la asignatura de Física II, debido a que son el producto de la



planeación del curso de Física II realizada colegiadamente por los integrantes del seminario.



Otro aspecto, es la gradación de los ejemplos y ejercicios, por ejemplo para la fuerza y el campo eléctrico, se plantearon primero para cargas individuales, luego para dos y tres cargas alineadas, todo lo anterior para resaltar el carácter vectorial de los conceptos y finalmente se planteó un ejemplo para tres cargas no alineadas.

También se procuró que hubiera diagramas, esquemas, para una mejor explicación como los brindados en las animaciones de la Universidad de Colorado. Todo lo anterior consideramos que ayudó para lograr una buena **calidad y trascendencia** en las actividades de los alumnos. Cabe aclarar que el efecto va para los alumnos regulares, es decir, alumnos que se conectaron regularmente y entregaron todas sus actividades en el tiempo solicitado.

- 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.** 

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.



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.

Se asignó un aprendizaje a cada integrante del grupo de trabajo para que lo analizará y por supuesto que tenían puerta abierta para analizar más aprendizajes. Después tenían la tarea de buscar información en internet para apoyar la temática. Los profesores participantes **cumplieron su compromiso así como también lo hicieron con su asistencia a las reuniones que se les solicitó.**

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.

Las actividades didácticas experimentales se llevaron a cabo en línea, utilizando simuladores y videos, ya que no fue posible reunirnos en el aula laboratorio.

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 II.
- 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 el Coordinador del Seminario

- 1) Planeó las reuniones de trabajo



- 2) Calendarizó las reuniones de trabajo
- 3) Tomó la asistencia de los integrantes asistentes a las reuniones de trabajo.
- 4) Elaboró las relatorías o minutas de cada reunión de trabajo.
- 5) Organizó e integró diversas actividades para el buen funcionamiento del trabajo académico del seminario.
- 6) Contribuyó a la formación de los profesores de asignatura asistentes al seminario.
- 7) Analizó y evaluó los resultados parciales.
- 8) Elaboró el informe del seminario del proyecto del área complementaria.
- 9) Elaboró el informe de la coordinación.
- 10) Participó en la reflexión sobre el valor y sentido de las diversas actividades realizadas.
- 11) Propuso soluciones a los problemas que se detectaron.



Las reuniones se realizaron cada dos semanas, con una duración de 2 horas, los martes de 13 a 15 horas de manera presencial y/o los miércoles de 8 a 10 P.M. de manera virtual.

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
Alberto Vázquez Rodríguez	X	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	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			
Antonino Jacobo Gómez García	X	X	X	X	X		X				X	X			
Ismael Rivera Jiménez	X	X	X	X	X		X					X			



Ismael Hernández Rodríguez	X	X	X	X	X		X					X			X
Jesús Manuel Cruz Cisneros	X	X	X	X	X		X				X	X			X
Javier Rodríguez Hernández	X	X	X	X	X		X					X			X
Eduardo Abraham Escárcega Pliego	X	X	X	X	X		X					X			X
José Antonio Rodríguez Palacios	X	X	X	X	X		X					X			X
Manuel Alfonso Cortina López	X	X	X	X	X		X					X			X
Andrés Roberto Sánchez Ornelas	X	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 II.
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 II.

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.

Asistencia a las reuniones de trabajo grupal y sesiones experimentales		
Profesor	% Asistencia	Desempeño
Alberto Vázquez Rodríguez	100%	Satisfactorio
Miguel Montoya Gasca	100%	Satisfactorio
Raúl Meléndez Venancio	100%	Satisfactorio
Jesús Manuel Cruz Cisneros	100%	Satisfactorio
Antonino Jacobo Gómez García	100%	Satisfactorio
Ismael Rivera Jiménez	100%	Satisfactorio
Ismael Hernández Rodríguez	100%	Satisfactorio
Javier Rodríguez Hernández	100%	Satisfactorio
E. Abraham Escárcega Pliego	100%	Satisfactorio
José Antonio Rodríguez Palacios	100%	Satisfactorio
Manuel Alfonso Cortina López	100%	Satisfactorio
Andrés Roberto Sánchez Ornelas	100%	Satisfactorio

f) Evaluación global del grupo de trabajo y una reflexión sobre su funcionamiento y desempeño. [1]
[SEP]

El grupo de trabajo estuvo formado por cinco profesores de carrera y seis de asignatura. Se eligió 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 recopilaban los materiales didácticos, elaborados por el seminario, que se utilizaron en la elaboración del cuaderno de trabajo para el curso de Física II, orientando diversas actividades hacia el uso de las TIC, y también al laboratorio. 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 considero que se realizaron actividades relevantes tales como: la formación de profesores, la elaboración de actividades o estrategias didácticas para la asignatura de Física II y la organización e integración de diversas actividades que permitieron un buen trabajo académico.



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

- 1) CCH. (22 de Mayo de 2022). Cuadernillo de Orientaciones 2022-2023. Gaceta CCH, Suplemento, 23-42.
- 2) CCH. (3ª Versión 2008). Protocolo de Equivalencias para el Ingreso y la Promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades. Gaceta CCH, 23.
- 3) Díaz Barriga, Frida. (2010). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México: Ed Mc Graw Hill.
- 4) Einstein Albert-Infeld Leopold.(1986). La evolución de la Física. España Salvat, Barcelona.
- 5) Mondragón Alfonso.(199). Manuel Sandoval Vallarta y la Física en México. México, Revista Ciencias, UNAM. Enero-Marzo de 1999.
- 6) Maudlin, Tim.(2012). *Filosofía del Espacio Tiempo*. USA: Princeton University Press.



2. 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	Asistencia
Alberto Vázquez Rodríguez	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	100%
Miguel Montoya Gasca	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%
Ismael Rivera Jiménez	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%
Ismael Hernández Rodríguez	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%
Javier Rodríguez Hernández	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%
José Antonio Rodríguez Palacios	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%
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. Miércoles 10 de agosto de 2022
2. Miércoles 24 de agosto de 2022
3. Miércoles 7 de septiembre de 2022
4. Martes 20 de septiembre de 2022
5. Miércoles 5 de octubre de 2022
6. Martes 18 de octubre de 2022
7. Jueves 3 de noviembre de 2022
8. Miércoles 16 de noviembre de 2022
9. Miércoles 30 de noviembre de 2022
10. Miércoles 25 de enero de 2023
11. Miércoles 8 de febrero de 2023
12. Miércoles 22 de febrero de 2023
13. Miércoles 8 de marzo de 2023
14. Miércoles 22 de marzo de 2023
15. Miércoles 12 de abril de 2023
16. Miércoles 19 de abril de 2023



**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 2023-1 y la segunda etapa durante el semestre 2023-2. En la primera etapa los integrantes del seminario analizaron el programa de Física II, establecieron las formas de trabajo de los integrantes del seminario, así como establecieron 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 II, de preferencia las que fueron elaboradas como productos del seminario. Se implementaron las diversas actividades didácticas para Física II, 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 II. En la segunda etapa se elaboró el Cuaderno de Trabajo para el curso de Física II, se realizaron las modificaciones o ajustes finales que se sugirieron como resultado de la experiencia grupal. Se elaboró el informe del seminario y de la coordinación.



MINUTAS DE LA PRIMERA ETAPA

Minuta 1

Fecha miércoles 10 de agosto de 2022

Orden del día:

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

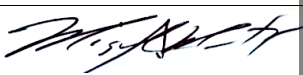
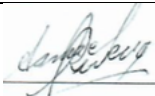
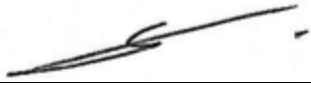
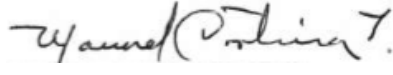
Se discutió el proyecto en el marco del programa de la asignatura de Física II y se revisaron materiales didácticos para la unidad I con el fin de proponerlos para la parte inicial de la asignatura de Física II. Se revisaron las características del cuaderno de trabajo, así como la presentación de las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

Se planteó la necesidad de comunicarnos vía internet debido a las dificultades que trajo consigo la pandemia y a la diferencia de horario de los integrantes del seminario, de hecho, se abrió un grupo para el Seminario en TEAMS y una carpeta ahí mismo tanto para comunicarnos como para vaciar la información que nos intercambiamos.

Tareas:

1. Investigar materiales didácticos adicionales para la unidad uno "Electromagnetismo. Principios y Aplicaciones".
2. Diseñar estrategias didácticas para abordar los aprendizajes y sus instrumentos de evaluación.



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



Minuta 2

Fecha: miércoles 24 de agosto de 2022

Orden del día:

1. Presentación y discusión de los materiales didácticos para la unidad uno de Física II “Electromagnetismo. Principios y Aplicaciones”.
2. Discusión de las estrategias didácticas y sus instrumentos de evaluación.

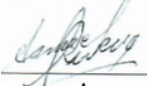
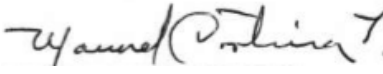
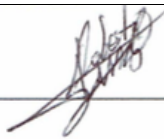
Todos los integrantes presentaron los materiales didácticos consultados y se seleccionaron los más adecuados para la unidad I de la asignatura de Física II.

Se comentaron algunas experiencias al abordar la primera unidad. Algunos profesores consideran que, aunque se lleve un poco de más tiempo, la primera unidad es muy importante dentro de la Física y conviene abordarla con cuidado y completa.

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

Tareas: Seleccionar actividades didácticas que se tengan ya elaboradas para la unidad dos “Ondas: mecánicas y electromagnéticas”.



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



Minuta 3

Fecha miércoles 7 de septiembre de 2022

Orden del día:

1. Presentación y discusión del material didáctico, seleccionado para la unidad dos “Ondas: mecánicas y electromagnéticas”.
2. Presentación y discusión de los métodos para sistematizar la información.

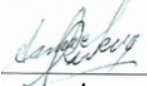
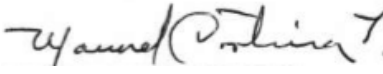
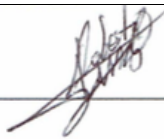
Se seleccionaron ciertas actividades didácticas para Física II que ya se tenían elaboradas con el fin de implementarlas en los grupos. Asimismo, se diseñó un formulario o encuesta para sistematizar la información que se fuera obteniendo en la implementación de las diversas actividades e instrumentos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



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



Minuta 4

Fecha martes 20 de septiembre de 2022

Orden del día:

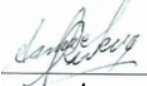
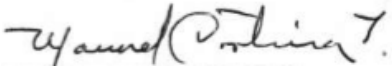
1. Presentación de actividades didácticas contempladas acerca de fenómenos ondulatorios, para la unidad dos de Física II.

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

Tareas

1. actividades didácticas para abordar Mecánica Cuántica.
2. Formas de evaluación para Mecánica Cuántica.



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



Minuta 5

Fecha miércoles 5 de octubre de 2022

Orden del día:

1. Presentación de actividades didácticas de la unidad dos fenómenos ondulatorios.
2. Presentación de formas de evaluación para las actividades didácticas de la unidad dos “Ondas: mecánicas y electromagnéticas”

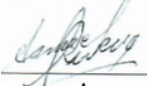
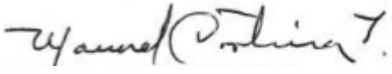
Se presentaron avances de actividades didácticas, así como del diseño de instrumentos de evaluación para la unidad dos, ondas mecánicas.

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. Experiencias en actividades didácticas para la unidad tres “Introducción a la Física Moderna y Contemporánea”. Primera Parte: Física Cuántica
2. Diseño de los instrumentos de evaluación acerca de Física Cuántica.



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



Minuta 6

Fecha martes 18 de octubre de 2022

Orden del día:

1. Presentación del avance de la planeación de las actividades didácticas de la unidad tres “Introducción a la física moderna y contemporánea”. Primera Parte, Física Cuántica.
2. Presentación del avance de la planeación de los instrumentos de evaluación para las actividades didácticas de la unidad tres “Introducción a la física moderna y contemporánea”. Primera Parte, Física Cuántica.

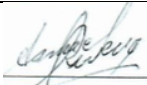
Se presentaron los avances acerca de la planeación de las actividades didácticas, así como de los instrumentos de evaluación para la unidad tres.

Se discutió acerca de la secuencia para la unidad tres, se revisaron los aprendizajes previos que debe saber el alumno para abordar de la mejor manera este nuevo enfoque de la Física Moderna.

Tareas.

1. Implementación de las actividades didácticas para la unidad tres “Introducción a la física moderna y contemporánea”. Segunda parte, Relatividad.
2. Diseño de ejercicios y problemas adecuados para la comprensión del tema.



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



Minuta 7

Fecha jueves 3 de noviembre de 2022

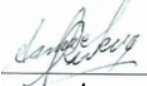
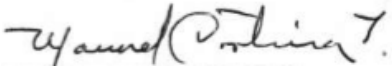
Orden del día:

1. Presentación de experiencias didácticas de la unidad tres “Introducción a la Física Moderna y Contemporánea”. Segunda parte, Relatividad.
2. Presentación del avance de preguntas conceptuales, ejercicios y problemas para la evaluación del tema Relatividad Especial y General de la unidad tres “Introducción a la Física Moderna y Contemporánea”.
3. Se revisaron los aprendizajes y estrategias propuestas en el programa de estudios.

Tarea:

1. Revisión de las actividades didácticas para la unidad tres “Introducción a la Física Moderna y Contemporánea”. Tercera parte, Radiactividad y Física Nuclear.
2. Revisión de los aprendizajes y ejemplos de preguntas y problemas para evaluar la tercera parte de la Unidad III de Física II..



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



Minuta 8

Fecha miércoles 16 de noviembre de 2022

Orden del día:

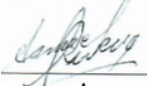
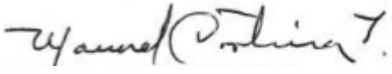
1. Discusión de las actividades didácticas de la unidad tres “Introducción a la Física Moderna y Contemporánea”. Tercera Parte, radiactividad y física nuclear
2. Presentación de ejemplos de preguntas conceptuales y ejercicios para cubrir los aprendizajes del programa y evaluar para las actividades didácticas de la unidad tres “Introducción a la Física Moderna y Contemporánea”. Tercera Parte.

Se revisaron los materiales que presentaron los profesores acerca de las actividades didácticas, así como preguntas y problemas para la evaluación del tema, de la unidad tres. También se reflexionó acerca de la problemática de las tres unidades de la asignatura de Física II y cómo mejorar los materiales para dichas unidades.

Tarea:

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



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



MINUTAS DE LA SEGUNDA ETAPA

Minuta 9.

Fecha miércoles 30 de noviembre de 2022

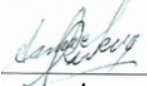
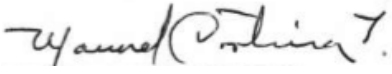
Orden del día:

Análisis de nuestra actividad docente durante el semestre anterior.

Se vertieron las siguientes observaciones:

1. Una vez más hubo eventos que provocaron la suspensión de varios días de clases y por supuesto afectó la continuidad en el avance de los aprendizajes, pero se consideró que con algunos materiales como videos didácticos se pueden integrar varios conceptos para avanzar y cumplir con las metas de los programas de estudio.
2. 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).
3. 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 instancias.
4. Con todos los elementos anteriores, la labor del profesor es seguir implementando actividades novedosas e impactantes para que los estudiantes se apropien de los conocimientos básicos con la suficiente claridad.
5. La tarea no es fácil, sin embargo, debemos abordarla con el mayor entusiasmo posible, tomando en cuenta los elementos que están bajo nuestro control.



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



Minuta 10

Fecha miércoles 25 de enero de 2023

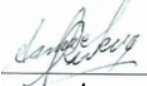
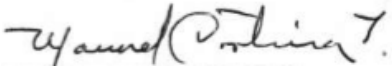
Orden del día:

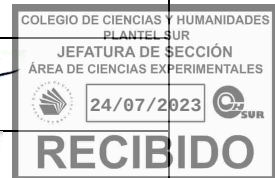
Evaluación de los Aprendizajes

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 a 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.



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



Minuta 11

Fecha miércoles 8 de febrero de 2023

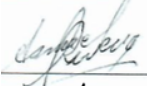
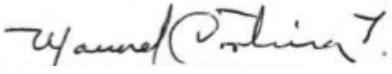
Orden del día:

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.
2. Algunas actividades experimentales se tuvieron que abordar con los simuladores y videos de experimentos, ya que hay ocasiones que los laboratoristas no van o hay material de laboratorio en malas condiciones, además de que hubo algunos días con suspensión de actividades.
3. Para aquellas actividades que no se tenga el material adecuado y suficiente o por la propia naturaleza del conocimiento (orden microscópico) no se pueda realizar en el laboratorio, sugerimos que se 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.



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



Minuta 12

Fecha miércoles 22 de febrero de 2023.

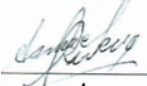
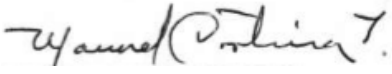
Orden del día:

Acerca de la actualización de los profesores

Se hicieron las siguientes observaciones

1. Revisamos el concepto de trabajo, a que nivel debemos abordarlo y si es conveniente definirlo en términos de la integral. La discusión nos enriqueció mucho, además de que es un concepto que vade la mano con la energía y éste último aparece en todas las ramas de la Física, es decir, es un concepto fundamental en Física .
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 a 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.



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



Minuta 13

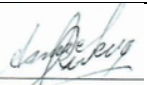
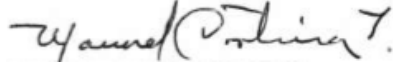
Fecha miércoles 8 de marzo de 2023

Orden del día:



1. Se revisó la Ley e Faraday, en particular se discutió, el porqué los libros de texto utilizan diferente nombre para llamar a lo que produce un campo magnético variable, unos lo llaman "*fem (fuerza electromotriz)*", otros le llaman "*voltaje*" y otros más lo llaman "*diferencia de potencial*". ¿Qué es lo correcto o son equivalentes?
2. Elaboración de las estrategias didácticas y actividades de enseñanza aprendizaje para plasmarlas en el cuaderno de trabajo proyectado para Física II (Unidad I).
3. 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.



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



Minuta 14

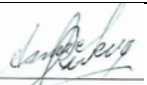
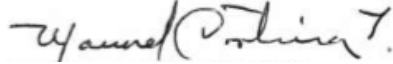
Fecha: miércoles 22 de marzo de 2023

Orden del día:

1. Revisión de las leyes de Maxwell para los alumnos.
2. Intercambio de las experiencias vividas en la aplicación de las actividades para la unidad II de Física II.
3. 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 los profesores para su desarrollo en el aula.



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



Minuta 15

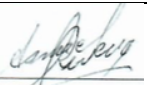
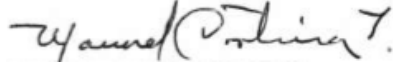
Fecha: miércoles 12 de abril de 2023

Orden del día:

1. Identificación de puntos problemáticos y propuestas de solución para las tres unidades del curso de Física II.
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.



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



Minuta 16

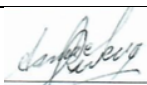
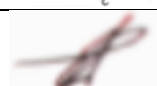
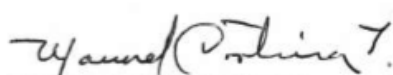
Fecha: miércoles 19 de abril de 2023

Orden del día:

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

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 II, 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.



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



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 II

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

24 de julio de 2023



ÍNDICE

PRESENTACIÓN.....	3
GUÍA PARA SU USO.....	3
PROPÓSITOS GENERALES DE FÍSICA II.....	3
UNIDAD 1. Electromagnetismo principios y aplicaciones.....	5
UNIDAD 2. Ondas: mecánicas y electromagnéticas.....	129
UNIDAD 3. Introducción a la Física Moderna y Contemporánea.....	286
FORMAS E INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	364
VALORACIÓN DEL PROFESOR DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	364
FUENTES CONSULTADAS.....	365



PRESENTACIÓN

El presente Cuaderno de Trabajo tienen la finalidad de apoyar a los profesores del Colegio que imparten la asignatura de Física II. 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.

El Cuaderno de Trabajo incluye: 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.

a) GUÍA PARA SU USO

Estudiante, el Cuaderno de Trabajo para la asignatura de Física II, para el tercer 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 II. 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 II 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 tres unidades de Física II.

El Cuaderno de Trabajo toca los temas de las tres unidades de Física II 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 II y bibliografía.

Esperamos que este trabajo estimule al estudiante.

b) PROPÓSITOS GENERALES DE FÍSICA II

Al finalizar, el alumno:

- Aplicará la metodología física en la comprensión de fenómenos y resolución de ejercicios de electromagnetismo.



- Entenderá que la carga eléctrica es una propiedad de la materia asociada a los protones y electrones, a partir del análisis e interpretación de actividades experimentales para explicar fenómenos vinculados a la carga eléctrica.
- Conocerá el comportamiento de las variables eléctricas, a partir del diseño y construcción de circuitos eléctricos básicos (de corriente directa) para comprender el consumo energético en ellos, considerando la seguridad de las instalaciones domésticas y comerciales.
- Reconocerá el magnetismo como un fenómeno asociado a cargas eléctricas en movimiento para explicar diversas propiedades de los imanes y sus aplicaciones a través de experimentos.
- Comprenderá la transformación de la energía eléctrica y magnética en mecánica o térmica, a partir de investigaciones experimentales y documentales, para explicar los principios del funcionamiento de aparatos electrodomésticos.
- Reconocerá la importancia del estudio del electromagnetismo y su impacto en la ciencia y la tecnología, por medio de la realización de proyectos de investigación escolar, para desarrollar una actitud crítica y responsable.
- Diferenciará las ondas mecánicas de las electromagnéticas en los fenómenos ondulatorios que se presentan en su entorno.
- Aplicará la metodología experimental en la comprensión y explicación de fenómenos ondulatorios cotidianos.
- Diferenciará el comportamiento de una partícula y de una onda mediante actividades experimentales para identificar que se describen en forma diferente en la física clásica.
- Reconocerá la importancia del estudio del movimiento ondulatorio y su impacto en la salud, la ciencia y la tecnología, por medio de la realización de proyectos de investigación para desarrollar una actitud responsable y crítica en su uso.
- Conocerá algunos fenómenos que le permitan identificar las limitaciones de la física clásica que dieron origen a la física del siglo XX. Por ejemplo: la constancia de la velocidad de la luz, los espectros atómicos, el efecto fotoeléctrico y la radiactividad, investigando en diferentes fuentes.
- Reconocerá, a través de la búsqueda de información, la importancia de la física del siglo xx y actual en su vida cotidiana para identificar su impacto en el desarrollo de la tecnología en las áreas de salud, comunicaciones y energía, entre otras.
- Utilizará las herramientas disponibles de la tecnología contemporánea para mejorar sus habilidades de investigación y comunicación de sus resultados al grupo.
- Aplicará la metodología de la física a partir del desarrollo de investigaciones en diferentes fuentes para comprender algunos fenómenos de la física cuántica y la relatividad.



UNIDAD 1. Electromagnetismo: Principios y aplicaciones. Tiempo: 30 horas

Carga eléctrica y Ley de Coulomb	Unidad I Electromagnetismo. Principios y Aplicaciones	COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL SUR JEFATURA DE SECCIÓN ÁREA DE CIENCIAS EXPERIMENTALES 24/07/2023 
APRENDIZAJE	TEMAS	RECIBIDO
1 Reconoce la carga eléctrica como una propiedad de la materia. <i>N1</i> . 2 Reconoce las diferentes formas en la que un cuerpo se puede cargar eléctricamente. <i>N1</i> . 3 Aplica el principio de conservación de la carga eléctrica para explicar fenómenos de electrización. <i>N3</i> . 4 Aplica la relación entre las variables que intervienen en la determinación de la intensidad de la fuerza eléctrica. <i>N3</i> .	• Carga eléctrica. • Formas de electrización: frotamiento, contacto e inducción. • Aplica el principio de conservación de la carga eléctrica para explicar fenómenos de electrización. • Interacción electrostática y ley de Coulomb.	

INTRODUCCIÓN

En esta primera unidad de Física II, continuamos con el estudio de la Física Clásica, con el tema de electromagnetismo. Es importante señalar que todos los temas se entrelazan pero se abordan con cierta independencia y evolución histórica para su mejor comprensión.

Es importante recordar las leyes de Newton, porque el concepto de fuerza aparece de nuevo cuando dos cargas eléctricas se acercan. También es importante retomar el concepto de energía visto en Física I en términos de la energía mecánica pero discutido más profundamente en Termodinámica.

Recordemos que la energía es la capacidad de realizar trabajo y es esa capacidad lo que mueve al mundo. Como se verá con más detalle, la electricidad proviene de los átomos y al entender cómo se genera, como se puede almacenar, como se transporta, ha logrado que los electrones obedezcan.

Con el ingenio de hombres como Michael Faraday, se han desarrollado motores y generadores que son la base de la vida moderna porque gracias a ello funcionan aparatos electrodomésticos y electrónicos que conocemos.



FASE DE APERTURA

ACTIVIDAD 1

Examen Diagnóstico

Objetivo.- Valorar lo que sabes sin consultar ninguna información (libro o internet). El presente examen no tiene valor con fines de evaluación sumativa.

Instrucciones:

En las primeras 5 preguntas de opción múltiple subraya o sombrea la respuesta correcta y en las tres últimas, escribe brevemente las respuestas con tus propias palabras.

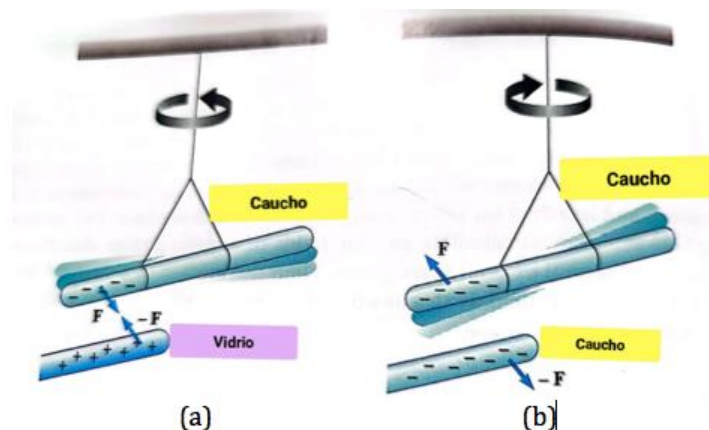
Preguntas

1. Un electrón está justo encima de un protón fijo. La dirección de la fuerza en el protón eléctrico es
 - a) hacia arriba, b) hacia abajo, c) cero.
2. En el ejercicio 1, ¿cuál siente la mayor fuerza?
 - a) El electrón, b) el protón o c) ambos sienten la misma fuerza.
3. Un globo se carga por frotamiento y luego se adhiere a una pared. El signo de la carga en el globo
 - a) es positivo, b) es negativo, c) es cero, d) no se puede determinar a partir de los datos.
4. ¿Cómo cambia la magnitud de la fuerza eléctrica entre dos cargas puntuales conforme aumenta la distancia entre ellas? La fuerza
 - a) disminuye, b) aumenta, c) permanece constante.
5. Por lo general, ¿cuál es la carga neta de un átomo? ¿por qué?
6. ¿Por qué en el centro de un conductor esférico cargado no hay ningún campo eléctrico?



FASE DE DESARROLLO

En una serie de experimentos simples, se encontró que hay dos tipos de cargas eléctricas, a las cuales les fueron dados los nombres de **positiva y negativa** por Benjamín Franklin. Para demostrar este hecho, considera una varilla de goma dura que ha sido frotada con piel y luego suspendida por medio de un hilo metálico como se muestra en la figura



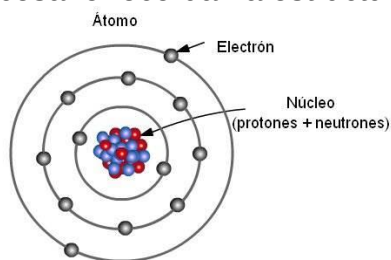
Cuando una varilla de vidrio que ha sido frotada con seda se acerca a la varilla de caucho, la varilla de caucho es atraída hacia la varilla de vidrio. Por otro lado, si dos varillas de caucho cargadas (o dos varillas de vidrio cargadas) son acercadas entre sí, como se muestra en la figura (b), la fuerza entre ellas es de repulsión.

Otro aspecto importante en el modelo de Franklin de la electricidad es la implicación de que **la carga siempre se conserva**. Esto es, cuando un cuerpo es frotado contra otro, la carga no es creada en el proceso. El estado electrificado es debido a la transferencia de carga de un cuerpo a otro. Por lo tanto, un cuerpo gana alguna cantidad de carga negativa mientras el otro gana una cantidad igual de carga positiva.

En 1909, Robert Millikan confirmó que la carga eléctrica siempre aparece como algún múltiplo entero de alguna unidad fundamental de carga, e . En términos modernos, se dice que la carga q está cuantizada, en donde q es el símbolo estándar usado para carga. Es decir, la carga eléctrica existe como “paquetes” discretos. Así, podemos escribir $q=Ne$, donde N es un entero. Otro experimento en el mismo período mostró que el electrón tiene una carga de $-e$ y el protón tiene una carga equivalente y opuesta de $+e$. Algunas partículas elementales, como el neutrón, no tienen carga. El átomo en general es neutro y tiene el mismo número de protones que de neutrones.



Para entender lo anterior es necesario recordar la estructura de los átomos



También será importante considerar que cuando se frotran dos cuerpos, en uno de ellos, sus átomos pierden el o los electrones de su última capa pero estos los ganan los átomos del segundo cuerpo.

En resumen podemos concluir que:

- ✓ Hay dos clases de carga en la naturaleza, con la propiedad de que cargas diferentes se atraen y cargas iguales se repelen.
- ✓ La fuerza entre cargas varía inversamente con el cuadrado de la distancia que las separa.
- ✓ La carga se conserva
- ✓ La carga está cuantizada.



ACTIVIDAD 2

Experimentos

Objetivo: Formas de electrizar un cuerpo y conservación de la carga.

Instrucciones:  Abrir las siguientes páginas web que se refiere a experimentos de electrostática:

“fun science demos”

<https://www.youtube.com/watch?v=jLgSXryMxwM>

electrostática proyecto G

https://www.youtube.com/watch?v=t_d2PLoOGcl

¿Por qué se pegan los globos a la pared? (Javier Fonseca)

<https://www.youtube.com/watch?v=ejN8CKPMzds&t=4s>

Realiza en casa uno de los experimentos y responde las siguientes preguntas:

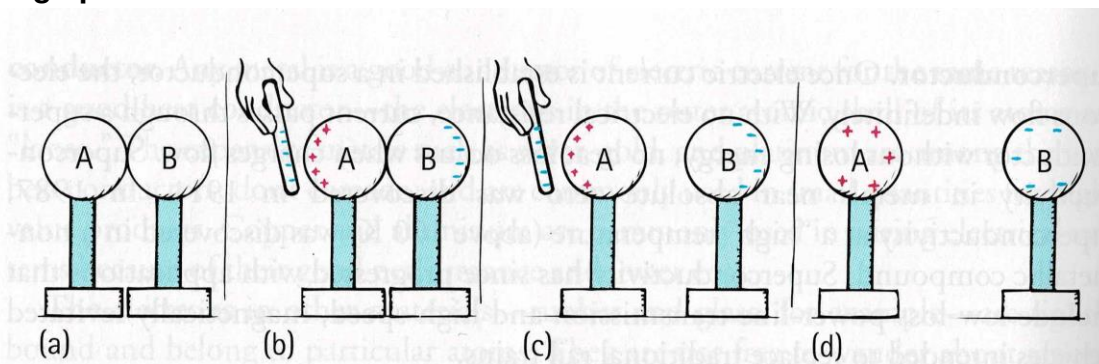
1. Los cuerpos en la naturaleza tienen carga:
 - a) Positiva
 - b) Negativa
 - c) Neutra
2. Al frotar el globo verde con la piel de conejo, adquiere carga (por convención)
 - a) Positiva
 - b) Negativa
 - c) Neutra
3. Al atraer el globo al bote de refresco, ¿qué tipo de cargas en el bote son atraídas?
 - a) Positiva
 - b) Negativa
 - c) Neutra
4. ¿Qué cargas en el bote son rechazadas?
 - a) Positiva
 - b) Negativa
 - c) Neutra
5. El hecho de que las cargas eléctricas en un cuerpo neutro se separen debido a la presencia de una carga (negativa en este caso) obtenida por frotación se llama:
 - a) Inducción
 - b) Contacto
 - c) Polarización



Actividad 3

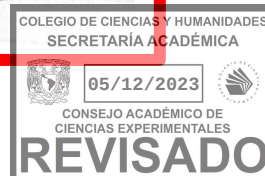
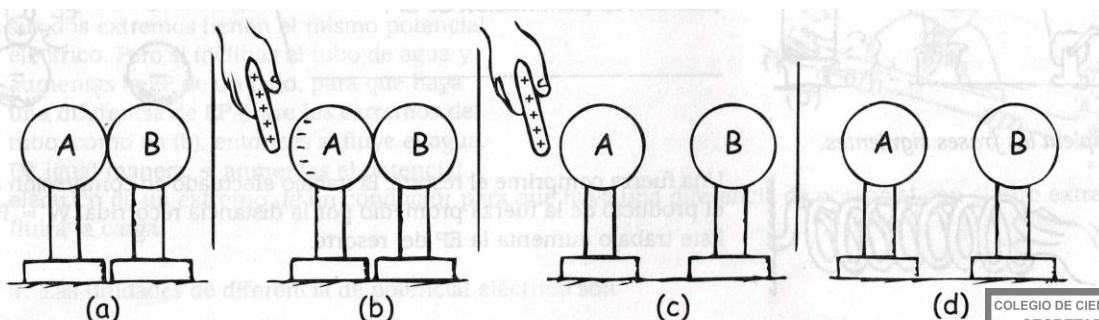
Carga por Inducción

Si acercas un objeto cargado a una superficie conductora, los electrones se mueven en esta última, aún sin contacto físico. Considera las dos esferas metálicas aisladas, A y B, como se muestra en el siguiente esquema. (a) Ellas se tocan entre sí, así es que ellas forman un conductor único no cargado. (b) Cuando una varilla cargada negativamente se acerca a la esfera A, los electrones en el metal, que tienen libertad de moverse, son repelidos tan lejos como es posible hasta que su repulsión mutua es suficientemente grande para equilibrar la influencia de la varilla. La carga se redistribuye. (c) Si A y B se separan mientras la varilla se mantiene presente, (d) cada esfera estará cargada con la misma magnitud pero con signos contrarios. A esto se le llama **carga por inducción**.



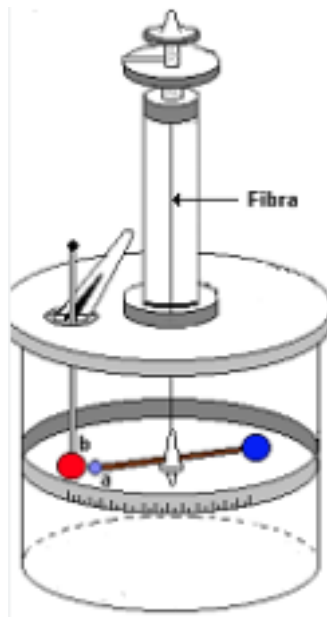
EJERCICIO

A partir del esquema anterior, dibuja la carga positiva (+) y negativa (-) en los esquemas si la varilla que se acerca tiene carga positiva (+)



LEY DE COULOMB

Las fuerzas eléctricas entre objetos cargados fueron medidas cuantitativamente por Coulomb usando la balanza de torsión, la cual él inventó.. Usando este aparato Coulomb confirmó que la fuerza eléctrica entre dos pequeñas esferas cargadas es proporcional al inverso del cuadrado de la distancia que las separa, es decir, $F \propto 1/r^2$. El principio de operación de la balanza de torsión es el mismo que el del aparato usado por Cavendish para medir la constante gravitacional, con masas reemplazadas por esferas cargadas.. La fuerza eléctrica entre las esferas cargadas produce un giro en la fibra suspendida. Puesto que la torca de restauración de la fibra que gira es proporcional al ángulo que gira a través del cual rota, una medida del ángulo suministra una medida cuantitativa de la fuerza eléctrica de atracción o repulsión. Si las esferas están cargadas por frotamiento, la fuerza eléctrica entre las esferas es muy grande comparada con la atracción gravitacional; de aquí que, la fuerza gravitacional puede ser despreciada.



Actividad 4 (USO DE TICS)

Observar la película del universo mecánico (capítulo 28) titulado “Electricidad Estática” (Trata sobre la Ley de Coulomb)

<https://www.youtube.com/watch?v=jBcOP0u8jx4>

El video te permitirá observar el carácter vectorial de la fuerza eléctrica, las formas de electrizar los cuerpos: frotamiento, inducción y contacto y el funcionamiento y utilidad del generador Van der Graff y la máquina de Wimshurst.

Ahora, contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Quién descubrió la relación entre carga y fuerza?
2. La fuerza eléctrica que ejercen 2 cargas es directamente proporcional a....
3. Mientras que la fuerza eléctrica es inversamente proporcional al.....
4. ¿Qué personaje fue el primero en establecer que había dos clases de electricidad, positiva y negativa?
5. Explica la inducción y la conducción de la carga eléctrica



Aplicaciones de las Ley de Coulomb

Igual que las mediciones de Cavendish para determinar la constante de la gravitación universal G , las mediciones de Coulomb dieron una constante de proporcionalidad k , de manera que la fuerza eléctrica puede escribirse en la ecuación.



$$F_e = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

(solo cargas puntuales, q significa magnitud de la carga).

Aquí, r es la distancia entre las cargas y k tiene el valor de $9 \times 10^9 \text{ N m}^2/\text{C}^2$

Ejemplo

Calcular la fuerza eléctrica que ejerce un globo cargado eléctricamente sobre un ovni (bolsa de plástico también cargada por frotamiento en el cabello).

¿De qué tamaño será la carga eléctrica generada en el globo o en el ovni?

¿A cuántos electrones corresponde esa carga encontrada?



Estamos ante un fenómeno de equilibrio de fuerzas

La fuerza de gravedad que impulsa al ovni hacia abajo y la fuerza eléctrica que ejerce el globo rosa hacia arriba

$$F_g = F_e$$
$$F_g = \text{Peso} = W = mg$$

Datos

$$m (\text{ovni}) = 4 \text{ gramos} = 4 \text{ g} = 0.004 \text{ Kg}$$

$$1 \text{ Kg} = 1000 \text{ g}$$

$$X = 4 \text{ g}$$

$$W = mg = (0.004 \text{ Kg})(9.8 \text{ m/s}^2) = 0.0392 \text{ N}$$

$$F_e = W = 0.0392 \text{ N}$$



¿Cuánta carga (q) ?

$$F_e = K \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

DATOS

$$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$$

$$r = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}$$

$$F_e = W = 0.0392 \text{ N}$$

$$q_1 = q_2 = q$$

$$F_e = K \frac{q^2}{r^2} = K q^2 / r^2$$

Despejamos "q"

$$F_e r^2 / K = q^2$$

$$q^2 = F_e r^2 / K$$



EJERCICIO

Determinar el número de electrones que corresponden a dicha carga encontrada.
Considera los siguientes datos

Partícula	Carga eléctrica*	Masa*
Electrón	$-1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$	$m_e = 9.109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Protón	$+1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$	$m_p = 1.673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Neutrón	0	$m_n = 1.675 \times 10^{-27} \text{ kg}$



Unidades de carga eléctrica

La unidad natural de carga eléctrica es la carga del electrón; pero esta carga es tan pequeña que en la práctica resulta mucho más útil definir otras mayores.



a) Sistema de unidades electrostáticas (u.e.e.). Partiendo de la expresión de Coulomb en este sistema, $F = Q Q' / \epsilon r^2$ y teniendo en cuenta que en el vacío $\epsilon=1$, tendremos que:

La unidad de carga en el sistema u.e.e. será aquella carga que a otra igual, situada en el vacío a 1 centímetro de distancia, la repele con la fuerza de 1 dina.

Esta unidad se denomina **franklin** o **statcoulomb**. Actualmente está en desuso.

b) Sistema Internacional (S. I.). Partiendo de la expresión $F = 9 \times 10^9 Q Q' / \epsilon r^2$ y considerando igualmente que en el vacío $\epsilon =1$, tendremos que:

La unidad de carga en el S. I. o Giorgi, será aquella carga que a otra igual, situada en el vacío a 1 metro de distancia, la repele con una fuerza de 9×10^9 newtons.

Esta unidad se denomina Coulomb y su equivalencia con el statcoulomb y la carga del electrón es:

$$1 \text{ C} = 3 \times 10^9 \text{ statcoulombs}$$

$$1 \text{ C} = 6.24 \times 10^{18} \text{ electrones}$$

$$1e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ coulombs}$$

Frecuentemente se usa un divisor del coulomb, denominado microcoulomb que equivale a la millonésima parte del coulomb:

$$1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{ C}$$

La carga eléctrica se consideró magnitud fundamental en el sistema Giorgi y como consecuencia, el coulomb fue una unidad fundamental de dicho sistema.



Ejemplos

1. Calcular con qué fuerza se repelen dos cargas de $5\ \mu\text{C}$ y $2\ \mu\text{C}$ positivos en el vacío a 3 mm de distancia.

$$F = 9 \times 10^9 \frac{QQ'}{\epsilon r^2} = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6} 2 \times 10^{-6}}{1 \times (3 \times 10^{-3})^2} = 9 \times 10^9 \frac{10 \times 10^{-12}}{9 \times 10^{-6}} = 10^4\ \text{N}$$



Resolver el ejercicio anterior, suponiendo que el medio interpuesto entre las cargas fuese mica, de constante dieléctrica 5.

$$F = 9 \times 10^9 \frac{5 \times 10^{-6} 2 \times 10^{-6}}{5 \times (3 \times 10^{-3})^2} = 2 \times 10^3\ \text{N}$$

En el caso de que sean varias las cargas que actúan sobre otra, se calcula independientemente la fuerza con que cada carga actúa sobre la problema y después se **halla la resultante** de todas las fuerzas actuantes.

EXPERIMENTA EN TU CASA

1. Recorta unas figuras en papel de seda y colócalas sobre un plato hondo de aluminio. Cubre el plato con un vidrio, que deberás frotar con piel o gamuza. Observarás cómo “bailan” las figuras.
2. Frota dos trozos de vidrio con un paño de lana. Verás que si ambos están colgados de un hilo y los acercas el uno al otro se **repelen**.



3. Repite la experiencia con un trozo de vidrio y otro de ámbar. Verás que se atraen.



4. Un avión electrostático

- Recorta un pequeño avión en una hoja de papel de aluminio. Puedes utilizar el que habitualmente se emplea en las casas para envolver alimentos.
- Frota una varilla de vidrio o de plástico y acércala al avión para que éste se electrice por contacto; inmediatamente observarás que, después, será repelido por la varilla al cargarse con el mismo tipo de electricidad que ella.
- Con un poco de habilidad puedes hacerlo volar por tu habitación aproximándole y alejándole la varilla electrizada.

Preguntas y problemas

1. ¿Por qué algunos camiones que transportan sustancias combustibles (por ejemplo la gasolina) arrastran una cadena?
2. ¿Qué sucede cuando te quitas un jersey en una habitación oscura? ¿Cómo lo explicas?
3. ¿Cuál es la explicación de que un cuerpo posea carga eléctrica negativa? ¿Y positiva?
4. Se tiene una carga puntual de 2 coulombs. ¿Qué fuerza de atracción ejercerá sobre otra carga de 1000 u.e.e., de signo contrario a ella, situada en el vacío a 3 cm de distancia?
5. ¿Cuál sería la fuerza de atracción si en el problema anterior el medio interpuesto hubiese sido azufre?
6. Dos cargas eléctricas puntuales del mismo signo están situadas en el vacío a una distancia de 50 mm. El valor de una de ellas es de 10 microcoulombs y el de la otra, 300 000 unidades electrostáticas. ¿Con qué fuerza se repelen?
7. ¿Qué carga han de tener dos conductores para que colocados en el vacío y a la distancia de 1 metro se atraigan o repelan con una fuerza de 1000 Newtons?
8. Dos cuerpos cargados con un coulomb se repelen en el vacío con una fuerza de 100N. ¿A qué distancia se encuentran?
9. Un cuerpo de masa 100 gramos está cargado con 10 000 unidades electrostáticas. ¿A qué distancia sobre él debe colocarse otro cuerpo cargado con 100 000 unidades electrostáticas de signo contrario para que el primero caiga por la acción de su peso? Dibuja un diagrama de las fuerzas que intervienen.



10. Dos partículas alfa (núcleos de helio con 2 protones) están separadas en el vacío una distancia de 10^{-12} cm. ¿Con qué fuerza se repelen?

11. Un átomo de hidrógeno está constituido por un protón en el núcleo y un solo electrón girando a su alrededor en una órbita circular. La carga del electrón y la del protón son iguales en valor, pero de signo contrario; y la distancia entre ambas partículas es 5.3×10^{-11} m.

Calcula con qué fuerza se atraen dichas partículas. Considerando a esa fuerza como centrípeta y, por tanto, responsable de la órbita circular que describe el electrón, deduce la velocidad lineal que posee esta partícula. (masa del electrón: 9×10^{-31} Kg).



Ejemplo 1

Un electrón y un protón están separados 2.0 nm. a) ¿Cuál es la magnitud de la fuerza sobre el electrón? b) ¿Cuál es la fuerza neta sobre el sistema?

Solución

Unidad(metro) $1 = 10^0$

deci	10^{-1}
centi	10^{-2}
mili	10^{-3}
micra	10^{-6}
nano	10^{-9}
pico	10^{-12}

(a)

DATOS

$r = 2 \text{ nm} = 2 \times 10^{-9} \text{ m}$

$q_+ = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$q_- = -1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2$

$F_e = \text{????}$

Ecuación

$$F_e = K \frac{q_1 q_2}{r^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19} \times 1.6 \times 10^{-19}}{(2 \times 10^{-9})^2}$$



$$F_e = \frac{23.04 \times 10^{-29}}{4 \times 10^{-18}} = 5.76 \times 10^{-11} \text{ N}$$

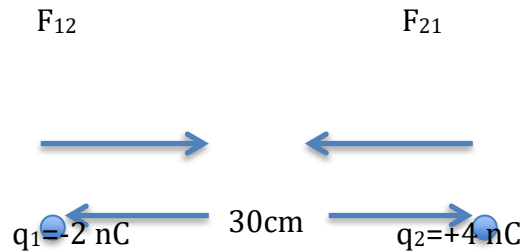


(b) $F_N = \text{cero}$



EJEMPLO 2

Dos cargas puntuales de -1.0 nC y $+2.0 \text{ nC}$ están separadas 0.30 m . ¿Cuál es la fuerza eléctrica sobre cada partícula?



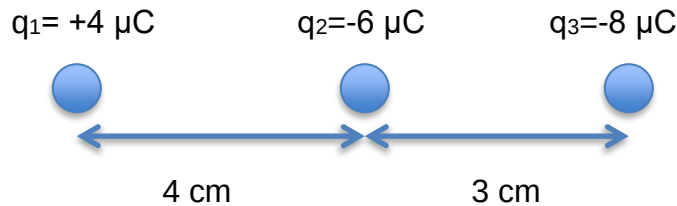
Solución

$$F = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-9})(4 \times 10^{-9})}{(3 \times 10^{-1})^2} = 2 \times 10^{-7} \text{ N}$$



EJEMPLO 3

En la siguiente figura se ilustra una configuración de tres cargas. ¿Cuál es la fuerza electrostática sobre q_3 ?



Solución

Lo primero es determinar la magnitud de la fuerza de q_1 sobre q_3 y su dirección y luego la fuerza de q_2 sobre q_3 así como su correspondiente dirección.

$$F_{13} = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})}{(7 \times 10^{-2})^2} = \frac{288 \times 10^{-3}}{49 \times 10^{-4}} = 5.87 \times 10^{+1} = 58.7 \text{ N} \quad \leftarrow$$

NOTA: el signo de las cargas no se considera en la fórmula, sino en lo que siente la carga, en este caso q_3 debido a q_1 .

Debido a que los signos son contrarios, hay una fuerza de atracción por lo que q_3 siente que q_1 la jala hacia la izquierda.

Ahora veamos, la fuerza entre q_2 y q_3

$$F_{23} = \frac{(9 \times 10^9)(6 \times 10^{-6})(8 \times 10^{-6})}{(3 \times 10^{-2})^2} = \frac{432 \times 10^{-3}}{9 \times 10^{-4}} = 48 \times 10^{+1} = 480 \text{ N} \quad \rightarrow$$

Debido a que los signos son iguales, hay una fuerza de repulsión por lo que q_3 siente que q_2 la empuja hacia la derecha.

Finalmente para contestar la pregunta del problema, la Fuerza Neta sobre q_3 es la suma de las fuerzas que ejercen q_1 y q_2 sobre q_3 , como la fuerza es un vector y las fuerzas obtenidas son colineales, se reduce a una suma aritmética, como tienen direcciones contrarias, se restan, es decir:

$$F_{Nq3} = F_{23} - F_{13} = 480 \text{ N} - 58.7 \text{ N} = 421.3 \text{ N} \quad \rightarrow$$

Con dirección a la derecha



EJERCICIOS

1.- Tomando en cuenta el sistema de tres cargas anterior, encuentra la fuerza neta sobre q_1 debido a q_2 y a q_3

Tendrás que encontrar:

$$F_{21} =$$

$$F_{31} =$$



Con sus respectivas direcciones

Para finalmente encontrar la fuerza neta sobre q_1

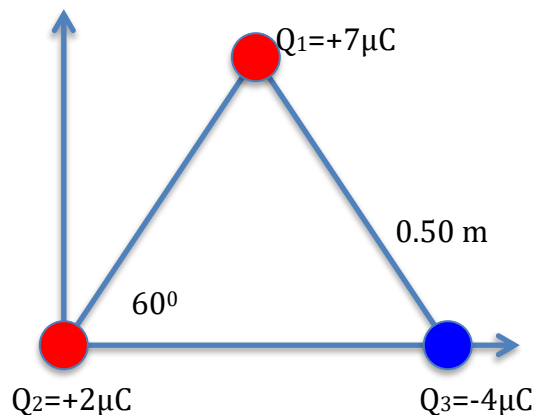
Como tienen la misma dirección, la fuerza neta sobre q_1 será la suma de las fuerzas anteriores, F_{21} y F_{31}

2.- Ahora encuentra la Fuerza electrostática neta sobre q_2 debido a q_1 y a q_3

Para apreciar el carácter vectorial de la fuerza eléctrica. Resolvamos el siguiente ejercicio a manera de ejemplo:

EJEMPLO

Tres cargas puntuales están localizadas en las esquinas de un triángulo equilátero como se ve en la figura. Calcular la fuerza eléctrica neta sobre la carga de $7 \mu\text{C}$

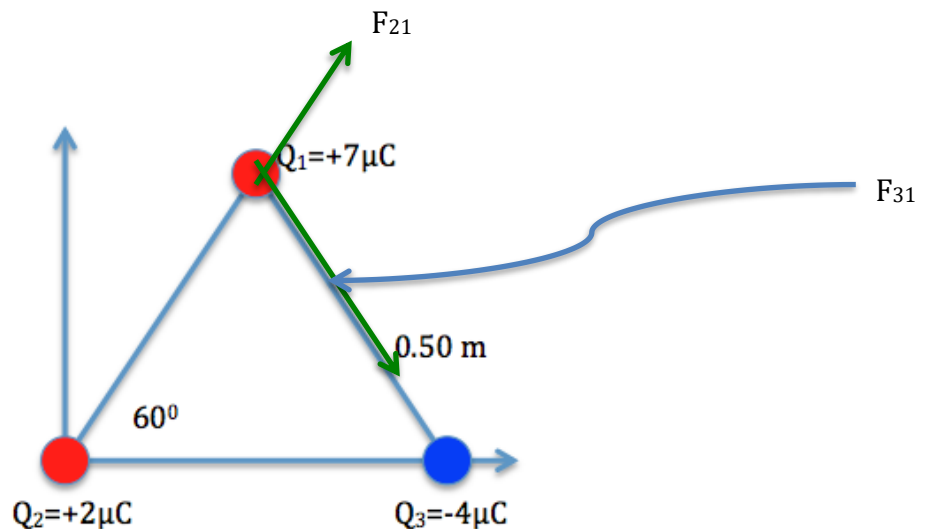


En este ejemplo, se debe calcular la magnitud de las fuerzas que ejercen Q_2 y Q_3 sobre Q_1

$$F_{21} = \frac{(9 \times 10^9)(2 \times 10^{-6})(7 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-1})^2} = \frac{126 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-2}} = 5.04 \times 10^{-1} = 0.504 \text{ N}$$

$$F_{31} = \frac{(9 \times 10^9)(4 \times 10^{-6})(7 \times 10^{-6})}{(5 \times 10^{-1})^2} = \frac{252 \times 10^{-3}}{25 \times 10^{-2}} = 10.08 \times 10^{-1} = 1.008 \text{ N}$$

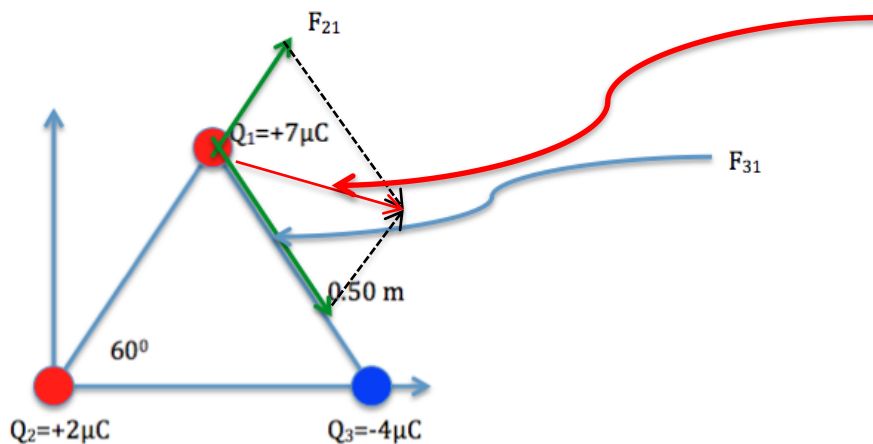
La dirección de las fuerzas anteriores sería:



A continuación, vamos a sumar las fuerzas F_{21} y F_{31}

Para tener una idea de la fuerza resultante, hagámoslo a través del método del paralelogramo.





F_N o
Resultante



Ahora resolvámoslo por el Método Analítico (te sugerimos hagas un repaso del método junto con un repaso de las funciones trigonométricas al final del cuaderno)

A partir de los vectores fuerza a sumar:

$$F_{21} = 0.504 \text{ N} \angle 60^\circ$$

$$F_{31} = 1.008 \text{ N} \angle 300^\circ$$

- 1) Calcular las componentes "x" y "y" de las fuerzas a sumar con las ecuaciones: $F_x = F \cos \theta$ y $F_y = F \sin \theta$

$$F_{21x} = 0.504 \cos 60^\circ = 0.504 (0.5) = 0.252 \text{ N}$$

$$F_{21y} = 0.504 \sin 60^\circ = 0.504 (0.866) = 0.434 \text{ N}$$

$$F_{31x} = 1.008 \cos 300^\circ = 1.008 (0.5) = 0.504 \text{ N}$$

$$F_{31y} = 1.008 \sin 300^\circ = 1.008 (-0.866) = -0.872 \text{ N}$$

- 2) Ahora, sumamos las componentes "X" por un lado y las componentes "Y" por otro lado:

$$\Sigma F_x = F_{21x} + F_{31x} = 0.252 + 0.504 = 0.756 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = F_{21y} + F_{31y} = 0.434 - 0.872 = -0.438 \text{ N}$$

- 3) Finalmente encontramos magnitud de la resultante o Fuerza Neta

$$F_N = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} = \sqrt{(0.756)^2 + (-0.438)^2} = \sqrt{0.571 + 0.191} = 0.87 \text{ N}$$

y su respectivo ángulo:

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\Sigma F_y}{\Sigma F_x} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{-0.438}{0.756} \right) = \tan^{-1}(-0.579) = -30^\circ$$

Es decir, -30° equivale a $360^\circ - 30^\circ = 330^\circ$,



Los valores anteriores se aprecian en el diagrama.

EJERCICIOS

1. Para que consolides tu conocimiento, encuentra La fuerza Neta que ejercen las cargas Q_1 y Q_3 sobre la carga Q_2 .
2. Y encuentra La fuerza Neta que ejercen las cargas Q_1 y Q_2 sobre la carga Q_3 .



Anexo 3 (FASE DE CIERRE)

Ejercicios

- 1) Una carga Q y otra carga $3Q$ son liberadas en un campo eléctrico uniforme. Si la fuerza que este campo ejerce sobre $3Q$ es F , la fuerza que ejercerá sobre Q es
a) F b) $F/3$ c) $F/9$
- 2) Tres cargas puntuales iguales están colocadas como se muestra en la figura. Si F_1 es la fuerza sobre q debido a Q_1 y F_2 es la fuerza sobre q debido a Q_2 , ¿Cómo comparas F_1 y F_2 ?
a) $F_1=2F_2$ b) $F_1=3F_2$ c) $F_1=4F_2$ d) $F_1=9F_2$
- 3) Dos cargas, de $+4.0$ y $+9.0 \mu\text{C}$, están a 30 cm de distancia una de otra. ¿En qué lugar de la línea que une a las cargas el campo eléctrico es cero?



LECTURA (Exposición en equipo y discusión)

Para consolidar el tema, los alumnos harán la lectura titulada “Cuando cae un rayo” y resolverán el cuestionario correspondiente.

Harán la investigación de las características de la anguila eléctrica..



CUESTIONARIO CUANDO CAE UN RAYO Pamela Grim

NOMBRE _____ GRUPO _____

—

1. ¿Qué es un rayo?
2. ¿Qué diferencia hay entre corriente directa y corriente alterna?
3. ¿Qué le pasa a una persona que por accidente ase un cable de alto voltaje de corriente alterna?
4. ¿De qué tamaño es la energía de la descarga de un rayo?
5. ¿Qué órganos son afectados por una descarga eléctrica?
6. Menciona algunas de las anomalías que pueden causar los rayos en la parte cognitiva y en la parte de neuropsiquiatría
7. ¿Qué lugares son más seguros ante una tormenta eléctrica?
8. En un lugar abierto, qué se debe hacer para evitar ser alcanzado por un rayo?



EL CAMPO ELÉCTRICO

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: - Conoce la noción de campo eléctrico y su importancia en la descripción de la interacción eléctrica. N1. - Calcula la intensidad del campo eléctrico en un punto, identificando su dirección, para una o dos cargas. N3. - Interpreta cualitativamente diagramas de líneas de campo eléctrico. N3 - Comprende que la energía del campo eléctrico se puede aprovechar para realizar trabajo sobre las cargas eléctricas. N2.	- Intensidad, dirección y sentido del campo eléctrico en un punto del espacio. - Campo eléctrico alrededor de una carga, dos cargas y entre dos placas paralelas. - Campo eléctrico alrededor de una carga, dos cargas y entre dos placas paralelas. - Trabajo, energía potencial en el campo y potencial eléctricos para configuraciones sencillas.



I. Apertura. Fase Exploratoria

Actividad para el diagnóstico

A. Cuestionario.

- ¿Qué entiendes por un campo eléctrico?
- ¿Cómo se puede generar o producir un campo eléctrico?
- ¿Por qué una carga de prueba, positiva pequeña, es repelida por una carga positiva grande en una determinada dirección?
- ¿Cómo podrías visualizar la estructura del campo eléctrico?

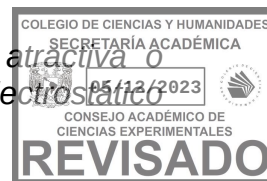
B. Elabora un mapa conceptual o un mapa mental en cual estén relacionados los conceptos de fuerza eléctrica, carga de prueba, campo eléctrico, líneas de campo eléctrico de ciertas configuraciones sencillas de objetos electrizados.

II. Fase de Desarrollo

Campo eléctrico

Cómo consecuencia de lo expuesto en el tema anterior, toda carga Q es capaz de actuar a distancia sobre otra carga cualquiera, lo que nos lleva a suponer que el espacio que rodea a la primera ha experimentado una transformación o perturbación. En este caso, se dice que la carga Q ha creado un **campo eléctrico**.

Campo eléctrico es la región del espacio donde existe la acción atractiva o repulsiva de una carga; es decir: la acción de una fuerza de origen electrostático perfectamente definida en intensidad, dirección y sentido.



Un campo eléctrico queda definido por estos tres elementos: Intensidad en cada uno de sus puntos, líneas de fuerza, potencial en cada uno de sus puntos.



Explica

Teniendo en cuenta la ley de Coulomb, ¿dónde termina el campo eléctrico? Razona la respuesta

Intensidad del campo eléctrico

Intensidad en un punto de un campo eléctrico (o, simplemente, campo en ese punto) es el cociente entre la fuerza con que la carga Q que crea el campo actúa sobre otra carga cualquiera Q' colocada en ese punto, y el valor de dicha carga experimental Q' .

Matemáticamente se expresa cómo:

$$E = \frac{F}{Q'}$$

Si suponemos que la carga experimental colocada en el punto es 1 coulomb

$$E = F$$

Por tanto:

La intensidad en un punto de un campo eléctrico es, numéricamente, igual a la fuerza con que actúa la carga que crea el campo sobre la carga de 1 coulomb colocada en ese punto.



Cuando un campo eléctrico tiene la misma intensidad en todos sus puntos se denomina uniforme.

De la expresión $E = F / Q'$ podemos decir que

$$F = E Q'$$

Expresión que nos permite calcular la fuerza que actúa sobre cualquier carga colocada en un punto de un campo, conocidas la intensidad en ese punto y el valor de la carga.

Ejemplos

1. Una carga de 3 coulombs se introduce en un campo eléctrico uniforme de 5 N/C. ¿Qué fuerza actúa sobre ella?

Solución.

Aplicando la expresión $F = E Q'$ tenemos:

$$F = (5 \text{ N/C}) (3 \text{ C}) = 15 \text{ N}$$

2. Una carga de 10 coulombs, al ser colocada en un campo eléctrico uniforme, está sometida a una fuerza de 20 kp. ¿Cuánto vale la intensidad del campo?

Solución

Como hemos de utilizar unidades del SI, expresaremos la fuerza en newtons:

$$20 \text{ kp} = (20) (10 \text{ N}) = 200 \text{ N}$$

(hacemos la aproximación $1 \text{ kp} = 10 \text{ N}$)

Por tanto:

$$E = F / Q' = 200 \text{ N} / 10 \text{ C} = 20 \text{ N / C}$$



Si se conoce (o se puede calcular) la fuerza a que está sometida una carga en un campo eléctrico y, además, también es conocida la masa de dicha carga, fácilmente se puede deducir la aceleración que adquirirá en el supuesto de que pueda desplazarse libremente en el campo.



Basta aplicar la ecuación fundamental de la Dinámica:

$$F = m a$$

Ejemplo

En un campo uniforme de 100 N / C se introduce una carga de 50 microcoulombs. Si la masa material que soporta esa carga mide 5×10^{-4} Kg, ¿a qué aceleración está sometida?

Solución

$$F = E Q' = (100 \text{ N / C})(50 \times 10^{-6} \text{ C}) = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Y como:

$$F = m a$$

Entonces

$$a = F / m = (5 \times 10^{-3} \text{ N}) / (5 \times 10^{-4}) = 10 \text{ m / s}^2$$

Carácter vectorial de esta magnitud

Al ser la fuerza una **magnitud vectorial**, también lo será el cociente F / Q' ; es decir, el campo en cada punto.

La dirección y sentido de esta magnitud coinciden con los de la fuerza ejercida sobre una **carga positiva** colocada en cada punto del campo eléctrico.

Unidades

Tomando como base la expresión matemática de la intensidad en cada punto del campo, $E = F / Q'$, fácilmente se deduce que esta magnitud deberá expresarse en **newtons / coulomb** (N / C).



2.3 Campo eléctrico creado por una carga

Sustituyendo el valor de la fuerza, dado por la ley de Coulomb, en la expresión matemática de la intensidad, tendremos:

$$E = \frac{F}{Q'} = \frac{k \frac{QQ'}{r^2}}{Q'} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Es decir, la intensidad del campo eléctrico dependerá de:

- La carga eléctrica Q que da origen al campo. Si la carga eléctrica $Q = 0$ la intensidad del campo eléctrica del campo será cero, $E = 0$.
- La distancia de la carga eléctrica a un cierto punto en el espacio que rodea a la carga, siendo la intensidad del campo eléctrico inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.
- Del medio en el cual está inmerso la carga eléctrica, y del sistema de unidades, a través de la constante k .

Ejemplo

Dos cargas positivas de $3\mu\text{C}$ y $5\mu\text{C}$ se encuentran separadas una distancia de 1 cm en el vacío.

Calcula:

- a) La fuerza con que se repelen.
- b) El campo creado por la primera en el punto donde se encuentra la segunda.

$$\text{a) } F = (9 \times 10^9 \text{ Nm}^2 / \text{C}^2) [(3 \times 10^{-6} \text{ C})(5 \times 10^{-6} \text{ C})] / (1 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 1350 \text{ N}$$

$$\text{b) } E = F / Q' = 1350 \text{ N} / (5 \times 10^{-6} \text{ C}) = 27 \times 10^7 \text{ N / C}$$



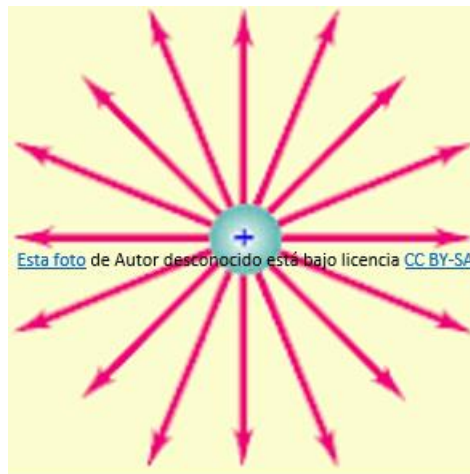
Líneas de Fuerza

Un campo eléctrico suele representarse por las llamadas líneas de fuerza, que representan las trayectorias que describiría una carga puntual positiva moviera libremente bajo la acción del campo.

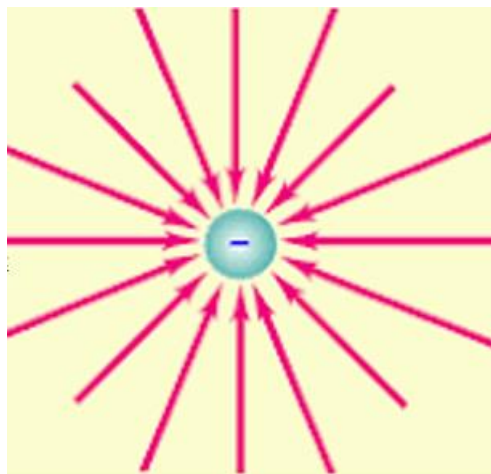


Ejemplos

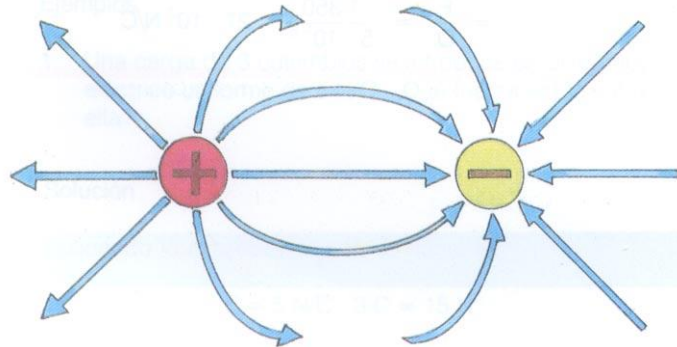
1. La figura siguiente representa el campo creado por una carga positiva. Las líneas de fuerza son rectas radiales dirigidas hacia el infinito, porque toda carga positiva libre sería repelida por la primera y alejada de ella.



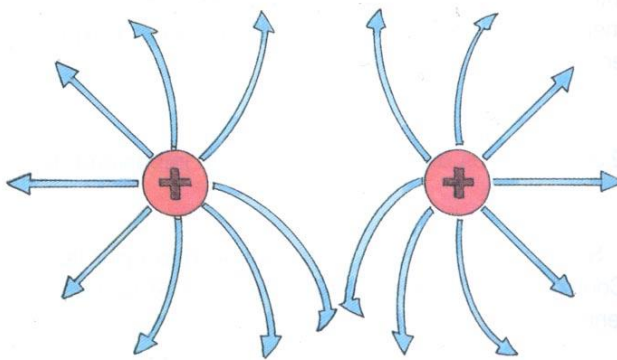
2. El campo creado por una carga negativa vendría representado por líneas de fuerza radiales dirigidas desde el infinito hacia el centro de la carga, porque cualquier otra carga positiva situada en el campo sería atraída por la primera (fig. siguiente)



3. El campo creado por una carga positiva y otra negativa vendrá representado por líneas que salen de la carga positiva (donde empiezan) y que entran en la carga negativa (donde terminan). (ver fig. siguiente)



4. El dibujo siguiente representa el campo creado por dos cargas positivas.



Teniendo en cuenta que en cada punto el campo **sólo puede tener una dirección**, resultará que por cada punto **sólo puede pasar una línea de fuerza**. Dicho de otra forma: las líneas de fuerza no se cortarán jamás.

Actividad experimental

Elabora dibujos o esquemas de las líneas de campo eléctrico producidas para ciertas configuraciones de objetos electrizados. Te auxiliaras de semillas de pasto, alpiste o migo esparcidas sobre aceite comestible en una charola de acrílico y de algunos discos y una barra de aluminio las cuales se electrizan a través de unos cables de conexión con calamanes conectados a una máquina de influencia.

¿Existe algo alrededor de los objetos electrizados?



Material

Máquina de influencia

2 Discos de aluminio

2 Barras de aluminio

Aceite comestible

Charola de acrílico

Cables de conexión con caimanes

Desarrollo

- Carga o electriza un disco de aluminio conectándolo a uno de los polos – positivo o negativo- de la máquina de influencia y haz un dibujo de las líneas de campo eléctrico que se forman con las semillas esparcidas sobre el aceite comestible.
- Ahora carga o electriza dos discos de aluminio conectados, cada uno, a polo distintos de la máquina de influencia y haz un dibujo de las líneas de campo eléctrico para este arreglo de objetos cargados.
- Enseguida carga o electriza los dos discos, pero ahora conéctalos al mismo polo de la máquina de influencia, positivo por ejemplo, y realiza un esquema o dibujo de las líneas de campo eléctrico para este caso.
- Coloca dos placas de aluminio en forma paralela y conéctalas a polos distintos de la máquina de influencia y observa como son ahora las líneas de campo eléctrico entre las placas, ¿qué sucede en la parte externa de las placas? ¿se alinean de alguna manera las semillas de alpiste? ¿qué sucede si se coloca un aro de aluminio entre las placas de aluminio? ¿se alinean de cierta forma las semillas dentro del aro?
- Finalmente coloca un disco de aluminio enfrente de una placa de aluminio, conectados a polos distintos –positivo y negativo- de la máquina de influencia, observa y dibuja las líneas de campo eléctrico.



Actividad. Intensidad del Campo Eléctrico y su dirección usando el Laboratorio Virtual Cargas y Campos de la página Web de la Universidad de Colorado, www.phet.colorado.edu.

Interactúa con el simulador de “Cargas y Campos”,

https://phet.colorado.edu/sims/html/charges-and-fields/latest/charges-and-fields_es.html

Coloca el flexómetro, que se encuentra en la parte derecha del menú del simulador, en el centro de una carga y mide la distancia desde el centro de la carga hasta la posición donde se quiere medir la intensidad del campo eléctrico y su dirección. Con la información de la carga eléctrica y la distancia calcula la intensidad del campo eléctrico y compárala con la proporcionada por el sensor que se encuentra en la parte inferior derecha del menú del simulador, el cual además



también nos da la dirección o ángulo de inclinación del campo eléctrico. Repite el mismo procedimiento colocando el flexómetro en el centro de la carga y mide diez distancias, desde el centro de la carga hasta diez posiciones diferentes, donde se medirán las intensidades del campo eléctrico respectivas, colocando el sensor en esas posiciones. Enseguida procede a elaborar la gráfica Intensidad del Campo Eléctrico (E) contra la distancia (r), determinando el tipo de relación que existe entre las dos variables. Ahora elabora la gráfica de la Intensidad del Campo Eléctrico (E) contra el inverso de la distancia al cuadrado ($1 / r^2$) y calcula el valor de la carga de la pendiente de la gráfica.

En el segundo caso, se seleccionarán dos cargas eléctricas, una positiva y otra negativa, en el menú inferior del simulador, observa las líneas de fuerza que se generan, y mide las distancias desde el centro de cada una de las cargas hasta la posición donde se medirá, con el sensor, la intensidad del campo eléctrico resultante y su dirección. Ahora mueve una de las cargas al menú inferior, de tal manera que en la pantalla principal quede sólo la carga positiva, coloca el flexómetro en el centro de la carga y mide la distancia desde el centro de la carga positiva hasta la posición donde se quiere medir la intensidad del campo eléctrico resultante, con el sensor mide la intensidad del campo eléctrico y su dirección, producido por la carga positiva. Repite el procedimiento para la carga negativa, que estará sola en la pantalla principal y mide con el sensor la intensidad del campo eléctrico y su dirección para la distancia desde la carga negativa hasta la posición donde se quiere medir el campo eléctrico resultante. Con esta información de las intensidades de los campos eléctricos producidos por cada una de las cargas, y sus respectivas direcciones, calcula la intensidad del campo eléctrico resultante y su dirección y compáralo con el que mide directamente el sensor en la posición seleccionada estando presente las dos cargas eléctricas. Una vez terminada la actividad experimental los alumnos elaboraran un reporte, tomaran una captura de pantalla de las actividades realizadas, darán sus comentarios y enviaran la actividad al profesor. La actividad con el laboratorio virtual se evaluará con una lista de cotejo.



También resolverán problemas para calcular la intensidad del campo eléctrico y su dirección, para una y dos cargas, en equipo de cinco alumnos. Se discutirán las soluciones en equipo y posteriormente grupalmente, se evaluará con una rúbrica la resolución de los problemas y su trabajo en equipo.

Finalmente se realizará una evaluación de los aprendizajes por medio un cuestionario de preguntas y problemas, también se les pedirá a los alumnos que elaboren un mapa conceptual de la temática y aprendizajes tratados, el cual se evaluará con una rúbrica.

Actividad. Video Campo Eléctrico.

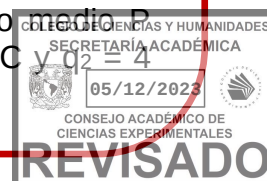
Observación y análisis del video de la colección El Universo Mecánico titulado “Campo Eléctrico”, el cual se puede obtener en youtube en la siguiente dirección:

<https://www.youtube.com/watch?v=nG8kEWgk9qI>

El video se puede ver completo pero haciendo énfasis en el rango de 9:35-23:25 min, inclusive deteniéndose para explicar el significado de la carga de prueba, la variación de la fuerza eléctrica con el inverso de la distancia al cuadrado y el significado de la ley de Gauss.

Actividad. Resolución de problemas.

1. Una carga de prueba de $3 \times 10^{-7} \text{ C}$ recibe una fuerza horizontal hacia la derecha de $2 \times 10^{-4} \text{ N}$. ¿Cuál es el valor de la intensidad de campo eléctrico en el punto donde está colocada la carga de prueba?
2. Una carga de prueba de $2 \mu\text{C}$ se sitúa en un punto en el que la intensidad del campo eléctrico tiene un valor de $5 \times 10^2 \text{ N/C}$. ¿Cuál es el valor de la fuerza que actúa sobre ella?
3. Calcular la intensidad del campo eléctrico a una distancia de 50 cm de una carga de $4 \mu\text{C}$.
4. La intensidad del campo eléctrico producido por una carga de $3 \mu\text{C}$ en un punto determinado es de $6 \times 10^6 \text{ N/C}$. ¿A qué distancia del punto considerado se encuentra la carga?
5. Calcular la intensidad del campo eléctrico en el punto medio P entre dos cargas puntuales cuyos valores son $q_1 = 6 \mu\text{C}$ y $q_2 = 4 \mu\text{C}$, separadas a una distancia de 12 cm.

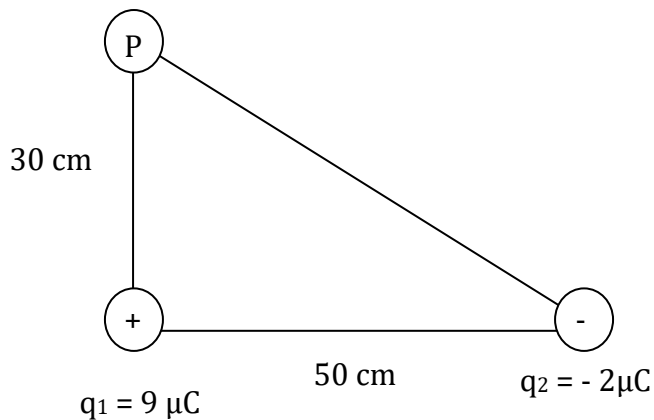


Preguntas y Problemas

A. Elabora un mapa conceptual o mental de los diversos conceptos que has aprendido hasta el momento

B. I Cuestionario.

1. ¿Qué entiendes por un campo eléctrico?
2. ¿Cómo se puede generar o producir un campo eléctrico?
3. ¿Cómo podrías visualizar la estructura del campo eléctrico?
4. Comenta la importancia de los campos eléctricos.
5. Calcular la intensidad del campo eléctrico a una distancia de 50 cm de una carga de $4\mu\text{C}$.
6. Determinar la intensidad del campo eléctrico en el punto medio P entre dos cargas puntuales $q_1 = 8\text{ nC}$ y $q_2 = -3\text{ nC}$ separadas por una distancia de 14 cm. Calcular también la fuerza que actuaría sobre una carga de 2 nC si se colocara en el punto P de esas mismas cargas.
7. Determinar la intensidad del campo eléctrico en el punto P originado por dos cargas puntuales $q_1 = 9\mu\text{C}$ y $q_2 = -2\mu\text{C}$ distribuidas de la siguiente manera:

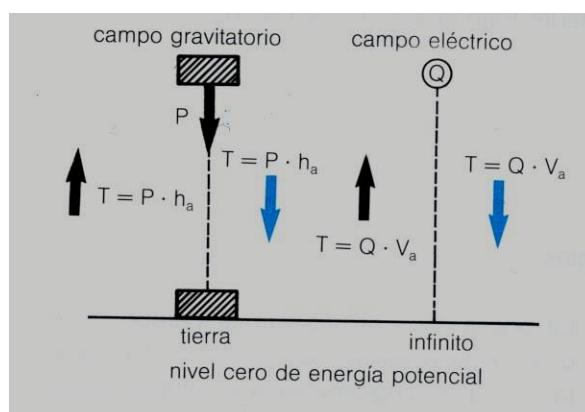


Potencial Eléctrico

De la misma manera que toda masa por estar colocada en un determinado punto de un campo gravitatorio posee una energía potencial gravitatoria, toda carga por estar situada en un punto de un campo eléctrico, posee una **energía potencial eléctrica**.



Como es lógico, y al igual que sucedía en el campo gravitatorio, para poder situar la carga en un determinado punto del campo, previamente habremos tenido que realizar un trabajo contra el campo; trabajo que la carga nos devolverá íntegramente al regresar al punto de partida (ver fig. siguiente).



Potencial en un punto de un campo eléctrico es el cociente que resulta de dividir el trabajo realizado para trasladar una carga positiva Q' desde el infinito (nivel “cero” de energía potencial) hasta es punto del campo, entre el valor de dicha carga.

Matemáticamente:

$$V_a = \frac{W}{Q'}$$

El trabajo que realizará la carga al regresar al infinito (“nivel cero”) será:

$$W = Q'V_a$$

Si suponemos que la carga experimental Q' es 1 coulomb positivo, tendremos que



$$T = V_a$$

Es decir:

El potencial en un punto de un campo eléctrico es igual, numéricamente, a la energía potencial que posee la unidad de carga positiva por estar situada en ese punto.



Fácilmente se comprende que el potencial eléctrico es una magnitud escalar, pues tanto W –trabajo- como Q' -carga- son magnitudes escalares.

Su unidad se deduce de la expresión

$$V_a = \frac{W}{Q'}$$

será, por tanto, el joule / coulomb, que recibe el nombre de volt, en honor del sabio italiano A. Volta (1745-1827).

$$1\text{volt} = \frac{1\text{joule}}{1\text{coulomb}}$$

En un punto de un campo eléctrico existe el potencial de 1 volt cuando al trasladar 1 coulomb desde el infinito hasta ese punto, o viceversa, venciendo las fuerzas del campo, se realiza el trabajo de 1 joule.

Un volt equivale a 1 / 300 unidades electrostáticas de potencial.

En efecto, como 1 joule equivale a 10^7 ergs (unidad de trabajo CGS) y 1 coulomb es igual a 3×10^9 franklins, se tendrá:

$$1V = \frac{1J}{1C} = \frac{10^7 \text{ ergs}}{3 \times 10^9 \text{ u.e.e}} = \frac{1}{300} \text{ u.e.e de potencial}$$

Ejemplos

1. ¿Qué se quiere expresar al decir que el potencial en un determinado punto de un campo eléctrico es 600V?

Solución

Si al colocar en ese punto una carga puntual positiva de 1C, adquiere la energía potencial de 600J.

O también: el trabajo que hay que efectuar para trasladar 1C positivo desde el “nivel cero de energía” hasta ese punto es 600J. Este trabajo realizado queda “almacenado” en la carga en forma de energía potencial eléctrica.



2. Para trasladar una carga de 5 C desde el nivel cero de energía hasta un determinado punto de un campo, se efectuó un trabajo de 2500 J. ¿Cuál es el potencial en ese punto?

$$V = W / Q = 2500 \text{ J} / 5 \text{ C} = 500 \text{ V}$$



Factores de los que depende el potencial

Matemáticamente y experimentalmente se demuestra que el potencial en un punto de un campo depende:

- a) de la carga que crea el campo, a cuyo valor es directamente proporcional;
- b) de la distancia que separa el punto considerado de la carga que origina el campo, a cuyo valor es inversamente proporcional;
- c) de la constante dieléctrica del medio existente entre el punto y la carga a cuyo valor es, también, inversamente proporcional.

Matemáticamente:

$$V_a = k \frac{Q}{\epsilon_r}$$

La constante de proporcionalidad k coincide precisamente con la establecida para la ley de Coulomb, que en el sistema Giorgi vale 9×10^9 .

$$V_a = 9 \times 10^9 \frac{Q}{\epsilon r}$$

Ejemplos

1. El potencial en un determinado punto de un campo es de 600 V y la intensidad en ese punto, 200 N / C. Calcula el valor de la carga que crea el campo y la distancia del punto a la carga.

$$600 = 9 \times 10^9 \frac{q}{r}$$

$$200 = 9 \times 10^9 \frac{q}{r^2}$$

Resolviendo el sistema se obtiene: $r = 3 \text{ m}$; $q = 2 \times 10^{-7} \text{ C}$



2. Una esfera de 8 cm de radio posee una carga de $4\mu\text{C}$. Calcular el potencial en un punto de su superficie y otro situado a 12 cm de ella.

$$\text{a) } V_a = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{8 \times 10^{-2}} = 4.5 \times 10^5 \text{ V}$$

$$\text{b) } V_b = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6}}{(12 + 8) \times 10^{-2}} = 1.8 \times 10^4 \text{ V}$$



Diferencia de potencial

La diferencia de potencial entre dos puntos de un campo es la diferencia entre los potenciales de dichos puntos.

Imagina dos puntos A y B de un campo eléctrico, de potenciales V_a y V_b respectivamente. Si suponemos que V_a es mayor que V_b y queremos llevar una carga Q' desde B hasta A, tendremos que realizar un trabajo contra las fuerzas del campo; trabajo que nos devolverá íntegramente la carga Q' al regresar de A a B.

Recordando lo expuesto al hablar de potencial en un punto podremos definir ahora:

Diferencia de potencial entre dos puntos de un campo es el cociente que resulta de dividir el trabajo realizado para trasladar una carga positiva Q' desde un punto a otro del campo, entre el valor de dicha carga Q' .

Matemáticamente:

$$V_a - V_b = \frac{W_a}{Q'} - \frac{W_b}{Q'} = \frac{W}{Q'}$$

Como consecuencia, el trabajo realizado por una carga Q' al desplazarse entre dos puntos de un campo a distinto potencial vendrá dado por la expresión:

$$W = Q'(V_a - V_b)$$

Dado que los potenciales se expresan en volts, la diferencia de potencial también se expresará en estas unidades. Según esto:



Entre dos puntos de un campo eléctrico existe la diferencia de potencial de 1 volt cuando al trasladar 1 coulomb positivo desde un punto a otro, venciendo las fuerzas del campo, se realiza el trabajo de 1 joule.



Ejemplo

Al pasar 1 coulomb desde un punto de un campo cuyo potencial es de 20 volt a otro punto se realiza el trabajo de 5 joule. Calcula el potencial en este segundo punto.

$$W = Q (V_a - V_b)$$

$$5 = 20 - V_b \quad ; \quad V_b = 15 \text{ volt}$$

El Joule y el electrón-volt

Tomando como base la expresión $W = Q (V_a - V_b)$, podemos definir el Joule de la siguiente forma: un Joule es el trabajo realizado sobre la carga de 1 Coulomb al desplazarse entre dos puntos de un campo cuya diferencia de potencial sea de 1 volt.

En Química atómica se usa mucho como unidad de energía el electrón-volt, el cual se define como el trabajo realizado por un electrón al desplazarse entre dos puntos de un campo cuya diferencia de potencial sea 1 volt.

Su equivalencia con el Joule será:

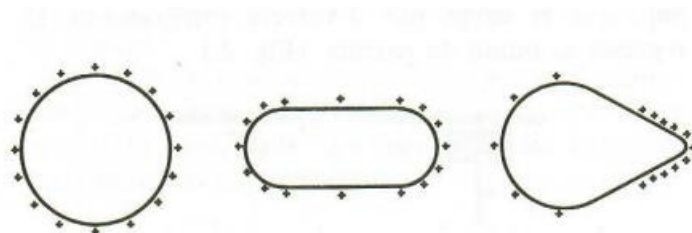
$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C} \times 1 \text{ V} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Joule}$$

Distribución de la electricidad en los conductores.

Potencial de una esfera cargada

Mediante experiencias sencillas se demuestra con mucha facilidad que en un conductor electrizado **la carga** se localiza en su **superficie exterior**.

Esta distribución es **uniforme** si el conductor es esférico (ver fig. siguiente).



Pero si el conductor termina en punta, la electricidad se acumula en mayor cantidad en la zona más puntiaguda, lo que facilita el paso de cargas, o salto de chispa, desde un conductor electrizado a otro (ver fig. anterior).

Debido a este poder de las puntas, los rayos caen preferentemente sobre las partes más altas y puntiagudas de los edificios o de los árboles. Por eso se usan los pararrayos para proteger los edificios.

Aunque en el caso de una esfera metálica cargada la carga se reparte uniformemente por su superficie exterior, se demuestra que se comporta como si estuviese en el centro geométrico de la esfera, cumpliéndose además, que el potencial en cualquiera de los puntos interiores de la esfera es siempre igual al potencial en un punto cualquiera de su superficie exterior. Este potencial vendrá dado por la expresión conocida:

$$V = 9 \times 10^9 \frac{Q}{r}$$

Ejemplo

Una esfera de 3 cm de radio tiene una carga eléctrica de $10^{-2} \mu\text{C}$.
Calcula su potencial en un punto de su superficie.

$$V = 9 \times 10^9 \frac{10^{-2} \times 10^{-6}}{3 \times 10^{-2}} = 3 \times 10^3 \text{V}$$



Superficies equipotenciales

Dentro de un campo eléctrico existen muchos puntos que tienen el mismo potencial, los cuales definen o determinan una superficie.

Superficie equipotencial es el lugar geométrico de los puntos que tienen el mismo potencial.

Consecuencias

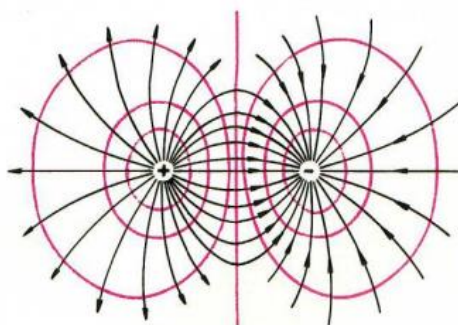
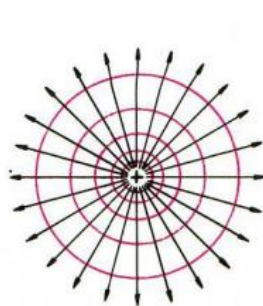
a) **El trabajo** realizado al trasladar una carga desde un punto a otro de una superficie equipotencial **es nulo**.

Aplicando la expresión conocida $W = Q'(V_a - V_b)$ y considerando que si los puntos están al mismo potencial, la diferencia de potencial será **cero**, se tendrá:

$$W = Q' \times 0 = 0$$

b) Las superficies equipotenciales **cortan perpendicularmente** a las líneas de fuerza.

En efecto: si al trasladar una carga desde un punto a otro de una superficie equipotencial el trabajo ha de ser nulo; no siéndolo la fuerza ni el camino recorrido, necesariamente habrá de ser cero el coseno del ángulo que forman entre sí la dirección de la fuerza y del camino. Es decir: la fuerza (cuya dirección corresponde a la de las líneas de fuerza) y el camino (cuya dirección corresponde a la superficie equipotencial) han de ser perpendiculares.



LECTURA

En tiempo de tormentas se aconseja permanecer dentro de casa en sitios secos y alejados de partes metálicas. Si le sorprende a uno la tormenta fuera de casa **es muy peligroso** cobijarse **debajo de árboles**; lo mejor es tumbarse en las partes más bajas del suelo.

Los automóviles, trenes y aeroplanos son generalmente seguros, debido a que su **cuerpo metálico** actúa como escudo protector para los que van dentro. Lo mismo se puede decir de los edificios construidos con armazón de hierro.



ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS

1. Carreras de coches

Dibujar siluetas de coches de competición en papeles de seda de diferentes colores. Colocarlos sobre una mesa muy lisa de forma que se mantengan de pie.

Cada alumno frotará enérgicamente una barrita de vidrio, peine, bolígrafo...e irá atrayendo “su coche” hasta la línea de meta.

2. Las ranas saltarinas

Apoyar una lámina de vidrio sobre dos libros separados uno del otro.

Colocar debajo del vidrio siluetas de ranas recortadas en papeles de seda.

Frotar el vidrio con un paño de seda o franela.

Las “ranas” empezarán a saltar de forma muy simpática.

3. Observación de líneas de fuerza

Corta en trozos muy pequeños un hilo de nylon muy fino o de seda. Frótalos unos contra otros y espolvoreálos sobre una capa de aceite contenida en un vaso ancho, cuidando que queden en la superficie.

Introduce en el aceite dos varillas metálicas rígidas conectadas a los dos polos de una pila.

Observarás cómo se orientan los trocitos de hilo según las líneas de fuerza del campo originado.

4. Distribución de la carga en los conductores

Como en un conductor cargado las cargas se distribuyen en la superficie, al ser del mismo signo se repelerán unas a otras, presentando una tendencia a “salir” del conductor.

En las puntas esta tendencia puede ser tan elevada (recuerda que en ellas se acumula mucha carga) que “saltarán” algunas cargas, ionizando las moléculas gaseosas del aire próximas al conductor y cargándolas del mismo signo.

Estas moléculas, al ser repelidas, se pondrán en movimiento, originando el llamado “viento eléctrico”.

Este fenómeno puedes observarlo fácilmente cargando un conductor puntiagudo con bastante carga y poniéndolo en las proximidades de una llama.



III. Cierre

Preguntas y problemas

1. Dibuja una gráfica que represente la variación de la intensidad del campo con la distancia.
2. Representa la variación del potencial con la distancia.
3. ¿Pueden cortarse dos líneas de fuerza de un campo eléctrico? Razónala respuesta.
4. ¿Por qué las descargas eléctricas en la atmósfera tienen lugar preferentemente sobre cuerpos alargados?
5. ¿En qué consiste un “pararrayos” y en qué se fundamenta?
6. ¿Puede un cuerpo electrizado atraer a otro no electrizado? Entonces, ¿cómo explicas que una barra de vidrio frotada atraiga pequeños papelitos, etc.?
7. Dibuja esquemáticamente el campo creado por una esfera cargada positivamente. Dibuja algunas líneas de fuerza y alguna superficie equipotencial.
8. ¿Cómo se distribuye la electricidad en los conductores? ¿Cómo te las arreglarías para aislar un aparato de cualquier campo eléctrico?
9. Suponga que se tiene una carga puntual de 2 coulombs. Calcula:
 - a) La intensidad del campo creado por ella a 3m de distancia.
 - b) El potencial a la distancia de 3m.
 - c) La fuerza de atracción que ejercerá sobre otra carga de 1 microcoulomb situada a 3m de distancia.
10. Dos cargas de $20 \mu\text{C}$ y $-20\mu\text{C}$ distan entre sí 10 cm. ¿Con qué fuerza se atraen? ¿Cuál es la intensidad del campo resultante en el punto medio de la recta que une las cargas? Recuerda que la intensidad es una magnitud vectorial.
11. Una esferita de 5 gramos es atraída por un conductor cargado con $5 \mu\text{C}$. ¿Cuál es la carga de la esferita si, estando en equilibrio, dista 25 cm del conductor? Se sabe que el ángulo que forma el hilo que sostiene la esferita es de 45° con la vertical.
12. Una carga de 2 coulombs es llevada desde un punto A, cuyo potencial es 15 volts, a otro punto B de potencial 200 volts. ¿Gana o pierde energía? ¿Cuánta? Razona tu respuesta.
13. Una carga de 41.89 coulombs pasa desde un punto cuyo potencial mide 130 V a otro punto de potencial 30 V. ¿Qué trabajo realiza? Si ese trabajo realizado se transforma íntegramente en calor, ¿cuántas calorías originaría?
14. Una carga de 2 coulombs realiza un trabajo de 100 joules al desplazarse desde un punto, cuyo potencial mide 60 V, hasta otro punto. ¿Cuánto vale el potencial en ese punto?
15. Una carga de 5 microcoulombs crea un campo eléctrico. a) ¿cuánto vale el potencial en dos puntos a 3 cm y 5 cm, respectivamente de la carga? b) ¿cuánto trabajo se realiza al pasar la carga de 2 microcoulombs desde un punto a otro?
16. Se requiere un trabajo de 600 J para trasladar una carga de 50 C desde un borne de una batería a otro. ¿Cuál es la diferencia de potencial entre ambos bornes.



CORRIENTE ELÉCTRICA

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: • Explica que la corriente eléctrica se genera a partir de la diferencia de potencial eléctrico. N2. • Clasifica los materiales de acuerdo con su facilidad para conducir corriente eléctrica. N2. • Comprende la relación entre las variables que determinan la resistencia de un conductor. N2. • Demuestra experimentalmente la relación que existe entre la corriente y el voltaje en un resistor (ley de Ohm). N3. • Aplica la Ley de Ohm. N3. • Aplica el concepto de potencia eléctrica en resistores. N3 • Comprende que la energía eléctrica se transforma en otras formas de energía. N2.	• Corriente eléctrica directa y diferencia de potencial. • Resistencia eléctrica. Conductores y aislantes. • Resistencia eléctrica. Conductores y aislantes. • Ley de Ohm. • Circuitos con resistores: serie, paralelo y mixtos. • Potencia eléctrica. • Transformaciones de la energía eléctrica. • Efecto Joule.



I. Apertura

Cuestionario Diagnóstico

1. ¿Se necesita una diferencia de potencial para generar una corriente eléctrica?
2. ¿A qué se debe que exista una resistencia eléctrica en los materiales?
3. ¿Por qué los metales son buenos conductores?
4. ¿Qué entiendes por potencia eléctrica en los resistores?
5. ¿En qué consiste el efecto Joule?

II. Desarrollo

1. Intensidad de corriente

Una corriente eléctrica consiste en el movimiento continuo y ordenado de partículas eléctricas (iones o electrones) a lo largo de un conductor

En el primer caso la corriente se denomina iónica; y en el segundo, electrónica. Si las partículas eléctricas se mueven siempre en el mismo sentido, la corriente se denomina **continua**; si cambian periódicamente de sentido, **alterna**.

Según vimos, una carga –o cargas- es capaz de desplazarse libremente entre dos puntos de un campo eléctrico siempre que entre esos puntos considerados exista una **diferencia de potencial**. Por tanto, para que se origine una corriente eléctrica en un conductor es condición necesaria que entre sus extremos exista una diferencia de potencial.



Muchas veces habrás oído cuando se descubre un manantial de agua, o cuando se describe y estudia un río, que lo que más interesa conocer es la cantidad de agua que fluye por unidad de tiempo. Y así decimos:

- El manantial suministra 50 litros por segundo.
- El caudal de un río es de 60 m³ cúbicos por minuto.



De forma análoga, en toda corriente eléctrica interesa conocer la **cantidad de electricidad** que pasa por una sección del conductor en la **unidad de tiempo**.

Es lo que se llama **intensidad de una corriente**.

Aunque la velocidad con que se desplazan los electrones a lo largo del conductor no es constante debido a los continuos choques contra los iones metálicos que constituyen la estructura cristalina del metal, sí podemos afirmar que su **velocidad media** puede considerarse como constante. Esto trae como consecuencia que para un conductor dado, cuyos extremos estén sometidos a una determinada diferencia de potencial, en intervalos de tiempo iguales pasarán por una sección del conductor el mismo número de electrones; o, dicho de otra manera, la misma carga eléctrica Q .

Intensidad de una corriente es el cociente que resulta de dividir la carga que atraviesa una sección del conductor entre el tiempo que tarda en atravesarla.

$$I = \frac{Q}{t}$$

Si suponemos que $t = 1$ segundo, podemos definir también la intensidad de corriente como la cantidad de electricidad que pasa en 1 segundo por una sección cualquiera del conductor.

La unidad de intensidad de corriente en el sistema SI es el coulomb / seg que recibe el nombre específico de ampére o (amperio). $1A = 1 C / 1 s$.

Una corriente eléctrica tiene una intensidad de 1 amperio cuando por una sección del conductor pasa una carga de 1 coulomb en 1 segundo.

A partir de la expresión matemática de la intensidad de corriente podemos deducir la carga que en un tiempo dado pasó por una sección del conductor:

$$Q = I t$$

Ejemplo

Una plancha eléctrica está funcionando durante un cuarto de hora. Si la intensidad de corriente es de 5 A. ¿qué cantidad de electricidad pasó por ella?

$$Q = I t = (5 A)(900 s) = 4500 C$$



(recuerda que un cuarto de hora son 900 segundos)

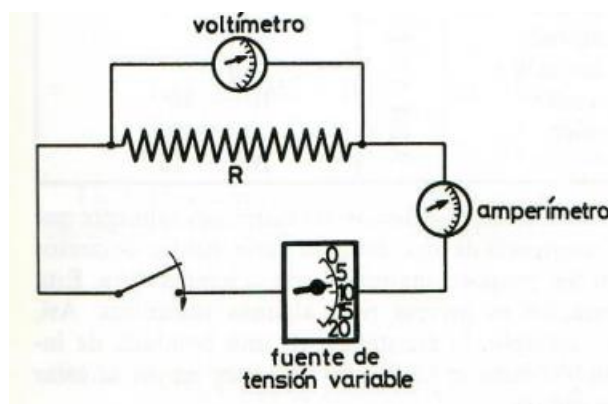
RESUELVE TU MISMO

1. Calcula la intensidad de una corriente si por el conductor pasaron 1800 C en 30 segundos.
2. ¿Qué intensidad tiene una corriente si por el conductor pasan 600 C en 2 minutos?
3. ¿Qué cantidad de electricidad circuló por un conductor si la intensidad de la corriente era de 5A y estuvo circulando media hora?
4. La corriente de descarga de una batería es de 3A y funciona durante 22 horas. ¿Qué cantidad de electricidad suministra?



La intensidad de la corriente eléctrica se mide con un aparato llamado **amperímetro**.

Los amperímetros se disponen en **serie** con el conductor para que así pase toda la corriente por ellos (ver fig. siguiente).



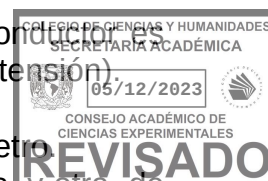
A la diferencia de potencial que existe en los extremos de un conductor se le suele llamar también tensión o **voltaje**; se mide en **volts** y el aparato empleado para medirla se denomina **voltímetro**.

Los voltímetros se montan en **paralelo** con el conductor, como puedes observar en la figura anterior.

2. Resistencia de un conductor. Ley de Ohm

Hemos visto que para que se origine una corriente eléctrica en un conductor es necesario que entre sus extremos exista una diferencia de potencial (o tensión).

- Monta un circuito eléctrico y conecta correctamente un amperímetro.
- Dispón de tres pilas distintas: una de 1.5 volts; otra, de 4.5 volts, y otra, de 9 volts.



Conecta sucesivamente estas pilas al circuito y anota las lecturas que señala el amperímetro.

Recoge los datos obtenidos en una tabla como esta. Hazlo en tu cuaderno.



Tensión V	Intensidad I	V / I Ω
1.5		
4.5		
9		

Nosotros hicimos esta misma experiencia y obtuvimos estos datos:

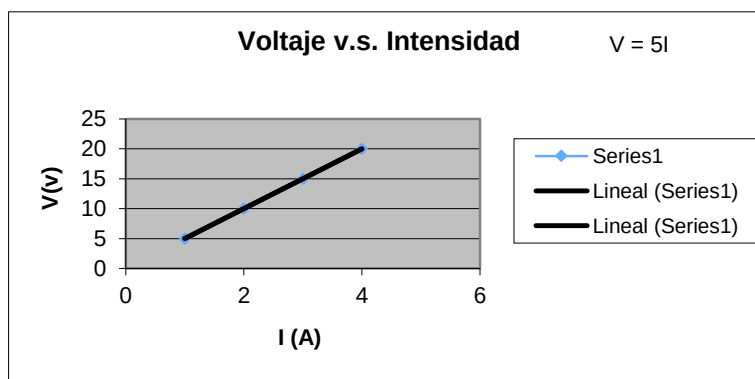
Tensión V	Intensidad A	V / I Ω
1.5	0.5	3
4.5	1.5	3
9	3	3

Repetimos la experiencia con otro generador de tensión variable, modificando, asimismo, el conductor.

Estos fueron los resultados obtenidos:

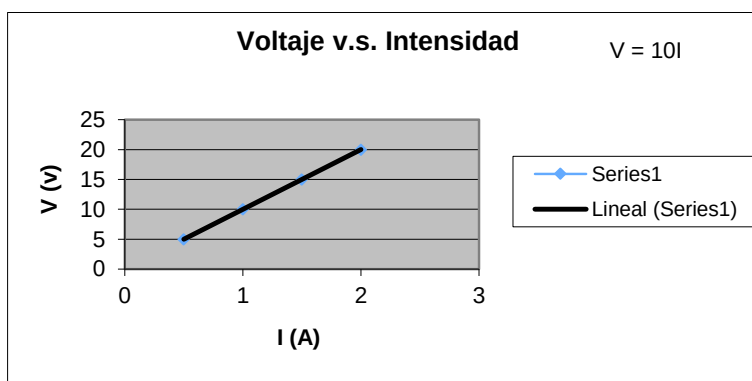
$V_a - V_b$ V	I A	$V_a - V_b / I$ Ω
5	1	5
10	2	5
15	3	5
20	4	5

Representándolos en una gráfica voltaje contra intensidad (ver fig. siguiente)



Utilizando otro conductor distinto y sometido a las condiciones de voltaje del caso anterior, se obtuvieron estos resultados (ver fig. siguiente)

$V_a - V_b$ V	I A	$V_a - V_b$ Ω
5	0.5	10
10	1	10
15	1.5	10
20	2	10



Como ves, se cumple en cada experiencia que, para un conductor dado, **el cociente** que resulta de dividir **la diferencia de potencial** que existe entre los extremos del conductor, entre la **intensidad de corriente** que circula por él es **constante**.

Esta constante, además, vemos que depende y es específica de cada conductor. Se le denomina **resistencia eléctrica** del conductor y físicamente representa la oposición que ofrece el conductor para que a través de él circule una corriente eléctrica.

Expresando matemáticamente lo expuesto, tendríamos:

$$R = \frac{V_a - V_b}{I}$$

O también:

$$I = \frac{V_a - V_b}{R}$$



Estas experiencias y otras parecidas permitieron a Ohm (1789-1854) enunciar la siguiente ley:

La intensidad de corriente que circula por un hilo conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial que existe entre sus extremos e inversamente proporcional a una propiedad del conductor denominada resistencia eléctrica del mismo.



2.1 Unidad de resistencia

Partiendo de la expresión inicial de la ley de Ohm, podemos deducir que la unidad de resistencia en el sistema SI será 1 volt / 1 ampere. Recibe el nombre de **ohm** u ohmio; se representa por la letra Ω y se define así:

Un ohm (1Ω) es la resistencia que ofrece un conductor cuando al establecer entre sus extremos la diferencia de potencial de 1 volt circula por él una corriente de intensidad 1 ampere.

Múltiplos del ohm son:

1 kilohm = 1 k Ω = 1000 Ω

1 Megaohm = 1 M Ω = 1000 000 Ω

Ejemplo

Si la plancha del ejemplo anterior está conectada a un “enchufe” de 120 V. ¿cuál será su resistencia?

$$R = 120 \text{ v} / 5 \text{ A} = 24 \Omega$$

RESUELVE TÚ MISMO

1. En los extremos de un conductor cuya resistencia vale 8 ohms se mantiene una diferencia de potencial de 220 volts. ¿Qué intensidad de corriente lo atraviesa?
2. Por un conductor de 200 ohms pasa una corriente de 0.5 A. ¿Qué diferencia de potencial existe en sus extremos?
3. La intensidad de corriente que pasa por un conductor es 1.5 A cuando la diferencia de potencial en sus extremos vale 60 V. ¿Cuál es su resistencia?



Actividad Experimental. Ley de Ohm

Objetivo: Determinar experimentalmente la resistencia de conductores y comprobar la ley de Ohm



Material

1.50 m de alambre de nicromel

Base de madera

2 Tornillos

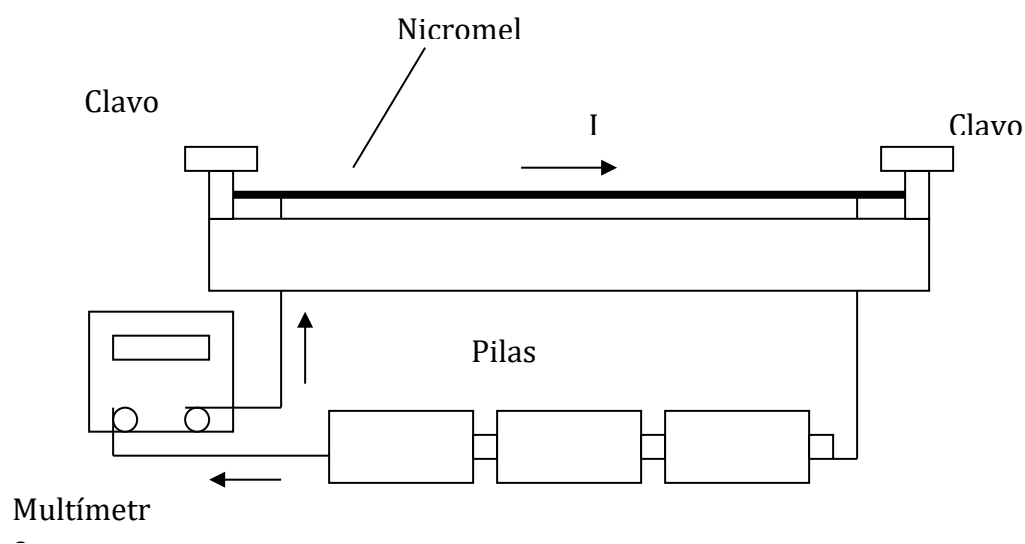
10 pilas de 1.5 AA

Alambres de conexión con caimanos

1 Multímetro

Maskín tape

Procedimiento

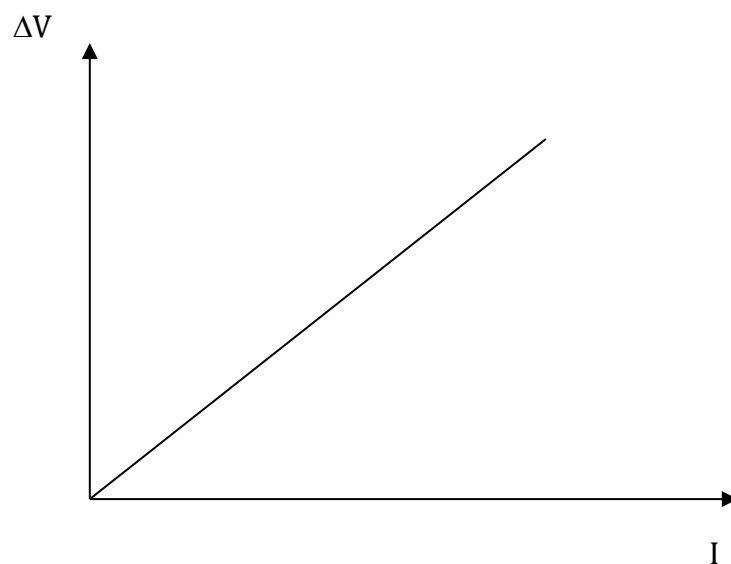


Se realiza el montaje experimental mostrado en la figura, donde se muestra la conexión en serie de un conjunto de pilas, las cuales le aplicaran una diferencia de potencial al alambre de nicromel. Para cada arreglo del conjunto de pilas se medirá la corriente eléctrica que pasa a través del alambre de nicromel –dicha corriente eléctrica se mide con el multímetro-. La idea es utilizar diez arreglos de pilas conectadas en serie y por lo tanto determinar las diez corrientes eléctricas correspondientes. Se debe verificar con el multímetro el voltaje que suministra cada pila (para pilas conectadas en serie el voltaje o diferencia de potencial total de un arreglo es la suma de los voltajes de cada pila)



Tablas y gráficas

Diferencia de potencial ΔV	Corriente eléctrica
(v)	(I)



Donde la resistencia eléctrica se determina a través de la pendiente

$$R = \frac{\Delta V_2 - \Delta V_1}{I_2 - I_1}$$



2.2 Factores de los que depende la resistencia de un conductor

Experimentalmente se observa que:

- a) Sometiendo diversos conductores de igual naturaleza y sección, pero de **distinta longitud**, a las mismas condiciones de diferencia de potencial, la resistencia **aumenta proporcionalmente** a la longitud del conductor.
- b) Sometiendo diversos conductores de igual naturaleza y longitud, pero de **distinta sección** a las mismas condiciones de diferencia de potencial, la resistencia **disminuye** al aumentar la sección del conductor.
- c) Sometiendo diversos conductores de igual longitud y sección, pero de **distinta naturaleza**, a las mismas condiciones de diferencia de potencial, la resistencia varía según la naturaleza de cada conductor.

La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección transversal.

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

La constante de proporcionalidad ρ se denomina resistencia específica o **resistividad** del conductor y depende exclusivamente de la naturaleza del mismo.

Se define como la resistencia que ofrece un conductor de sección transversal unidad por unidad de longitud.

Se mide en $\text{ohm m}^2 / \text{m}$ o en ohm-metro.

- d) También se demuestra experimentalmente que la resistencia de un conductor varía, dentro de ciertos límites, proporcionalmente con la temperatura. Esta variación es inversa para algunas sustancias.

Así, por ejemplo, la resistencia de una bombilla de incandescencia se hace unas 10 veces mayor al estar encendida.

En las proximidades del cero absoluto se anula prácticamente la resistencia de los conductores (estado de superconductividad).



Resistividad de algunas sustancias

Sustancia	ρ Ωm
Aluminio	2.63×10^{-8}
Carbón	3500×10^{-8}
Cobre	1.72×10^{-8}
Hierro	10×10^{-8}
Mercurio	94×10^{-8}
Plata	1.47×10^{-8}
Plomo	22×10^{-8}
Wolframio	5.51×10^{-8}
Azufre	1×10^{15}
Ambar	5×10^{14}
Baquelita	2×10^{15}
Madera	$10^8 - 10^{11}$
Mica	$10^{11} - 10^{15}$
Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$



Actividad experimental. Resistencia y Resistividad eléctrica

Objetivo

Analizar los factores que influyen en la resistencia eléctrica, longitud, área de sección transversal y material de que está compuesto el conductor.

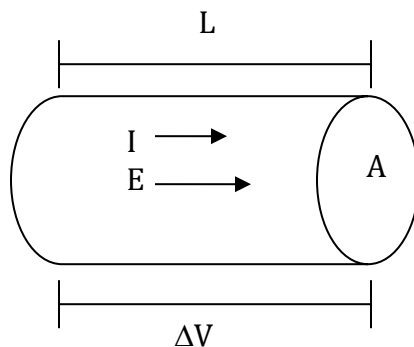
Introducción

Se ha comprobado experimentalmente que la resistencia de un conductor de longitud L y sección A es:

$$R = \rho (L / A)$$

Donde ρ es un coeficiente característico de cada material llamado *resistividad eléctrica*. Esta expresión se justifica porque, al aumentar la longitud del conductor aumenta el camino que deben recorrer los electrones bajo una diferencia de potencial aplicada, con lo que aumenta la resistencia; y al aumentar la sección transversal se dispone de más electrones que pueden moverse a lo largo del conductor, aumentando la corriente, lo que equivale a disminuir la resistencia del material.





De la relación anterior se deduce que la resistividad de un material es igual a la resistencia de un alambre de dicho material que tiene la unidad de longitud (1 m) y la unidad de sección transversal (1 m²). La resistividad se expresa en ohm-metro, o sea Ωm . También se usa con mucha frecuencia el $\mu\Omega\text{cm}$, para lo cual la longitud se expresa en cm y la sección transversal en cm².

Material

5 alambres de nicromel de 1.50 m de longitud

Base de madera

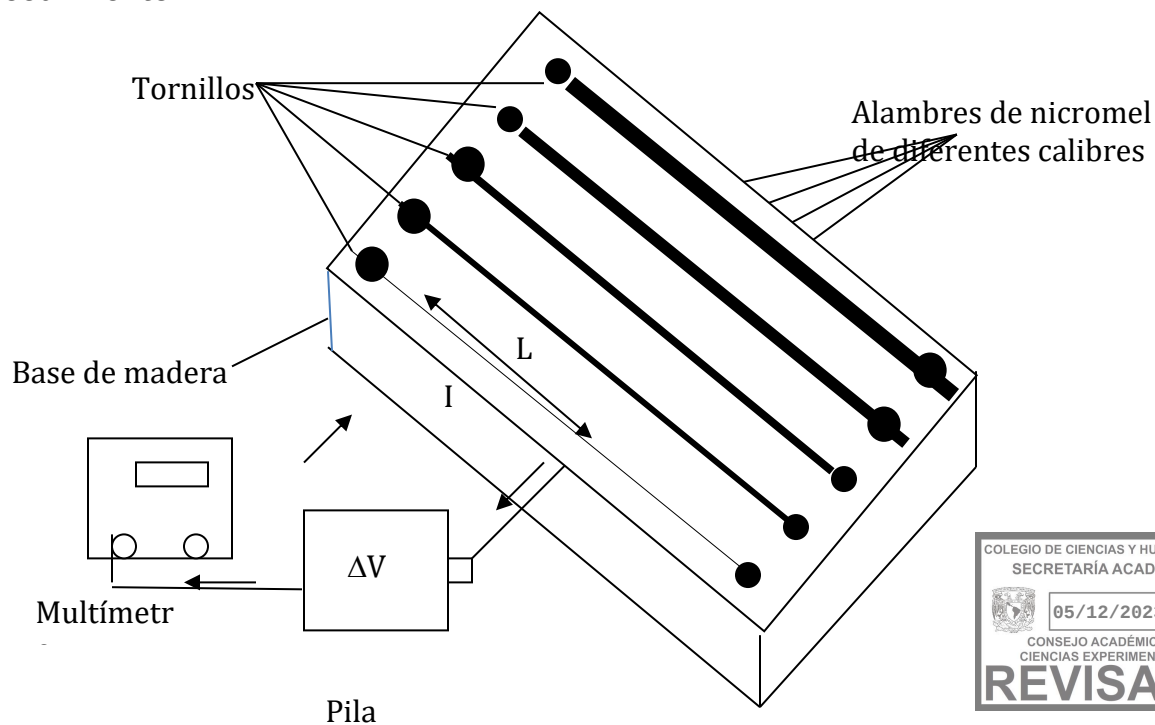
10 Tornillos

1 pila de 1.5 AA

Alambres de conexión con caimanos

1 Multímetro

Procedimiento



1. Se conecta una pila de 1.5 volts a un tramo de alambre de longitud L , se mide la corriente que circula por dicho tramo y a través de la ley de Ohm se determina la resistencia eléctrica para una longitud L de alambre de nicromel.
2. Se repite procedimiento anterior pero con otras longitudes, calculando en cada caso la resistencia de cada tramo.
3. Ahora se mantiene constante la longitud de diversos tramos de alambre de nicromel de distintas secciones transversales y se conecta la pila a cada alambre, midiéndose las corrientes que circula por los diversos tramos y calculándose las resistencias eléctricas por medio de la ley de Ohm para cada uno de los tramos de distinta sección transversal.
4. Trace la gráfica de la resistencia eléctrica contra la longitud –aquí se mantiene constante la sección transversal-, así como la gráfica de la resistencia eléctrica contra el área de la sección transversal de los alambres –aquí se mantiene fija la longitud L para los diferentes alambres-, para este último caso trace la gráfica resistencia contra el cociente longitud / área.

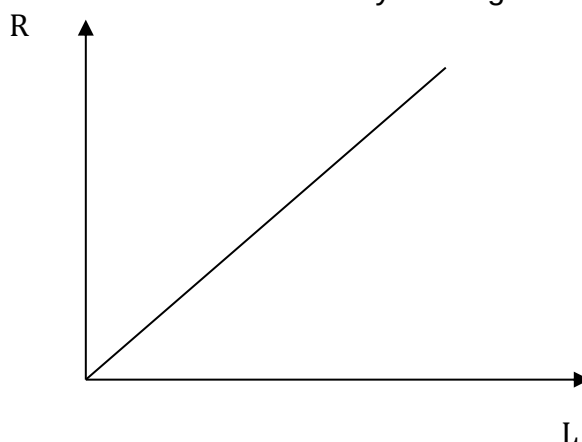


Tablas y gráficas

Se mantiene constante el área de la sección transversal A

Resistencia eléctrica (R)	Longitud (L)
(Ω)	(cm)

Determina la relación entre la Resistencia y la Longitud.

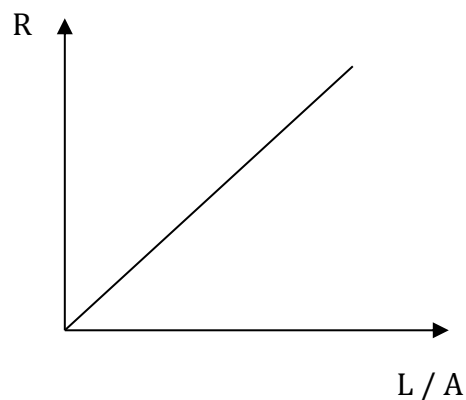
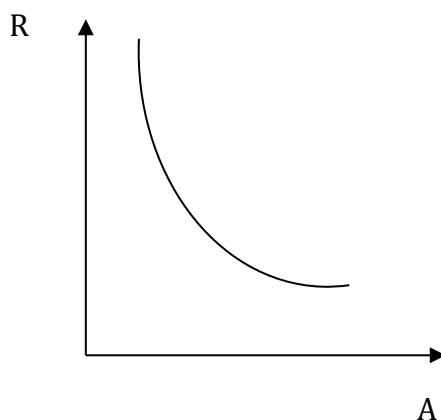


Se mantiene constante la longitud L de los alambres

Resistencia eléctrica(R)	Área (A)	L / A
(Ω)	(cm ²)	(1 / cm)



Determina la relación entre la Resistencia y el Área, así como la relación entre la Resistencia y el cociente L/A.



De la pendiente se determina la resistividad ρ del material

$$\rho = \frac{R_2 - R_1}{L/A_2 - L/A_1}$$

Observación

La pila no debe mantenerse conectada continuamente al alambre debido a que éste se puede calentar y por lo tanto dilatarse, lo cual nos afectaría introduciendo cierto error en todas las mediciones.



Has estudiado anteriormente que cuando se desplaza una carga eléctrica entre dos puntos de un campo a distinto potencial se realiza un trabajo, cuyo valor viene expresado por la ecuación

$$W = Q (V_a - V_b)$$

Expresando Q en función de la intensidad de corriente y del tiempo:

$$W = I (V_a - V_b) t$$

Como es lógico, si mides la intensidad en amperes, la diferencia de potencial en volt y el tiempo en segundos, el trabajo vendrá expresado en joule.

Sustituyendo $(V_a - V_b)$ por su valor deducido de la expresión de Ohm se tendrá esta otra expresión del trabajo:

$$W = I (IR) t = I^2 R t$$

3.1 Potencia

Se forma análoga a como se definió la potencia mecánica, se definirá la potencia de una corriente eléctrica.

Potencia de una corriente eléctrica es la razón entre el trabajo realizado por esa corriente y el tiempo empleado en realizarlo.

Matemáticamente

$$P = \frac{W}{t}$$

Teniendo en cuenta las posibles formas de expresar W :

$$P = \frac{Q(V_a - V_b)}{t}$$

$$P = I (V_a - V_b)$$



$$P = I^2 R$$

La potencia eléctrica se expresa en las mismas unidades que la potencia mecánica, es decir, en watt.



Ejercicio

Una carga de 2 coulomb pasa en 0.1 segundos de un punto A cuyo potencial es 125 volts a otro punto B cuyo potencial es 25 volts. Calcula la energía que tiene esa carga de 2 coulombs: a) en el punto A; b) en el punto B; c) la energía que libera al pasar del punto A al punto B; d) la potencia desarrollada.

- a) $Q V_a = 2 \text{ coulomb} \times 125 \text{ volts} = 250 \text{ joule}$
- b) $Q V_b = 2 \text{ coulomb} \times 25 \text{ volts} = 50 \text{ joule}$
- c) $Q (V_a - V_b) = 2 \text{ coulomb} \times 100 \text{ volts} = 200 \text{ joule}$
- d) $P = W / t = 200 \text{ joule} / 0.1 \text{ s} = 2000 \text{ watt}$

RESUELVE TÚ MISMO

1. Una estufa eléctrica de 500 watt está encendida durante 10 horas. ¿Qué energía consumió?
2. Una bombilla de incandescencia trae la siguiente inscripción: 100 W – 220 V. ¿Qué intensidad de corriente pasa por ella?
3. ¿Qué energía consume una bombilla de 60 ohm si por ella pasa una corriente de 3 amperes durante un cuarto de hora?
4. Alguna vez habrás oído en tu casa el llamado “recibo de luz” y observarías que en él se cobran los kilowatts-hora consumidos. Es así porque el kilowatt-hora no es una unidad de potencia, sino de trabajo. ¿A cuántos joule equivale 1 kW-h?

3.2 Efecto Joule y sus aplicaciones

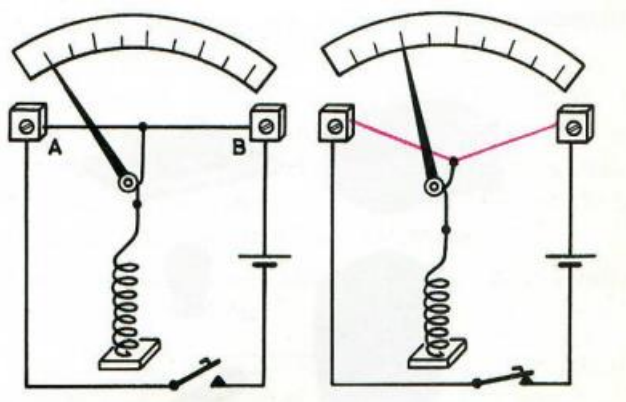
La energía eléctrica, al igual que todas las formas de la energía, es susceptible de transformarse en energía de otro tipo según sean las condiciones del circuito por donde pasa la corriente.

Así, si en el circuito existe un motor puede transformarse en energía mecánica. Pero, en general, se convierte en calor debido a los continuos choques que los electrones móviles realizan contra los iones metálicos del conductor, produciéndose un intercambio de energía cinética entre unos y otros, lo que se traduce en un aumento de temperatura del conductor. Este aumento de temperatura experimentado por el conductor puede hacerse visible por las variaciones que manifiestan algunas de sus propiedades.



Ejemplo

La longitud. Este es el fundamento de los llamados **amperímetros térmicos**.



El amperímetro térmico consta de un hilo que se dilata en virtud del calor desarrollado al pasar por él una corriente eléctrica, pudiendo deducirse de esta dilatación la intensidad de la corriente.

En algunos casos (por ejemplo, el alumbrado de incandescencia) cuando el conductor adquiere una temperatura muy elevada, parte de la energía calorífica se transforma en energía luminosa.

Para conocer el calor producido al paso de una corriente por un conductor bastará multiplicar la expresión del trabajo por el equivalente térmico del trabajo. Según lo expuesto se tendrá:

$$\text{Calor} = 0.24 W = 0.24 Q (V_a - V_b) \text{ calorías}$$

$$\text{Calor} = 0.24 I (V_a - V_b) t \text{ calorías}$$

$$\text{Calor} = 0.24 I^2 R t \text{ calorías}$$

La potencia calorífica de la corriente vendrá dada por la expresión:

$$P_{\text{cal}} = 0.24 I (V_a - V_b) \text{ cal / s}$$

$$= 0.24 I^2 R \text{ cal / s}$$



Las aplicaciones derivadas de la transformación de energía eléctrica en energía calorífica son muchas. Citaremos las más importantes.

- a) **Fusibles.** Son conductores de gran resistencia (hilos finos) y de bajo punto de fusión (por ejemplo el plomo), los cuales se funden al pasar por ellos una corriente de intensidad superior a aquella para la que están calculados. Al fundirse interrumpen el paso de toda corriente por el circuito, protegiendo así la línea y los aparatos instalados en ella.

- b) **Calefacción eléctrica.** Son aparatos destinados a transformar energía eléctrica en calorífica. Están constituidos por conductores de pequeña sección y largos; generalmente arrollados en espiral para que ocupen poco espacio. Su resistencia específica suele ser grande. Sus usos más frecuentes son: planchas, cocinas, estufas, calentadores, secadores, etc.

- c) **Alumbrado eléctrico de incandescencia.** Son aparatos que transforman energía eléctrica en calorífica y, posteriormente, en luminosa. Constan de un filamento de gran resistencia y elevado punto de fusión encerrado en una ampolla de vidrio donde se hizo el vacío o introdujo un gas inerte para evitar la combustión del filamento.

Como la temperatura en el filamento oscila entre los 2500-3000 °C, suelen fabricarse de wolframio, cuyo punto de fusión es del orden de los 3400 °C. Lo explicado en este caso no tiene nada que ver con la luz producida en los tubos fluorescentes, cuyo fundamento físico es totalmente distinto.

- d) **Arco voltaico.** Consta de dos electrodos de carbón con sus extremos en contacto. Al pasar la corriente se ponen incandescentes debido a la enorme resistencia de contacto y al separarlos un poco se produce entre ellos un arco de gran luminosidad y elevado poder calorífico. Su uso industrial consiste en hornos eléctricos, soldadura eléctrica, etc.

OTROS EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Coloca en un vaso un poco de agua acidulada con ácido clorhídrico. Introduce en la disolución dos electrodos de cobre conectados a los bornes de una pila de linterna.

Verás cómo aparecen alrededor de los electrodos pequeñas burbujas.

Ello se debe a que la corriente eléctrica, al pasar por el agua acidulada, es capaz de descomponerla en sus elementos componentes: hidrógeno y oxígeno.

Hay sustancias que al pasar por ellas una corriente eléctrica sufren una transformación química y se descomponen en sus componentes. Se les denomina disoluciones conductoras o electrolitos. Son conductoras las disoluciones de ácidos, bases y sales.



La **electrolisis** es la descomposición química que experimenta una sustancia al pasar por ella una corriente eléctrica, siempre que esa sustancia sea electrolito.

4. Generador. Fuerza Electromotriz

Varias veces se ha dicho que para hacer posible el paso de una corriente eléctrica por un conductor es preciso mantener en sus extremos una diferencia de potencial. Esto exige un consumo de energía, la cual es suministrada por el llamado **generador**.

Un generador es todo dispositivo capaz de transformar cualquier tipo de energía no eléctrica (por ejemplo: química, mecánica, etc.) en energía eléctrica.

A los dos extremos del generador se les llama “polos”. El que está a más potencial se le denomina **positivo** y el de menor potencial, **negativo**.

Experimentalmente se demuestra que todo generador se calienta al ser atravesado por una corriente. Esto demuestra, según el efecto Joule, que ofrece una cierta resistencia al paso de la corriente. Esta resistencia es característica de cada generador y se le denomina **resistencia interna** del mismo.

4.1 Fuerza electromotriz

De la misma manera que en una bomba hidráulica existe una proporcionalidad directa entre la energía que consume y el agua que suministra a la conducción, en todo generador existirá también una **proporcionalidad directa** entre la energía no eléctrica que consume y la **carga eléctrica** que suministra al circuito.

Matemáticamente lo expresaríamos así:

$$W = E Q$$

O también

$$W = E I t$$

Donde E es una constante de proporcionalidad, denominada **fuerza electromotriz** (fem), la cual depende de la forma y construcción del generador.

De la expresión anterior puedes deducir que:

$$E = \frac{W}{Q}$$

y si $Q = 1$ coulomb, $E = W$; lo que nos permite definir:



La fuerza electromotriz de un generador es numéricamente igual a la energía no eléctrica (química, mecánica, etc.) que debe consumir para suministrar al circuito una carga de 1 coulomb.



De la expresión $E = W / Q$ se deduce que las dimensiones de E son las mismas que las de una diferencia de potencial. Por tanto, ambas magnitudes se medirán en las mismas unidades; es decir: en volts.

Sin embargo conviene que te des cuenta que son conceptos distintos: la fuerza electromotriz es, precisamente, la causa de que exista una diferencia de potencial en los extremos del conductor.

Ejemplo

Si la fuerza electromotriz de una batería de coche es de 12 volts, esto significa que por cada coulomb que atraviesa el circuito se transformarán en el interior del conductor 12 joules de energía química en energía eléctrica.

4.2 Potencia de un generador

La ecuación $W = E I t$ nos indica el valor de la energía no eléctrica que es capaz de transformar un generador y que, en virtud del principio de conservación de la energía, habrá de ser igual al valor de la energía eléctrica suministrada al circuito. Por tanto, la potencia teórica del generador vendrá dada por la expresión

$$P = \frac{W}{t} = \frac{EIt}{t} = EI$$

EL CIRCUITO ELÉCTRICO

Toma una **pila** de una linterna y conecta sus bornes (polos) por medio de un **conductor** metálico a los bordes de un **foquito**. Intercala en la conexión un **interruptor**.

¿Qué observas si cierras el interruptor?



¿Qué observas si abres el interruptor?



Todos los elementos utilizados anteriormente son los que como mínimo se necesitan para construir un **circuito eléctrico**.

Éste, por tanto, estará formado por:

- Un **generador**, que es el dispositivo capaz de producir la corriente.
- Unos **conductores**, que permitan circular los electrones a su través. Todos los metales son buenos conductores.
- Un **interruptor**, con el que se pueda cerrar el circuito para dar paso a la corriente, o abrir el circuito para interrumpir el paso de la corriente.
- Un **receptor** (en nuestro caso el foquito), que utilice la energía eléctrica para transformarla en otra energía (luminosa, calorífica, etc.)

Observa

Para que la corriente eléctrica pase por un circuito, éste no debe estar **abierto**, sino **cerrado**. Por eso, el foquito instalado en un circuito abierto no luce y, en cambio, sí lo hace en uno cerrado.

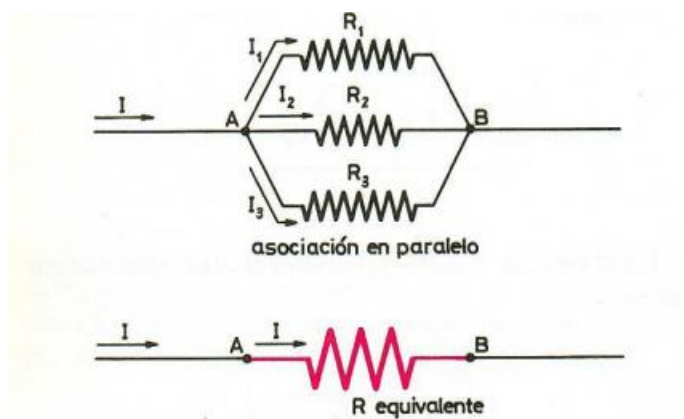
5. ASOCIACIÓN DE RESISTENCIAS

En un circuito puede haber varias resistencias formando parte de él. En este caso se dice que están asociadas; denominándose resistencia reducida o **equivalente** a aquella resistencia única que equivale a las asociadas y puede, **por tanto**, sustituir las sin que por ello se produzca modificación en el circuito.



5.1 Asociación en paralelo o derivación

Es la que resulta de unir varias resistencias de tal modo que tengan sus extremos conectados a puntos comunes.



- **Corrientes derivadas** son las que circulan por cada conductor asociado en paralelo (I_1 , I_2 , I_3 , etc.).
- Nudo es todo punto del circuito donde coinciden más de dos conductores.
- Malla es todo circuito cerrado sobre sí mismo.

En toda asociación en paralelo se cumplen siempre los siguientes lemas de Kirchhoff):

- La suma de las intensidades que entran por un nudo es igual a la suma de las intensidades que salen de él. ($I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$).
- La diferencia de potencial en los extremos de cada conductor asociado en paralelo es la **misma** para todos ellos. Por tanto:

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 = I_3 R_3 = \dots$$

O también

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}; \quad \frac{I_1}{I_3} = \frac{R_3}{R_1}; \dots$$

Las intensidades de dos corrientes que se bifurcan por dos conductores unidos en paralelo son inversamente proporcionales a sus resistencias respectivas.



Según lo explicado, se cumplirá en toda asociación en paralelo:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

y expresando la intensidad en función de la diferencia de potencial y la intensidad de la corriente:

$$\frac{V_a - V_b}{R} = \frac{V_a - V_b}{R_1} + \frac{V_a - V_b}{R_2} + \frac{V_a - V_b}{R_3} + \dots$$

Simplificando

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

El valor inverso de la resistencia equivalente a varias resistencias asociadas en paralelo es igual a la suma de los valores inversos de dichas resistencias:

Resumiendo:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

$V_a - V_b$ = común para todas las resistencias

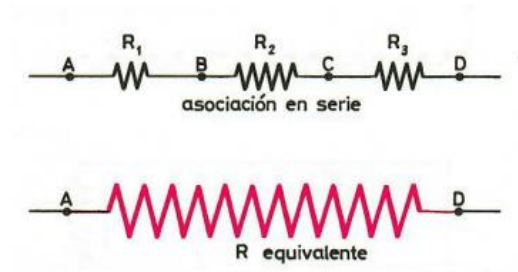
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Este tipo de conexión evita el inconveniente de la serie, pues si falla uno de los receptores los demás siguen funcionando, ya que se cierra el circuito a través de ellos.



5.2 Asociación en serie

Es la que resulta al unir el extremo de una resistencia con el principio de la siguiente.



En este caso, al no haber corrientes derivadas, la intensidad de corriente que pasa por cada resistencia asociada **es la misma** para todas ellas, cumpliéndose que la diferencia de potencial entre los extremos de la resistencia equivalente es igual a la suma de las diferencias de potencial entre los extremos de las resistencias asociadas.

Es decir:

$$V_a - V_d = (V_a - V_b) + (V_b - V_c) + (V_c - V_d)$$

Basta quitar paréntesis y efectuar operaciones para comprobarlo.

Aplicando la ley de Ohm a cada conductor, tendremos:

$$I R = I R_1 + I R_2 + I R_3$$

Y simplificando:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

El valor de la resistencia equivalente a varias resistencias asociadas en serie es igual a la suma de los valores de dichas resistencias.

Resumiendo:

I = común para todas las resistencias

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$



Esta conexión tiene el inconveniente de que si por cualquier causa falla alguno de los receptores intercalados, los demás dejan de funcionar, puesto que queda abierto y como consecuencia, no pasa corriente.



5.3 Asociación mixta

Se produce cuando en la misma instalación existen series acopladas en paralelo o paralelos en serie.

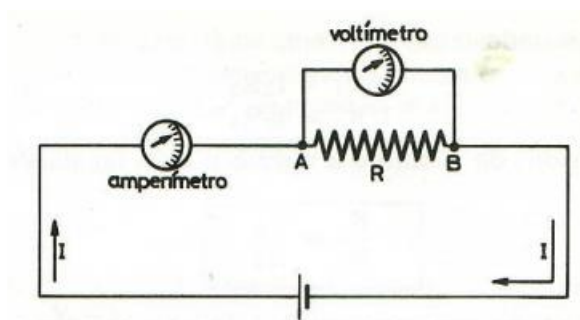
6. MEDIDA DE RESISTENCIAS

6.1 Método del amperímetro-voltímetro

Conocida mediante un amperímetro la intensidad de corriente que pasa por un conductor de resistencia R desconocida y midiendo con un voltímetro la diferencia de potencial que existe en sus extremos, se tendrá según la ley de Ohm:

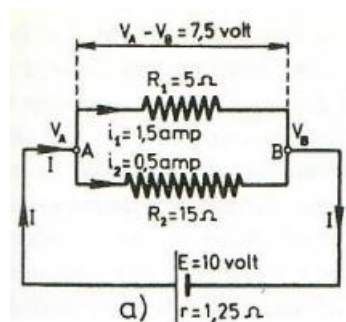
$$R = \frac{V}{I}$$

Advertencia: El voltímetro ha de colocarse en paralelo con la resistencia y el amperímetro en serie con ella.



Ejercicios resueltos

- Suponiendo que la intensidad I de la corriente principal es $I = 2$ amperes y que las resistencias R_1 y R_2 de los dos conductores asociados en paralelo valen respectivamente 5 y 15 ohms, calcula las intensidades i_1 e i_2 de las corrientes que circulan por ellos.



Solución

Aplicando la regla de las mallas a la malla AR_1BR_2A , se tiene:

$$I_1 \cdot 5 - i_2 \cdot 15 = 0$$

Y aplicando la regla de las intensidades al nudo A, se tiene:

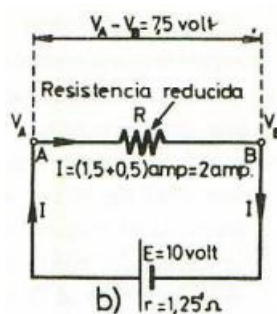
$$2 \text{ amperes} = i_1 + i_2 \quad ; \quad i_2 = 2 - i_1$$

cuyo valor sustituido en la expresión anterior nos da el valor de i_1 .

$$I_1 \cdot 5 - (2 - i_1) \cdot 15 = 0 \quad ; \quad i_1 = 1.5 \text{ amperes}$$

$$2 \text{ amperes} = 1.5 \text{ amperes} + i_2 \quad ; \quad i_2 = 0.5 \text{ amperes}$$

- Calcular la resistencia reducida o equivalente de las resistencias $R_1 = 5 \Omega$ y $R_2 = 15 \Omega$ asociadas en paralelo.



Solución

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{5} + \frac{1}{15} = \frac{3}{15} + \frac{1}{15} \quad ; R = 3.75 \, \Omega$$



3. Calcula: a) la intensidad I de la corriente que pasa por la resistencia reducida hallada en el ejercicio anterior: b) la diferencia de potencial en sus extremos.

Solución

a) $I = i_1 + i_2 = 1.5 \text{ amperes} + 0.5 \text{ amperes} = 2 \text{ amperes}$

b) $V_a - V_b = (2 \text{ ampere})(3.75 \, \Omega) = (1.5 \text{ ampere})(5 \, \Omega) = 7.5 \text{ volt}$

O también considerando la resistencia interna de la fuente de voltaje:

$$V_a - V_b = E - I r = 10 \text{ volt} - (2 \text{ ampere})(1.25 \, \Omega) = 7.5 \text{ volt}$$

Estrategia: Ahorro de energía en luminarias

Resumen

Este documento presenta una secuencia de actividades a realizar con estudiantes del CCH con el objetivo de investigar, experimentar, reflexionar y obtener conclusiones, en referencia con los elementos de iluminación que están en el mercado, considerando aspectos ecológicos y de ahorro energético

Objetivo

Actualmente los diferentes tipos de focos: incandescentes, fluorescentes compactos, de leds, utilizan una tecnología diferente, con ventajas y desventajas asociadas. El objetivo es que el estudiante pueda valorarlas y aprender a utilizarlas de la manera adecuada.

Aprendizaje

Reconoce la importancia del uso racional de la energía eléctrica.



Propósitos

Estudiante identificara los principios de funcionamiento de las diferentes tecnologías de iluminación, bombillas incandescentes, focos fluorescentes compactos y focos de leds

Estudiante conocerá las distintas tecnologías en aspectos de iluminación, considerando ventajas y desventajas de cada una y teniendo presente los impactos ecológicos.

Estudiante identificara la tecnología que maneje los menores consumos de energía, utilizándola de manera más eficiente la energía para generar iluminación, cuantificando las perdidas por calor asociadas sobre todo al tipo de foco incandescente, donde estas son muy obvias”

Estudiante aprenderá a realizar mediciones de corriente y de voltaje en los distintos dispositivos de iluminación, para usar las mismas y demostrar los ahorros de energía

Marco de trabajo

Estudiantes de CCH, 4to. Semestre, Física II, Unidad II Fenómenos electromagnéticos, temática dispositivos iluminación y ahorro energético

Estudiantes de 15 a 17 años

Antecedentes: concepto resistencia y su medición, voltaje y su medición, corriente eléctrica y su medición, construcción de circuitos serie y paralelo

Multímetro y sus usos

Termodinámica y balances de calor, conversiones

Apertura

Los estudiantes realizaran una investigación asociada a los distintos tipos de medios de iluminación considerando las siguientes tecnologías: foco incandescente, foco incandescente de halógeno, foco fluorescente u fluorescente compacto, foco de leds, ubicando ventajas y desventajas entre ellos.



Encontrando cuando menos lo siguiente: (esto fue el producto de la aplicación de este trabajo)

Focos incandescentes, operan a vacío con filamento de tungsteno; el 15 % para producir iluminación, el resto produce calor (85%); iluminación dirigida (el foco tiene zonas donde se desperdicia la iluminación (laterales)); están prohibida su producción en nuestro país desde 2011 por su ineficiencia energética; duran 1,000 horas de operación; producen una luz de color amarillo; son fáciles de romper; su reciclaje es fácil; costo \$4

Focos de halógeno, operan usando algún halógeno como gas en el bobillo siguen usando un filamento de tungsteno, pero opera a una menor temperatura, existe una tecnología más eficiente que usa Neón en vez de halógenos; usan normalmente hasta el 30% (existen algunos con una cubierta infrarroja que logran hasta el 45%) para producir iluminación y el 70% para producir calor; no hay iluminación dirigida; duran 2,000 horas de operación; producen una luz de color amarillo; son fáciles de romper; su reciclaje es fácil; costo \$22.

Focos ahorradores u fluorescentes compactos CFL, operan con una descarga eléctrica a un gas, que excita los polvos fluorescentes que producen la iluminación; considera su operación a altas frecuencias 50,000 Hz, se produce un fenómeno estroboscópico (solo si el gas es neón); usan el 80% para producir iluminación y el 20% para producir calor; no hay iluminación dirigida; duran de 6,000 hasta 10,000 horas de operación; se tienen de diversos tipos dependiendo de la temperatura de color que contengan Luz Fría (5500-6500°K) para oficinas y lugares de estudio, Luz Blanco Puro (4000-4600°K) para cocinas y baños, Luz Cálida (2700-3000°K) para recamaras y salas de descanso son algunas aplicaciones y recomendaciones para su utilización; usan un reactor para que puedan encender, por lo que tardan de 30 a 60 segundos; son afectados en su vida útil por número de veces de encendido y apagado; no son recomendados en ambientes húmedos (afecta su vida útil); utilizan hasta 5 mg de mercurio por



lo que se consideran contaminantes (sin embargo amalgama dental tiene 500 mg y una batería 50 mg); su proceso de reciclaje muy especializado; son fáciles de romper; costo promedio \$ 40

Focos de Leds, es un diodo emisor de luz que al hacer pasar una corriente eléctrica entre sus dos partes donde se excitan los electrones y emiten luz al saltar de un extremo al otro; usan el 95% para producir iluminación y el 5 % para producir calor; hay iluminación dirigida por lo que se centra en el lugar que se requiere; duran entre 50,000 y 100,000 horas de operación (de 10 a 15 años); son instantáneos en su encendido; no les afecta el número de veces de encendido y apagado, tampoco les afecta la humedad; los hay en distintos colores; no emite ni rayos UV que produzcan daños o IR que realicen interferencia con otros equipos electrónicos; no contiene elementos tóxicos; proceso de reciclaje relativamente sencillo; son muy resistentes, costo aproximadamente \$ 170



El trabajo de investigación se desarrolla individualmente y los resultados se comentan en equipo, para posteriormente cada equipo elaborar una tabla con las conclusiones, es importante resaltar que para explicar la operación del foco deberán utilizar un diagrama clara y concreto.

Posteriormente cada equipo presentara sus resultados en una plenaria dirigida por el profesor

Desarrollo

Se realizara la revisión de la información individual, primero en equipo y después en grupo, para tener una discusión más rica usando a todo el grupo

Se plantea otra investigación en relación de cómo medir resistencia, voltaje y amperaje en un sistema eléctrico con un multímetro.

Se valoran las investigaciones, se considera que la corriente se mide en serie, el voltaje en paralelo y las resistencias directo. La ventaja es que en



este momento los estudiantes han usado el multímetro y han medido voltaje de una pila, de la un enchufe y resistencias (han usado circuitos serie y paralelo calculando y midiendo resistencias equivalentes-usaron colores)



Adicionalmente se les solicita desarrollar una investigación en relación como cuantificar la cantidad de energía usando un calorímetro, para ver el calor generado por un foco incandescente ***(se tiene antecedentes porque en semestre anterior lo usaron en la temática de termodinámica).***

En general se advierte de los riesgos al realizar una conexión no adecuada, el manipular los focos incandescentes y los fluorescentes compactos representan un riesgo

Se desarrollan las prácticas

Practica 1

Material:

Foco incandescente de 60 W

Soquet

2 m de cable

Clavija

Apagador

Un cúter

Un termómetro

Un cronometro

Tortillero de unicel

Foco fluorescente compacto de 20 W

Foco de leds de 5 W

Vaso de cartón del tamaño para que los focos puedan ser cubiertos



Procedimiento:

Medición del calor que genera un foco incandescente usando un calorímetro (un tortillero), midiendo temperaturas del agua antes y después evitando el contacto de las partes metálicas del foco con el agua.



- Solo se realiza con el foco incandescente, ya que es el que desperdicia más energía en forma de calor.
- Se utiliza el tortillero se le hacen dos huecos en la tapa uno para que pueda caber la parte inferior del foco y el otro para introducir un termómetro, en el del foco se coloca un soquet con los cables para conectarlo con un apagador y una clavija.
- Se llena el calorímetro (tortillero con la mitad de agua, se debe medir con una probeta), se coloca el foco en el soquet atravesando la tapa del calorímetro.
- Se coloca el termómetro en su lugar y se cierra el calorímetro.
- Se conecta y se prende el foco (antes se debió probar el circuito para probar que estuviera bien conectado y sirviera el apagador)
- Se toma tiempo y se observan los incrementos de temperatura, después de 30 min, la toma de tiempo es cada 2 min
- Se anotan todos los resultados y se toman fotos
- Se realiza una gráfica de tiempo y temperatura
- Se realizan los cálculos de calor, considerando la masa del agua y las temperaturas correspondientes. Realizar la conversión a Joule
- Se realiza el cálculo de la energía usando por el foco (Energía= potencia *tiempo), realizar la conversión a Joule
- Se obtiene el porcentaje de energía usado para calentar el agua



Con el foco fluorescente no es recomendable hacer lo mismo que con el incandescente, porque da problemas, puede hacer corto o romperse el foco, no se debe exponer a ambientes húmedos y es poco, el impacto



- El foco fluorescente compacto se coloca en el circuito del soquet y el apagador, se enciende y se coloca un vaso de cartón encima del foco y después de un tiempo se observa cuanto se calienta, la prueba se hace con 15 min.**(en este caso si es significativo el calentamiento)**

El foco de leds se coloca en el circuito del soquet y el apagador, se enciende y se coloca el vaso de cartón, en este caso se coloca unos 15 min **(no se percibe el calentamiento en el vaso de cartón)**

Practica 2

Medición de la corriente usando un circuito en serie para medir con un multímetro los consumos de corriente de un foco incandescente, foco incandescente de halógeno, un foco fluorescente compacto (LCF) y un foco de leds.

Material

Un multímetro y cables

Soquet

Tabla de fibracel

2 m de cable

Un apagador

Una clavija

Foco incandescente de 60 W

Foco fluorescente compacto de 20 W

Foco de leds de 5 W



Procedimiento

- Se arma un pequeño dispositivo con fibracel y se atornilla el **soquet**
- Se colocan los cables para la clavija y el apagador
- Se prueba con uno de los focos
- Posteriormente se conectan los cables para realizar las mediciones con el multímetro
- Se conecta el multímetro
- Se realizan las mediciones y se toman los datos, así como fotos del sistema
- Se realizan los cálculos de potencia y energía (considerando la operación de cada foco por 1 hora)
- Se realiza una tabla comparativa



En el caso de las mediciones de corriente, se pueden encontrar los siguientes valores para focos operando a 120 V, resultado de la realización de la practica

Foco Incandescente de 60 Watts, la corriente es de 0.48 A

Foco Ahorrador de 20 Watts, la corriente es de 0.16 A

Foco de Leds de 5 Watts, la corriente es de 0.04 A

*Para el cálculo de potencia recordar que la Potencia= Voltaje * Corriente

*Para el cálculo de consumo de energía $E = \text{Potencia} * \text{tiempo de operación}$

Se documenta la práctica de dos formas dependiendo de la elección del grupo de trabajo

- A) Utilizando una presentación de ppt en 5 diapositivas cuando **menos** debidamente enlazadas



- a. Una V de Gowin donde se presentan los enlaces con el marco teórico (b), procedimiento de la práctica (c), tablas de resultados y graficas en las diapositivas necesarias (d) y las conclusiones en la misma V (si se requiere de un anexo , se utiliza otra diapositiva (e))
- b. Marco teórico se usa un mapa conceptual con 20 conceptos principales, en otra diapositiva
- c. Procedimiento de la práctica, usando un diagrama de flujo
- d. Tabla de resultados y grafica
- e. Anexo de conclusiones



B) Utilizando trabajar un reporte experimental con los siguientes apartados:

- a. Título
- b. Resumen
- c. Introducción
- d. Desarrollo experimental
- e. Resultados
- f. Observaciones y/o discusión
- g. Conclusiones
- h. Bibliografía

Cierre

Se presentan los resultados de la práctica de manera grupal en 10 minutos cada equipo

Se analizan los resultados obtenidos y se descartan las situaciones problemáticas, donde los resultados no coincidan con lo esperado, dando cada equipo una explicación de lo ocurrido.



Se anotan en pizarrón los resultados y en una plenaria dirigida por el profesor se llega a unas conclusiones finales

Se hace una reflexión individual de la situación en la iluminación en el hogar de cada estudiante por escrito y se proponen una serie de propuestas para mejorar la situación.



III. Cierre

Preguntas y problema

1. Sea una estufa eléctrica de 500 watt. Se pregunta:
 - a) ¿Qué potencia eléctrica consume?
 - b) ¿Qué potencia calorífica produce?
 - c) ¿Qué energía eléctrica medida en kwh consume en 24 horas?
 - d) ¿Cuánto calor produce en 24 horas?
 - e) ¿Cuánto cuesta este calor, siendo 3.00 pesos el precio del kwh?
2. Sin hallar antes la intensidad de la corriente, calcular la resistencia de una bombilla que lleva esta inscripción “100 W, 220 V”.
3. Un calentador eléctrico conectado a una línea de 220 volt, ha calentado en 13 minutos y 20 segundos 2.4 litros de agua, haciendo que su temperatura pase de 10 a 90 °C. Calcula: a) La potencia eléctrica del calentador; b) Su resistencia.
4. Siendo 3 pesos / kwh el precio de la energía eléctrica, calcula lo que cuesta tener encendida una bombilla de 100 watt durante 12 horas.
5. Calcula la resistencia de un hilo de cobre de 3.4 mm² de sección transversal y de 4 km de longitud en el sistema internacional.
6. Uniendo mediante un conductor los polos de una batería de 9 volt de fem y 1.5 ohm de resistencia interna, circula una corriente de 2 amperes durante 10 minutos. Calcula: a) La energía eléctrica producida por la batería; b) La diferencia de potencial en los polos de la batería; c) La resistencia del conductor; d) La caída de potencial dentro de la batería.
7. Dibuja un circuito eléctrico constituido por los siguientes elementos: Una pila, un conductor AB que une los polos del generador, un voltímetro V que mide la tensión o voltaje en los extremos A y B del conductor y un amperímetro A que mide la intensidad de la corriente. Siendo 0.1 amperes la intensidad medida por el amperímetro, 2 volts la fem del generador y 19 ohm la resistencia del conductor AB. Calcula: a) La tensión medida por el voltímetro; b) La resistencia interna de la pila; c) La potencia desarrollada por la pila. Las potencias absorbidas d) por la pila y e) por el conductor AB.



8. Introduciendo un calentador de inmersión, que lleva esta inscripción “110V, 500 W”, en 1.5 litros de agua a 10 °C, observamos que ésta empieza a hervir a los 25 minutos. Calcula: a) La energía eléctrica gastada en ello medida en joule y su equivalente en kilocalorías, b) La energía útil obtenida por calentamiento del agua. c) El rendimiento del calentador. Entendemos por rendimiento del calentador la siguiente relación:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía útil o calor del agua}}{\text{Energía eléctrica consumida}}$$

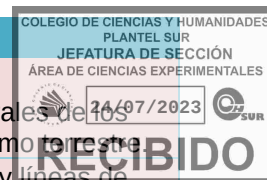


9. Calcula la resistencia equivalente de dos resistencias de 2 y de 3 ohm asociadas: a) en serie, b) en paralelo.
10. Sean tres resistencias iguales de 6 ohm cada una. Halla la resistencia equivalente de las mismas según estén asociadas: a) las tres en serie, b) las tres en paralelo, c) dos de ellas en paralelo y la tercera en serie con ellas.
11. Un conductor por el que circula una corriente de 3 amperes se bifurca en otros dos de resistencias $R_1 = 4 \text{ ohm}$ y $R_2 = 6 \text{ ohm}$. Calcula las intensidades i_1 y i_2 de las corrientes derivadas.
12. Suponiendo en el problema anterior que la corriente de 3 amperes es producida por un generador de 0.6 ohm de resistencia interna, calcula: a) La resistencia reducida de las dos derivaciones, b) la fem del generador, c) la potencia del generador.
13. Por un conductor homogéneo y de sección constante de 90 cm de longitud y 6 ohm de resistencia, circula una corriente de 0.5 amperes. Calcula la diferencia de potencial: a) en los extremos de dicho conductor, b) entre dos puntos del mismo conductor distantes 30 cm.
14. El filamento de una lámpara incandescente emite luz al pasar por él una corriente, estando la lámpara sometida a 220 volts. Siendo 484 ohm, la resistencia de dicho filamento, calcular la potencia.



FENÓMENOS ELECTROMAGNÉTICOS

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: - Identifica cualitativamente el magnetismo como otra forma de interacción de la materia. <i>N1.</i> - Identifica semejanzas y diferencias entre los campos magnético y eléctrico. <i>N1.</i> - Describe en forma verbal y gráfica el campo magnético generado en torno de conductores de diferentes formas, por los que circula una corriente eléctrica constante. <i>N1.</i> - Establece cualitativamente la relación entre variables que determinan el campo magnético inducido por una corriente en un conductor recto. <i>N2.</i> - Describe cómo interactúan imanes, espiras y bobinas, por las que circula una corriente eléctrica. <i>N1.</i> - Explica el funcionamiento de un motor eléctrico de corriente directa. <i>N2.</i> - Conoce la inducción de corriente eléctrica generada por la variación del campo magnético. <i>N1.</i> - Comprende el funcionamiento de un generador eléctrico. <i>N2.</i>	- Propiedades generales de los imanes y magnetismo terrestre. - Campo magnético y líneas de campo. - Relación entre electricidad y magnetismo: experimento de Oersted. - Campo magnético generado en torno de un conductor recto, espira y bobina. - Interacción magnética entre imanes y espiras/bobinas. - Transformación de energía eléctrica en mecánica. - Corriente eléctrica generada por campos magnéticos variables: ley de Faraday. - Generador eléctrico.



I. Apertura

Cuestionario Diagnóstico

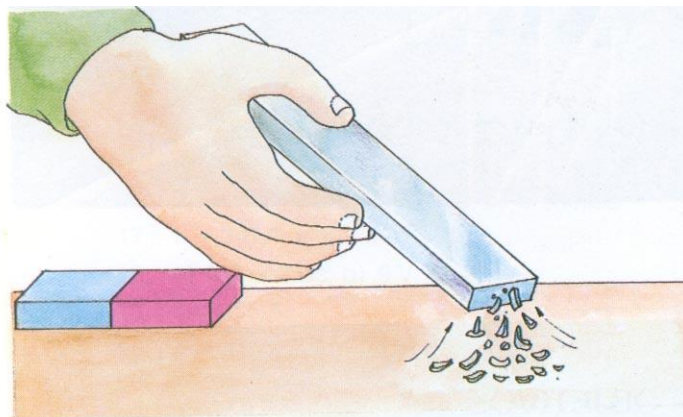
- ¿A qué se debe el magnetismo de ciertos materiales?
- ¿Qué es lo que genera el campo magnético terrestre?
- ¿Hay alguna relación entre la electricidad y el magnetismo?
- ¿Las corrientes eléctricas generan algún campo magnético?
- ¿Hay alguna ley que rige la interacción entre imanes?
- ¿Por qué interactúan las espiras o bobinas por las que circula una corriente?
- ¿Qué nos dice la ley de Faraday?
- Explica cómo funciona un generador eléctrico?

II. Desarrollo

Electromagnetismo

Los primeros fenómenos magnéticos conocidos estaban relacionados con los llamados imanes naturales. Desde épocas muy antiguas es conocido el hecho de que algunas sustancias, como la magnetita (óxido ferroso férrico, Fe_3O_4) tienen la propiedad de atraer al hierro no imantado, manifestándose esta propiedad más acusadamente en ciertas regiones del imán llamadas polos.





Los chinos, en el año 121 de nuestra era, ya conocían el hecho de que una barra de hierro colocada cerca de un imán natural adquiría y conservaba las propiedades de éste, y que si se suspendía libremente era capaz de orientarse en la dirección N-S terrestre.

El uso de los imanes como medio de facilitar la navegación (brújulas) se remonta hacia el siglo X u XI.

Con objeto de estudiar estos fenómenos, que no pueden ser considerados como consecuencia de acciones gravitacionales o electrostáticas, se constituyó una parte de la Física que se denominó magnetismo, suponiendo en un principio que no tenía relación alguna con los fenómenos eléctricos.

En 1772 hay un intento de relacionar ambas materias como consecuencia de los estudios realizados por Beccaria de Mondovì y publicados en su obra “Dell’elettrismo artificiale”, donde desarrolla una teoría relativa a “circuitos eléctricos capaces de engendrar **magnetismo** en los imanes”.

Sin embargo, hasta 1819 no se demostró que existía relación entre los fenómenos eléctricos y magnéticos. En este año el físico danés Hans Christian **Oersted** (1770-1851) observó que una aguja magnética se desvía al encontrarse en la proximidad de un conductor por donde circula una corriente. Experiencias posteriores realizadas por Faraday, Henry y Ampere demostraron la interacción existente entre corrientes e imanes, dando origen a esta rama de la Física llamada actualmente **electromagnetismo**.





1. Campo Magnético

De la misma manera que una masa origina un campo gravitacional y una carga eléctrica en reposo un campo eléctrico, un imán o una corriente eléctrica perturban el espacio que las rodea dando origen a un campo magnético el cual puede hacerse “visible” por la presencia de fuerzas actuantes sobre agentes de prueba tales como: limaduras de hierro, agujas imantadas, corrientes eléctricas, etc.

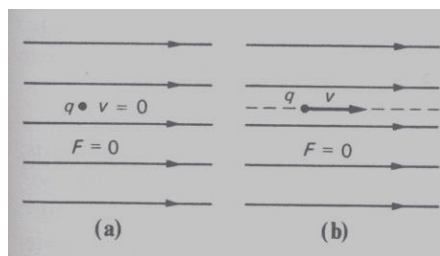
Según esto:

Campo magnético es aquella región del espacio donde se hacen visibles los efectos magnéticos. O mejor aún: aquella región del espacio donde se ejerce una fuerza sobre un imán o sobre una corriente eléctrica colocada en ella.

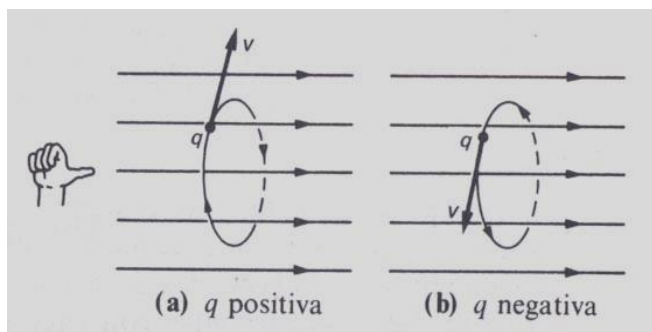
Fuerza magnética ejercida sobre una carga eléctrica

Una pregunta importante es la si los campos magnéticos ejercen fuerzas sobre las cargas eléctricas. La experiencia indica que si colocamos una carga eléctrica en *reposo* en un campo magnético, *no* se ejerce ninguna fuerza sobre la carga. Igualmente, si una carga se mueve en dirección *paralela* al campo magnético (ver figura siguiente), o sea, según una línea de fuerza, *tampoco* se ejerce una fuerza sobre la carga. Esta es otra manera de determinar la dirección del campo magnético en un lugar.

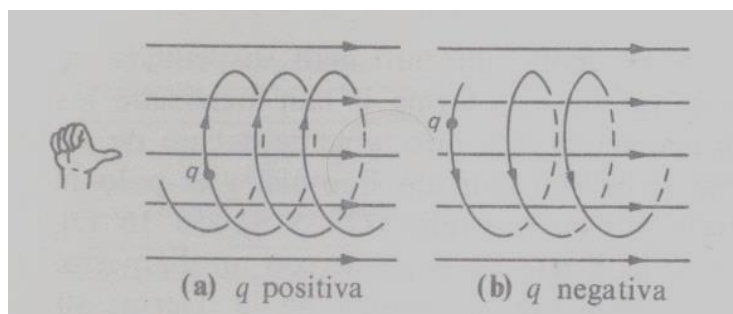




Sin embargo si lanzamos una carga eléctrica en dirección perpendicular al campo magnético, observamos que describe un movimiento circular (ver figura siguiente). El sentido en que la carga recorre la circunferencia depende de que la carga sea positiva o negativa. Para determinar el sentido del movimiento, aplicamos la siguiente regla: Si colocamos la mano derecha con el pulgar extendido y apuntando en la dirección del campo, y luego cerramos la mano, el sentido en que se enrollan los demás dedos coincide con la dirección en que se mueven las cargas negativas y con la contraria al movimiento de las cargas positivas.

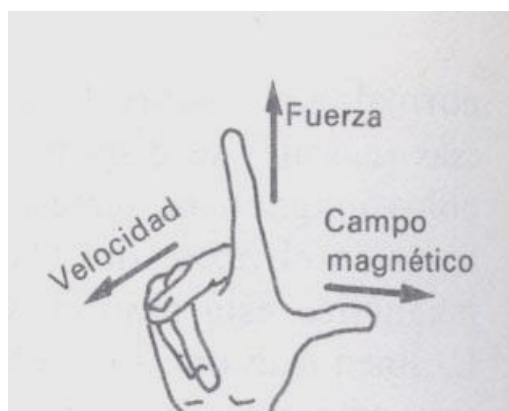


Cuando se lanza una carga en dirección oblicua a un campo magnético, se observa que la carga describe una trayectoria en espiral (ver figura siguiente). Esto se debe a que el movimiento paralelo al campo magnético no es afectado por éste, mientras que el movimiento perpendicular al campo es circular. La composición de ambos movimientos da lugar a una trayectoria en espiral.



El análisis de las diversas trayectorias de una partícula cargada moviéndose en un campo magnético indica que *la fuerza magnética sobre una carga eléctrica es 1) perpendicular a la velocidad de la carga, 2) perpendicular al campo magnético*

Por tanto, deducimos que la fuerza magnética sobre una carga eléctrica es perpendicular al plano determinado por la velocidad de la carga y la dirección del campo magnético. La dirección de la fuerza magnética se determina por la regla de la mano derecha, ilustrada en la figura siguiente; si se disponen los dedos de la mano derecha como se ilustra, de modo que el dedo mayor indique la dirección de la velocidad y el pulgar señale la dirección del campo magnético, la fuerza magnética tiene la dirección del índice si la carga es positiva, y la contraria si la carga es negativa.



Intensidad del campo magnético

Lanzando diversas partículas cargadas en un campo magnético, se ha podido comprobar que la fuerza magnética sobre una partícula es proporcional a su carga y a su velocidad. O sea, que cuánto más rápidamente se mueve una partícula cargada, mayor es la fuerza magnética sobre ella.

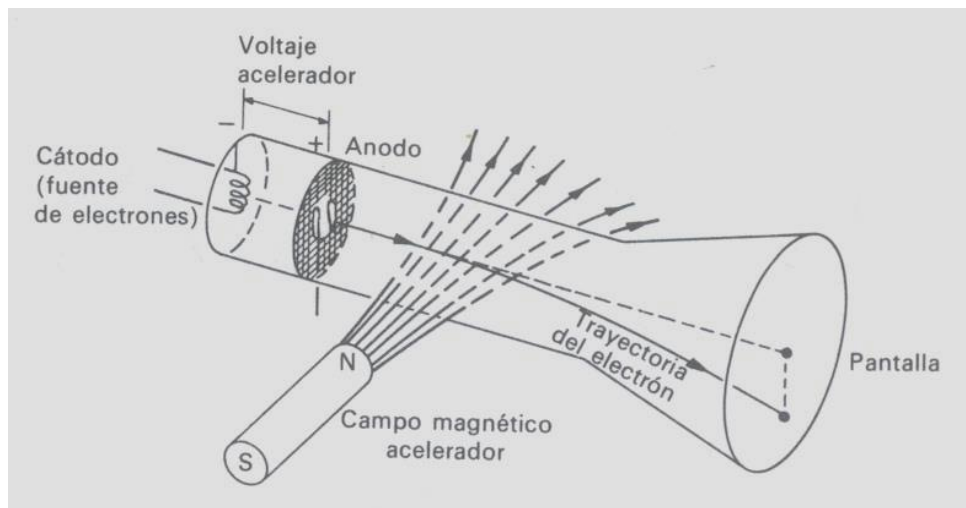
$$F \propto \text{carga} \times \text{velocidad}$$

Aunque aún no hemos definido la intensidad del campo magnético, podemos suponer que cuanto más intenso sea el campo magnético, mayor deberá ser la fuerza magnética sobre una carga eléctrica en movimiento. Por tanto, podemos establecer que la fuerza magnética es proporcional a la intensidad del campo magnético.

$$F \propto \text{campo magnético}$$



Se pueden comprobar estos efectos con un tubo de rayos catódicos, que es similar a los utilizados en televisión. En estos tubos (ver figura siguiente) en los que se ha hecho el vacío, las partículas cargadas (electrones) son producidas mediante el efecto termoiónico en un filamento metálico caliente (cátodo) y aceleradas hacia una placa (ánodo) a potencial eléctrico más elevado; los electrones pueden atravesar dicha placa porque está hueca en su parte central. Pasado el ánodo, los electrones golpean a gran velocidad contra una pantalla fluorescente, donde producen una mancha en el punto de incidencia. Al acercar un imán al tubo, se observa una desviación de la mancha luminosa en la pantalla. La desviación depende de la orientación del imán respecto a la trayectoria inicial de los electrones, y también de la intensidad del campo. Variando la distancia del imán al tubo, de modo que varíe la intensidad del campo magnético, y modificando el voltaje aplicado entre el cátodo y el ánodo, de modo que varíe la velocidad de la carga, se puede analizar cómo afectan estos dos factores a la fuerza que actúa sobre la carga.



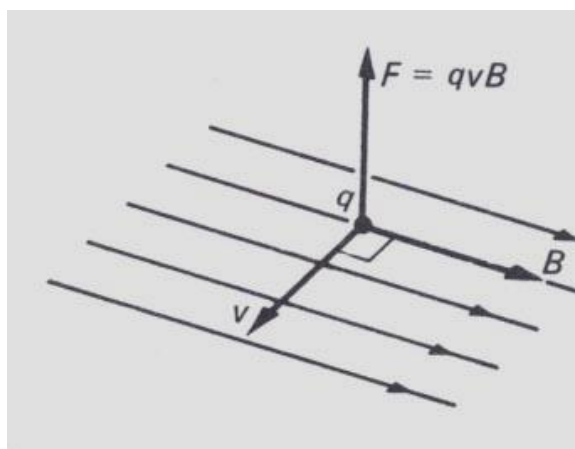
Luego, designando por B la intensidad del campo magnético, tendremos que, si lanzamos una partícula en dirección perpendicular a un campo magnético, podemos establecer la relación entre las magnitudes de $\mathbf{F}$, $\mathbf{v}$, $\mathbf{B}$, a saber:

$$\mathbf{F} = q \mathbf{v} \mathbf{B}$$

Fuerza magnética = carga x velocidad x intensidad del campo magnético



Midiendo F , q y v , se puede calcular B , que es la única cantidad que no ha sido definida previamente en forma cuantitativa. La relación entre las direcciones de F , v y B se indica en la figura siguiente.



La relación anterior permite calcular el campo magnético B , si se conoce la fuerza F , la velocidad v y la carga q . La unidad de campo magnético en el SI es el *tesla* (abreviado T), así nombrado en honor del ingeniero austriaco Nikola Tesla (1856-1943). En la relación anterior, la carga se expresa en coulombs, la velocidad en m/s y la fuerza en newtons. Por tanto, podemos escribir

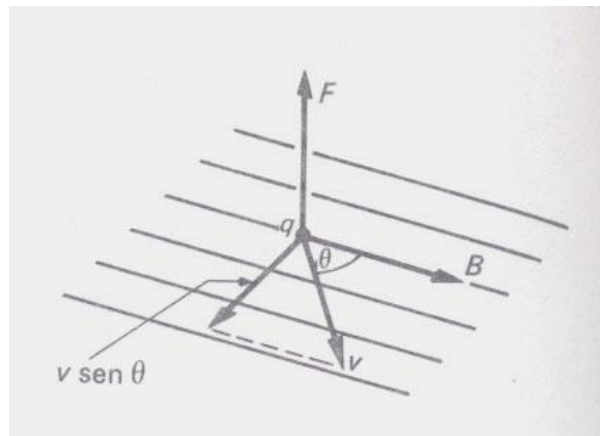
$$\text{newton} = (\text{coulomb}) \times (\text{m/s}) \times (\text{tesla})$$

o sea, que la intensidad de un campo magnético es un tesla si una carga de un coulomb que se mueve perpendicularmente al campo magnético con una velocidad de 1 m/s experimenta una fuerza de una newton.

Cuando la carga se mueve en una dirección que forma un ángulo θ con el campo magnético, la fuerza magnética es proporcional a la componente de la velocidad de la partícula en dirección perpendicular al campo magnético, pues la componente de la velocidad en la dirección paralela al campo no contribuye a la fuerza. Luego, podemos escribir

$$F = qvB\sin\theta$$

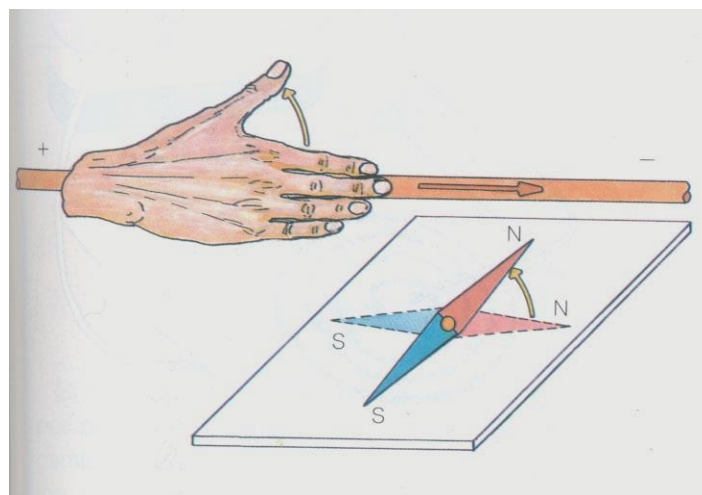




Porque la componente de la velocidad de la carga en dirección perpendicular al campo magnético es $v \sin \theta$, como se desprende de la figura siguiente. Esta expresión se reduce a $F = qvB$ cuando $\theta = 90^\circ$, y es cero cuando $\theta = 0^\circ$, o sea cuando la carga se mueve paralelamente al campo.

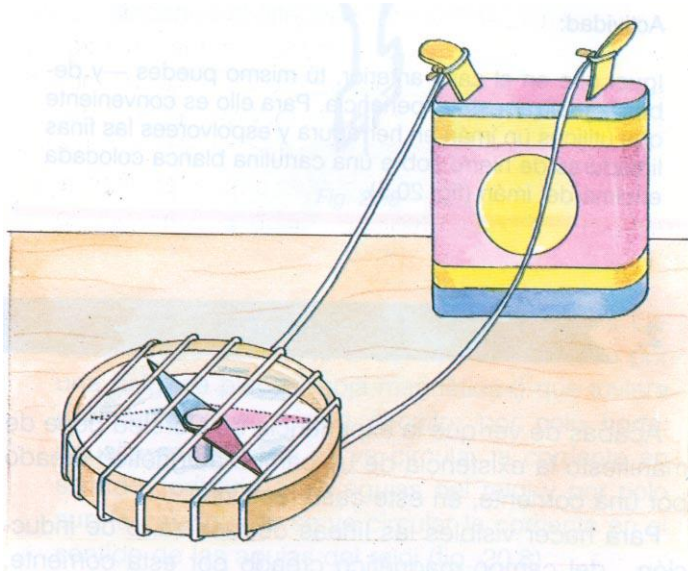
Experiencia de Oersted

Este físico descubrió que la corriente eléctrica, al pasar por un conductor colocado paralelamente a una aguja móvil, la desvía de su posición norte-sur, tendiendo a orientarla perpendicularmente a la dirección del conductor. Para ello, el polo norte de la aguja magnética gira como lo haría el dedo pulgar de la mano derecha al extenderse, en el supuesto que se coloque la mano sobre la aguja y de forma que la corriente “entre” por la muñeca y “salga” por los dedos.



Como solamente un campo magnético puede actuar sobre una aguja magnética, hemos de deducir que **toda corriente eléctrica** origina a su alrededor un **campo magnético**.

Tú mismo puedes realizar esta experiencia; conecta entre sí mediante un hilo de cobre los dos polos de una pila de linterna (4.5 V) y coloca el conductor paralelamente a una brújula. Observa lo que sucede y haz un esquema de lo observado.



Líneas de Inducción

Al igual que sucedía en el campo eléctrico, el campo magnético suele representarse mediante líneas de “fuerza”, que en este caso, se denominan generalmente **líneas de inducción**.

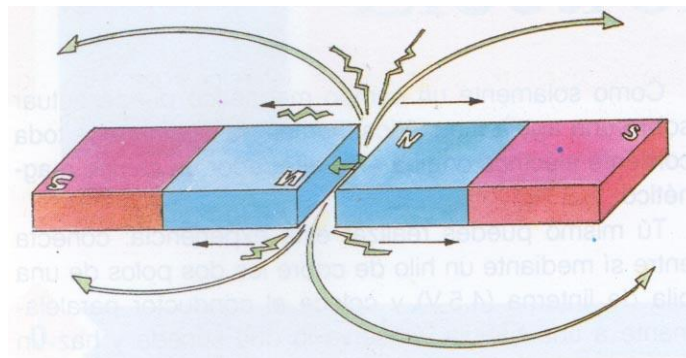
En un principio, podemos definir:

Las líneas de inducción como las trayectorias descritas por un polo norte puntual al moverse libremente bajo la acción del campo.

Teniendo en cuenta el hecho conocido de que “polos del mismo signo se repelen y de distinto signo se atraen” es fácil comprender que las líneas de inducción “salen” por el polo norte del imán y “entran” por el polo sur.

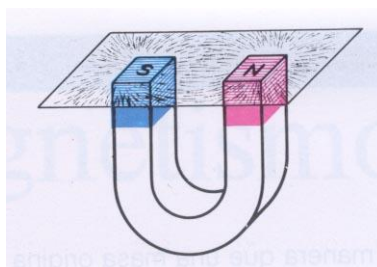
En la figura siguiente se muestran las líneas de inducción del campo magnético creado por un imán, materializadas por la disposición que adoptan las limaduras de hierro alrededor de él.





Actividad.

Igual que en el caso anterior, tú mismo puedes –y debes– realizar esta experiencia. Para ello es conveniente que utilices un imán en herradura y espolvorees las finas limaduras de hierro sobre una cartulina blanca colocada encima del imán.



Inducción magnética

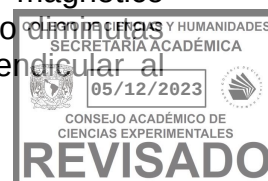
De la misma manera que un campo eléctrico queda caracterizado por las líneas de fuerza y por una magnitud vectorial E que denominábamos intensidad del campo en cada punto, el campo magnético queda caracterizado por las líneas de inducción y por una magnitud vectorial B , denominada **inducción magnética**.

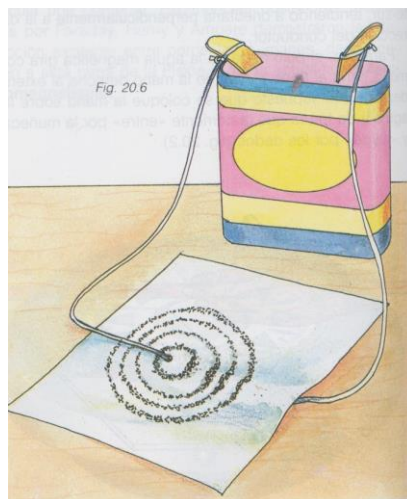
Su unidad es el webber / cm^2 , también llamada Tesla.

CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE ELÉCTRICA

Acabas de ver que la experiencia de Oersted pone de manifiesto la existencia de un campo magnético creado por una corriente, en este caso rectilínea.

Para hacer visibles las líneas de fuerza, o de inducción, del campo magnético creado por esta corriente, se esparcen pequeñas limaduras de hierro (o diminutas agujas magnéticas) sobre una cartulina colocada en un plano perpendicular al conductor.





Observarás que las limaduras, o las agujas magnéticas, se distribuyen según la dirección de las líneas de inducción, formando una serie de **circunferencias concéntricas**.

El sentido de estas líneas de inducción se deduce fácilmente de lo explicado en el apartado anterior. Teniendo en cuenta lo expuesto allí y observando la posición de los polos N de las agujas magnéticas se observa que:

El sentido de las líneas de inducción del campo magnético creado por una corriente rectilínea coincide con el giro de un sacacorchos que avanza en el sentido que lo hace la corriente (regla de Maxwell).

O de otra forma, las líneas de campo magnético se determinan por la siguiente regla: Si se toma el conductor con la mano derecha de modo que el pulgar indique el sentido de la corriente, los dedos indican el sentido del campo magnético.

La intensidad del campo magnético en un punto a la distancia r de la corriente rectilínea está dada por la expresión

$$B = (10^{-7}) \frac{2I}{r}$$

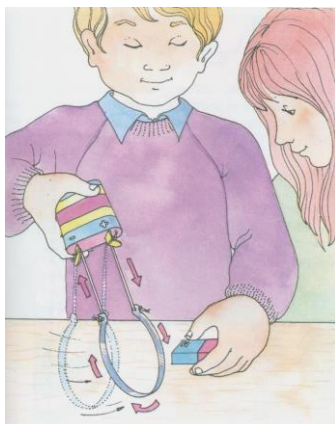
donde I se expresa en amperes, r en metros y B es teslas. La constante 10^{-7} es consecuencia de las unidades empleadas.

CAMPO MAGNÉTICO CREADO POR UNA CORRIENTE CIRCULAR

Construye un conductor circular capaz de girar hacia delante y hacia atrás y conecta sus extremos a los bordes de una pila de linterna. Recuerda que **convencionalmente** decimos que la corriente va del borne positivo al negativo. Acerca el polo norte de un imán a la “cara” del conductor por donde “veas” circular a la corriente en el sentido de las agujas del reloj. Verás cómo la atrae.



Acerca el polo norte de un imán a la “cara” del conductor por donde “veas” circular a la corriente en sentido contrario a las agujas del reloj. Verás como la rechaza.



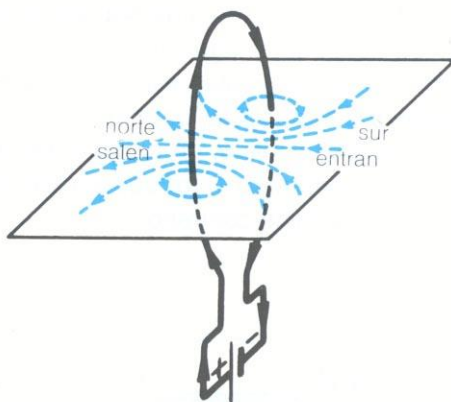
Si consideramos una corriente circular como formada por pequeños elementos de corriente rectilíneos y aplicamos la regla de Maxwell a cada uno de estos elementos, observaremos que las líneas de inducción “salen” por aquella cara donde se “ve” circular la corriente en sentido contrario a las agujas del reloj y “entran” por aquella cara donde se ve circular la corriente en el sentido de las agujas del reloj.

O de otra forma, el sentido del campo magnético se determina colocando la mano derecha de modo que los dedos señalen el sentido de la corriente. Entonces el pulgar indica el sentido del campo en el centro de la corriente.

La intensidad del campo magnético creado por una corriente circular está dada, en general, por una expresión muy compleja, pero para el centro es muy sencilla:

$$B = 10^{-7} \frac{2\pi I}{r}$$

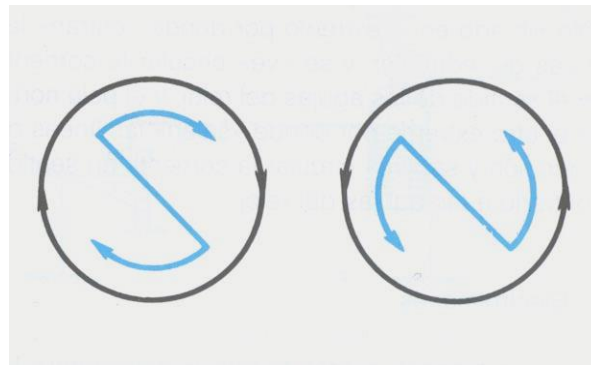
donde r es el radio del círculo, expresado en metros.



El campo magnético creado por una corriente circular puede asemejarse al de un imán formado por una delgada placa (“hoja magnética”) que tuviera por **contorno** el mismo circuito; por **polo norte**, aquella cara donde se ve circular la corriente en sentido contrario a las agujas del reloj y por **polo sur**, la cara donde se ve circular la corriente en el sentido de las agujas del reloj.



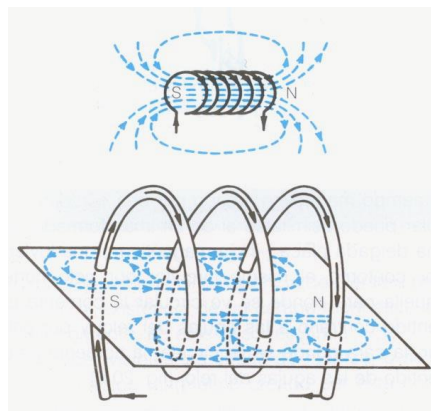
Una regla fácil para recordar cuál es la cara N o la cara S consiste en dibujar una N o una S de forma que los extremos de estas letras, terminadas en un punto de flecha, tengan el mismo sentido que la corriente.



SOLENOIDE O BOBINA

Se denomina así a un conjunto de corrientes circulares, paralelas, iguales, equidistantes y próximas, el cual se obtiene enrollando en espiral un conductor recorrido por la misma corriente.

Aplicando la regla de Maxwell a las espiras de la bobina se obtiene el siguiente resultado: las líneas de inducción de las diferentes espiras **se suman** en el **interior** y **exterior** de la bobina, por tener en ambos sitios todas ellas el **mismo sentido**; en cambio, **se neutralizan** en el espacio comprendido entre dos espiras consecutivas, por tener ahí **sentido contrario**.



Por consiguiente: **Todo solenoide recorrido por una corriente eléctrica equivale a un imán**; el **polo sur** está situado en el extremo por donde “**entran**” las líneas de inducción y se “**ve**” circular la corriente en el sentido de las agujas del reloj; y el **polo norte**, en el otro extremo por donde “**salen**” las líneas de inducción y se “**ve**” circular la corriente en sentido contrario a las agujas del reloj.

O de otra manera, el sentido de las líneas de fuerza que representan el campo magnético se determina por la misma regla que la corriente circular: Cuando los dedos de la mano derecha indican el sentido de la corriente en el solenoide, el pulgar señala el sentido del campo magnético en el interior del mismo.

La intensidad del campo magnético en el centro de un solenoide largo está dada por la expresión

$$B = 10^{-7} \frac{4\pi NI}{L}$$

donde N es el número de espiras del solenoide y L es su longitud. El campo magnético en los extremos del solenoide es igual a la mitad del valor en el centro.

Electroimanes

El campo magnético creado por un solenoide o bobina depende fundamentalmente del número de vueltas o espiras de la bobina y de la intensidad de la corriente que circula por ella.

Ahora bien, si se introduce dentro de un solenoide una barra de **hierro dulce** la intensidad del campo magnético aumenta de un modo notable; dándose además la circunstancia que únicamente **existe campo magnético** si pasa corriente por el solenoide.

Toma una barra de hierro dulce y enrolla a su alrededor un conductor aislado. Conecta los extremos del conductor a los bornes de una pila de linterna y acerca la barra a pequeños clavos o limaduras de hierro.

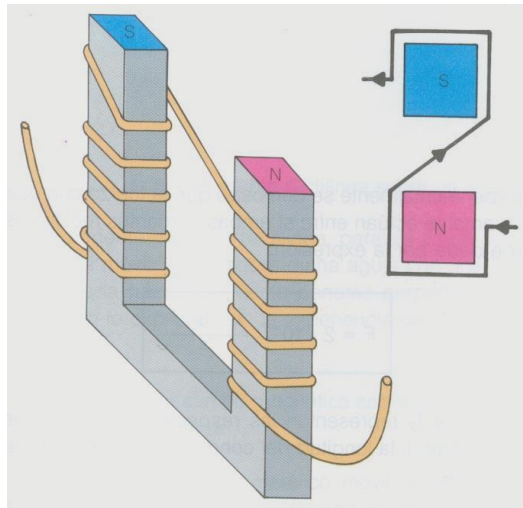


¿Los atrae?

Desconecta el conductor de los bornes de la pila y acerca la barra a las bobinas de hierro.

¿Hay atracción?

Este dispositivo se denomina **electroimán** y es, por tanto, un imán temporal (ver fig. siguiente)

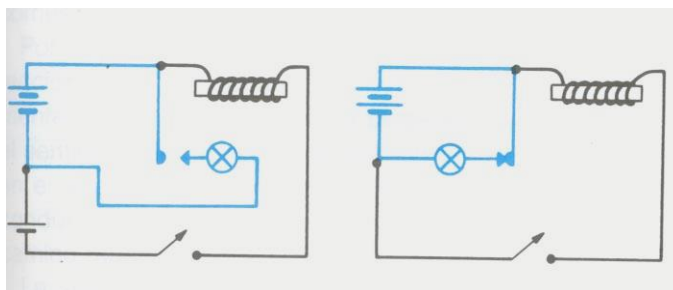


Las aplicaciones técnicas de los electroimanes se basan en los llamados **circuitos de relé**, en los que un sistema se comporta o no como un imán actuando a voluntad sobre un interruptor. Esto permite controlar otro circuito independiente del que actuamos.

a) La figura siguiente muestra dos montajes sencillos de relés y que tú mismo puedes construir: En el primero la bombilla permanecerá apagada a no ser que se actúe sobre el circuito que lleva el electroimán. Si éste funciona, atrae a la lámina que cerrará el circuito interior y se encenderá la bombilla. Esto puede servir como circuito de alarma.

En el segundo el circuito de la lámpara permanece cerrado y la lámpara, encendida. Al actuar sobre el circuito exterior el electroimán atrae a la lámina y el circuito interior se interrumpe, apagándose la lamparita. También puede utilizarse como circuito de alarma.

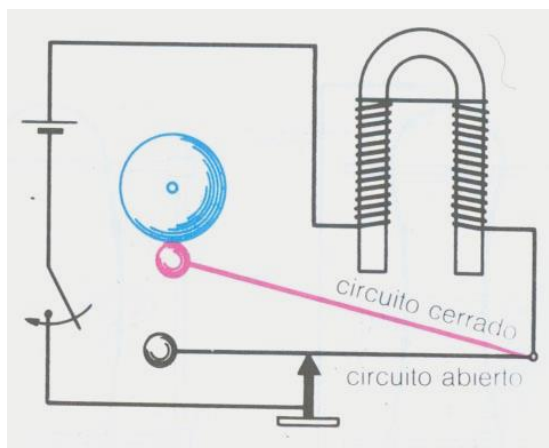




- b) El **timbre eléctrico** es otro ejemplo de aplicación de los electroimanes. En esencia es un circuito de relé en el cual al separarse la lámina de su punto de contacto, por ser atraída por el electroimán, da un golpe sobre una campanita sonora, a la vez que queda interrumpido el circuito.

Al volver la lámina a su posición inicial, pues al no haber circuito no hay atracción, hace de nuevo contacto, cierra el circuito y repite el proceso anterior; de forma que mientras se apriete el pulsador, las interrupciones y contactos entre tornillo de contacto y la placa se sucedan rápidamente produciendo repetidos golpes en la campanita.

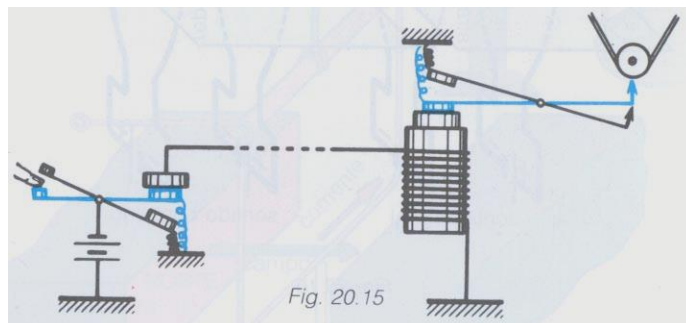
La figura siguiente muestra el circuito que constituye un timbre eléctrico. Con un poco de cuidado y habilidad puedes realizarlo tú mismo, incluso no necesitas adquirir las piezas, pues las puedes “fabricar” con un poco de ingenio.



- c) El telégrafo eléctrico es otra aplicación clásica de los electroimanes. La figura siguiente muestra un esquema de una instalación telegráfica cuya interpretación teórica es muy sencilla: al mover la palanca (emisión) el electroimán entra en funcionamiento atrayendo el perforador que graba sobre un papel un punto o una raya según la duración de la pulsación. Combinando puntos y rayas pueden representarse todas las letras del alfabeto (alfabeto Morse), números y signos.



- d) Otras aplicaciones del electroimán son las **grúas magnéticas** empleadas en la elevación y transporte de grandes masas de hierro.



ESTRATEGIA. LÍNEAS DE CAMPO MAGNÉTICO

Objetivos:

- Que el alumno comprenda que toda corriente eléctrica constante genera un campo magnético estático y describirá el campo magnético formado en torno de un conductor recto con corriente eléctrica constante así como el de una espira y una bobina.

PARTE I

I. Fase Exploratoria

Actividad para el diagnóstico

C. Cuestionario.

5. ¿Qué entiendes por un campo magnético?
6. ¿Cómo se puede generar o producir un campo magnético?
7. ¿Por qué una brújula se orienta en una determinada dirección ?
8. ¿Cómo podrías visualizar la estructura del campo magnético?

B. Elabora un mapa conceptual o un mapa mental en cual estén relacionados los conceptos de corriente eléctrica, campo magnético, líneas de campo, brújula, espira, solenoide.

II. Fase de confrontación de ideas

Forma Equipos de 4 alumnos, y que cada alumno del equipo exprese sus ideas del campo magnético y cómo se puede producir, después cada equipo que trate de expresar sus ideas, para posteriormente compararla con la versión científica.



III. Fase de Acomodación y Aplicación

Pregunta generadora.

¿Cuál es el significado y la importancia del campo magnético?

Metas de aprendizaje

- Que el alumno comprenda la importancia de los campos magnéticos
- Que el alumno tome conciencia de la importancia de conocer las aplicaciones de los campos magnéticos

Habilidades, actitudes y valores a desarrollar por parte del estudiante.

- Que el alumno tome una actitud científica al tratar de resolver un problema.
- Que el alumno desarrolle su creatividad en la elaboración de prototipos simples.
- Que el alumno desarrolle su capacidad de análisis en el manejo de los datos experimentales.
- Que el alumno valore la importancia de trabajar en equipo.
- Que el alumno valore la importancia de las leyes de la Física en el desarrollo tecnológico

Investigación documental

Realiza una investigación documental acerca de los imanes, brújulas, electroimanes, campo magnético, líneas de campo, experimento de Oersted.

Discusión

Realiza una discusión en equipo y después grupal acerca de los conceptos de la investigación documental.

Actividad experimental 1

¿Qué le sucede a una brújula, que está paralela a un conductor eléctrico recto, si se hace circular corriente eléctrica por el conductor?

Material

Galvanoscopio con su bobina

Brújula

Un conductor eléctrico

Fuente de poder cables de conexión

Desarrollo

- Colocar el galvanoscopio de tal forma que la aguja de la brújula y la bobina del galvanoscopio estén paralelos.
- Haz pasar una corriente eléctrica directa



- Suspende el paso de la corriente eléctrica
- Invierte el sentido de la corriente eléctrica permitiendo otra vez el paso de la corriente
- Observa y registra tu información



Actividad experimental 2

Elabora dibujos o esquemas de las líneas del campo magnético, haciendo circular una corriente directa a través de un alambre recto, una espira y una bobina. Te auxiliaras de limaduras de hierro espolvoreándolas sobre hojas de papel insertadas en forma perpendicular a los alambres de la espira, bobina y alambre recto.

¿Existe algo alrededor de los alambres por los cuales circula una corriente eléctrica directa?

Sugerencias para el profesor

Es importante que cada equipo de alumnos asista a la clase con el material necesario para llevar a cabo la actividad experimental, ya que de otra forma se pierde mucho tiempo en estarlo consiguiendo así como en el montaje experimental.

Se pretende que los alumnos comprendan lo que es un campo magnético y cómo se genera, así como visualice la estructura del campo magnético

Vinculación Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Es importante que tanto los alumnos como los profesionistas tengan claro el significado de campo magnético, ya que está presente en la vida cotidiana tales como en las computadoras, televisión, teléfonos celulares, motores eléctricos, etc.

Cierre.

A. Elabora un mapa conceptual o mental de los diversos conceptos que has aprendido hasta el momento

D. I Cuestionario.

1. ¿Qué entiendes por un campo magnético?
2. ¿Cómo se puede generar o producir un campo magnético?
3. ¿Por qué una brújula se orienta en una determinada dirección?
4. ¿Cómo podrías visualizar la estructura del campo magnético?
5. Comenta la importancia de los campos magnéticos.

Referencias bibliográficas.

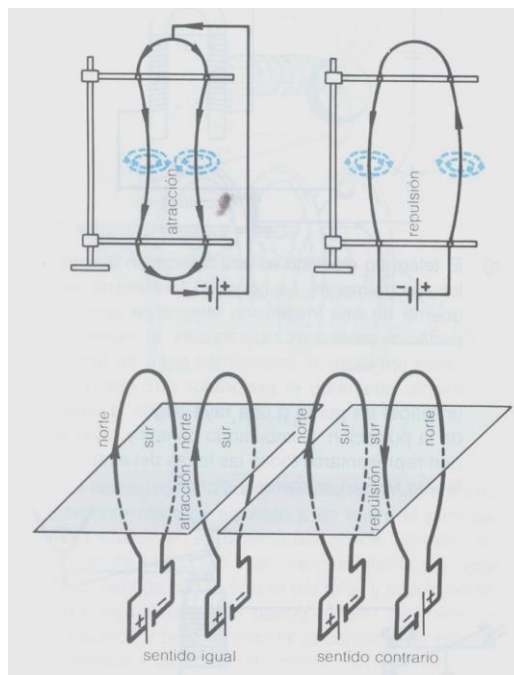
1. Tipenns. Física. México, Ed. Mc Graw-Hill, 2000.
2. Alonso y Rojo. Física. México, Ed. Addison Wesley, 1998



ACCIONES MUTUAS ENTRE CORRIENTES

Ya te es conocido el hecho que entre polos magnéticos se ejerce una fuerza de atracción cuando son de distinto signo y de repulsión, cuando son de signo igual. Por tanto, observando el campo magnético originado en cada caso, podemos deducir que: corrientes rectilíneas y circulares del mismo sentido se atraerán, mientras que si son de **sentido contrario, se repelerán**.

La figura siguiente muestra gráficamente los campos creados por las corrientes y las acciones mutuas ejercidas entre ellas.



Experimentalmente se demostró que la fuerza con que mutuamente actúan entre sí ambas corrientes rectilíneas viene dada por la expresión:

$$F = 2 \times 10^{-7} \frac{I_1 I_2 L}{r^2}$$

donde I_1 e I_2 representan las respectivas intensidades de corriente, L , la longitud del conductor; y r , la distancia entre ellos.



Ejemplo

Dos conductores rectilíneos paralelos, de longitud indefinida, distan entre sí 10 cm y son recorridos por corrientes de 4 A y 6 A respectivamente.

¿Qué fuerza actúa sobre cada uno por **unidad de longitud**: a) Si las corrientes son del mismo sentido; b) si las corrientes son de sentido contrario?



Solución

$$F = 2 \times 10^{-7} \frac{4 \times 6 \times 1}{(0.1)^2} = 48 \times 10^{-5} \text{ N}$$

a) una fuerza atractiva de $48 \times 10^{-5} \text{ N}$

b) una fuerza repulsiva de $48 \times 10^{-5} \text{ N}$

ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

RELACIÓN ENTRE CAMPO MAGNÉTICO Y LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Breve Información

Oersted fue el primero en observar que una brújula se desviaba cuando se hacía pasar una corriente eléctrica por un alambre metálico cercano a la brújula, estableciéndose una relación entre la electricidad y el magnetismo, dos ramas de la física aparentemente sin conexión en ese tiempo.

Actualmente se sabe que toda carga eléctrica en movimiento es capaz de generar un campo magnético y que un campo magnético variable puede generar una corriente eléctrica en algún circuito cerrado cercano o bien que el movimiento relativo entre el circuito cerrado y la fuente del campo magnético genera una corriente eléctrica en el circuito cerrado.

Metas de Aprendizaje

Describe en forma verbal y gráfica el campo magnético generado en torno de conductores de diferentes formas, por los que circula una corriente eléctrica constante.

Establece cualitativamente la relación entre variables que determinan el campo magnético inducido por una corriente en un conductor recto.



📁 **Problemas a Resolver**

¿Dos alambres por los cuales circula una corriente eléctrica pueden atraerse o repelerse?

📁 *Diseño experimental*

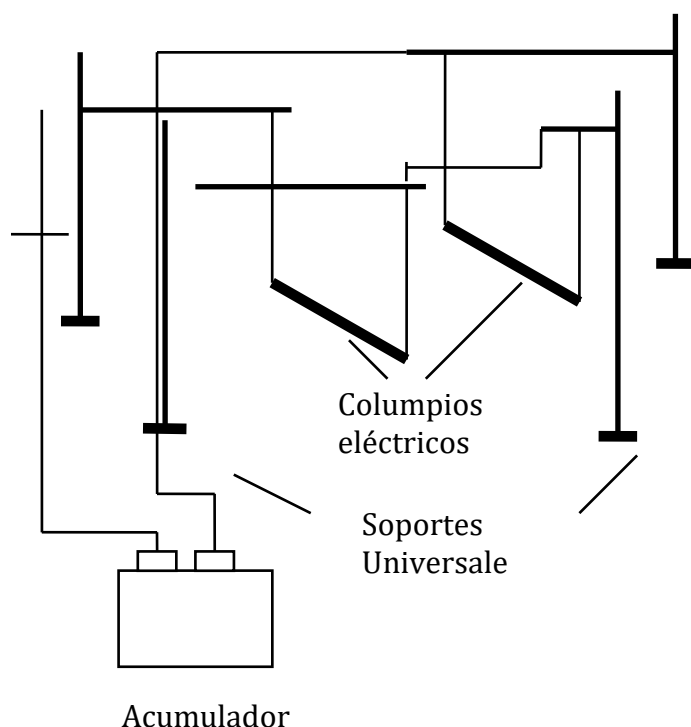


Material

1 par de columpios eléctricos
6 cables de conexión con caimanes
1 Acumulador
4 Soportes universal
Maskin tape

Procedimiento

- Realice el montaje experimental mostrado en la figura
- Asegúrese de conectar en un extremo los columpios y los otros extremos de los columpios conectarlos a los polos respectivos del acumulador
- Observe lo que sucede con los alambres de cobre de los columpios



Observaciones y Evidencias Experimentales

Evidencias Experimentales

Se observa que los alambres de cobre de los columpios se atraen o se repelen dependiendo de la dirección de la corriente en los alambres de cobre.

Actividad Complementaria



Vinculación Ciencia-Tecnología y Sociedad

Realiza una investigación documental sobre:

- La Leucemia y el campo magnético
- El campo magnético y la orientación de las mariposas monarcas en sus viajes

Análisis de datos, resultados y evidencias experimentales para las Conclusiones

Los alambres interactúan debido que el campo magnético, generado por las corriente eléctrica que circula por uno de los alambres, ejercen una fuerza sobre la corriente eléctrica que circula por el otro alambre, es decir los campos magnéticos ejercen fuerzas sobre las cargas eléctricas en movimiento.

Con el propósito de **reafirmar y aplicar los aprendizajes logrados**:

- ¿Cuál fue el descubrimiento de Oersted?
- ¿Cuál es la condición que se necesita para que una carga genere un campo magnético?
- ¿Puede siempre un campo magnético ejercer una fuerza sobre una carga eléctrica?
- ¿Es posible que interactúen dos corrientes eléctricas? Explica

Bibliografía

Alonso, Rojo. Física. Campos y ondas. México, 1980, Ed. Fondo Educativo Interamericano



ACCIONES MUTUAS ENTRE CORRIENTES E IMANES

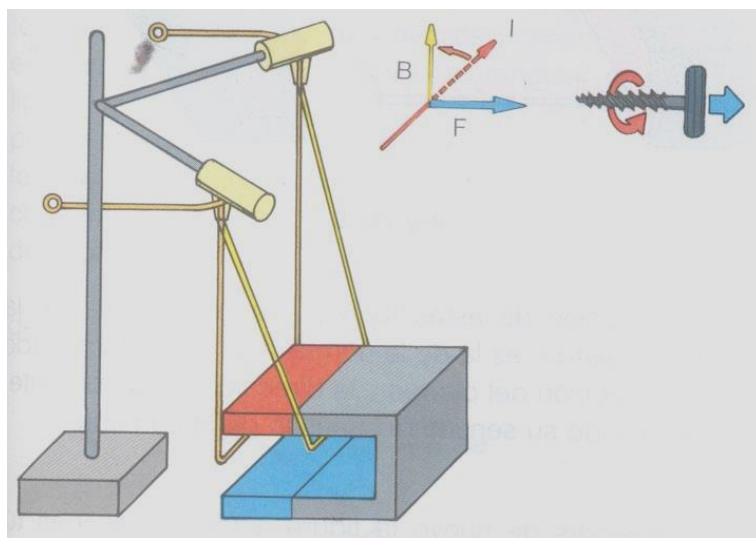
Acción de una corriente rectilínea sobre un imán

Una corriente eléctrica rectilínea, paralela a una aguja magnética móvil, sobre dicha aguja con una fuerza tal que la hace girar hasta ponerse perpendicular a ella, según lo explicado en la experiencia de Oersted.



Acción de un campo magnético sobre una corriente rectilínea.

Si situas un conductor metálico móvil en un campo magnético y por dicho conductor no circula ninguna corriente, observarás que no está sometido a ninguna fuerza (ver figura siguiente).



En cambio, si circula por él una corriente eléctrica, podrías comprobar que el cable se mueve hacia el interior o hacia el exterior del imán, según sea el sentido de la corriente.

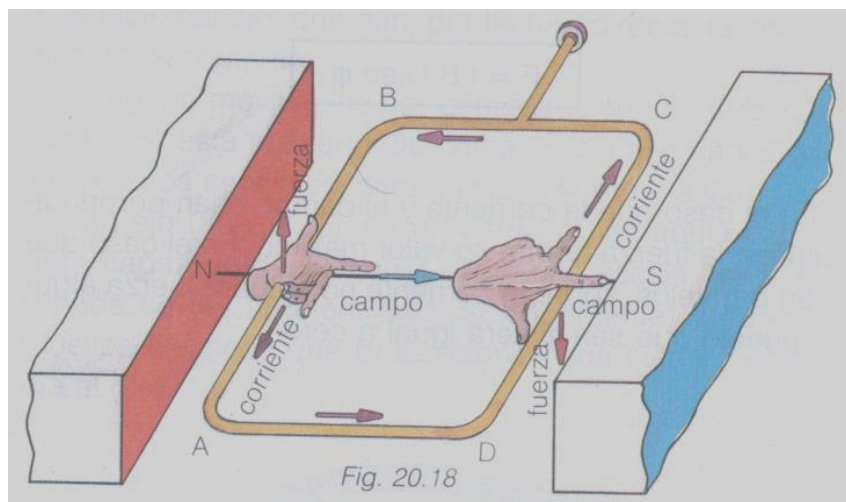
Por tanto, puedes deducir de esta experiencia la dirección y sentido de la fuerza que actúa sobre esta corriente: la dirección es la de la perpendicular al campo y el sentido viene dado por el avance de un sacacorchos en el supuesto que gire como lo haría la dirección del conductor para ir hacia la dirección del campo por el camino más corto.

La siguiente regla también es utilizada para determinar la dirección y sentido de la fuerza actuante:

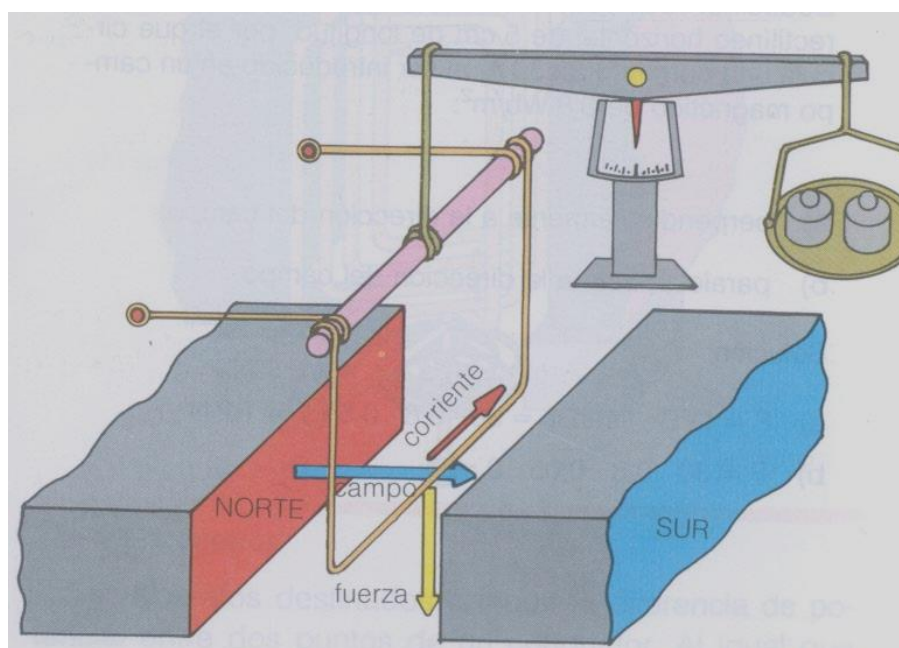
Regla de la mano izquierda. Extendiendo perpendicularmente entre sí los tres primeros dedos de la mano izquierda (pulgar, medio e índice), de forma que el índice indique la dirección y sentido del campo; el medio, la dirección y sentido de la corriente; el pulgar señalará la dirección y sentido de la fuerza con que el campo actúa sobre la corriente y, por tanto, la dirección y sentido del desplazamiento



experimentado por el conductor bajo la acción de dicha fuerza (ver figura siguiente)



Si quisiéramos medir el valor de la fuerza que actúa sobre el conductor, podríamos utilizar un dispositivo como el representado en la figura siguiente, denominado **balanza de Cotton**, en la que **la medida de la acción** del campo magnético queda reducida a una pesada.



Con balanzas de corriente similares a la citada se obtuvieron experimentalmente los siguientes resultados:



El valor de la fuerza con que un campo magnético actúa sobre una corriente rectilínea es directamente proporcional a la intensidad de la corriente, a la longitud del conductor y a la inducción magnética, cumpliéndose que:

$$F = k L B I$$

La constante de proporcionalidad k depende de la posición relativa de la dirección de la corriente respecto a la dirección del campo. Su valor es igual al seno del ángulo que forman ambas direcciones.

Por tanto:

$$F = L B I \sin \varphi$$

En el caso que la corriente y el campo sean perpendiculares, la fuerza tendrá su valor máximo. En el caso que sean paralelos, sobre la corriente no actuará fuerza alguna puesto que $\sin \varphi$ será igual a cero.

Ejemplo

Deducir el valor de la fuerza ejercida sobre un conductor rectilíneo horizontal de 5 cm de longitud, por el que circula una corriente de 30 A, al ser introducido en un campo magnético de $0.8 \text{ Wb} / \text{m}^2$.

- a) Perpendicularmente a la dirección del campo.;
- b) Paralelamente a la dirección del campo.

Solución

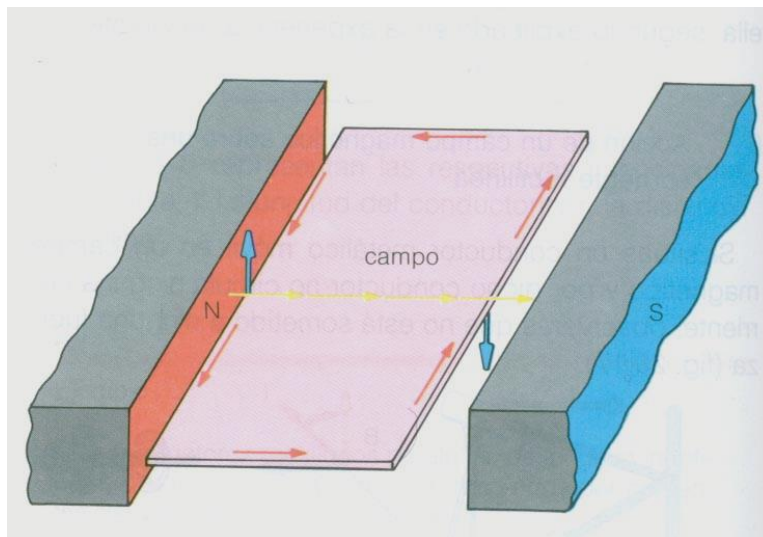
a) $F = L B I \sin \varphi = (0.05 \text{ m}) (0.8 \text{ Wb} / \text{m}^2)(30 \text{ A}) (1) = 1.2 \text{ N}$

b) $F = L B I \sin \varphi = (0.05 \text{ m}) (0.8 \text{ Wb} / \text{m}^2)(30 \text{ A}) (0) = 0$

Acción de un campo magnético sobre una corriente rectangular

Imagina un conductor rectangular recorrido por una corriente eléctrica y situado entre los polos de un imán (ver figura siguiente). Sobre los lados rectilíneos del rectángulo que son **paralelos** a la dirección del campo, **no actúa fuerza alguna**, tal como se indicó en la pregunta anterior. Sobre los otros dos lados rectilíneos, **perpendiculares** a la dirección N-S del campo, actuarán sendas **fuerzas**.





La dirección de estas fuerzas, según la regla de la mano izquierda, es la de la **normal** al plano determinado por la dirección del campo y la dirección de la corriente, dependiendo su **sentido** del **sentido** de la corriente.

Si observas de nuevo la figura anterior y aplicas tú mismo a cada conductor la regla de la mano izquierda comprenderás fácilmente lo expuesto. Observarás, además, cómo estas fuerzas son **paralelas**, de la **misma intensidad** y de **sentidos contrarios**; es decir: originan un **par de fuerzas**.

Bajo la acción de este par de fuerzas el conductor rectangular tiende a girar un ángulo de 90° , siendo esto el fundamento de los amperímetros y voltímetros.

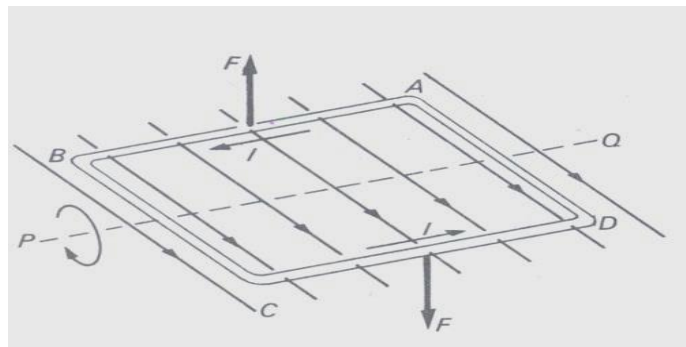
Torque magnético ejercido sobre un circuito

Cuando colocamos un circuito plano en un campo magnético, las fuerzas que el campo magnético ejerce sobre cada conductor que compone el circuito dan lugar a un torque que trata de colocar al circuito en un plano perpendicular al campo magnético.

Para calcular el torque magnético, consideremos el circuito rectangular ABCD ilustrado en la figura siguiente, colocado inicialmente en un plano paralelo al campo magnético. Las fuerzas que actúan sobre los lados AB y CD tienen ambas la misma magnitud,

$$F = I L B$$





Donde $L = AB = CD$; pero tienen direcciones opuestas, según se ha indicado en la figura. Esto se comprueba usando la regla de la mano derecha. Las fuerzas que actúan sobre los lados AD y BC son cero porque dichos lados son paralelos al campo magnético.

Las dos fuerzas designadas por F ejercen un torque sobre el circuito y tienden a moverlo hasta que quede perpendicular al campo magnético. En esta posición, el torque es nulo porque las dos fuerzas F son iguales y directamente opuestas.

Si $d = BC = AD$, el torque aplicado al circuito es $\tau = F d$. Sustituyendo F ,

$$\tau = I (L d) B$$

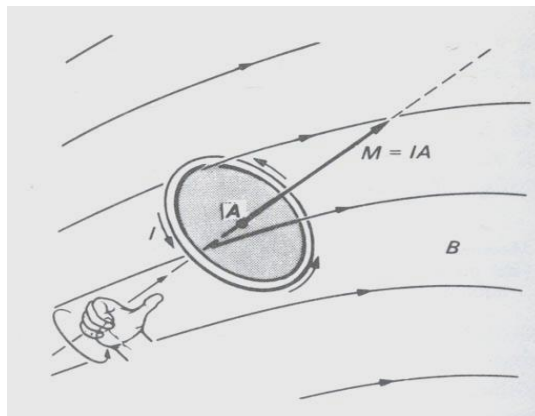
Pero $A = L d$ es el área del circuito. Por tanto,

$$\tau = I A B$$

Se llama **momento magnético** al producto de la corriente por el área del circuito, o sea:

$$M = I A \quad (\text{momento magnético})$$

El momento magnético de un circuito se representa por un vector perpendicular al plano del circuito en la dirección del pulgar de la mano derecha cuando los dedos señalan el sentido de la corriente (ver figura siguiente). Se expresa en $A \, m^2$.



Entonces, podemos escribir el torque en la forma

$$\tau = MB$$

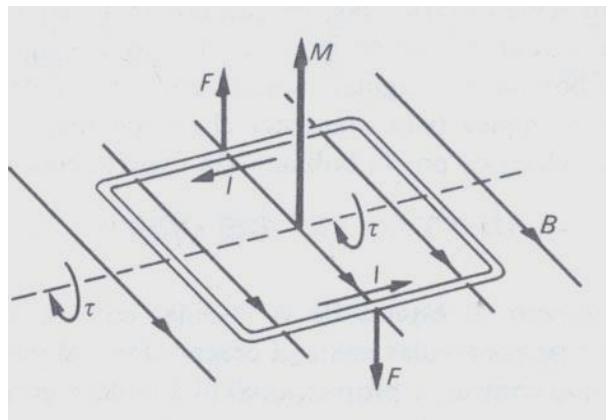
torque magnético = (momento magnético) (campo magnético)

y decimos que el efecto del torque magnético es el de tratar de orientar paralelamente al campo el momento magnético del circuito (ver figura siguiente). Se expresa en Am^2 .

Puede comprobarse que, para el caso en que la dirección del momento magnético del circuito forme un ángulo θ con el campo magnético, el torque es

$$\tau = MB \sin \theta$$

De esta expresión deducimos que cuando el momento magnético del circuito es paralelo al campo magnético el torque es nulo.



Ejemplo

Galvanómetro basado en el torque magnético. Se llama galvanómetro a todo instrumento que permite detectar el paso de una corriente eléctrica por un conductor.

Consiste en una bobina rectangular situada entre los polos de un imán (ver figura siguiente). El núcleo C de hierro se emplea para mantener el campo magnético en dirección radial. Cuando pasa una corriente eléctrica por la bobina, ésta experimenta un torque

$$\tau = N I A B$$

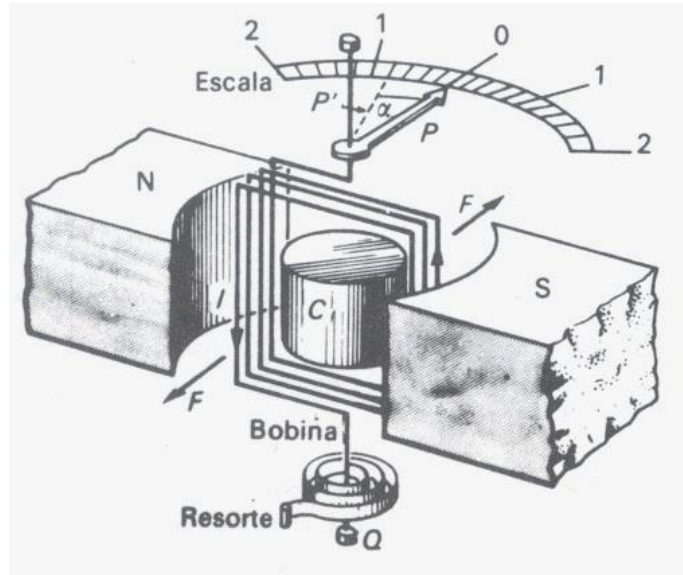
donde N es el número de espiras de la bobina. Bajo la acción de este torque, la bobina tiende a orientarse perpendicularmente al campo. Pero al girar la bobina, ésta arrolla al resorte Q , que ejerce un torque contrario, proporcional al ángulo α girado por la bobina, o sea:



$$\tau' = k \alpha$$

El equilibrio se produce cuando ambos torques son de igual magnitud, resultando

$$NIAB = k \alpha$$



De donde

$$I = \frac{k\alpha}{NAB} \quad \text{o} \quad I = K \alpha$$

Por tanto, si conocemos la constante K, podemos calcular la corriente I. Usualmente, la bobina va unida a una aguja indicadora que se mueve frente a una escala graduada.

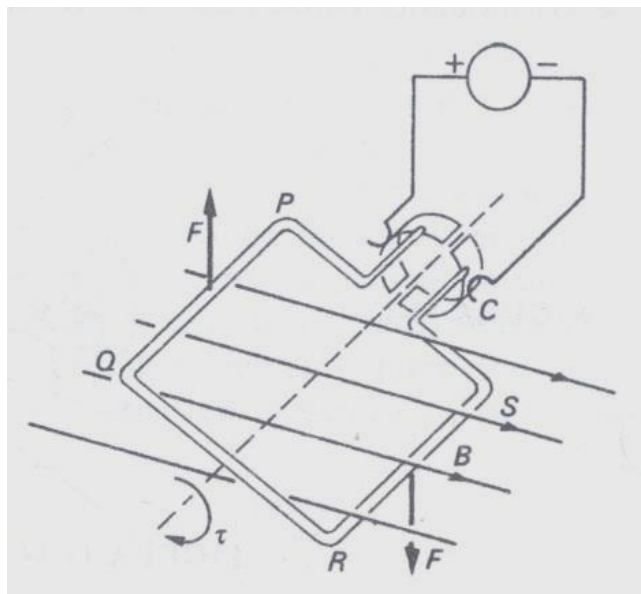
Ejemplo

Motor eléctrico. Otra aplicación importante del torque magnético sobre un circuito son los motores eléctricos. En esencia, un motor eléctrico de corriente continua consiste en un circuito PQRS (ver siguiente figura) que puede moverse en un campo magnético B.

Mediante un dispositivo C, llamado *colector*, se consigue que, cada media vuelta se invierta el sentido de la corriente en la bobina. El cambio se produce cuando la bobina es perpendicular al campo. De este modo, el torque sobre la bobina tiene siempre el mismo sentido y esta se mantiene girando, aunque con movimiento



variable, ya que el torque no es constante. En la práctica se tienen varias bobinas desplazadas angularmente para producir un torque mayor y constante.



ESTRATEGIA.TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN MECÁNICA MOTOR ELÉCTRICO

Materia: Física II

Unidad 1: Electromagnetismo principios y aplicaciones.

Tema: Transformación de energía eléctrica en mecánica.

Objetivos:

- Qué el alumno explique el funcionamiento de un motor eléctrico de corriente directa.

PARTE I

I. Fase Exploratoria.

Actividad para el diagnóstico

E. Cuestionario.

- ¿Qué es un motor?
- ¿Qué tipo de motores eléctricos conoces?
- ¿Cuáles son las partes de un motor eléctrico?
- ¿Dónde has visto que se usan los motores de corriente continua o directa?
- ¿Cómo crees que funciona un motor de corriente directa?

B. Elabora un mapa conceptual o un mapa mental en cual estén relacionados los conceptos de motor, tipos de motores eléctricos, corriente eléctrica, bobinas, imanes.



II. Fase de confrontación de ideas

Forma Equipos de 4 alumnos, y que cada alumno del equipo exprese sus ideas del motor eléctrico y la forma cómo funciona, después cada equipo que trate de expresar sus ideas, para posteriormente compararla con la versión científica.

III. Fase de Acomodación y Aplicación

Preguntas generadoras.

¿Cómo funciona un motor eléctrico?

¿Cuál es la trascendencia del motor eléctrico en la sociedad?



Metas de aprendizaje

- Que el alumno comprenda el funcionamiento de un motor eléctrico
- Que el alumno tome conciencia de la importancia tecnológica del motor eléctrico.

Habilidades, actitudes y valores a desarrollar por parte del estudiante.

- Que el alumno desarrolle su creatividad en la elaboración de prototipos simples.
- Que el alumno valore la importancia de trabajar en equipo.
- Que el alumno valore la importancia de las leyes de la Física en el desarrollo tecnológico.

Investigación documental

Realiza una investigación documental acerca de la interacción de la corriente eléctrica con un campo magnético, el par de fuerzas que se aplica por una espira rectangular inmersa en un campo magnético, la torca que se origina por el par de fuerzas en la bobina y el giro de ésta. También investiga acerca del momento magnético de una espira por la que circula una corriente y cómo el momento magnético interactúa con el campo magnético, tendiendo el momento magnético a tener la misma dirección que el campo magnético. Finalmente investiga cómo podrías construir un motor eléctrico muy simple.

Discusión

Realiza una discusión en equipo y después grupal acerca de los conceptos de la investigación documental.

Actividad experimental

¿Cómo construyes un motor simple?

Material

1 Pila alcalina de tipo "D"

1 Goma ancha o cinta adhesiva

2 Clips grandes

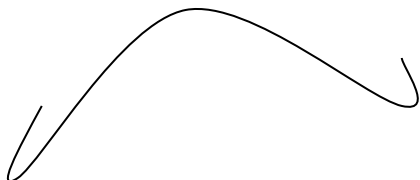
1 Imán de cerámica rectangular

Cable de cobre esmaltado grueso o alambre magneto

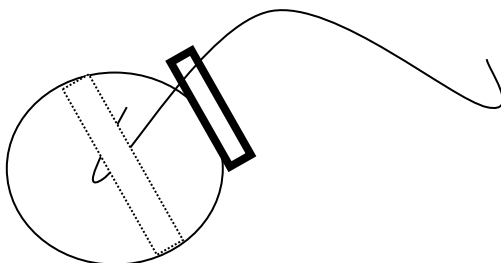
1 Tubo de papel higiénico o de cocina



- Construye una bobina circular con alambre esmaltado dándole siete vueltas al alambre, sobre el tubo de papel, y deja alrededor de 3 pulgadas de alambre magneto tanto a la izquierda como a la derecha de la bobina. Los cuales servirán para que la bobina se apoye en los clips. Enrolla el extremo alrededor de la bobina, para mantener juntas las espiras. Asegurate de central los extremos de los lados de la bobina. El balance es importante.
- En un extremo del alambre magneto, utiliza el papel de lija fino para quitar totalmente el aislante del cable. Deja cerca de $\frac{1}{4}$ de pulgada de aislante en el extremo donde el cable se ha enrollado a la bobina. Para el otro extremo de alambre magneto, ponga la bobina plana sobre una superficie y líjelo suavemente sólo por la parte superior para eliminar el aislamiento de sólo la mitad superior del cable. Una vez más deje $\frac{1}{4}$ de pulgada de aislante completo donde el cable envuelve a la bobina.
- Desdobla los dos clips de papel de la siguiente forma



- Pegue el imán de cerámica en la cara de la batería. Pegue también los clips en los extremos de la batería.



- Coloque la bobina en la horquilla formada por los extremos de la derecha de los clips de papel. Es posible que haya que auxiliar a girar a la bobina, pero debe comenzar a girar rápidamente.
- Puede ser que también ayude el doblar los extremos de la bobina un poco, de modo que como se desliza a la derecha o a la izquierda, los dobleces lo mantengan en la posición apropiada.

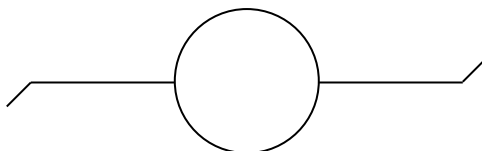
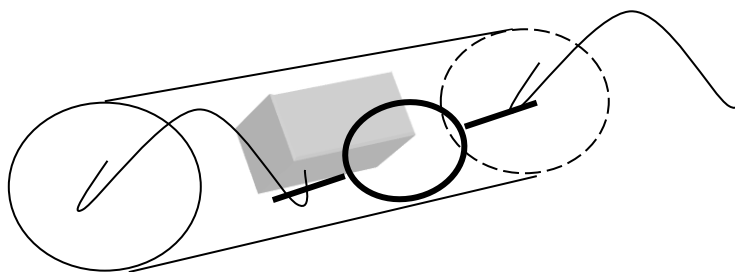


Diagrama del motor acabado



Actividad 2

Elabora una secuencia de esquemas que muestren el funcionamiento del motor.

III. Fase de acomodación y aplicación

Los alumnos discutieron y debatieron críticamente los conceptos básicos para explicar el funcionamiento del motor y sugirieron otras formas de armar el motor.

IV. Cierre.

A. Elabora un mapa conceptual o mental de los diversos conceptos que has aprendido hasta el momento.

B. Cuestionario

1. ¿Qué es un motor?
2. ¿Cuáles son las partes de un motor eléctrico?
3. Explica como funciona un motor de corriente directa.
4. Realiza esquemas donde se ilustren las corrientes, par de fuerzas, bobina, torca y dirección del campo magnético, que describan el funcionamiento del motor.

Sugerencias para el profesor

Es importante que lijes los extremos del alambre magneto y uno de ellos lo lijes sólo la mitad superior o inferior.

Puedes montar el motor en una base de madera.

Vinculación Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Realiza una investigación documental de las aplicaciones tecnológicas de los motores y su trascendencia en el desarrollo de la sociedad.

Referencias bibliográficas.

1. Tipenns. Física. México, Ed. Mc Graw-Hill, 2000.
2. Alonso y Rojo. Física. México, Ed. Addison Wesley, 1998



GALVANÓMETROS, AMPERÍMETROS Y VOLTÍMETROS

El fundamento de todos ellos es:

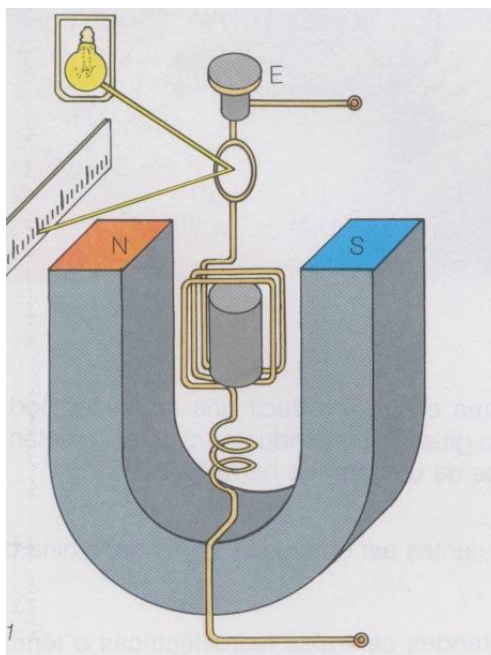
- a) O la acción de un **imán fijo** sobre un conductor **rectangular móvil**, ser recorrido por una corriente eléctrica, **gira** bajo la acción del par de fuerzas con que el campo magnético creado por el imán actúa sobre el conductor.
- b) O viceversa: la acción de una **corriente eléctrica** que circula por las espiras de una **bobina fija**, sobre una **aguja magnética móvil**.

Galvanómetros

Los galvanómetros pueden ser de aguja magnética móvil o de bobina móvil, siendo estos últimos los más usados.

El galvanómetro de bobina móvil sirve para medir intensidades de corriente muy débiles y consta de un imán en herradura y de una bobina rectangular plana, muy ligera, suspendida entre los polos del imán y formada, por un hilo conductor muy fino. En este hilo va un espejito y en el centro de la bobina, un cilindro de hierro dulce cuyo fin es concentrar sobre la bobina las líneas de inducción del imán.

La figura siguiente muestra un esquema de la constitución de este tipo de galvanómetro.



Del ángulo de giro se deduce la intensidad de la corriente que circula por la bobina. Dicho ángulo de giro se mide con mucha mayor exactitud haciendo incidir sobre el espejito un rayo luminoso y recogiendo el rayo reflejado en una escala graduada.

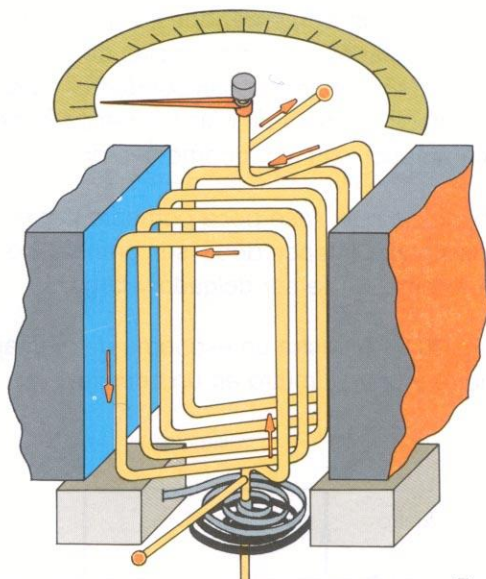
La **sensibilidad** de estos galvanómetros es tan grande que con ellos pueden medirse intensidades del orden de los microamperios ($1 \mu A = 10^{-6}$) e incluso, de 10^{-12} amperes.

Amperímetros

Son galvanómetros de menor sensibilidad, pero de más fácil manejo, que dan, por lectura directa, la intensidad de la corriente.

El órgano móvil suele ser generalmente una bobina ligera y no está suspendida, como en el caso de los galvanómetros sensibles, sino que gira sobre eje fijo.

Este eje (ver figura siguiente), va provisto de una aguja indicadora capaz de desplazarse sobre una escala graduada (donde se lee la intensidad de la corriente) y de unos muelles elásticos que proporcionan una cierta resistencia al giro.

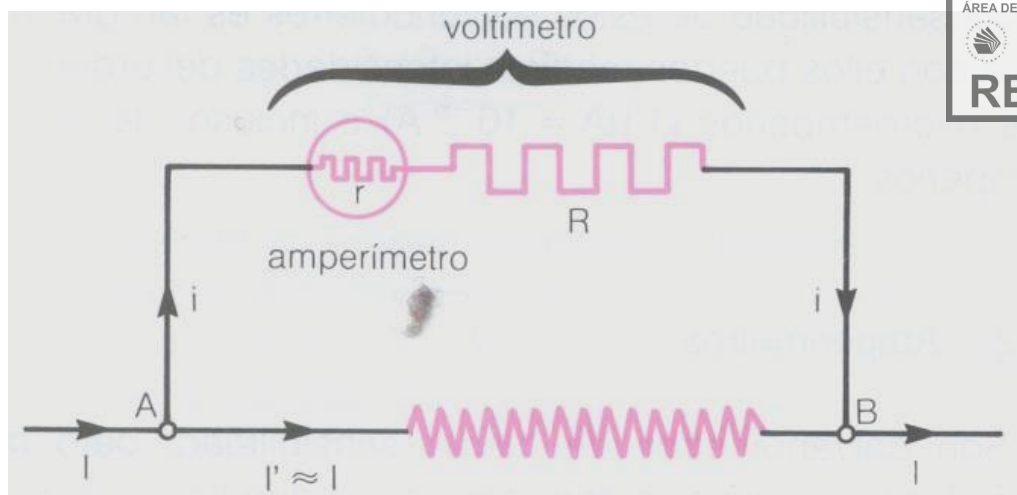


Voltímetros

Son aparatos destinados a medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor. Al igual que los amperímetros, constan de una bobina móvil capaz de girar entre los polos de un imán. En este caso, el ángulo de giro se relaciona con la diferencia de potencial, pudiendo leerse ésta directamente en la escala graduada del aparato.



Todo amperímetro puede ser transformado en un voltímetro con sólo añadirle en serie con su resistencia interior otra resistencia exterior que habrá de ser tanto mayor sea la escala de medición que se desea obtener (ver fig. siguiente).



Diferencias entre amperímetros y voltímetros

Por los amperímetros pasa **toda la corriente** cuya intensidad se quiere medir; por eso se montan en serie con el circuito. Para evitar que se calienten, la **resistencia** de la bobina ha de ser **pequeña**, por eso el hilo de la bobina es **grueso y corto**.

Por los voltímetros sólo interesa que pase una **fracción** muy pequeña de la corriente, puesto que su objetivo no es medir intensidades, sino diferencias de potencial. Por eso se montan en **paralelo** con el conductor cuya tensión en sus extremos se desea medir.

Con el objeto de que pase poco corriente por el voltímetro, su **resistencia interior** debe ser **grande**, por eso el hilo de la bobina ha de ser **delgado y largo**.

CORRIENTES INDUCIDAS

Hasta ahora has estudiado cómo una corriente eléctrica es capaz de producir efectos magnéticos. Es decir, se comporta como un imán. Pero ¿podría un imán dar origen a una corriente eléctrica?

Conecta los extremos de un conductor circular a los bornes de un galvanómetro. Toma un imán en forma de barra e introdúcelo y sácalo repetidas veces a través del conductor.

Observarás que el galvanómetro señala el paso de una corriente: al introducir el imán, en un sentido; al sacarlo, en otro.

Este mismo efecto (producir una corriente) podrías haberlo conseguido girando un conductor circular o rectangular dentro de los polos de un imán de herradura.

A las corrientes así obtenidas se las denomina **corrientes inducidas**.



En las grandes centrales hidroeléctricas o térmicas se producen corrientes inducidas haciendo girar conductores circulares de muchas vueltas (bobinas), gracias a la energía del agua, dentro de potentísimos campos magnéticos.



Campo Electromagnético

La experiencia enseña que cuando los campos eléctricos y magnéticos en una región varían con el tiempo, ambos campos están estrechamente relacionados. En otras palabras, *todo campo eléctrico que varía con el tiempo va siempre acompañado de un campo magnético también variable y, viceversa, si se produce un campo magnético variable, este va acompañado de un campo eléctrico asimismo variable.*

Esta interrelación entre los campos eléctricos y magnéticos hace que se hable más bien de un campo electromagnético como una sola entidad física.

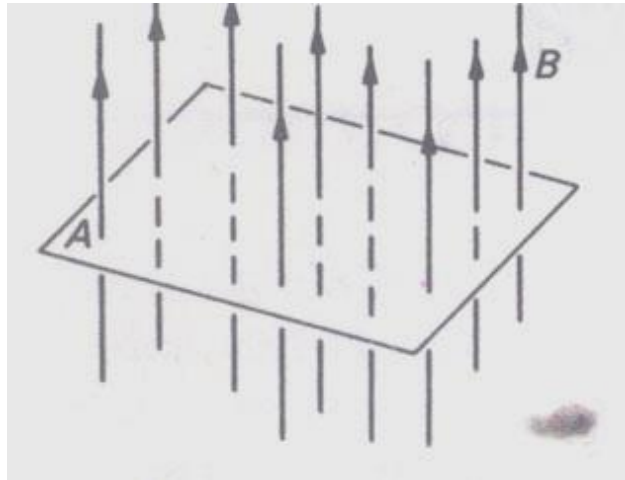
Flujo magnético

Consideremos una superficie plana de área A , colocada perpendicularmente a un campo magnético B (ver figura siguiente). Se llama flujo magnético a través de la superficie al producto del campo magnético por el área de la superficie. Se designa por Φ . Luego

$$\Phi = B A$$

Flujo magnético = campo magnético x área de la superficie



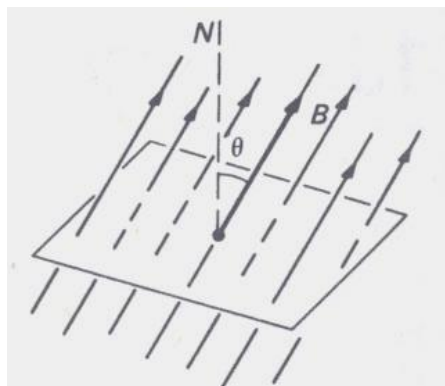


La unidad de flujo magnético en el SI es el weber, abreviado Wb, nombre conferido en honor del investigador alemán W. Weber (1804-1891). En la expresión anterior, el campo magnético B se mide en teslas (T), el área A en metros cuadrados (m^2) y el flujo magnético en webers (Wb).

Si la normal de la superficie de área A forma un ángulo θ con las líneas de fuerza de un campo magnético, la expresión para el flujo magnético será

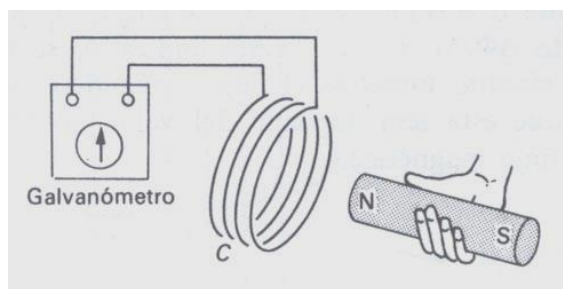
$$\Phi = (B \cos \theta) A$$

Donde $B \cos \theta$ es la componente de campo magnético en la dirección perpendicular a la superficie. Las componentes de campo paralelas a la superficie de área A no contribuyen al flujo magnético.



Inducción electromagnética

Supongamos que se tiene un circuito C conectado a un galvanómetro, sin usar ninguna batería o generador (ver figura siguiente). Obviamente, el galvanómetro no marca ninguna corriente. Si se coloca cerca del circuito un imán, pero se lo mantiene fijo en una posición, seguimos sin observar corriente alguna en C. Pero si se mueve el imán, modificando así el campo magnético en la región donde se encuentra el circuito, se observa en éste una corriente. El sentido de la corriente depende de que acerquemos o alejemos el imán, y la intensidad de la corriente depende de la rapidez con que se mueva el imán. Cuanto más rápidamente movamos el imán, mayor será la intensidad de la corriente. La presencia de la corriente en el circuito indica que se produce en él una fem al variar el campo magnético en la región donde se encuentra el circuito.

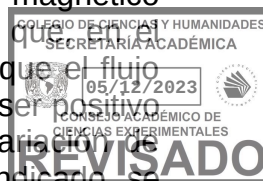


El fenómeno que acabamos de exponer se llama inducción electromagnética y, como hemos dicho, fue descubierto independientemente en 1831 por el científico inglés Michael Faraday, el norteamericano Joseph Henry y el ruso H. F. E. Lenz. La existencia de una fem inducida implica que un campo magnético variable genera un campo eléctrico, que actúa en la misma dirección sobre todos los electrones del conductor, resultando así un movimiento organizado, o sea: una corriente eléctrica. No ocurre así en el caso de un campo magnético constante.

Ley de Faraday-Henry

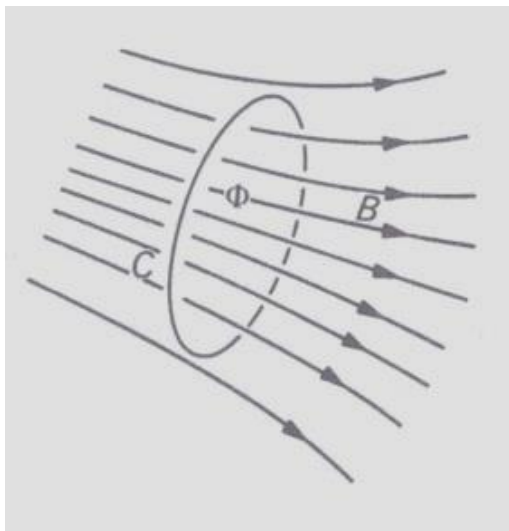
Expresemos en términos más precisos la relación entre la fem inducida en el circuito al mover el imán, y el flujo magnético a través del circuito, debido al campo magnético producido por el imán. En primer lugar, observamos que al mover el imán respecto al circuito (o la inversa) lo que se hace es variar el campo magnético en el que se encuentra situado el circuito y, por supuesto, al variar el campo magnético, también varía el flujo magnético a través del circuito.

Prescindamos por ahora de cómo se produce el campo magnético, y consideremos un circuito C (ver figura siguiente) situado en un campo magnético que produce un flujo magnético Φ a través del circuito. Supongamos que en el intervalo Δt , el campo magnético que rodea al circuito varía de modo que el flujo magnético a través del circuito experimenta un cambio $\Delta\Phi$, que puede ser positivo o negativo según que el flujo magnético aumente o disminuya. La variación de flujo magnético por unidad de tiempo ha sido $\Delta\Phi / \Delta t$. Como hemos indicado, se



observa que sólo se induce una fem en el circuito mientras el flujo magnético esté variando.

Se ha determinado, además, que esta fem depende del valor de $\Delta\Phi / \Delta t$, o sea, de la rapidez con que varía el flujo magnético.



La ley de Faraday-Henry establece que la fem inducida en un circuito es igual a la variación de flujo magnético a través del circuito por unidad de tiempo. O sea, designando por V la fem inducida, su magnitud está dada por

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

$$fem_{inducida} = \frac{\text{variación.de.flujo}}{\text{intervalo.de.tiempo}}$$

En esta expresión, $\Delta\Phi$ se mide en webers (Wb), Δt en segundos (s) y V en volts (V).



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL. CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE Y LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Aprendizaje: Conoce la inducción de corriente eléctrica generada por la **variación** del campo magnético.

Tiempo: 2hrs.

Introducción.

Se denomina *magnetismo* a la propiedad que presentan determinadas sustancias, especialmente algunos minerales de hierro, cobalto y níquel, de atraer cuerpos tales como pedacitos de hierro. Entre los cuerpos que por naturaleza poseen esta propiedad se distingue la magnetita, mineral de hierro cuya composición es Fe_3O_4 . A las regiones donde parece concentrarse el magnetismo de los cuerpos magnéticos se les llama comúnmente *polos magnéticos*. A su vez, los cuerpos que poseen polos magnéticos reciben el nombre de *imanes*. Los cuerpos que tienen por naturaleza esta propiedad, como la magnetita, se llaman imanes naturales; los que la han adquirido mediante algún tratamiento especial se denominan imanes artificiales. Los imanes artificiales se preparan generalmente con alguna aleación a base de hierro, y pueden ser de formas muy variadas.

Suspendiendo horizontalmente de un hilo un imán recto, se observa que uno de sus extremos se dirige siempre hacia el polo norte geográfico de la Tierra y el otro hacia el polo sur, lo que parece indicar que hay dos clases de polos magnéticos. Se llama entonces polo magnético norte (N), o positivo, a aquel que queda orientado hacia el polo norte geográfico, y polo magnético sur (S), o negativo, al que queda orientado hacia el polo sur geográfico.

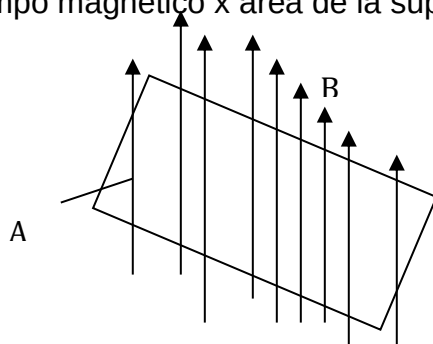
El hecho de que un imán tienda a orientarse siempre en una dirección bien definida, aunque no hay imanes próximos, revela que alrededor de la Tierra existe un campo magnético.

Flujo Magnético

Consideremos una superficie plana de área A , colocada perpendicularmente a un campo magnético B . Se llama *flujo magnético* a través de la superficie al producto del campo magnético por el área de la superficie. Se designa por Φ . Luego

$$\Phi = B A$$

flujo magnético = campo magnético x área de la superficie



Fuerza electromotriz inducida por el movimiento de un conductor.

La variación del flujo magnético en ciertos casos se debe a la variación del campo magnético o a un movimiento relativo del circuito y del campo magnético. Pero el fenómeno de inducción electromagnética se produce también cuando se deforma un circuito, dando lugar a una variación del flujo magnético. Consideremos a un circuito colocado en un campo magnético; en el tiempo Δt deformamos el circuito de modo que adopte otra forma. Si durante la deformación, el flujo magnético varía en la cantidad $\Delta\Phi$, observamos que se induce en el circuito una *fem* que está dada también por la expresión

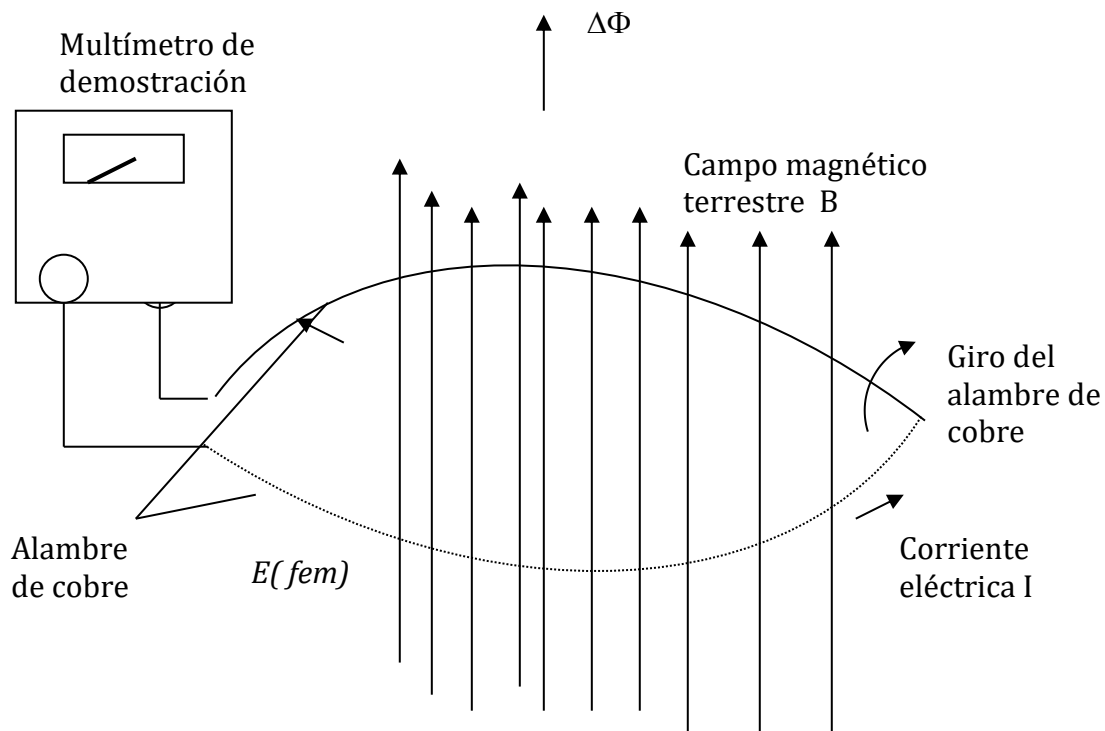
$$V = \Delta\Phi / \Delta t$$

Por lo tanto la *fem* se induce en un circuito porque: (1) el campo magnético varía con el tiempo; (2) el circuito se desplaza en el campo magnético; (3) el circuito se deforma. En todo caso es necesario que varíe el flujo magnético.

La existencia de una *fem inducida* implica que se genera un campo eléctrico, que actúa en la misma dirección sobre todos los electrones del conductor, resultando así un movimiento organizado, o sea una corriente eléctrica.

Material: Multímetro de demostración, 6m de alambre de cobre, 2 Cables de conexión con caimán-banana.

Desarrollo



1. La actividad se realiza al aire libre sin la presencia de ningún imán natural o artificial.
2. Un circuito hecho con alambre de cobre se conecta a un multímetro de demostración.
3. Se hace girar con la mano una parte del alambre de cobre.
4. Observe la aguja del multímetro de demostración cuando el giro es lento y después cuando el giro es más rápido.



Observaciones

Se observó que la aguja del multímetro se movió, lo que significa que se indujo un *fem* en el circuito y por lo tanto se generó una corriente eléctrica en el circuito. Esto se debió a que hubo un cambio del flujo magnético en un intervalo de tiempo debido que el circuito se movió en el campo magnético terrestre, es decir el área que atravesaban las líneas de campo magnético estaba cambiando en el tiempo. Se generó una corriente eléctrica debido al cambio del flujo magnético terrestre en el tiempo a través del circuito.

Esto quiere decir que la tierra posee un campo magnético terrestre, básicamente debido a las características de su núcleo, el cual puede ser capaz de generar electricidad bajo ciertas circunstancias debido al principio de inducción electromagnética.

Cuestionario.

1. ¿Cómo entiendes por magnetismo?
2. ¿Qué es un imán?
3. ¿Qué tipos de imanes conoces?
4. ¿Por qué un imán cuando se cuelga siempre apunta en una misma dirección?
5. ¿Todos los planetas tienen campo magnético? Explica.
6. ¿Qué entiendes por flujo magnético?
7. Explica el fenómeno de inducción electromagnética.
8. ¿En qué casos se da presenta el fenómeno de inducción electromagnética?

Bibliografía

1. Alonso, Rojo. Física. Campos y ondas. México, Ed. Fondo Educativo Interamericano, 1981.
2. Pérez Montiel, Héctor. Física General. México, Ed. Publicaciones Cultural, 1992.
3. Stollberg-Hill. Física. Fundamentos y Fronteras. Ed. Publicaciones Cultural, 1979.



Actividad Experimental. Ley de Faraday y Generador Eléctrico

Para los cuales tenemos los siguientes objetivos educativos:

- Conoce la inducción de corriente eléctrica generada por la variación del campo magnético.
- Comprende el funcionamiento de un generador eléctrico.



Para lograr dichos objetivos proponemos las siguientes actividades, considerando que las sesiones de clase son de dos horas, dos veces por semana, con un total de 20 horas asignadas al tema y que se dispone de videoproector en el aula laboratorio:

1. Investigación en internet acerca de los imanes permanentes existentes en la naturaleza.
2. Discusión en el grupo de la investigación de los imanes permanentes.
3. Práctica para explorar la forma, dirección de los efectos de los imanes del laboratorio; de herradura, de barra, de disco.
4. Video "Campo magnético de la Tierra".
5. Discusión del video "Campo magnético terrestre" y de la naturaleza del magnetismo desde una perspectiva atómica.
6. Lectura del libro "Monopolos magnéticos; la gran ilusión" de Jorge Flores de la colección "La ciencia desde México".
7. Discusión y comentarios (por escrito) del libro del punto anterior.
8. Práctica del experimento de Hans Christian Oersted (177-1851); hacer circular corrientes eléctricas en alambres rectos y observar la desviación que sufre la aguja de una brújula.
9. Práctica para observar que una carga en movimiento dentro de un campo magnético experimenta una fuerza dada por $F = qvB$ (Fuerza de Lorentz; $\mathbf{F} = q \mathbf{v} \times \mathbf{B}$).
10. Práctica para observar que cuando un conductor corta líneas de flujo magnético se produce una fuerza electromotriz entre los puntos extremos del conductor. Específicamente observar que:
 - El movimiento relativo entre un conductor y un campo magnético induce una fuerza electromotriz en el conductor.
 - La dirección de la fuerza electromotriz inducida depende de la dirección del movimiento del conductor con respecto al campo.
 - La magnitud de la fuerza electromotriz es directamente proporcional a la rapidez con la cual las líneas del campo magnético son cortadas por el conductor.
 - La magnitud de la fuerza electromotriz es directamente proporcional al número de vueltas del conductor que corta las líneas de flujo magnético. $E = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ (Ley de Faraday).



11. Video “La vida de Michel Faraday”.
12. Discusión del video de Faraday y observación del hecho de que una línea de corriente es capaz de formar un campo magnético indistinguible del de un imán.
13. Práctica para observar que un imán en movimiento dentro de una espira produce una corriente eléctrica.
14. Calcular y medir la corriente inducida.
15. Construir un pequeño motor electrostático utilizando una bobina y un imán.
16. Construir un generador eléctrico de corriente alterna: Un generador eléctrico transforma energía mecánica en eléctrica. Una fuerza electromotriz es inducida en un conductor cuando éste experimenta un cambio en el flujo magnético que lo atraviesa. Cuando el conductor forma un circuito cerrado, puede detectarse una corriente inducida. En un generador, una bobina de alambre gira en un campo magnético, y la corriente inducida se transmite por alambres a gran distancia de su origen.

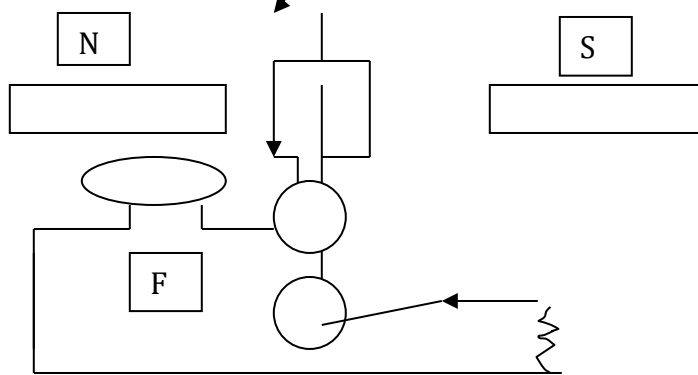


Figura 1. Diagrama de un generador de corriente alterna.

Evaluación.

- Tareas.
- Investigación.
- Participación.
- Trabajo en el laboratorio.
- Reportes de las prácticas.
- Proyectos (motor electrostático, generador de corriente alterna).
- Resúmenes de los videos.
- Comentarios del libro de la colección la ciencia desde México.
- Examen.

Bibliografía.

1. Kramer, Craig. Prácticas de Física. Mc Graw-Hill. México 1994.
2. Feynman Richard. Física, volumen 3. Fondo Educativo Interamericano. USA 1972.
3. Marroquín de la Rosa, Jorge Daniel. Física. La gran aventura del pensamiento. CCH, UNAM. 1999.



4. Tippens, Paul E. *Física; conceptos y aplicaciones*. Mc Graw-Hill. México 1999.

III. Cierre

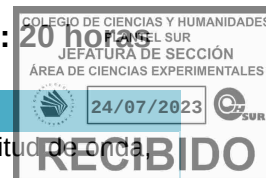
Preguntas y problemas

1. ¿Qué son los imanes naturales y artificiales?
2. ¿Cuándo un imán es permanente y cuándo es temporal? Da un ejemplo de cada caso.
3. Cita una aplicación de un imán permanente y describe otra aplicación de un imán temporal?
4. Dibuja un esquema de las líneas de fuerza del campo magnético creado por una corriente rectilínea.
5. ¿Cómo podrías demostrar que por un conductor pasa una corriente eléctrica sin tocarlo?
6. ¿Qué es un solenoide? ¿Qué diferencia hay entre un solenoide y un electroimán?
7. ¿Cómo construirías un electroimán?
8. ¿Qué acción ejerce un campo magnético sobre una corriente rectilínea perpendicular al campo?
9. ¿En qué se diferencian esencialmente un amperímetro y un voltímetro?
10. ¿Cómo podrías transformar un amperímetro en voltímetro?
11. Dibuja un esquema de un circuito que tenga, debidamente colocados: un generador (fuente de voltaje), una resistencia, un amperímetro y voltímetro.
12. Un conductor rectilíneo de 10 cm de longitud se coloca perpendicularmente a un campo magnético de inducción de 0.5 Wb / m^2 . ¿A qué fuerza estará sometido si por él circula una corriente de 5 A? ¿Cuánto valdría la fuerza en el caso de que el conductor formase un ángulo de 30° con la dirección del campo?
13. Dos conductores rectilíneos y paralelos, de gran longitud, están separados por una distancia de 8 cm. Si por ellos circulan corrientes de 4 y 12 amperes, ¿qué fuerza ejercen mutuamente por unidad de longitud?



UNIDAD 2. ONDAS: MECÁNICAS Y ELETROMAGNÉTICAS. Tiempo: 20 horas

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: Identifica las magnitudes que caracterizan al movimiento ondulatorio. N1	Amplitud, frecuencia, longitud de onda, velocidad y periodo.



APERTURA

1.1 Movimiento Periódico

- Señala un punto en un disco y ponlo a girar en tu tocadiscos. Observarás que pasa siempre por el mismo punto de referencia en espacios de tiempo iguales.
- Construye un péndulo con un hilo y una bolita. Sujeta el hilo y deja oscilar libremente la bolita. Observarás que la bolita recorre repetidas veces la misma trayectoria empleando el mismo tiempo.

Estos dos movimientos son ejemplos de movimientos periódicos, que podemos definir así:

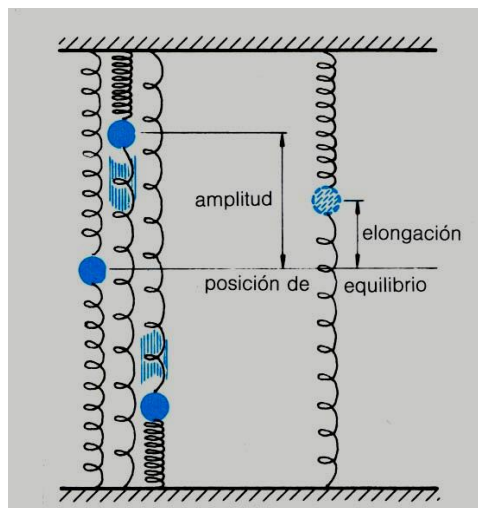
Un móvil posee un movimiento periódico cuando en intervalos de tiempo iguales pasa por el mismo punto del espacio siempre con las mismas características (dirección, sentido, velocidad, aceleración).

Como consecuencia, el punto móvil recorrerá repetidas veces la misma trayectoria empleando siempre el mismo tiempo.

1.2 Movimiento vibratorio

Si unes una esferita de acero a dos muelles (ver fig. siguiente) y mediante una fuerza la desvías de su posición de equilibrio, soltándola después, observarás que durante cierto tiempo la esferita **se mueve de un lado a otro** de su posición de equilibrio, pasando siempre por el mismo punto de referencia en tiempos iguales con las mismas características.





Como ves, este movimiento es un **caso particular** del movimiento periódico que acabas de estudiar. Se denomina **movimiento vibratorio** y se define así:

Movimiento vibratorio es el movimiento periódico de un punto material a un lado y otro de su posición de equilibrio

Vibración completa o ciclo es el movimiento efectuado al ir el punto móvil desde un extremo a otro y vuelta al primero, por ejemplo, la ida de A a B y vuelta a A.

Al tiempo empleado por el móvil en realizar una oscilación completa o ciclo se denomina **período** (T). Al número de oscilaciones o ciclos efectuados por el móvil en un segundo, se denomina **frecuencia** (f). El período y la frecuencia son magnitudes inversas. En efecto:

Si en T segundos el móvil realiza 1 oscilación, en 1 segundo realizará f oscilaciones.

Por tanto: $f = 1 / T$ o también, $T = 1 / f$

El período se expresa en segundos y la frecuencia en ciclo/segundos o heriz.

Se denomina **elongación** a la distancia que en un instante dado separa al oscilante (vibrante) de la posición de equilibrio. Al máximo valor de la elongación se llama **amplitud** (ver fig. anterior)



Explica

1. ¿Todo movimiento periódico es vibratorio?
2. ¿Todo movimiento vibratorio es periódico?



Resuelve tu mismo

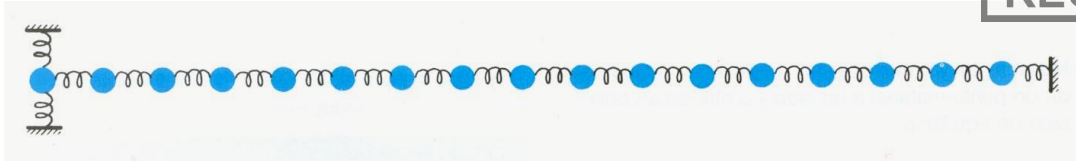
1. Un péndulo que bate segundos (que se tarda un segundo en ir desde cierta amplitud positiva hasta una amplitud, de la misma magnitud, pero negativa) es aquel cuyo período de oscilación es 2 segundos.
 - a) ¿Qué tiempo invierte en una sola semioscilación?
 - b) ¿Cuántas oscilaciones da en 10 segundos?
 - c) ¿Cuál es su frecuencia?
2. Un disco LP gira a razón de 33 rpm (33 vueltas por minuto).
 - a) ¿Cuál es su frecuencia?
 - b) ¿Y su período?



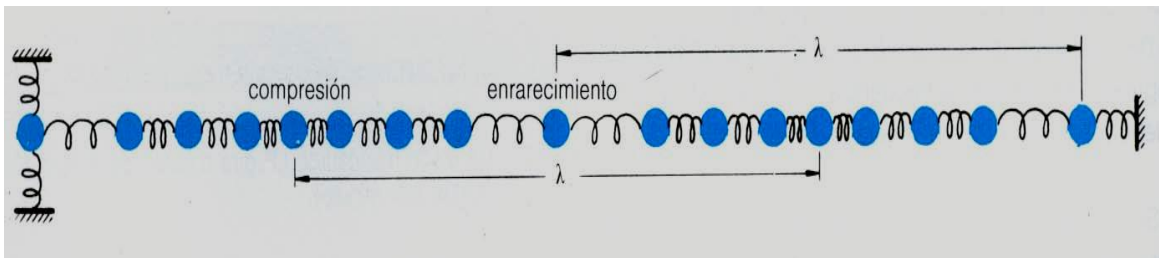
DESARROLLO

II. MOVIMIENTO ONDULATORIO

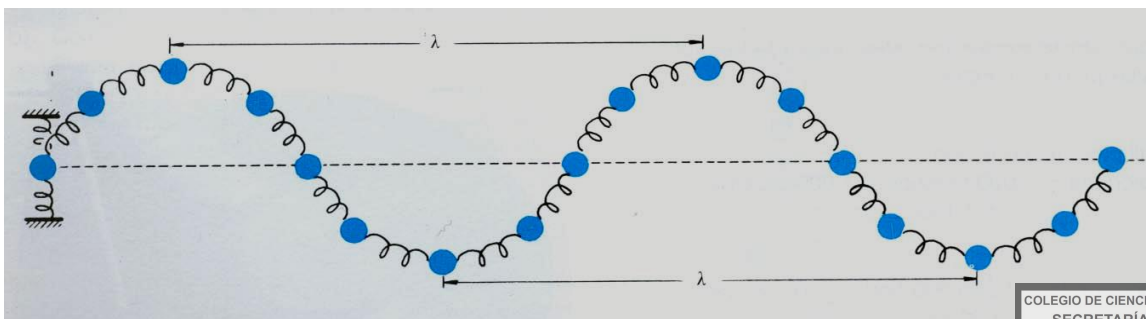
Imagina una serie de masas iguales enlazadas entre sí mediante una serie de muelles (ver fig. siguiente)



- Se desplaza la masa de uno de los extremos en la misma dirección del eje de los resortes y después la sueltas, empezará a oscilar. Poco después, lo hará la siguiente; después, la otra...y así sucesivamente, hasta que al cabo de cierto tiempo observarás que todas las masas oscilan realizando movimientos vibratorios (ver fig. siguiente)



- Si desplazas la masa de un extremo en una dirección perpendicular al eje de los resortes, esta masa también adquiere un movimiento vibratorio que se transmite, asimismo, a las demás y, al cabo de cierto tiempo, todas las masas vibrarán con trayectorias paralelas (ver fig. siguiente)



Movimiento ondulatorio es la propagación de un movimiento vibratorio en un medio elástico.



Las moléculas de los cuerpos no podemos considerarlas aisladas unas de otras debido a que siempre estarán actuando sobre ellas –en mayor o menor grado- las fuerzas de cohesión. Por tanto, cuando en una de estas partículas se produce una perturbación, ésta se transmite a las demás dando origen a un movimiento ondulatorio.



2.1 Definiciones

Fase de un punto vibrante en un instante dado es su estado de movimiento, definido por la elongación, dirección, sentido y velocidad. Según esto:

- Dos puntos tienen igual fase si se mueven en el mismo sentido y sus elongaciones son iguales en valor y signo.
- Dos puntos tienen fase opuesta si sus elongaciones son iguales en valor, pero de signo contrario.

Longitud de onda, λ , es la distancia que separa dos puntos consecutivos que tienen igual fase.

Período es el tiempo que tarda, la vibración que se propaga, en recorrer una distancia igual a la longitud de onda. Coincide con el tiempo que tarda el punto vibrante en realizar una oscilación completa.

Frecuencia es el número de ondas que se propagan en un segundo. Igual que en el caso anterior, este número coincide con el de vibraciones completas dadas en 1 segundo.

2.2 Velocidad de propagación de un movimiento ondulatorio

El movimiento vibratorio producido en un punto de un medio elástico se propaga en todas direcciones a los restantes puntos del mismo con **velocidad constante** si el medio es homogéneo. En cambio, la velocidad de propagación es distinta para diferentes medios. Por ejemplo las ondas sonoras se propagan a distinta velocidad en el acero que en el aire.

De la definición de período puedes deducir la velocidad de propagación: relación que existe entre un espacio recorrido igual a una longitud de onda y el tiempo empleado en recorrerlo.

Matemáticamente lo expresaríamos así:

$$v = \lambda / T = \lambda / (1/f) = \lambda f$$



Ejemplo

Siendo 1.7 cm la longitud de onda de una onda sonora y 20 000 Hz la frecuencia del movimiento vibratorio que la origina calcula la velocidad de propagación del sonido.

Solución

$$v = (0.017 \text{ m})(20\,000\text{Hz}) = 340 \text{ m/s}$$



Actividad con el Simulador

Trabajar con el simulador “Onda en una Cuerda” de la Universidad de Colorado

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=es

- Seleccionar en el menú del simulador Oscilar, Movimiento lento.
- Seleccionar una Amortiguación Nula y una Tensión alta.
- Escoger un valor para la Amplitud y la Frecuencia.
- Medir la Longitud de Onda con la Regla y la Período con el Cronómetro.
- Calcular la velocidad de la onda.

Cierre

I. Preguntas

1. Complete las frases siguientes:

1. Los cuerpos elásticos transmiten las ondas y por medio de ellas se transmite la _____.
2. Cuando el movimiento de las partículas es perpendicular al de propagación de las ondas, éstas se llaman _____.
3. Cuando el movimiento de las partículas es paralelo al de propagación de las ondas, éstas se llaman _____.
4. La distancia entre la posición de un punto de la onda y su posición de equilibrio se llama _____.



5. La elongación máxima recibe el nombre de _____.
6. El largo de una onda completa se llama _____.
7. El tiempo que dura una oscilación completa, o el tiempo que tarda en pasar por un punto una onda completa se llama _____.
8. El número de oscilaciones completas que se efectúan en un segundo o sea el número de ondas completas que pasan por un punto en un segundo se llama _____.
9. La frecuencia es el recíproco del _____.
10. Cuando las ondas elásticas llegan a un obstáculo se regresan sobre el espacio de donde provienen sin cambiar sus características, fenómeno que se conoce con el nombre de _____.
11. Cuando las ondas elásticas pasan de un medio a otro diferente, cambian de velocidad y de longitud de onda a lo que se llama _____.



II. Entre los paréntesis de la derecha escriba las letras de las palabras o unidades que completen correctamente las frases de que se trate.

- | | |
|---------------------|--|
| A. Transversales | 1. Una unidad de longitud de onda es.....() |
| B. Longitud de onda | 2. Las características de los movimientos ondulatorios que no cambian mientras se transmite en un mismo medio, pero si cambian, si pasan a otro medio se llaman.()() |
| C. Energía | 3. Multiplicando la longitud de onda de un movimiento ondulatorio por su frecuencia se obtiene su() |
| D. Velocidad | 4. La frecuencia se mide en.....() |
| E. Periodo | 5. Al dividir 1 entre la frecuencia se obtiene el() |
| F. m | 6. Las ondas pueden ser transversales o() |
| G. Longitudinales | 7. La característica de las ondas que no cambia aunque pasen de un medio a otro diferente es la() |
| H. Hertz | 8. En las ondas un punto que se encuentre en un momento determinado en su posición de equilibrio se llama () |



I. Frecuencia 9. El periodo se puede medir en()

J. Microondas 10. En las ondas transversales, la altura de las crestas se llama

K. g 11. Por medio de las ondas se transmite la.....

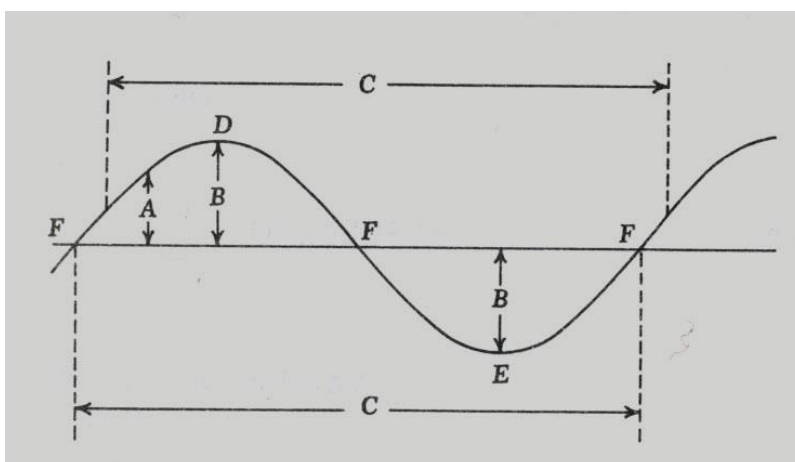
L. s

M. Elongación

N. Amplitud

O. Nodo

III. Relacione las letras marcadas en el esquema con lo que se indica a la derecha escribiéndolas en los paréntesis.



1. Amplitud()

2. Elongación()

3. Valle()

4. Cresta()

5. Longitud de onda()

6. Nodo()



IV. Problemas

1. ¿Qué frecuencia tiene un movimiento ondulatorio si su periodo es de 0.00025 s ?
2. ¿Qué velocidad en km/s tiene la luz si tarda 8 minutos en llegar del Sol a la Tierra y la distancia entre ellos es de $144\,000\,000\text{ Km}$?
3. ¿Qué tiempo tarda en oírse el estampido del disparo de un cañón que se encuentra a 2 Km , si la velocidad del sonido en el aire es de 340 m/s ?
4. ¿Cuál es la longitud de onda de la XEW si su frecuencia es de 90 Kilohertz y la velocidad de las ondas de radio es de $300\,000\text{ Km / s}$?



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: Identifica a las ondas como una forma en que se propaga la energía en un medio material o en el vacío. N1	Ondas mecánicas y electromagnéticas: longitudinales y transversales.
Diferencia las ondas mecánicas de las ondas electromagnéticas. N2.	Ondas mecánicas y electromagnéticas: longitudinales y transversales.
Diferencia las ondas transversales de las longitudinales. N2.	Sonido y luz.
Describe cualitativamente cómo se generan las ondas electromagnéticas. N2.	Sonido y luz.
Aplica las magnitudes del movimiento ondulatorio. N3.	Sonido y luz.
Diferencia el comportamiento de las ondas de partículas. N1.	Ondas y partículas



Apertura

Cuestionario diagnóstico

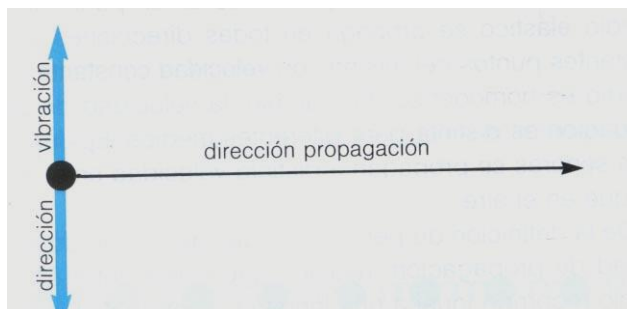
- ¿Qué entiendes por movimiento periódico? Cita dos ejemplos.
- ¿Todo movimiento periódico es vibratorio? ¿Y los vibratorios son periódicos?
- ¿Hay desplazamiento de partículas en un movimiento ondulatorio?
- ¿Las ondas electromagnéticas necesitan de un medio para propagarse?
- ¿En qué consisten las ondas transversales?
- ¿En qué consisten las ondas longitudinales?
- ¿Cómo se generan las ondas electromagnéticas?
- ¿Cuál es la diferencia de comportamiento de las ondas de las partículas?

Desarrollo

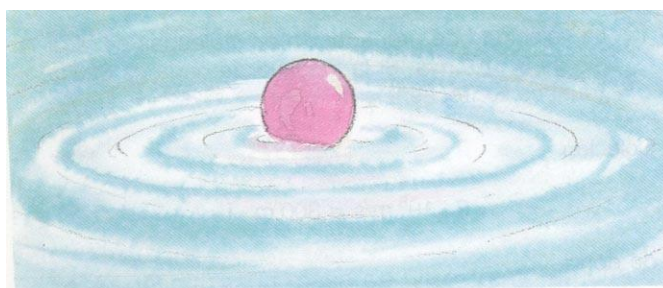
2.3 Clases de ondas

Según la relación que existe entre la **dirección de propagación** del movimiento vibratorio y la **dirección de vibración** de cada partícula, las ondas pueden ser **transversales y longitudinales**.

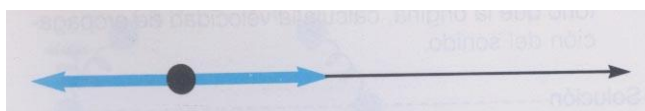
Ondas transversales son aquellas en las que las partículas vibran perpendicularmente a la dirección de propagación (ver fig. siguiente)



Ejemplos. Moviendo hacia arriba y hacia abajo una pelota en un estanque de agua tranquila en la que flotan algunos corchos, observarás que las partículas superficiales del agua, juntamente con los corchos, **vibran verticalmente** subiendo y bajando, pero sin desplazarse horizontalmente. En cambio, las ondas formadas **avanzan horizontalmente** (ver fig. siguiente).

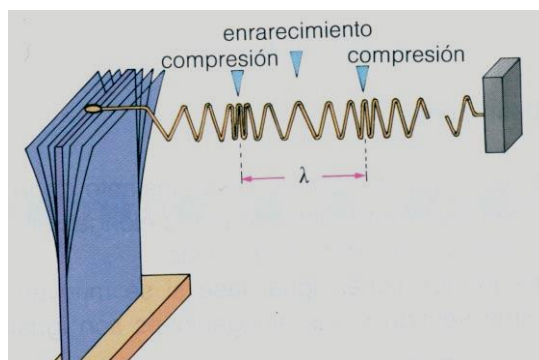


Ondas longitudinales son aquellas en las que las partículas vibran en la misma dirección de la propagación (ver fig. siguiente)



Ejemplo

El extremo de la lámina metálica vibra horizontalmente estirando y comprimiendo las espiras del resorte. Estas compresiones y dilataciones (compresiones y enrarecimiento) producidas por la vibración horizontal de la lámina elástica se propagan, a su vez, horizontalmente a lo largo del resorte (ver fig. siguiente)



Es importante insistir que **en las ondas longitudinales** se producen condensaciones y enrarecimientos de materia. Esto trae consigo unas grandes **variaciones de densidad** en el medio donde se propagan.

Las ondas sonoras producidas por la vibración de la membrana de un tambor al golpearlo son otro ejemplo de ondas longitudinales.



2.4 Qué se propaga en un movimiento ondulatorio

Habíamos definido el movimiento ondulatorio como la propagación de una perturbación a través de las partículas de un medio elástico, las cuales vibran y obligaban a vibrar a las más próximas.

Por tanto debes darte cuenta de que

Lo que se propaga en una onda es el estado de movimiento, o más bien, la energía y el momentum (cantidad de movimiento) del foco de la perturbación, que se comunican a las demás partículas del medio.

Cuando el movimiento ondulatorio se propaga sobre una superficie plana lo hace mediante líneas de avance circulares y concéntricas, denominadas ondas circulares, por ejemplo, las ondas en la superficie del agua.

Si la propagación tiene lugar en el espacio y el medio es homogéneo, entonces las ondas se denominan ondas esféricas, por ejemplo las ondas sonoras.

Relacionando lo explicado relativo a los estados de agregación de la materia y a los fenómenos de tensión superficial, te resultará fácil entender que

- Las ondas transversales sólo pueden propagarse a través de medios donde las fuerzas de cohesión molecular sean grandes (sólidos y superficie libre de líquidos).
- Las ondas longitudinales se propagan en cualquier medio (sólidos, líquidos y gases).

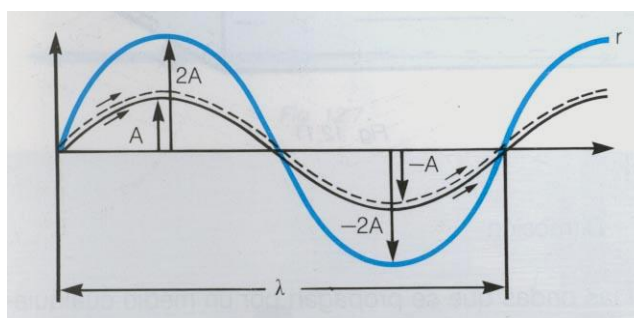
2.5 Interferencia

Se denomina así a las variaciones de amplitud producidas por la superposición de dos movimientos ondulatorios de vibraciones paralelas e igual período.

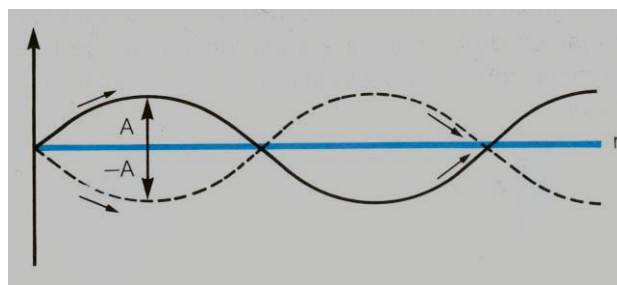


La amplitud de la onda resultante es igual a la suma o a la diferencia de las amplitudes de las ondas componentes según que dichas ondas estén en fase o en fase opuesta.

Si las ondas componentes tienen la misma amplitud y están en fase, la amplitud de la onda resultante es el doble de la amplitud de una de ellas (ver fig. siguiente)

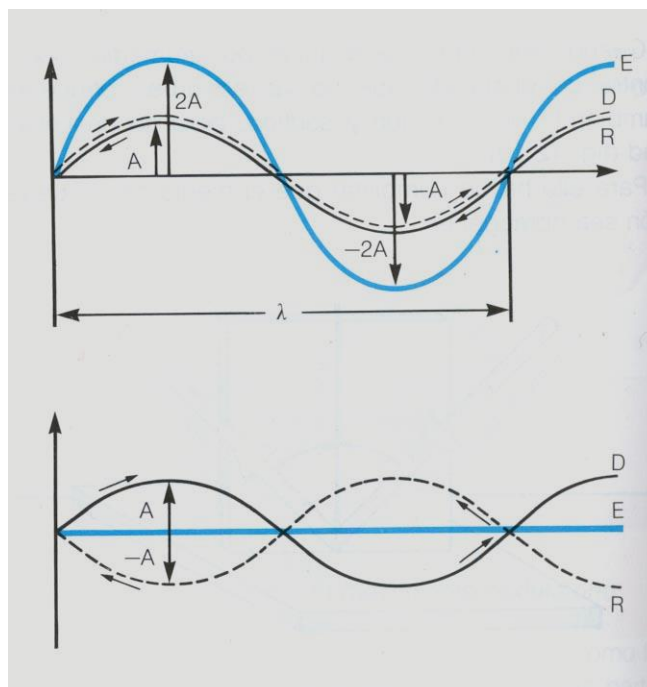


En cambio si están en fase opuesta, la amplitud de la onda resultante es cero; es decir las ondas componentes se anulan y así, por ejemplo, se producirá oscuridad si las ondas son luminosas, y silencio, si son sonoras (ver fig. siguiente)



Un caso particular de los fenómenos de interferencia son las llamadas *ondas estacionarias*. Estas ondas son consecuencia de la interferencia de dos ondas de *igual amplitud*, propagadas en la *misma dirección*, pero en *sentidos contrarios* (ver fig. siguiente)





En toda onda estacionaria hay que distinguir, como puntos característicos, los nodos y los *vientres*: *nodos* son aquellos puntos donde la *amplitud es nula*; *vientres* son aquellos puntos de *máxima amplitud*.

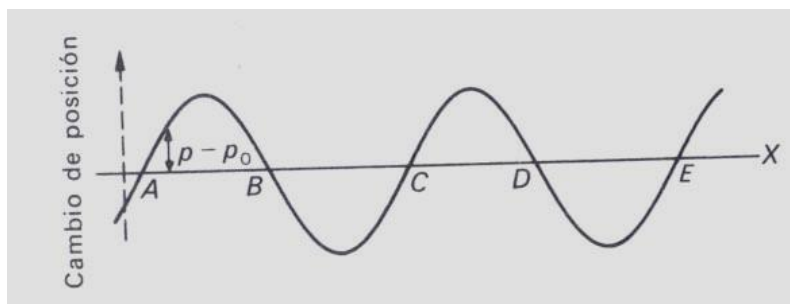
Los *nodos* son puntos fijos, de ahí el nombre de ondas estacionarias, y la distancia entre dos nodos consecutivos es siempre igual a media longitud de onda.

2.6 Velocidad de una onda elástica

En un sólido, las ondas elásticas pueden ser longitudinales o transversales, pero en los fluidos (gases o líquidos) sólo se propagan ondas longitudinales. Esto se debe a que las fuerzas intermoleculares son más débiles en los fluidos que en los sólidos y no lugar a esfuerzos cortantes, que son los que intervienen en las ondas transversales.

Consideremos una elástica longitudinal en un fluido, ya sea gas o un líquido. Cuando una elástica longitudinal se propaga en un fluido, se producen fluctuaciones de presión que se propagan con la velocidad de la onda. Por ejemplo, si p_0 es la presión normal en el fluido en equilibrio y p es la presión al pasar la onda, la variación de presión es $\Delta p = p - p_0$ y en momento dado, esta variación de presión a lo largo de la dirección de propagación es como aparece en la fig. siguiente.





En ese instante, entre los puntos A y B, C y D, etc., la presión es mayor que la normal, mientras que en los puntos entre B y C, D y E, etc., la presión es menor a que la normal. Claramente, en un instante posterior la situación será diferente. Las fluctuaciones de presión dan lugar también a fluctuaciones en la densidad del fluido. Estas fluctuaciones de densidad son más importantes en los gases que en los líquidos.

Vemos, que las ondas elásticas en un fluido son ondas de presión, o bien, ondas de densidad. La velocidad de las ondas elásticas (o de las sonoras) en un fluido está dada por la expresión general.

$$v = \sqrt{\frac{k}{\rho}} \text{ (fluido),}$$

donde k es el *módulo de elasticidad de volumen* del fluido (expresado en Pa o N/m^2) y ρ es la densidad del fluido (expresada en kg/m^3).

La propagación de un movimiento ondulatorio en un gas es un proceso tan rápido que no da tiempo a que ocurra un intercambio de calor (o de energía) entre las distintas partes del gas y , por consiguiente, el proceso es *adiabático*. En este caso puede demostrarse que el coeficiente de elasticidad de volumen del gas está dado por la relación

$$\kappa = \gamma p$$

donde p es la presión del gas (expresada en N/m^2) y $\gamma = c_p / c_v$ es la relación entre los calores específicos a presión constante y a volumen constante del gas. Para los gases biatómicos, y para el aire, que es básicamente una mezcla de tales gases, puede tomarse $\gamma=1.40$. Para los gases monoatómicos $\gamma = 1.66$. Sustituyendo el valor de κ en la expresión de la velocidad para las ondas elásticas, resulta para la velocidad del sonido en un gas:

$$v = \sqrt{\frac{\gamma p}{\rho}} \text{ (gas)}$$



La velocidad del sonido en un fluido depende de la temperatura, debido a los cambios de densidad del fluido con la temperatura. Recordemos que en el caso de un gas, la relación p/p es proporcional a la temperatura absoluta T del gas. Luego la expresión anterior se convierte en

$$v = \alpha \sqrt{T} \text{ (gas)}$$

donde α depende de la naturaleza del gas.

Puede demostrarse que

$$\alpha = \sqrt{\frac{\gamma R}{M}}$$

donde R es la constante de los gases por mol, igual a 8.3143 J/K mol, y M es la masa de un mol de gas, expresada en kg/mol.

En un sólido, las ondas elásticas transversales se propagan con una velocidad diferente que las longitudinales. Por ejemplo, es posible demostrar que la velocidad de propagación de una onda longitudinal a lo largo de una barra es

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \text{ (sólido)}$$

donde Y es el módulo de Young del material (expresado en N/m²) y ρ es la densidad del sólido (expresada en kg/m³)

Velocidad de ondas elásticas, expresada en m/s

Gases (0°C)		Líquidos		Sólidos	
Aire	331.45	Agua	1440	Hierro	5030
Hidrógeno	1269.5	Alcohol	1213	Cedro	3850
Oxígeno	317.2	Eter	1032	Vidrio	6000
CO ₂	258.0	Benceno	1166	Plomo	1227



Pregunta.

¿Cómo varía la velocidad del sonido en un gas si la temperatura del gas aumenta?

En particular, si la temperatura absoluta se duplica, ¿qué le ocurre a la velocidad del sonido?

¿Qué ocurre si la temperatura absoluta se reduce a la mitad?



Ejemplo. Para el agua, $\kappa = 2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ y $\rho = 10^3 \text{ kg/m}^3$. Luego, la velocidad de una onda elástica en el agua es

$$v_{\text{agua}} = \sqrt{\frac{2.03 \times 10^9 \text{ N/m}^2}{10^3 \text{ kg/m}^3}} = 1424.8 \text{ m/s}$$

que concuerda con el valor experimental

Ejemplo. Para el aire en condiciones normales, $p = 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ y $\rho = 1.293 \text{ kg/m}^3$. Luego, con $\gamma = 1.40$, resulta

$$v_{\text{aire}} = \sqrt{\frac{1.40 \times (1.013 \times 10^5 \text{ N/m}^2)}{1.293 \text{ kg/m}^3}} = 331.2 \text{ m/s}$$



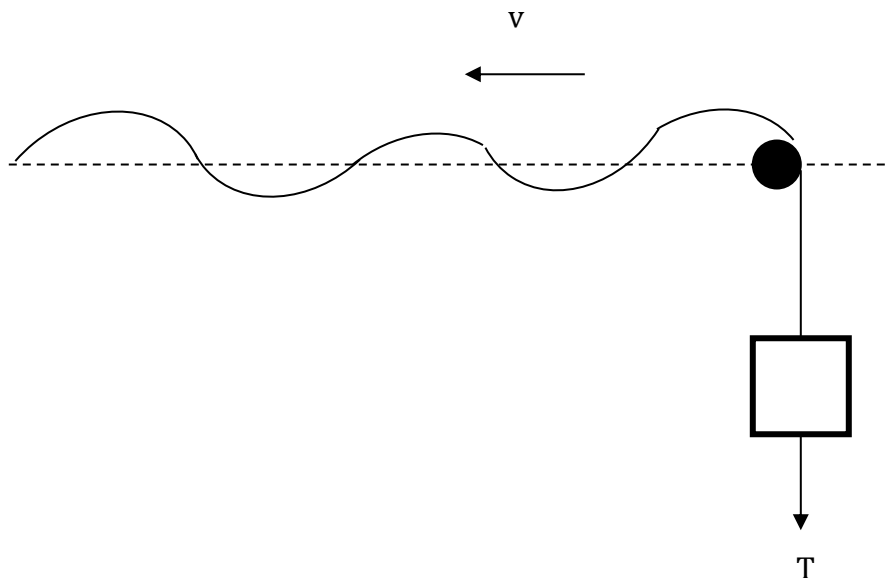
Ejemplo para el acero $Y=2.0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$ y la densidad es $\rho=7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, resultando en una velocidad de propagación de ondas longitudinales en una barra de acero igual a

$$v_{\text{acero}} = \sqrt{\frac{2.0 \times 10^{11} \text{ N/m}^2}{7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}} = 5060 \text{ m/s}$$



Velocidad de las ondas en una cuerda. Consideremos a una cuerda, que está sometida a una tensión T (expresada en N). Si la masa por unidad de longitud de la cuerda (o densidad lineal) es m (expresada en kg/m) la velocidad de propagación de una onda transversal en la cuerda es

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$



Ejemplo. Si una cuerda tiene una masa por unidad de longitud igual a 0.03 kg/m y está sometida a una tensión de $6 \times 10^4 \text{ N}$, la velocidad de propagación de las ondas transversales es

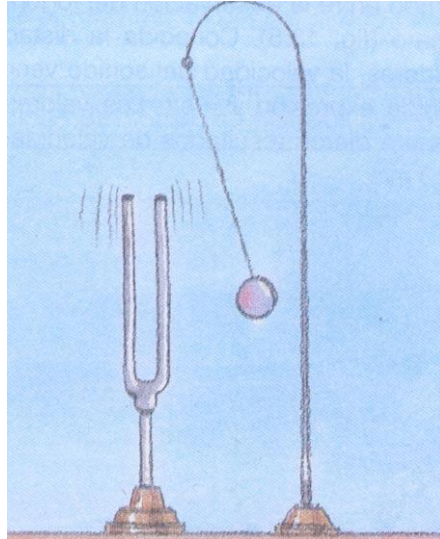
$$v_{\text{cuerda}} = \sqrt{\frac{6 \times 10^4 \text{ N}}{0.03 \text{ kg/m}}} = 1.414 \text{ m/s}$$



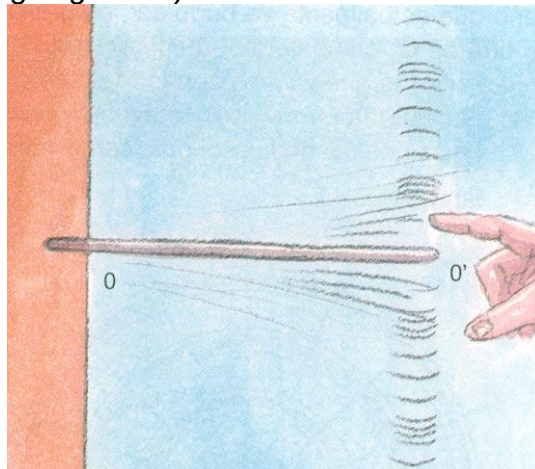
EL SONIDO

1. Si un cuerpo vibra en el seno del aire, las moléculas de los distintos gases que lo componen experimentan una perturbación, que transmiten unas a otras, dando origen a un **movimiento ondulatorio longitudinal**.

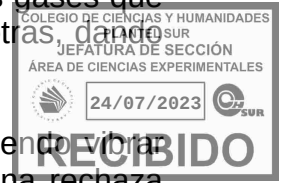
Esto puedes ponerlo de manifiesto con la siguiente experiencia: Haciendo vibrar un diapasón frente a un péndulo ligero observarás que mientras suena rechaza continuamente a la bola del péndulo. (ver fig. siguiente).



Si sujetas por un extremo una varilla elástica de acero y por el otro extremo la desvías de su posición de equilibrio verás que al soltarla, vibra; y al mismo tiempo emite un sonido. (ver fig. siguiente).



Todas estas experiencias –y otras más que podíamos citar- te demuestran que el origen del sonido es siempre una **vibración**.



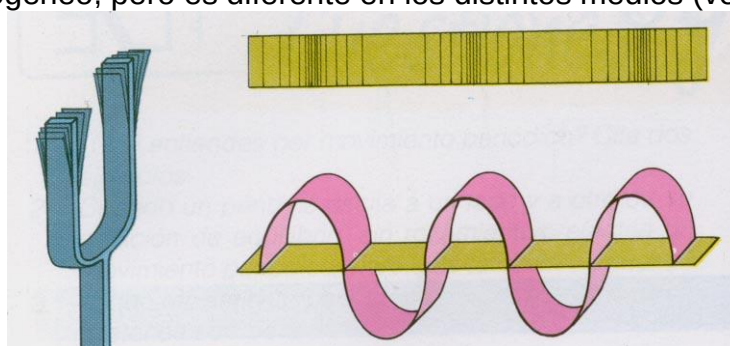
El razonamiento que hemos expuesto para el caso del aire puedes generalizarlo para cualquier medio material elástico, tanto si es sólido, líquido o gas.

Sonido es la propagación a través de un medio material de la vibración de un cuerpo elástico.

1.1 Propagación del sonido

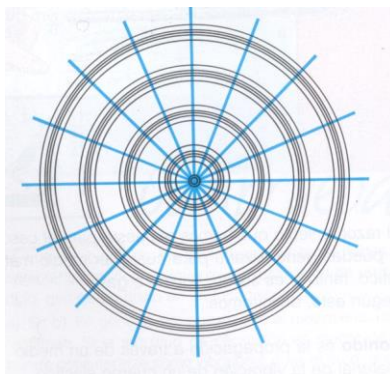
El sonido se propaga en toda clase de cuerpos: sólidos y fluidos. No se propaga en el vacío. Esto nos demuestra que las **ondas sonoras** son de tipo **longitudinal**.

Por tanto, las ondas sonoras consistirán en una sucesión continua de compresiones y enrarecimientos producidos en el medio que las propaga. La velocidad de esta propagación es constante e igual para los distintos sonidos en un medio homogéneo, pero es diferente en los distintos medios (ver fig. siguiente).



Las ondas sonoras; es decir, las sucesivas compresiones y enrarecimientos que se producen en el medio transmisor, originan una variación de densidad en él, fenómeno que actualmente ya pudo ser fotografiado.

Por otra parte, como la perturbación puede propagarse en las infinitas direcciones correspondientes a los radios de una esfera que tuviese por centro el cuerpo que vibra, diremos que **las ondas sonoras son esféricas** (ver fig. siguiente).



1.2 Velocidad del sonido

El hecho, por ejemplo, de que al escuchar un concierto los distintos sonidos simultáneos de la orquesta lleguen a la vez a nuestros oídos, nos demuestra que



la velocidad del sonido es independiente de la fuente sonora y, por tanto, de los distintos sonidos.

Las primeras mediciones científicas para determinar la velocidad del sonido en el aire se realizaron a mediados del siglo XVI por sabios italianos. Para ello efectuaban un disparo de cañón a gran distancia y medían el tiempo transcurrido entre la observación del fogonazo y el ruido del disparo. Conocida la distancia entre los observadores, la velocidad del sonido vendría dada por la conocida expresión $v = d / t$. Los valores hallados de esta manera dieron resultados de velocidades próximas a los 340 m/s.

Mediciones más recientes, efectuados por Regnault, utilizando procedimientos de registro automático, dieron valores comprendidos entre 330.1 m/s y 331.7 m/s.

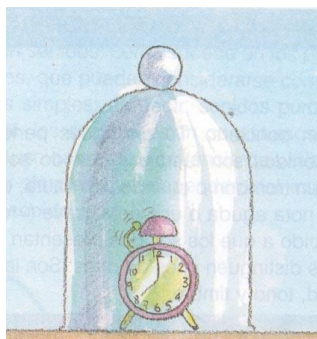
Velocidad del sonido en distintos medios

Oxígeno	317 m/s
Aire	340 m/s
Benceno	1 250 m/s
Hidrógeno	1 269 m/s
Agua	1 435 m/s
Agua de mar	1500 m/s
Tierra	2000 – 3000 m/s
Vidrio	4800 m/s
Acero	5000 m/s
Rocas	5000 – 6000 m/s

Observa

Haciendo sonar un reloj dentro de una campana de vidrio observará que a medida que se va extrayendo el aire –lo que se consigue con una máquina de vacío- se va extinguendo la percepción del sonido y cuando el vacío es prácticamente total, deja de oírse.

Esta experiencia nos demuestra que el sonido no se propaga o transmite a través del vacío.



2. Cualidades del sonido

Estás en un concierto. Tú distingues perfectamente cuándo los sonidos son fuertes y cuándo son débiles: cuándo toca un trombón o cuándo toca una flauta, cuándo un violín da una nota aguda o una nota grave (“ronca”).

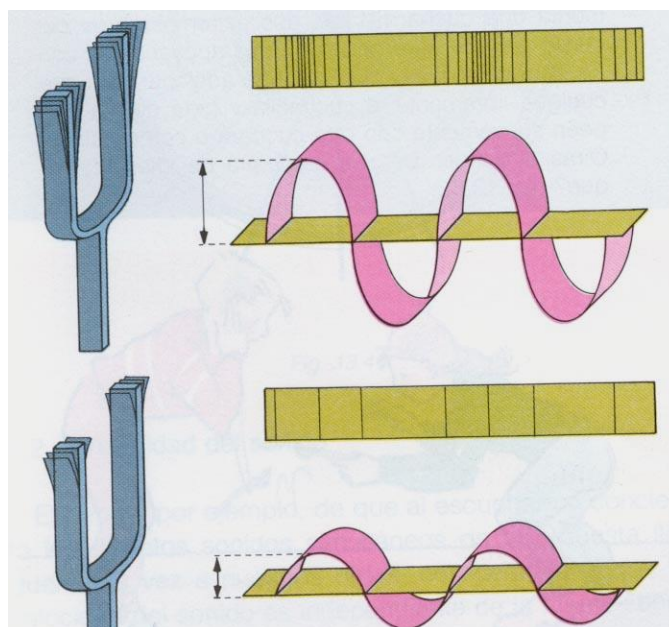
Esto se debe a que los sonidos presentan tres cualidades que los distinguen de otros. Son las siguientes: intensidad, tono y timbre.



2.1 Intensidad del sonido

Es la energía que transmite la onda sonora por segundo a través de la unidad de superficie colocada perpendicularmente a la dirección de propagación.

Mediante esta cualidad, que depende del cuadrado de la amplitud de la onda sonora, podemos clasificar los sonidos en fuertes y débiles (ver fig. siguiente).



La intensidad se medirá, por tanto en Joules / s m² ; es decir, en watts / m² , aunque más usualmente se expresa en watts / cm²

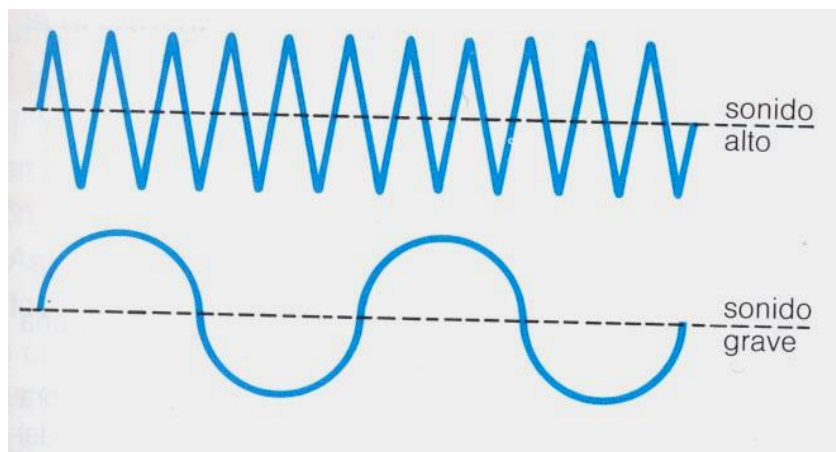
Un oído normal tolera intensidades de 10⁻⁴ watts / cm² como máximo y de 10⁻⁶ watts / cm² , como mínimo (valor umbral de la intensidad).

2.2 Tono

El tono es aquella cualidad del sonido que nos permite distinguir sonidos altos, o agudos, de sonidos bajos, o graves.



El tono depende de la frecuencia o número de vibraciones emitidas por el foco sonoro en 1 segundo; es decir, del número de compresiones y enrarecimientos que el oído recibe en 1 segundo (ver fig. siguiente)



Como unidad de tono se toma la unidad definida de frecuencia, es decir: el hertz (o ciclo/s). Un oído normal percibe sonidos comprendidos entre 20 y 20 000 Hertz.

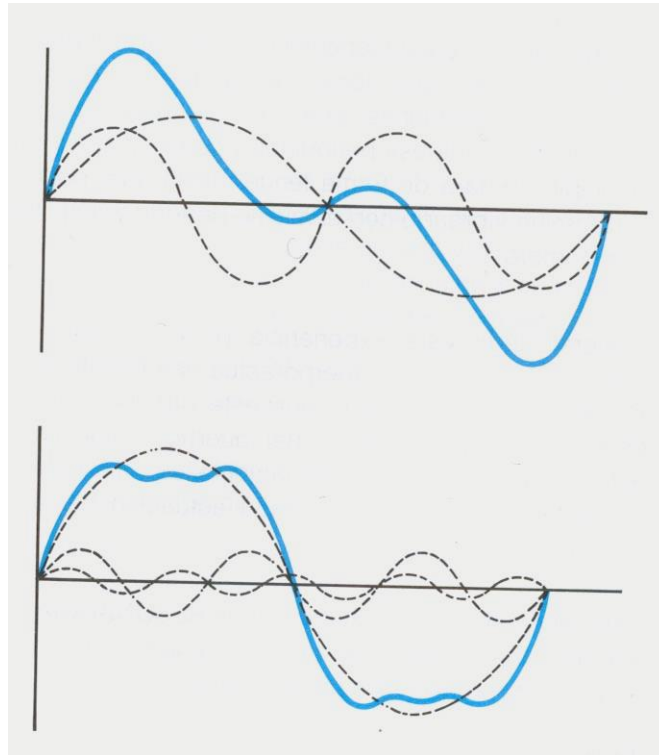
2.3 Timbre

Es la cualidad del sonido que nos permite distinguir sonidos de igual intensidad y tono, pero producidos por distintos instrumentos.

Así, por ejemplo, distingues una nota dada por una flauta o por un clarinete. O distingues un buen violín de otro de mala calidad.

La explicación de este fenómeno es la siguiente: rara vez existen sonidos, como sucede en los producidos por diapasones, que puedan considerarse como vibraciones armónicas, simples, es decir, sonidos puros (ver fig. siguiente). En general los sonidos están constituidos por vibraciones no sinusoidales, consecuencia de varias vibraciones armónicas simples que dependen del instrumento que origina el sonido.





Ejercicio. Explica

¿Qué quieres expresar cuando dices que reconoces a las personas por su “voz”?

4. Reflexión del sonido: Eco y Reverberación

Cuando las ondas sonoras llegan a un obstáculo que se opone a su propagación (por ejemplo, paredes, muros, montañas, etc.) entonces se reflejan en él, cambiando de dirección. Este fenómeno recibe el nombre de **reflexión**.

Posiblemente habrás reflejado la luz en un espejo o habrás tirado una pelota contra una pared. Pues bien, de la misma manera que la luz se refleja en un espejo, así lo hace el sonido en un obstáculo, cumpliéndose siempre que el ángulo de incidencia es igual al de reflexión.

Así por ejemplo, si colocas un reloj sobre algodón en el fondo de una probeta y quieres oír su “tic-tac” habrás de colocar el oído en la dirección del eje de la probeta. Basta que coloques inclinadamente sobre la probeta un espejo para que oigas el tic-tac en cualquier otra dirección.



4.1 Eco y Reverberación

Nuestro oído tarda 0.1 segundos en distinguir dos sonidos monosilábicos por tanto, si producimos un sonido frente a un obstáculo reflector de forma que el tiempo transcurrido entre la emisión de nuestro sonido y la recepción del reflejado es igual o superior a 0.1 segundos, nuestro oído percibirá **dos sonidos distintos (eco)**; y si es menor de 0.1 segundos, nuestro oído percibirá **un solo sonido prolongado (reverberación)**.

Como el sonido en el aire tiene una velocidad de 340 m/s, recorrerá 34 m en una décima de segundo. Por tanto, para que haya eco es necesario que el obstáculo reflector esté como mínimo a 17 metros del foco emisor.

De esta forma, el sonido recorrerá 17 metros para ir y otros 17m al volver reflejado; en total: 34 m (ver fig. siguiente).

En caso de que el reflector esté a menos de 17m se dará el fenómeno de la reverberación.



Eco es el fenómeno en virtud del cual nuestro oído percibe, debido a la reflexión de las ondas sonoras, el mismo sonido más de una vez. Para ello es necesario que el objeto reflector esté a una distancia igual o mayor de 17 m del foco emisor.

Reverberación es la persistencia de un sonido, después de haber sido emitido, durante cierto tiempo, dando con ello origen a una superposición de sonidos. Al tiempo que perdura el sonido se denomina **tiempo de**

Cuando en un local las paredes absorben demasiado el sonido, la audición, al ser producida exclusivamente por las ondas directas del emisor, será débil. En este caso se dice que el local “mata” el sonido. En cambio, si las paredes absorben poco y reflejan demasiado, sucederá que las ondas reflejadas se superpondrán y deformarán a las directas, produciendo una confusión de sonidos. Para que un local tenga buenas condiciones acústicas ha de tener un tiempo de reverberación de unos 2 segundos; esto se logra recubriendo techo y paredes con materiales poder reflector y absorbente adecuados, combinando superficies pulidas con superficies blandas (tapices, cortinas, etc.).

Lectura

La velocidad de propagación del sonido a través de diferentes medios fue determinada experimentalmente desde hace muchísimos años. resumida así lo detalla un antiguo Tratado de Física.



Todos los sonidos, cualesquiera que sean su intensidad, su tono y su timbre, se propagan en la atmósfera con la misma velocidad, marchando por el espacio atmosférico a razón de 340.88 metros por cada segundo de tiempo.

La intensidad de los sonidos disminuye cuando el aire que los ha de transmitir está enrarecido: por esta razón Saussure observó que en la cima del Monte Blanco, en los Alpes, un disparo de pistola produce un ruido menor que en los valles; y Gay Luzca en su viaje aerostático notó que a 700 metros de elevación la intensidad de su voz disminuía.

En los laboratorios se demuestra experimentalmente esta ley tomando una campana de la cual se extraen por medio de la bomba de vacío cantidades variables de aire; observándose que conforme se enrarece este último, los sonidos que produce un timbre de relojería colocado en el interior de la campana se debilitan progresivamente, hasta ver que cae el martillo que hace sonar el timbre sin percibirse sonido alguno.

La velocidad para la transmisión de los sonidos es mucho mayor en el agua que en el aire, habiendo demostrado Colladon y Sturm en el lago de Ginebra que los sonidos recorren en 1 segundo un espacio de 1435 metros, distancia que supone una velocidad 4 veces mayor en el agua que en el aire. Los sonidos se transmiten en los cuerpos sólidos con mucha mayor velocidad que en los líquidos; y según los experimentos directos de Biot, la velocidad de transmisión es 10.5 veces mayor en el hierro que en el aire, según Chladni, en el estaño 7.5 veces mayor, 12 en el cobre, 17 en el vidrio, y desde 11 hasta 17 más rápida en las diversas especies de maderas.

Cuando el movimiento ondulatorio se establece en el aire, se forman esferas concéntricas en derredor del punto del primer impulso, disminuyendo la intensidad de los sonidos en razón inversa de los cuadrados de las distancias.



Preguntas y Problemas

1. ¿Qué es un movimiento periódico? Cita tres ejemplos reales de movimientos periódicos.
2. Define el movimiento vibratorio. Explica lo que entiendes por: ciclo, elongación, período y frecuencia.
3. ¿A qué se llama movimiento ondulatorio?
4. ¿Qué es la longitud de onda? ¿Cómo se relaciona la longitud de onda con la velocidad de propagación del movimiento ondulatorio?
5. Distingue entre ondas transversales y onda longitudinales. Pon un ejemplo en cada caso.
6. ¿Qué es el sonido considerado físicamente?
7. ¿Cuándo dos ondas en un punto están en fase o en oposición?
8. ¿Es cierto que hay sonidos para los cuales todos somos sordos? Razónalo.
9. Razona por qué los indios ponían el oído en tierra para detectar la presencia de soldados blancos.
10. El oído humano es capaz de oír sonidos de frecuencias comprendidas entre 20 y 20 000 ciclos / segundo. Si la velocidad del sonido es de 348 m/s, calcular las longitudes de onda correspondientes a estas frecuencias.
11. Una onda longitudinal de frecuencia 200 Hertz tiene una longitud de onda de 10 m. ¿Con qué velocidad se propaga?
12. Cita y define las tres cualidades del sonido. Pon ejemplos en cada caso.
13. Deduce razonadamente por qué la distancia mínima para que haya eco debe ser 17 metros.
14. ¿En qué consiste la resonancia? Explica algún ejemplo y deduce alguna utilidad para los instrumentos musicales.
15. Ves un relámpago y 10 segundos más tarde oyes el estampido del trueno. Suponiendo infinita la velocidad de la luz a través del aire y que la del sonido es de 340 m/s, ¿a qué distancia estás de la tormenta?
16. Si la velocidad de propagación del sonido a través del aire es 340 m/s, y a través del agua 1435 m/s; calcula la longitud de onda de un sonido de 435 ciclos / segundo según que se propague en el aire o en el agua.
17. Un diapasón vibra a razón de 1 024 vibraciones por segundo. Si la onda sonora que origina tiene en el aire una longitud de onda de 32 cm, ¿con qué velocidad se propaga?
18. Un observador deja caer una piedra desde la boca de un pozo en cuyo fondo existe agua. Al cabo de 5 segundos escucha el choque de la piedra contra el agua. Teniendo en cuenta que el sonido se propaga en el aire a 340 m/s, ¿a qué profundidad está el agua en el pozo?



EJERCICIOS: EL SONIDO

Complete los enunciados siguientes

1. Todo aquello que se puede percibir por medio del oído se llama _____.
2. La parte de la Física que estudia el sonido se llama _____.
3. El sonido se produce por la vibración de cuerpos elásticos, la que se transmite a través de los diferentes medios por medio de ondas _____.
4. Por lo general, la velocidad con que se mueven las ondas sonoras es mayor en los líquidos que en los _____, pero menor que en los _____.
5. El sonido no se transmite en el _____.
6. Cuando las ondas sonoras llegan a un obstáculo se _____.
7. La reflexión del sonido da lugar a la reverberación y al _____.
8. Cuando las ondas llegan a un obstáculo plano perpendicular a los rayos, se reflejan y las ondas reflejadas interfieren con las incidentes, dando lugar a ondas _____.
9. La propiedad del sonido que sólo distingue a los sonidos fuertes de los débiles y sólo depende de la amplitud se llama _____.
10. La cualidad del sonido que sólo distingue a los sonidos graves de los agudos y sólo depende de la frecuencia se llama _____.
11. La propiedad del sonido que sólo distingue a los sonidos graves de los agudos y sólo depende de la frecuencia se llama _____.
12. Las notas musicales se distinguen por una característica fija y perfectamente determinada para cada una de ellas, que es su _____.



2. En los paréntesis coloca la respuesta que complete correctamente los enunciados.

1. Cuando los cuerpos elásticos vibran, producen en los medios que los rodean ondas longitudinales que constituyen el sonido, que se transmiten en _____ forma _____ de _____ compresiones y.....()
A. Crestas B. Valles. C. Expansiones
2. Las ondas sonoras longitudinales que llegan al oído hacen que vibre con la misma _____ frecuencia _____ que _____ la _____ fuente _____ del sonido.....()
A. El caracol B. La membrana del tímpano C. La trompa de Eustaquio.
3. En el vacío no se transmiten.....()
A. Los rayos X B. Las ondas de radio C. Los sonidos
4. El sonido se transmite con mayor velocidad en el agua que en el.....()
A. Oxígeno B. Aire C. Acero D. Cemento E. Oro
5. El fenómeno que consiste en que los sonidos se siguen oyendo después de dejar de producirlos se llama.....()
A. Reverberación B. Refracción C. Difracción
6. Para localizar los cuerpos sumergidos en el mar se usa la.....()
A. Reflexión del sonido B. Refracción del sonido C. Difracción del sonido
7. El número de Mach corresponde a la velocidad del sonido en.....()
A. El agua B. El aire C. La tierra
8. Los sonidos más fuertes presentan mayor.....()
A. Amplitud B. Frecuencia C. Longitud de onda
9. Los sonidos más agudos presentan mayor.....()
A. Amplitud B. Frecuencia C. Longitud de onda
10. La frecuencia se mide en.....()
A. s B. Hertz C. m/s D. ciclos
11. Los ultrasonidos son aquellos que no son percibidos por el oído humano, debido a que es muy alta su.....()
A. Frecuencia B. Longitud de onda C. Amplitud
12. Poder distinguir la voz de un cantante de la de otros por la cualidad del sonido que se llama.....()
A. Intensidad B. Tono C. Timbre



Practica del sonido

Objetivo. Demostrar experimentalmente la transmisión.

Material. Campana de vidrio con un agujero, tapón monohoradado, tubo de vidrio, manguera de hule látex, bomba de vacío, reloj despertador de pila, vaselina, tambor y palo de madera.



Experimento 1. Al colocar el reloj despertador funcionando dentro de la campana, se observa que _____.

Hágase funcionar la bomba de vacío conectada a la campana, se observa que conforme va saliendo el aire del interior de la campana _____ y cuando se logra el vacío _____.

Lo _____ que _____ demuestra que _____.

Dibuje el esquema del experimento.

Experimento 2. Colocar sobre la mesa el tambor, de tal manera que su parche quede horizontal y sobre él ponga un poco de marmaja o polvo de hierro, enseguida déle con el palo de madera un golpe débil al parche, observando al polvo de hierro y la intensidad del sonido que se oye. Las partículas de polvo de hierro _____.

lo que demuestra que el parche del tambor _____, pero con una amplitud _____ la cual corresponde a la amplitud de las ondas de compresión y expansión que transmite al aire, al mismo tiempo se nota que la intensidad del sonido que se percibe es _____.

Repetir el procedimiento anterior, pero ahora golpeando fuertemente el parche con el palo de madera, se nota que las partículas de polvo de hierro _____.

lo que indica que la amplitud de las ondas de compresión y expansión del aire _____ al mismo tiempo que el sonido que se percibe es _____.

— Esto demuestra que la intensidad del sonido depende de la _____.



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: GENERACIÓN Y DETECCIÓN DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA



Objetivos

- Que el alumno observe cómo se emite y se detecta una onda electromagnética.
- Que el alumno comprenda la naturaleza ondulatoria de la radiación electromagnética.

Introducción

En ausencia de histéresis, la energía almacenada en el campo eléctrico de un condensador, o en el campo magnético de una autoinducción, vuelve al circuito cuando el condensador se descarga o desaparece la corriente de autoinducción, siempre que estos fenómenos tengan lugar lentamente. Por el contrario, si los campos son obligados a cambiar con rapidez, no toda la energía vuelve al circuito, sino que parte de ella escapa permanentemente en forma de *energía electromagnética radiante*. Por consiguiente, cualquier circuito en el cual circula una corriente alterna es un *generador de ondas electromagnéticas*. De un modo más general, se emite energía radiante siempre que una carga es acelerada. Una corriente alterna o un circuito oscilante son simplemente métodos adecuados para acelerar cargas.

Las ondas electromagnéticas se propagan en el vacío con una velocidad de 3×10^8 m/s, que coincide con la velocidad de la luz. En efecto, un haz luminoso es un tren de ondas electromagnéticas de frecuencia mucho más elevada (por consiguiente, de longitud de onda más corta) que las ondas de un circuito oscilante, pero exactamente de la misma naturaleza.

La velocidad, frecuencia y la longitud de onda de las ondas electromagnéticas que se propagan en el vacío están relacionadas por la ecuación

$$c = v\lambda$$

siendo c la velocidad de la luz en el vacío.

La eficacia de un circuito como radiador depende, en alto grado, de su forma y dimensiones. Si el campo eléctrico está localizado, por ejemplo, entre las láminas muy próximas de un condensador, la energía radiada por segundo es relativamente pequeña. Cuando las láminas están separadas y el campo entre ellas tiene un valor apreciable en un volumen mayor, la eficacia del circuito como radiador aumenta. El caso límite se alcanza cuando el circuito se ha reducido al de la figura siguiente; esto es, a un conductor rectilíneo con un generador de corriente alterna en su centro. Las dos mitades del conductor forman las *armaduras* del condensador, teniendo el campo eléctrico en un cierto instante la forma general representada por las líneas de trazos. Cuando la polaridad se invierte, el campo se invierte también. Puesto que en cada inversión se mueven

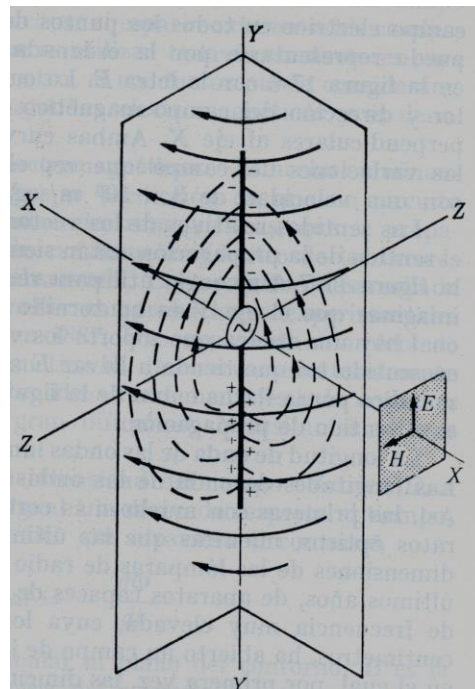


cargas a lo largo del conductor, éste está rodeado a su vez por un campo magnético, representado por líneas continuas que son circunferencias cuyos centros están sobre el conductor. El campo magnético se invierte también a cada inversión de la corriente.

El campo eléctrico alrededor del conductor es análogo al campo que rodea un dipolo eléctrico (ver siguiente figura), y el conjunto del campo eléctrico y el campo magnético es el que resultaría si el momento eléctrico del dipolo variase de valor sinusoidalmente de acuerdo con la relación

$$p = p_0 \sin 2 \pi \nu t$$

siendo p el valor instantáneo y p_0 el valor máximo del momento eléctrico. Por ello se considera frecuentemente al conductor como un *dipolo oscilante*.



Si se mira al conductor a lo largo del eje X en la figura siguiente el campo eléctrico y el campo magnético dentro de un área pequeña (tal como la sombreada) son perpendiculares entre sí. El vector intensidad del campo eléctrico, E , es vertical, o sea paralelo al eje Y; el vector excitación magnética, H , es paralelo al eje Z. Cerca del conductor, estos campos presentan una diferencia de fase de 90° , puesto que en el instante en que el condensador está totalmente cargado y el campo eléctrico es máximo, la intensidad de la corriente y el campo magnético son ambos nulos.

Más lejos del conductor, y por razones que son demasiado complejas para exponerlas aquí, la diferencia de fase cambia y los campos están en concordancia de fase. Su posición mutua en el espacio no varía; es decir, el campo eléctrico es paralelo al conductor y el campo magnético perpendicular a él.

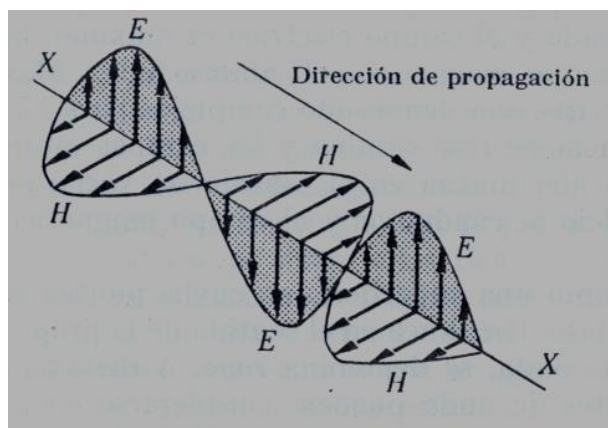
Un *frente de onda* se define como una superficie, en cuyos puntos el vector E (o el vector H) están en fase. Una línea en el sentido de la propagación, perpendicular



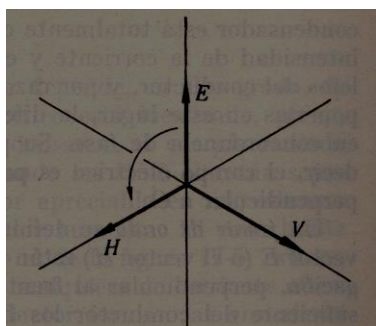
al frente de onda, se denomina *rayo*. A distancia suficiente del conductor los frentes de onda pueden considerarse como superficies planas. La figura siguiente representa una porción del eje X a una distancia considerable del conductor. Las ondas avanzan hacia la derecha.



Si la corriente alterna del radiador es sinusoidal, el valor y sentido del campo eléctrico en todos los puntos de un plano perpendicular al eje X puede representarse por la ordenada de la curva sinusoidal rotulada en la figura siguiente con la letra *E*. La curva designada por *H* indica el valor y dirección del campo magnético en todos los puntos de los planos perpendiculares al eje X. Ambas curvas *E* y *H* o, más correctamente, las variaciones del campo que representan, avanzan hacia la derecha con una velocidad de 3×10^8 m/s.



Los sentidos relativos de los vectores *E* y *H*, y del vector *V*, que tiene el sentido de la propagación, están relacionados como se indica en la siguiente figura. Una regla útil para recordar estas posiciones relativas es imaginar que el eje *V* es un tornillo con la hélice a derechas, sobre la cual hay una tuerca que soporta los vectores *E* y *H*. Si la tuerca se gira en sentido tal que tienda a llevar a *E* a la posición ocupada por *H*, según se indica por la flecha curva de la figura, el sentido de *avance* de la tuerca es el sentido de propagación.



La longitud de onda de las ondas luminosas es del orden de 5×10^{-5} cm. Las longitudes de onda de las ondas de radio son del orden de 100m. Así, las primeras son mucho más cortas que las dimensiones de los aparatos ópticos, mientras que las últimas son mucho más largas que las dimensiones de las lámparas ordinarias.



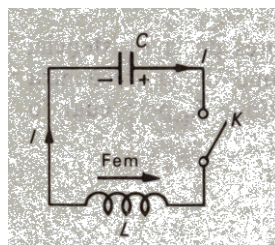
La construcción, en los últimos años, de aparatos capaces de engendrar ondas electromagnéticas de frecuencia muy elevada, cuya longitud de onda es de unos pocos centímetros, ha abierto un campo de investigación completamente nuevo, en el cual, por primera vez, las dimensiones de un aparato son del mismo orden de magnitud que la longitud de onda de las ondas engendradas o recibidas.



Resulta que, cuando intervienen longitudes de onda (o frecuencias) de este orden, muchos conceptos tales como los de resistencia e impedancia, que son enteramente adecuados al manejar corrientes continuas, o corrientes alternas de una frecuencia de 60 ciclos / seg , pierden gran parte de su significación. Pierde importancia el movimiento de cargas en los conductores y la adquieren las variaciones de las intensidades del campo eléctrico y de la excitación magnética en el espacio exterior a los conductores o encerrado por éstos. Aunque se utilizan todavía conductores para transportar energía de un punto a otro, el conductor puede considerarse simplemente como una guía de las ondas electromagnéticas y se denomina *guía de la onda*.

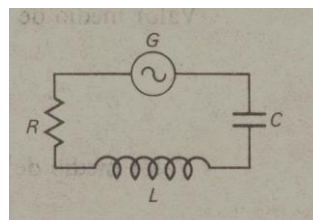
Osciladores eléctricos

Consideremos el circuito de la figura siguiente, compuesto de un capacitor C y de una inductancia L . No hay fem aplicada al circuito y se supone que la resistencia de este es despreciable. Supongamos que cargamos el capacitor y cerramos el interruptor K . El capacitor tiende entonces a descargarse, produciendo en el circuito una corriente variable. Durante la descarga, al pasar la corriente por el inductor L , produce a su vez una fem inducida que se opone a la corriente en el circuito. El resultado de estos dos efectos es producir en el circuito una corriente alterna que carga y descarga alternativamente las placas del capacitor. La frecuencia de las oscilaciones de la corriente es

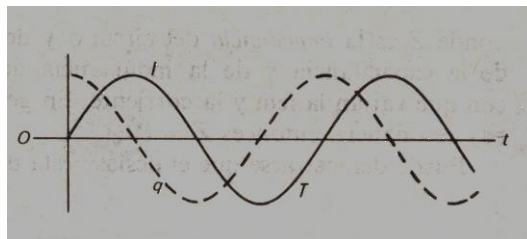


$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

que es la misma que la frecuencia de resonancia del circuito de la figura siguiente



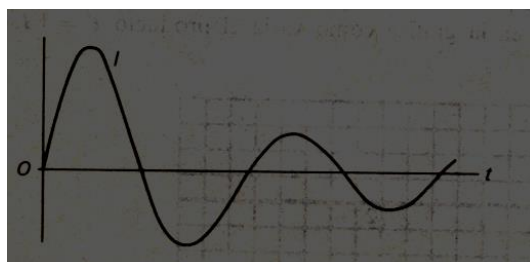
En la figura siguiente hemos ilustrado cómo varían en función del tiempo la corriente en el circuito y la carga en el capacitor. Obsérvese que entre ellos existe una diferencia de fase de un cuarto de período.



Las oscilaciones del circuito de la antepenúltima figura son de amplitud constante, ya que no hay pérdida de energía en el sistema, igual que en un oscilador armónico simple. Sólo hay un intercambio de energía eléctrica, que depende de la carga del capacitor, y de energía magnética, que depende de la corriente en el circuito. Sin embargo, si la resistencia del circuito no es despreciable, la amplitud de las oscilaciones disminuye gradualmente (ver figura siguiente) a causa de la pérdida de energía por efecto Joule en el resistor.

Para mantener constante la amplitud de las oscilaciones, es necesario restituir continuamente al circuito la energía perdida, mediante la aplicación de una fem externa.

Los osciladores eléctricos tienen multitud de aplicaciones, especialmente en radiocomunicación, tanto en la estación transmisora como en los equipos receptores.



Problemática a resolver

- Que el alumno determine la frecuencia de una onda electromagnética.
- Que el alumno observe como una onda electromagnética es generada en cierto lugar y detectada en otro lugar distinto.

Material

Generador de señales

2 Barras de aluminio de 70 cm de largo y 1 cm de diámetro

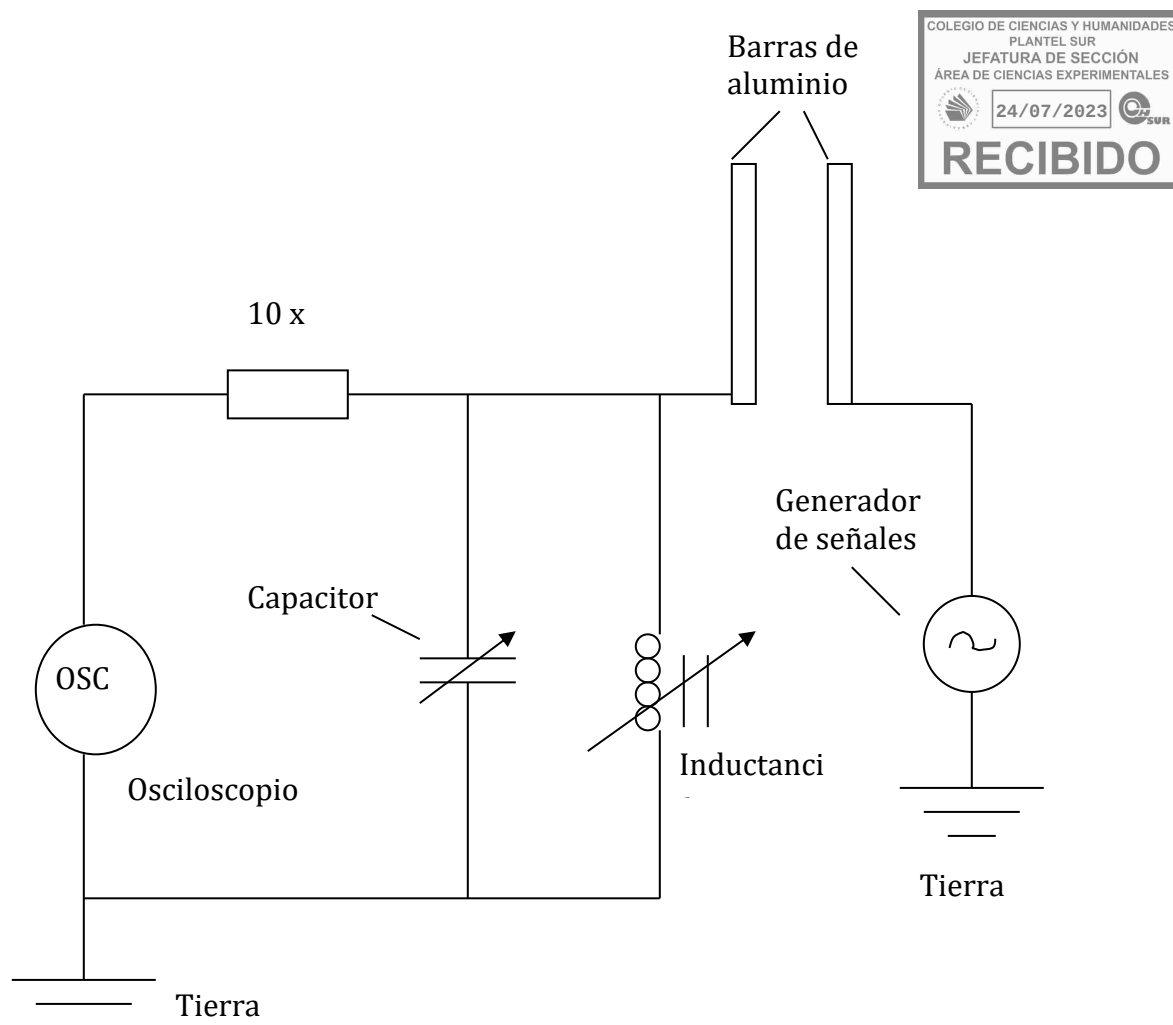
Osciloscopio

1 Capacitor de 150 pF

1 Inductancia de 170 μ H



Desarrollo

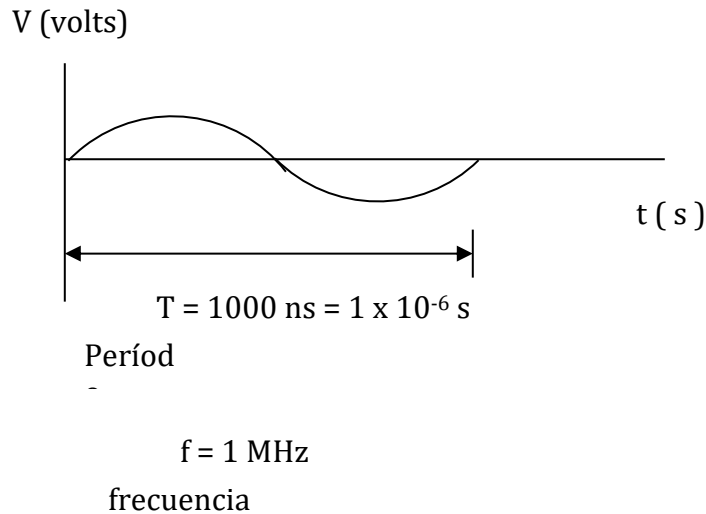


- Monte el circuito mostrado en la figura anterior
- En el generador de señales seleccione una onda sinusoidal de frecuencia de 1000 Hz
- En el osciloscopio mida el periodo de la onda sinusoidal y determine la frecuencia de la onda.
- Determine la frecuencia de resonancia del circuito oscilante.
- Compare los dos resultados de la frecuencia (de la onda y del circuito oscilante).



Gráfica

De la gráfica del osciloscopio, tenemos



Resultados

La frecuencia de resonancia del circuito oscilante es

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{(170\mu H)(150pF)}} = 1\text{MHz}$$

La frecuencia del generador de señales para la onda sinusoidal es

$$f_g = 1\text{MHz}$$

La frecuencia medida en el osciloscopio para la señal detectada es

$$f = 1 \text{ MHz}$$

Conclusiones

La frecuencia de la señal emitida por el generador de señales y la barra de aluminio es la misma que la frecuencia de resonancia del circuito oscilante y la medida en el osciloscopio por lo cual concluimos que la señal generada por el conjunto generador de señales-barra de aluminio es la misma que ~~entra en~~ resonancia con el circuito oscilante y es detectada en el osciloscopio, ~~es decir la~~ onda electromagnética es generada en cierto lugar, viaja a través del espacio con cierta velocidad y es detectada en otro lugar.



Cuestionario de la actividad experimental

1. ¿Qué es una onda?
2. ¿Cuál es la característica de una onda longitudinal?
3. ¿Cuál es la característica de una onda transversal?
4. ¿Cuál es la diferencia fundamental entre una onda elástica y una onda electromagnética?
5. ¿Cómo se pueden generar ondas electromagnéticas?
6. ¿Cómo puedes detectar las ondas electromagnéticas?
7. ¿Cuál es la velocidad a la que viajan las ondas electromagnéticas?



Conexión Ciencia-Tecnología-Sociedad

Realice una investigación documental acerca de las ondas electromagnéticas y sus diversas aplicaciones tales como: Horno de microondas, Teléfonos Celulares, Radio (AM y FM), Comunicaciones vía satélite.

Bibliografía

1. Resnick, Halliday. Física. México, 1990, Ed. CESCO.
2. Alonso, Finn. Física. Campos y Ondas. México, 1980, Ed. Fondo Educativo Interamericano.

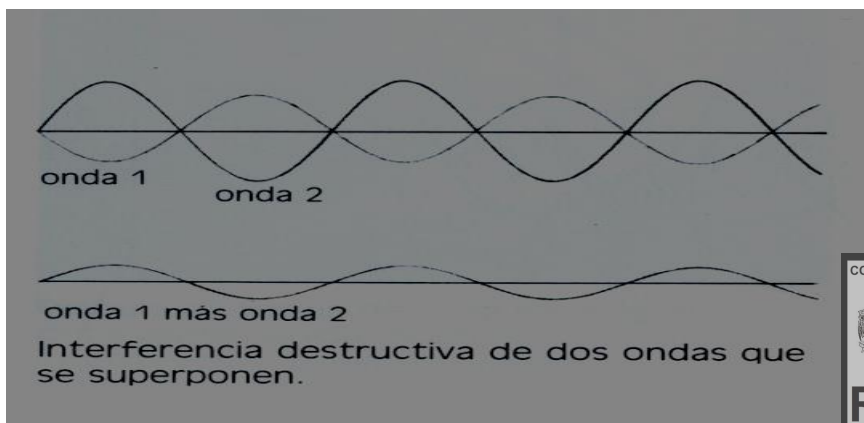
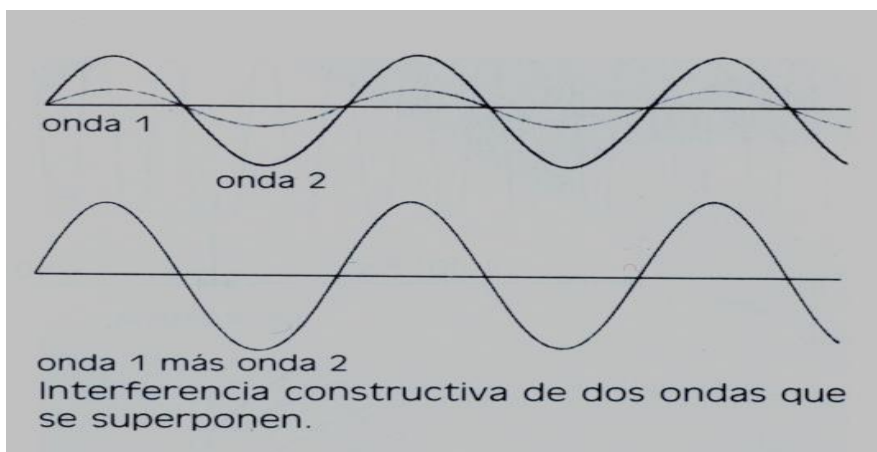


LECTURA “LA LUZ COMO ONDA”

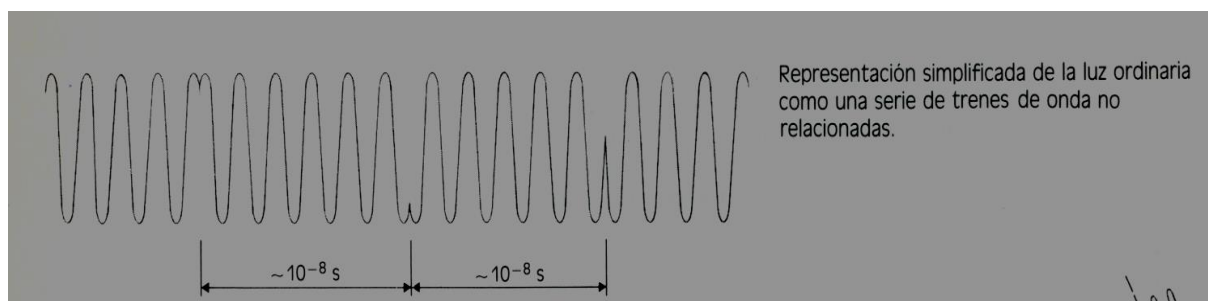
Después de una larga época de oscuridad, la teoría ondulatoria de la luz renació en las ágiles manos del doctor Thomas Young, una de las mentes más brillantes de finales del siglo XVIII. En Cambrigde lo llaman “El fenómeno Young” con Joseph Black en Edimburgo y dio conferencias en la Institución Real de Rumford, de donde fue el primer profesor de física. Como médico, su interés inicial en el ojo fue dando paso a una exploración de la naturaleza de la luz misma.

A finales del siglo XVIII, Young daba ya conferencias sobre la teoría ondulatoria y había introducido el importante principio de interferencia:

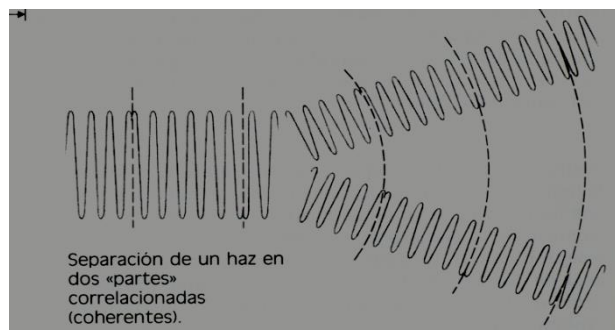
Cuando dos ondas de la misma frecuencia se superponen de forma que el pico de una se alinea con el pico de la otra, se combinarán en lo que se llama una *interferencia constructiva*, para producir una sola perturbación más intensa. Por el contrario, si las ondas se alinean, y un pico de una coincide más o menos con un valle de la otra, las ondas sufrirán una *interferencia destructiva*, tendiendo a anularse entre sí; la onda resultante será la diferencia de ambas y puede anularse incluso por completo.



El problema para comprobar estas conclusiones en el caso de la luz era que Young necesitaba dos ondas que mantuvieran una relación fija entre sus respectivas crestas y valles. Una fuente ordinaria está compuesta por las emisiones de incontables átomos, cada uno de ellos lanzando un pulso diminuto de duración menor que 10^{-8} s. El haz resultante es una jungla de ondulaciones que cambian rápidamente al azar. La suave sucesión de colinas y valles existe, pero no dura más que un instante para desaparecer e iniciarse de nuevo. Dos de esas fuentes normales, dos linternas, estarían correlacionadas sólo durante intervalos de tiempo más cortos de 10^{-8} s. Si sus haces se superpusieran, interferirían, pero la estructura cambiaría, y al cabo de 10^{-8} s, más o menos, cambiaría de nuevo, y así una y otra vez, tan rápido que el efecto sería del todo inobservable.

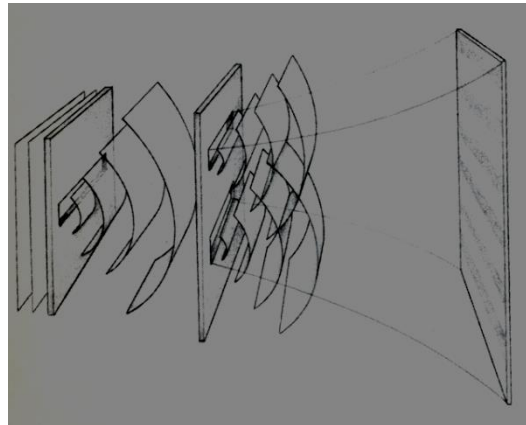
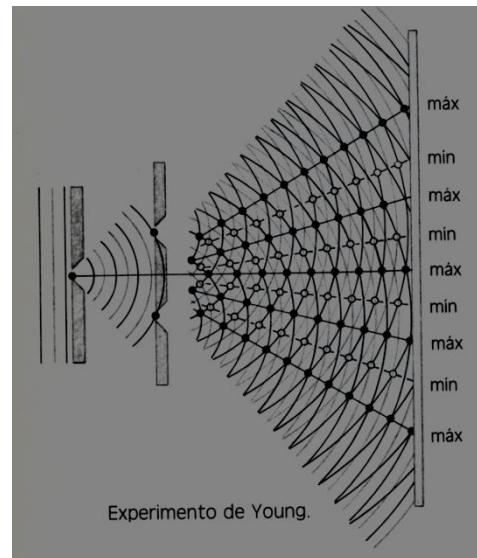


Para resolver esta dificultad, Young dividió con gran inteligencia un solo haz en dos “partes”, que utilizó para que interfirieran entre sí. Con independencia de su variación temporal, al tener la misma fuente, permanecían coordinados.



El experimento de la *doble rendija* de Young es clásico en física. Una fuente seguida de un filtro producía luz compuesta de una banda estrecha de longitudes de ondas (es decir, luz que podía considerarse como una sola longitud de onda). Haciéndola incidir sobre una rendija estrecha, obtenía una onda monocroma cilíndrica. Otra lámina opaca con dos rendijas condujo a la generación de dos ondas cilíndricas coordinadas que se propagaban, superponiéndose e interfiriendo por toda la región posterior. Una pantalla situada en cualquier lugar de dicha región mostraba una estructura de bandas brillantes y oscuras que correspondían a los lugares donde un pico se colocaba encima de otro pico para emitir luz y donde un pico llegaba al valle para anularla.

Este hermoso experimento es bastante inexplicable si se imagina a la luz como un chorro de partículas en el sentido clásico. Las partículas no se anulan entre sí, ni se desvían de sus trayectorias rectas. El creyente en corpúsculos luminosos, y nada más, esperará ver dos bandas de luz bien definidas, una detrás de cada rendija, y nada más.



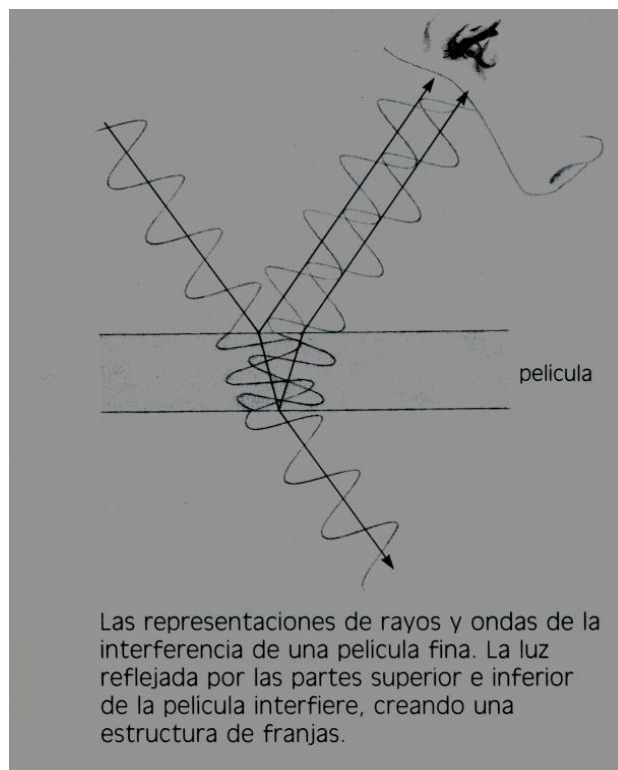
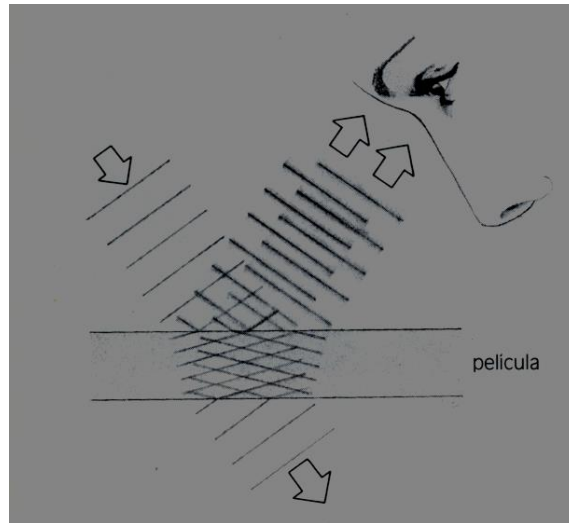
Experimento de Young

Además de este triunfo, Young consiguió explicar los colores procedentes de películas delgadas; los colores de las pompas de jabón y de las manchas de aceite sobre un pavimento húmedo; la iridiscencia de las plumas de pavos reales y del nácar. Mucho antes, Hooke y Newton habían estudiado independientemente fenómenos de las películas delgadas y ambos habían reconocido la naturaleza repetitiva fundamental que se manifestaba tan bellamente en bandas de colores concéntricos, un fenómeno que ya entonces sugería que algo vibraba en el corazón mismo del proceso.

Dicho en forma sencilla, Young afirmaba que una película delgada tenía el efecto de separar una onda en dos segmentos correlacionados, uno reflejado por la



superficie superior, y el otro por la del fondo. Ambos salen en la misma dirección y tienen que superponerse en algún punto de la retina del observador. Como viajan por rutas diferentes, que dependen del espesor de la película, pueden llegar a interferirse de una manera constructiva o destructiva. En una luz de una sola longitud de onda, la superficie de la película parecerá estar cubierta de regiones brillantes y oscuras. Con la luz blanca estas regiones aparecen coloreadas. Una película de aceite que tiene el espesor exacto para que dos ondas emergentes de luz roja sufran interferencia constructiva, parecerá reflejar una mancha de luz roja – lo que ocurre a través del espectro y de la película.



El extraordinario descubrimiento de Young le acarreó enemistades instantáneas y el rechazo casi universal. Bajo el palio de la infalibilidad newtoniana, los pedantes ingleses no estaban preparados para la nueva sabiduría de Young.

Difracción

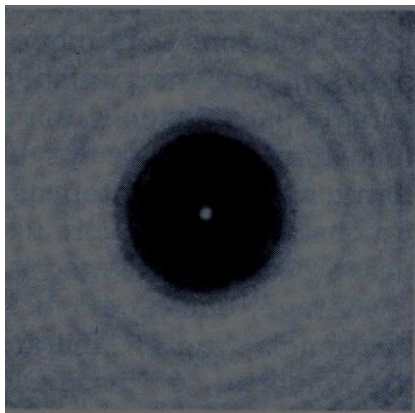
Cuando se ilumina un objeto con un haz de luz de una fuente puntual, este proyecta una sombra de algún tipo sobre una pantalla distante. Pero, dicha sombra es una estructura maravillosa y compleja de regiones oscuras y brillantes. El jesuita Francesco Grimaldi había notado esto a mediados del siglo XVII y, por lo que veía, estaba seguro de que la luz era una onda.

Esta desviación de la propagación rectilínea, lo que él llamó “diffractio”, es una característica general de todos los fenómenos ondulatorios que tienen lugar cuando se obstruye una porción del frente de ondas.

Las ondas se curvan alrededor de los obstáculos, y cuanto mayor es la longitud de onda respecto al obstáculo, más se curvan. Las ondas sonoras de 300 cm pasan fácil y rápidamente entre los árboles y postes telefónicos. No hay sombras sonoras perfectamente delimitadas en las que se pueda estar si oír su tumulto.

Trabajando solo, un joven francés llamado Augustin Jean Fresnel (sin conocer en absoluto los trabajos iniciales de Young) desarrolló una teoría ondulatoria matemática. En 1818 la presentó a un concurso promovido por la Academia Francesa. El jurado estaba formado por tales luminarias de la ciencia y matemática francesas como Pierre Laplace, Jean Biot, Siméon Poisson, Dominique Arago y Joseph Gay-Lussac. Poisson, ardiente antagonista de la descripción ondulatoria, se las arregló para deducir una conclusión notable y en apariencia insostenible de la teoría de Fresnel. Predijo que un punto brillante aparecería entonces en el mismo centro de la sombra de un obstáculo opaco circular; este absurdo, con toda seguridad desaprobaría toda la teoría.

Arago, que no era hombre que aceptara algo sólo por su apariencia, fue al laboratorio para conocer la veracidad del dardo mortal de Poisson. Allí, maravilla de las maravillas, en el centro de la sombra vio “lo absurdo”, un punto brillante de luz. Fresnel tenía razón; la luz se comportaba como una onda. Al final, su artículo ganó el primer premio.



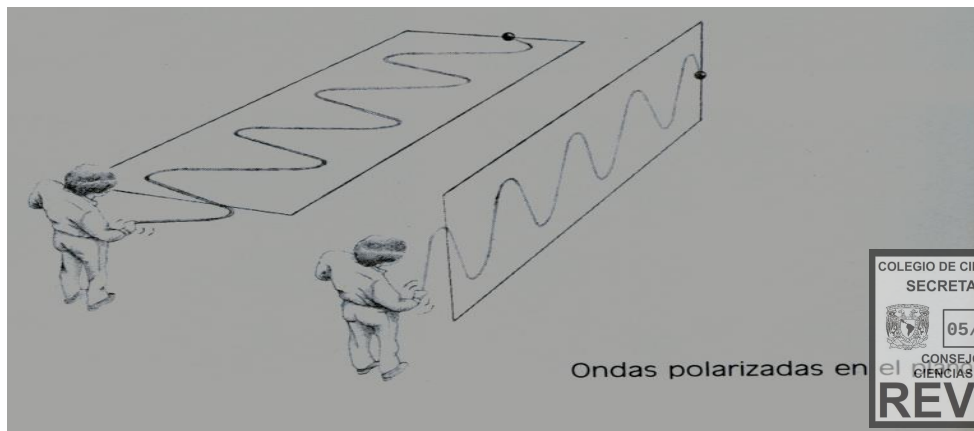
Polarización

En 1669, un curioso descubrimiento preparó el escenario para otro gran descubrimiento sobre la luz. Un cristal encontrado por entonces y conocido como espato de Islandia (o calcita) producía una doble imagen de todo lo que se ponía a su través.

Esta extraña separación, o *polarización*, fue estudiada por primera vez a fondo por Huygens. Al reconocer que había alguna asimetría básica, Newton intentó concebirla como una consecuencia del hecho de que “cada rayo de luz tiene dos lados opuestos”. En 1808, Etienne Malus descubrió por casualidad que este carácter de bilateralidad de la luz aparecía cuando la luz se reflejaba en ciertos materiales. Fresnel, junto con Arago, realizó una serie de experimentos para ver si el estado de polarización de la luz tenía algún efecto en la interferencia. Sus resultados positivos eran completamente asombrosos. Como ellos creían firmemente que la luz era una onda longitudinal, estas asimetrías eran totalmente inexplicables. Fue una hora oscura para las ondas.



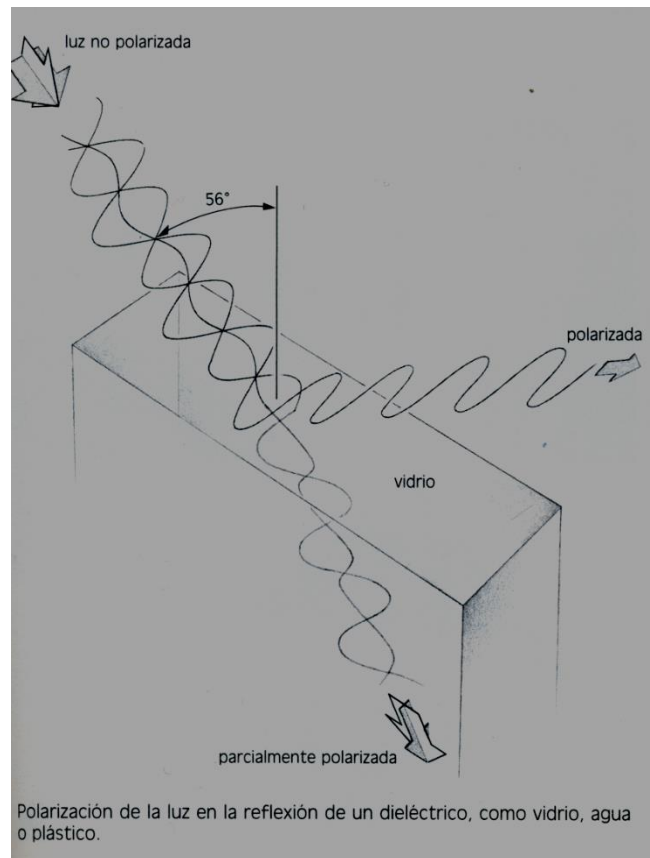
Durante los años siguientes, Fresnel y Arago, unidos finalmente con Young, se enfrentaron con este obstinado problema, hasta que finalmente Young tuvo la revelación crucial: la luz era una onda transversal. La bilateralidad era una manifestación del hecho de que las ondas transversales pueden oscilar en direcciones diferentes mientras viajan en la misma dirección –algo que las ondas longitudinales no pueden hacer-. Podemos menear una cuerda para saltar arriba y abajo en un plano vertical, o adelante y atrás en un plano horizontal.



En general, una onda tan restringida se dice que está *polarizada en un plano*. Una onda luminosa polarizada en un plano tiene su campo eléctrico oscilando en un plano al igual que la cuerda de saltar se fijó para danzar en un plano. En general, la luz está *despolarizada* en el sentido que podemos imaginarla como ondas que oscilan en planos en todas las direcciones posibles, que cambian rápidamente al azar, con demasiada rapidez para ser medidas.

La calcita es uno de los numerosos materiales que tienen en su interior dos direcciones perpendiculares especiales determinadas por planos de átomos dentro del cristal. Cuando luz no polarizada interactúa con este medio (el cual, a diferencia del agua o del vidrio, no es igual en todas las direcciones), toda la energía radiante puede distribuirse en dos haces polarizados planos que oscilan perpendiculares entre sí. Como resultado, las dos imágenes separadas que se ven a través de la calcita están polarizadas. En este ejemplo, las asimetrías en la luz provienen de las asimetrías de la materia con la que interactúa.

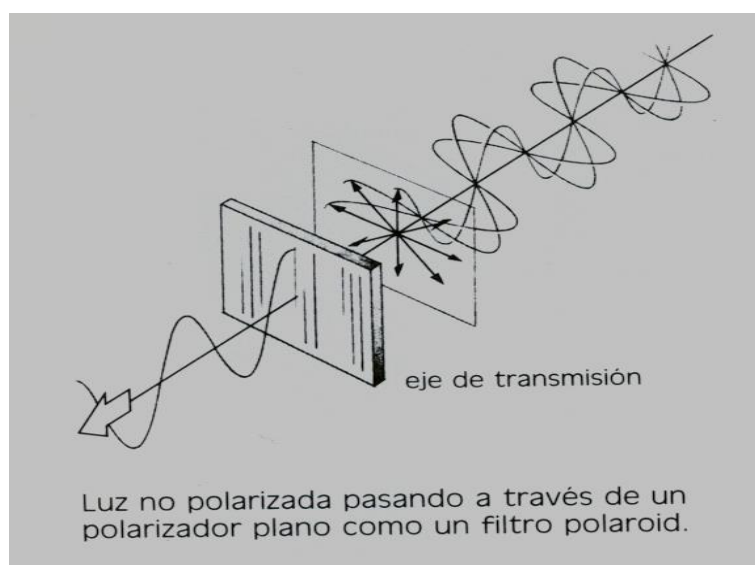
Cuando la luz se refleja en casi todos los ángulos de una superficie no conductora, como agua o vidrio o la parte superior de una cabeza calva, la onda interactúa con una distribución asimétrica de materia y se polariza en parte durante el proceso.



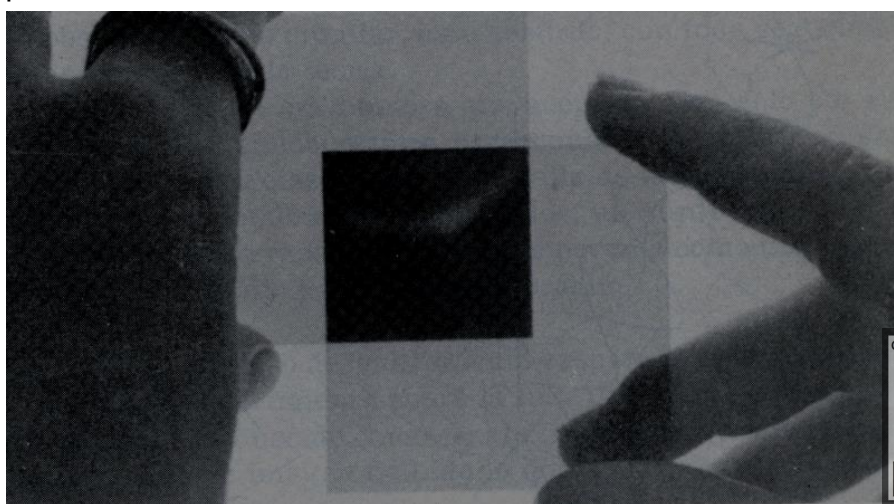
En realidad, un haz sale de la superficie de un vidrio formando un ángulo de 56 grados estará casi totalmente polarizado en el plano, oscilando paralelo a la interfaz. Eso fue lo que Malus encontró y reconoció al mirar a través de un cristal de calcita en el reflejo de una puesta de Sol en las lejanas ventanas del palacio de Luxemburgo.



En la actualidad, el polarizador más normal de la luz es el filtro *polaroid*, inventado en 1928 por Edwin Land (el fundador de la gran compañía de cámaras que lleva el mismo nombre). Las modernas versiones del filtro son hojas de alcohol polivinílico, estiradas para alinear sus largas cadenas y teñidas con yodo para suministrar electrones libres. El resultado es una fila sin fin de moléculas a lo largo de las cuales los electrones pueden fluir como si fueran cables microscópicos. Una onda de luz incidente que vibre paralela a estos “cables” hace que sus electrones oscilen como lo harían en una antena. La energía se pierde pronto, debido en parte al efecto Joule. Sólo la luz cuyo campo eléctrico pulsante sea *perpendicular* a dichos “cables” puede atravesar el filtro de forma efectiva y esta dirección se denomina *eje de transmisión*.



Estos filtros aparecen grises debido a que absorben la mitad de la luz incidente. De hecho, si dos de los filtros mencionados se mantienen con sus ejes de transmisión perpendiculares, no pasará luz alguna. La que deja pasar uno, es absorbida por el otro.



Esta explicación del fenómeno de polarización era la que faltaba en el rompecabezas. En 1825, la teoría corpuscular tenía sólo unos pocos defensores tenaces; la luz se había convertido en una onda transversal. Pero, por supuesto, la historia no acabó allí. Felizmente, no acabó nunca. Con el tiempo vendría la teoría electromagnética, después la teoría cuántica.



Cuestionario de la Lectura

1. Diga cuál es la diferencia entre interferencia constructiva y destructiva.
2. ¿Pueden anularse totalmente dos ondas de luz en algún punto del espacio?
3. ¿Por qué es el experimento de Young un argumento sólido a favor de la teoría ondulatoria?
4. ¿Qué es la difracción?
5. ¿Experimentan la difracción las ondas sonoras?
6. La capacidad de una onda para doblarse alrededor de un obstáculo particular está determinada en su mayor parte por su _____.
7. La luz que llega a una lente (de una cámara o un telescopio) es sólo una parte del frente de ondas que emana de una fuente, por lo que puede anticiparse la presencia de un diagrama de _____.
8. El diagrama de difracción o sombras de una bola de acero iluminada con una fuente puntual tendrá un(a) _____ en su centro.
9. La luz puede polarizarse ya que es _____.
10. ¿Qué se entiende por luz *polarizada en el plano*?
11. Lo atractivo de la calcita es su capacidad de producir imágenes _____ de algo visto a través de ella.
12. ¿Se polariza total o parcialmente la luz reflejada por un dieléctrico?



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL: VELOCIDAD DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA

Objetivo: Determinar la velocidad de una onda electromagnética

Introducción

Si bien los experimentos de interferencia, difracción y polarización de la luz no dejaron dudas acerca de que la luz es un fenómeno ondulatorio, no fue hasta fines del siglo XIX cuando se llegó a comprender la naturaleza de la luz, al identificarla con las ondas electromagnéticas. Anteriormente a ello, se había pensado que la luz era también una onda elástica, similar al sonido, y por ello se supuso la existencia de una sustancia sutil que llenaba todo el espacio y a la que se llamó *éter*. Las ondas luminosas consistían en vibraciones que se propagaban en el *éter*. Por supuesto que la teoría del *éter* ha sido completamente desechada.

El descubrimiento, en 1888, de las ondas electromagnéticas se debe al científico alemán Heinrich Hertz (1857-1894) y, por ello, estas ondas se llamaron inicialmente ondas hertzianas. En realidad, la existencia de las ondas electromagnéticas fue predicha en 1864, por el notable físico inglés James C. Maxwell (1831-1879), profesor de la Universidad de Cambridge y director del laboratorio de Cavendish, basándose en consideraciones teóricas sobre las propiedades del campo electromagnético. Los experimentos de Hertz fueron desarrollados con el propósito de comprobar la teoría de Maxwell.

Es interesante señalar que, poco después del descubrimiento de las ondas electromagnéticas por Hertz, el físico italiano Guglielmo Marconi (1874-1937) logró, en 1894, transmitir señales a distancia utilizando ondas electromagnéticas, lo que en esa época se llamó telegrafía sin hilos.

Fueron, pues, los trabajos de Maxwell, Hertz y Marconi, que cubrieron un período de 30 años, los que sentaron las bases para los desarrollos de los sistemas modernos de radiocomunicación, que caracterizan en buena parte a la sociedad contemporánea y han cambiado radicalmente nuestro sistema de vida.

Recordemos que un campo eléctrico variable produce un campo magnético y, a la inversa, un campo magnético variable produce un campo eléctrico. Luego, cuando los campos eléctricos y magnéticos varían con el tiempo, los dos campos están estrechamente relacionados, constituyendo un campo *electromagnético*. Si en un lugar del espacio se produce una perturbación en un campo electromagnético, esta perturbación se propaga por todo el espacio circundante, constituyendo una *onda electromagnética* que es una combinación de un campo eléctrico y otro magnético, que oscilan continuamente y se regeneran entre sí, propagándose en el espacio.

Gran parte de los progresos tecnológicos del presente siglo están relacionados con nuestro conocimiento de las ondas electromagnéticas. En particular, la radio, la televisión, el radar y otros medios de comunicación están asociados con la transmisión de ondas electromagnéticas.

Las ondas electromagnéticas tienen dos propiedades fundamentales, que son la *perpendicularidad* y la *mutua regeneración*. La primera se refiere al hecho de que, siempre que un campo magnético cambia, crea un campo eléctrico perpendicular



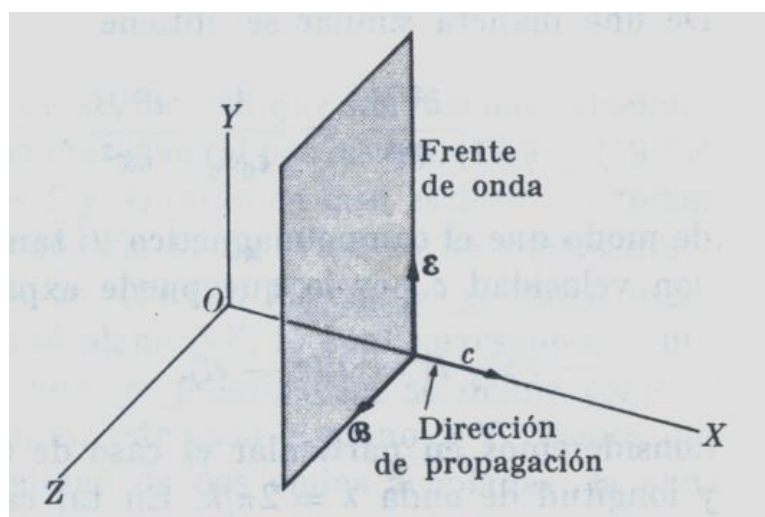
a la *dirección del cambio*; y, análogamente, una modificación del campo eléctrico crea un campo magnético perpendicular a la dirección en que se produjo la modificación. Esta propiedad de perpendicularidad determina el **carácter transversal** de la onda electromagnética.

La segunda propiedad, de mutua regeneración, corresponde al hecho de que al cambiar, por ejemplo, el campo eléctrico, se produce un campo magnético también variable y, en consecuencia, da lugar a un campo eléctrico. Por tanto, los campos eléctrico y magnético de una onda electromagnética no son independientes, sino que están acoplados y constituyen un conjunto inseparable.



Ondas electromagnéticas planas

Una onda electromagnética plana está constituida por un campo eléctrico y un campo magnético cuyas direcciones son perpendiculares entre sí y, además, perpendiculares a la dirección de propagación de la onda como se muestra en la figura siguiente.



Se ha determinado experimentalmente que la velocidad de propagación de una onda electromagnética en el vacío es

$$c = 2.99979 \times 10^8 \text{ m/s}$$

o aproximadamente, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$. El hecho de que esta velocidad sea prácticamente igual a la de la luz ha llevado a la hipótesis de que la luz es una onda electromagnética.

Es posible demostrar que la velocidad de propagación c está dada por la relación

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \quad (1)$$



en la que ϵ_0 y μ_0 son la permitividad eléctrica y la permeabilidad magnética del vacío. Introduciendo los valores

$$\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \quad \text{y} \quad \mu_0 = 1.257 \times 10^{-6}$$

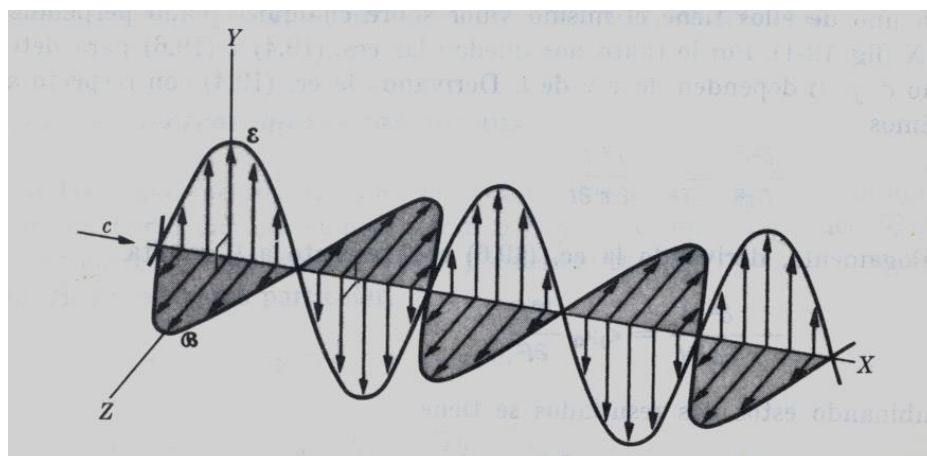
De hecho, una vez escogido el valor de ϵ_0 , el valor de μ_0 no es arbitrario y queda determinado por la relación (1), una vez que se mide el valor de c



En una onda electromagnética plana, las magnitudes del campo eléctrico y del campo magnético están relacionadas por la expresión

$$E = cB \quad (2)$$

Cuando se trata de una onda electromagnética plana y armónica, los campos eléctricos y magnéticos oscilan en fase, como se ilustra en la figura siguiente. La onda representada está polarizada en un plano. Por definición, el plano de polarización de una onda electromagnética es el plano en que oscila el campo eléctrico. Obviamente el campo magnético oscila en un plano perpendicular al plano de polarización.



Si λ es la longitud de onda y f la frecuencia de una onda electromagnética plana, ambas magnitudes están relacionadas con la velocidad de propagación

$$c = \lambda f \quad (3)$$

La velocidad de una onda electromagnética que se propaga a través de una sustancia, tal como el aire, el agua, el vidrio, etc, es menor que en el vacío y está dada por

$$v = c / n \quad (4)$$

siendo n el índice de refracción de la sustancia.



Aunque la velocidad de propagación de una onda electromagnética varía según la sustancia en la cual se propaga, la frecuencia permanece siempre la misma.

Problema: ¿Cómo puedes determinar la velocidad de una onda electromagnética que emite una estación de radio usando un material que refleje las ondas electromagnéticas?

Hipótesis: La velocidad de la onda electromagnética depende de la frecuencia y de la longitud de onda, se supondrá que la velocidad de propagación de la onda en el aire es prácticamente igual que la que tendría en el vacío y que las ondas se pueden reflejar en un espejo colocado en cualquiera de las paredes de un cuarto.

Material

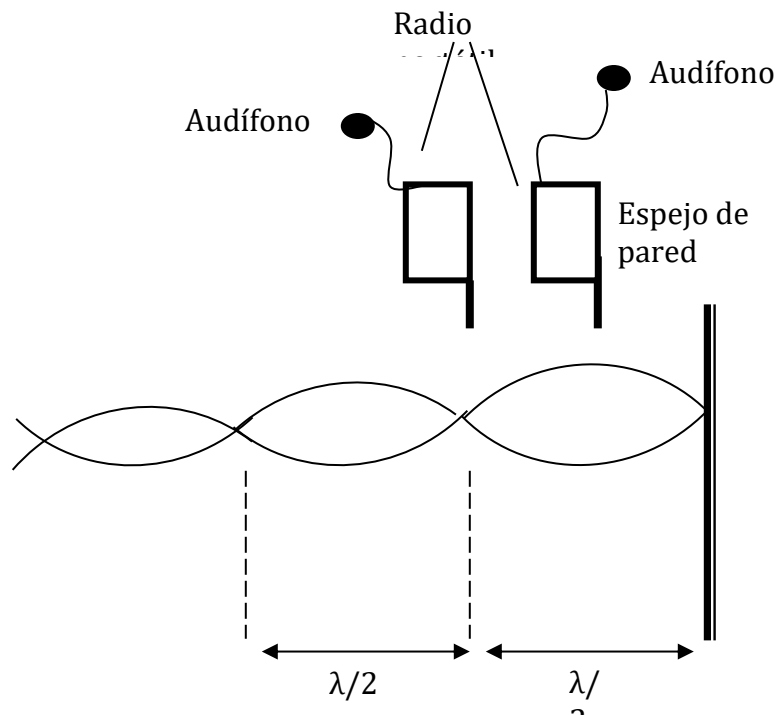
Un espejo espejo de pared de cuerpo entero

Radio de FM portátil con audífono

Flexómetro

Maskín

Desarrollo



- Se coloca el espejo reflejante sobre una pared
- El radio portátil sirvió para detectar los máximos y los mínimos de la onda electromagnética.
- Los máximos y mínimos se detectan con ayuda de un audífono, moviendo lentamente el radio desde el espejo y poniendo mucha atención (el movimiento es perpendicular a la pared).
- Se coloca una marca en el piso en la posición donde se detectó el máximo y se coloca otra marca en el piso donde se detectó el mínimo.

- Se mide con el flexómetro la distancia entre la posición del máximo y el mínimo ($\lambda/4$) o bien entre la posición de un mínimo y otro mínimo ($\lambda/2$) o entre la posición de un máximo y otro máximo ($\lambda/2$).
- El experimento se hizo por la tarde-noche con el fin de tener la menor interferencia posible (ruido) y en un día que no hubiese tormentas.
- Se utilizó la frecuencia modulada (FM) para disminuir la cantidad de ruido y ampliar el contenido de las frecuencias de la información transmitida.
- El ruido solo afecta la amplitud de la señal y es separado por el receptor, porque toda la información útil está en la distribución de frecuencias.



Resultados

La Frecuencia del radio de FM

$$f = 96.78 \times 10^6 \text{ Hz}$$

Distancia entre nodos

$$\lambda/2 = 1.55 \pm 0.05 \text{ m}$$

Longitud de onda

$$\lambda = 3.10 \pm 0.10 \text{ m}$$

Pero sabemos que

$$c = \lambda f$$

$$c = (3.10 \text{ m})(96.78 \times 10^6 \text{ Hz}) = 300\,018\,000 \text{ m/s}$$

$$c = (3.00 \pm 0.10) \times 10^8 \text{ m/s}$$

Conclusion

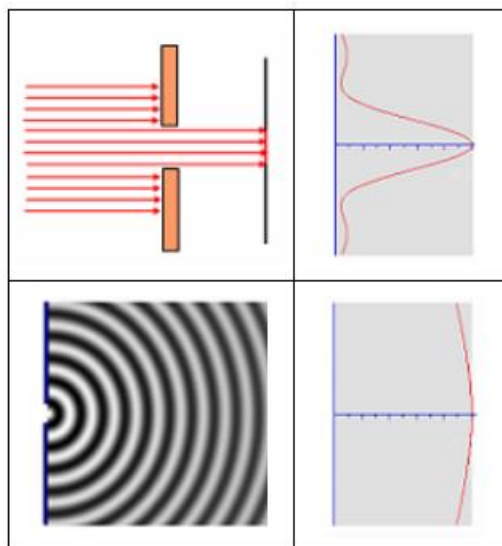
El resultado obtenido es aproximadamente la velocidad de la luz en el vacío, por lo que consideramos que el procedimiento usado es bueno, aunque se podría mejorar utilizando una señal de referencia que se superpusiera con la onda de radio y así disminuir aún más el ruido o interferencia, escuchando con mayor nitidez los máximos y los mínimos de las ondas reflejadas en el espejo.

Es importante mencionar que el espejo se puede colocar en cualquiera de las paredes de un cuarto y se puede tratar de escuchar las ondas, reflejadas en el espejo, de cualquier estación de FM.



Ondas y Partículas

En los apartados anteriores se han expuesto propiedades de las ondas mecánicas estudiadas en el marco de la física clásica. En este paradigma el modelo corpuscular de propagación de la energía y el modelo ondulatorio son diferentes e incompatibles entre sí.



Las ondas tienen bastantes propiedades específicas (por ejemplo, difracción, interferencias, efecto Doppler,...) que, según el punto de vista de la física clásica, no pueden tener las partículas, y estas propiedades deberían servir para diferenciar los dos procesos. Así, por ejemplo, al atravesar una rendija:

Si lo hace un chorro de partículas (dibujos de arriba) no se producirá difracción. Casi todas seguirán en línea recta después de pasar por la rendija y al incidir en una pantalla deben producir un máximo de intensidad enfrente de la abertura y disminuir bruscamente dicha intensidad al alejarnos de esa zona.

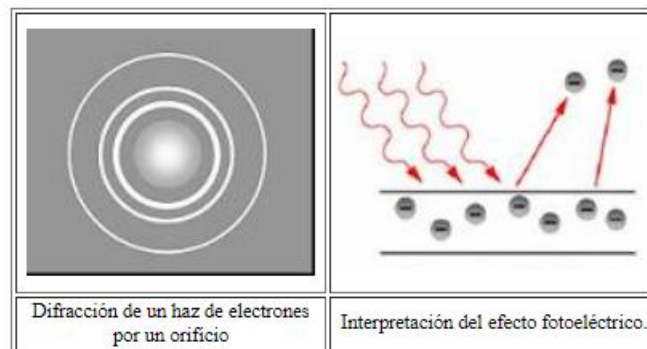
En cambio, si lo hace una onda y el tamaño de la rendija es del orden de magnitud de la longitud de onda (dibujos de abajo), se producirá difracción y la intensidad recibida en una pantalla se debe distribuir por ella de una forma más homogénea.

En algunos casos es sencillo verificar que se cumplen éstas y otras predicciones experimentales que deberían permitir diferenciar las ondas de un chorro de partículas viajeras. Por ejemplo, no existe duda de que por la superficie del agua se transmiten ondas mecánicas transversales, de que el sonido se transmite por el aire y por otros medios materiales mediante ondas longitudinales o de que una escopeta de repetición puede actuar como foco de un chorro de perdigones.



Las cosas se complican cuando se somete a este tipo de pruebas a la luz y también a radiaciones formadas por partículas atómicas y/o subatómicas. En estos casos se observan comportamientos, que la física clásica no puede explicar.

La luz se comporta como una onda (no mecánica) que se refracta, se difracta, produce interferencias al atravesar una rendija doble o múltiple, etc. Pero, la propia luz también actúa como un chorro de corpúsculos en bastantes procesos en los que sus cuantos de energía (fotones) interaccionan con partículas subatómicas.



Lo mismo ocurre con las partículas como electrones, protones, etc. En el efecto fotoeléctrico, por ejemplo, la luz ilumina un metal y sus corpúsculos (fotones) empujan uno a uno a los electrones del metal, que en este proceso se comportan como partículas.

Sin embargo, un haz de estos mismos electrones experimenta difracción cuando pasa por un pequeño orificio circular de tamaño suficientemente pequeño (dibuja la figura típica de difracción en una pantalla situada detrás del orificio). También dos haces de electrones producen interferencias en un experimento consistente en hacerlos pasar a través de una rendija de tamaño adecuado doble o múltiple.

Ya hemos dicho que para la física clásica resulta totalmente contradictorio que una misma entidad física pueda manifestar un comportamiento corpuscular y también ondulatorio. Con el desarrollo de la física cuántica, ambos comportamientos, que parecían contradictorios, se pudieron integrar en un modelo coherente.

Actividad

Elaboración de un cuadro ilustrando las diferencias entre el comportamiento de las ondas y las partículas.



Ondas	Partículas



Cierre para las temáticas:

- Ondas mecánicas y electromagnéticas; longitudinales y transversales.
- Sonido y luz.
- Ondas y partículas.

Preguntas y problemas

1. ¿Qué entiendes por movimiento periódico? Cita dos ejemplos.
2. Cuando un péndulo oscila a un lado y a otro de su posición de equilibrio, sin rozamientos, efectúa un movimiento periódico; pero ¿es también vibratorio?
3. ¿Todo movimiento periódico es vibratorio? ¿Y los vibratorios son periódicos?
4. ¿Qué se quiere expresar cuando se dice que el período de una vibración es de 4 segundos?
5. En el caso de la pregunta anterior, ¿cuánto vale la frecuencia?
6. Si una rueda gira a 300 revoluciones por minuto, a) ¿cuál es su velocidad angular expresada en rad/s?; b) ¿cuál es su frecuencia?; c) ¿cuál es su período?
7. Un péndulo simple (punto material que oscila sin rozamientos) realiza 50 oscilaciones completas en 20 segundos. ¿Tiene el mismo período que otro cuya frecuencia es de 2 Hertz?
8. ¿Hay desplazamiento de partículas en un movimiento ondulatorio?
9. Se suele definir el movimiento ondulatorio como la propagación de una perturbación a través de un medio material. ¿Qué entiendes por perturbación?
10. Cuando se produce una reflexión de ondas, ¿tienen la misma velocidad la onda directa y la reflejada?
11. ¿Y si se produce una refracción?
12. ¿En qué consisten las interferencias?
13. ¿Pueden anularse dos ondas cuando coinciden en un punto del medio donde se propagan? ¿Qué habrá de cumplirse en ese caso?
14. Calcúlese la longitud de onda de un sonido cuya frecuencia es 250 Hz si se propaga: (a) en el aire, $v_{\text{aire}} = 340 \text{ m/s}$; (b) en el agua, $v_{\text{agua}} = 1500 \text{ m/s}$; (c) en el hierro, $v_{\text{hierro}} = 5100 \text{ m/s}$.
15. Un movimiento ondulatorio tiene período de 0.02s y la velocidad de propagación de 350 m/s. Calcular su frecuencia y su longitud de onda.
16. Calcular la velocidad de propagación de una onda transversal en un alambre de hierro que tiene 1 mm de diámetro si está sometido a una tensión de 40N.
17. ¿A qué tensión está sometida una cuerda de densidad 6000 kg/m^3 y de radio 0.75 mm si un movimiento ondulatorio transversal se propaga en ella con una velocidad de 90 m/s.

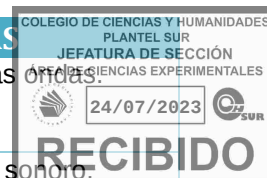


18. Una cuerda de 2m de longitud, cuya masa es 50g, está sometida a una tensión de 300N. ¿Cuál es la velocidad de propagación de una onda en esa cuerda?
19. Calcular la velocidad del sonido en el aire a 17°C y 27°C .
20. Un hombre pone su reloj en hora mediante una señal emitida por una fábrica distante 3.6 km. Calcular el retraso que tendrá su reloj. (Temperatura: 27°C)
21. En un barco empleado para sondear, el sonido reflejado en el fondo llega 2.4s después del original. Hallar la profundidad del mar.
22. Diga cuál es la diferencia entre interferencia constructiva y destructiva.
23. ¿Pueden anularse totalmente dos ondas de luz en algún punto del espacio?
24. ¿Por qué es el experimento de Young un argumento sólido a favor de la teoría ondulatoria?
25. ¿Qué es la difracción?
26. ¿Experimentan la difracción las ondas sonoras?
27. La capacidad de una onda para doblarse alrededor de un obstáculo particular está determinada en su mayor parte por su _____.
28. La luz que llega a una lente (de una cámara o un telescopio) es sólo una parte del frente de ondas que emana de una fuente, por lo que puede anticiparse la presencia de un diagrama de _____.
29. El diagrama de difracción o sombras de una bola de acero iluminada con una fuente puntual tendrá un(a) _____ en su centro.
30. La luz puede polarizarse ya que es _____.
31. ¿Qué se entiende por luz *polarizada en el plano*?
32. Lo atractivo de la calcita es su capacidad de producir imágenes _____ de algo visto a través de ella.
33. ¿Se polariza total o parcialmente la luz reflejada por un dieléctrico?
34. ¿Cuáles son las diferencias entre el compartimiento de las ondas de las partículas?



Energía de las Ondas

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: - Relaciona la frecuencia y amplitud de las ondas con su energía. N2. - Relacionará los intervalos de los espectros electromagnético y sonoro con su aplicación. N2.	Energía de las ondas - Espectro sonoro. - Espectro electromagnético.



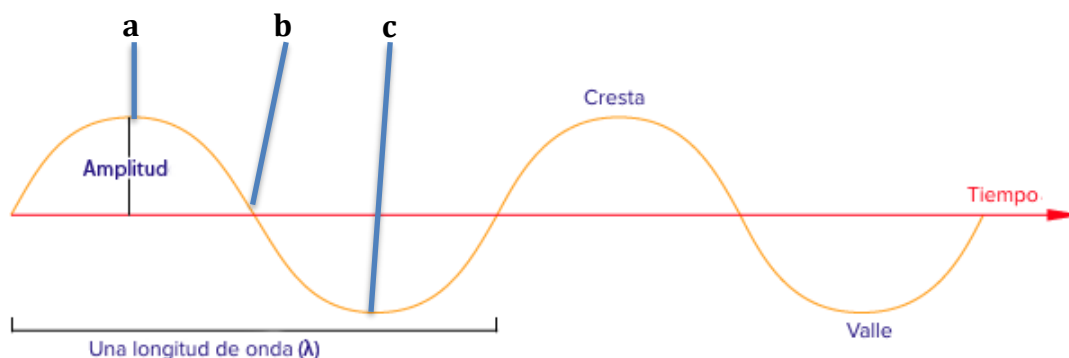
APERTURA

Cuestionario Diagnóstico

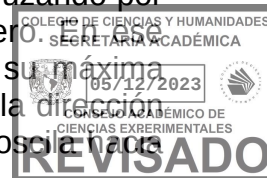
- 1) Menciona 3 características de una onda mecánica
- 2) Qué significa energía y menciona las dos componentes de la energía mecánica.
- 3) A partir de las respuestas a las dos preguntas anteriores, ¿qué parámetros contribuyen al grado de intensidad de energía que transporta una onda?
- 4) ¿Qué entiendes por espectro sonoro?
- 5) ¿Qué entiendes por espectro electromagnético?

DESARROLLO

Cada partícula en una onda periódica oscila con movimiento armónico simple determinado por la fuente de la onda. El contenido de energía de una onda puede analizarse considerando el movimiento armónico de las partículas en forma individual. Por ejemplo, considere una onda transversal periódica en una cuerda en el instante representado en la siguiente figura.



La partícula **a** ha alcanzado su máxima amplitud; su velocidad es cero, y está experimentando su máxima fuerza de restitución. La partícula **b** está cruzando por su posición de equilibrio, donde la fuerza de restitución es igual a cero. En ese instante, la partícula **b** tiene su mayor velocidad y por consiguiente su máxima energía. La partícula **c** se encuentra a su máximo desplazamiento en la dirección negativa. Mientras la onda periódica recorre la cuerda, cada partícula oscila atrás y hacia adelante con respecto a su propia posición de equilibrio.



En el movimiento armónico se puede demostrar que la velocidad máxima de una partícula que oscila con una frecuencia f y una amplitud A está dada por

$$V_{\text{máx}} = 2\pi f A$$

Cuando una partícula tiene esta velocidad, está pasando por su posición de equilibrio, donde su energía potencial es cero y su energía cinética es máxima. De modo que la energía total de la partícula es

$$E = E_p + E_c = (E_c)_{\text{máx}}$$

$$E = \frac{1}{2} m V_{\text{máx}}^2 = \frac{1}{2} m (2\pi f A)^2 = 2 \pi^2 f^2 A^2 m$$

A medida que una onda periódica pasa a través de un medio, cada elemento de éste realiza a trabajo continuamente sobre los elementos adyacentes. Por lo tanto, la energía que se transmite a lo largo de la cuerda vibrante no se confina a una sola posición.

Ahora se aplicará el resultado obtenido para una sola partícula a la longitud total de la cuerda que vibra. El contenido de energía de toda la cuerda es la suma de las energías individuales de las partículas que la forman. Si m representa la masa total de la cuerda en vez de la masa de cada partícula, la ecuación anterior representa la energía de la onda total en la cuerda. En una cuerda de longitud l , la energía de la onda por unidad de longitud está dada por

$$\frac{E}{l} = 2\pi^2 f^2 A^2 \frac{m}{l}$$

Sustituyendo μ para la masa por unidad de longitud, escribimos

$$\frac{E}{l} = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu$$

La energía de la onda es proporcional al cuadrado de la frecuencia f , al cuadrado de la amplitud A , y a la densidad lineal μ de la cuerda. Debe tomarse en cuenta que la densidad lineal no es función de la longitud de la cuerda. Esto es cierto, puesto que la masa aumenta en proporción a la longitud l , de modo que μ es constante para cualquier longitud.

Suponga que la onda viaja por la longitud l de una determinada cuerda con una velocidad v . El tiempo t necesario para que la onda recorra esta longitud es

$$t = \frac{l}{v}$$



Si la energía en esta longitud se representa E, la potencia P de la onda está dada por

$$P = \frac{E}{t} = \frac{E}{\frac{l}{v}} = \frac{E}{l} v$$

Esto representa la rapidez de propagación de la energía por la cuerda. La sustitución a partir de la energía por unidad de longitud nos da

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

La potencia de la onda es directamente proporcional de la energía por unidad de longitud y a la velocidad de propagación de la onda.

El hecho de que la energía de la onda y la potencia de la onda dependan de f^2 y A^2 , es una conclusión general para todo tipo de ondas.

Ejemplo

Un trozo de cuerda de 2m tiene una masa de 300 g y vibra con una frecuencia de 2 Hz y una amplitud de 50 mm. Si la tensión en la cuerda es de 48 N, ¿cuánta potencia es necesario impartirle?

La densidad lineal, masa sobre unidad de longitud, se determina de la relación

$$\mu = \text{masa/longitud} = m/l = 0.3 \text{ Kg}/2\text{m} = 0.15 \text{ Kg/m}$$

y la velocidad de la onda se puede calcular de la ecuación,

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} = \sqrt{\frac{48 \text{ Kg m/s}^2}{0.15 \text{ Kg/m}}} = \sqrt{320 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}} = 17.89 \text{ m/s}$$

Por lo que la potencia impartida a la cuerda será,

$$P = 2\pi^2 f^2 A^2 \mu v$$

$$P = 2\pi^2 (2 \text{ 1/s})^2 (0.05 \text{ m})^2 (0.15 \text{ Kg/m}) (17.89 \text{ m/s}) = 0.53 \text{ J/s} = 0.53 \text{ w}$$



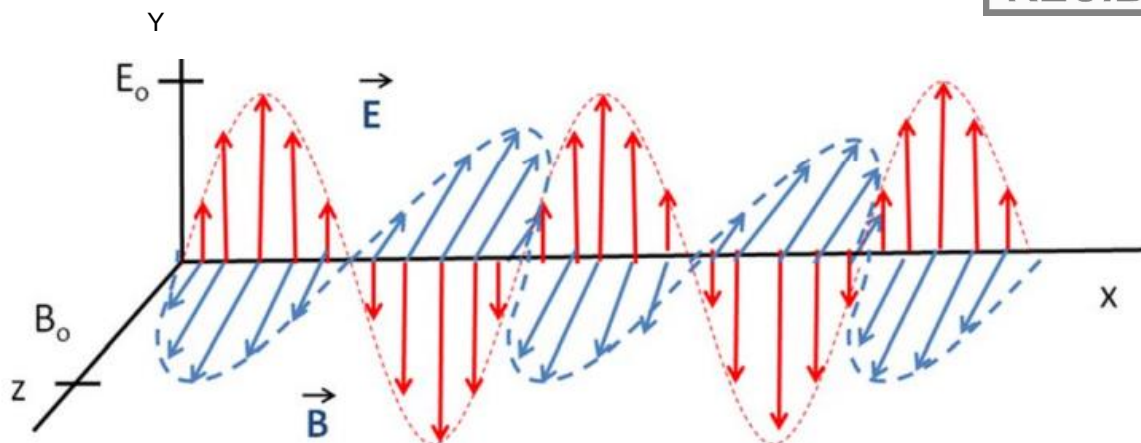
Ejercicio

Una cuerda de 80 g tiene una longitud de 40 m y vibra con frecuencia de 8 Hz y una amplitud de 4 cm. Encuentre la energía por unidad de longitud que pasa a lo largo de la cuerda.



Energía de una Onda Electromagnética

Las ecuaciones de Maxwell implican que las ondas eléctrica y magnética viajan en fase, con amplitudes que no son independientes y dichas amplitudes son perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación.



$$\vec{E}(x,t) = E_o \sin(kx - \omega t) \vec{j}$$

$$\vec{B}(x,t) = B_o \sin(kx - \omega t) \vec{k}$$

Siendo la relación entre módulos

$$B_o c = E_o$$

Vector de Poynting y la energía de la onda electromagnética

La intensidad de una OEM, I , es la energía media de la onda que incide por unidad de tiempo y por unidad de área sobre una superficie perpendicular a la dirección de propagación.

La intensidad es el producto de la densidad media de energía () por la velocidad de la onda ($v = c$) η

$$I = \eta c$$

Supongamos que en una región del espacio vacío existe una OEM propagándose en la dirección OX. Debido a la existencia de un campo eléctrico y magnético, existen dos densidades de energía una la eléctrica y otra la magnética.



$$\eta_E = (1/2) \epsilon_0 E^2$$

$$\eta_B = (1/2\mu) B^2$$

Pero $E = Bc$, por lo que

$$\eta_E = \eta_B$$

La energía transportada por la OEM está repartida por igual entre el campo eléctrico y el magnético, siendo la densidad de energía total:

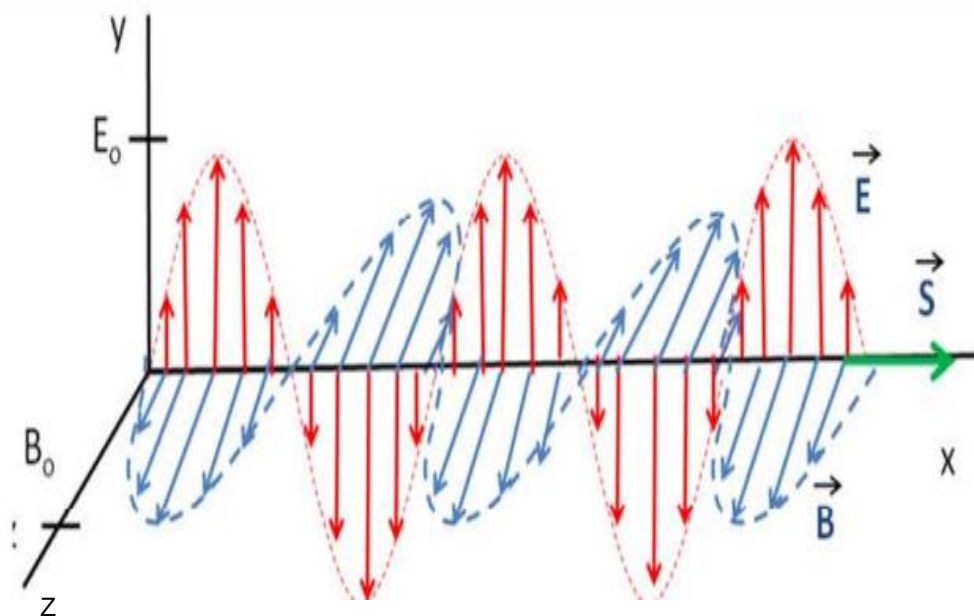
$$\eta = \eta_E + \eta_B = \epsilon_0 E^2 = B^2 / \mu_0 = (1 / \mu_0 c) EB$$

Siendo la Intensidad instantánea,

$$I_i = (1 / \mu_0) EB$$

$$I_i = \eta c = c \epsilon_0 E^2 = c B^2 / \mu_0 = (1 / \mu_0) EB$$

Se define el vector de Poynting, **S**, como el vector cuyo módulo es la energía que la onda comunicaría por unidad de tiempo y de área, a un plano perpendicular a la dirección de propagación (el módulo del vector de Poynting es la intensidad instantánea de la onda).



La expresión general del vector de Poynting

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{E} \times \mathbf{B}}{\mu_0}$$



La intensidad es el valor promedio del módulo del vector de Poynting es,

$$I = c B_0^2 / 2 \mu_0 = (1 / 2 \mu_0) E_0 B_0$$

El valor medio del módulo del vector de Poynting será,

$$S_m = (1 / 2 \mu_0) E_0 B_0$$



CANTIDA DE MOVIMIENTO DE UNA ONDA ELECTROMAGNÉTICA. PRESIÓN DE RADIACIÓN

La cantidad de movimiento, , que transporta una onda electromagnética es la energía total que transporta dividida por la velocidad de la luz, y su dirección es la de propagación de la onda

$$\vec{p} = \frac{W}{c} \vec{u}$$

La cantidad de movimiento por unidad de tiempo, es una fuerza

$$\frac{p}{t} = \frac{W}{tc} \equiv \text{Fuerza}$$

La intensidad dividida por c, es una fuerza por unidad de superficie (una presión)

$$\frac{I}{c} = \frac{W}{tAc} = \frac{p}{tA} \equiv \frac{\text{Fuerza}}{A} \equiv \text{Presión}$$

Una onda electromagnética ejerce una presión sobre la superficie sobre la que incide, la presión de radiación, Pr .



Valor de la presión de radiación si la superficie sobre la que incide la onda electromagnética absorbe toda la energía

$$P_R = \frac{I}{c} = \frac{S}{c} = \frac{E_o B_o}{c \mu_o}$$



Valor de la presión de radiación si la superficie sobre la que incide la onda electromagnética refleja toda la energía

$$\rightarrow P_R = 2 \frac{I}{c} = 2 \frac{S}{c} = 2 \frac{E_o B_o}{\mu_o}$$



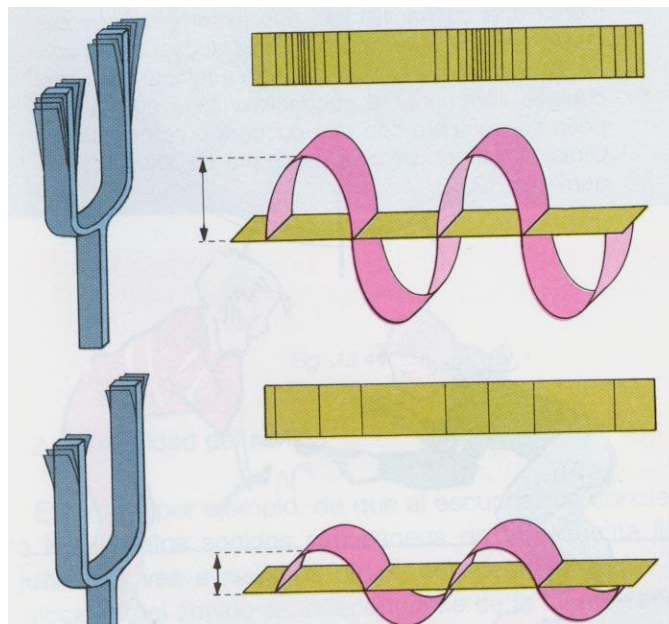
Espectro Sonoro

Intensidad del sonido

Es la energía que transmite la onda sonora por segundo a través de la unidad de superficie colocada perpendicularmente a la dirección de propagación



Mediante esta cualidad, que depende del cuadrado de la amplitud de la onda sonora, podemos clasificar los sonidos en fuertes y débiles (ver fig. siguiente).

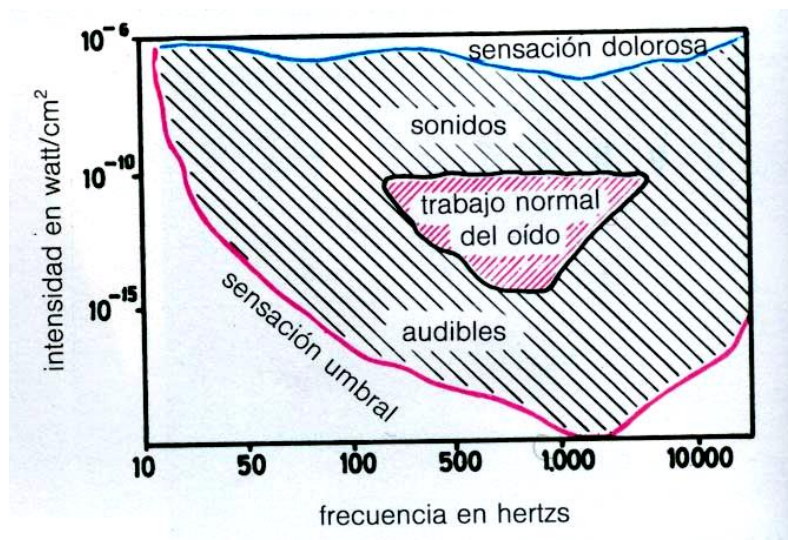


La intensidad se medirá, por tanto en Joules / s m² ; es decir, en watts / m² , aunque más usualmente se expresa en watts / cm²

Un oído normal tolera intensidades de 10⁻⁴ watts / cm² como máximo y de 10⁻⁶ watts / cm² , como mínimo (valor umbral de la intensidad).

No obstante, es conveniente distinguir entre la intensidad del sonido así definida y la sensación sonora que las ondas pueden originar en nuestro oído. Basándose en una ley psicofísica (ley de Weber-Fechner) se estableció una escala de sensaciones sonoras cuya unidad, llamada **bel**, corresponde a la sensación que produce un sonido cuya intensidad sea igual a 10 veces el valor umbral. El **decibel** es la décima parte del bel (ver fig. siguiente)



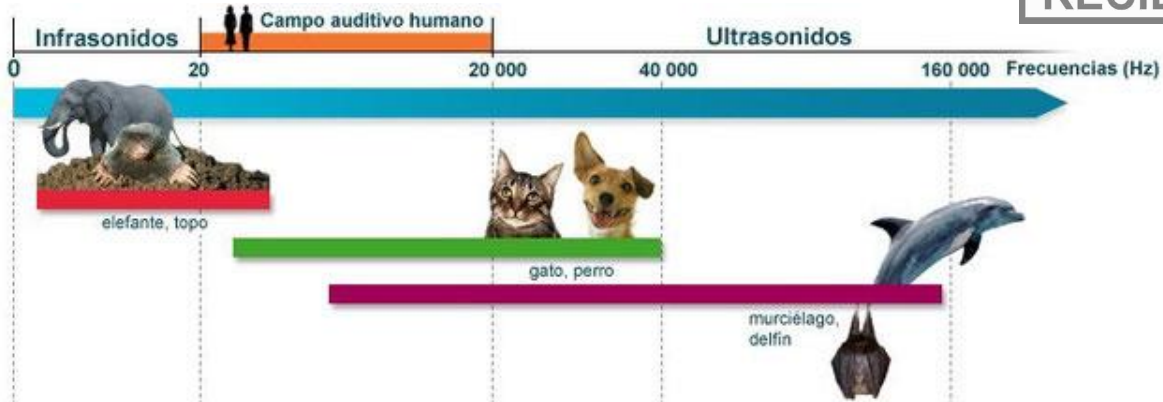


A continuación damos una tabla de sensaciones sonoras para distintos manantiales:

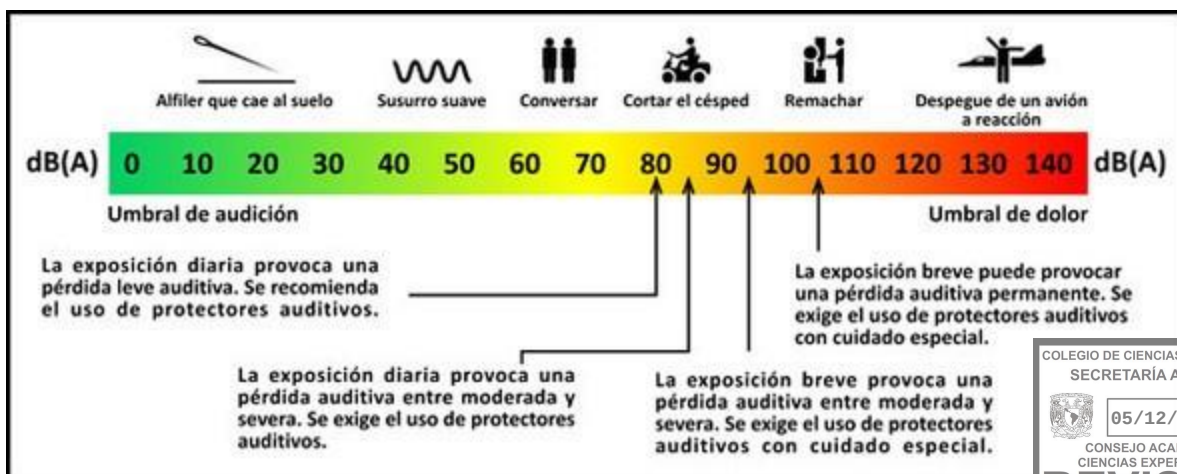
Manantial sonoro	Decibeles
Umbral de sensación sonora	0
Murmullo de las hojas	10
Conversación en voz baja	20
Radio en funcionamiento normal	40
Automóvil en marcha moderada	50
Conversación ordinaria	60
Tráfico en gran ciudad	70
Tren	95
Motocicleta	95
Avión despegando	110-115
Umbral de sensación desagradable	120



"El espectro audible, también denominado campo tonal, se encuentra conformado por las audiofrecuencias, es decir, toda la gama de frecuencias que pueden ser percibidas por el oído humano. Un oído sano y joven es sensible a las frecuencias comprendidas entre los 20 Hz y los 20 kHz." ("Espectro audible", 2022)



Por debajo del espectro audible humano, 20Hz se encuentran los infrasonidos que nuestros oídos no pueden percibir, sin embargo, son absorbidos por nuestro cuerpo y perceptibles para los oídos de algunos animales. Por encima de 20 kHz se encuentran los ultrasonidos que tampoco percibe nuestro oído, pero si el de algunos animales como los gatos o los delfines. Los ultrasonidos se utilizan comúnmente en medicina para realizar imágenes del interior del cuerpo ya a través de los tejidos de nuestros órganos se propagan estos ultrasonidos. Como vimos anteriormente cuando una onda llega a límite entre dos medios se producen los fenómenos de reflexión y refracción, esto sucede dentro de nuestros cuerpos con las ondas ultrasónicas de una ecografía, y el registro de esas reflexiones es lo que nos permite crear una imagen del interior de nuestros cuerpos (Diplomado en Ultrasonografía Médica, 2017).



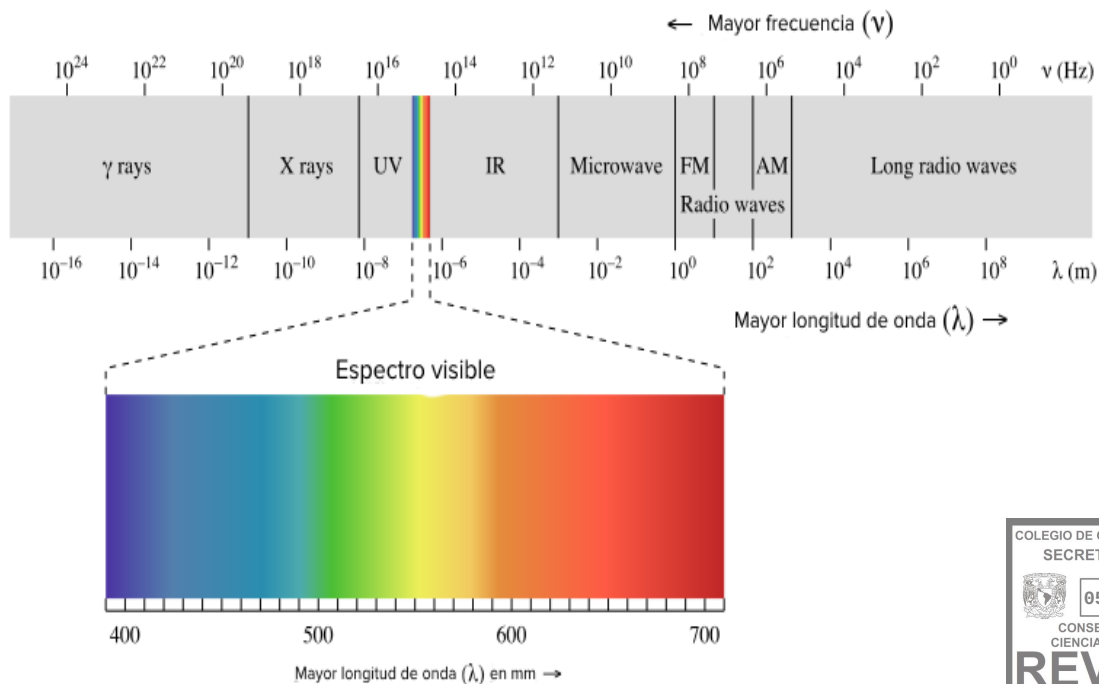
Nuestro oído adapta su sensibilidad a la intensidad que percibe, o digámoslo de una forma más precisa, la sensibilidad de nuestro oído en función de la intensidad de la onda no tiene una progresión lineal si no logarítmica. Esto nos permite distinguir pequeñas variaciones de intensidad en sonidos muy suaves, pero no en sonidos muy fuertes, en los que solo percibiremos grandes cambios de intensidad (Cabrera, n.d.).

Este comportamiento de nuestra percepción acústica nos lleva a diferenciar entre intensidad de una onda y la intensidad con la que percibimos esa onda. Para medir cada una de ellas utilizaremos diferentes escalas y magnitudes. La intensidad de una onda sonora la mediremos en W/m^2 y la intensidad con la que percibimos una onda la mediremos en decibelios (dB).

En lo que a intensidad se refiere nuestro oído también tiene sus límites. Podremos escuchar sonidos desde el umbral de audición: 10^{-12} W/m^2 o 0dB, hasta el umbral de dolor: 1 W/m^2 o 120dB. Por debajo del umbral de audición no escucharemos nada por encima del umbral de dolor podemos dañar nuestros oídos (Gimenez Valentin, 2019).

El Espectro Electromagnético

Podemos clasificar y ordenar las ondas electromagnéticas de acuerdo a sus diferentes longitudes de onda y frecuencias; llamamos a esta clasificación "el espectro electromagnético". La tabla siguiente muestra este espectro, que consiste de todas las clases de radiación electromagnética que existen en nuestro universo.



Como podemos ver, el espectro visible —es decir, la luz que podemos ver con nuestros ojos— es tan solo una pequeña fracción de las diferentes clases de radiación que existen. A la derecha del espectro visible, encontramos las clases de energía que son menores en frecuencia (y por lo tanto mayores en longitud de onda) que la luz visible. Estas clases de energía incluyen los rayos infrarrojos (IR) (ondas de calor emitidas por los cuerpos térmicos), las microondas y las ondas de radio. Estos tipos de radiación nos rodean constantemente; no son dañinos, pues sus frecuencias son muy bajas. Como veremos en la sección siguiente, "El fotón", las ondas de baja frecuencia tienen poca energía, y por lo tanto no son peligrosas para nuestra salud.

A la izquierda de espectro visible, encontramos los rayos ultravioletas (UV), los rayos X y los rayos gamma. Estas clases de radiación son dañinas para los organismos vivos, pues tienen frecuencias extremadamente altas (y por lo tanto, mucha energía). Es por esta razón que usamos loción bloqueadora en la playa (para bloquear los rayos UV provenientes del sol) y que, para prevenir que los rayos X penetren otras áreas del cuerpo distintas de la que requiere visualizarse, un técnico de rayos X coloca una placa de plomo sobre nosotros. Los rayos gamma son los más dañinos, pues son los más altos en frecuencia y en energía. Afortunadamente, nuestra atmósfera absorbe los rayos gamma que provienen del espacio, y así nos protege del daño.

Regiones del espectro electromagnético

El espectro electromagnético, en principio, es prácticamente infinito (por ejemplo la mayor longitud de onda sería el tamaño del universo) y continuo, pero hasta el momento hemos podido conocer algunas de sus regiones, conocidas como bandas o segmentos. Estas son, de menor a mayor:

Rayos gamma. Con una longitud de onda menor a 10^{-11} metros (m) y una frecuencia mayor a 10^{19} Hz.

Rayos X. Con una longitud de onda menor a 10^{-8} m y una frecuencia mayor a 10^{16} Hz.

Radiación ultravioleta extrema. Con una longitud de onda menor a 10^{-8} m y una frecuencia mayor a $1,5 \times 10^{15}$ Hz.

Radiación ultravioleta cercana. Con una longitud de onda menor a 380×10^{-9} m y una frecuencia mayor a $7,89 \times 10^{14}$ Hz.

Espectro visible de la luz. Con una longitud de onda menor a 780×10^{-9} m y una frecuencia mayor a 384×10^{12} Hz.

Infrarrojo cercano. Con una longitud de onda menor a $2,5 \times 10^{-6}$ m y una frecuencia mayor a 120×10^{12} Hz.

Infrarrojo medio. Con una longitud de onda menor a 50×10^{-6} m y una frecuencia mayor a 6×10^{12} Hz.

Infrarrojo lejano o submilimétrico. Con una longitud de onda menor a 350×10^{-6} m y una frecuencia mayor a 300×10^9 Hz.



Radiación de microondas. Con una longitud de onda menor a 10^{-2} m y una frecuencia mayor a 3×10^8 Hz.

Ondas de radio de ultra alta frecuencia. Con una longitud de onda menor a 1 m y una frecuencia mayor a 300×10^6 Hz.

Ondas de radio de muy alta frecuencia. Con una longitud de onda menor a 100 m y una frecuencia mayor a 30×10^6 Hz.

Onda corta de radio. Con una longitud de onda menor a 180 m y una frecuencia mayor a $1,7 \times 10^6$ Hz.

Onda media de radio. Con una longitud de onda menor a 650 m y una frecuencia mayor a 650×10^3 Hz.

Onda larga de radio. Con una longitud de onda menor a 10^4 m y una frecuencia mayor a 30×10^3 Hz.

Onda de radio de muy baja frecuencia. Con una longitud de onda mayor a 10^4 m, una frecuencia menor a 30×10^3 Hz.

Las regiones del espectro electromagnético son los rayos gamma, los rayos x, la radiación ultravioleta, el espectro visible, las microondas, y la radiofrecuencia.

Los usos del espectro electromagnético pueden ser muy diversos. Por ejemplo:

Las ondas de frecuencia de radio. Se emplean para transmitir información por el aire, tales como emisiones de radio, televisión o Internet Wi-Fi.

Las microondas. Se emplean también para transmitir información, como las señales de telefonía móvil (celular) o las antenas microondas. También lo emplean los satélites como mecanismo de transmisión de información a tierra. Y sirven, al mismo tiempo, para calentar comida en los hornos microondas.

La radiación ultravioleta. Es emitida por el Sol y absorbida por las plantas para la fotosíntesis, así como por nuestra piel cuando nos bronceamos. También alimenta los tubos fluorescentes y permite la existencia de instalaciones como los solárium.

La radiación infrarroja. Es la que transmite el calor desde el Sol a nuestro planeta, desde un fuego a los objetos a su alrededor, o desde una calefacción al interior de nuestras habitaciones.

El espectro de luz visible. Hace visibles las cosas. Además, puede aprovecharse para otros mecanismos visuales como el cine, las linternas, etc.

Los rayos X. Se emplean en la medicina para tomar impresiones visuales del interior de nuestros cuerpos, como de nuestros huesos, mientras que los rayos gamma, mucho más violentos, se emplean como forma de radioterapia o tratamiento para el cáncer, dado que destruyen el ADN de las células que se reproducen desordenadamente.



FASE DE CIERRE

Investigación documental para contestar la siguiente pregunta

¿Por qué razón los médicos utilizan ultrasonido para detectar problemas de salud en los tejidos blandos del organismo y utilizan Rayos X para los problemas de huesos?



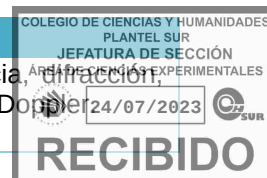
Preguntas

1. En una cuerda bajo tensión se generan ondas transversales. ¿En qué factor aumenta o disminuye la potencia requerida si (a) la longitud de la cuerda se duplica y la frecuencia angular permanece constante, (b) la amplitud se duplica y la frecuencia angular se reduce a la mitad, (c) se duplican tanto la longitud de onda como la amplitud y (d) se reducen a la mitad tanto la longitud de la cuerda como la longitud de la onda?
2. ¿qué diferencia hay entre los rayos X y un ultrasonido?



FENÓMENOS ONDULATORIOS

APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: Describe cualitativamente algunos de los fenómenos característicos de las ondas. N2.	Reflexión, refracción, interferencia, difracción, polarización resonancia y efecto Doppler



APERTURA

I. Examen Diagnóstico

1. La interferencia entre las ondas ocurre cuando:
 - a) una onda bordea la orilla de un obstáculo o pasa a través de una abertura
 - b) la fuente de las ondas se mueve más rápidamente que las ondas
 - c) se combinan dos o más ondas
 - d) una onda plana se refleja en una barrera curva

2. Se fija el extremo de un resorte largo a un gancho en la pared. Si se estira mucho al resorte, pero puede moverse hacia arriba y hacia abajo, el resultado será una onda:
 - a) Longitudinal
 - b) Transversal
 - c) Estacionaria
 - d) Armónica

3. La refracción de una onda produce un cambio en la:
 - a) Frecuencia
 - b) Energía
 - c) Amplitud
 - d) Longitud de onda

4. De las siguientes afirmaciones sobre la refracción de la luz, ¿Cuáles son correctas?
 - a) Cuando la luz pasa del agua al aire, se desvía alejándose de la normal.



- b) Si la luz pasa del aire al agua perpendicularmente, su velocidad no cambia.
- c) Cuando la luz pasa del aire al agua, se desvía alejándose de la normal.
- d) Cuando la luz pasa en línea recta del aire al agua, se desvía hacia la normal.



5. Cuál de los siguientes fenómenos luminosos no apoya la teoría ondulatoria de la luz.

- a) la polarización
- b) la absorción
- c) la interferencia
- d) la refracción

6. La polarización provee evidencia de que la luz se propaga como una:

- a) onda longitudinal
- b) onda transversal
- c) partícula discreta
- d) onda monocromática

7. Si se observa a través de una rejilla de difracción una fuente de luz monocromática probablemente se verá

- a) una imagen multicolor
- b) imágenes de la fuente al mover la cabeza a distintas posiciones
- c) imágenes múltiples desde una sola posición
- d) ninguna imagen



- II. Mapa mental inicial acerca de los fenómenos ondulatorios. Los alumnos, en forma individual, elaborarán un mapa mental con Bubbl.us o Cmap Tools y de tarea lo compartirán con su profesor. El mapa mental se evaluará con una rúbrica.



DESAROLLO

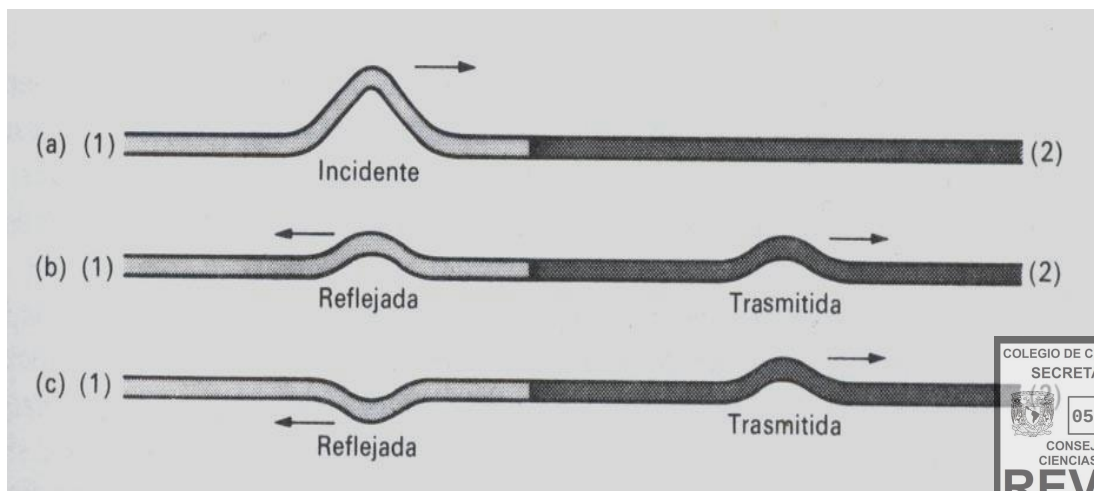
III. REFLEXIÓN Y REFRACCION DE ONDAS

3.1. Introducción

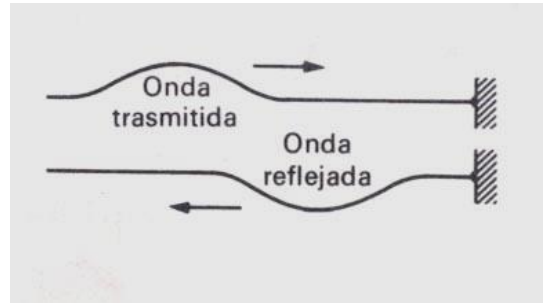
Cuando un movimiento ondulatorio llega a una superficie o región donde cambian las propiedades del medio en el cual se propaga, sufre una alteración y, como resultado, parte de la energía del movimiento ondulatorio es devuelta al mismo medio de donde procedía, constituyendo la onda reflejada, y la otra parte es transmitida al medio al otro lado de la superficie, constituyendo la onda refractada.

Los fenómenos de reflexión y refracción son característicos de los movimientos ondulatorios y se observan tanto en las ondas elásticas, como el sonido, así como también en las ondas electromagnéticas y la luz.

Ejemplo. Onda en cuerdas. Imagine dos cuerdas de densidades diferentes unidas por un extremo (ver fig. siguiente). Si en una de las cuerdas se produce un pulso, éste se propaga sin distorsión hasta el punto donde las cuerdas se unen. Se producen entonces dos pulsos, ambos menores que el incidente. Uno es el pulso reflejado, que se propaga en sentido opuesto en la primera cuerda y el otro es el pulso transmitido a lo largo de la segunda cuerda.



En algunos casos, el pulso transmitido es más intenso que el reflejado y en otros sucede al revés, de modo que el pulso reflejado es más intenso que el transmitido. Puede ocurrir también que sólo hay una onda reflejada (ver fig. siguiente) en la que la cuerda tiene un extremo fijo y no hay onda transmitida.



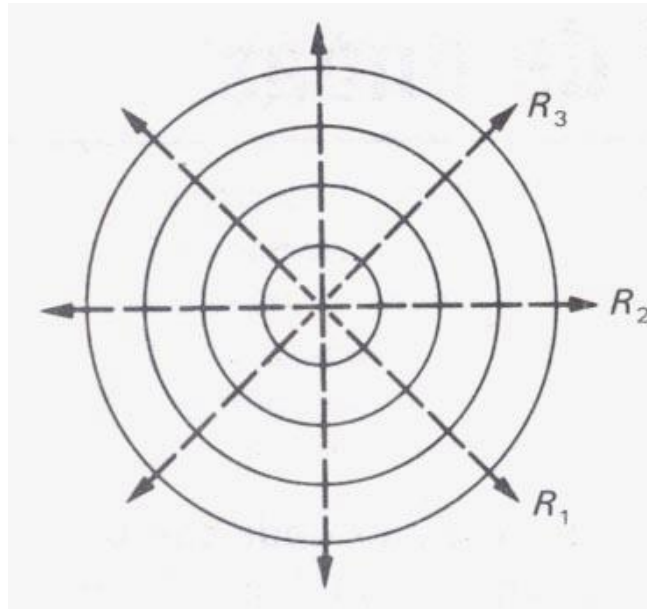
3.2. Superficies de onda y rayos

Cuando un movimiento ondulatorio se propaga a través de un medio cualquiera, tal como una onda elástica en un gas, un líquido o un sólido, la propagación tiene lugar en varias direcciones, partiendo del foco o fuente de ondas.

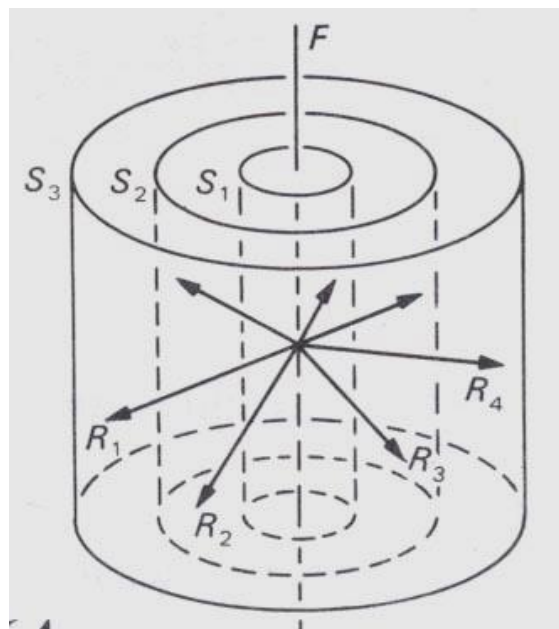
Se llama entonces *superficie de onda* a toda superficie formada por aquellas moléculas o partículas del medio a las que llega simultáneamente el movimiento ondulatorio. Evidentemente, en un movimiento ondulatorio hay una serie sucesiva de superficies de onda que se van produciendo a medida que las ondas se propagan. Todas las partículas situadas sobre una superficie de onda se mueven en fase.

La forma de las superficies de onda depende de las propiedades del medio y de las características del foco o fuente de las ondas. Supongamos que tenemos un medio homogéneo (o sea, que tiene las mismas propiedades en todas las direcciones). Entonces, si el foco es muy pequeño (en la práctica se supone reducido a un punto), las superficies de onda son esféricas (ver siguiente figura).

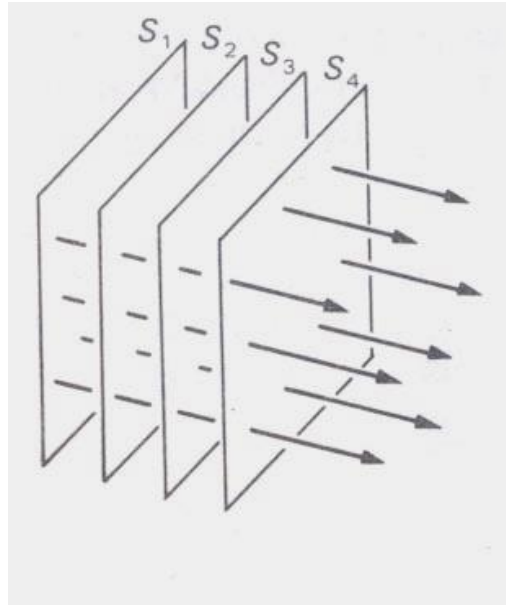




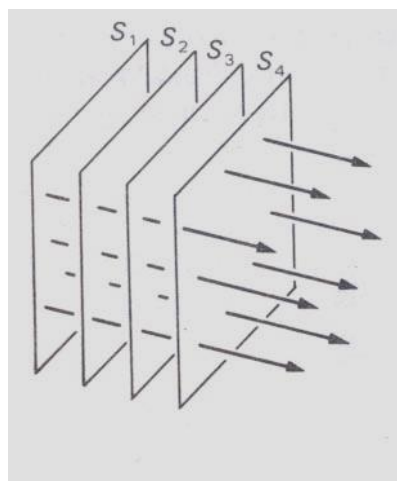
Si el foco o fuente es rectilíneo, las superficies de onda son cilindros (ver siguiente figura).



Un caso importante es aquel en que las superficies de onda son planas (ver fig. siguiente); es decir, son planos paralelos entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación. Una porción pequeña de una onda esférica de radio grande, es decir, muy alejada del foco, puede considerarse como una onda plana.



Cuando el medio es no homogéneo, las superficies de onda pueden tener formas muy variadas (ve fig. siguiente), dependiendo de cómo varía la velocidad de las ondas de un lugar a otro y de una dirección a otra.



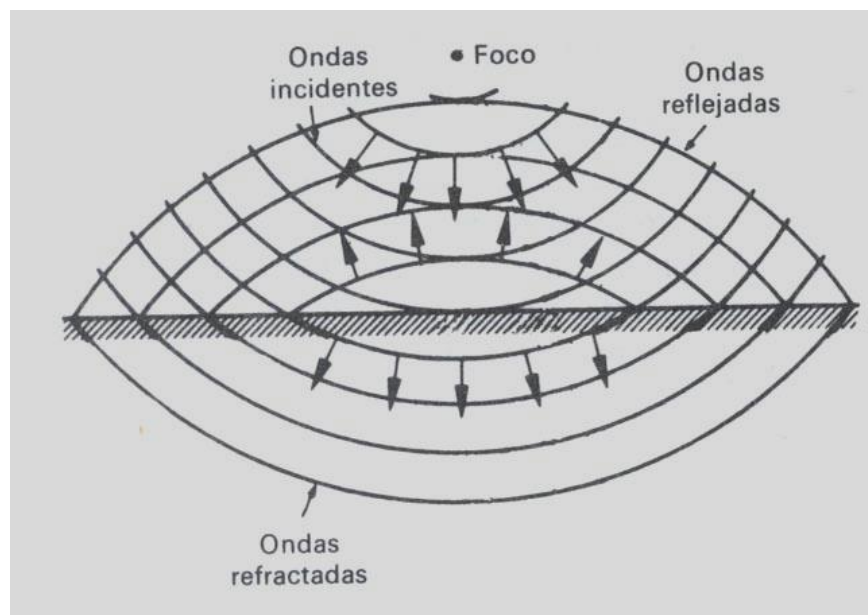
En un movimiento ondulatorio, los rayos son líneas perpendiculares a las sucesivas superficies de onda. Los rayos representan las líneas a lo largo de las cuales se propaga la energía de la onda. En el caso de ondas esféricas y cilíndricas, los rayos son rectas radiales $R_1, R_2, R_3, \dots$. En las ondas planas, los rayos son rectas paralelas. En el caso de ondas de forma arbitraria, los rayos son, en general, líneas curvas.



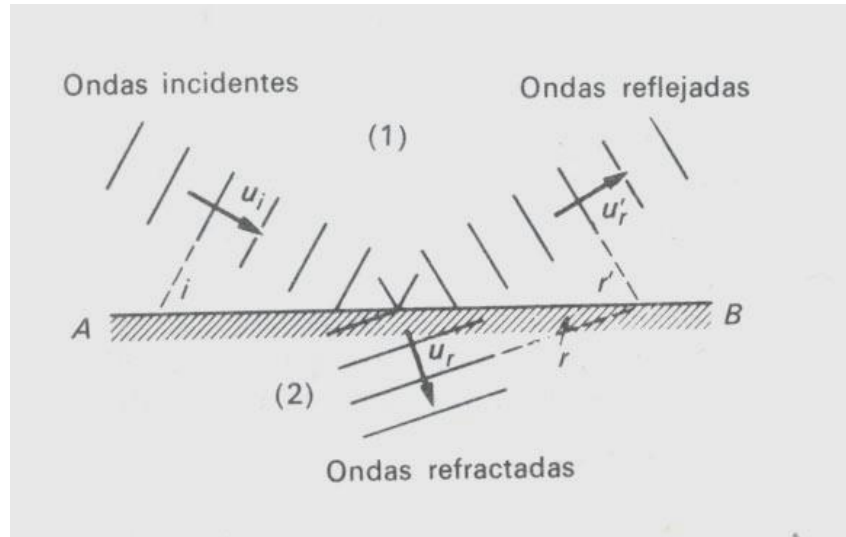
Ejercicio. ¿En qué sentido existe una similitud entre rayos y las superficies de onda en el movimiento ondulatorio y las líneas de fuerza y las superficies equipotenciales en un campo gravitatorio o eléctrico?

3.3. Reflexión y Refracción de ondas planas

Cuando una onda plana incide sobre una superficie también plana, que separa dos medios diferentes, se observa que tanto las ondas reflejadas como las refractadas o transmitidas son también planas. En la fig. siguiente se pueden observar las ondas incidentes, reflejadas y refractadas en una superficie plana.



En el proceso de reflexión y refracción de ondas planas se ha representado esquemáticamente en la fig. siguiente.



En esta figura se han indicado los ángulos que las superficies de onda incidentes, reflejadas y refractadas forman con la superficie de separación de ambos medios.

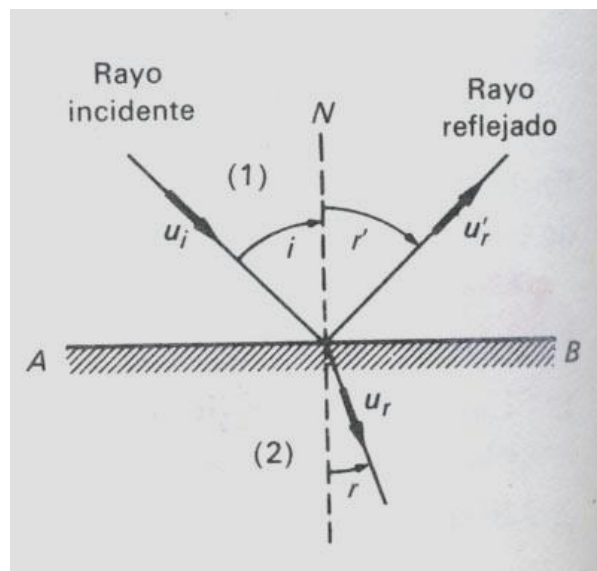
En la fig. siguiente se hace el análisis de la reflexión y de la refracción, utilizando un rayo incidente, un rayo reflejado y un rayo refractado. En este caso, los ángulos indicados en la figura anterior son iguales a los formados por los rayos de la presente figura con la normal a la superficie de separación; o sea:

ángulo de incidencia: i

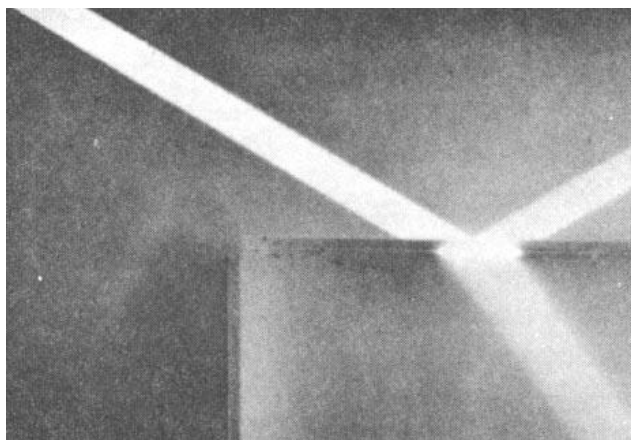
ángulo de reflexión: r'

ángulo de refracción: r





En la fig. siguiente pueden verse los rayos incidentes, reflejado y refractado en el caso de una haz luminoso que incide sobre un bloque de vidrio.



Las direcciones de los tres rayos están determinadas por las reglas experimentales siguientes:

1. Las direcciones de incidencia, refracción y reflexión están todas en un mismo plano, que es perpendicular a la superficie de separación de los dos medios.
2. El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión:

$$i = r'$$

3. La relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es constante (este enunciado suele llamarse ley de Snell).



$$\frac{\text{Sen}(i)}{\text{Sen}(r)} = n_{21}$$

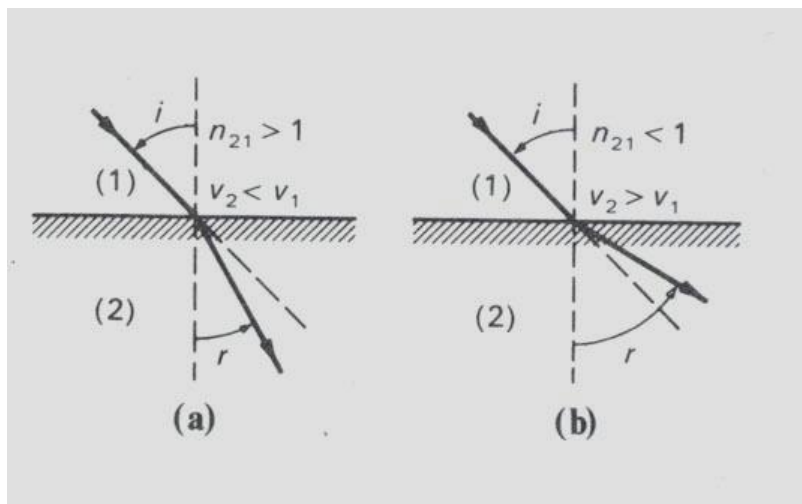
La constante n_{21} se llama *índice de refracción* del segundo medio respecto al primero. Su valor depende de la naturaleza de la onda y de la de ambos medios.

El índice de refracción relativo de dos medios está relacionado con las velocidades de propagación v_1 y v_2 de las ondas en cada medio por la expresión

$$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$$

$$\text{índice.del.medio.2.respecto.al.medio.1} = \frac{\text{velocidad.en.el.primer.medio}}{\text{velocidad.en.el.segundo.medio}}$$

Cuando el índice de refracción es mayor que la unidad ($n_{21} > 1$), porque $v_1 > v_2$, entonces $\text{Sen } i > \text{Sen } r$, y por tanto, $i > r$, de modo que el rayo refractado se *acerc*a hacia la normal (ver siguiente fig. (a)). Por el contrario, si $n_{21} < 1$, porque $v_1 < v_2$, entonces $\text{Sen } i < \text{Sen } r$, o sea, $i < r$, con lo que el rayo refractado se *aleja* de la normal (ver siguiente fig. (b)).





3.4. Reflexión y refracción de la luz

La luz es un fenómeno ondulatorio, sólo que, en lugar de tratarse de una onda elástica, como ocurre con el sonido, es una onda electromagnética. Las características de las ondas electromagnéticas no serán tratadas en este apartado. Basta indicar por ahora que estas ondas son transversales y se propagan en el vacío, con una velocidad

$$c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Para todos los efectos prácticos, podemos suponer que $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$, con un error menor del 0.1%.

La velocidad de la luz en los medios transparentes varía de una sustancia a otra. Entonces, si v es la velocidad de propagación de la luz en una sustancia, el índice de refracción de dicha sustancia, respecto al vacío, es

$$n = \frac{c}{v}$$

En la tabla siguiente se indican los valores de los índices de refracción, respecto al vacío, de diversas sustancias para el caso en que la luz pasa del vacío (o en la práctica, del aire) a la sustancia. Estos índices suelen llamarse absolutos. Para el aire puede tomarse prácticamente $n = 1$.

Índices de refracción para la luz

Sustancia	Índice	Sustancia	Índice
Agua (25 °C)	1.33	Vidrio flint	1.65
Alcohol (20 °C)	1.36	Aire	1.00029
Bisulfuro de Carbono	1.63	Cuarzo	1.57-1.45
Vidrio Crown	1.52	Sodio	4.22
Hielo	1.31	Diamante	2.417



Cuando una onda luminosa incide sobre una sustancia, parte se refleja y parte se refracta, cumpliéndose las leyes de la reflexión y de la refracción. En este caso se tiene que

$$\frac{\text{Sen}(i)}{\text{Sen}(r)} = n$$

El índice de refracción de una sustancia con respecto a otra está relacionado con los índices de refracción de cada sustancia con respecto al vacío mediante la expresión

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

En efecto

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\frac{c}{v_2}}{\frac{c}{v_1}} = \frac{v_1}{v_2} = n_{21}$$

Asimismo, si la luz pasa de la sustancia al vacío, hay que usar el valor inverso del índice de refracción o sea:

$$n' = \frac{1}{n} = \frac{v}{c}$$

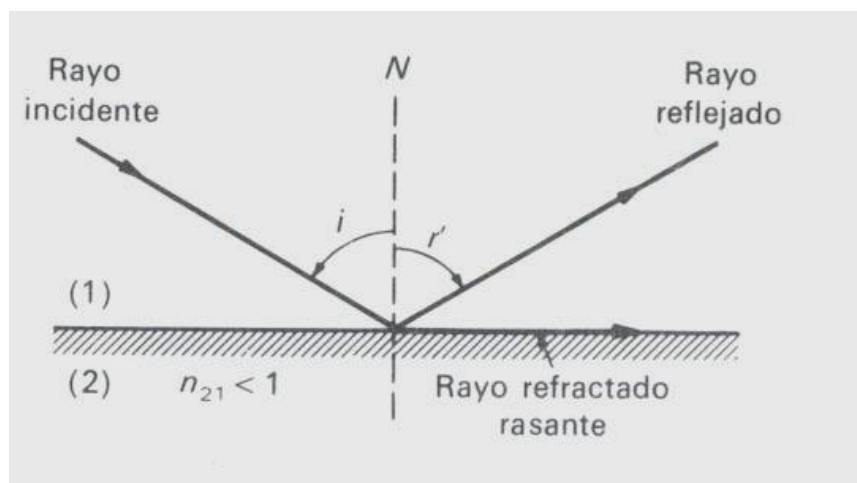
3.5. Reflexión total

En el caso de que el índice de refracción sea menor que la unidad ($n_{21} < 1$ ó $v_1 < v_2$), puede ocurrir lo que se llama *reflexión total*. En efecto, si el ángulo de refracción es $r = 90^\circ$ (o sea, si el rayo refractado es paralelo a la superficie de separación, que es lo más que se puede alejar de la normal), entonces $\text{Sen } r = 1$, y por tanto

$$\text{Sen } i = n_{21} \quad (n_{21} < 1)$$



El ángulo de incidencia que cumple esta condición se denomina *ángulo límite* y se designa por λ (ver fig. siguiente).

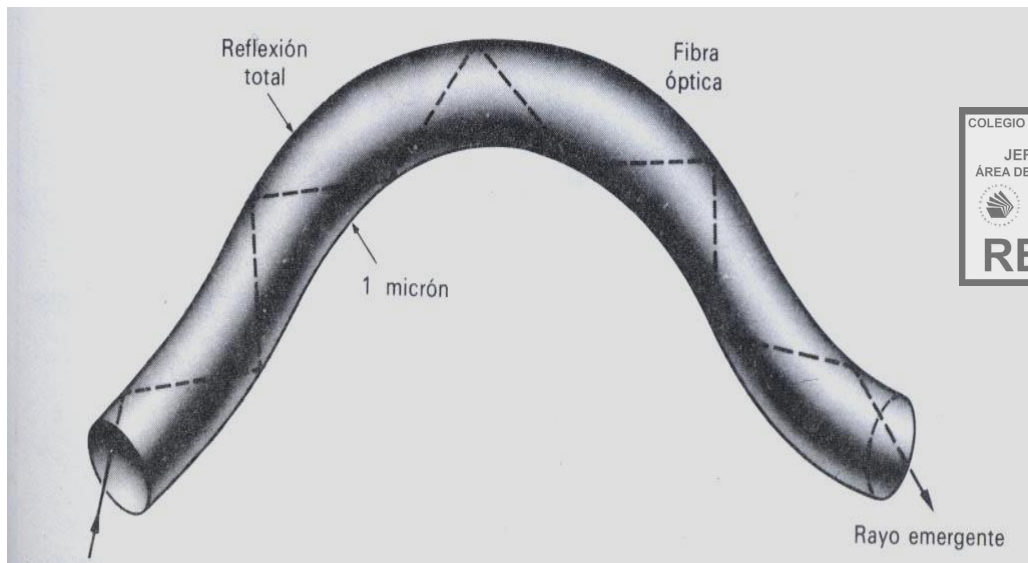


Cuando el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite λ , *no hay onda refractada* y sólo se produce una onda reflejada, por lo que se dice que se ha producido *reflexión total*.

La reflexión total de la luz se produce cuando la luz al propagarse en un plástico, en el vidrio o en el agua, llega a la superficie de esos medios con un ángulo superior al ángulo límite.

La reflexión total tiene multitud de aplicaciones prácticas en instrumentos ópticos (como el antejo de prismas o prismático) y de uso industrial, médico, etc. Una aplicación sencilla son los tubos de luz, también llamados fibras ópticas, que son fibras de plástico que conducen la luz, aunque la fibra no sea recta, a causa de sucesivas reflexiones totales en su superficie (ver siguiente fig.).





Rayo
incidente

Utilizando un haz de estas fibras, puede transmitirse la imagen de un objeto a lo largo de una trayectoria curva, por intrincada que sea. Los endoscopios, instrumentos empleados para explorar el interior del cuerpo humano, se basan en este principio.

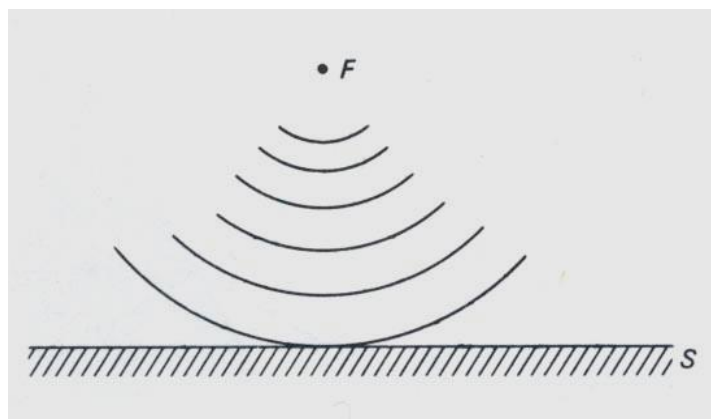
Pregunta

¿Qué valor tendrá $\text{Sen } r$ si el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo límite? ¿Qué significado tiene ese resultado?

3.6. Reflexión y refracción de ondas esféricas

La siguiente fig. representa un foco F que emite ondas esféricas que se propagan libremente hasta llegar a una superficie S en la que las propiedades del medio cambian bruscamente. Cuando las ondas incidentes llegan a la superficie, se producen dos nuevos sistemas de ondas: las reflejadas y las refractadas.





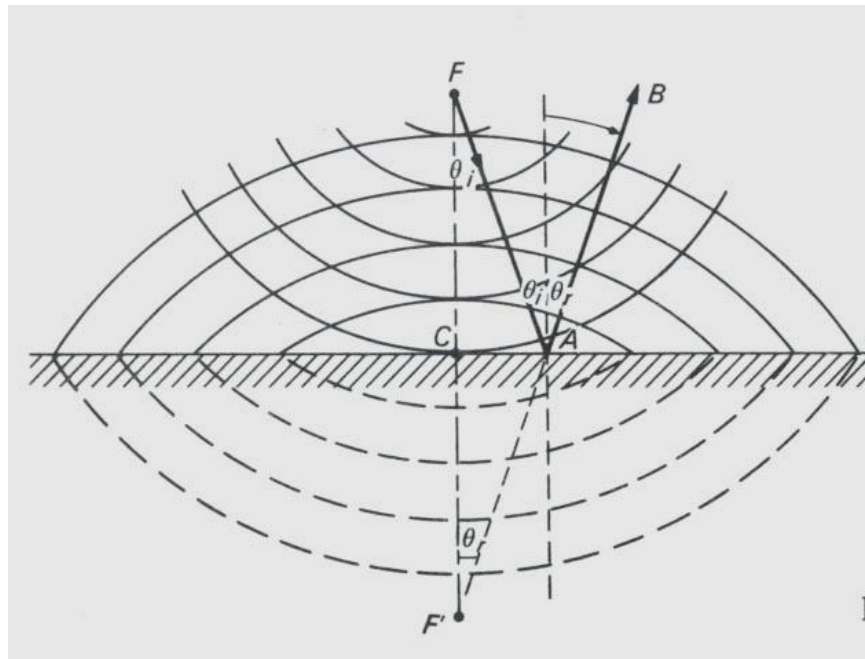
Las ondas reflejadas en una superficie plana son también esféricas y parecen provenir de un foco simétrico situado detrás de la superficie. Podemos comprobar esto mediante la fig. siguiente. De no existir la superficie S , las ondas incidentes habrían seguido propagándose con la velocidad v_1 , ocupando las posiciones indicadas por las líneas punteadas. Las ondas reflejadas se propagan también con la velocidad v_1 y, por tanto, deben ser iguales, pero simétricas de las superficies punteadas.

Consideremos un rayo cualquiera, tal como FA , y el rayo reflejado AB , prolongado detrás de la superficie, que corta a la perpendicular FC a la superficie en el punto F' .

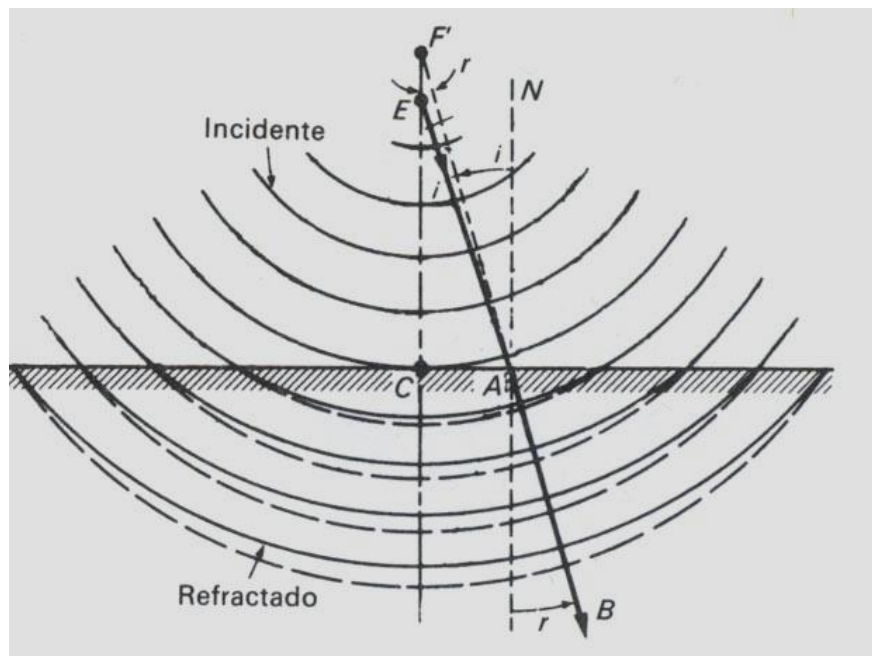
Dado que $i = r'$, los triángulos rectángulos FCA y $F'CA$ son iguales. Por lo tanto $FC = CF'$.

Como este resultado es independiente del punto A , que fue escogido arbitrariamente, se deduce que las prolongaciones de todos los rayos reflejados pasan por el mismo punto F' , situado simétricamente respecto a F . Esto confirma que las ondas reflejadas son esféricas y parecen provenir del punto F' , que se dice es la imagen de F .





Las ondas refractadas en una superficie plana no son esféricas y, por tanto, no parecen provenir de un mismo punto o imagen (ver fig. siguiente). La curvatura de las ondas refractadas es menor o mayor que la de las ondas incidentes según que la velocidad v_2 sea menor o mayor que v_1 , ya que avanzan menos o más distancia según el caso. Los rayos refractados no se cortan todos en un mismo punto (como sucedería si las ondas refractadas fueran esféricas). Para comprobar esto observemos en la fig. siguiente que al rayo incidente FA corresponde el rayo refractado AB, cuya prolongación corta a la perpendicular FC a S en el punto F'.



Entonces, considerando los triángulos FCA y F'CA, tenemos que

$$\tan(i) = \frac{AC}{FC}$$

$$\tan(r) = \frac{AC}{F'C}$$

Dividiendo ambas relaciones,

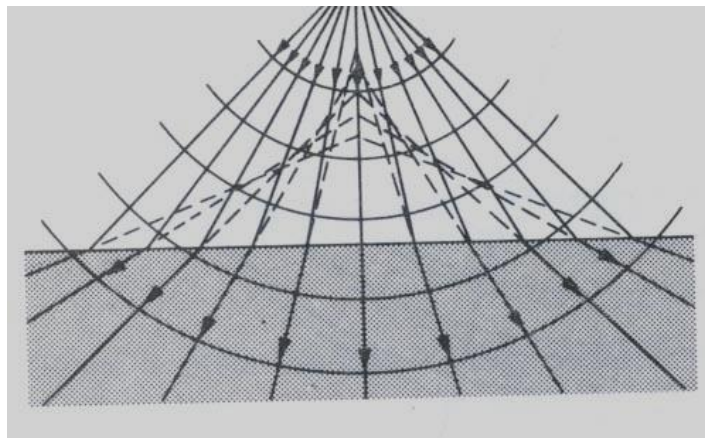
$$\frac{\tan(i)}{\tan(r)} = \frac{F'C}{FC}$$

por lo que

$$F'C = FC \frac{\tan(i)}{\tan(r)}$$

Como la relación $\tan(i) / \tan(r)$ no permanece constante al variar el ángulo i , resulta que $F'C$ varía con el ángulo de incidencia. Este caso se ilustra en la fig. siguiente, donde se indican las intersecciones con FC de varios rayos refractados. Decimos entonces que se producen por refracción diversas imágenes del foco F, en lugar de una sola, como ocurre con las ondas reflejadas. La posición de la imagen depende de la dirección en que se observan los rayos refractados.

F.



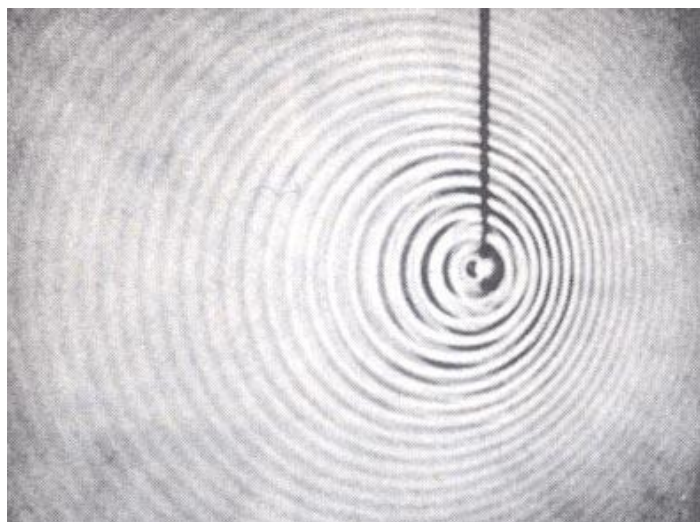
Ejercicio. Cuando los ángulos son muy pequeños se puede reemplazar la tangente del ángulo por el seno del ángulo. ¿Cuál será el valor de $F'C$ en este caso? ¿A qué conclusión llega?

3.7. Efecto Doppler

Cuando un foco, un observador o ambos se mueven respecto al medio en el cual se propagan las ondas producidas por el foco, la frecuencia de las ondas percibidas por el observador es, en general, diferente de la frecuencia del foco observada cuando ambos están en reposo respecto del medio. Este fenómeno se denomina *efecto Doppler*.

En general, si el foco se *acerca* al observador, la frecuencia del movimiento ondulatorio parece ser *mayor*; y si el foco se *aleja* del observador, la frecuencia parece ser menor que la frecuencia propia del foco.

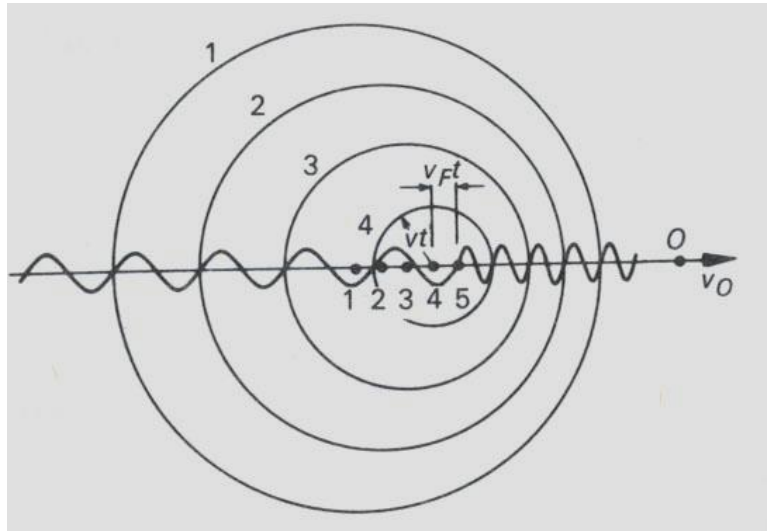
La explicación del efecto Doppler es muy sencilla y se ilustra en la fig. siguiente. En la fig. se supone que el foco se mueve hacia la derecha con la velocidad v_f respecto al medio. Resulta claro en la figura que las sucesivas superficies de onda no son concéntricas y aparecen más apartadas del lado hacia el cual se mueve el foco que del lado opuesto. Por consiguiente, un observador en reposo situado a la derecha, que ve acercarse el foco, recibe las ondas más seguidas, apreciando una frecuencia mayor, y un observador en reposo situado a la izquierda, que ve alejarse a el foco, recibe las ondas más espaciadas y aprecia una frecuencia menor. Si además, el observador está en movimiento con velocidad v_o respecto al medio, el efecto resultante dependerá de la dirección y de la velocidad del movimiento del observador.



Si f es la frecuencia de las ondas emitidas por el foco y f' es la frecuencia percibida por el observador, ambas están relacionadas por la expresión

$$f' = f \left(\frac{v - v_O}{v - v_F} \right)$$

donde v es la velocidad de las ondas respecto al medio. En esta expresión se supone que el foco está a la izquierda del observador y que v es siempre positiva y v_O y v_F se toman positivas si están orientadas como en la fig. siguiente y negativas si tienen dirección opuesta. La relación anterior es válida únicamente cuando el foco y el observador se mueven a lo largo de la misma recta.



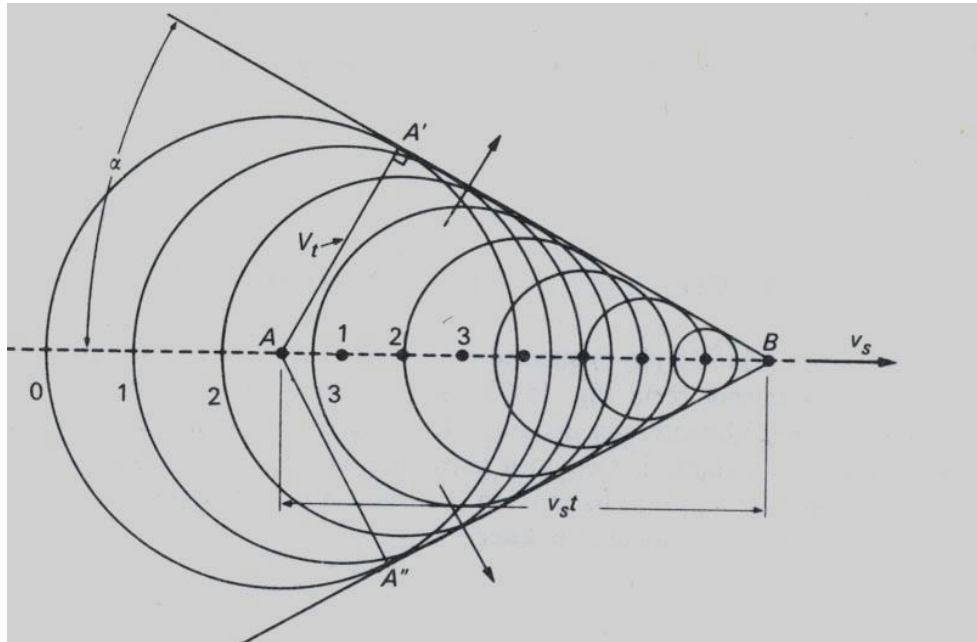
Cuando v_O y v_F son pequeñas comparadas con v , se puede escribir, en lugar de la relación anterior, la expresión

$$f' = f \left(1 - \frac{v_{OF}}{v} \right)$$

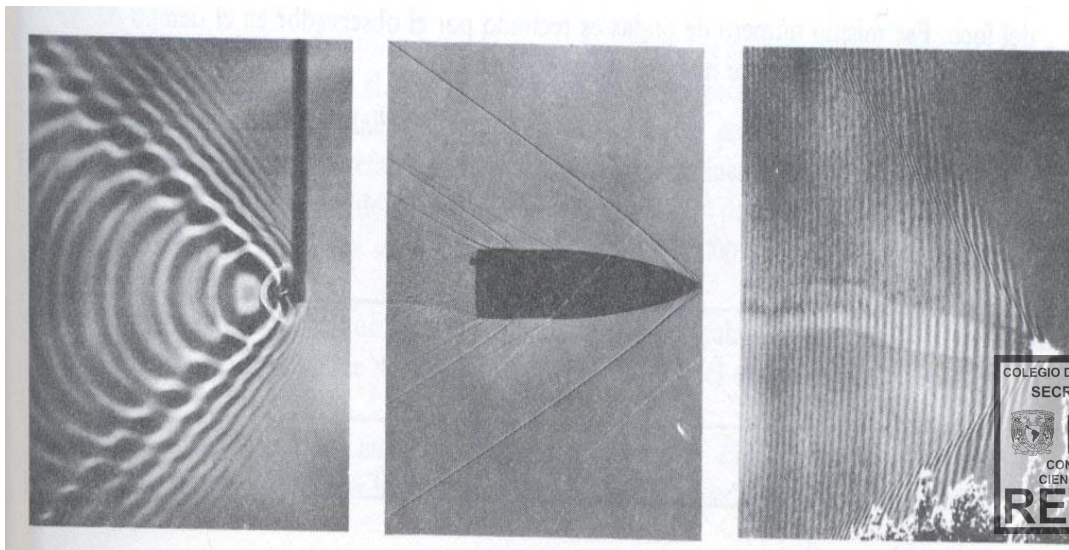
donde v_{OF} es la velocidad del observador respecto al foco. Es positiva si el observador se aleja del foco y negativa si se acerca al foco.



Hay un caso especialmente interesante que tiene lugar cuando el foco se mueve a una velocidad mayor que la de la propagación de las ondas. Entonces el foco avanza en un cierto tiempo una distancia mayor que la superficie de la onda. Por ejemplo, en la fig. siguiente, durante el tiempo requerido para que llegue a A la superficie de onda producida cuando el foco pasa por A, el foco llega hasta B.



Entonces se produce una nueva superficie de onda formada por la tangente a todas las superficies de onda parciales emitidas entre A y B. Esta superficie de onda se llama *onda de choque* y puede apreciarse en las fotografías de la figura siguiente.



El sonido característico que se percibe poco después de pasar un avión supersónico o un proyectil es una onda de choque.

Pregunta

¿Qué relación existe entre f' y f si: (a) $v_F > v_O$; (b) $v_F < v_O$?



Ejercicio

La frecuencia de un foco sonoro es de 500 Hz y su velocidad es de 60 m/s. Un observador se mueve a razón de 30 m/s a lo largo de la misma recta que el foco. Calcular la frecuencia percibida por el observador. Considerar todos los casos posibles. La velocidad del sonido en el aire es 340 m/s.

Problemas

- Un movimiento ondulatorio pasa de un medio, en el que se propaga con una velocidad de 200 m/s, a otro en el que la velocidad de propagación es de 100 m/s. Calcular el índice de refracción. Hallar el índice de refracción si pasa del segundo al primero.
Calcular el ángulo de refracción cuando el ángulo de incidencia es : (1) 20° , (2) 60° , y el movimiento pasa : (a) del primer medio al segundo; (b) del segundo medio al primero.
- La velocidad de la luz en una sustancia es de 275 000 km/s. Hallar su índice de refracción.
- Empleando los datos de la tabla anterior, calcular: (a) la velocidad de la luz en el agua, (b) el índice del agua respecto al vidrio, (c) el índice del vidrio respecto al agua.
- La velocidad de la luz en dos sustancias diferentes es 250 000 km/s y 200 000 km/s. Calcular sus respectivos índices de refracción y el de cada una de ellas respecto a la otra.
- Un rayo incide en el agua con un ángulo de 40° . Calcular el ángulo de refracción y la desviación.
- ¿Cuál es el ángulo de incidencia de un rayo que pasa del aire al vidrio (crown) si el ángulo de refracción es 32° ?
- Un rayo pasa del alcohol al aire. El ángulo de incidencia es de 20° . Calcular el ángulo de refracción?
- ¿Cuál es el ángulo límite cuando la luz pasa al aire desde: (a) el agua; (b) el vidrio crown; (c) el diamante?
- ¿Cuál es el ángulo límite cuando la luz pasa del vidrio crown al agua?
- Un pez está a una profundidad de 1.5 m. ¿A qué profundidad aparente está observando desde fuera del agua? Agua salada, $n = 1.4$
- La profundidad real de un recipiente lleno de cierto líquido es de 40 cm. La profundidad aparente es de 32.4 cm. Calcular el índice de refracción del líquido.



12. Calcular la desviación de un rayo que atraviesa un prisma de vidrio crown cuyo ángulo es de 60° si su ángulo de incidencia es de 40° .
13. La desviación mínima en un prisma es de 30° . El ángulo del prisma es de 50° . Calcular su índice de refracción y el ángulo de incidencia correspondiente.
14. Un foco cuya frecuencia propia es de 256 Hz se mueve, en relación con el aire, con una velocidad de 40 m/s. Calcular la frecuencia observada. Considérense los cuatro posibles casos. Velocidad del sonido: 340 m/s.
15. ¿Con qué velocidad debe moverse un observador, en el problema anterior, para que la frecuencia observada sea: (a) la mitad; (b) el doble de la del foco. Considérense en (a) y (b) los dos casos posibles.
16. Calcular la frecuencia observada por un observador en reposo si un cuerpo sonoro, cuya frecuencia es 512 Hz, (a) se acerca, (b) se aleja, con una velocidad de 50 m/s.
17. Un árbitro de fútbol hace sonar un silbato cuya frecuencia es 5000 Hz al mismo tiempo que corre con una velocidad de 10 m/s. ¿Cuál es la longitud de onda en el aire delante del árbitro? ¿Qué frecuencia percibe un espectador parado en la grada hacia donde corre el árbitro?
18. Un tren, moviéndose con una velocidad de 10 m/s, se acerca al andén de una estación haciendo sonar un silbato de frecuencia 20 Hz, según el maquinista. Calcular: (a) la longitud de onda delante del tren; (b) la frecuencia percibida por una persona situada en el andén; (c) la frecuencia percibida por un pasajero que va en otro tren que pasa por la estación en dirección opuesta a 20 m/s.



Practica. Ondas lineales

Objetivo. Demostrar experimentalmente cómo se forman, transmiten, reflejan y refractan las ondas lineales.

Material

Dos resortes largos diferentes

Desarrollo.

1. Tiéndase sobre el piso un resorte largo, preferiblemente grueso, fijando uno de sus extremos y estirándolo parcialmente.

Muévase rápidamente el extremo del resorte que no se encuentra fijo hacia un lado y regrésese a la posición original; obsérvese la forma del impulso y la manera cómo se transmite hasta que llega al extremo fijo, se nota que

2. Repítase el experimento 1, pero ahora hacia el otro lado se observa que

3. Repítanse las manipulaciones anteriores pero alternativamente en un sentido y en el otro, se observa que

4. Muévase bruscamente el extremo libre del resorte hacia el extremo fijo, para producir una compresión fija, para producir una compresión de las espiras, se observa que esta compresión

5. Repítase la manipulación anterior, pero ahora moviendo el extremo del resorte en sentido contrario para producir una expansión de las espiras, se nota que esta expansión



6. Repítanse los dos experimentos anteriores alternativamente, se observa que se forman ondas de

_____ y _____
que se transmiten a lo largo del resorte sin



7. Repítase el experimento 1, poniendo atención ahora en lo que pasa con el impulso y con su forma después de llegar al extremo fijo, se nota que

_____ a este fenómeno se le llama

8. Hágase lo mismo con el experimento 2, es decir, en sentido contrario, se observa que

9. Repítanse las manipulaciones anteriores pero alternativamente en un sentido y en el contrario, con lo que se forman ondas que se mueven hacia el extremo fijo (incidentes), las que al llegar a éste se reflejan en sentido contrario (reflejadas), variando la frecuencia o la tensión del resorte puede lograrse que las ondas que se combinan entre sí formando ondas aparentemente que no se desplazan llamadas

10. Repítanse las manipulaciones de los tres experimentos anteriores, pero ahora con movimientos a lo largo del resorte (como en los experimentos 3, 4 y 5), se observa que

11. Tiéndase el otro resorte sobre el piso, uniéndolo uno de sus extremos al extremo libre del primero y estírese parcialmente, repitiendo con ellos los experimentos 3 y 6, poniendo especial atención a las características de las ondas (especialmente la longitud de onda y la velocidad) antes y después de pasar por el punto de unión de los resortes, se nota que

_____ Dibújese los esquemas simplificados de los experimentos 1, 2, 3, 7, 8, 9 y 11.



Ondas Superficiales en los Líquidos

Cuestionarios.

1. Complete las frases siguientes:

1. Las leyes de la Dinámica que ya se aplicaron a los sólidos, también se pueden aplicar a los _____
2. Cuando se agita periódicamente la superficie de los líquidos se producen ondas llamadas _____
3. A la línea formada por los puntos de una onda que sean vecinos y que se encuentran igualmente alejados de su posición de equilibrio se le llama _____
4. El rayo siempre es perpendicular al _____
5. Cuando las ondas superficiales llegan a un obstáculo, y cambian de dirección propagándose en el mismo medio inicial, el fenómeno se llama _____
6. En la reflexión el ángulo de incidencia y el de reflexión son _____
7. Cuando las ondas superficiales llegan a la línea de separación entre dos medios diferentes, la onda se propaga en el segundo medio, el fenómeno se llama _____
8. El cociente que resulta de dividir el seno del ángulo de incidencia entre el seno del ángulo de refracción es constante, este es el enunciado de la ley de _____
9. La constante que se menciona en la pregunta anterior también es igual al cociente que resulta de dividir la velocidad de las ondas en el primer medio entre la velocidad de las ondas en el _____
10. Si al efectuarse la refracción, la velocidad de las ondas en el segundo medio es menor, la longitud de onda resulta _____

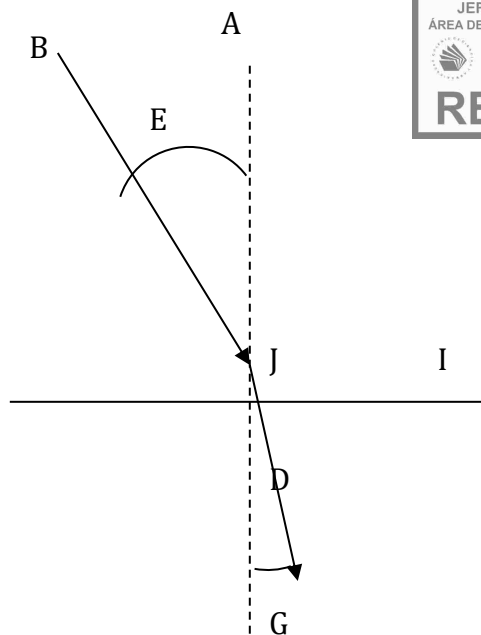
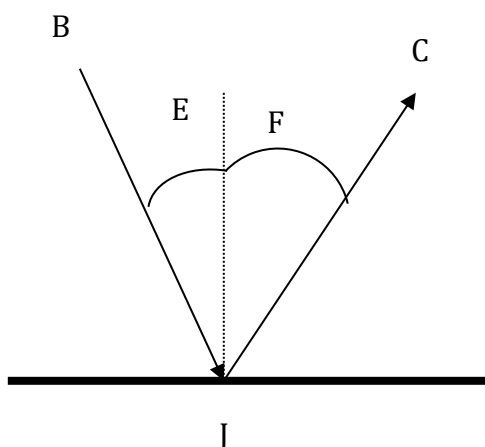


2. Entre los paréntesis de la derecha escriba las letras de las palabras de la izquierda que completen correctamente la frase de que se trate.

- | | |
|--------------------|--|
| A. Normal | 1. Los frentes de onda y los rayos son |
| B. Paralelos | 2. El ángulo formado por el rayo incidente y la normal es igual al que forman el rayo reflejado y la |
| C. Perpendiculares | 3. Si el rayo incidente llega perpendicularmente al obstáculo reflector, se refleja.....() |
| D. No cambia | 4. La refracción se produce porque al pasar las ondas de un medio a otro cambia su.....() |
| E. Superficie de | 5. La ley de Snell dice que el cociente que resulta de dividir el seno separación del ángulo de incidencia entre el seno del ángulo de refracción es.....() |
| F. sobre sí mismo | 6. Si un rayo llega perpendicularmente a la superficie de separación, al refractarse su dirección.....() |
| G. Refracción | 7. Si disminuye el ángulo de incidencia, el ángulo de refracción() |
| H. Constante | 8. Al estudiar la refracción la normal es perpendicular a la() |
| I. Disminuye | 9. Si la velocidad en el segundo medio es menor que en el primero, el ángulo de incidencia es mayor que el ángulo de() |



3. Escriba entre los paréntesis las letras de los esquemas que corresponden a lo que se indica.



1. Rayo incidente.....()
2. Rayo reflejado.....()
3. Normal.....()
4. Obstáculo reflector.....()
5. Superficie de separación.....()
6. Ángulo de incidencia.....()
7. Ángulo de reflexión.....()
8. Ángulo de refracción.....()
9. Punto de incidencia.....()



Práctica. Ondas superficiales

Objetivo. Demostrar experimentalmente la forma, formación, desplazamiento, reflexión y refracción de las ondas superficiales, rectas y circulares.

Material. Cuba de ondas, vibrador, varilla, para formar ondas rectas, esfera pequeña para formar ondas circulares, obstáculo reflector recto, vidrio grueso, pantalla, foco intenso.

Introducción. La cuba de ondas está formada simplemente por un recipiente cuadrado de poca profundidad con fondo de vidrio, en el que se coloca una capa de agua de poco espesor.

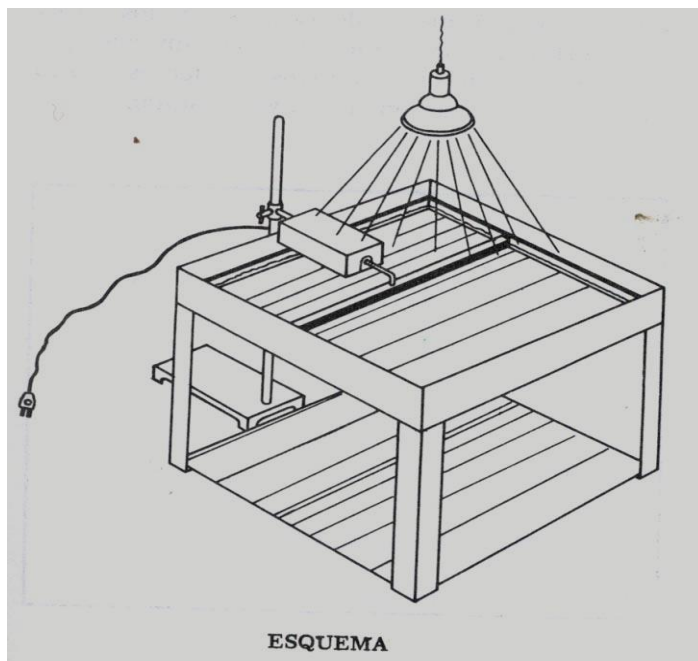
En las orillas debe tener un material blando esponjoso (la playa) para que las ondas que lleguen a ella no se reflejen.

Para producir las ondas se usa un vibrador de frecuencia variable, que pueda mover una varilla paralela a la superficie del agua para producir ondas rectas, o una pequeña esfera o una punta para producir ondas circulares.

Para estudiar la reflexión de las ondas se usan varillas que al colocarse sobre el fondo de la cuba, hagan el papel de obstáculos reflectores.

Para estudiar la refracción se usa un vidrio grueso que, al ser colocado en el fondo de la cuba, haga que el espesor de la capa de agua encima de él sea menor, lo que tiene como consecuencia que varíe la velocidad de las ondas y con ello se produzca la refracción.

En la cuba de onda se pueden observar claramente los frentes de onda, especialmente si se proyectan sobre una pantalla. Por ejemplo, colocando sobre la cuba un foco luminoso intenso y abajo, sobre el piso, la pantalla.



Experimentos.

1. Fíjese al vibrador una varilla ligera y recta, paralela a la superficie del agua y bájese hasta que toque a aquélla. Al hacer funcionar al vibrador se forman ondas que se mueven sobre la superficie del agua, observándose que los frentes de onda tienen forma

_____, y que se mueven con velocidad _____, siendo la distancia que hay entre ellos, que corresponde a la longitud de onda es _____.

2. Sustitúyase la varilla recta por una pequeña esfera metálica y repítase la manipulación, al observar los frentes de onda se nota que su forma es _____, que se mueven con velocidad _____ y que la separación que hay entre ellos, que también corresponde a la longitud de onda es _____.

3. Repítase el experimento 1, pero ahora colocando una varilla recta en el camino de las ondas que no sea paralelo a los frentes de onda. Cambiando varias veces la posición de la varilla, se nota que al llegar a él los frentes de onda, se _____ y que la separación que hay entre los frentes de onda reflejados, o sea la longitud de onda, y la que presenta entre los frentes de onda incidentes, son _____.

También se observa que los nuevos frentes de onda forman con el obstáculo un ángulo que es _____ al que forman los frentes de onda que llegan a él, como los rayos son perpendiculares a los frentes de onda, se comprueba la ley de la _____ que dice: _____.

4. Repítase el experimento 2 colocando un obstáculo recto en el camino de las ondas, cambiando varias veces su inclinación, se observa que: _____.

5. Colóquese el vidrio grueso sobre el fondo de la cuba de ondas para que encima del vidrio la profundidad del agua sea mucho menor que en el resto,



marcando la línea que separa las dos regiones de diferente profundidad con una varilla opaca delgada.

En seguida, repítase el experimento 1, procurando que los frentes de onda sean paralelos a la línea de separación de las regiones de diferente profundidad. Se observa que cuando los frentes de onda pasan la línea de separación, velocidad _____ y la longitud de onda _____; además, que el ángulo que forman los frentes de onda incidentes con la línea de separación y el que forman los frentes de onda resultantes con la misma son _____

Es decir, los rayos, que son perpendiculares a los frentes de onda cambian de _____, o en otras palabras, se produce _____ el fenómeno _____ de la _____

Cámbiese el ángulo con que llegan los frentes de onda rectos a la línea de separación, _____ se _____ observa que _____

6. Repítase el experimento 2 en las condiciones del experimento anterior, se observa que:

Dibújense esquemas simplificados de los experimentos anteriores, indicando los frentes de onda por medio de líneas y los rayos por medio de flechas, use un color para los frentes de onda y rayos incidentes y otro para los frentes de onda y rayos resultantes.



Ondas en los gases.

1. Complete las frases siguientes:

1. Además de las ondas lineales y las ondas superficiales existen las ondas _____.
2. Los osciladores armónicos provocan en el aire y los líquidos que los rodean ondas de compresión y _____.
3. En las ondas tridimensionales los frentes de onda no son líneas como en las superficiales sino _____.
4. En las ondas tridimensionales como en las superficiales los frentes de onda y los rayos son _____.
5. Las ondas sísmicas que dan lugar a temblores y terremotos también son _____.
6. De acuerdo con el llamado Efecto Doppler cuando una fuente de ondas y el observador que las percibe se acercan o se alejan, la frecuencia emitida y la percibida son _____.
7. Cuando los cuerpos se agitan y se mueven libremente, presentan vibraciones que siempre tienen la misma frecuencia que se llama frecuencia _____.
8. Cuando a un cuerpo llegan ondas con frecuencia igual a su frecuencia natural de vibración, vibra con dicha frecuencia aunque no se agite directamente, fenómeno que se llama _____.

2. Entre los paréntesis de la derecha escriba las letras de las palabras de la izquierda que completen correctamente la frase de que se trate.

- | | |
|-------------------|---|
| A. Mayores | 1. Las ondas tridimensionales que se transmiten en los gases siempre son () |
| B. Sismógrafos | 2. Cuando las ondas tridimensionales llegan a un obstáculo rígido se () |
| C. Resonancia | 3. La sonda sónica (SONAR) se basa en la reflexión de ondas () |
| D. Longitudinales | 4. Cuando las ondas tridimensionales pasan de un medio a otro diferente cambian de dirección, es decir, se () |
| E. Reflejan | 5. En la refracción de las ondas tridimensionales también se aplica la ley de () |
| F. Snell | 6. Los aparatos que sirven para estudiar las ondas sísmicas se llaman () |



G. Newton 7. Cuando la fuente de las ondas y el observador se acercan las frecuencias que percibe éste son ()

H. Tridimensionales 8. Si se tienen dos guitarras iguales que se encuentran cercanas entre sí y se hace vibrar una de las cuerdas de una de ellas, se nota que sin tocarla, vibra la misma cuerda de la otra, a lo que se llama

I. Refractan 9. Para que un cuerpo resuene es necesario que la frecuencia de las ondas que llegan a él y su frecuencia natural de vibración sean ()

J. Diferentes

K. Iguales

L. Transversales

M. Doppler

N. Dinamómetros



IV. INTERFERENCIA DE ONDAS

Pregunta. Cuando en una habitación hay varias personas hablando a la vez, ¿resulta más difícil percibir lo que dice cada una que si sólo hablara una persona? ¿Considera que ello se deba a la superposición de los sonidos? ¿Ha observado lo que ocurre cuando dos estaciones de radio transmiten en frecuencias muy próximas y recibe las señales juntas en un radioreceptor?

Ejercicio. Una partícula de un medio está sometida a dos agentes que producen desplazamientos diferentes, como se indica en la figura. Determinar en cada caso el desplazamiento resultante.



Entre los fenómenos que son característicos del movimiento ondulatorio están los de *interferencia*, que ocurre siempre que dos movimientos ondulatorios coinciden en un mismo lugar o región.

Experimento. Coloque una manguera o una cuerda larga sobre el piso y bien tensa. Haga que otra persona produzca un movimiento rápido en uno de los extremos y, casi simultáneamente, haga lo mismo en el otro extremo. ¿Qué observa?

Interferencia de ondas en una cuerda o muelle

Supongamos que en los extremos de una cuerda larga producimos dos pulsos que se propagan en direcciones contrarias, pero que desplazan la cuerda en el mismo sentido (ver siguiente figura). Al comienzo, ambos pulsos se mueven independientemente uno del otro. Pero llega un momento en que los pulsos se encuentran en la *misma* parte de la cuerda. Como ambos pulsos tratan de desplazar la cuerda en dirección perpendicular a ella, resulta que, al superponerse los dos pulsos, la cuerda experimenta un desplazamiento resultante que es la *suma vectorial* de los desplazamientos producidos por cada pulso. Decimos entonces que se ha producido una superposición o interferencia de ambos pulsos. En la figura 1 se ha hecho el análisis gráfico de cómo se combinan los pulsos. Un hecho interesante es que los pulsos continúan propagándose en direcciones opuestas, sin sufrir distorsión, después de haber interferido. Esta es otra peculiaridad de los movimientos ondulatorios, que no ocurre, por ejemplo, cuando dos haces de partículas chocan.

Conviene examinar también el caso en que los pulsos producen desplazamientos en sentidos opuestos. En la figura 2 tenemos un resorte largo en cuyos extremos se producen dos pulsos, uno hacia arriba y el otro hacia abajo, los cuales se propagan en direcciones opuestas. Cuando ambos pulsos se encuentran en el



mismo lugar del resorte interfieren, produciendo un desplazamiento resultante que se obtiene combinando vectorialmente los desplazamientos opuestos. En la figura se ha hecho el análisis gráfico de esto. Después de interferir, cada pulso continúa propagándose sin distorsión, como en el caso anterior.

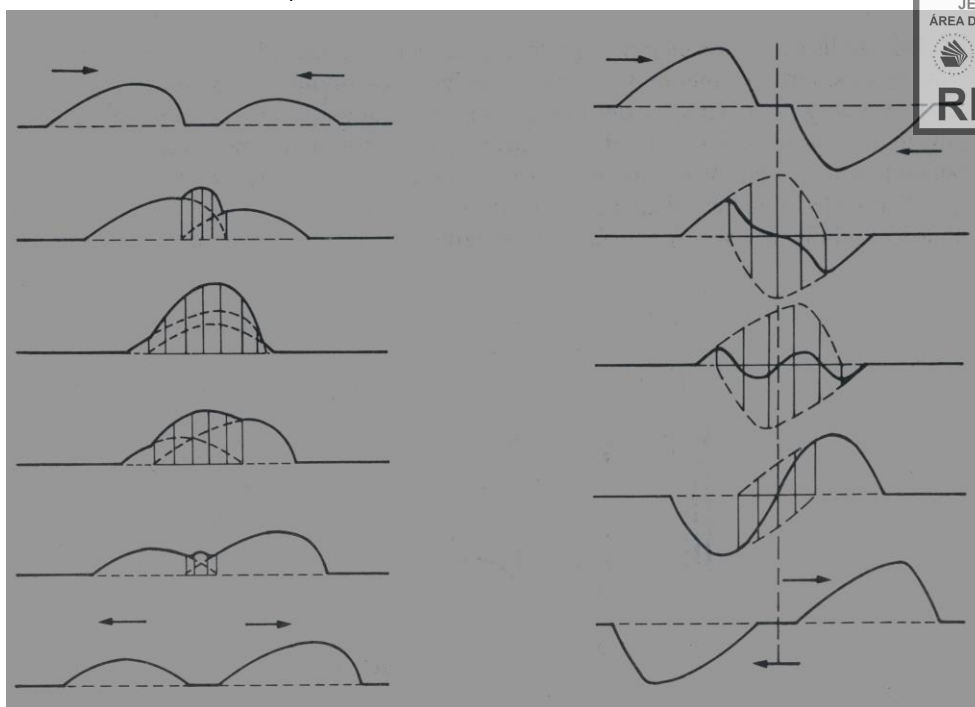
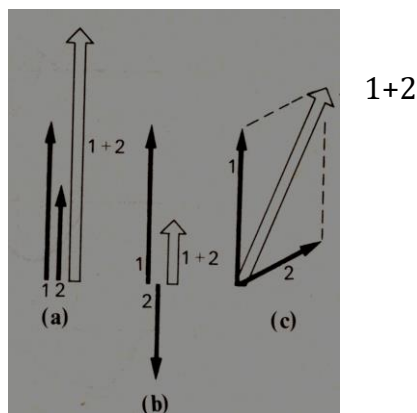


Fig.1

Fig.2

Del análisis de estos ejemplos podemos deducir que, cuando en un mismo lugar concurren simultáneamente dos o más movimientos ondulatorios, se produce una *interferencia* y las partículas del medio están animadas de un movimiento que es la suma vectorial o resultante de los movimientos producidos por cada onda independientemente, fenómeno que se denomina *principio de superposición de las ondas*.

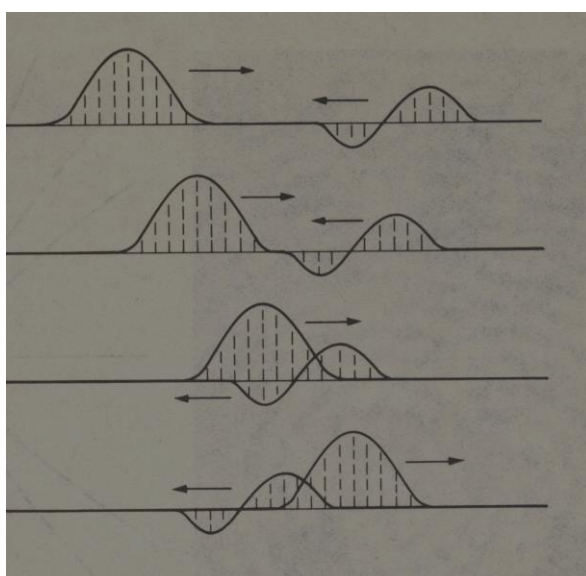
En el caso de ondas elásticas este principio es válido en tanto que las amplitudes de los movimientos sean pequeñas comparadas con las distancias interatómicas.



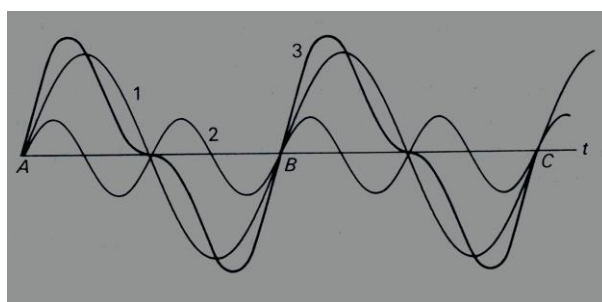
En la figura anterior (a) se tiene el caso de dos movimientos ondulatorios que actúan en la *misma* dirección, en cuyo caso se produce *interferencia por refuerzo*; en la (b) los dos movimientos tienen direcciones *opuestas*, produciéndose *interferencia con atenuación*. Cuando los dos movimientos desplazamientos en direcciones que forman cierto ángulo, el desplazamiento resultante se obtiene aplicando la regla de la suma vectorial (figura-c).



Ejercicio. La figura siguiente muestra dos pulsos que se propagan en direcciones opuestas. Se han indicado ambos pulsos en diversas posiciones. Obtenga en cada caso el resultado de su interferencia.



Ejercicio. En la figura siguiente se indica la interferencia de dos movimientos ondulatorios (1) y (2) que se propagan a lo largo de la línea XX' . Compruebe que el movimiento resultante de la interferencia está dado por la curva (3).



Experimento. Deje caer en el agua, en lugares próximos, varias gotas (o pequeñas piedras), de modo que se produzcan ondas circulares; observe las interferencias producidas.

¿Reconoce usted dónde se producen interferencias con refuerzo y dónde con atenuación?

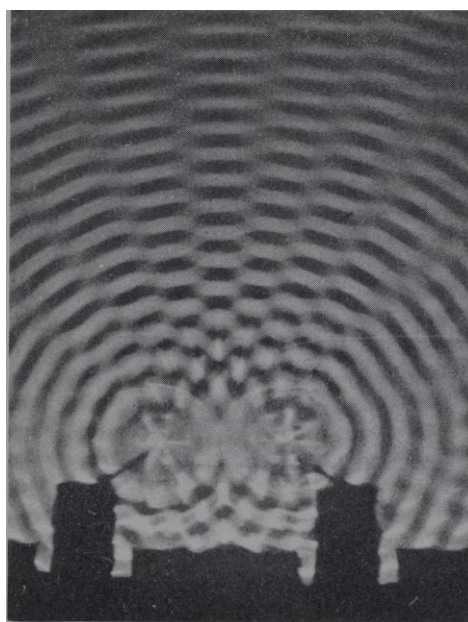


Ondas estacionarias

Hay un tipo especial de interferencias que resultan de la superposición de dos movimientos ondulatorios producidos por dos focos que vibran sincrónicamente (con la misma frecuencia) y, por consiguiente, tienen la misma longitud de onda. Estas interferencias se llaman *estacionarias*.

Las ondas estacionarias se caracterizan porque existen puntos llamados *nodos* donde la interferencia es siempre con anulación, mientras que en otros puntos llamados *vientres* la interferencia es siempre con refuerzo. Los nodos y vientres ocupan posiciones fijas, de modo que una onda estacionaria no parece avanzar en el espacio.

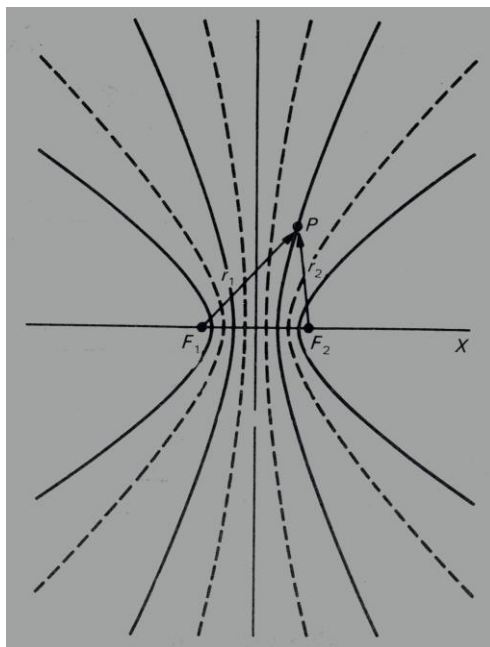
En la figura siguiente se observan las ondas estacionarias producidas en la superficie del agua por dos láminas idénticas que vibran sincrónicamente en contacto con el agua. Las líneas nodales se distinguen claramente porque no se aprecia ningún movimiento ondulatorio en las mismas. Entre dos líneas nodales hay una región ventral.



Para determinar en qué lugares se produce un vientre o un nodo, recordemos que, en un movimiento ondulatorio, dos puntos vibran en fase si están separados una distancia λ , 2λ , 3λ ,,etc.; y vibran en oposición si están separados la distancia



$\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$, etc. Por otra parte, para producir un vientre los dos movimientos ondulatorios deben interferir en fase; y para producir un nodo deben interferir en oposición.



Considere ahora un punto P de la figura anterior situado a las distancias r_1 y r_2 de dos focos sincrónicos F_1 y F_2 . Para que en el punto P se produzca un vientre, es necesario que los dos movimientos ondulatorios lleguen a P en fase, para lo cual, se requiere que la diferencia $r_1 - r_2$ de sus distancias a F_1 y F_2 se igual a λ , 2λ , 3λ ,....., y, en general, a un *número entero de longitudes de onda*; o sea:

$$\text{Ventre: } r_1 - r_2 = n\lambda \quad (\text{número entero de } \lambda)$$

Y para que en P se produzca un nodo, es preciso que los dos movimientos ondulatorios lleguen a P en oposición de fase, lo que ocurre si la diferencia $r_1 - r_2$ es igual a $\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$, ..., y, en general, a un *número impar de semilongitudes de onda*; o sea:

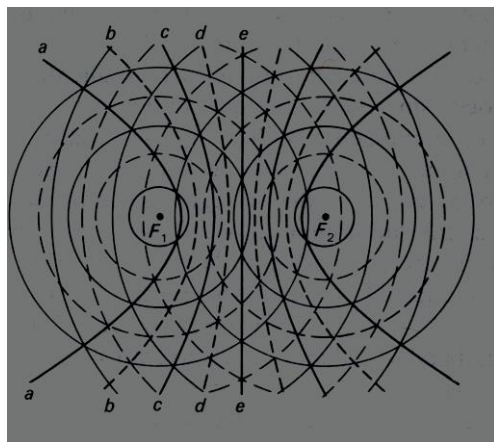
$$\text{Nodo: } r_1 - r_2 = (2n+1)\lambda/2 \quad (\text{número impar de } \lambda/2)$$

Se demuestra en geometría que los puntos de un plano que cumplen con las condiciones (1) y (2) se encuentran sobre unas líneas denominadas *hipérbolas*. Para obtener gráficamente las líneas nodales y ventrales, se procede como en la figura siguiente. Alrededor de cada foco se trazan dos sistemas de superficies de onda: las de trazos, con radios iguales a λ , 2λ , 3λ ,....., y las continuas, con radios iguales a $\lambda/2$, $3\lambda/2$, $5\lambda/2$,... Las superficies de onda de trazos contienen los



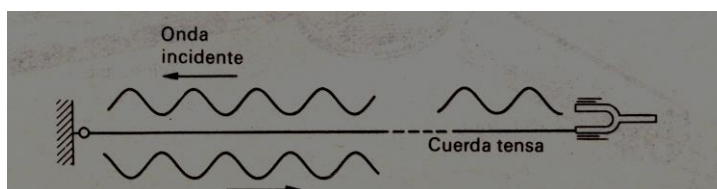
puntos que vibran en fase con los focos y las continuas contienen los puntos que vibran en oposición.

Entonces, los puntos de intersección de dos superficies del mismo tipo (dos continuas o dos de trazos) son vientres, porque a ellos llegan los dos movimientos en fase. Uniendo esos puntos por líneas continuas, resultan las líneas *aa, cc, ee, etc.* Los puntos de intersección de dos superficies de distinta clase (una continua y una de trazos) son *nodos*, porque a ellos llegan los movimientos ondulatorios en oposición de fase. Uniendo esos puntos se obtienen las líneas nodales *bb, dd, etc.*



Ondas estacionarias en una cuerda

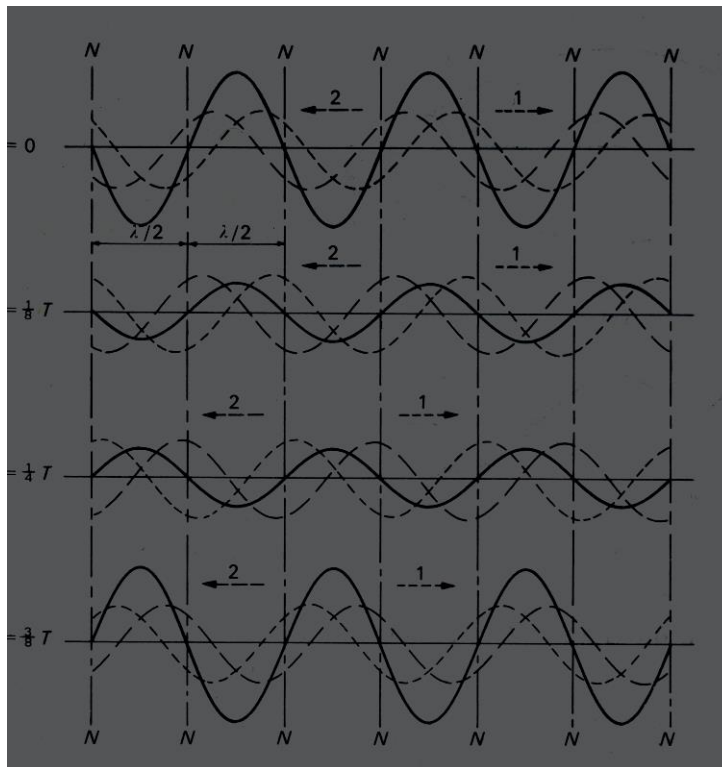
Un modo de producir ondas estacionarias consiste en hacer interferir la onda reflejada en un obstáculo y la onda incidente. Consideremos, por ejemplo, una cuerda larga y tensa que tiene un extremo fijo (ver figura siguiente). Si ahora hacemos oscilar con movimiento armónico simple el otro extremo de la cuerda, se produce una onda que se propaga hacia el extremo fijo, donde se refleja y da lugar a una nueva onda que se propaga en la dirección opuesta. Por consiguiente, tenemos a lo largo de la cuerda dos ondas armónicas que interfieren.



Onda reflejada

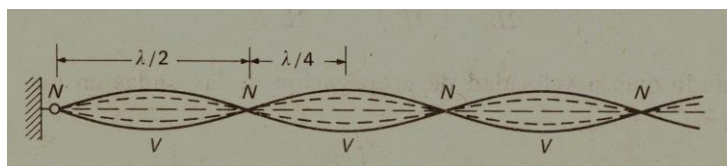
Cuando a lo largo de una misma recta se propagan en direcciones opuestas dos ondas armónicas de la misma frecuencia, se producen ondas estacionarias. Esto se puede comprobar gráficamente, como se ha hecho en la siguiente figura.





En esta figura se representan, a distintos intervalos, dos ondas 1 y 2. Puede verse que la onda resultante no es una onda que avanza, son una onda estacionaria, y los nodos son los puntos que se encuentran sobre los trazos marcados *N* y los vientres en las regiones intermedias. Una característica interesante es que la distancia entre dos nodos consecutivos o dos vientres consecutivos es de media longitud de onda ($\lambda/2$), mientras que la distancia entre un nodo y un vientre es de un cuarto de longitud de onda ($\lambda/4$).

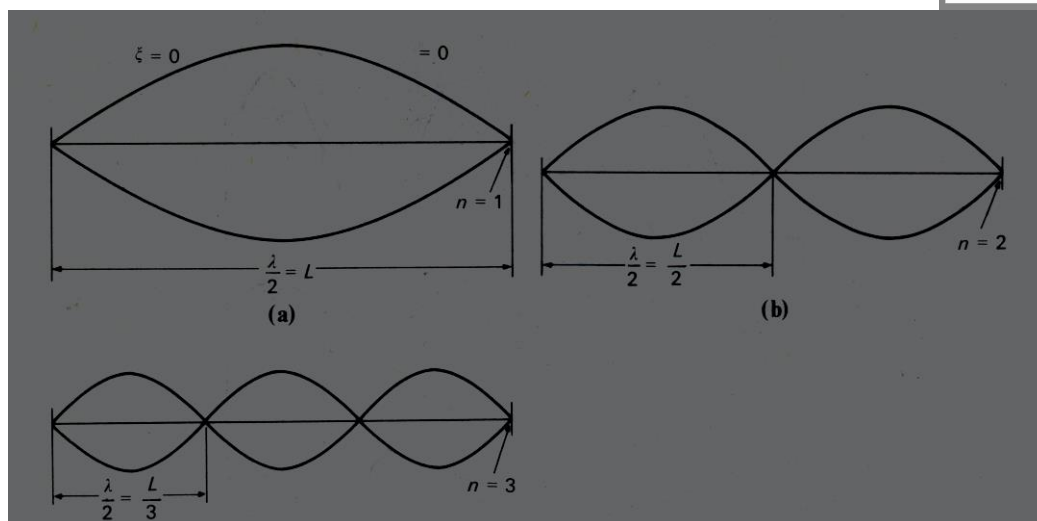
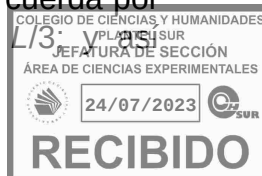
Volviendo al caso de una cuerda con un extremo fijo, es claro que el extremo fijo debe ser un nodo. Por consiguiente, las ondas estacionarias en la cuerda deben adoptar la forma indicada en la figura siguiente. Las dos líneas continuas indican la amplitud de las oscilaciones de cada punto de la cuerda.



Consideremos ahora el caso en que *ambos* extremos de la cuerda están fijos. Entonces, los dos extremos deben ser nodos. Esto introduce automáticamente cierta limitación en la frecuencia de las ondas estacionarias en la cuerda. En



efecto, la posible distribución de nodos y vientres en una cuerda con ambos extremos fijos es como se indica en la figura siguiente. Cuando la cuerda vibra como en (a), la longitud de onda está relacionada con la longitud de la cuerda por $\lambda/2 = L$; en (b), la relación es $\lambda/2 = L/2$; en (c) tenemos $\lambda/2 = L/3$ sucesivamente.



Luego,

$$\lambda = 2L, 2L/2, 2L/3, \dots, 2L/n \quad (8)$$

siendo n un número entero. Por tanto, sólo los movimientos ondulatorios cuya longitud de onda cumple con la condición (8) pueden dar lugar a ondas estacionarias en una cuerda con extremos fijos.

Si v es la velocidad de propagación de las ondas en la cuerda, la frecuencia asociada a la longitud de onda es $f = v / \lambda$. Luego, de acuerdo con (8), la frecuencia de las posibles ondas estacionarias es

$$f = v(n / 2L) \quad \text{o} \quad f = n(v / 2L) \quad (9)$$

o sea:

$$f = v / 2L, 2(v / 2L), 3(v / 2L), \dots \text{etc.}$$



Recordando que la velocidad de propagación de las ondas en una cuerda es

$$v = \sqrt{\frac{T}{m}}$$



siendo T la tensión de la cuerda y m la masa por unidad de longitud, resulta que la frecuencia de las ondas estacionarias en una cuerda está dada también por la expresión

$$f = \frac{n}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (10)$$

La frecuencia correspondiente a $n = 1$, o sea:

$$f_1 = \frac{1}{2L} \sqrt{\frac{T}{m}} \quad (11)$$

se llama *frecuencia fundamental* de la cuerda. La relación (10) es muy importante porque indica cuáles son los factores que determinan la frecuencia de una cuerda vibrante. Como las cuerdas vibrantes se emplean en numerosos instrumentos musicales (piano, guitarra, violín, etc.), el sonido emitido por una cuerda de esos instrumentos se controla ajustando la longitud, la tensión o la masa de la cuerda.

Pregunta. ¿Cómo se afecta la frecuencia fundamental de una cuerda si se duplica: (a) su longitud; (b) su tensión; (c) su masa por unidad de longitud; (d) su radio?

Ejemplo. Un cable de acero tiene 40 cm de longitud y una masa por unidad de longitud de 6.15×10^{-3} kg/m. Calcular la tensión necesaria para que la vibración fundamental tenga una frecuencia de 440 Hz (que corresponde a la nota musical *La* en la escala musical diatónica).

En la relación (11) debemos despejar T . Elevando al cuadrado ambos miembros,

$$f_1^2 = \frac{1}{4L^2} \left(\frac{T}{m} \right) \quad \text{por lo tanto } T = 4 L^2 m f_1^2$$

Sustituyendo valores numéricos,

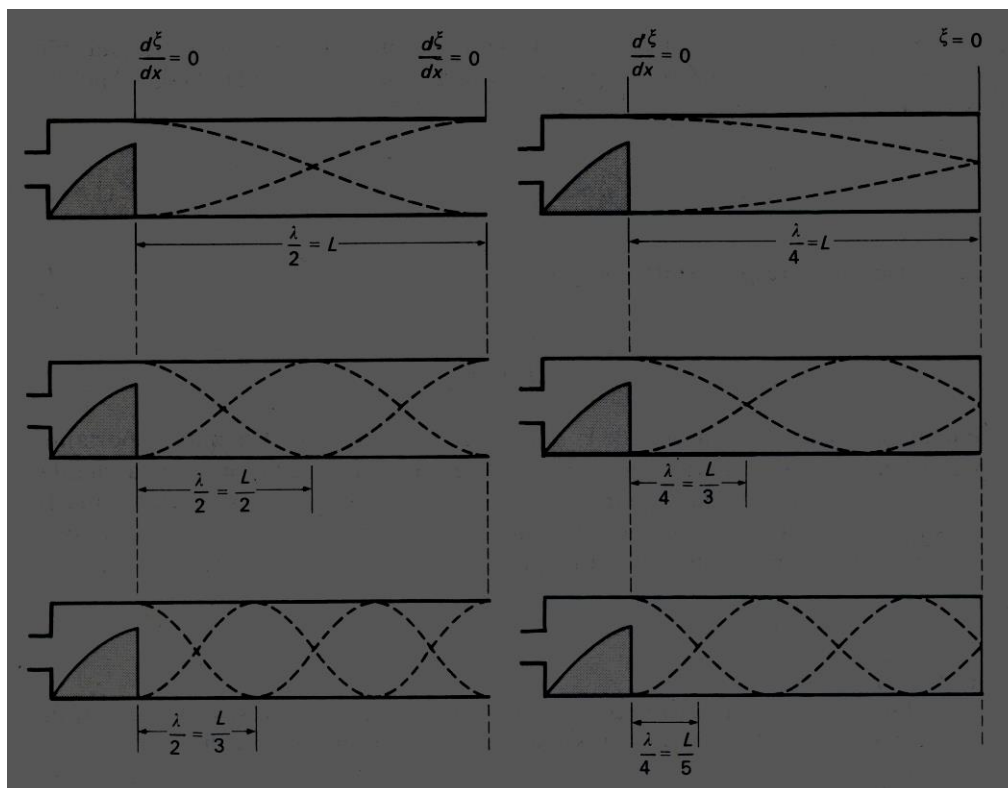
$$T = 4 (0.40 \text{ m})^2 (6.15 \times 10^{-3} \text{ kg/m})(440 \text{ Hz})^2 = 762.0 \text{ N}$$



Ondas estacionarias en tubos y cavidades

El mismo fenómeno que acabamos de explicar, de ondas estacionarias con frecuencias características en cuerdas con ambos extremos fijos, se observa en otros sistemas tales como tubos y cavidades. Consideremos, por ejemplo, un tubo de sección uniforme que está provisto en un extremo de una embocadura; el otro extremo puede estar abierto o cerrado. Cuando se inyecta aire por la embocadura, se producen variaciones periódicas de presión; éstas variaciones se transmiten a lo largo del tubo, reflejándose en el otro extremo y dando lugar a ondas estacionarias.

Ahora bien, en la embocadura debe tenerse siempre un vientre; además, en los tubos abiertos el extremo libre es también un vientre y en los tubos cerrados el extremo cerrado es un nodo. En la figura siguiente se ilustran los nodos y vientres en un tubo abierto (a) y en un tubo cerrado (b).



El caso del tubo abierto es similar al de la cuerda con extremos fijos si intercambiamos los nodos y los vientres. Por consiguiente, las relaciones (8) y (9) se cumplen en este caso y la longitud de onda y la frecuencia están dadas por

$$\lambda = \frac{2L}{n} \quad ; \quad f = n\left(\frac{v}{2L}\right) \quad (\text{tubo abierto}) \quad (12)$$

siendo v la velocidad de las ondas elásticas (sonido) en el aire. Cuando se trata de un tubo cerrado, analizando la figura anterior (b), se puede ver que las posibles longitudes de onda son

$$\lambda = 4L, \frac{4L}{3}, \frac{4L}{5}, \dots, \frac{4L}{(2n+1)},$$

siendo n el número de nodos. Las frecuencias correspondientes son:

$$f = \frac{(2n+1)v}{4L} \quad (\text{tubo cerrado}) \quad (14)$$

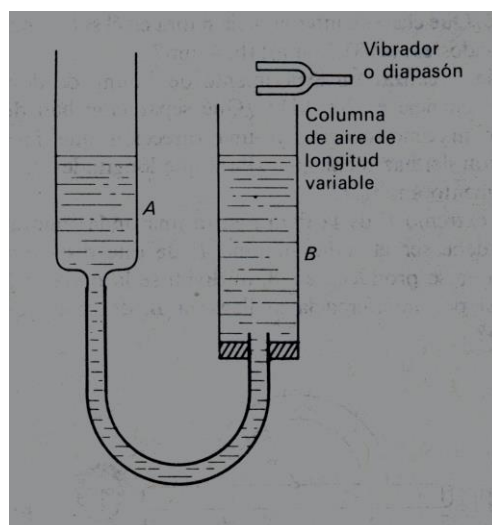
La diferencia entre (12) y (14) es que un tubo abierto emite un sonido fundamental y todos sus armónicos, mientras que todos los tubos cerrados emiten sólo los armónicos impares. Las ondas estacionarias en tubos son importantes en el diseño de instrumentos musicales de viento, tales como los órganos. Asimismo, a nivel de las microondas, sirven para medir propiedades moleculares.

Además de tubos, pueden emplearse otras cavidades de diversas formas (rectangulares, cilíndricas, esféricas) para producir ondas estacionarias. Las frecuencias posibles dependen de la forma geométrica y de las dimensiones de la cavidad.

Pregunta. ¿Cómo varía el sonido fundamental de un tubo si: (a) se duplica su longitud; (b) se duplica su radio; (c) se aumenta la temperatura del aire?

Ejemplo. Medida de la frecuencia de un vibrador mediante un tubo de longitud variable.

Un método sencillo para medir la frecuencia de un vibrador, tal como un diapasón, consiste en colocarlo frente a una columna de aire de longitud variable (ver figura siguiente).



Moviendo el recipiente A, es posible variar la longitud de la columna de aire. En la embocadura se produce siempre un vientre, mientras que en la superficie del agua hay siempre un nodo. Cuando la longitud del tubo es igual a $\lambda/4$, se cumple la primera condición en (13) y se percibe un sonido intenso debido a la producción de ondas estacionarias. Aumentando la longitud de la columna (porque se baja A), se vuelve a percibir un sonido fuerte cuando la longitud del tubo es $3\lambda/4$ y se cumple la segunda condición de (13); y así sucesivamente.



La distancia x entre dos niveles sucesivos del agua para los que hay resonancia es igual a $\lambda/2$. Luego, $\lambda = 2x$ es la longitud de onda y la frecuencia del sonido es $f = v/2x$.

Ejercicio. Haga un esquema de la distribución de nodos y vientres en un tubo cerrado cuy longitud es igual a $5\lambda/4$ y en un tubo abierto cuya longitud es 2λ .

Problemas

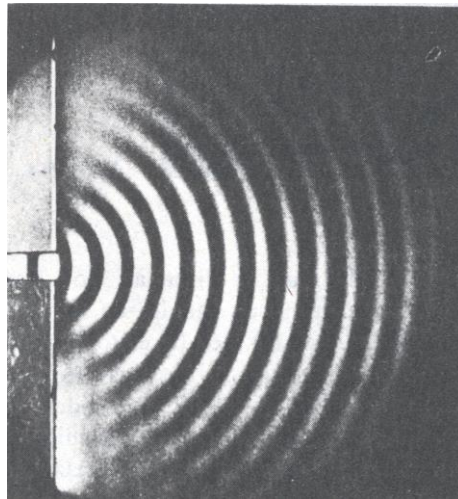
1. En un punto inciden dos movimientos ondulatorios que producen desplazamientos dados por $y_1 = 0.5 \sin \omega t$ e $y_2 = \sin (\omega t + \pi/6)$. Representar los movimientos y obtener el movimiento resultante. ¿Cuáles serán la amplitud y la frecuencia resultante de dicho movimiento?
2. Un punto de un medio dista 2.80m y 3.05m de dos focos que vibran sincrónicamente. ¿Qué clase de interferencia habrá en él si la longitud de onda de los movimientos producidos es: a) 31.25 mm; b) 4 mm?
3. En una cuerda vibrante se forma un sistema de ondas estacionarias. La frecuencia de las vibraciones es de 250 Hz y la velocidad de propagación es 350 m/s. Calcular la distancia entre dos nodos consecutivos. Si los dos extremos de la cuerda están fijos, indique algunos valores posibles de su longitud.
4. Una cuerda de acero tiene una longitud de 80 cm, una masa de 0.81 g/cm y una tensión de 10 N. Calcular la frecuencia del sonido fundamental y del segundo armónico.
5. La frecuencia del sonido fundamental de un tubo cerrado es: a) igual, b) la mitad, c) el doble de la del sonido fundamental de un tubo abierto de 1.80 m. Calcular la longitud del tubo cerrado.
6. Calcular la longitud de la caja de resonancia de un diapasón cuya frecuencia es: a) 128 Hz; b) 512 Hz. Velocidad del sonido: 340 m/s.



V. DIFRACCIÓN Y POLARIZACIÓN DE ONDAS

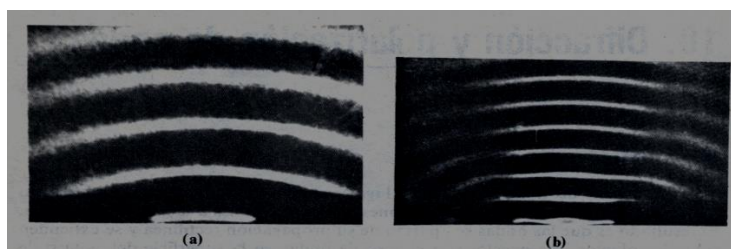
Los fenómenos de difracción tienen lugar cuando un movimiento ondulatorio encuentra un obstáculo cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda.

El resultado es que las ondas se apartan de su propagación rectilínea y se extienden sobre los objetos interpuestos. En el caso de ondas en la superficie del agua o de ondas elásticas (sonido) en el aire, los fenómenos de difracción son muy fáciles de observar. Por ejemplo, gracias a la difracción podemos escuchar el sonido aun cuando entre la fuente y el observador se disponga una pared o algún otro obstáculo.



Difracción producida por una abertura estrecha

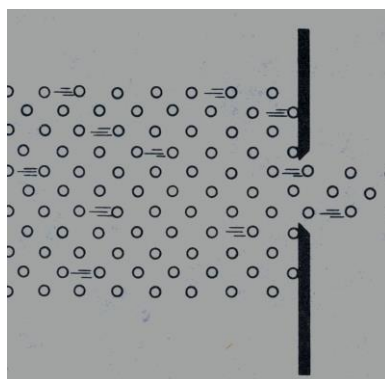
Supongamos que se producen ondas en la superficie del agua contenida en un depósito y que interponemos en el camino de dichas ondas un tabique delgado en el cual se ha practicado una abertura pequeña (ver siguiente anterior). Se observa entonces que, cuando las ondas llegan a la abertura, ésta se comporta como si fuera un nuevo foco de ondas que se propagan en todas direcciones al otro lado de la abertura. El fenómeno es tanto más notable cuanto más grande es la longitud de las ondas en relación con el tamaño de la abertura. Esto puede apreciarse en la figura siguiente, donde las ondas producidas se difractan por las aberturas practicadas en la pared inferior. Las aberturas son iguales en las tres figuras, pero la longitud de onda en (b) es menor que en (a) y en (c) es todavía menor que en (b).





(c)

Es importante observar que si, en lugar de un movimiento ondulatorio, se tiene un chorro de partículas (ver siguiente figura), que inciden sobre un tabique en el que se ha practicado una abertura, sólo pasan las partículas que inciden sobre la abertura, las cuales continúan moviéndose en línea recta sin esparcirse lateralmente. Las otras son reflejadas o se incrustan en el tabique.



Por tanto, podemos decir que el fenómeno de la difracción por una abertura u obstáculo es característico de los movimientos ondulatorios. Así, el descubrimiento de la difracción de la luz confirmó el carácter ondulatorio de la misma.

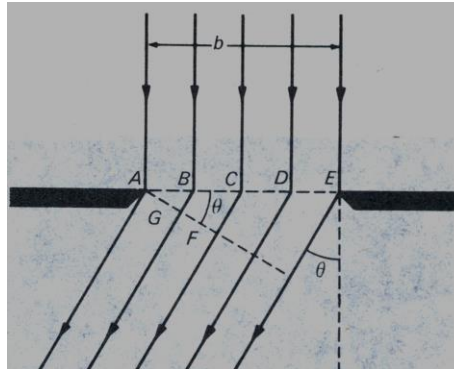
La intensidad de la onda difractada no es la misma en todas direcciones. En general, dependiendo de la relación entre la longitud de onda y el tamaño de la rendija, existen varias direcciones, dispuestas simétricamente a ambos lados de la dirección de las ondas incidentes, para las cuales la intensidad de las ondas difractadas es nula. Además, la intensidad de las ondas difractadas disminuye al aumentar el ángulo de difracción.

Consideremos una abertura muy larga y estrecha y que las ondas inciden normalmente sobre dicha abertura. Si b es la anchura de la abertura y λ es la longitud de onda, se demuestra, aplicando el principio de superposición o

interferencia de movimientos ondulatorios, que las direcciones de intensidad cero de la onda difractada (ver figura siguiente) están dadas por la expresión

$$b \sin \theta = n \lambda \quad (n = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (1)$$

$$\sin \theta = n (\lambda / b) \quad (\text{ceros de intensidad})$$

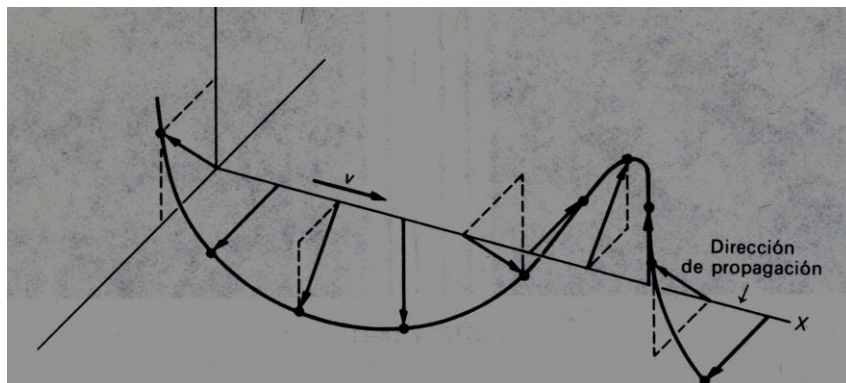


En la dirección de la onda incidente ($\theta = 0$), la intensidad de la onda es máxima.

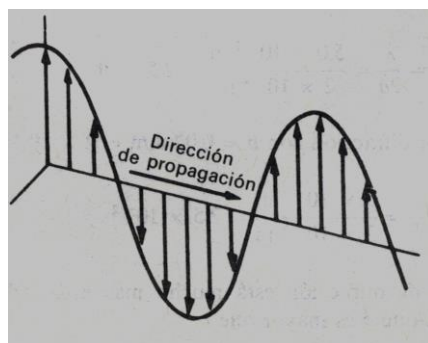


Polarización de ondas transversales

Una característica de los movimientos transversales es su *polarización*. Consideremos el caso de un movimiento ondulatorio transversal elástico, en el cual las partículas del medio vibran en dirección perpendicular a la dirección de propagación. Supongamos, por ejemplo, que se trata de una cuerda larga y tensa en la que producimos ondas transversales, moviendo rápidamente un extremo de la misma (ver figura siguiente).



Si los movimientos sucesivos del extremo tienen direcciones diferentes, aunque sean perpendiculares a la cuerda, como indican las flechas de la figura, las ondas que se propagan a lo largo de la cuerda producen desplazamientos en direcciones diferentes, pero siempre perpendiculares a la dirección de propagación. Se dice entonces que la onda transversal en la cuerda *no* está polarizada. Pero si movemos el extremo de la cuerda siempre en una misma dirección perpendicular a ella (ver figura siguiente), todas las ondas transversales que se propagan en la cuerda la desplazan en un mismo plano. Se dice entonces que la onda transversal está *polarizada en un plano*.

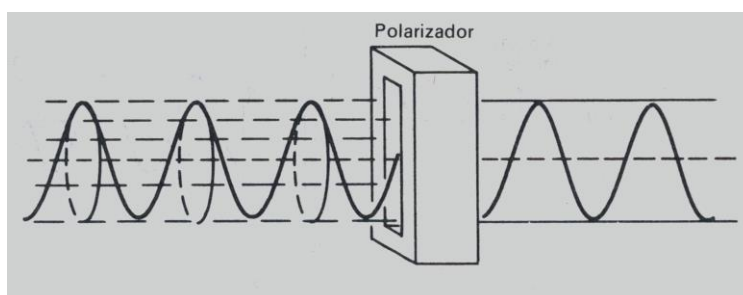


En general, cabe decir que una onda transversal está polarizada en un plano cuando las vibraciones en todos los puntos a lo largo de la dirección de propagación tienen la misma dirección.

Si una onda no está polarizada, existen dispositivos que permiten polarizarla. Por ejemplo en la figura siguiente, tenemos una onda con polarización circular que se propaga a lo largo de una cuerda. Si sobre la cuerda se coloca el dispositivo



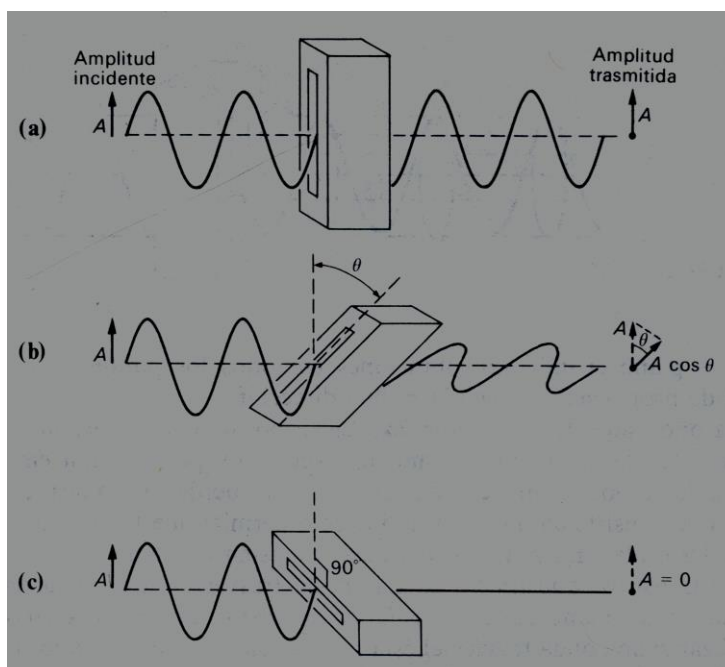
indicado, que consiste en una ranura que sólo permite que la cuerda vibre en una dirección, las ondas transmitidas están polarizadas en un plano.



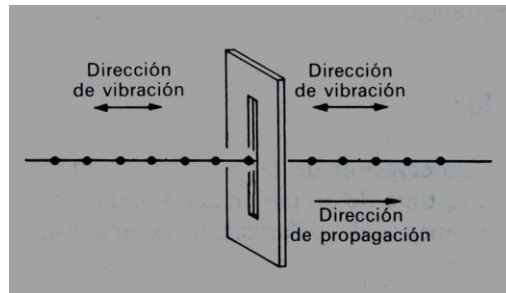
Todo dispositivo que transforma una onda transversal cualquiera en una onda polarizada en un plano se llama *polarizador*. Estos dispositivos sirven también para analizar si una onda transversal está polarizada o no en un plano. Por ejemplo, si en la figura anterior hacemos girar el polarizador, observamos que cambia el plano de polarización de las ondas transmitidas, pero no su amplitud o intensidad.

Pero si repetimos ahora el experimento con ondas polarizadas en un plano, observamos que, al girar el polarizador, no sólo cambia el plano de polarización de las ondas transmitidas, sino que varía también su amplitud o intensidad.

Por ejemplo, si el polarizador es paralelo al plano de las ondas polarizadas incidentes (ver figura siguiente (a)), la amplitud de las ondas transmitidas es igual a la de las ondas incidentes. Cuando giramos el polarizador al ángulo θ (ver siguiente figura (b)), el plano de polarización de las ondas transmitidas gira también el ángulo θ , y la amplitud de dichas ondas es menor que la de las ondas incidentes. Si el ángulo girado es 90° (ver figura siguiente (c)), la amplitud de las ondas transmitidas es cero; es decir, *no* hay onda transmitida.



Resulta casi evidente el hecho de que una onda longitudinal no puede ser polarizada. En efecto, si una onda longitudinal pasa por un polarizador (ver figura siguiente), la amplitud de la onda transmitida no que afectada, sea cual sea la orientación del polarizador, por la sencilla razón de que las posiciones relativas del polarizador y de la onda permanecen siempre iguales.

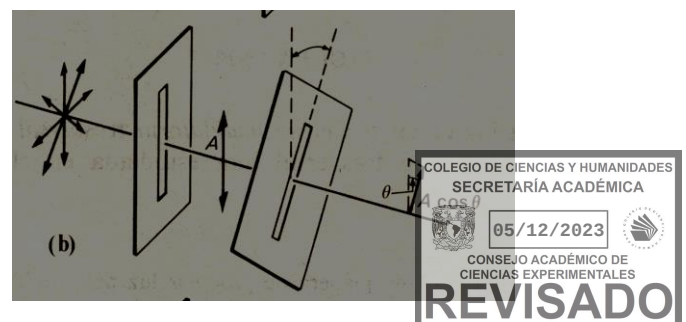
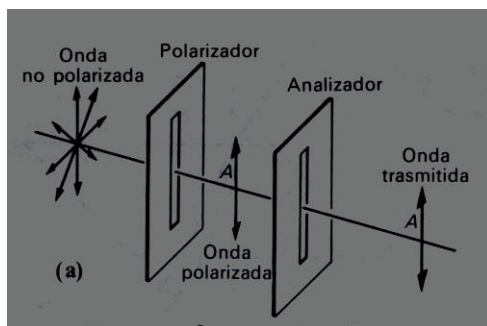


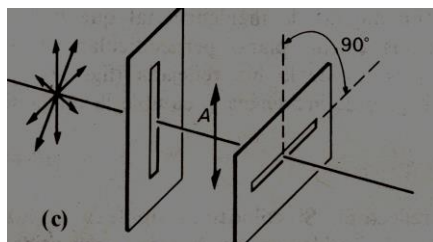
Polarización de la luz

Así como hemos visto que la observación de fenómenos de interferencia y de difracción es una prueba de que se trata de un movimiento ondulatorio, acabamos de explicar que el observar fenómenos de polarización es una clara indicación de que la onda es transversal.

Una manera de analizar si un movimiento ondulatorio es, o no, transversal consiste en utilizar dos polarizadores, uno de los cuales se llama analizador.

Por ejemplo, si queremos analizar las ondas que se propagan en una cuerda, las hacemos pasar primero por un polarizador (ver figura siguiente), que las polariza en un plano, y después por un analizador, que indica si, efectivamente, la onda incidente ha sido, o no, polarizada. Si el polarizador y el analizador están paralelos, las ondas transmitidas tienen máxima amplitud, pero al ir girando el analizador respecto al polarizador, la amplitud de las ondas transmitidas disminuye hasta hacerse cero cuando el analizador es perpendicular al polarizador, o sea, cuando ha girado un ángulo de 90° . Si seguimos girando el analizador, la amplitud de las ondas transmitidas vuelve a aumentar, siendo máxima de nuevo cuando el analizador ha girado 180° . Vemos, pues, que hay dos posiciones de máxima transmisión y dos posiciones de mínima transmisión por el analizador.





En el caso de ondas elásticas en el aire (sonido), no se han encontrado dispositivos que, al realizar un experimento similar al que acabamos de explicar para las ondas en una cuerda, produzcan fluctuaciones en la intensidad de la onda o del sonido transmitido. Por ello podemos deducir que *el sonido en el aire es una onda longitudinal*.

Resonancia

Si haces vibrar un diapasón que esté próximo a otro en reposo, observarás que este último empieza a su vez a vibrar con amplitud creciente hasta emitir la misma onda que el primero.

La explicación de este fenómeno es sencilla: el primer diapasón comunica sus vibraciones al aire y al transmitir las en todas direcciones, alcanza al diapasón en reposo. Éste recibe “golpes” periódicos y comienza a vibrar. Al principio, lo hará de forma tenue, hasta que, poco a poco, termine vibrando con el mismo período y amplitud que el primero.

Generalizando esta experiencia podemos enunciar: Cuando sobre un cuerpo actúa una fuerza de forma periódica de modo que este período coincida con el de vibración del cuerpo, entonces este cuerpo refuerza continuamente su vibración aumentando la amplitud a cada actuación de

Este fenómeno recibe el nombre de **RESONANCIA**. El cuerpo que inicia la vibración se llama excitador y el que entra en vibración por resonancia, resonador.

Ejercicio. Explica

- ¿Por qué está prohibido que la tropa pase desfilando por encima de un puente?
- ¿Qué misión tiene la caja en un violín o en una guitarra?

Por lo tanto según lo explicado, definiremos:

Resonancia es el fenómeno por el cual un cuerpo –resonador– entra en vibración cuando se produce cerca de él un sonido de la frecuencia que es capaz de dar, reforzando así con su sonido el del cuerpo excitador.



Ejemplo

La nota “la” dada por un diapasón corresponde a una frecuencia de 435 Hertz.
El aire contenido en tubo cerrado por un extremo vibra con una frecuencia de 435 Hertz cuando la longitud del tubo sea de 19.1 cm.

Pues, bien si haces vibrar un diapasón sobre una probeta de unos 50 cm vacía, al principio apenas oirás más que un débil sonido. Pero si, poco a poco, vas echando agua en la probeta observarás que el sonido se refuerza enormemente cuando el nivel del agua deje un espacio vacío precisamente de 19.1cm; puesto que es entonces cuando la columna de aire entra en vibración con la misma frecuencia que el excitador, reforzando así su longitud.



Ejercicios: Interferencia, Difracción

Interferencia y Difracción

1. Complete las frases siguientes:

1. Cuando un cuerpo se encuentra sujeto a la acción de dos o más movimientos ondulatorios, los obedece a todos, sin que dichos movimientos ondulatorios se _____
2. En el caso de la pregunta anterior, para determinar la elongación de cada punto del cuerpo afectado, se suman las elongaciones que tendría por todos y cada uno de dichos movimientos, pero esta suma debe hacerse _____
3. El fenómeno mencionado en las preguntas anteriores se llama _____
4. Casi siempre, cuando se producen interferencias de ondas sencillas, la onda resultante es más _____
5. Las ondas estacionarias (que no cambian de lugar) se producen por la interferencia de dos ondas iguales que tengan sentido _____
6. Si interfieren ondas de longitudes de onda muy parecidas, la amplitud de la onda resultante alternativamente aumenta y disminuye, modificaciones que reciben el nombre de _____
7. Como cada uno de los puntos de un frente de onda se comportan como si fueran fuente de ondas, cuando llegan a los obstáculos se produce el fenómeno de la _____
8. El hecho de que las ondas puedan rodear obstáculos se debe a la _____



2. Entre los paréntesis de la derecha escriba las letras de las palabras de la izquierda que completen correctamente las frases de que se trata.

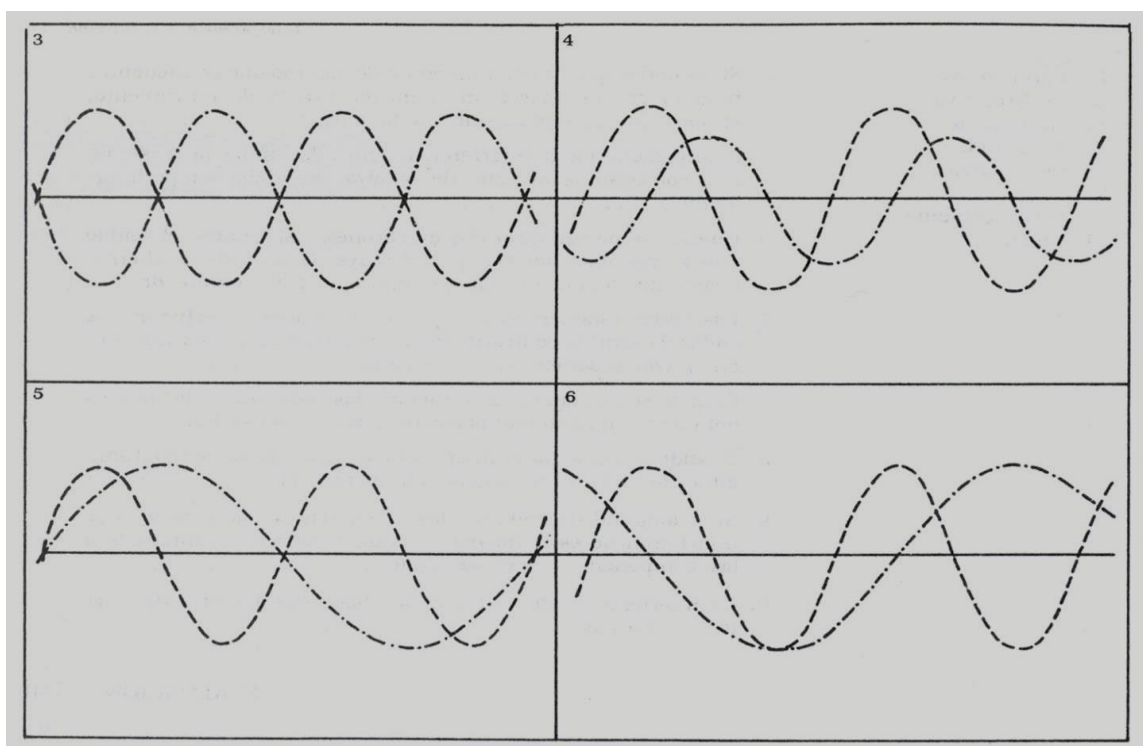
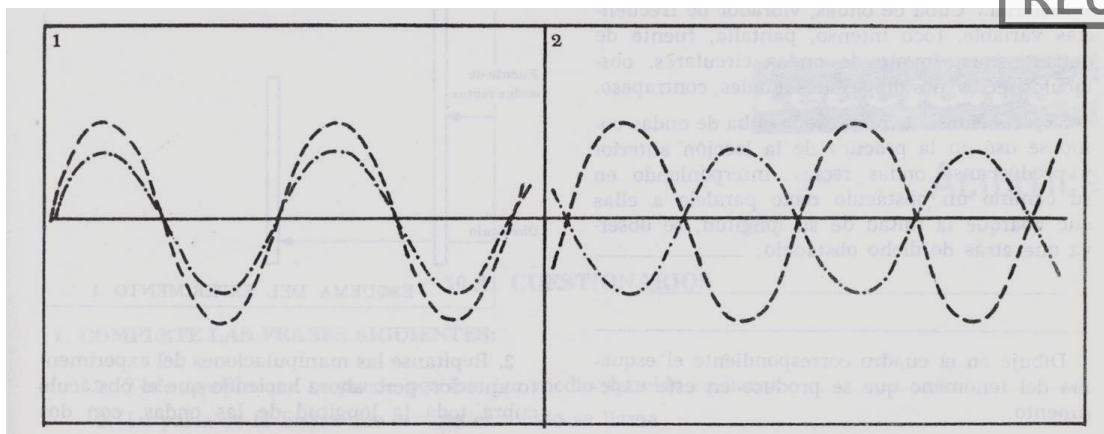
- | | |
|---------------------|--|
| A. Nudo | 1. Si al producirse una interferencia la amplitud de la onda resultante es mayor que las amplitudes de las ondas componentes, se trata de una interferencia.....() |
| B. Fase | 2. Se puede oír un sonido dentro de una habitación aunque no se produzca frente a su puerta abierta, debido a la.....() |
| C. Difracción | 3. Si las ondas que llegan a un punto del cuerpo que se encuentra bajo su acción, presentan el mismo estado de movimiento se dice que se encuentran en la misma.....() |
| D. Longitud de onda | 4. Si al presentarse la interferencia entre dos ondas la cresta de una corresponde al valle de la otra, se produce una interferencia.....() |
| E. Batimientos | 5. Cuando se hace sonar dos diapasones casi iguales, el sonido que se percibe aumenta y disminuye de intensidad alternativamente, fenómeno que se conoce con el nombre de.....() |
| F. Constructiva | 6. Las ondas estacionarias se producen cuando interfieren dos ondas de sentido contrario, pero que tienen la misma frecuencia y consecuentemente la misma.....() |
| G. Irregulares | 7. Cuando se forman ondas estacionarias cada uno de los puntos del cuerpo agitado que permanece en reposo se llama () |
| H. Amplitud | 8. Cuando se presenta la interferencia entre ondas de igual longitud de onda y frecuencia sólo cambia la.....() |
| I. Destructiva | 9. Si la longitud de onda de dos movimientos ondulatorios que interfieren no es la misma, la onda resultante es diferente a las componentes, pero se repite.....() |
| J. Valle | 10. La interferencia de varias ondas hace que las olas del mar tengan formas...() |
| K. Periódicamente | |



L. Cresta

Problema

En los dibujos siguientes, se ilustran dos ondas que interfieren entre sí, dibuja con una línea de color la onda resultante para cada dibujo.



Práctica. Interferencia y Difracción

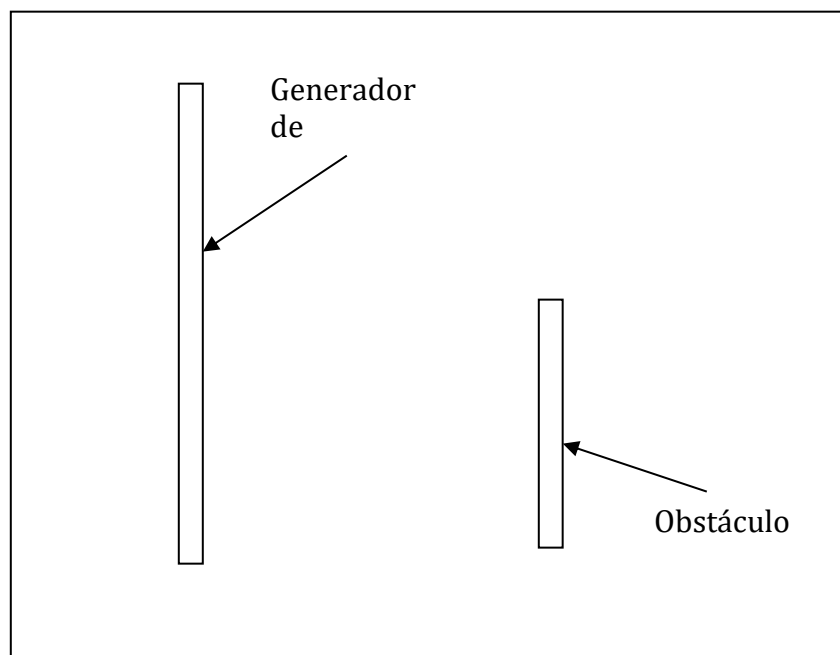
Objetivo. Establecer experimentalmente los fenómenos de interferencia y difracción.

Material. Cuba de ondas, vibrador de frecuencia variable, lámpara, capulín, dispositivo para generar ondas planas, dispositivo para generar ondas circulares, obstáculos rectos.

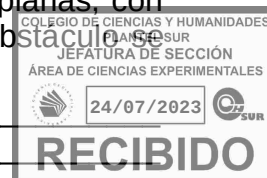
Experimento 1. Montar la cuba de ondas como los experimentos anteriores y producir ondas planas, colocando en su camino un obstáculo de parafina recto paralelo a las ondas generadas de la mitad de la longitud del generador de ondas planas, se observa que atrás del obstáculo _____

Dibuje el esquema del fenómeno que se produce.

Dibujo del Experimento 1



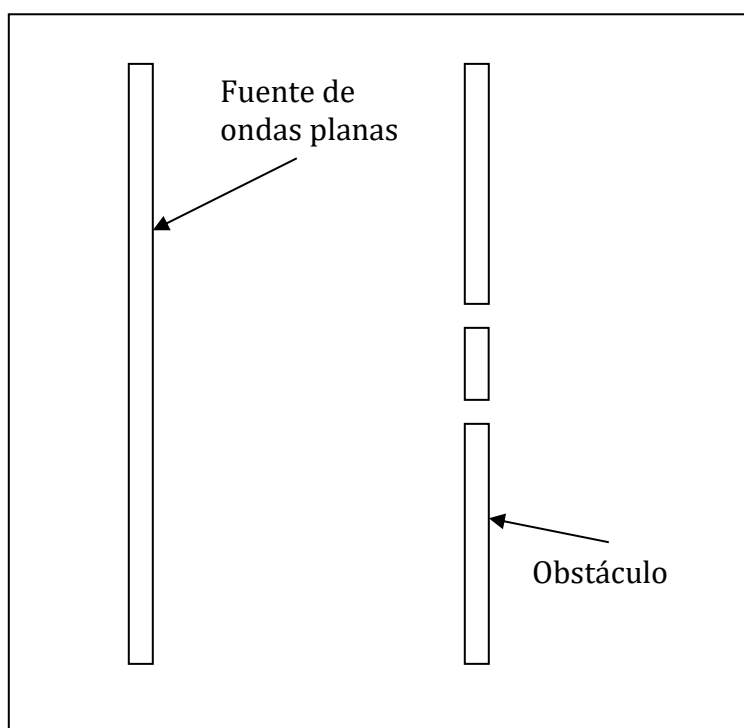
Experimento 2. Repetir el experimento anterior pero ahora coloque tres obstáculos rectos de parafina que cubran toda la longitud de la fuente de ondas planas, con dos pequeñas aberturas separadas 5 cm. Se observa que atrás del obstáculo se forman



Y entre la fuente de ondas planas y el obstáculo, se forman

Dibuje el esquema del fenómeno que se produce en este experimento

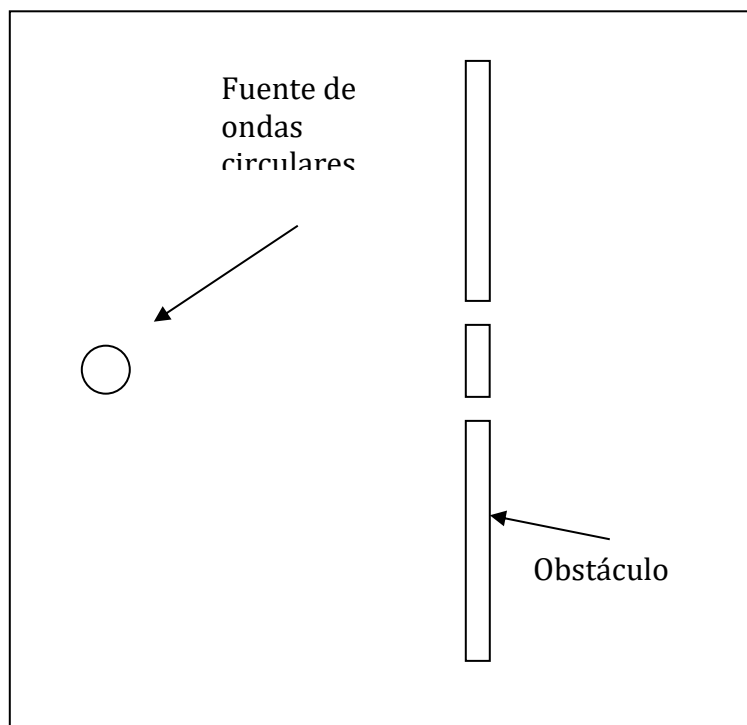
Dibujo del experimento



3. Repítanse los pasos del experimento anterior, pero ahora usando las fuente de ondas circulares y de tal manera que las dos aberturas queden equidistantes a la fuente, se observa que:



Dibuje el esquema del fenómeno que se produce en este experimento.

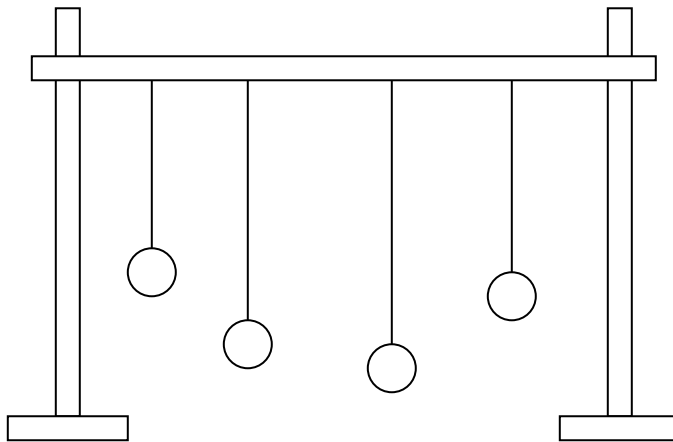


Práctica. Resonancia

Objetivo. Demostrar experimentalmente la resonancia.

Material. Varilla cilíndrica de madera que pueda girar libremente y que tenga cuatro agujeros diametrales igualmente espaciados, soporte para la varilla anterior, cuatro esferas pendulares pesadas (que pueden colgarse de un hilo), hilo flexible, dos diapasones iguales con caja de resonancia, martillo de hule para hacer vibrar los diapasones.

Introducción. Colóquese la varilla de madera horizontalmente en su soporte, de tal manera que pueda girar libremente sobre su eje.



Pasando los hilos por los agujeros diametrales, cuélguense tres esferas a alturas diferentes, pero fijas, por ejemplo a 15 cm, 30 cm y 45 cm de la varilla respectivamente, mientras que la cuarta de tal manera que cambiarse su altura fácilmente, como se ve en el esquema anterior.

Experimentos

1. Ajústese el largo del hilo que sostiene la cuarta esfera para que quede a 30 cm de la varilla y hágase oscilar en dirección perpendicular al plano de los hilos, sin tocar las otras tres esferas.

Se observa después de que ha transcurrido un tiempo corto, que mientras que dos de las esferas prácticamente _____, la que se encuentra a la misma altura que la cuarta

Como se ha visto, la frecuencia de oscilación del péndulo simple depende únicamente de su



De lo que se deduce que la frecuencia natural de vibración de las dos esferas que se encuentran a la misma altura es _____, y como se vio, fue la que _____ por resonancia.

2. Repítase la manipulación anterior, pero ahora ajustando el largo del hilo de la cuarta esfera hasta que quede a 15 cm de la varilla, se observa que: _____

3. Repita los pasos anteriores, pero ahora ajustando el hilo de la cuarta esfera hasta que su altura sea de 45 cm desde la varilla, se observa que: _____

4. Colóquese los dos diapasones separados por una distancia de aproximadamente un metro y déle un golpe a uno de ellos para que vibre; después de 10 o 15 segundos deténgase y observe el otro diapasón que no golpeó, _____ se _____ nota que: _____

Debe tomar en cuenta que como los dos diapasones son iguales, sus frecuencias naturales _____ de _____ vibración son _____

5. Repita los pasos del experimento anterior varias veces, pero ahora colocando los diapasones a distancias diferentes y mayores, se observa que: _____

Conclusiones

Las observaciones hechas en los experimentos anteriores demuestran las características del fenómeno de la resonancia que son: _____



CIERRE

Realiza un mapa conceptual de la temática de los “Fenómenos Ondulatorios y Aplicaciones del estudio de las ondas” -aplicaciones de los fenómenos ondulatorios relacionados con la ciencia, tecnología y la sociedad, reflexión, refracción, interferencia, difracción, polarización, resonancia, efecto Doppler.



APRENDIZAJES	TEMÁTICAS
El Alumno: - Comprende algunas de las aplicaciones de los fenómenos ondulatorios relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad. N2. - Reconoce el impacto en la salud y en el ambiente de la contaminación sonora y electromagnética. N1.	- Sistemas de diagnóstico médico, de detección de sismos y telecomunicaciones. - Contaminación sonora y electromagnética.



APERTURA

1. ¿Qué sistema de diagnóstico médico conoces?
2. ¿En qué consisten los sistemas de detección de sismos?
3. ¿Qué diferencias hay entre resonancia, TAC y radiografía?
4. ¿Qué entiendes por contaminación sonora?
5. ¿Qué entiendes por contaminación electromagnética?

DESARROLLO

En el mundo contemporáneo, el espectro electromagnético es un elemento clave para las telecomunicaciones y la transmisión de información. También es imprescindible en técnicas exploratorias (tipo radar/sonar) del espacio exterior como una forma de comprender fenómenos astronómicos distantes en el tiempo y el espacio.

Tiene diversas aplicaciones médicas y prácticas que son, además, parte de lo que hoy tomamos como calidad de vida. Por eso su manipulación es, sin duda, uno de los grandes descubrimientos de la humanidad.

Fuentes naturales de campos electromagnéticos

En el medio en que vivimos, hay campos electromagnéticos por todas partes, pero son invisibles para el ojo humano. Se producen campos eléctricos por la acumulación de cargas eléctricas en determinadas zonas de la atmósfera por efecto de las tormentas. El campo magnético terrestre provoca la orientación de las agujas de los compases en dirección Norte-Sur y los pájaros y los peces lo utilizan para orientarse.

Fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre

Además de las fuentes naturales, en el espectro electromagnético hay también fuentes generadas por el hombre: Para diagnosticar la rotura de un hueso por un accidente deportivo, se utilizan los rayos X. La electricidad que surge de cualquier toma de corriente lleva asociados campos electromagnéticos de frecuencia baja. Además, diversos tipos de ondas de radio de frecuencia más alta se utilizan para transmitir información, ya sea por medio de antenas de televisión, estaciones de radio o estaciones base de telefonía móvil.



Conceptos básicos sobre la longitud y frecuencia de las ondas

¿Por qué son tan diferentes los diversos tipos de campos electromagnéticos?

Una de las principales magnitudes que caracterizan un campo electromagnético (CEM) es su frecuencia, o la correspondiente longitud de onda. El efecto sobre el organismo de los diferentes campos electromagnéticos es función de su frecuencia. Podemos imaginar las ondas electromagnéticas como series de ondas muy uniformes que se desplazan a una velocidad enorme: la velocidad de la luz. La frecuencia simplemente describe el número de oscilaciones o ciclos por segundo, mientras que la expresión «longitud de onda» se refiere a la distancia entre una onda y la siguiente. Por consiguiente, la longitud de onda y la frecuencia están inseparablemente ligadas: cuanto mayor es la frecuencia, más corta es la longitud de onda.

El concepto se puede ilustrar mediante una analogía sencilla. Ate una cuerda larga al pomo de una puerta y sujete el extremo libre. Si lo mueve lentamente arriba y abajo generará una única onda de gran tamaño; un movimiento más rápido generará numerosas ondas pequeñas. La longitud de la cuerda no varía, por lo que cuantas más ondas genere (mayor frecuencia), menor será la distancia entre las mismas (menor longitud de onda).

¿Qué diferencia hay entre los campos electromagnéticos no ionizantes y la radiación?

La longitud de onda y la frecuencia determinan otra característica importante de los campos electromagnéticos. Las ondas electromagnéticas son transportadas por partículas llamadas cuantos de luz. Los cuantos de luz de ondas con frecuencias más altas (longitudes de onda más cortas) transportan más energía que los de las ondas de menor frecuencia (longitudes de onda más largas). Algunas ondas electromagnéticas transportan tanta energía por cuanto de luz que son capaces de romper los enlaces entre las moléculas. De las radiaciones que componen el espectro electromagnético, los rayos gamma que emiten los materiales radioactivos, los rayos cósmicos y los rayos X tienen esta capacidad y se conocen como «radiación ionizante». Las radiaciones compuestas por cuantos de luz sin energía suficiente para romper los enlaces moleculares se conocen como «radiación no ionizante». Las fuentes de campos electromagnéticos generadas por el hombre que constituyen una parte fundamental de las sociedades industriales (la electricidad, las microondas y los campos de radiofrecuencia) están en el extremo del espectro electromagnético correspondiente a longitudes de onda relativamente largas y frecuencias bajas y sus cuantos no son capaces de romper enlaces químicos.

Campos electromagnéticos de frecuencias bajas

En presencia de una carga eléctrica positiva o negativa se producen campos eléctricos que ejercen fuerzas sobre las otras cargas presentes en el campo. La intensidad del campo eléctrico se mide en voltios por metro (V/m). Cualquier



conductor eléctrico cargado genera un campo eléctrico asociado, que está presente aunque no fluya la corriente eléctrica. Cuanto mayor sea la tensión, más intenso será el campo eléctrico a una determinada distancia del conductor.

Los campos eléctricos son más intensos cuanto menor es la distancia a la carga o conductor cargado que los genera y su intensidad disminuye rápidamente al aumentar la distancia. Los materiales conductores, como los metales, proporcionan una protección eficaz contra los campos magnéticos. Otros materiales, como los materiales de construcción y los árboles, presentan también cierta capacidad protectora. Por consiguiente, las paredes, los edificios y los árboles reducen la intensidad de los campos eléctricos de las líneas de conducción eléctrica situadas en el exterior de las casas. Cuando las líneas de conducción eléctrica están enterradas en el suelo, los campos eléctricos que generan casi no pueden detectarse en la superficie.

Los campos magnéticos se originan por el movimiento de cargas eléctricas. La intensidad de los campos magnéticos se mide en amperios por metro (A/m), aunque en las investigaciones sobre campos electromagnéticos los científicos utilizan más frecuentemente una magnitud relacionada, la densidad de flujo (en microteslas, μT). Al contrario que los campos eléctricos, los campos magnéticos sólo aparecen cuando se pone en marcha un aparato eléctrico y fluye la corriente. Cuanto mayor sea la intensidad de la corriente, mayor será la intensidad del campo magnético.

¿Cuáles son las principales fuentes de campos de frecuencia baja, media y alta?

Los campos electromagnéticos variables en el tiempo que producen los aparatos eléctricos son un ejemplo de campos de frecuencia extremadamente baja (FEB, o ELF, en inglés), con frecuencias generalmente de hasta 300 Hz. Otras tecnologías producen campos de frecuencia intermedia (FI), con frecuencias de 300 Hz a 10 MHz, y campos de radiofrecuencia (RF), con frecuencias de 10 MHz a 300 GHz. Los efectos de los campos electromagnéticos sobre el organismo no sólo dependen de su intensidad sino también de su frecuencia y energía. Las principales fuentes de campos de FEB son la red de suministro eléctrico y todos los aparatos eléctricos; las pantallas de computadora, los dispositivos antirrobo y los sistemas de seguridad son las principales fuentes de campos de FI y las principales fuentes de campos de RF son la radio, la televisión, las antenas de radares y teléfonos celulares y los hornos de microondas. Estos campos inducen corrientes en el organismo que, dependiendo de su amplitud y frecuencia, pueden producir diversos efectos como calentamiento y sacudidas eléctricas. (No obstante, para producir estos efectos, los campos exteriores al organismo deben ser muy intensos, mucho más que los presentes habitualmente en el medio.)

Campos electromagnéticos de frecuencias altas

Los teléfonos móviles, la televisión y los transmisores de radio y radares producen campos de RF. Estos campos se utilizan para transmitir información a distancias



largas y son la base de las telecomunicaciones, así como de la difusión de radio y televisión en todo el mundo. Las microondas son campos de RF de frecuencias altas, del orden de GHz. En los hornos de microondas, utilizamos estos campos para el calentamiento rápido de alimentos.

En las frecuencias de radio, los campos eléctricos y magnéticos están estrechamente relacionados y sus niveles se miden normalmente por la densidad de potencia, en vatios por metro cuadrado (W/m^2).



DIFERENCIAS ENTRE RESONANCIA, TAC Y RADIOGRAFÍA

Estas pruebas de diagnóstico mediante imagen son muy comunes en la clínica, pero, ¿sabemos las diferencias entre ellas?

Observar huesos fracturados, detectar infecciones en los pulmones, descubrir la presencia de tumores, revelar problemas en los ligamentos... Todo esto sería imposible sin las pruebas de diagnóstico por imagen.

Muchas enfermedades y traumatismos solo pueden diagnosticarse viendo el interior de órganos y tejidos a los que no tenemos un acceso directo. Afortunadamente, la medicina ha desarrollado técnicas que permiten visualizar el interior de estas estructuras sin necesidad de realizar prácticas invasivas.

En esto consisten las pruebas de diagnóstico por imagen, que son unas técnicas útiles para obtener imágenes de los órganos y tejidos y detectar así la presencia de determinadas enfermedades, así como para estudiar la anatomía y fisiología humanas.

Las pruebas que se realizan más habitualmente en clínica son la resonancia electromagnética, el TAC y la radiografía. Pese a que se suelen confundir, cada una de ellas está diseñada para cumplir con una función concreta.

En este artículo repasaremos las diferencias entre estas tres técnicas de diagnóstico por imagen, analizando cómo es su funcionamiento y cuáles son sus aplicaciones en el mundo de la medicina.

Diagnóstico por imagen: ¿en qué consiste?

Las pruebas de diagnóstico por imagen son todas aquellas técnicas que utilizan aparatos electrónicos para observar el interior del cuerpo humano y buscar indicios (o confirmar) de la presencia de distintos trastornos médicos.

La principal ventaja de estas técnicas es que no duelen ni dejan secuelas para el paciente, pues no son necesarias operaciones quirúrgicas para observar cómo está el interior de su cuerpo. Y, además, son fáciles de realizar y tienen una alta efectividad, pues los resultados no suelen dejar lugar a dudas.



Los inconvenientes son que, a menudo, es necesario que el usuario permanezca en el interior de estos aparatos durante un tiempo más o menos largo, cosa que puede resultar incómoda para la persona.

Algunas pruebas incluyen el uso de dosis bajas de radiación. Pese a que suele despertar el rechazo de la gente, esto no representa ningún riesgo para la salud, pues la dosis es muy baja y el tiempo de exposición es ínfimo. Para llegar a tener algún problema habría que someterse diariamente a estas dosis durante mucho tiempo.



Por lo tanto, se trata de técnicas muy fiables y seguras para el paciente. Básicamente hay tres pruebas de diagnóstico por imagen: resonancia magnética, tomografía axial computarizada (TAC) y las famosas radiografías.

Las principales diferencias entre estas tres técnicas

Generalmente, cuando se nos dice que debemos someternos a alguna técnica de diagnóstico por imagen, se nos dan pocas explicaciones acerca del funcionamiento de estas pruebas. Sin embargo, es importante conocer la naturaleza de los aparatos clínicos que ayudan a los médicos a detectar la presencia de determinados trastornos.

En muchas ocasiones, estas tres pruebas de diagnóstico son el primer paso antes de empezar los tratamientos necesarios en caso de que revelen que sufrimos alguna afección.

En este artículo presentaremos las principales diferencias entre una resonancia magnética, un TAC y una radiografía.

¿Qué detectan?

La principal diferencia entre una resonancia, un TAC y una radiografía viene en este aspecto. Cada una de ellas se aplica en situaciones diferentes, dependiendo de aquello que se quiera detectar.

La resonancia magnética sirve para diagnosticar enfermedades relacionadas con el abdomen, la pelvis y el pecho. Además, sirve para detectar la presencia de muchos otros trastornos como por ejemplo tumores, rupturas de ligamento, meniscos y tendones, problemas en los músculos, etc. También es útil para examinar y diagnosticar trastornos del cerebro y de la médula espinal.

A grandes rasgos, la resonancia es útil para detectar problemas en los tejidos blandos del cuerpo, algo que no pueden hacer tan efectivamente las dos otras técnicas.

Un TAC está, en cuanto a detección de trastornos, a medio camino entre una resonancia y una radiografía. Es útil para diagnosticar traumatismos y hemorragias internas, aunque también permite la detección de tumores, infecciones profundas,



afecciones de la médula espinal, coágulos de sangre, signos de enfermedad cardíaca, etc.

Por último, la radiografía sirve básicamente para detectar fracturas, huesos rotos. De todos modos, la radiografía de tórax sirve para diagnosticar una neumonía, y la mamografía, para detectar cáncer de mama.



2. ¿Cómo funcionan?

Que detecten cosas distintas es debido a que su funcionamiento es también diferente. A grandes rasgos, el TAC y la radiografía utilizan rayos X; la resonancia, no.

2.1. Resonancia magnética

Como su propio nombre indica, la resonancia magnética basa su funcionamiento en las propiedades del magnetismo. El aparato de resonancia utiliza un gran imán y ondas de radio, las cuales inciden sobre la persona y permiten la obtención de imágenes de sus tejidos blandos.

Se trata de un escaneo en el que el paciente se tumba en una mesa que se desliza dentro del aparato de resonancia, el cual tiene forma de túnel. Durante el proceso, la máquina hace mucho ruido y va realizando un barrido del cuerpo de la persona, por lo que es muy importante que esta se mantenga inmóvil. De lo contrario, la imagen obtenida estaría borrosa.

2.2. TAC

El TAC, en cambio, utiliza un equipo de rayos X que consiste en una máquina similar a la de la resonancia, con forma de anillo con un túnel corto en el centro. En su interior, hay un tubo de rayos X que va rotando alrededor del paciente, sacando continuamente imágenes gracias a la radiación que incide sobre el cuerpo. Es más rápido que la resonancia magnética.

El TAC se basa en que las partes del cuerpo absorben la radiación de distinta manera, haciendo que las revelaciones obtenidas sean diferentes en función de si la radiación puede atravesar esa parte del cuerpo o no. Si puede atravesarlo perfectamente, se verá negro. Si no puede, blanco. Por ello, zonas óseas se ven de color blanco; los tejidos blandos, grises; el aire, negro. Después, estas imágenes son superpuestas y permiten obtener una imagen final tridimensional con la que se puede observar no solo huesos, sino tumores, hemorragias internas y otras afecciones.

2.3. Radiografía

Por último, la tradicional radiografía. La radiografía se basa en el mismo principio que el TAC, pero este procedimiento es más sencillo. En resumen, un TAC es un conjunto de radiografías juntas para obtener una imagen tridimensional. Por lo tanto, una radiografía es una sola imagen en dos dimensiones.



En un examen mediante radiografía, el paciente no debe entrar en un túnel, pues no es necesario obtener una imagen tridimensional. Es suficiente con que la persona sitúe la parte del cuerpo a analizar sobre una placa de revelado. Se tomará una única imagen incidiendo los rayos X y eso permitirá básicamente, fracturas en los huesos, pues no da información sobre tejidos blandos.



3. ¿Qué riesgos tienen?

Como hemos dicho, son técnicas muy seguras y, pese a que algunas de ellas utilicen radiación, esta está a unas dosis tan bajas y el tiempo de exposición es tan corto que no ocasiona ningún problema serio para la salud del paciente.

En el caso de la resonancia magnética, el único riesgo que hay viene dado si en el cuerpo de la persona hay algún componente metálico. Al usar imanes muy potentes para obtener las imágenes, si el paciente tiene algo de metal en su cuerpo, esto puede suponer un problema de seguridad.

Por ello, si tiene prótesis metálicas articulares, marcapasos, grapas quirúrgicas, implantes, válvulas cardíacas artificiales o esquirlas en el cuerpo, es importante no someterse a una resonancia magnética. Incluso los tatuajes pueden ser un impedimento, pues algunas tintas contienen partículas de metal.

Los riesgos del TAC y la radiografía son los mismos, pues ya hemos visto que su funcionamiento es muy similar. La radiación que recibe el cuerpo durante un TAC es mayor ya que el tiempo de exposición es superior que en una simple radiografía, pero tampoco se ha demostrado que haya efectos negativos para la salud ni a corto ni a largo plazo.

Otro riesgo para ambas técnicas de rayos X viene dado por el uso de materiales de contraste. En determinadas ocasiones, el médico puede pedirle al paciente que beba un líquido de contraste (a veces puede inyectarse en vena), el cual tiene químicos que ayudan a que la imagen obtenida sea más clara.

Aunque es poco frecuente, este material de contraste puede ocasionar reacciones alérgicas, las cuales suelen ser leves y consistir en un simple sarpullido o picazón. Otras veces puede causar aturdimiento, náuseas o notar un sabor metálico en la boca. Solo en raras ocasiones esta reacción alérgica es grave.

4. ¿Están contraindicadas en algún caso?

Hay casos en los que estas pruebas de diagnóstico por imagen están contraindicadas, por lo que habrá que buscar soluciones alternativas que no pongan en peligro la salud del paciente.

En el caso de la resonancia, está contraindicada si la persona lleva alguno de los dispositivos metálicos mencionados anteriormente, está embarazada o si tiene problemas renales o hepáticos.



En cuanto al TAC y la radiografía, están contraindicadas si la persona está embarazada, si ha tenido episodios de alergia al líquido de contraste o si el paciente sometido a la prueba es un niño, pues es difícil que se esté quieto y habría que administrarle un sedante.

Referencias bibliográficas

- Parks, T., Williamson, G.F. (2002) "Digital Radiography: An Overview". The Journal of Contemporary Dental Practice.
- Mohsen, A. (2017) "Industrialized Computerized Axial Tomography (CAT-TC)". Research Gate.
- Pollacco, D.A. (2016) "Magnetic Resonance Imaging". Research Gate.



DE SISMÓMETROS Y GPS, TECNOLOGÍAS DE MONITOREO DE SISMOS

En varias partes del mundo, los sismos suceden de manera recurrente, por lo que se ha tenido que aprender a vivir con ellos. En muchas ocasiones, han sido causantes de grandes desastres humanos, sobre todo porque son fenómenos naturales que no se pueden predecir.

Afortunadamente, en México, en comparación con los sismos de 1985, hoy existe tecnología que contribuye a realizar mediciones sismológicas más exactas. Para ello se utilizan los sismómetros, los cuales permiten registrar de manera precisa el movimiento del suelo, específicamente la velocidad.

"Son aparatos muy sensibles que son capaces de detectar sismos muy pequeños y casi imperceptibles para los humanos, como son los de magnitud dos, por ejemplo", explica Raúl Valenzuela Wong, investigador del Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM.

Convencionales y de banda ancha

A inicios de los años noventa, se comenzaron a utilizar los sismómetros de banda ancha, cuya particularidad es que pueden registrar sismos en un amplio rango de frecuencias, lo que permite hacer un registro más completo y preciso de las características del sismo; registrar sismos cercanos y también lejanos.

Cuando un sismómetro convencional se encuentra cerca del epicentro de un sismo muy fuerte, se produce un fenómeno denominado saturación, pues al estar muy próximo a las ondas sísmicas, el sismómetro no lo registra correctamente debido a que el desplazamiento puede ser mayor al rango de detección del sismómetro convencional.

Los sismómetros de banda ancha, en cambio, permiten registrar de mejor manera los grandes sismos sin problemas de saturación. Este es quizá uno de los avances más trascendentes en cuanto a la tecnología que se utiliza para detectarlos, pues su funcionamiento es bastante satisfactorio, resalta el investigador.

Amplia cobertura

El Servicio Sismológico Nacional (SSN) cuenta con una red de sismómetros de banda ancha. Se trata de una red de 60 sismómetros en estaciones permanentes repartidas por todo el territorio nacional, sobre todo en la parte sur cerca de la costa del Pacífico, en estados como Guerrero, Oaxaca y Chiapas, donde existe mayor actividad sísmica. También cuenta con 30 estaciones de la Red del Valle de México, la cual cubre la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.



Además, con el avance en las telecomunicaciones es posible obtener datos prácticamente en tiempo real o casi en tiempo real, los cuales se envían al Servicio Sismológico. Con esos datos se puede conocer la latitud, longitud, magnitud y profundidad del hipocentro, es decir el punto dentro de la Tierra donde inicia un sismo. Este es un proceso que se lleva a cabo en 10 ó 15 minutos después de ocurrido el sismo.

Para realizar todo ese proceso, se requieren enlaces vía satélite, líneas telefónicas y conexiones por internet; es una combinación de instrumentos que, dependiendo de la ubicación, se analiza con qué tecnología se tiene disponible para que los datos lleguen de manera rápida al SSN.

Instrumentos de registro sísmico

Sismómetros

Estos instrumentos se utilizan para registrar la ubicación y magnitud de un terremoto.

Acelerómetros

Son sensores que miden la aceleración del suelo o de una estructura que se mueve en respuesta a un sismo. Son útiles para conocer las características que harán que un edificio resista un sismo.

Sistemas de Posicionamiento Global (GPS)

Sirven para medir la velocidad y dirección con la que se mueven las placas tectónicas antes, durante y después de la ocurrencia del sismo.

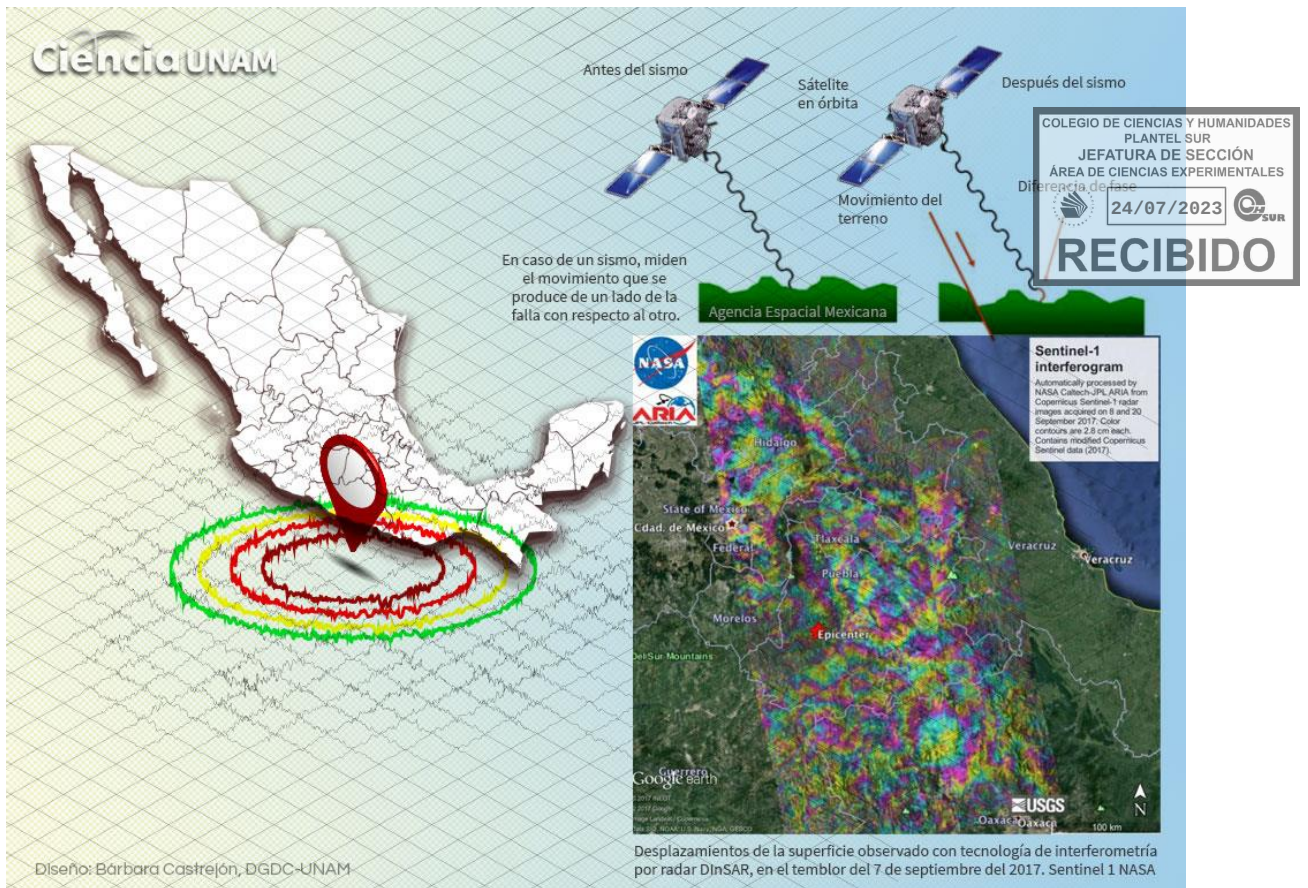
Interferometría por radar

Se trata de una técnica RADAR utilizada en geodesia y en teledetección; se basa en el estudio del patrón de interferencia de fase de las ondas de dos imágenes.

Satélites en órbita

En caso de un sismo, miden el movimiento que se produce de un lado de la falla con respecto al otro.





Otro instrumento de medición sísmica que no existía antes del sismo de 1985, es el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), el cual opera vía satélite. Éste funciona al colocar antenas en distintas partes del país, y con ello conocer de manera muy precisa la localización de esa antena y así medir la velocidad y la dirección con la cual se están moviendo las placas tectónicas.

Incluso, si se llegara a producir un sismo y hay una antena GPS en la zona, se puede registrar la ocurrencia de ese movimiento empleando este instrumento, con una medición directa del suelo.

Igualmente, con tecnología vía satelital, está la interferometría por radar, que funciona de la siguiente manera: al estar el satélite en órbita, lanza una señal de radar que rebota con la superficie de la Tierra y se regresa al satélite, lo que permite medir de forma precisa la posición de los puntos, comparte Raúl Valenzuela. Es necesario comparar dos mediciones realizadas con varios días de diferencia.

Este instrumento, además de utilizarse para el estudio de sismos, sirve para analizar el hundimiento del suelo por extracción de agua en ciudades como Celaya, Aguascalientes, la Ciudad de México.

Estudios avanzados



Gracias a todas estas tecnologías, hoy se sabe de la existencia de los llamados sismos lentos o eventos de deslizamiento lento. Este tipo de sismos se repiten cada cuatro años en regiones como el estado de Guerrero, detalla el especialista para Ciencia UNAM.

También se ha podido detectar un fenómeno llamado tremor tectónico que se refiere a sismos muy pequeños que ocurren en partes específicas de la zona de subducción. “Con todas estas tecnologías nos hemos podido dar cuenta de que el proceso de acumulación y liberación de energía y generación de sismos, es bastante más complejo de lo que conocíamos en 1985”.

Otra contribución de la tecnología, reitera Raúl Valenzuela, es que al producirse un sismo se puede ocasionar una redistribución de esfuerzos, desencadenando más sismos posteriormente.

En México, cada año se registran más de 100 sismos con magnitudes mayores o iguales a 4.5, mientras que se espera un sismo con magnitud mayor o igual a 7.5 cada 10 años.



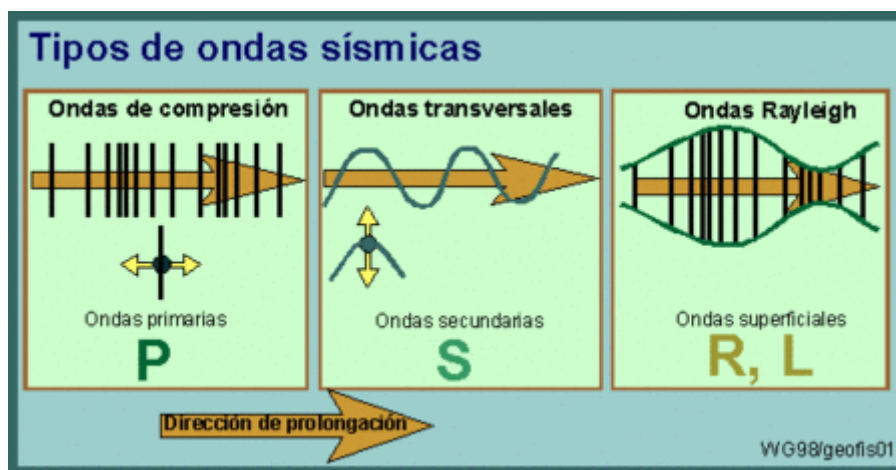
ASÍ FUNCIONA EL SISTEMA QUE ES CAPAZ DE DETECTAR UN TERREMOTO ANTES DE QUE LO NOTEMOS

Seguro que habéis escuchado la noticia: en la madrugada del sábado al domingo, un terremoto de magnitud 6,1 sacudía el norte de California, en Estados Unidos. Los expertos lo han calificado como el peor desde 1989, dejando tras sí 12 heridos de diversa consideración y multitud de daños materiales. Tras él, numerosas réplicas hicieron que cundiera el pánico en numerosos puntos del estado, que ha llegado a decretar el estado de emergencia.

Curiosamente, y antes de que el suelo comenzara a temblar, un grupo de científicos recibió una alerta en sus pantallas que les avisaba del inminente terremoto, así como de la intensidad esperada. Esto es posible al sistema de detección temprana de terremotos que está activado, en modo experimental, en California, pero que también utilizan otros países de forma más avanzada. ¿Cómo funcionan estos detectores?

¿Qué es un terremoto?

Para entender los sistemas de detección, antes hay que conocer un poco en profundidad qué es un terremoto y qué procesos tienen lugar cuando se produce uno. A grandes rasgos, la corteza terrestre se divide en placas tectónicas y es precisamente en los bordes de esas placas, cuando una choca con otra, donde se originan estos temblores. El punto de origen es conocido como hipocentro mientras que el punto de la superficie justo encima del hipocentro se conoce como epicentro.

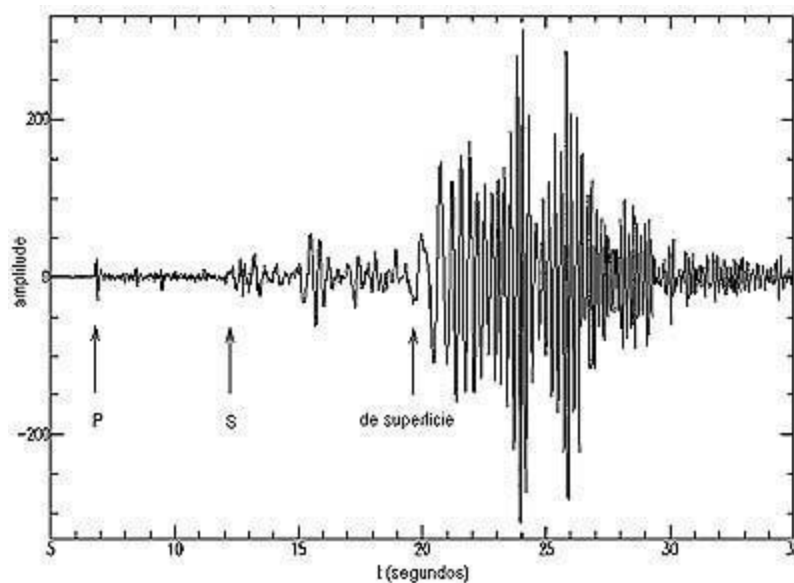


Una vez se produce el terremoto, el movimiento sísmico se propaga a través de ondas y, en función de sus características y de lo que atraviesan, hay distintos tipos. Las Ondas longitudinales o P son las que primero se propagan, ya que viajan a una velocidad de hasta 13 km/s. Son las primeras que se detectan y, al

circular por el interior de la tierra, no son realmente peligrosas. Después llegan las Ondas transversales o S, más lentas y que únicamente atraviesan sólidos. Finalmente las ondas superficiales, que tienen lugar como consecuencia de la acción de las P y de las S sobre la superficie terrestre. Son las más lentas y también las más peligrosas.



Los sismógrafos son aparatos que miden precisamente estas variaciones. A continuación os dejamos un ejemplo de lo que mediría un sismógrafo cuando se produce un terremoto. Si os fijáis, primero llegan las ondas P, luego las ondas S y finalmente las ondas de superficie, que son las que de verdad sentimos nosotros en nuestras casas. El tiempo que pasa entre la llegada de las distintas ondas es tan sólo de segundos.

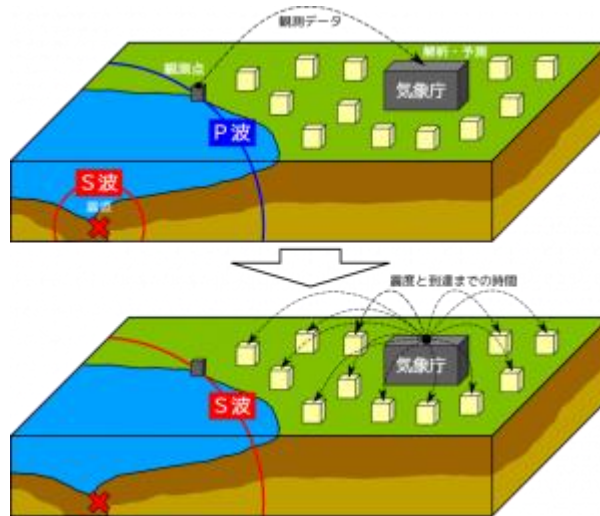


Lo que podéis ver sobre estas líneas es la alerta que hasta 150 personas recibieron diez segundos antes de que se comenzara a sentir el terremoto de este fin de semana. Se trata ShakeAlert, un sistema de detección de terremotos diseñado por la Universidad de Berkeley que por ahora es privado y está en fase de pruebas. La idea, según los responsables de este laboratorio, es que pronto esté a disposición de todos y que los ciudadanos puedan recibir, por ejemplo, alertas en su teléfono cada vez que se va a producir un temblor de estas características.

Pero ¿cómo funciona un sistema de detección temprana de terremotos? Como explicamos, cuando se produce un terremoto, desde el epicentro del mismo viajan dos tipos de ondas: las ondas P y las ondas S. Juntas dan lugar a las ondas superficiales, las peligrosas. Una red de sensores distribuidos por todo el territorio a cubrir son capaces de detectar las ondas P, que son las más inofensivas, y emiten una alerta al centro de control centralizado. Desde el centro de control se



procesa la alerta y se envía a los usuarios antes incluso de que lleguen las ondas S.



Volviendo a la gráfica del sismógrafo de la que hablábamos antes, desde que llega la onda P hasta que comienzan las de superficie pasan 20 segundos. ¿Por qué no utilizar entonces un único sensor? Desde ShakeAlert lo explican: el depender de un único dispositivo puede dar lugar a falsos positivos, poca exactitud y, además, no se puede seguir la evolución del terremoto. Por eso ShakeAlert cuenta con más de 400 sensores y su objetivo es desplegar todavía más.

El tiempo de antelación con el que se detecta un terremoto depende de varios factores. Uno de los principales es la distancia del lugar al epicentro del mismo. Si se está muy cerca, no dará tiempo a recibir una alerta. Si se está muy lejos, los efectos del terremoto serán muy leves y no tendría mucha utilidad. La clave es conseguir que, en esa zona intermedia donde se van a producir daños, el aviso llegue con suficiente tiempo. Cuantos más sensores se despliegan, mejor, ya que antes llegarían las ondas de epicentros cercanos y más rápido se podría dar la alerta.

¿Y todo esto por un simple aviso con tan poco margen como son los diez segundos que comentábamos? Sí. Esos diez segundos, que como ya hemos visto es un tiempo variable, pueden ser cruciales para que la gente se ponga a cubierto. Además, el propio sistema avisa de la intensidad que se espera que el terremoto tenga, lo que puede ser muy útil para decidir qué medidas tomar para estar lo más preparados posibles antes de que el terremoto comience a hacer efecto.



ShakeAlert, el sistema en pruebas en California, palidece frente al más avanzado del momento: el que Japón implementó en 2006 y que funciona con más de 4.235 sismómetros instalados por todo el país. No sólo eso, sino que el sistema está preparado para alertar a toda la población. Las principales operadoras envían un mensaje cada vez que se produce un aviso de terremoto y las cadenas de televisión muestran la alerta en sus pantallas. Otros países como México, Turquía, Taiwan y Rumanía tienen una infraestructura similar aunque a menor escala.



¿El desafío? Conseguir más antelación

Con diez segundos, una persona puede ponerse a cubierto, pero es difícil llegar a hacer algo más. ¿Y si se tuviera más margen? Con 40 o 50 segundos se podrían parar trenes, vaciar ascensores, cerrar túneles, cerrar las válvulas de sistemas de transporte de gas y un sinnúmero de acciones más que conseguirían reducir los daños y los heridos debido a estos desastres naturales. Y en California lo saben, pero necesitan fondos: unos 80 millones de dólares al menos para empezar y 15 millones de dólares al año de mantenimiento.

Shake Alert, el sistema que consiguió predecir el terremoto de este fin de semana, lleva funcionando en pruebas desde 2012. Desde ese mismo año llevan también pidiendo ayuda a las autoridades para poder refinar el sistema e instalar más sensores, pudiendo así conseguir más antelación. También tienen que desarrollar un sistema de avisos para la población general y educar a los habitantes a cómo responder ante una alerta de estas características.

"The Big One" es el terremoto de más de magnitud 8 que los expertos creen que se producirá en San Francisco tarde o temprano

¿Será el terremoto de estos días suficiente para que consigan luz verde para seguir adelante con el proyecto? "Si hay un gran terremoto mañana que mata a varios estadounidenses, conseguiremos la financiación", decía uno de los responsables en 2012. Desde entonces, siguen esperando esos millones que les ayuden a detectar, antes de que sea tarde, el temido "The Big One".



Actividad

Observar los dos videos y da tus comentarios:

1. Radiación en el embarazo

<https://www.youtube.com/watch?v=xefc3hCKrNk>

En este video les cuento algunos datos sobre los efectos de las radiografías, tomografías y otros estudios de imagen durante el embarazo ¿puede generar deformidades en tu bebé?

2. Video de internet sobre una onda sísmica:

<https://www.youtube.com/watch?v=31Zgs9Dy0Tk>

La deformación de los materiales rocosos produce distintos tipos de ondas sísmicas. Un deslizamiento súbito a lo largo de una falla, por ejemplo, produce ondas primarias, longitudinales o de compresión (ondas P) y secundarias, denominadas transversales o de cizalla (ondas S). Los trenes de ondas P, de compresión, establecidos por un empuje (o tiro) en la dirección de propagación de la onda, causan sacudidas de atrás hacia adelante en las formaciones de superficie. La velocidad de propagación de las ondas P depende de la densidad de las rocas. En la propagación de las ondas de cizalla, las partículas se mueven en dirección perpendicular a la dirección de propagación. Las ondas P y las ondas S se transmiten por el interior de la Tierra; las ondas P viajan a velocidades mayores que las ondas S.

Cuando las ondas P y S encuentran un límite, como la discontinuidad de Mohorodovicic (Moho), que yace entre la corteza y el manto de la Tierra, se reflejan, refractan y transmiten en parte y se dividen en algunos otros tipos de ondas que atraviesan la Tierra. Las rocas graníticas corticales muestran velocidades típicas de onda P de 6 km/s, mientras que las rocas subyacentes máficas y ultramáficas (rocas oscuras con contenidos crecientes de magnesio y hierro) presentan velocidades de 7 y 8 km/s respectivamente.

Además de las ondas P y S -ondas internas o de volumen-, hay dos tipos de ondas superficiales: las ondas de Love, llamadas así por el geofísico británico Augustus E. H. Love, y las ondas de Rayleigh, que reciben este nombre en honor al físico británico. Las ondas superficiales sólo se propagan por la superficie terrestre y son las causantes de los mayores destrozos. Las ondas superficiales son más lentas que las ondas internas.



Contaminación Acústica y Electromagnética

Actividad

Lee el cuadernillo acerca de la contaminación acústica y electromagnética y uno de los artículos de la contaminación por ondas electromagnéticas que se encuentran en el siguiente enlace.

<https://drive.google.com/drive/folders/1phzuwPiaN5KYgmX2EH7Lwsb8Htrp4LdC?sp=sharing>

Además, se indica la bibliografía respectiva.

- Lectura acerca de la contaminación acústica y ruido.
- Martínez Llorente J. (2015). Contaminación acústica y ruido [PDF]. Madrid: Ecologistas en Acción. Recuperado el 18 de febrero de 2021, de <https://www.ecologistasenaccion.org/25516/cuaderno-contaminacion-acustica-y-ruido/>
- Artículo de la contaminación acústica.
Morales Pérez Javier y Fernández Gómez Jaime. Análisis discriminante de algunas variables que influyen en la contaminación acústica debida al tráfico urbano en una gran ciudad. Recuperado el 1 de febrero de 2021 de la Biblioteca Digital de la UNAM, de <http://eds.b.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=4&sid=f71eb6d4-2cdf-4006-88bb-2d9759018a6b%40sessionmgr101>
También disponible en documento PDF.
- Artículo acerca de la contaminación ambiental por ondas electromagnéticas.
Barrerea Monsalve O.G. y Mosquera Téllez Jemay. Contaminación ambiental por ondas electromagnéticas no ionizantes producto de tecnologías inalámbricas en ambientes al aire libre. Recuperado el 1 de febrero de 2021 de la Biblioteca Digital de la UNAM, de <http://eds.a.ebscohost.com.pbidi.unam.mx:8080/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=d4db45bb-3dde-49f1-970c-538dee2d007f%40sessionmgr101>
También disponible en documento PDF.
- Artículo acerca de la contaminación electromagnética.
Pardo Sánchez Gerardo. Contaminación electromagnética: lección magistral del curso 2010/2011, ETS de Ingeniería Industrial Universidad de Málaga. Editorial Servicios de Publicaciones y Divulgación Científica de la Universidad de Málaga, 2012-01-01. Recuperado el 1 de febrero de 2021, de la Biblioteca Digital de la UNAM, de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unam/reader.action?docID=4536348>

Actividad

Los alumnos en parejas reflexionan acerca del problema de la contaminación sonora y electromagnética, compartiendo sus comentarios con su profesor en un foro de la plataforma Moodle.



La reflexión se basará en las siguientes preguntas:

- I. Contaminación acústica y ruido
 - ¿Qué se entiende por ruido?
 - ¿Qué es el decibelio?
 - ¿Cuáles son la sensación y efectos en el oído de un concierto de rock?
 - ¿Qué entiendes por contaminación acústica?
 - ¿En qué consiste la Ley del Ruido?
 - ¿Para qué sirven los mapas de ruido?
 - ¿Qué establecen los planes de acción?
- II. Contaminación electromagnética.
 - ¿Qué significa que se clasifiquen a los campos electromagnéticos de radiofrecuencia como grupo 2B?
 - ¿Cuál es la función de la Comisión Internacional para la Protección Contra las Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP)?
 - ¿Hay algún efecto adverso por el uso de los teléfonos móviles?
 - ¿A qué se refiere el límite poblacional establecido por la ICNIRP?
 - ¿En qué consiste el mecanismo de absorción de una onda electromagnética?
 - ¿Cuál es la dependencia de la pérdida de energía con la distancia de las ondas electromagnéticas en espacios al aire libre?



CIERRE

Realiza un mapa conceptual de la temática contaminación acústica y electromagnética utilizando bubbl.us o cmaptools y lo compartirán con su profesor en la plataforma Moodle.

- Bubbl.us servirá para mostrar información por parte del profesor y para que los alumnos elaboren mapas conceptuales o mentales.

Bubbl.us (2016). Milwaukee, WI, U.S.A. Recuperado el 16 de febrero de 2021, de

<https://bubbl.us>

- Cmap Tools para Windows. Sirve para elaborar mapas conceptuales o mentales.

<https://cmaptools.uptodown.com/windows>



Los alumnos contestarán un cuestionario de preguntas de opción múltiple acerca de los fenómenos ondulatorios.



Cuestionario de los Fenómenos Ondulatorios

1. Cuál de los siguientes fenómenos luminosos no apoya la teoría ondulatoria de la luz.
 - a) la polarización
 - b) la absorción
 - c) la interferencia
 - d) la refracción

2. La interferencia entre las ondas ocurre cuando:
 - a) una onda bordea la orilla de un obstáculo o pasa a través de una abertura
 - b) la fuente de las ondas se mueve más rápidamente que las ondas
 - c) se combinan dos o más ondas
 - d) una onda plana se refleja en una barrera curva

3. La polarización provee evidencia de que la luz se propaga como una:
 - a) onda longitudinal
 - b) onda transversal
 - c) partícula discreta
 - d) onda monocromática



4. De las siguientes afirmaciones sobre la refracción de la luz, ¿Cuál es correcta?

- a) Cuando la luz pasa del agua al aire, se desvía alejándose de la normal.
- b) Si la luz pasa del aire al agua perpendicularmente, su velocidad no cambia.
- c) Cuando la luz pasa del aire al agua, se desvía alejándose de la normal.
- d) Cuando la luz pasa en línea recta del aire al agua, se desvía hacia la normal.



5.Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta

- a) En todos los fenómenos ondulatorios se pueden producir el fenómeno de polarización.
- b) El fenómeno de polarización sólo se produce en el caso de las ondas longitudinales.
- c) El fenómeno de polarización sólo se produce en el caso de las ondas transversales.
- d) El fenómeno de polarización sólo aparece cuando la luz se refleja en una superficie.

6. ¿Cómo se puede saber si la luz es una onda transversal?

- a) Por ser una onda electromagnética donde el campo varía en dirección perpendicular a la dirección de propagación.
- b) Por ser una onda electromagnética donde el campo varía en dirección paralela a la dirección de propagación.
- c) No se puede saber dado que la luz no está formada por ondas sino por partículas.
- d) Porque es de naturaleza ondulatoria y corpuscular al mismo tiempo.

7. Si se observa a través de una rejilla de difracción una fuente de luz monocromática probablemente se verá

- a) una imagen multicolor
- b) imágenes de la fuente al mover la cabeza a distintas posiciones
- c) imágenes múltiples desde una sola posición
- d) ninguna imagen



8. En cuál de los siguientes fenómenos se puede producir luz polarizada:

- a) Reflexión
- b) Refracción
- c) Difracción
- d) Interferencia



9. La refracción de una onda produce un cambio en la:

- a) frecuencia
- b) energía
- c) amplitud
- d) longitud de onda

10. El fenómeno de polarización ocurre cuando:

- a) Una onda longitudinal oscila en una dirección
- b) Una onda transversal viaja en la dirección de propagación
- c) Una onda longitudinal se propaga por un obstáculo pequeño
- d) Las ondas transversales viajan en una sola dirección

11. Cuando un haz de luz que incide entre la frontera de dos medios con un ángulo igual al crítico, el ángulo que resulta con respecto a la Normal es de:

- a) 0°
- b) 45°
- c) 90°
- d) 120°

12. Es aquella imagen que se puede registrar al colocar una pantalla en el punto en donde los rayos convergen.

- a) Luminosa
- b) Real
- c) Virtual
- d) Borrosa



EVALUACIÓN DE LA UNIDAD 2 ONDAS

1. ¿Hay desplazamiento de partículas en un movimiento ondulatorio?
2. Se suele definir el movimiento ondulatorio como la propagación de una perturbación a través de un medio material. ¿Qué entiendes por perturbación?
3. Cuando se produce una reflexión de ondas, ¿tienen la misma velocidad la onda directa y la reflejada?
4. ¿Y si se produce una refracción?
5. ¿En qué consisten las interferencias?
6. ¿Pueden anularse dos ondas cuando coinciden en un punto del medio donde se propagan? ¿Qué habrá de cumplirse en ese caso?
7. Calcúlese la longitud de onda de un sonido cuya frecuencia es 250 Hz si se propaga: (a) en el aire, $v_{\text{aire}} = 340 \text{ m/s}$; (b) en el agua, $v_{\text{agua}} = 1500 \text{ m/s}$; (c) en el hierro, $v_{\text{hierro}} = 5100 \text{ m/s}$.
8. Un movimiento ondulatorio tiene período de 0.02s y la velocidad de propagación de 350 m/s. Calcular su frecuencia y su longitud de onda.
9. Calcular la velocidad de propagación de una onda transversal en un alambre de hierro que tiene 1 mm de diámetro si está sometido a una tensión de 40N.
10. ¿A qué tensión está sometida una cuerda de densidad 6000 kg/m^3 y de radio 0.75 mm si un movimiento ondulatorio transversal se propaga en ella con una velocidad de 90 m/s.
11. Una cuerda de 2m de longitud, cuya masa es 50g, está sometida a una tensión de 300N. ¿Cuál es la velocidad de propagación de una onda en esa cuerda?
12. Calcular la velocidad del sonido en el aire a 17°C y 27°C .
13. Un hombre pone su reloj en hora mediante una señal emitida por una fábrica distante 3.6 km. Calcular el retraso que tendrá su reloj. (Temperatura: 27°)
14. En un barco empleado para sondear, el sonido reflejado en el fondo llega 2.4s después del original. Hallar la profundidad del mar.
15. Un movimiento ondulatorio pasa de un medio, en el que se propaga con una velocidad de 200 m/s, a otro en el que la velocidad de propagación es de 100 m/s. Calcular el índice de refracción. Hallar el índice de refracción si pasa del segundo al primero.
16. Calcular el ángulo de refracción cuando el ángulo de incidencia es : (1) 20° , (2) 60° , y el movimiento pasa : (a) del primer medio al segundo; (b) del segundo medio al primero.
17. Un pez está a una profundidad de 1.5 m. ¿A qué profundidad aparente está, observando desde fuera del agua? Agua salada, $n = 1.4$
18. La profundidad real de un recipiente lleno de cierto líquido es de 40 cm. La profundidad aparente es de 32.4 cm. Calcular el índice de refracción del líquido.
19. Calcular la desviación de un rayo que atraviesa un prisma de vidrio cuyo ángulo es de 60° si su ángulo de incidencia es de 40° .



20. La desviación mínima en un prisma es de 30° . El ángulo del prisma es de 50° . Calcular su índice de refracción y el ángulo de incidencia correspondiente.
21. Un foco cuya frecuencia propia es de 256 Hz se mueve, en relación con el aire, con una velocidad de 40 m/s. Calcular la frecuencia observada. Considérese los cuatro posibles casos. Velocidad del sonido: 340 m/s.
22. En un punto inciden dos movimientos ondulatorios que producen desplazamientos dados por $y_1 = 0.5 \sin \omega t$ e $y_2 = \sin (\omega t + \pi/6)$. Representar los movimientos y obtener el movimiento resultante. ¿Cuáles serán la amplitud y la frecuencia resultante de dicho movimiento?
23. Un punto de un medio dista 2.80m y 3.05m de dos focos que vibran sincrónicamente. ¿Qué clase de interferencia habrá en él si la longitud de onda de los movimientos producidos es: a) 31.25 mm; b) 4 mm?
24. En una cuerda vibrante se forma un sistema de ondas estacionarias. La frecuencia de las vibraciones es de 250 Hz y la velocidad de propagación es 350 m/s. Calcular la distancia entre dos nodos consecutivos. Si los dos extremos de la cuerda están fijos, indique algunos valores posibles de su longitud.
25. Las franjas oscuras centrales producidas en una pantalla por una ranura de difracción están separadas 1 mm cuando ésta se ilumina con luz de 6×10^{-7} m de longitud de onda y la pantalla se encuentra a 1m de la abertura. ¿Cuál es la anchura de la ranura?
26. Ves un relámpago y 10 segundos más tarde oyes el estampido del trueno. Suponiendo infinita la velocidad de la luz a través del aire y que la del sonido es de 340 m/s, ¿a qué distancia estás de la tormenta?
27. Si la velocidad de propagación del sonido a través del aire es 340 m/s, y a través del agua 1435 m/s; calcula la longitud de onda de un sonido de 435 ciclos / segundo según que se propague en el aire o en el agua.
28. Un diapason vibra a razón de 1 024 vibraciones por segundo. Si la onda sonora que origina tiene en el aire una longitud de onda de 32 cm, ¿con qué velocidad se propaga?
29. Un observador deja caer una piedra desde la boca de un pozo en cuyo fondo existe agua. Al cabo de 5 segundos escucha el choque de la piedra contra el agua. Teniendo en cuenta que el sonido se propaga en el aire a 340 m/s, ¿a qué profundidad está el agua en el pozo?
30. Una cuerda de acero tiene una longitud de 80 cm, una masa de 0.81 g/cm y una tensión de 10 N. Calcular la frecuencia del sonido fundamental y del segundo armónico.
31. La frecuencia del sonido fundamental de un tubo cerrado es: a) igual, b) la mitad, c) el doble de la del sonido fundamental de un tubo abierto de 1.80 m. Calcular la longitud del tubo cerrado.
32. Calcular la longitud de la caja de resonancia de un diapason cuya frecuencia es: a) 128 Hz; b) 512 Hz. Velocidad del sonido: 340 m/s.
33. Las franjas oscuras centrales producidas en una pantalla por una ranura de difracción están separadas 1 mm cuando ésta se ilumina con luz de 6×10^{-7} m de longitud de onda y la pantalla se encuentra a 1m de la abertura. ¿Cuál es la anchura de la ranura?



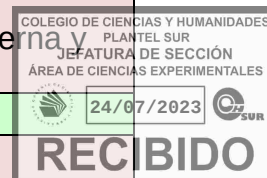
BIBLIOGRAFÍA

1. Alonso, Finn. Física. Campos y Ondas. México, Fondo Educativo Interamericano, 1981.
2. Crawford Frank. Waves Berkeley Physics Course. EUA, Mc Graw Hill, 1968.
3. Feynman R. Física. EUA, Fondo Educativo Interamericano, Vol. 1, 1971.
4. Hecht, Zajac. Óptica. EUA, Fondo Educativo Interamericano, 1977.
5. Rossi. Optics. Madrid, Ed. Aguilar, 1974.
6. Fuller Harold. Physics Including Human Applications. New York, 1978.



UNIDAD 3. Introducción a la Física Moderna y Contemporánea Tiempo: 30 hrs

CUANTIZACIÓN DE LA MATERIA Y LA ENERGÍA	Unidad III Introducción a la física moderna y contemporánea
APRENDIZAJE	TEMAS
1. Conoce algunos fenómenos físicos que la física clásica no pudo explicar. N1. 2. Describe el fenómeno del efecto fotoeléctrico. N1. 3. Reconoce los modelos elementales de la estructura de la materia. N1. 4. Describe algunos espectros de gases y su relación con la estructura de los átomos. N1. ^[L] SEP 5. Aplica cualitativamente el modelo atómico de Bohr para explicar el espectro del átomo de hidrógeno. N3. 6. Conoce el comportamiento cuántico de los electrones. N1. 7. Conoce el principio de incertidumbre de Heisenberg y su importancia en la física cuántica. N1. ^[L] SEP	• Crisis de la física clásica. • Efecto fotoeléctrico. • Cuantización de la energía • estructura de la materia • Espectros de emisión/absorción de gases. • Modelo atómico de Bohr • Naturaleza cuántica de la materia • Principio de incertidumbre



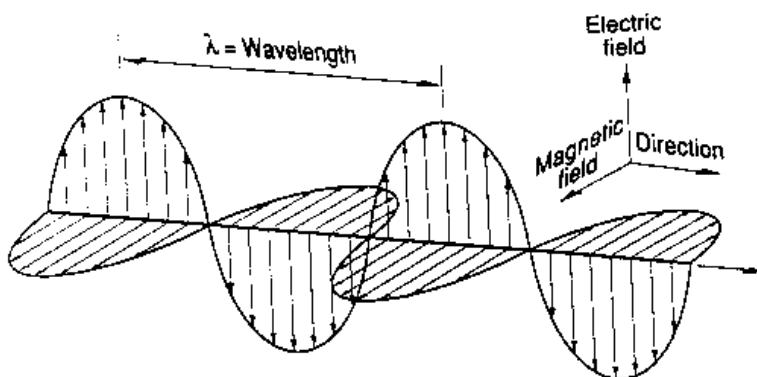
INTRODUCCIÓN

Existen muchos tipos de ondas, como las del agua, del sonido y de la luz. En 1873, James Clerk Maxwell propuso que la luz visible se compone de ondas electromagnéticas. De acuerdo con esta teoría, una onda electromagnética tiene un componente de campo eléctrico y un componente de campo magnético. Ambos componentes tienen la misma longitud de onda y frecuencia y, por lo tanto, igual velocidad, pero viajan en planos perpendiculares entre sí (figura 1). La trascendencia de la teoría de Maxwell estriba en que aporta una descripción matemática del comportamiento general de la luz. En particular, el modelo de Maxwell describe con exactitud cómo se puede propagar la energía en forma de radiación a través del espacio como una vibración de campos magnético y



eléctrico. La radiación electromagnética es la emisión y transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas.

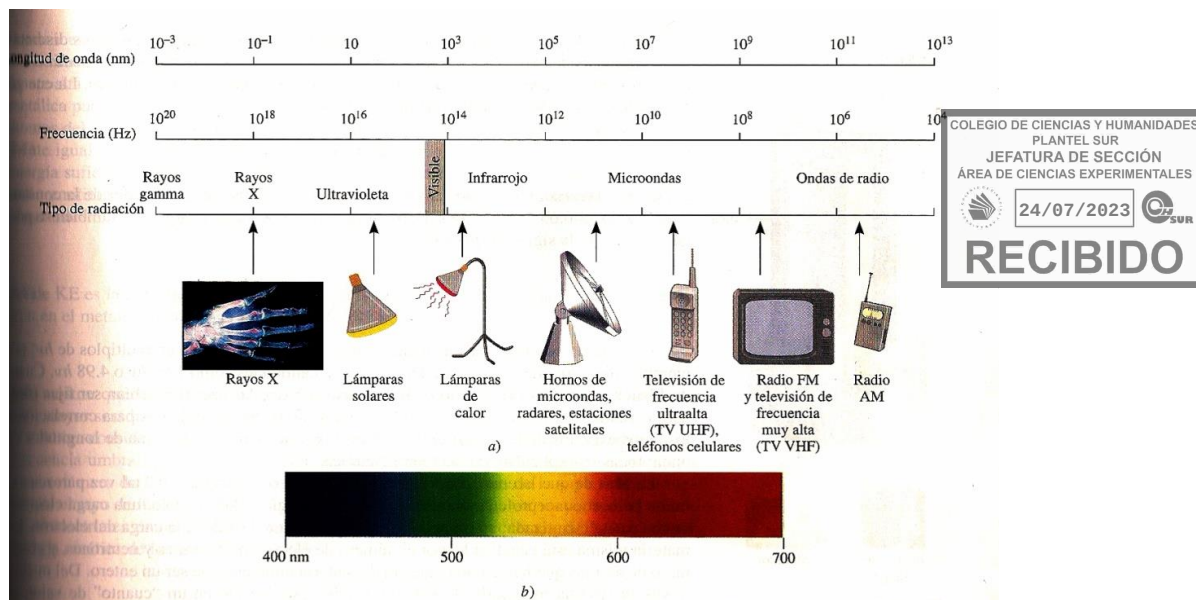
Las ondas electromagnéticas viajan a 3×10^8 m/s en el vacío. Esta velocidad varía según el medio, pero no lo suficiente para modificar sustancialmente los cálculos. Por convención, la velocidad de las ondas electromagnéticas, que comúnmente se llama velocidad de la luz, se expresa con el símbolo c . La longitud de onda de las ondas electromagnéticas se expresa comúnmente en nanómetros (nm)



ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La figura 2 muestra diversos tipos de radiación electromagnética con distinta longitud de onda y frecuencia. Las ondas largas de radio retransmiten mediante grandes antenas, como las que se utilizan en las telecomunicaciones. Las ondas de luz visible, más cortas, se deben al movimiento de los electrones en los átomos y moléculas. Las ondas más cortas, que también tienen la frecuencia más alta, se relacionan con los rayos γ (gamma), que se forman durante los cambios ocurridos dentro del núcleo del átomo. A medida que aumenta la frecuencia, la radiación es más energética. Así, la radiación ultravioleta, los rayos X y los rayos γ son radiaciones de alta energía.





FASE DE APERTURA

ACTIVIDAD 1

Examen Diagnóstico

Objetivo.- Valorar lo que sabes sin consultar ninguna información (libro o internet).El presente examen no tiene valor con fines de evaluación sumativa.

Anexo 1: Examen Diagnóstico

FÍSICA CUÁNTICA

1. Menciona un fenómeno que la Física Clásica, la de Newton no podía explicar
2. Qué característica tiene el modelo atómico de Bohr?
3. Qué significa que los cuerpos o la luz tenga un carácter dual?



4. Explica el efecto fotoeléctrico

5. Explica qué es un espectro de luz



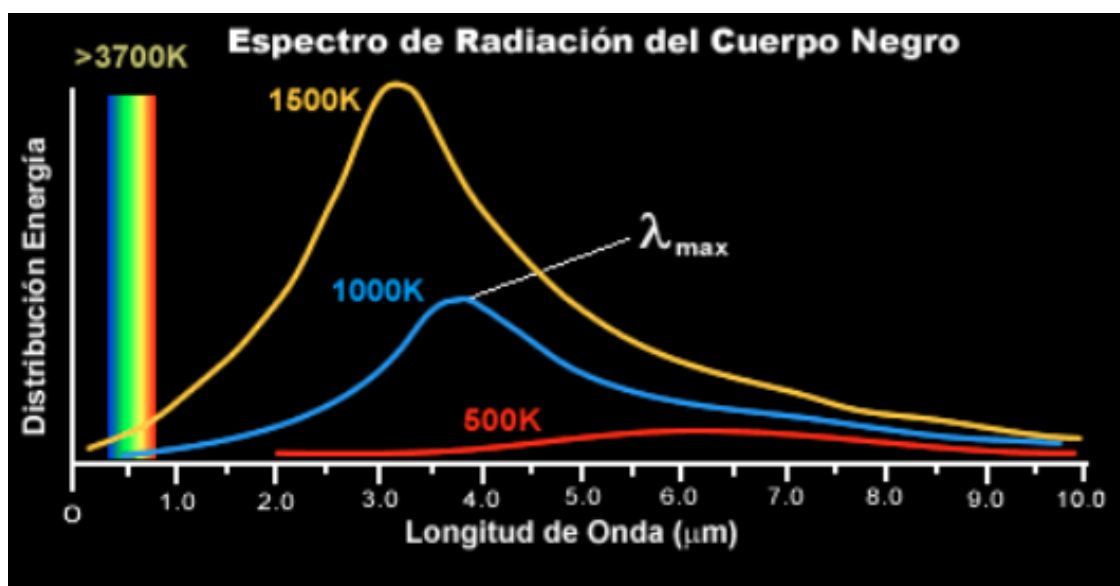
FASE DE DESARROLLO

Actividad 2

Fenómenos que no pudieron ser explicados por la Física Clásica

LA RADIACIÓN de Cuerpo Negro

1. Los cuerpos emiten radiación electromagnética a cualquier temperatura, de modo que cuando ésta aumenta, la radiación emitida se hace más intensa y los cuerpos se vuelven luminosos.

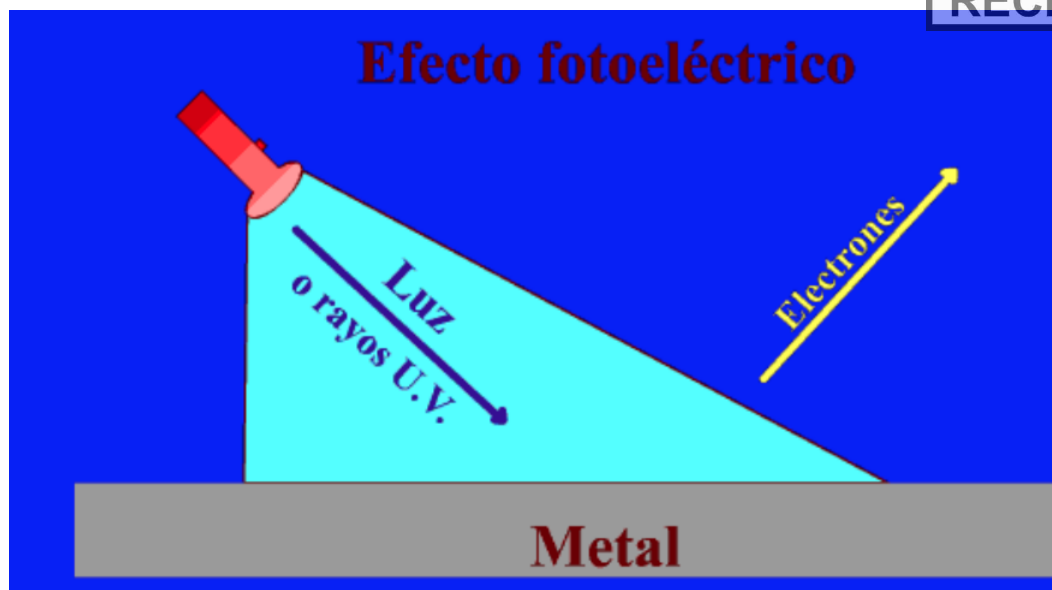


2. El modelo de cuerpo negro, consistía en un hipotético material que absorbía toda la radiación que le llegaba y después emitía energía en todas las longitudes de onda, formando un espectro continuo de emisión.
3. Para una temperatura fija existe una longitud de onda para la que la energía emitida es máxima. Si aumenta la temperatura del cuerpo, la máxima emisión de energía se obtiene a longitudes de onda menores.
4. Si disminuye la longitud de onda aumenta la frecuencia porque ya sabemos que son inversamente proporcionales, así que aparentemente a más frecuencia más energía.



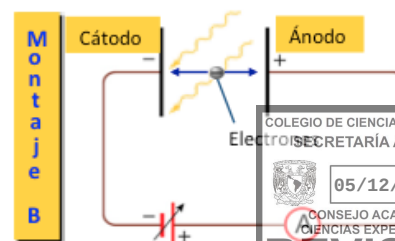
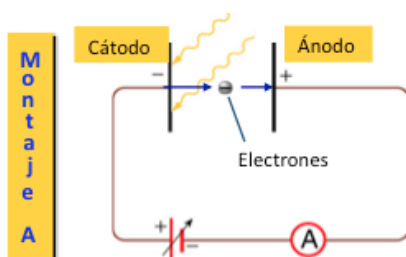
Efecto Fotoeléctrico

Se llama efecto fotoeléctrico al proceso mediante el cual se liberan electrones de un material por efecto de la luz y se puede producir una corriente eléctrica.



1. Consiste en la emisión de electrones por la superficie de un metal cuando sobre él incide luz de frecuencia suficientemente elevada.
2. La luz incide sobre el cátodo (metálico), produciendo la emisión de electrones que llegan al ánodo y establecen una corriente que es detectada por un amperímetro.
3. Si cambia la polaridad, el potencial inverso aplicado (V) llega a anular la corriente cuando el producto eV iguala a la energía del electrón emitido.
4. La física clásica no explica que la energía cinética máxima de los electrones emitidos ($T_{\text{máx}}$) depende de la frecuencia n_0 de la radiación incidente, y que por debajo de una frecuencia n_0 llamada frecuencia umbral no exista emisión electrónica.

$$T_{\text{máx}} = h(n - n_0) = hn - hn_0$$



ESPECTROS ATÓMICOS

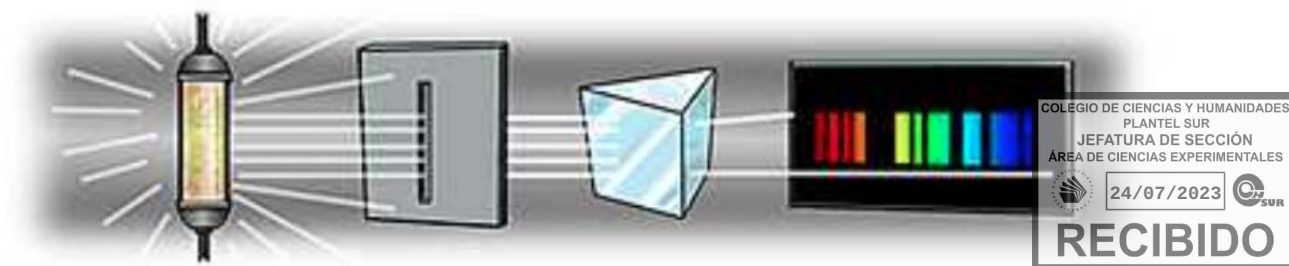
El análisis de la luz emitida por diferentes gases monoatómicos al ser sometidos a una descarga eléctrica llevo a observar lo que conocemos como espectros atómicos.



¿Por qué se producen los espectros atómicos?

Al colisionar los electrones que constituyen a la corriente con los electrones y átomos del gas, algunos de los átomos del gas quedan en un estado en el que su energía total es mayor que la energía de un átomo normal. Al regresar a su estado de energía normal los átomos liberan el exceso de energía mediante la emisión de radiación electromagnética.

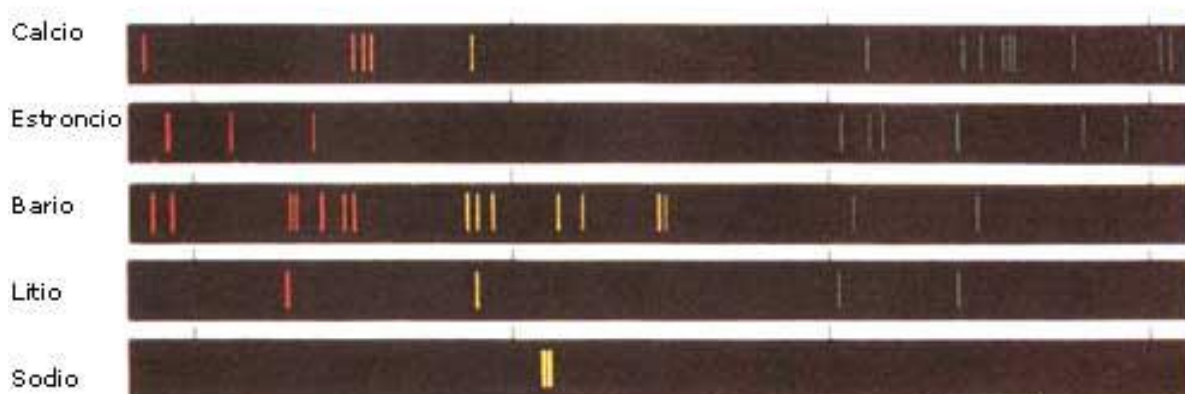
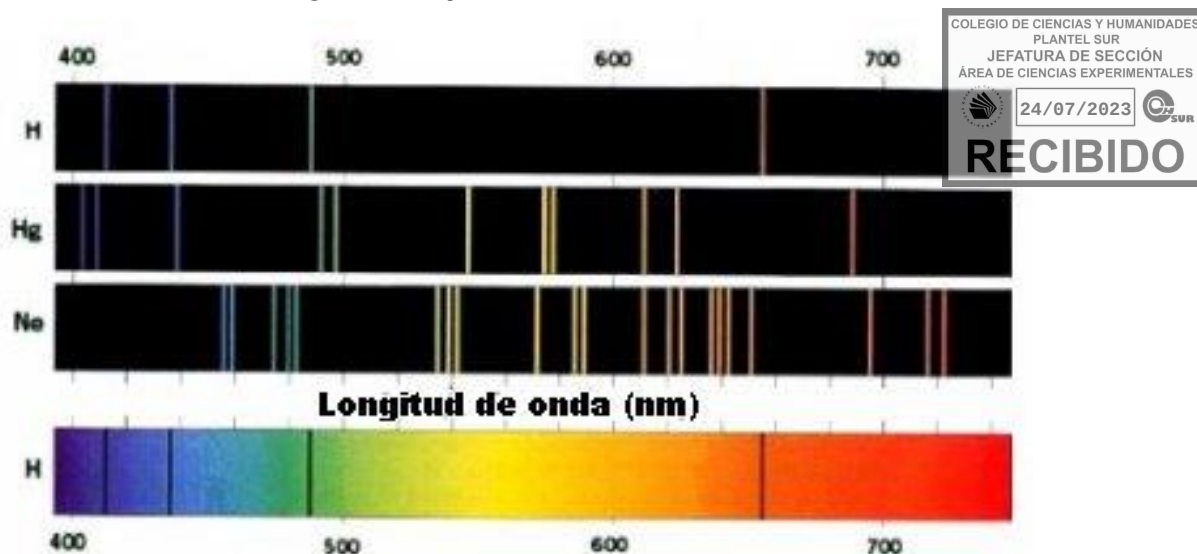




- En contraste con el espectro continuo de la radiación electromagnética emitida por un cuerpo negro, la radiación electromagnética emitida por *átomos libres* se concentra en un número de longitudes de onda discretas.
- A cada una de estas longitudes se le denomina línea espectral. [SEP] El conjunto de estas longitudes de onda, que llamaremos espectro de emisión, es característico de cada elemento. [SEP]

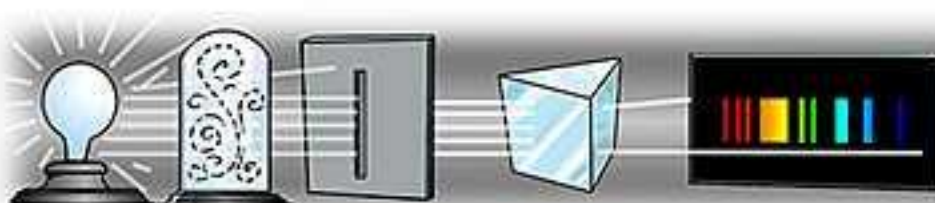


Algunos espectros de emisión



↑
LINEA D DE FRAUNHOFER

Espectros de absorción



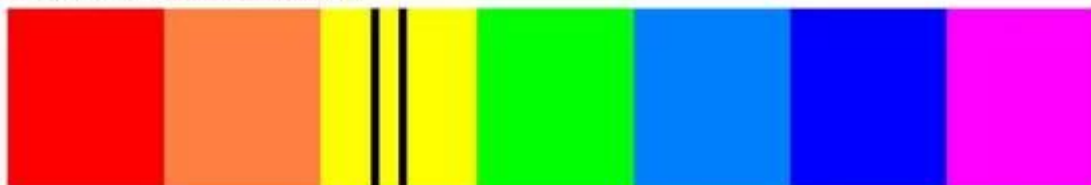
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES
SECRETARÍA ACADÉMICA
05/12/2023
CONSEJO ACADÉMICO DE
CIENCIAS EXPERIMENTALES
REVISADO

También ocurre que cuando un elemento recibe radiación electromagnética no absorbe todas las longitudes de onda del espectro sino sólo algunas, obteniéndose lo que llamamos espectro de absorción.

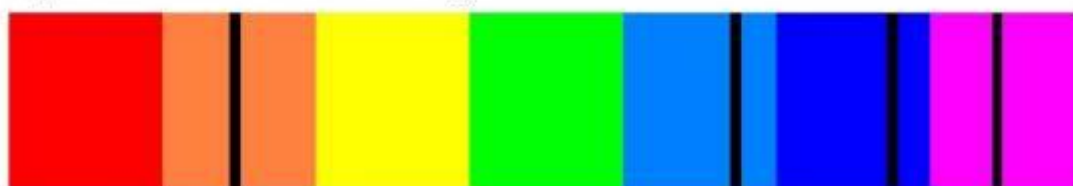


Algunos espectros de absorción

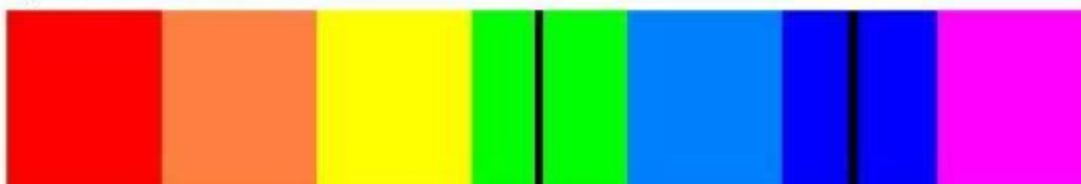
Espectro de absorción del sodio:



Espectro de absorción del Hidrógeno:



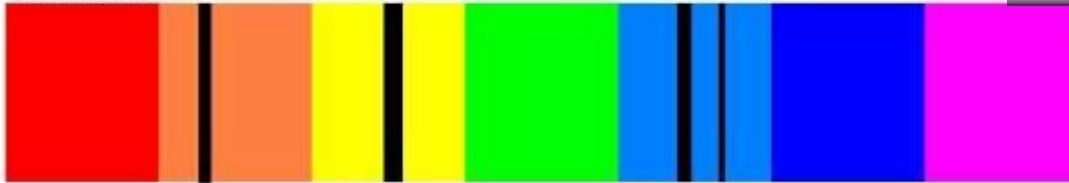
Espectro de absorción del mercurio:



El espectro de absorción es el negativo del espectro de emisión

Espectro de emisión y de absorción de un mismo elemento

Absorción:

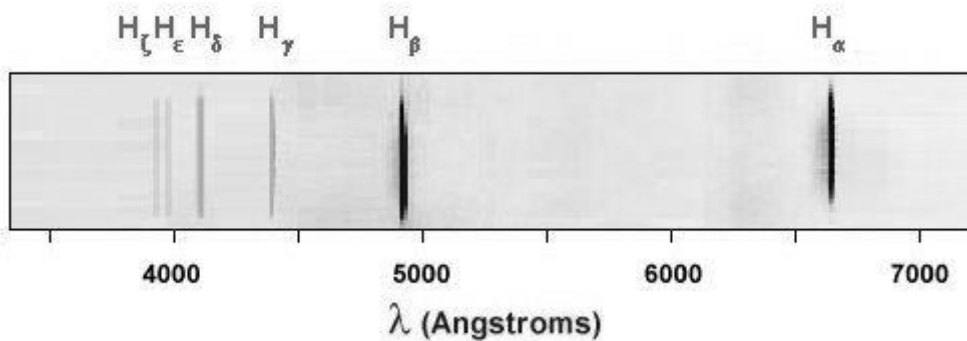


Emisión:



Espectro de emisión del hidrógeno

El espectro del hidrógeno es de gran interés y brinda una gran cantidad de información.



Espectro de emisión del Hidrógeno:



PREGUNTAS

- 1) La distancia del Sol a Júpiter es de 778,000,000 Km. ¿Cuánto tiempo le lleva a la luz viajar desde el Sol hasta Júpiter?
- 2) Las ondas electromagnéticas son diferentes a otro tipo de ondas como las mecánicas porque ellas pueden viajar a través de _____
- 3) ¿En qué difieren las diferentes clases de ondas electromagnéticas?
- 4) Los electrones puestos a vibrar a algunos cientos de miles de Hertz emiten ondas de radio. ¿qué clase de ondas se emiten de las vibraciones electrónicas de algunos trillones de Hertz?
- 5) ¿Cuál tiene mayor frecuencia; la luz roja o la luz azul?
- 6) La luz ultravioleta causa quemaduras en la piel, mientras que la luz visible no lo hace. Sugiera una razón.

En las siguientes preguntas, selecciona la respuesta correcta

- 7) El decir que la luz está cuantizada significa que está formada por
 - a) Unidades elementales
 - b) Ondas
- 8) En comparación con los fotones de luz de baja frecuencia, los de luz de mayor frecuencia tienen más
 - a) Energía
 - b) Rapidez
 - c) Cuantos
- 9) El efecto fotoeléctrico respalda el
 - a) Modelo ondulatorio de la luz
 - b) Modelo de partículas de la luz



TEORÍA CUÁNTICA DE PLANCK

Cuando los sólidos se someten a calentamiento emiten radiación electromagnética que abarca una amplia gama de longitudes de onda. La luz roja tenue de un calentador eléctrico o la luz blanca brillante de una lámpara de tungsteno son algunos ejemplos de radiación que emiten los sólidos calentados.



Las mediciones hechas en la última parte del siglo XIX mostraron que la cantidad de energía radiante que emitía un objeto a cierta temperatura dependía de su longitud de onda. Sin embargo, la explicación de esta dependencia con la teoría ondulatoria establecida y con las leyes de la termodinámica no era del todo satisfactoria. Una de las teorías explicaba la dependencia de longitudes de onda corta pero no la de longitudes de onda más largas. Otra teoría explicaba la dependencia de longitudes de onda más largas, pero no la de las cortas. Era como si faltara algo fundamental en las leyes de la física clásica.

Planck resolvió el problema con una suposición que se apartaba en forma radical de los conceptos establecidos. La física clásica asumía que los átomos y las moléculas emitían (o absorbían) cualquier cantidad arbitraria de energía radiante. En cambio, Planck proponía que los átomos y las moléculas emitían (o absorbían) energía solo en cantidades discretas, como pequeños paquetes o cúmulos. A la mínima cantidad de energía que se podía emitir (o absorber) en forma de radiación electromagnética, Planck la llamó **cuanto**. La energía E de un solo cuanto de energía está dada por

$$E = h\nu$$

Donde h es la constante de Planck y ν es la frecuencia de radiación. El valor de la constante de Planck es 6.63×10^{-34} J s. Debido a que $\nu = c/\lambda$. La ecuación anterior también se puede expresar de la siguiente manera.

$$E = h \frac{c}{\lambda}$$



De acuerdo con la teoría cuántica, la energía siempre se emite en múltiplos de $h\nu$, por ejemplo, $h\nu$, $2h\nu$, $3h\nu$, ...,etc., pero nunca en cantidades como $1.67h\nu$ o $4.98h\nu$. Cuando Planck presentó su teoría, no podía explicar por qué las energías debían ser fijas (finitas) o cuantizadas. Sin embargo, con esta hipótesis no tuvo problemas para correlacionar los datos experimentales de las emisiones de los sólidos en toda la gama de longitudes de onda; todas se explicaban con la teoría cuántica.

La idea de que la energía debía de estar cuantizada o “empaquetada” tal vez parezca extraña, pero el concepto cuántico tiene muchas analogías. Por ejemplo, una carga eléctrica también está cuantizada, sólo puede haber múltiplos enteros de e , la carga del electrón. La materia misma está cuantizada, por el número de electrones, protones y neutrones, y el número de átomos que hay en una muestra de materia también debe ser un entero. Incluso los procesos que suceden en los organismos vivos están cuantizados. Los huevos que pone una gallina son cuantizados, y una gata preñada puede parir un número entero de gatitos, nunca una mitad o tres cuartos de gatito.

PREGUNTAS

- 1) ¿Cuál es la energía de una luz cuya longitud de onda mide 600 nm?
- 2) ¿Cuál es la frecuencia de una luz cuya energía es 5×10^{-19} J?
- 3) ¿Cuál es la longitud de onda de una luz cuya energía es 7×10^{-19} J?
- 4) Determina la energía de un fotón para ondas de radio de 1500 Khz
- 5) Una estación de radio emite con una longitud de onda de $\lambda=25$ m.
 - a) Calcula la frecuencia de las ondas electromagnéticas emitidas
 - b) La energía de los fotones
 - c) Número de fotones emitidos por hora si la potencia de la emisora es de 6 KW.



ACTIVIDAD EXPERIMENTAL

LUZ Y COLOR

OBJETIVO

Que el alumno comprenda la cuantización de la luz a través de la identificación de estados excitados en fibras ópticas.



MATERIAL

Una caja de cartón
Un foco de 100 watts
Papel celofán de varios colores
Fibras ópticas de varios colores

PROCEDIMIENTO

1. Toma una caja de cartón (de preferencia grande), fórrala completamente de negro. Dejando una pequeña ventana de 5 por 5 centímetros.
2. Acomoda y asegura un foco de 100 watts dentro de la caja, con su respectivo porta foco y clavija para conectarse al tomacorriente.
3. Toma una fibra óptica y colócala frente a la ventana. Prende el foco.
¿Qué observas?

4. ¿De qué color es la luz que se observa en los extremos de la fibra óptica?

5. Ahora, coloca el papel celofán en la ventana de la caja para filtrar la luz. Realiza varios dobleces al papel para que solo pase luz del color del papel y no blanca o de otro color. Repite la operación para los diferentes colores: verde, amarillo, rojo, azul y violeta. Si tienes de otro color, también utilízalos.

6. ¿En todos los casos, observaste luz en los extremos de la fibra óptica?

7. ¿Qué color esperabas obtener en la fibra óptica cuando colocaste el filtro verde?



8. ¿Qué color esperabas obtener en la fibra óptica cuando colocaste el filtro verde?

9. ¿qué color obtuviste en la fibra óptica con el filtro verde?

10. ¿Qué color obtuviste en la fibra óptica con los filtros azul y violeta?



ANÁLISIS DE RESULTADOS

11. Como puedes observar en la figura 6, la serie de Balmer corresponde al espectro visible de emisión del hidrógeno. En el esquema de la figura 7 colorea la flecha que indica la transición de la luz verde en el visible y determina la energía del fotón de acuerdo a los datos de ese esquema.

12. Repite la tarea de la pregunta 10 para los colores verde, azul y violeta
- verde
- azul
- violeta

13. La fibra óptica se prende o estimula con una cierta cantidad de energía identificada por el color de la luz filtrada. ¿Qué puedes concluir acerca de la naturaleza de la luz, se manifiesta en forma continua o por paquetes? Explica con tus propias palabras.

CONCLUSIONES



ACTIVIDAD DE ENSEÑANZA – APRENDIZAJE COMPLEMENTARIAS

Se agrega dos actividades experimentales sobre espectros de luz, donde se incluye la teoría básica que las explica así como otro documento para el funcionamiento de los filtros de colores de luz que se pueden usar en las cámaras fotográficas y que se sugieren en las prácticas. Estas actividades se sugieren en la medida que los profesores dispongan del tiempo suficiente.



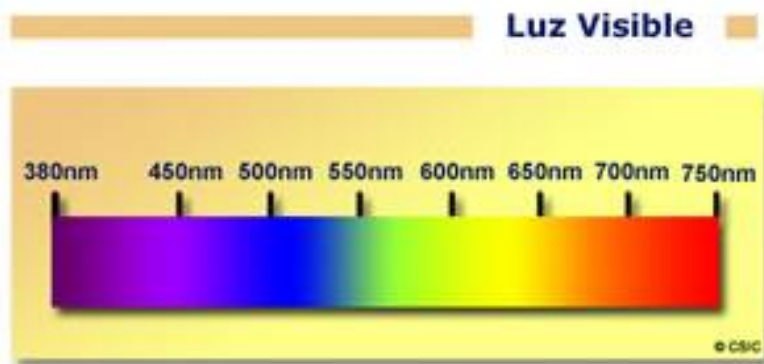
FUNCIONAMIENTO DE LOS FILTROS

Los filtros dejan pasar la radiación correspondiente al color con que vemos el filtro. Un filtro verde deja pasar el verde (radiación amarilla y verde) y uno rojo absorbe todos menos el rojo y el naranja.

A nivel subatómico los filtros, al igual que los pigmentos, absorben el mismo tipo de energía que luego emiten (absorben en la misma frecuencia que luego emiten). Al absorber energía los electrones pasan a niveles más altos de energía y al volver de nuevo a sus niveles emiten la misma energía que habían absorbido.

Ejemplo:





Color	Longitud de onda (m)	Frecuencia (Hz)
 Rojo	6.60×10^{-7}	4.54×10^{14}
 Naranja	6.10×10^{-7}	4.92×10^{14}
 Amarillo	5.80×10^{-7}	5.17×10^{14}
 Verde	5.40×10^{-7}	5.56×10^{14}
 Azul	4.70×10^{-7}	6.38×10^{14}
 Añil	4.40×10^{-7}	6.82×10^{14}
 Violeta	4.10×10^{-7}	7.32×10^{14}

© CSIC

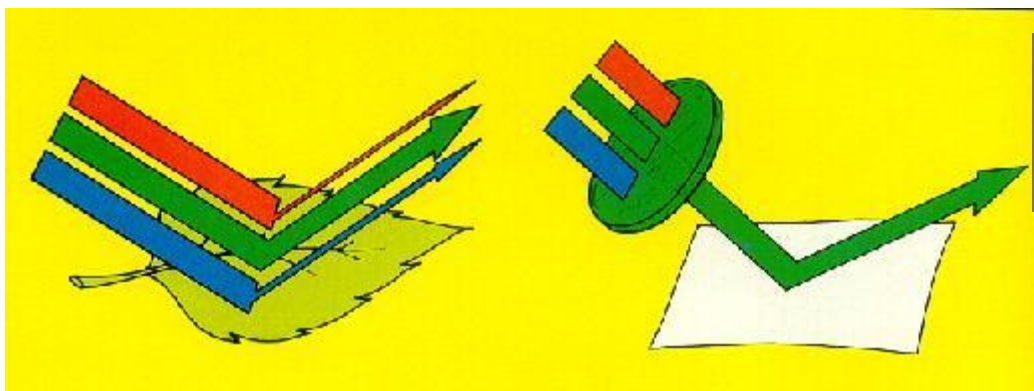
ABSORCION Y TRANSMISION

La luz procedente del sol aparece a nuestros ojos como blanca, aunque sabemos que está compuesta por una serie de radiaciones combinadas, que por medio de un prisma podemos verlas en forma independiente.

Al incidir la luz blanca sobre cualquier objeto opaco, independientemente de la menor o mayor cantidad de luz que éste reciba, ante nuestros ojos el objeto aparece coloreado.

Las superficies reaccionan de manera selectiva ante las distintas longitudes de onda de la luz blanca. De otro modo todos los objetos se verían blancos grises o negros. Esto es debido a dos fenómenos relacionados denominados absorción y reflexión.





El fenómeno de absorción de colores es causado por la presencia de pigmentos en la superficie de los cuerpos, solo los colores reflejados serán los vistos por nuestros ojos. Por ejemplo, al iluminar con luz natural un jitomate este absorberá casi todas las radiaciones excepto las rojas, que son las que se reflejan hacia nuestros ojos causándonos la sensación de verlo rojo.

Obtendremos la misma sensación de ver rojo si iluminamos una hoja blanca con una luz roja. En este caso al no existir el espectro completo de color la hoja solo reflejara la luz existente. Por lo que fácilmente deducimos que la reflexión selectiva más correcta sólo es posible cuando se disponga del espectro completo de colores.

En el caso de objetos transparentes, se producen dos fenómenos similares pero que producen a nuestros ojos un efecto opuesto. Al interponer un objeto transparente coloreado en un rayo de luz blanca, los pigmentos del objeto detienen determinados colores y dejan que otros lo atraviesen. El objeto transparente coloreado, detiene el paso de todos los rayos de luz excepto aquellos del mismo color que él. Por lo tanto los fenómenos que se producen al atravesar un objeto transparente son la absorción y transmisión es decir, unos rayos son detenidos, mientras que otros lo atraviesan.



Estrategia: Espectros de emisión y absorción

Aplicación: CCH, Materia Física II, Unidad III Introducción a la física moderna contemporánea, Tema Espectros emisión y absorción de gases y Modelo atómico de Bohr

Antecedentes: Átomo, Modelos atómicos, ondas, modelo corpuscular de la luz, energía

Temática: cuantización de la materia

Aprendizajes:

Describe algunos espectros de gases y su relación con la estructura de los átomos.

Aplica cualitativamente el modelo atómico de Bohr para explicar el espectro del átomo de hidrógeno.

Conoce el comportamiento cuántico de los electrones.

Apertura:

Se aplica el cuestionario diagnostico (se localiza al final en el anexo 1)

El estudiante investiga los siguientes elementos:

Átomo, descomposición de la luz, espectros de absorción y emisión, modelo de Rutherford y sus deficiencias, modelo de Bohr, naturaleza dual de la luz y cuantización de la energía.

Los estudiantes con su investigación a nivel grupal discuten los conceptos y llegan a conclusiones, después en plenaria el profesor apoyara una conclusión final

El profesor realiza una exposición de antecedentes modelo de Rutherford (modelo de Thompson y sus deficiencias), modelo de Rutherford, deficiencias energéticas y la inestabilidad del modelo de Rutherford, espectros de absorción y emisión de los átomos, series de Balmer, Lyman y Pashen, constante de Rydberg, propuesta y modelo de Bohr, implicaciones energéticas del modelo de Bohr y limitaciones del modelo de Bohr.

Desarrollo:

Con la información de la exposición el estudiante realiza un mapa conceptual

Se realiza actividad experimental en dos partes:

Primero se realizarán ensayos a la flama, utilizando ciertas sales

Posteriormente se realiza las siguientes observaciones:

La dispersión de la luz natural usando un disco compacto, se observará el arcoíris

La dispersión de la luz usando un disco compacto de diversas lámparas de descarga conteniendo diferentes gases, se observan los espectros de emisión de los gases, se utilizan para poder identificar el elemento por el método de espectroscopia.

La dispersión de la luz usando un disco compacto de la luz de leds de distintos colores, se observa cuales colores son compuestos y cuáles no.



La dispersión de la luz de un láser rojo y uno verde usando un disco compacto, se observa que la luz del láser se dispersa en varios puntos, no se descompone.

Descripción de las actividades experimentales:

1) Actividad de Ensayos a la Flama:

Materiales:

Azada de metal (platino)

Mechero Bunsen

Vidrio de reloj

Vaso de precipitados

Frascos gotero con las siguientes sustancias con una concentración 0.1 M:

Cloruro de Sodio, Cloruro de Potasio, Cloruro de Calcio, Cloruro de Bario, Cloruro de Níquel, Sulfato de Cobre, Permanganato de Potasio, Cloruro de Cobalto, Cloruro de Hierro

En el vaso de precipitados se colocan 30 ml de una solución de Ácido clorhídrico 0.1 M

Procedimiento:

- Prender el mechero bunsen, asegurando que la flama este color azul
- Limpiar la azada en la solución de ácido clorhídrico
- Colocar lo que se quede de una gota de la sustancia del gotero en la azada metálica, recoger en un vidrio de reloj lo sobrante
- Poner la azada con la solución de la sal en el mechero y observar que color tiene la flama
- Se toman fotografías de cada flama
- Terminado se limpia la azada en la solución de ácido clorhídrico
- Se realiza con cada una de las sustancias empleadas y se realiza una tabla sustancia y color de la flama.

Tabla

Sustancia	Color de la flama
Cloruro de sodio	Amarilla
Cloruro de Potasio	Violeta pálido
Cloruro de Calcio	Rojo y naranja
Cloruro de Bario	Verde amarillento
Cloruro de Níquel	Verde
Sulfato de cobre	Azul con borde verde
Permanganato de potasio	Morado
Cloruro de Cobalto	Azul y violeta
Cloruro de Hierro	Verde y rojo



Explicación:

El color de la llama se debe a que los átomos del metal absorben energía de la llama; dicha energía se transforma en luz cuando el átomo vuelve a su estado normal. Los agentes productores del color se usan en forma de sales y como metales en polvo. De las sales metálicas solamente el catión produce el color, mientras que los aniones no influyen directamente en el color, aunque sí lo hacen en la temperatura de la llama, que está relacionada con la excitación de las moléculas.

El análisis a la llama es uno de los primeros ensayos que se hacen sobre una sustancia. Los únicos elementos que no dan color a la llama son el Berilio y el magnesio. Ya en 1659, Johann Glauber observó que el color de la llama indica que metales están presentes.

A Bunsen y Kirchhoff (dos científicos alemanes del siglo XIX) mientras observaban, desde unos 80 km. de distancia, un incendio en el puerto de Hamburgo, se les ocurrió hacer pasar por un prisma la luz que venía del incendio. Vieron una luz amarilla intensa como la que habían observado al quemar sodio. Pronto encontraron una explicación: lo que estaba ardiendo era un almacén de salazones.

Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen también realizaron experimentos de laboratorio consistentes en analizar el espectro emitido por fuentes y elementos diversos. Sus trabajos dieron lugar a tres leyes fundamentales:

- Un objeto sólido incandescente o un gas denso y caliente, sometido a muy alta presión, emite un espectro continuo de luz. Es decir, dentro de un rango espectral dado, emiten radiación en todas las longitudes de onda.
- Un gas tenue y caliente emite un espectro de líneas brillantes (líneas de emisión). Es decir, emite luz tan solo a unas longitudes de onda determinadas. El espectro de líneas de emisión depende de la composición química del gas.
- El espectro de una fuente de continuo observado a través de un gas más frío muestra líneas oscuras superpuestas (de absorción). El espectro de absorción es el inverso del espectro de emisión del gas (este emite y absorbe a las mismas longitudes de onda)

2) Actividades utilizando luz, lámparas, leds y laser

Material:

Disco compacto

Tubos de descarga de: Hidrógeno, Helio, Neón, Argón, Kriptón, Xenón, Oxígeno,

Nitrógeno, Mercurio

Reactor para lámparas de descarga

Leds de varios colores (rojo, verde, amarillo, naranja, azul, morado)

Laser rojo y verde



Procedimiento:

- Se observa el reflejo de la luz natural en el disco compacto
- Se oscurece el laboratorio y con el disco laser se observa el reflejo de la luz de cada uno de los tubos de descarga mencionados y se toman fotografías del reflejo, realizando un apunte con los colores observados.
- Se realiza un circuito con una pila para encender un led y se observa el reflejo en el disco compacto fotografiando y viendo los colores en los que se descompone la luz y se anotan los colores. Esto se realiza con cada led
- Se observa la luz del láser reflejada en el disco compacto fotografía el resultado
- Se realiza una tabla donde se coloca el tipo de sustancia del tubo, el color de la luz y los colores reflejados en el disco compacto.



Tabla de color tubo de descarga y colores reflejados en disco compacto

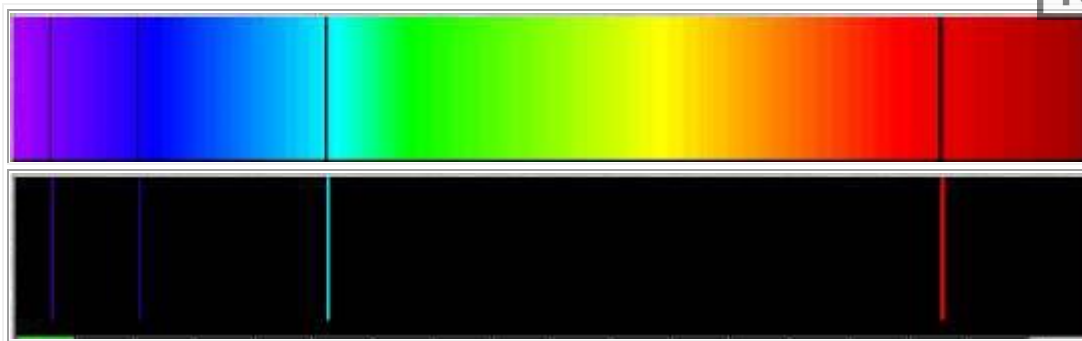
Tubo de descarga	Luz	Colores reflejados disco compacto
Hidrogeno		Morado, azul y rojo
Helio	amarillo	Café, amarillo, verde, azul y morado
Neón	Rojo , naranja	Café ,Rojo, naranja, amarillo, verde, azul y morado
Argón	morado	Café, amarillo, Verde, azul y morado
Kriptón	Azul claro	
xenón	Azul fuerte	
Oxigeno	Azul y morado	
Nitrógeno	Café morado	Rojo, amarillo, verde y morado
Mercurio	Azul	



Espectros observados en este caso solo el de emisión se observa en el disco compacto

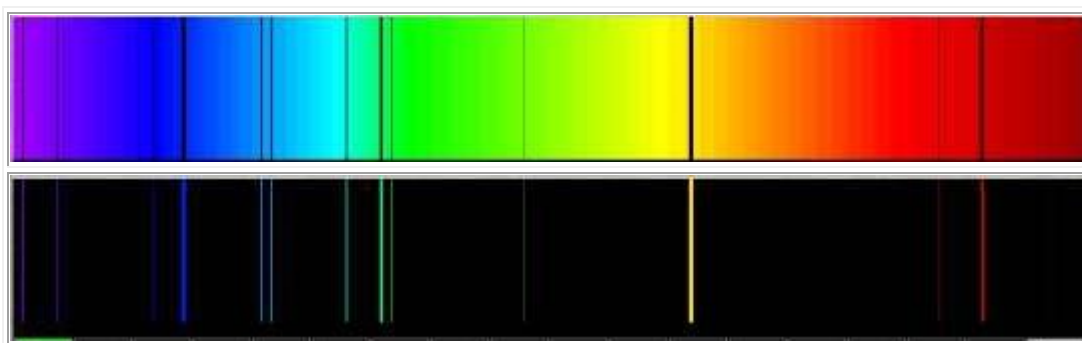
HIDROGENO

ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



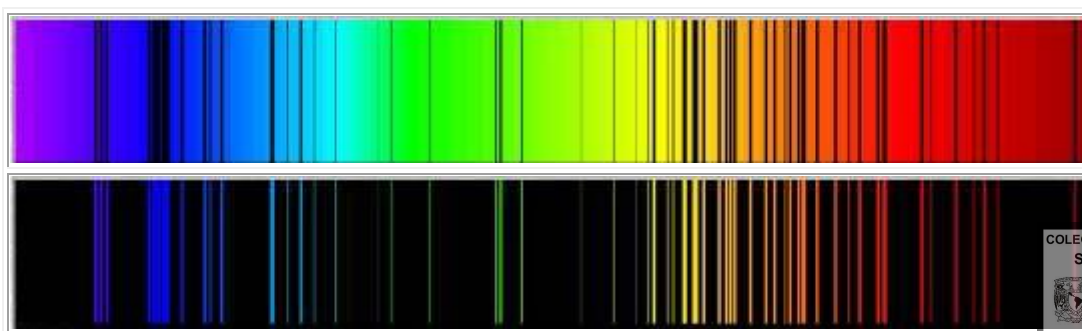
HELIO

ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN

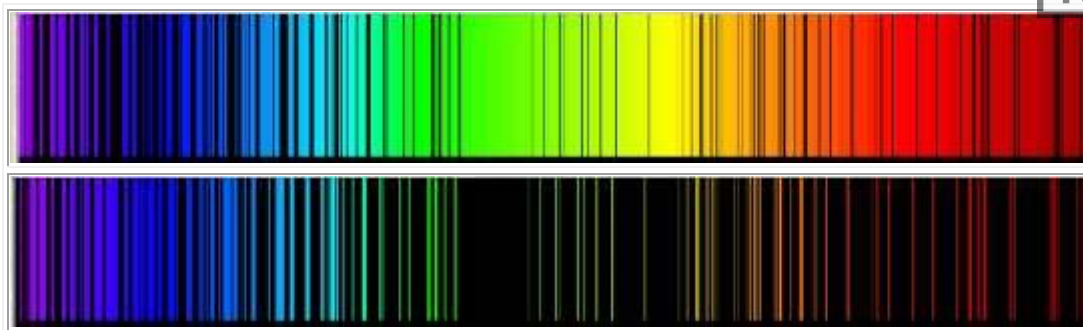


NEÓN

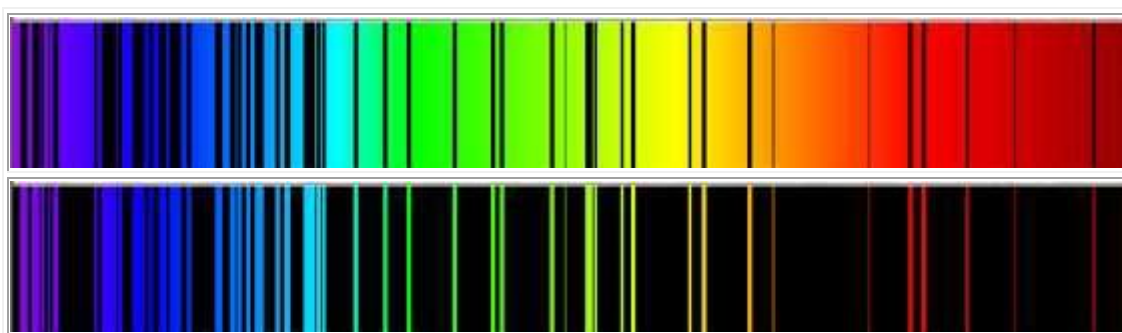
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



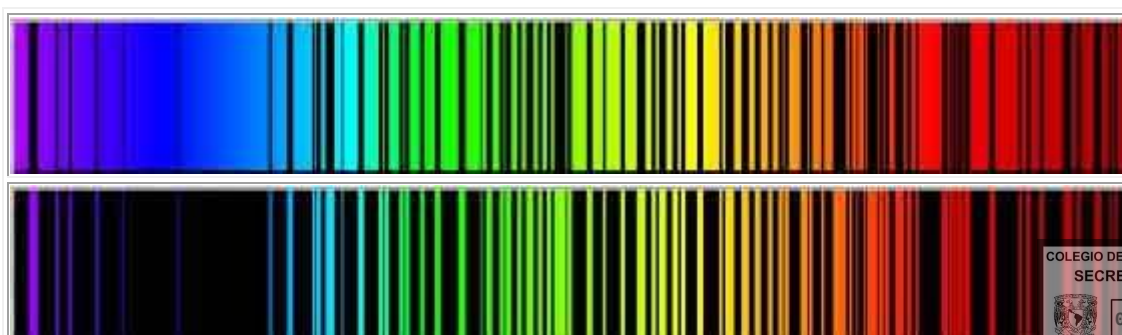
ARGÓN
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



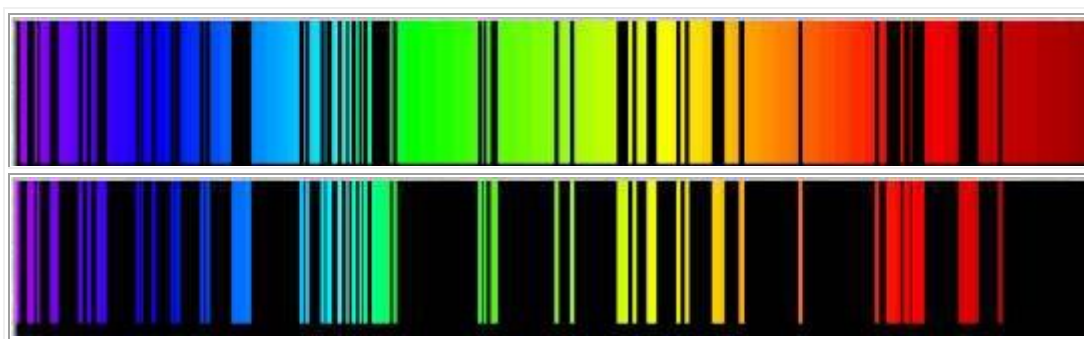
KRIPTON
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



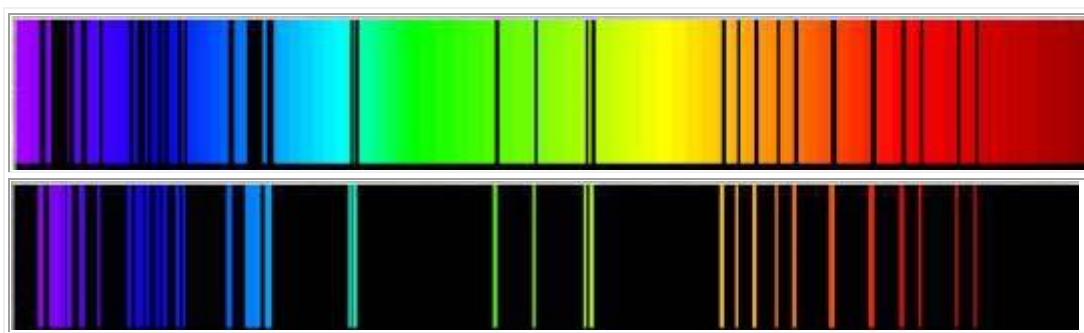
XENON
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



NITROGENO
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



OXÍGENO
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN



MERCURIO
ESPECTROS DE ABSORCIÓN Y DE EMISIÓN

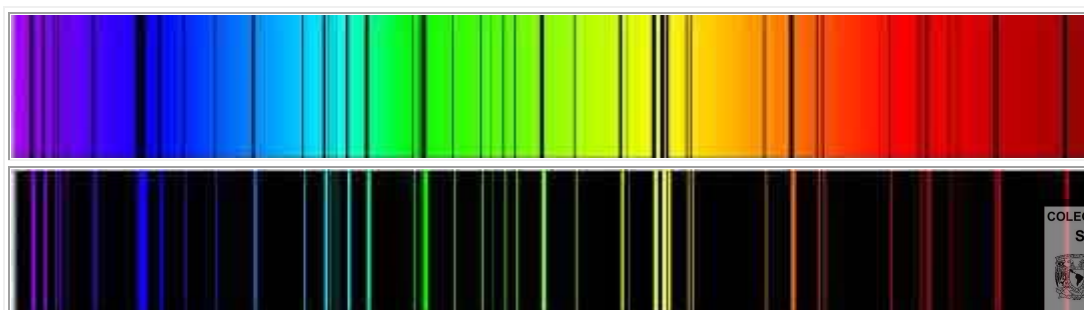


Tabla con Colores de leds, los cuales se observa que dependen del tono del led

Led	Reflejo en el disco
Rojo	Rojo
naranja	Rojo y amarillo
Amarillo	Amarillo
Verde	Verde y amarillo
Azul	Azul y morado
Morado	Morado



En el caso de los laser, se observan varios puntos del color del láser, que se reflejan en la parte del techo

Explicación

Se comprueba experimentalmente que los átomos son capaces de emitir radiación electromagnética o absorberla al ser estimulados mediante calentamiento o radiación, respectivamente, pero solo en algunas frecuencias. Estas frecuencias de emisión o absorción determinan una serie de líneas que recogidas en un diagrama reciben el nombre de espectro de emisión o de absorción del átomo correspondiente. Se trata en todos los casos de espectros discontinuos.

Es preciso señalar que cada elemento químico excitado emite siempre unas rayas de frecuencia característica que, por tanto, sirven para identificarlo. Esta propiedad se manifiesta de la misma manera ya sea con el elemento puro o combinado con otros, por lo que se trata de una técnica de análisis básica en la identificación atómica

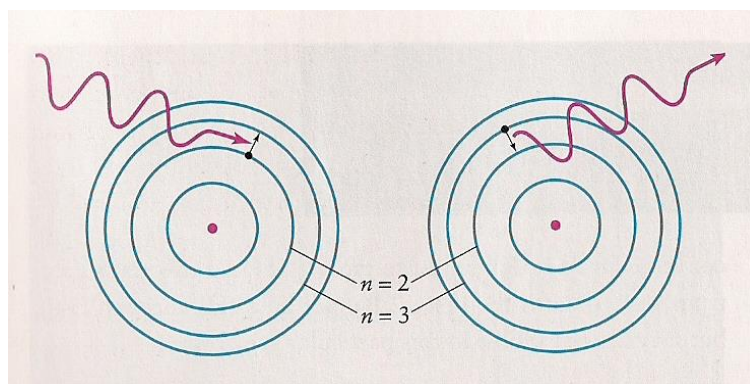


TEORÍA ATÓMICA DE BOHR

El modelo atómico de Bohr se fundamenta en cuatro postulados básicos.

1. Los electrones en los átomos están localizados en órbitas o niveles de energía, alrededor del núcleo.
2. Los electrones en las órbitas más cercanas al núcleo tienen menor energía que aquellos en órbitas más alejadas del núcleo.
3. Cualquier electrón en un átomo puede tener sólo ciertos valores de energía permitidos. Esta energía determina qué órbita ocupa el electrón.
4. Los electrones pueden moverse de una órbita a otra. Para esto un electrón debe ganar o perder una cantidad exacta de energía, un cuanto de energía.

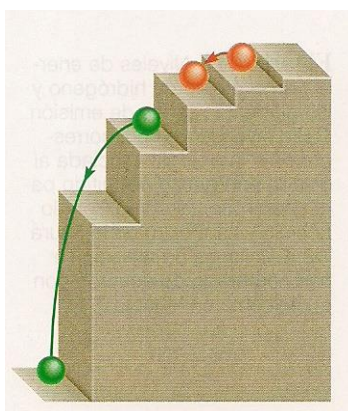
La teoría de Bohr ayuda a explicar el espectro de línea del átomo de hidrógeno. La energía radiante que absorbe el átomo hace que su electrón pase de un estado de energía más bajo (un valor menor de n) a otro estado de mayor energía (caracterizado por un valor mayor de n). Por lo contrario, cuando el electrón se mueve desde un estado de mayor energía a otro de menor energía, se emite energía radiante en forma de un fotón (figura 3).



El movimiento cuantizado del electrón desde un estado de energía a otro es análogo al que tiene una pelota de tenis en una escalera (figura 4). La pelota puede parar en cualquier peldaño, pero nunca entre éstos. El viaje de la pelota de un peldaño inferior a uno superior demanda energía, pero si pasa de un peldaño



más alto a uno más bajo, el proceso libera energía. La cantidad de energía asociada a cada uno de estos cambios está determinada por la distancia que hay entre los peldaños inicial y final. De la misma manera, la cantidad de energía necesaria para mover un electrón en el átomo de Bohr depende de la diferencia de los niveles de energía entre los estados inicial y final.



Cada línea del espectro de emisión del átomo de hidrógeno corresponde a determinada transición en este átomo (figura 5).

Mientras el electrón se mueve en cualquiera de esas órbitas no radia energía, sólo lo hace cuando cambia de órbita. Si pasa de una órbita externa (de mayor energía) a otra más interna (de menor energía) emite energía, y la absorbe cuando pasa de una órbita interna a otra más externa. Por tanto, la energía absorbida o emitida será:

$$E_2 - E_1 = h \nu$$

Bohr describió el átomo de hidrógeno con un protón en el núcleo, y girando a su alrededor un electrón.

En este modelo los electrones giran en órbitas circulares alrededor del núcleo; ocupando la órbita de menor energía posible, o sea la órbita más cercana posible al núcleo

Cada órbita se corresponde con un nivel energético que recibe el nombre de número cuántico principal, se representa con la letra " n " y toma valores desde 1 hasta 7.

La teoría de Bohr predice los radios de las órbitas permitidas en un átomo de hidrógeno.

$$R_n = n^2 a_0, \text{ donde } n = 1, 2, 3, \dots \text{ y } a_0 = 0.53 \text{ \AA} (53 \text{ pm})$$

La teoría también nos permite calcular las velocidades del electrón en estas órbitas, y la energía. Por convenio, cuando el electrón está separado del núcleo se



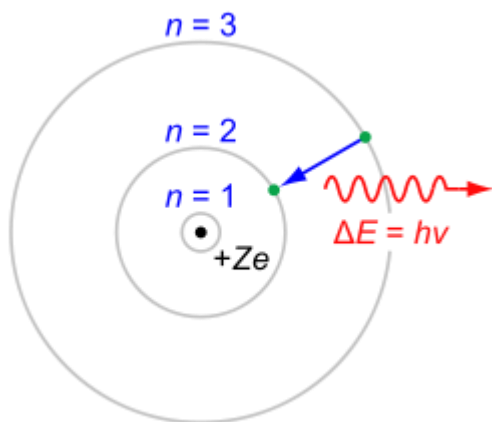
dice que está en el cero de energía. Cuando un electrón libre es atraído por el núcleo y confinado en una órbita n , la energía del electrón se hace negativa, y su valor desciende a

$$E_n = \frac{-R_H}{n^2}$$

R_H es una constante que depende de la masa y la carga del electrón y cuyo valor es $2.179 \cdot 10^{-18} \text{ J}$.

Normalmente el electrón en un átomo de hidrógeno se encuentra en la órbita más próxima al núcleo ($n=1$). Esta es la energía permitida más baja, o el estado fundamental. Cuando el electrón adquiere un cuanto de energía pasa a un nivel más alto ($n=2,3,\dots$) se dice entonces que el átomo se encuentra en un estado excitado. En este estado excitado el átomo no es estable y cuando el electrón regresa a un estado más bajo de energía emite una cantidad determinada de energía, que es la diferencia de energía entre los dos niveles.

$$\Delta E = E_f - E_i = \frac{-R_H}{n_f^2} - \frac{-R_H}{n_i^2} = R_H \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right) = 2.179 \cdot 10^{-18} \text{ J} \left(\frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$



La energía de un fotón bien sea absorbido o emitido, se calcula de acuerdo con la ecuación de Planck

Recordar que Planck postuló que la emisión de radiación electromagnética se produce en forma de "paquetes" o "cuantos" de energía (fotones). Esto significa que la radiación no es continua, es decir, los átomos no pueden absorber o emitir cualquier valor de energía, sino sólo unos valores concretos. La energía correspondiente a cada uno de los "cuantos" se obtiene multiplicando su frecuencia, ν , por la constante de Planck, h ($h=6,626 \cdot 10^{-34} \text{ Julios} \cdot \text{segundo}$).

$$E = h \cdot \nu$$



El electrón puede acceder a un nivel de energía superior pero para ello necesita "absorber" energía. Cuando vuelve a su nivel de energía original, el electrón necesita emitir la energía absorbida (por ejemplo en forma de radiación).



Espectro de emisión del hidrógeno

El espectro de emisión del hidrógeno tiene una línea gruesa roja y dos azules, una gruesa y otra fina.



Figura 5

Cuando se analizan muchos átomos de hidrógeno, se observan todas las transiciones posibles y, por consiguiente, las respectivas líneas espectrales. La brillantez de una línea del espectro depende del número de fotones emitidos que tengan la misma longitud de onda.

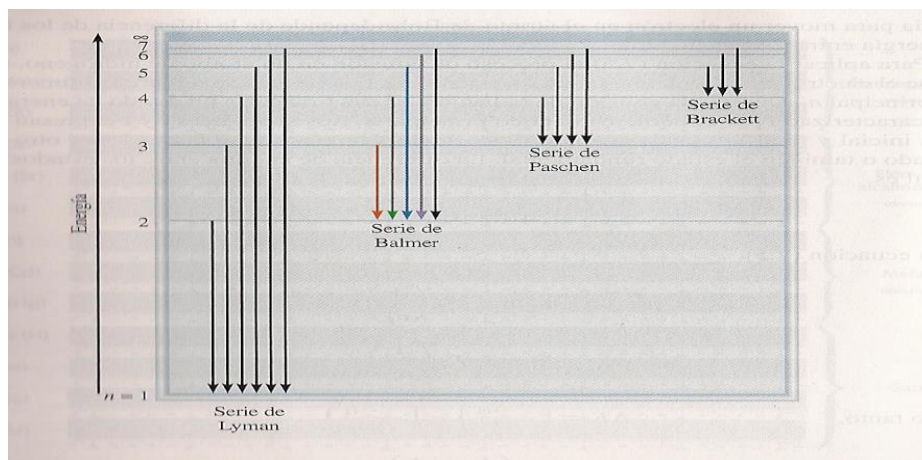
El espectro de emisión del hidrógeno abarca una amplia gama de longitudes de onda, desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. En la siguiente tabla se indican las series de transición para el espectro de este átomo que llevan el nombre de sus descubridores.



Series	n_f	n_i	Región del espectro
Lyman	1	2, 3, 4, ...	Ultravioleta
Balmer	2	3, 4, 5, ...	Visible y ultravioleta
Paschen	3	4, 5, 6, ...	Infrarrojo
Brackett	4	5, 6, 7, ...	Infrarrojo



La serie de Balmer fue más fácil de estudiar porque muchas de sus líneas caen en la región visible. En la figura 6 se puede observar un esquema en donde se presentan diversas transiciones del átomo de hidrógeno. Cada línea horizontal representa un nivel de energía permitido para el electrón del átomo de hidrógeno; estos niveles se indican con su número cuántico principal.



EJEMPLO

Con la ecuación de Balmer, determine la longitud de onda de la línea H_{α} en el espectro del hidrógeno. (esta primera línea se presenta cuando $n=3$)

SOLUCIÓN



Desde 1884, Johann Jakob Balmer encontró una relación matemática sencilla para predecir las longitudes de onda características de algunas de las líneas en el espectro del hidrógeno. Su fórmula es:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

donde λ = longitud de onda en metros

R = constante de Rydberg = 1.097×10^7 1/m

n = 3, 4, 5,.....

Por sustitución directa se tiene que

$$\frac{1}{\lambda} = 1.097 \times 10^7 \frac{1}{m} \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right) = 1.524 \times 10^6 \text{ 1/m}$$

por tanto $\lambda = 656.3 \text{ nm}$



PREGUNTAS

- 1) ¿cómo es posible que el espectro del hidrógeno contenga tantas líneas cuando el hidrógeno sólo contiene un electrón?
- 2) Determine la longitud de onda de un fotón emitido por un átomo de hidrógeno cuando el electrón salta del primer estado excitado al estado base.

El primer estado excitado corresponde a $n_i = 2$, mientras que el estado base es $n_f = 1$

- 3) Calcular la longitud de onda de las tres primeras líneas espectrales del hidrógeno atómico en la serie de Balmer

ACTIVIDAD LECTURAS

Lecturas de la revista ¿Cómo ves?

Los alumnos leerán los siguientes artículos, los cuales son de divulgación

- 1) “Las cuitas cuánticas de Einstein” de Sergio de Régules
Revista ¿Cómo ves?, año 7, Núm. 78, mayo de 2005, UNAM

- 1) ¿Qué es el fenómeno llamado teletransportación?



- 2) ¿Por qué se dice que la teoría cuántica es acausal?
- 3) Einstein decía que “le sería más fácil creer en un universo caótico – sin leyes- que en uno con leyes únicamente estadísticas al azar los sucesos individuales” ¿Qué quiere decir ésta afirmación?
- 4) La frase “Dios no juega a los dados” ¿Qué significa?
- 5) ¿Qué explica Schrodinger con la analogía llamada “gato de Schrodinger”?



- 2) “Mecánica Cuántica, el mundo de las cosas extrañas” de Shahan Hacyan
Revista ¿Cómo ves?, año 8, Núm. 93, agosto de 2006, UNAM.

- 1) ¿Cuándo y para qué surgió la mecánica cuántica?
- 2) ¿Qué es lo que postuló Louis de Broglie?
- 3) ¿Cuál es el principio de superposición que Bohr enunció?
- 4) ¿Qué es la coherencia cuántica?
- 5) De acuerdo al artículo, ¿será posible la existencia de una computadora cuántica en el futuro?

Principio de incertidumbre de Heisenberg

En mecánica cuántica, la relación de indeterminación de Heisenberg o principio de incertidumbre establece la imposibilidad de que determinados pares de magnitudes físicas observables y complementarias sean conocidas con precisión arbitraria. Sucintamente, afirma que no se puede determinar, en términos de la física cuántica, simultáneamente y con precisión arbitraria, ciertos pares de variables físicas, como son, la posición y el momento lineal (cantidad de movimiento) de un objeto dado. En otras palabras, cuanto mayor certeza se busca en determinar la posición de una partícula, menos se conoce su momento lineal y, por tanto, su masa y velocidad. Este principio fue enunciado por el físico teórico alemán Werner Heisenberg en 1927.

Existe en la actualidad un leve error provocado por el pensamiento clásico arraigado en el razonamiento humano, se tiende a creer que la indeterminación se

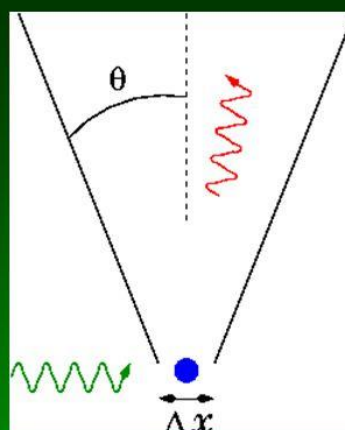


debe a la intervención experimental a la hora de medir una propiedad. Sin embargo, lo que el principio de indeterminación sugiere es que las propiedades de la partícula se encuentran en estado de superposición y por tanto tienen atribuidos a la vez diferentes valores de posición y de momento lineal. En la intervención a la hora de medir, obligamos a una de las magnitudes a tomar un valor, colocando su función de onda, y dándonos así un resultado preciso para esta, por lo que aumenta irremediabilmente la indeterminación en la otra medida.



El principio de indeterminación no tiene un análogo clásico y define una de las diferencias fundamentales entre física clásica y física cuántica. Desde un punto de vista lógico es una consecuencia de axiomas corrientes de la mecánica cuántica y por tanto estrictamente se deduce de los mismos.

Este principio afirma la imposibilidad de observar simultáneamente en una partícula dos variables tales como el momento lineal y la posición.



Esto es, no se puede saber a la vez el lugar que ocupa un cuerpo y su cantidad de movimiento.



Consecuencias de la relación de indeterminación

Este principio supone un cambio básico en la naturaleza de la física, ya que se pasa de un conocimiento absolutamente preciso (en teoría aunque no en la práctica), al conocimiento basado solo en probabilidades. Aunque debido a la pequeñez de la [constante de Planck](#), en el mundo macroscópico la indeterminación cuántica es casi siempre completamente despreciable, y los resultados de las teorías físicas deterministas, como la [teoría de la relatividad](#), siguen teniendo validez en todos casos prácticos de interés.

Las partículas, en mecánica cuántica, no siguen trayectorias definidas. No es posible conocer exactamente el valor de todas las magnitudes físicas que describen el estado de movimiento de la partícula en ningún momento, sino solo una distribución estadística. Por lo tanto no es posible asignar una trayectoria a una partícula. Sí se puede decir que hay una determinada probabilidad de que la partícula se encuentre en una determinada región del espacio en un momento determinado.

Comúnmente se considera que el carácter probabilístico de la mecánica cuántica invalida el [determinismo científico](#). Sin embargo, existen varias [interpretaciones de la mecánica cuántica](#) y no todas llegan a esta conclusión. Según puntualiza [Stephen Hawking](#), la mecánica cuántica es determinista en sí misma, y es posible que la aparente indeterminación se deba a que realmente no existen posiciones y velocidades de partículas, sino solo ondas. Los físicos cuánticos intentarían entonces ajustar las ondas a nuestras ideas preconcebidas de posiciones y velocidades. La inadecuación de estos conceptos sería la causa de la aparente impredecibilidad. Otros fenómenos deducibles o conectados con el principio de indeterminación de Heisenberg son:

- [Efecto túnel](#)
- [Energía del punto cero](#)
- Existencia de [partículas virtuales](#)
- [Energía del vacío](#) e inexistencia del vacío absoluto.
- [Radiación de Hawking](#) e inestabilidad de [agujeros negros](#)

Enunciado matemático

Si se preparan varias copias idénticas de un sistema en un estado determinado, como puede ser un átomo, las medidas de la posición y de la [cantidad de movimiento](#) variarán de acuerdo con una cierta distribución de probabilidad característica del estado cuántico del sistema. Las medidas del objeto observable sufrirán desviación estándar Δx de la posición y el momento Δp . Verifican entonces el principio de indeterminación que se expresa matemáticamente como:

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{\hbar}{2}$$



donde la h es la constante de Planck (para simplificar, $h/2\pi$ suele escribirse como $\hbar$)

El valor conocido de la constante de Planck es:



En la física de sistemas clásicos esta indeterminación de la posición-momento no se manifiesta puesto que se aplica a estados cuánticos del átomo y h es extremadamente pequeño. Una de las formas alternativas del principio de indeterminación más conocida es la indeterminación tiempo-energía que puede escribirse como:

Esta forma es la que se utiliza en mecánica cuántica para explorar las consecuencias de la formación de partículas virtuales, utilizadas para estudiar los estados intermedios de una interacción. Esta forma del principio de indeterminación es también la utilizada para estudiar el concepto de energía del vacío.

FASE DE CIERRE

ACTIVIDAD VIDEO

Observar el siguiente video titulado ¿Qué es la Mecánica Cuántica?

<https://www.youtube.com/watch?v=LyyAYlPuixQ>

Contestar el siguiente cuestionario

- 1) ¿Qué es la Mecánica Cuántica?
- 2) ¿A qué le llaman mundo determinista?
- 3) ¿En qué año nace la Física Cuántica?
- 4) ¿A qué le llamaron la catástrofe ultravioleta?
- 5) Para resolver el problema anterior, ¿qué propuso Max Planck?
- 6) ¿Por qué ganó Einstein el Premio Nobel?
- 7) ¿Qué planteó Niels Bohr para ganar el Premio Nobel?
- 8) ¿Qué es lo que postuló Louis de Broglie en 1924?



ACTIVIDAD LECTURA

Para consolidar tus conocimientos lee el siguiente artículo titulado



How Quantum Mechanics Lets Us See, Smell and Touch

De Tim Folger, de la revista Discovery Magazine, 24 de octubre de 2018

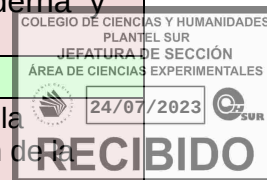
<https://www.discovermagazine.com/the-sciences/how-quantum-mechanics-lets-us-see-smell-and-touch>

Contesta el siguiente cuestionario

- 1) ¿Qué significa “*Catástrofe Ultravioleta*”?
- 2) Investiga las aportaciones a la teoría de la Mecánica Cuántica que realizaron los siguientes personajes: Albert Einstein, Werner Heisenberg y Niels Bohr.
- 3) Investiga ¿Qué es la tunelización cuántica?
- 4) Investiga ¿Cuáles son las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza y en qué consiste cada una de ellas?
- 5) Investiga: Explica brevemente la teoría del gato de Schrödinger
- 6) Escribe brevemente cómo es que la Mecánica Cuántica permite ver, oler y tocar.



RELATIVIDAD ESPECIAL Y GENERAL	Unidad III Introducción a la física moderna y contemporánea
APRENDIZAJE	TEMAS
1.- Contrasta el principio de relatividad de Galileo y las ideas de Newton sobre el espacio y tiempo con las de Einstein. N2. [SEP] 2.- Comprende algunas implicaciones de la constancia de la velocidad de la luz. N2. [SEP] • 3.- Conoce la interpretación relativista de la relación masa–energía. N1. [SEP]	• Límites de aplicabilidad de la mecánica clásica y origen de la física relativista. [SEP] • Postulados de la relatividad especial. [SEP] • Equivalencia entre la masa y la energía. [SEP]



INTRODUCCIÓN

¿Qué es lo primero que se piensa cuando se ve o se oye la palabra *Relatividad*? Seguramente el nombre de Einstein, la ecuación $E=mc^2$ o la visión de unos viajeros que regresan del espacio rejuvenecidos después de un viaje de muchos años de duración.

¿Qué fue lo que hizo Einstein para que su nombre casi sea sinónimo del título de esta teoría?

Nos llevo a aplicar las nociones de la relatividad a toda nuestra experiencia física y no sólo a una clase restringida de fenómenos. En particular, llego a afirmar que los procesos en que intervienen movimientos muy rápidos no han de colocarse en ninguna categoría separada. Desde luego que había consecuencias que se oponían a nuestra intuición y al sentido común, lo cual no ocurría con las teorías clásicas.



I. Fase Apertura

Actividad para el diagnóstico

A. Cuestionario

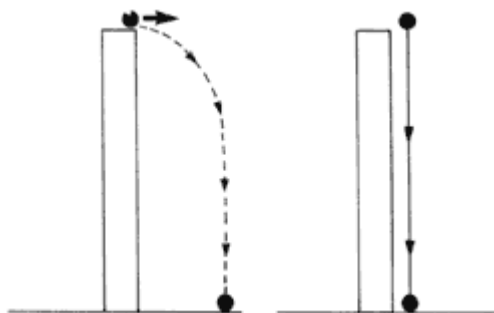
1. ¿Qué entiendes por movimiento?
2. ¿Cómo defines, desde tu experiencia, el espacio?
3. ¿Qué es para ti el tiempo?
4. ¿Qué se mueve más rápido, una persona que corre a 10 Km/hr sobre el andén del metro u otro que se mueve a la misma velocidad pero dentro del metro, el cual se mueve a 70 Km/hr. Tanto el metro como las dos personas se mueven en la misma dirección. Justifica tu respuesta.
5. ¿Qué dirías, si en lugar de las personas lo que se mueve es un rayo de luz, es decir, simplemente colocamos una lámpara encendida en el andén y otra en el piso del vagón del metro, las dos en la dirección del movimiento del metro?. ¿Qué rayo de luz corre más rápido?

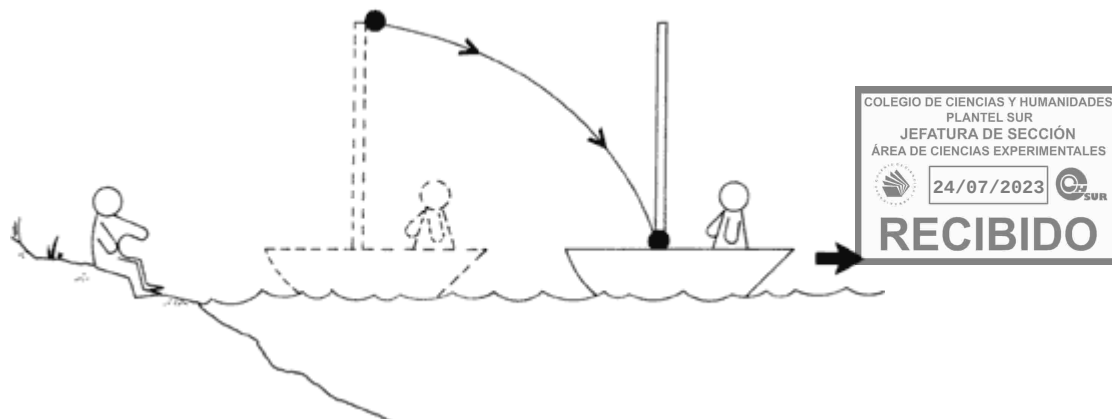


II. Fase de Desarrollo

Ideas sobre la relatividad de Galileo y Newton.

Un experimentador que se encuentra dentro de un barco que avanza en línea recta y a una velocidad constante no puede decidir, por ningún experimento físico, si el barco se mueve. Tendría que asomarse por una escotilla para saberlo.





De acuerdo con el *principio de relatividad de Galileo*, las leyes de la física son las mismas en cualquier sistema de referencia *inercial*.

El hecho de que un cuerpo masivo tiende a moverse en línea recta y a la misma velocidad, si ninguna fuerza actúa sobre él, es una ley fundamental de la mecánica, descubierta por el gran físico inglés Isaac Newton y llamada, en su honor, primera ley de Newton.

El resultado más espectacular que obtuvo Newton fue, sin duda, la deducción exacta del movimiento de los planetas —en perfecto acuerdo con las observaciones astronómicas—, a partir de la ley de la gravitación universal. El Universo era una inmensa máquina cuyas piezas interactuaban entre sí a través de la fuerza universal de la gravitación.

La primera ley de Newton, que afirma que todos los cuerpos se mueven en línea recta y con velocidad constante mientras no actúen fuerzas externas sobre ellos, es otra manera de expresar el principio de relatividad de Galileo.

Newton nunca rechazó este principio, pero insistió en postular la existencia de un *espacio absoluto*, que equivaldría a un sistema de referencia especial y único, con respecto al cual el Universo en su conjunto estaría en reposo.



que insistir en que la existencia de un sistema de referencia universal no contradice el principio de relatividad de Galileo.

El concepto del espacio absoluto permaneció anclado en la física más de dos siglos después de Newton a pesar de no constituir un axioma esencial de la mecánica. Además, junto con el espacio absoluto, Newton introdujo el *tiempo absoluto*. Tampoco necesitaba la mecánica de un tiempo así, pero parecía lógico que, independientemente de las fórmulas matemáticas que describen el Universo, exista una manera única de medir el tiempo, algo así como un reloj cósmico... acaso el reloj de Dios.

La existencia de un tiempo absoluto independiente de quién lo mide, es una consecuencia de nuestra experiencia cotidiana. Estamos acostumbrados a la idea de que el tiempo transcurre siempre en la misma forma, pues de lo contrario no tendría sentido sincronizar nuestros relojes y determinar, así, el momento en que ocurre u ocurrirá cada suceso. Nadie se atrevería a afirmar que el tiempo transcurre más rápido o más lentamente en un lugar o en otro del Universo. Al menos eso era evidente hasta que llegó Einstein.

Postulados de Einstein

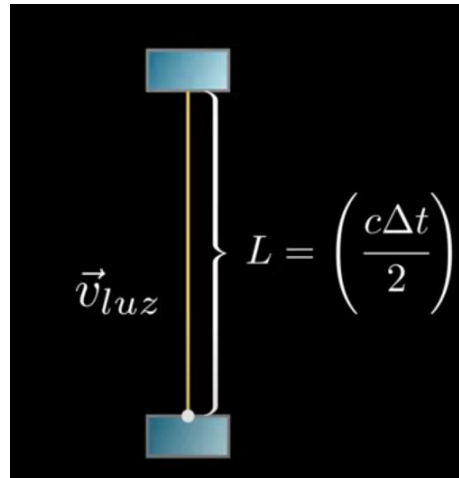
1. **Todas las leyes de la naturaleza son las mismas en todos los marcos de referencia que se mueven de manera uniforme.**
2. **La rapidez de la luz en el espacio libre tiene el mismo valor medido para todos los observadores, sin importar el movimiento de la fuente o el movimiento del observador; esto es : la rapidez de la luz es una constante**

Una consecuencia de los postulados anteriores es, entre otros, la dilatación del tiempo.

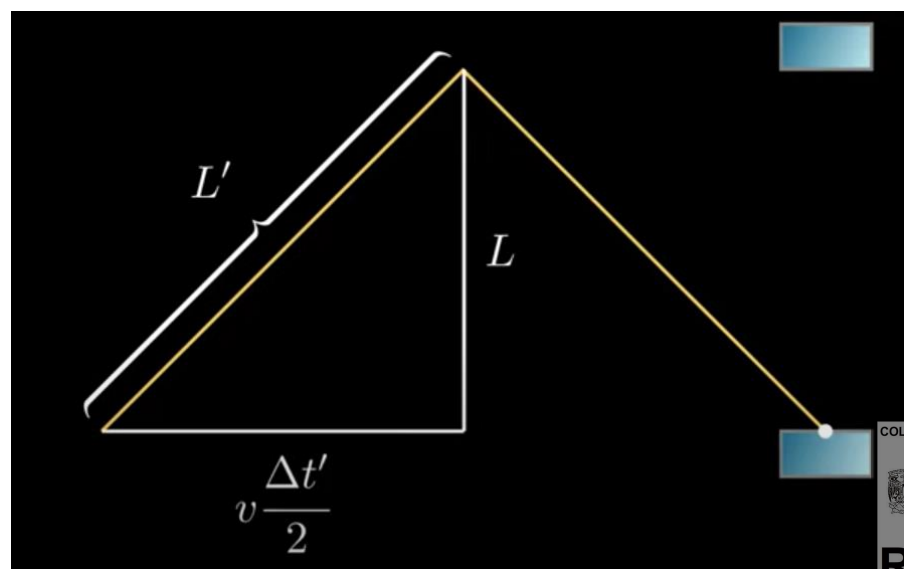
DILATACIÓN DEL TIEMPO



Un observador que viajara con la nave y observara el reloj de luz (ver figura) vería el destello que se refleja recto hacia arriba y hacia abajo entre los dos espejos, como lo haría si la nave espacial estuviera en reposo.



Sin embargo, si el observador estuviera de pie en el suelo mientras la nave espacial pasa zumbando junto a él con gran rapidez. Las cosas son bastante diferentes desde este marco de referencia. Debido a que cada destello se mueve en sentido horizontal mientras se mueve en sentido verticalmente los dos espejos, se observa que el destello sigue una trayectoria diagonal



La relación de la dilatación del tiempo para diferentes marcos de referencia en el espacio-tiempo puede derivarse de las figuras anteriores con simple geometría y álgebra. Esta relación es la siguiente:

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$



EJEMPLO

Dos gemelos tienen 25 años de edad, entonces uno de ellos sale en un viaje por el espacio a una velocidad aproximadamente constante. El gemelo que va en el cohete espacial mide el tiempo con un reloj exacto. Cuando regresa a la Tierra, su reloj le indica que tiene 31 años, mientras que su gemelo, que se quedó en la Tierra, tiene 43 años. ¿cuál fue la velocidad del cohete espacial?

Solución

El reloj del cohete espacial indica que el viaje sólo duró 6 años, mientras que el reloj de la Tierra señala que fue de 18 años. Entonces

Sustituyendo en la ecuación anterior

$$18 = \frac{6}{\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)}}$$

de donde

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v^2}{c^2}\right)} = \frac{6}{18}$$

$$\left(\frac{v^2}{c^2}\right) = 1 - 0.111$$

es decir,

$$v = 0.943 c = 2.83 \times 10^8 \text{ m/s}$$

EJERCICIOS

1. Una cierta especie de bacterias duplican su número cada 29 días. Dos de estas bacterias son colocadas en una nave espacial y enviadas a viajar desde la Tierra por 1000 días terrestres. Durante este tiempo, la velocidad



de la nave es de $0.9950c$. ¿Cuántas bacterias estarán a bordo de la nave cuando aterrice sobre la Tierra?

- Una nave espacial está moviéndose a $0.92c$ cuando la ve un observador sobre la Tierra. Esta persona y los ocupantes de la nave ponen a funcionar la alarma de sus relojes idénticos para que suenen después de que hayan pasado 6 horas. De acuerdo con los observadores de la Tierra, ¿cuánto marcará el reloj de la Tierra cuando suene la alarma del reloj de la nave?



Resultados generales de la teoría

De las consideraciones precedentes se desprende de un modo manifiesto que la teoría de la relatividad (restringida) surgió de la electrodinámica y de la óptica. En esos dominios, la relatividad no ha cambiado mucho los enunciados de la teoría, pero ha simplificado considerablemente el edificio teórico, es decir, la derivación de las leyes y, lo que es mucho más importante, ha reducido bastante el número de las hipótesis independientes sobre las cuales se apoya. La relatividad ha otorgado a la teoría de Maxwell-Lorentz un grado de evidencia tal, que esta teoría habría sido aceptada generalmente por los físicos, aun cuando la experiencia hubiera hablado a su favor de un modo menos convincente.

La mecánica clásica ha tenido que sufrir una transformación para estar en armonía con el postulado de la teoría de la relatividad restringida. Sin embargo, esta modificación se refiere fundamentalmente a las leyes de los movimientos rápidos, en los cuales las velocidades v de la materia no son demasiado pequeñas en comparación con la velocidad de la luz. La experiencia nos muestra que solamente los electrones y los iones se encuentran animados de movimientos tan rápidos; en cuanto a los otros movimientos, las divergencias con respecto a las leyes de la mecánica clásica son demasiado pequeñas para poder ser observadas en la práctica.

De acuerdo con la teoría de la relatividad, la energía cinética de una partícula material de masa m ya no se encuentra dada por la expresión

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

sino por la expresión

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Esta expresión tiende al infinito cuando la velocidad v tiende a la velocidad de la luz c . Por lo tanto, la velocidad debe ser siempre inferior a c , por grandes que sean



las energías empleadas en la aceleración. Si se hace el desarrollo en serie de la expresión de la energía cinética, se obtiene:

$$mc^2 + \frac{1}{2}mv^2 + \left(\frac{3}{8}\right)mv^4/c^2 + \dots$$

Cuando v^2 / c^2 es pequeño con respecto a la unidad, entonces el tercer término es siempre pequeño con respecto al segundo término, que es el único que es considerado en la mecánica clásica. El primer término, mc^2 , no contiene a la velocidad y, por consiguiente, no es necesario tomarlo en cuenta cuando se trata de saber solamente de qué manera la energía de una partícula material depende de la velocidad. Más adelante hablaremos de su significado fundamental.

El resultado más importante, de carácter general, al que ha conducido la teoría de la relatividad restringida, concierne a la noción de masa. La física prerelativista consideraba dos principios de conservación de importancia fundamental: el principio de conservación de la energía y el principio de conservación de la masa. Estos dos principios fundamentales eran considerados completamente independientes uno del otro. En virtud de la teoría de la relatividad, dichos principios han quedado reunidos en uno solo. Ahora expondremos cómo se realizó esa reunión y cómo se debe interpretar.

El principio de la relatividad exige que el principio de conservación de la energía sea válido no solamente con respecto a un sistema de coordenadas K, sino también con respecto a cualquier otro sistema de coordenadas K', que se encuentre animado de un movimiento de traslación uniforme con respecto a K, o sea, con respecto a cualquier sistema galileano de coordenadas. Para pasar de uno de tales sistemas a otro, lo que sirve de norma es la transformación de Lorentz, contrariamente a lo que ocurre en la mecánica clásica.

Partiendo de esas premisas y de las ecuaciones fundamentales de la electrodinámica de Maxwell, se puede inferir con necesidad absoluta y por medio de consideraciones relativamente simples, la siguiente conclusión: un cuerpo que está animado con la velocidad v y que absorbe una cantidad de energía E_0 en forma de radiación, sin que cambie su velocidad, experimenta un incremento de energía igual a:

$$\frac{E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

Por lo tanto, considerando la expresión indicada anteriormente para la energía cinética, la energía del cuerpo está dada por:

$$\frac{\left(m + \frac{E_0}{c^2}\right)c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$



Por consiguiente, el cuerpo tiene la misma energía que un cuerpo de masa: $m + E_0/c^2$, que se mueve con la velocidad v . Por lo tanto, se puede decir que, si un cuerpo absorbe la energía E_0 , su masa inercial aumenta en E_0/c^2 ; la masa inercial de un cuerpo no es constante, sino que varía en proporción con la variación de su energía. La masa inercial de un sistema de cuerpos puede ser considerada directamente como la medida de su energía. El principio de conservación de la masa de un sistema coincide con el principio de conservación de la energía y únicamente es válido en tanto que el sistema no absorbe ni emite energía. Si la expresión para la energía se escribe en la forma siguiente:

$$\frac{mc^2 + E_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

se advierte que el término mc^2 la que ya nos habíamos referido, no es otra cosa que la energía que ya poseía el cuerpo antes de absorber la energía E_0 .

Donde consideramos a la masa relativista de un cuerpo que viaja a la velocidad v como

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{Masa Relativista}$$

es decir, al aumentar la velocidad se incrementará la inercia del cuerpo y para velocidades muy cercanas a la de la luz, la inercia del cuerpo tenderá a infinito, lo que significa que necesitaríamos proporcionarle una energía infinita para que el cuerpo alcanzara la velocidad de la luz.

Ejemplo

La masa en reposo de un electrón es 9.1×10^{-31} Kg. ¿Cuál es la masa relativista si su velocidad es $0.8c$?

Solución

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{Masa relativista}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.31 \times 10^{-31} \text{ kg}}{0.6} = 1.52 \times 10^{-30} \text{ kg}$$



Esto representa el 67 % de incremento en la masa.

Por ahora no es posible hacer la comparación directa de este principio con la experiencia, debido a que las variaciones de la energía E_0 que podemos comunicar a un sistema no son suficientemente grandes para hacer perceptible el cambio de la masa inercial del sistema. La cantidad E_0 / c^2 es demasiado pequeña en comparación con la masa m que posee un cuerpo antes de sufrir un cambio en su energía. A esta circunstancia se debe atribuir el hecho de que se haya podido establecer con éxito el principio de conservación de la masa, que tiene un valor propio.

Ejemplo

Un electrón es acelerado a una velocidad de $0.8c$. Compare su energía cinética relativista con el valor que tendría tomando como base la mecánica de Newton.

Solución

Del ejemplo previo

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} = \frac{9.31 \times 10^{-31} \text{ kg}}{0.6} = 1.52 \times 10^{-30} \text{ kg}$$

Puesto que su masa en reposo es de $9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$, podemos determinar su energía cinética sustituyendo en la relación de la energía cinética relativista.

$$E_K = (m - m_0)c^2 \quad \text{Energía cinética relativista de una partícula}$$

$$E_K = (15.2 \times 10^{-31} \text{ kg} - 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})(3 \times 10^8)^2 = 5.49 \times 10^{-14} \text{ J}$$

El valor newtoniano se basa en $\frac{1}{2} m_0 v^2$, donde $v = 0.8c$

$$\frac{1}{2} m_0 v^2 = \frac{1}{2} (9.1 \times 10^{-31} \text{ kg})(0.8c)^2 = 2.62 \times 10^{-14} \text{ J}$$

La energía relativista tiene un valor más del doble de su valor según la mecánica newtoniana.

Todavía tenemos que hacer una última observación de carácter fundamental. El éxito de la interpretación de Faraday-Maxwell acerca de la acción electromagnética a distancia, por medio de procesos intermediarios con velocidad de propagación finita, trajo como consecuencia que se difundiera entre los físicos la convicción de que no existen acciones directas e instantáneas, del tipo de la acción considerada en la ley de la gravitación de Newton.

La teoría de la relatividad sustituye la acción a distancia instantánea, o sea la acción a distancia con una velocidad de propagación infinita, por la acción a distancia con la velocidad de la luz.

Tal cosa se encuentra vinculada con el papel fundamental que la velocidad c desempeña en la teoría de la relatividad.



La teoría de la relatividad restringida y la experiencia

La cuestión de saber hasta qué punto la teoría de la relatividad restringida está apoyada en la experiencia no tiene una respuesta simple, por la razón que ya mencionamos a propósito del experimento fundamental de Fizeau. La teoría de la relatividad restringida es una cristalización de la teoría de los procesos electromagnéticos de Maxwell-Lorentz. Por consiguiente, todos los hechos experimentales en que se basa la teoría electromagnética también sirven de apoyo a la teoría de la relatividad. Mencionamos aquí el hecho particularmente importante de que la teoría de la relatividad permite deducir de un modo sumamente simple y en concordancia con la experiencia, la influencia que sufre la luz que nos llega de las fijas, debido al movimiento relativo de la Tierra con respecto a dichas estrellas. Se trata del desplazamiento anual de la posición aparente de las estrellas fijas, como consecuencia del movimiento de la Tierra alrededor del Sol (aberración) y de la influencia de la componente radial de los movimientos relativos de las estrellas fijas, con respecto a la Tierra, sobre el color de la luz que llega hasta nosotros. Esta última influencia se manifiesta por un pequeño desplazamiento de las rayas espectrales de la luz proveniente de una estrella fija, con respecto a la posición que ocupan las rayas espectrales producidas por una fuente luminosa terrestre (efecto Doppler). Los argumentos experimentales a favor de la teoría de Maxwell-Lorentz, que son, al mismo tiempo, argumentos a favor de la teoría de la relatividad, son demasiados numerosos. Efectivamente, dichos argumentos restringen tanto las posibilidades teóricas, que ninguna otra teoría que no sea la de Maxwell-Lorentz se ha podido mantener frente a la experiencia. Sin embargo hay dos clases de hechos experimentales conocidos hasta ahora, que la teoría de Maxwell-Lorentz sólo puede explicar introduciendo una hipótesis auxiliar que, sin la utilización de la teoría de la relatividad, parece bastante extraña.

Es sabido que los rayos catódicos y la llamada radiación beta, emitidos por las sustancias radiactivas, están constituidos por corpúsculos cargados con electricidad negativa (los electrones), con una inercia muy pequeña y que se mueven a gran velocidad. Examinando la desviación que sufren esos rayos bajo la influencia de campos eléctricos y magnéticos, se puede determinar de una manera muy precisa la ley del movimiento de esos corpúsculos.

En el tratamiento teórico de esos electrones se ha tropezado con la dificultad de que la electrodinámica no explica por sí sola su naturaleza. Entonces, puesto que las masas eléctricas del mismo signo se rechazan, las masas eléctricas que constituyen un electrón deberían dispersarse bajo la influencia de su repulsión recíproca, si no obraran entre ellos otras fuerzas cuya naturaleza es oscura, hasta ahora, para nosotros. Ahora bien, suponiendo que las distancias relativas de las masas eléctricas que constituyen el electrón permanecen invariables durante su movimiento (cohesión rígida en el sentido de la mecánica clásica), se obtiene una ley del movimiento del electrón que no se encuentra de acuerdo con la experiencia. H.A. Lorentz, guiado por consideraciones puramente formales, introdujo por primera vez la hipótesis de que el cuerpo del electrón, como consecuencia de su movimiento, sufre una contracción en el sentido de dicho movimiento, que es proporcional a la expresión:



$$\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Esta hipótesis, que no tiene justificación en la electrodinámica, suministra la ley del movimiento que la experiencia ha confirmado con gran precisión en los últimos años.

La teoría de la relatividad conduce a la misma ley del movimiento, sin necesidad de establecer hipótesis especial alguna sobre la estructura y el comportamiento del electrón. Las cosas suceden de un modo análogo al experimento de Fizeau, cuyo resultado es explicado por la teoría de la relatividad, sin necesidad de establecer una hipótesis específica sobre la naturaleza física del líquido.

Un segundo tipo de hechos al que hacemos alusión aquí se refiere a la cuestión de saber si, en experimentos realizados sobre la Tierra, se pone de manifiesto el movimiento de ésta a través del Universo. Ya hemos indicado en algún apartado que todos los esfuerzos hechos en ese sentido han producido un resultado negativo. Antes del establecimiento de la teoría de la relatividad, era difícil para la ciencia explicar ese resultado negativo. La situación era la siguiente: los prejuicios tradicionales sobre el tiempo y el espacio no permitían que surgiera duda alguna acerca de la transformación de Galileo era la única que podía determinar el paso de un sistema de referencia a otro.

Ahora bien, suponiendo que las ecuaciones de Maxwell-Lorentz son válidas para un sistema de referencia K, entonces se encuentra que no son válidas para un sistema de referencia K', animado de un movimiento uniforme con respecto a K, si se acepta que entre las coordenadas de K y las de K' existen las relaciones de transformación de Galileo. Por eso, tal parece que, entre todos los sistemas de coordenadas, uno de ellos (el sistema K) es un estado de movimiento particular que se distingue físicamente de todos los otros. Este resultado se interpreta físicamente, considerando al sistema K como si estuviera en reposo con respecto a un éter hipotético, en el cual se propagara la luz. En cambio, todos los sistemas de coordenadas K', que se encuentren en movimiento con respecto a K, deberían estar en movimiento con respecto al éter.

Y era ese movimiento de K' con respecto al éter ("viento del éter" con respecto a K') al que se atribuía las leyes más complicadas que se suponían válidas con respecto a K'. Consecuentemente, también se debía aceptar semejante viento de éter con respecto a la Tierra y, durante mucho tiempo, los físicos se esforzaron por comprobar su existencia.

Para lograr esa comprobación, Michelson había encontrado un método que parecía ser decisivo. Imaginemos dos espejos dispuestos sobre un cuerpo rígido y con sus superficies reflejantes vueltas la una hacia la otra. Un rayo de luz, después de un tiempo bien determinado T para viajar de un espejo a otro y regresar, en el caso de que todo el sistema se encuentre en reposo con respecto al éter. Sin embargo, para ese mismo acontecimiento se obtiene (por medio del cálculo) tiempo T', un poco diferente cuando el cuerpo se mueve, junto con los espejos, con respecto al éter. Más todavía, el cálculo muestra que, para una velocidad



determinada v con respecto al éter, ese tiempo T' es diferente, según que el cuerpo se mueva perpendicularmente a los planos de los espejos o paralelamente a dichos planos. Aunque la diferencia así calculada entre esas dos duraciones de tiempo fuese sumamente pequeña, el experimento de interferencia realizado por Michelson y Morley la habría puesto de manifiesto claramente. Sin embargo, el experimento produjo un resultado negativo, causando una gran perplejidad entre los físicos. Lorentz y Fitzgerald sacaron a la teoría de ese callejón sin salida, suponiendo que el movimiento del cuerpo con respecto al éter producía en dicho cuerpo una contracción en el sentido de su movimiento, la cual hacía desaparecer justamente la diferencia en cuestión.

Sin embargo, la interpretación de la situación conforme a la teoría de la relatividad es bastante más satisfactoria. De acuerdo con ella, no existe el sistema de coordenadas privilegiado que motivó la introducción de la idea de éter, ni el viento de éter, ni tampoco el experimento para ponerlo de manifiesto. La contracción de los cuerpos en movimiento se desprende aquí, sin hipótesis particulares, de los dos principios fundamentales de la teoría. Para esa contracción, lo que cuenta no es el movimiento en sí –al cual no la podemos asociar en modo alguno–, sino el movimiento con respecto al cuerpo de referencia elegido en cada caso particular. Por lo tanto, el sistema de espejos de Michelson y Morley no se contrae para un sistema de referencia en movimiento con la Tierra, sino más bien para un sistema de referencia que está en reposo con respecto al Sol.



INTERFERÓMETRO DE MICHELSON

Breve Información

El interferómetro de Michelson sirve para superponer dos ondas electromagnéticas que pueden o no recorrer la misma longitud de camino óptico y detectar diferencias de densidades en los medios por los cuales viaja la luz, también es útil para determinar la longitud de onda de los haces de luz que se superponen y detectan en una pantalla, también se pueden detectar movimientos muy finos de algún objeto mediante los cambios de los patrones de interferencia en alguna pantalla. El experimento de Michelson fue de capital importancia para saber si la luz necesitaba de un medio para propagarse de manera similar a como las ondas mecánicas viajan en algún medio material.



Metas de Aprendizaje

Establecer la constancia de la velocidad de la luz a través del interferómetro de Michelson.

Problemas a Resolver

¿La luz necesita de un medio material para propagarse?

 Diseño experimental

Material

Rayo láser
4 Espejos de superficie fina con sus portaespejos respectivos
1 Lente Divergente de 2.5 cm de longitud focal con su portalente respectiva
1 Lente Convergente de 20 cm de longitud focal con su portalente respectiva
1 Divisor de Haz
1 Mesa holográfica

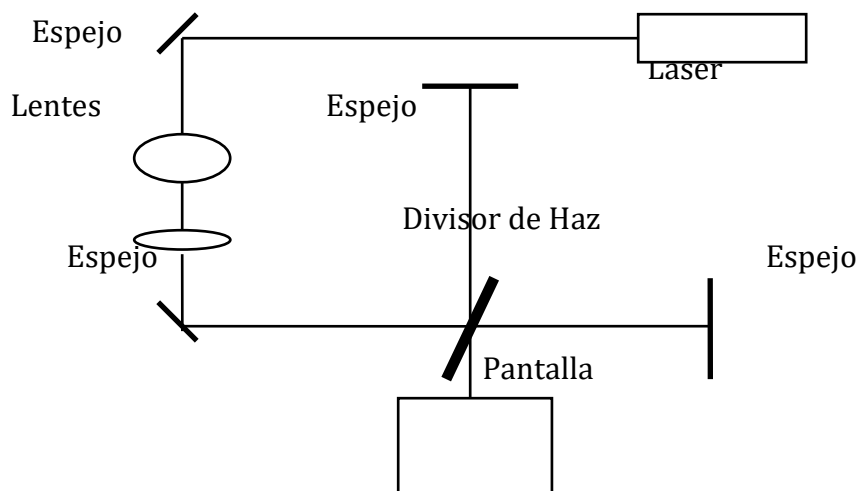


Procedimiento

- Se alinea el láser
- Se alinean los espejos respecto al láser
- Se alinean las lentes respecto al láser
- Se monta un expansor de haz después del primer espejo usando una lente divergente y una convergente
- Se monta el divisor de haz después del segundo espejo
- Se montan dos espejos en direcciones perpendiculares respecto al divisor de haz
- Se coloca una pantalla para observar la superposición de las dos ondas



INTERFERÓMETRO DE MICHELSON



Observaciones y Evidencias Experimentales

Evidencias Experimentales

Se observa el patrón de interferencia de las dos ondas electromagnéticas si los brazos del interferómetro no son iguales.

Si los brazos del interferómetro son iguales no se observa el patrón de interferencia, estableciéndose la constancia de la velocidad de la luz.





Vinculación Ciencia-Tecnología y Sociedad

Realiza una investigación documental sobre:

- La Trascendencia del interferómetro de Michelson y Morley
- Los Postulados de la Teoría de la Relatividad Especial



*Análisis de datos, resultados y evidencias experimentales
para las Conclusiones*

Se estableció la constancia de la velocidad de la luz al no observarse el patrón de interferencia si las longitudes de camino óptico de las dos ondas eran iguales, desechándose la hipótesis del éter como medio de propagación de la luz.

Con el propósito de **reafirmar y aplicar los aprendizajes logrados**:

1. ¿Todas las ondas necesitan de algún medio material para propagarse?
2. ¿Cuáles eran las características, que se pensaba, debería tener el medio en el cual se propaga la luz?
3. ¿Cuál fue el resultado del experimento de Michelson y Morley?
4. ¿Cuál fue la interpretación de Einstein del experimento de Michelson y Morley?
5. ¿Cuáles son los postulados de la Teoría Especial de la Relatividad?
6. ¿Cuál es la concepción actual del Espacio y el Tiempo?

Bibliografía de la Actividad Experimental

Beisser, Artur. Conceptos de Física. México, Ed. Mc Graw-Hill, 1985.



EQUIVALENCIA MASA-ENERGÍA

Aprendizaje

Conoce la interpretación relativista de la relación masa–energía.



1. Introducción

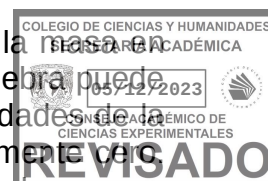
Para describir la mecánica del universo físico se necesitan tres cantidades: tiempo, distancia y masa. Ya que el tiempo y la distancia son cantidades relativas, uno podría suponer que la masa de un cuerpo también varía de acuerdo con su estado de movimiento. De hecho, los resultados prácticos más importantes de la relatividad han surgido de este principio: la relatividad de la masa.

La masa denota una propiedad fundamental de la materia: la resistencia a cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme. Se necesita mayor fuerza para mover un vagón de carga que para mover una patineta; el vagón resiste al movimiento con más tozudez que la patineta porque tiene mayor masa. En física clásica, la masa de un cuerpo es una propiedad fija e inmutable. Así, la masa del vagón de carga debería permanecer constante independientemente de que se encuentre detenido en su hangar, rodando por el campo a 90 kilómetros por hora, o lanzado por los espacios a 90 000 kilómetros por segundo. Pero, la relatividad asevera que la masa de un cuerpo móvil no es ni mucho menos constante, sino que aumenta con su velocidad. La física antigua no pudo descubrir este hecho, simplemente porque los instrumentos y sentidos del hombre son demasiados rudimentarios para notar los aumentos infinitesimales de masa, producidos por las débiles aceleraciones de la experiencia ordinaria. Se hacen perceptibles, solamente, cuando los cuerpos alcanzan velocidades cercanas a la de la luz. (Éste fenómeno, dicho sea de paso, no está en conflicto con la contracción relativista de longitud. Uno se ve tentado a preguntar: ¿cómo es posible que un objeto se torne más pequeño y, al mismo tiempo, con mayor masa? Debe notarse que la contracción se verifica sólo en la dirección del movimiento; la anchura y la altura no son afectadas. Además, por la masa no hay que entender “pesadez”, sino resistencia al movimiento.

La ecuación de Einstein que expresa el incremento de masa en proporción a la velocidad es similar, por su forma, a las otras ecuaciones de la relatividad, pero sus consecuencias son más importantes:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}}$$

Aquí m es la masa del cuerpo que se mueve con velocidad v , m_0 es la masa en reposo, y c la velocidad de la luz. Cualquiera que sepa un poco de álgebra puede ver inmediatamente que si v es pequeño, como lo son todas las velocidades de la experiencia ordinaria, entonces la diferencia entre m_0 y m es prácticamente cero. Pero cuando v se aproxima al valor de c el incremento de masa se hace muy



grande, y llega al infinito cuando la velocidad del móvil se acerca a la velocidad de la luz. Como un cuerpo de masa infinita ofrecería una resistencia infinita al movimiento, la conclusión es que ningún cuerpo material puede viajar con la velocidad de la luz.

El principio de incremento de masas es, de todos los aspectos de la relatividad, el que ha sido verificado con más frecuencia y aplicado con mejor éxito por los físicos experimentales. Electrones que se mueven en poderosos campos eléctricos y partículas betas expelidas de los núcleos de sustancia radioactiva alcanzan velocidades hasta de 99 % de la velocidad de la luz. Para los físicos atómicos que trabajan con estas altas velocidades, el incremento de masa predicho por la relatividad no es una teoría discutible, sino un hecho empírico que sus cálculos no pueden ignorar. De hecho, el mecanismo del protón-sincrotrón, y otras máquinas de alta energía, está diseñado para permitir el incremento de masa de las partículas, a medida que su velocidad se aproxima a la de la luz.

Haciendo nuevas deducciones a partir de su principio de la relatividad de la masa, Einstein llegó a una conclusión de incalculable importancia. Su razonamiento es más o menos el siguiente: dado que la masa de un cuerpo móvil aumenta a medida que se incrementa su movimiento, y dado que el movimiento es una forma de energía (energía cinética), la masa incrementada de un cuerpo móvil debe provenir de su energía incrementada. En pocas palabras, la energía tiene masa. Mediante ciertos cálculos, Einstein encontró el valor equivalente a una masa m en cualquier unidad de energía E , y los expresó por la ecuación

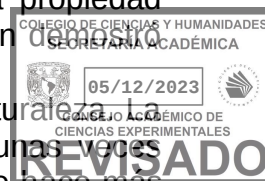
$$m = E / c^2$$

Dada esta relación podemos escribir la ecuación más importante y, seguramente, más famosa de la historia:

$$E = m c^2$$

El papel desempeñado por esta ecuación en el desarrollo de la bomba atómica es conocido por la mayoría. $E = mc^2$ da la respuesta a muchos de los viejos misterios de la física. Explica por qué las sustancias radioactivas, como el radio y el uranio, son capaces de expeler partículas a enormes velocidades, y hacerlo durante millones de años. Explica por qué el Sol y las estrellas pueden radiar luz y calor durante miles de millones de años. Revela la cantidad de energía que dormita en el núcleo de los átomos. Descubre algunas de las verdades fundamentales de la realidad física. Antes de conocerse la teoría de la relatividad, los científicos se imaginaban el universo como un vaso que contenía dos elementos distintos, materia y energía –la primera inerte, tangible y caracterizada por la propiedad llamada masa, y la segunda activa, invisible y sin masa. Pero, Einstein demostró que la masa y la energía son equivalentes.

A la luz de este amplio principio se resuelven varios enigmas de la naturaleza. La desconcertante acción recíproca de la materia y la radiación, que unas veces parece ser un concurso de partículas y otras una reunión de ondas, se hace más



inteligible. El papel dual del electrón como partícula y onda, el fotón, las ondas de materia, un universo de ondas, todos, parecen ser menos paradójicos.

II. Enseñando $E = mc^2$

Todos conocemos la ecuación

$$E = mc^2 \quad (1)$$

¿Qué significa?

La ecuación relaciona la energía y la masa.

Energía: significa capacidad para hacer trabajo, por ejemplo, levantar un peso.

Masa: significa inercia, resistencia a cambiar su estado de reposo o movimiento uniforme (velocidad constante).

Materia: Material palpable que tu puedes sostener en tu mano.

¿En qué sentido existen la materia, la masa y la energía?

Saca una moneda de tu bolsillo y lánzala al aire.

La moneda es un ejemplo de materia; la materia, la vemos, existe como una cosa.

Viajando a través del aire, la moneda tiene inercia, tiene energía cinética, parcialmente energía cinética y parcialmente energía potencial.

La masa y la energía existen como atributos de un sistema físico, como el color y la forma.



Una derivación

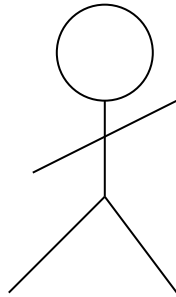
La figura siguiente muestra a Alberto y Lety (quién se mueve relativo a Alberto con velocidad v) y un átomo inicialmente en reposo en el marco de referencia de Lety. El átomo emite dos fotones de igual energía, y especificamos que, en el marco de referencia de Lety, los dos fotones viajan alejándose uno de otro y perpendicularmente a la dirección del movimiento relativo del marco de referencia.

La simetría requiere que el átomo permanezca en reposo en el marco de referencia de Lety, y por consiguiente el átomo no cambia su velocidad en el marco de referencia de Alberto.

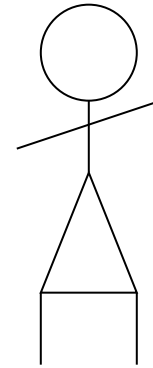
Los fotones se mueven a lo largo de direcciones diagonales desde el marco de referencia de Alberto.

Los fotones deben continuar con el movimiento hacia delante del átomo, así cada componente de velocidad del fotón (componente paralela) a la velocidad del átomo debe ser v .

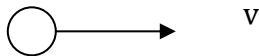
Cómo
observa
Alberto



Cómo
observa
Lety



Antes de que
los fotones
sean emitidos



Después de
que los
fotones han
sido

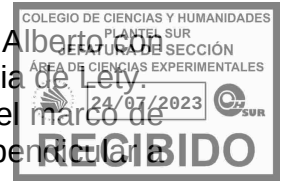
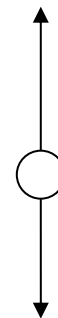
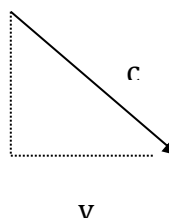
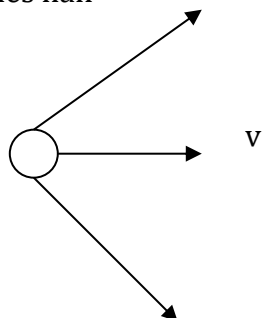


Fig. La emisión de dos fotones como son observados por Lety y Alberto. El pequeño triángulo ilustra que cada componente de la velocidad del fotón paralela a la velocidad del átomo tiene el valor v .

Entonces el momentum (cantidad de movimiento) paralelo del fotón a la velocidad del átomo es



(2)

(Número de fotones)(Momentum Total de un fotón)(Fracción que es paralela)= $2(hf/c)(v/c)$

Cambios de energía y momentum (cantidad de movimiento) para el átomo (como lo observa Alberto).

El átomo emite dos fotones, cada uno de energía hf , la conservación de la energía implica que la energía del átomo decrece:

$$\Delta \text{Energía}_{\text{átomo}} = -2hf \quad (3)$$

La conservación del momentum (cantidad de movimiento) implica que el cambio en el momentum (cantidad de movimiento) del átomo debe ser igual en magnitud al momentum (cantidad de movimiento) de los fotones pero opuestos en dirección.

$$\Delta \text{Momentum}_{\text{átomo}} = -2(hf/c)(v/c) = \Delta \text{Energía}_{\text{átomo}} v/c^2 \quad (4)$$

El segundo paso se sigue sustituyendo $-2hf$ de la ecuación (3)

La definición de momentum –cantidad de movimiento- (masa por velocidad) implica

$$\Delta \text{Momentum}_{\text{átomo}} = (\Delta \text{Masa}_{\text{átomo}}) v \quad (5)$$

Porque la velocidad del átomo permanece constante en ambos marcos de referencia.

Las dos expresiones para el cambio en el momentum (cantidad de movimiento) implican que

$$\Delta \text{Energía}_{\text{átomo}} v/c^2 = (\Delta \text{Masa}_{\text{átomo}}) v \quad (6)$$



Los coeficientes de $\mathbf{v}$ deben ser iguales

$$\Delta E = (\Delta m) c^2 \quad (7)$$

Cuando la energía del átomo decrece, así lo hace su inercia.



Para llegar a $E = m c^2$

Podemos imaginar crear un objeto (junto con su anti-objeto) de la radiación. Cada trocito de energía que se ocupa en crear el objeto será acompañado por un incremento de masa, de acuerdo con la ecuación (7), tenemos que $\Delta E = (\Delta m) c^2$.

Empezando desde cero la energía del objeto y su masa y adicionando incrementos, surge

$$E = m c^2 \quad (8)$$

Einstein vio la ecuación $E = m c^2$ como el resultado individual más significativo de la teoría especial de la relatividad.

Energía e inercia habían sido nociones distintas –en algún sentido aún lo son- pero aquí es una síntesis.

El atributo “energía” es “siempre” acompañado por el atributo “inercia”, la constante de proporcionalidad es c^2 .

El símbolo m en mc^2 denota “masa” en el sentido de “inercia”. La m no significa “materia”.

Únicamente Semántica

Cuando un electrón se mueve una fracción sustancial de la velocidad de la luz, su momentum (cantidad de movimiento) está relacionado a su velocidad por la ecuación

$$\text{Momentum} = m_0 \frac{1}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \mathbf{v} \quad (9)$$



Donde m_0 denota la inercia del electrón cuando su velocidad es cero. ¿A qué deberíamos llamar la “masa” del electrón?

Tres opciones surgen:

- 1) Uno puede llamar al coeficiente entero de $\mathbf{v}$ la “masa”, donde m_0 adquiere el nombre de “masa en reposo”.
- 2) Uno puede llamar m_0 la “masa” (dejando el factor raíz cuadrada para convertir a $\mathbf{v}$ en parte de la velocidad relativista cuadvectorial).
- 3) Uno puede recurrir a una expresión enteramente diferente y usarla para definir lo que llamaremos la “masa del electrón”.

$$\text{“masa”} = [E^2 - (\text{momentum})^2 c^2]^{1/2} / c^2 \quad (10)$$

donde E denota la energía del electrón.

La Masa en la Historia

- En los tiempos del Imperio Romano, masa significaba “trozo de material”.
- En los tiempos de Newton, la palabra masa denota “cantidad de materia”
- Euler fue quien primero definió la masa inercial operacionalmente como la razón de la fuerza a la aceleración.
- Einstein reconoció tres distintas nociones de masa:
 - Masa Inercial
 - Masa Gravitacional Activa
 - Masa Gravitacional Pasiva

Estas masas son universalmente proporcionales entre sí.

La masa que aparece en $E = m c^2$ es la masa inercial.

Fisión del Uranio

La ley de conservación de la energía es todo lo que se necesita para entender la “liberación de energía” en la fisión nuclear.

Un núcleo de Uranio-235 absorbe un neutrón lento, y se lleva a cabo la fisión. Después de la división, la repulsión eléctrica entre los dos grandes fragmentos imparte una tremenda cantidad de energía cinética a los fragmentos y ellos se



aceleran alejándose entre sí. Unos cuantos neutrones son emitidos –esto es más energía cinética. Hay alguna radiación gamma.

Algunas formas de energía se han incrementado, otras deben haber disminuido.

La energía potencial eléctrica de los fragmentos es menor que la de los originales. La energía potencial nuclear, sin embargo, se incrementa cuando la reacción de fisión prosigue. Los dos fragmentos de fisión tienen más energía superficial que la que tenían los nucleones originales.



El movimiento de los protones y neutrones desde la profundidad interior del núcleo a la superficie incrementa su energía potencial nuclear.

El átomo tiene tantos electrones, protones y neutrones como antes. Únicamente la energía potencial eléctrica y la energía cinética de los electrones ha cambiado. El cambio en la energía del átomo está acompañado, sin embargo, por un cambio en la inercia del átomo. Cuando la energía decrece, así lo hace la inercia.

Distinción entre conversiones y cambios paralelos

- ❖ Podemos convertir energía potencial a energía cinética y recíprocamente.
- ❖ Podemos convertir materia a radiación (como en una aniquilación electrón-positrón)
- ❖ Podemos convertir radiación a materia (como en una producción de pares).
- ❖ Cambios en masa y energía ocurren en paralelo. No hay conversión de uno en otro.

Si la energía cambia por ΔE , entonces la masa cambia en el mismo sentido por $\Delta E/c^2$.

El atributo energía e inercia cambian en paralelo.

El incremento en la energía potencial nuclear es obscurecido por un gran decremento en la energía potencial eléctrica. El proceso de fisión –en el cual el número de protones y neutrones no cambia- es primariamente una transformación de energía potencial a cinética.

La gran herejía puede ser construida diciendo que la “masa en reposo” es convertida en energía.



III. Evaluación

1. ¿Qué entiendes por inercia?
2. ¿Qué entiendes por masa?
3. ¿Qué entiendes por momentum o cantidad de movimiento?
4. ¿Qué entiendes por energía cinética?
5. ¿Qué entiendes por energía potencial?
6. ¿Cómo determinas la energía y cantidad de movimiento que posee la luz?
7. ¿Cuál es la relación entre la energía y la frecuencia para un cuanto o fotón de luz?
8. ¿Qué nos dice el principio de conservación de la energía?
9. ¿Qué nos dice el principio de conservación del momentum o cantidad de movimiento?
10. ¿En qué consiste la equivalencia de la masa y la energía?
11. ¿De cuántas formas podríamos entender la mas y por qué?
12. Explica el proceso de fisión?
13. ¿Ocurren los cambios de masa simultáneamente a los cambios de energía? Explica.
14. Menciona algunos de los fenómenos que se hicieron más claros con la comprensión de la equivalencia masa-energía.



ACTIVIDAD

Para consolidar la película se proponen dos lecturas referidas al tema:

- Los agujeros negros

Miguel Alcubierre, No. 44, p. 10



1. ¿Qué factores determina la velocidad de escape de un cuerpo celeste?
2. ¿A qué se le llama “radio gravitacional”?
3. ¿De qué tamaño deberían ser el Sol y la Tierra para que fueran agujeros negros?
4. ¿Qué significa el fenómeno de la dilatación gravitacional del tiempo?
5. ¿Por qué se le llama horizonte de eventos a la frontera de un agujero negro?

Física a toda velocidad: la teoría especial de la relatividad

Daniel Martín Reina, No. 78, p. 18

Para las cuales se les pide que resuelvan un cuestionario.

CUESTIONARIO

FÍSICA A TODA VELOCIDAD



La Teoría Especial de la Relatividad

Daniel Martín Reina

Revista ¿Cómo ves?

1. ¿Qué estudia la Teoría de la Relatividad Especial?
2. ¿Cuál es la velocidad de la luz?
3. ¿Qué experimento demostró que los haces de luz se propagan a igual velocidad independientemente del observador?
4. ¿Qué es un sistema de referencia?
5. ¿Cuáles son los postulados sobre los que descansa la Teoría de la Relatividad?
6. ¿Qué es la contracción del espacio o de la longitud?
7. ¿Qué es la dilatación del tiempo?
8. ¿Por qué la simultaneidad de sucesos es relativa?



FASE DE CIERRE

ACTIVIDAD

Lectura del artículo “Volver al Futuro. la ciencia de los viajes en el tiempo” de la Revista ¿cómo ves?, julio de 2000, No. 20, pág. 10

<https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/20/volver-al-futuro>

Cuestionario

1. ¿Qué es la dilatación relativista del tiempo?
2. ¿A qué velocidades se nota este efecto?
3. ¿Qué tipo de partículas son las que no pueden alcanzar la velocidad de la luz?
4. ¿qué son los taquiones?

ACTIVIDAD

Lectura del artículo “Ondas de espacio, ondas de tiempo, La búsqueda de la radiación gravitacional” de la

Revista ¿cómo ves?, julio de 2004, No. 68, pág. 10

Cuestionario

1. ¿Para qué se construyó el observatorio de Livingston?
2. ¿Qué teorías reconcilia la teoría de relatividad especial?
3. ¿qué teorías trata de reconciliar la teoría de la relatividad general?
4. ¿Qué dice la teoría general de la relatividad?
5. ¿La teoría general de la relatividad predice la existencia de algo, qué es ese algo?

ACTIVIDAD

Observación del video titulado “Einstein y la Relatividad Especial”

Describe con tus palabras, las aportaciones tanto de la Relatividad Especial como de la Relatividad General



ACTIVIDAD

El experimento de Michelson y Morley, video del universo mecánico de la Relatividad Especial.

Cuestionario

- ¿Cuál era el objetivo inicial de dicho experimento?
- ¿En qué año se realizó?
- ¿Qué se concluyó después de realizarse repetidamente el experimento?

Problemas

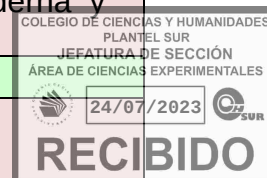
1. Un astronauta lleva un reloj de masa m y longitud L . Suponga que el astronauta pasa frente a usted con una rapidez relativista. Compare sus propias mediciones de m , L y Δt con las que realizó el astronauta para el mismo reloj.
2. Recuerde la segunda ley del movimiento de Newton y explique qué sucede con los requisitos de empuje para propulsar cohetes con una rapidez relativista cada vez mayor. Teóricamente, ¿qué fuerza se requeriría para alcanzar la velocidad de la luz?
3. Suponga que está encerrado en una caja que tiene seis paredes opacas. ¿Los experimentos que puede realizar dentro de la caja le permiten demostrar que está usted a) moviéndose con una velocidad lineal constante, b) acelerando, c) girando a una velocidad angular constante?
4. Una nave espacial pasa junto a un observador con una rapidez de $0.85c$. Una persona que viaja en dicha nave observa que tarda $6.0s$ en cruzar su cabina de lado a lado. ¿Qué duración registrará el observador para el mismo evento?
5. Un cohete A pasa junto a un laboratorio espacial B con una rapidez de $0.9c$. Un técnico de laboratorio registra $3.50 s$ como la duración de un evento ocurrido en el cohete. ¿Cuál es la duración del mismo evento para una persona que viaja a bordo del cohete?
6. La luz parpadeante de una nave espacial pasa junto a un observador a $0.75c$. El observador registra que la luz parpadea con una frecuencia de $2.0 Hz$. ¿Cuál es la frecuencia real de la luz parpadeante?
7. Una partícula colocada sobre una mesa tiene un diámetro de $2 mm$ cuando está en reposo. ¿Cuál deberá ser la rapidez de un observador para que al medir dicho diámetro obtenga $1.69 mm$?
8. Tres reglas graduadas de un metro pasan junto a un observador con rapidez de $0.1c$, $0.6c$ y $0.9c$ respectivamente. ¿Qué longitudes registrará dicho observador?



9. ¿Qué masa se requiere para encender 1 millón de lámparas de 100W durante 1 año?
10. Las partículas elementales llamadas mesones μ caen a través de la atmósfera a 2.97×10^8 m/s. En reposo, el mesón μ se desintegra en un promedio de $2 \mu\text{s}$ después de haberse formado. ¿Cuál es la duración del ciclo de vida de esas partículas desde el punto de vista de un observador que está en la Tierra?



APLICACIONES DE LA FÍSICA CONTEMPORÁNEA	Unidad III Introducción a la física moderna y contemporánea
APRENDIZAJE	TEMAS
Reconoce la importancia de las contribuciones de la física contemporánea al desarrollo científico y tecnológico. <i>NI</i> .	• Radiactividad. • Radioisótopos. • Fusión y Fisión nucleares. • Generación de energía nuclear.



INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones de la Física Atómica, Nuclear y Cuántica están a la vuelta de la esquina, en los hospitales o la luz y calor que nos regala el Sol diariamente. Si acercamos al estudiante al mundo atómico con modelos claros, además de ayudarnos con algunas simulaciones que se encuentran en internet permitirá al estudiante observar cómo es el comportamiento de lo muy pequeño que no podemos ver, el átomo, y con esos modelos comprender los efectos macroscópicos que si podemos ver o detectar.

FASE DE APERTURA

EXAMEN DIAGNÓSTICO

RADIOACTIVIDAD Y FÍSICA NUCLEAR

1. ¿Quién descubrió la radioactividad?
2. ¿Qué es la Radiactividad?
3. ¿Quién puso al descubierto la equivalencia entre masa y energía?
4. ¿Quién descubrió la fisión nuclear?
5. ¿Qué es la fluorescencia?

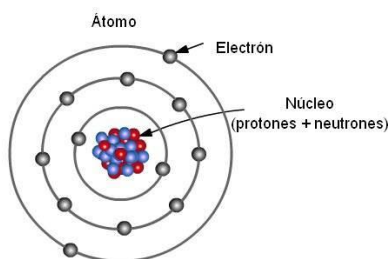


6. ¿Qué es la fosforescencia?
7. ¿Qué es la fusión nuclear?
8. ¿Qué es la fisión nuclear?
9. ¿Qué tipos de radiación hay?
10. ¿Qué es un isótopo?
11. ¿Qué es vida media?
12. ¿Qué entiendes por reacción en cadena?
13. ¿A quién se le atribuye el descubrimiento del núcleo atómico?
14. ¿Qué nuevos elementos descubrieron los esposos Curie, Pierre y Marie Curie?
15. ¿Qué procesos conocidos fueron la base para la reacción de la bomba atómica?
16. ¿En dónde se aplicó y se aplica la radiactividad?

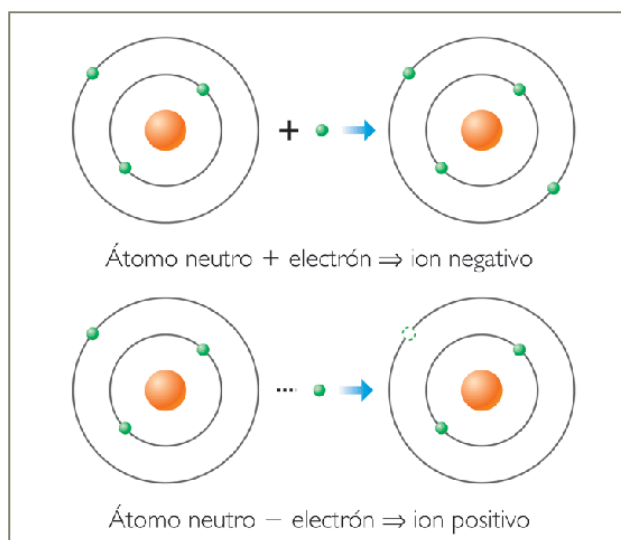


FASE DE DESARROLLO

Para entender el concepto de radiactividad, es necesario de recordar la estructura de los átomos



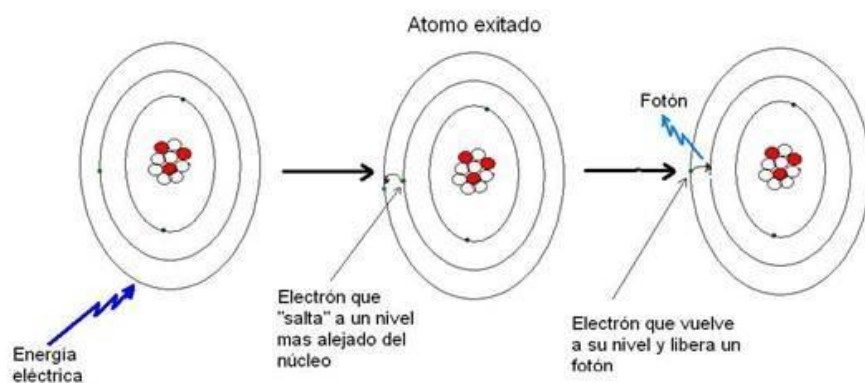
También será importante de comprender lo que es la ionización de los átomos.

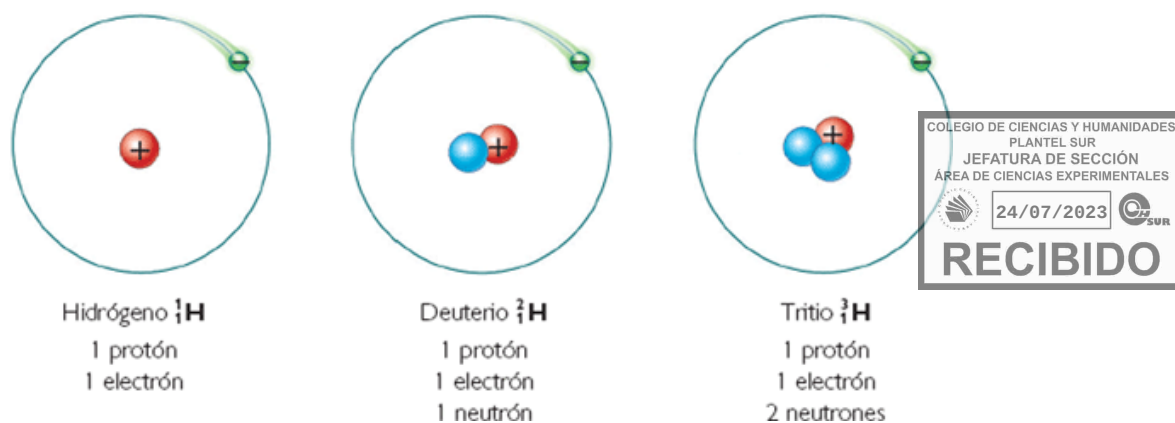


Ion negativo

Ion positivo

Excitación de un átomo.





ACTIVIDAD

A partir de las siguientes lecturas, una o ambas, contesta las preguntas que permitirán entender ¿cómo nació la radioactividad.

- a) Lectura del artículo “El Descubrimiento de la Radioactividad” de Daniel Martín Reina, de la Revista ¿Cómo ves?, Marzo de 2004, No. 64, pág. 30
- b) Lectura del capítulo I del libro “La Radiactividad” de Silvia Bubulian. Colección La Ciencia para Todos,

1. Menciona cuáles eran esos puntos oscuros que la Física necesitaba aclarar
2. ¿Qué se necesita para que un núcleo atómico sea estable?
3. ¿Por qué los elementos más pesados como el uranio y el radio son muy inestables?
4. ¿Cuáles son los tres tipos de radiación que emiten los núcleos atómicos inestables? Explica cada uno de ellos.



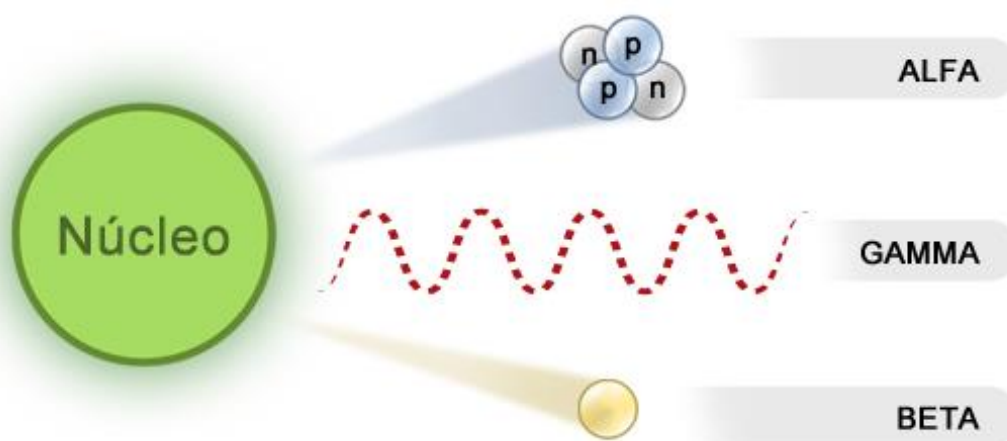
5. ¿Quién y en qué año descubrió los rayos X? ¿por qué se llaman así y en qué consisten?

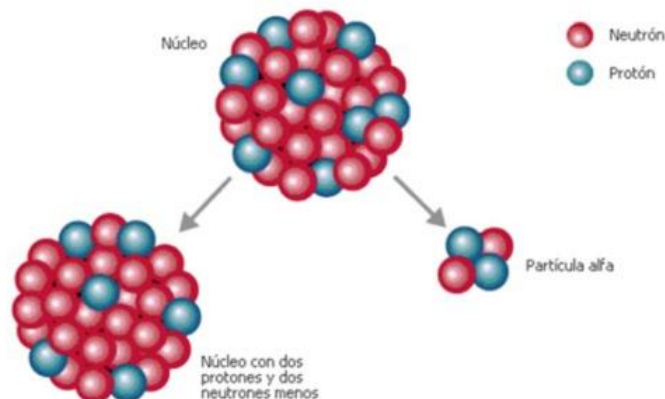


6. ¿Qué descubrió Henri Becquerel, lo cual dio a conocer el 18 de mayo de 1896?
7. ¿Cuáles son los elementos que descubrieron los esposos Curie?
8. ¿Qué es la radiactividad?

Más de 99.9 % de los átomos del ambiente cotidiano son estables. Es poco probable que los núcleos de dichos átomos cambien durante la vida del Universo. Pero algunos tipos de átomos son inestables. Todos los elementos que tienen un número atómico mayor que 82 (plomo) son radiactivos. Estos elementos,, y otros, emiten tres tipos distintos de radiación, llamados por las primeras tres letras del alfabeto griego, α , β , γ : alfa, beta y gamma.

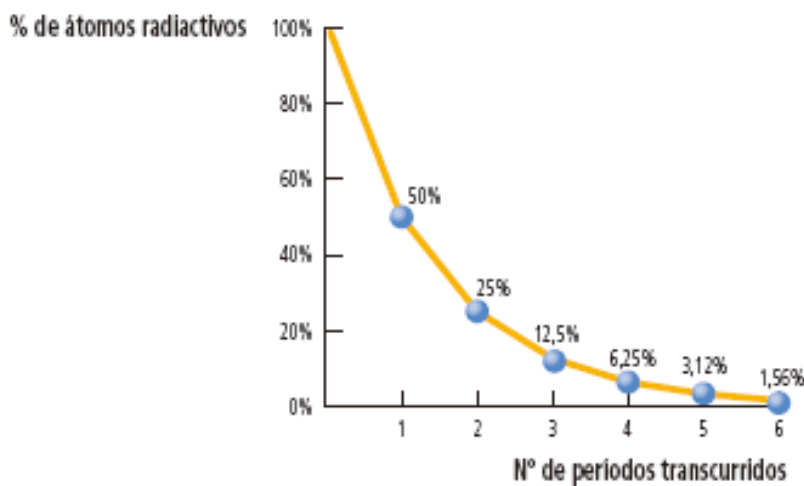
Se conocen tres tipos de radiaciones que son:

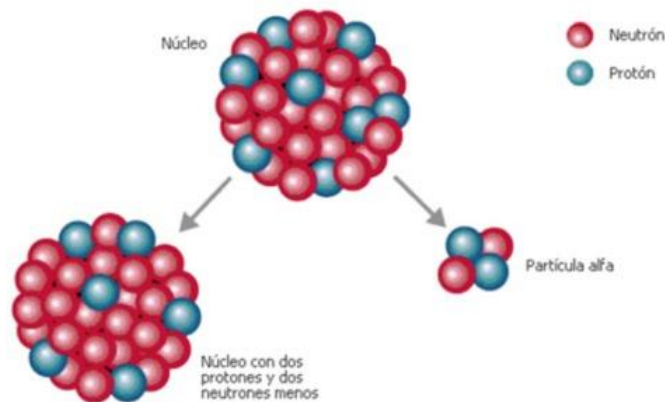




Vida media radiactiva

La tasa de decaimiento radiactivo de un elemento se mide en términos de un tiempo característico, la vida media. Este es el tiempo que tarda en decaer la mitad de la cantidad original de un isótopo radiactivo. El radio 226, por ejemplo, tiene una vida media de 1620 años. Esto significa que la mitad de cualquier espécimen dado de radio-226 decaerá en otros elementos después de transcurrir 1620 años. La gráfica se vería como la siguiente:

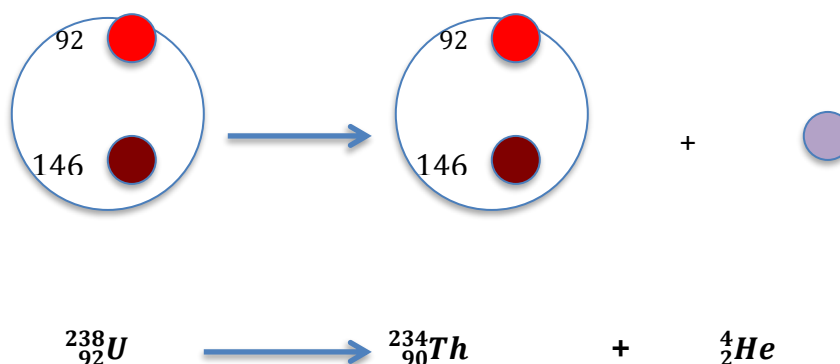




Ejemplo de decaimiento radiactivo

Cuando un núcleo radiactivo emite una partícula alfa o beta, hay un cambio en su número atómico: se forma un elemento diferente. El cambio de un elemento químico en otro se llama transmutación. La transmutación ocurre en eventos naturales y también se inicia de manera artificial en el laboratorio.

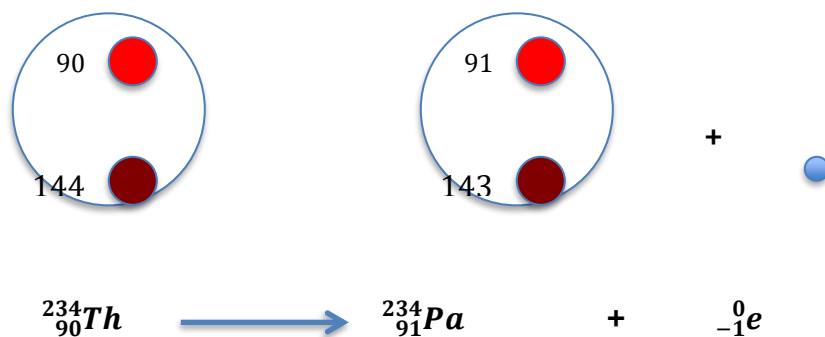
Piensa en el uranio 238, cuyo núcleo tiene 92 protones y 146 neutrones, entonces ocurre la siguiente reacción:



A la partícula de helio se le llama partícula alfa

Pero también puede ocurrir la siguiente reacción:



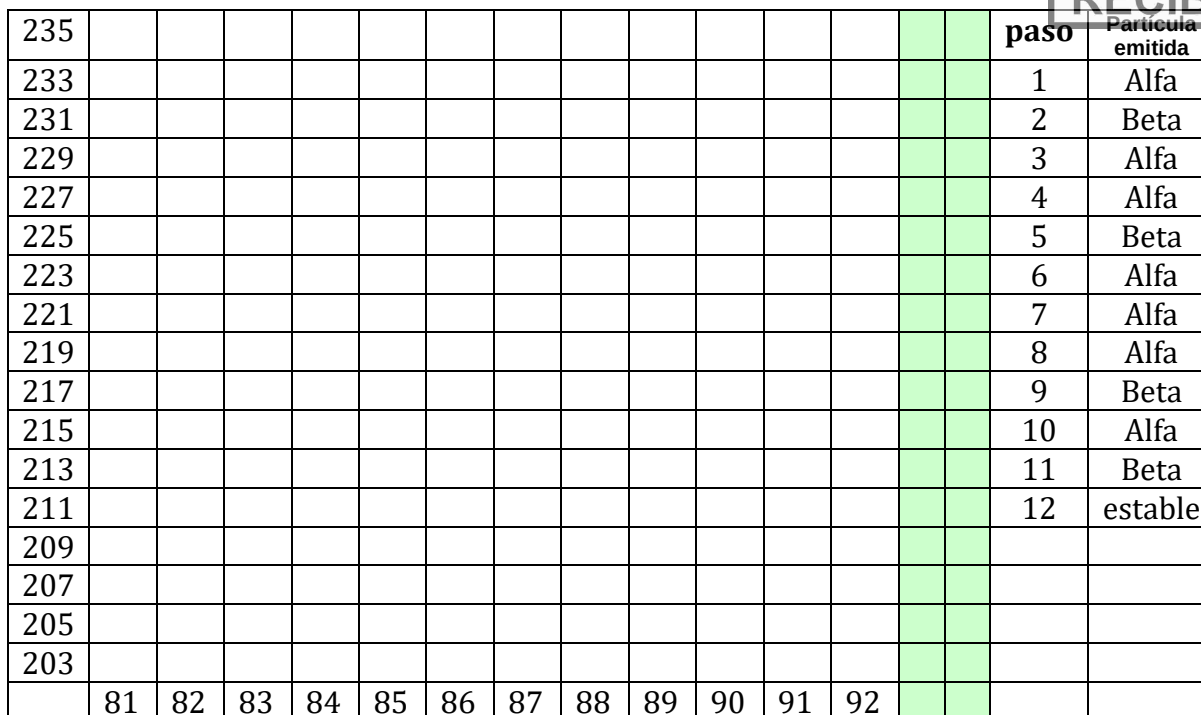


A continuación se muestra la sucesión de decaimientos radiactivos del U 230 hasta transformarse en el elemento estable de plomo 206

238													U			paso	Partícula emitida
236													Th	Pa	U	1	Alfa
234													Th	Pa	U	2	Beta
232													Th	Pa	U	3	Beta
230													Th	Pa	U	4	Alfa
228													Th	Pa	U	5	Alfa
226													Ra	Th	Pa	6	Alfa
224													Ra	Th	Pa	7	Alfa
222													Rn	Th	Pa	8	Alfa
220													Rn	Th	Pa	9	Beta
218													Po	Th	Pa	10	Beta
216													Po	Th	Pa	11	Alfa
214		Pb	Bi	Po									Pb	Bi	Po	12	Beta
212													Pb	Bi	Po	13	Beta
210		Pb	Bi	Po									Pb	Bi	Po	14	Alfa
208													Pb	Bi	Po		
206		Pb											Pb	Bi	Po		
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92					



Llena el siguiente diagrama de desintegración pero comenzando con U 235 y terminando con un isótopo del plomo. Usa la tabla de la derecha e identifica el elemento de la serie con su símbolo químico



Lectura del artículo “Fusión nuclear, de las estrellas a la tierra” de Daniel
Martín Reina, de la Revista ¿Cómo ves?, Septiembre de 2014, No. 190, pág.
10

<https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/190/fusion-nuclear-de-las-estrellas-a-la-tierra>

1. ¿En qué consiste la fusión nuclear?



2. ¿Qué es lo que hace que brillen las estrellas? ¿Qué ocurre dentro de ellas?

3. ¿Cuáles son las variables necesarias para crear una reacción de fusión y que ésta se mantenga por si misma?

4. ¿Qué dificultades se han encontrado para llevar a cabo la fusión en el laboratorio?

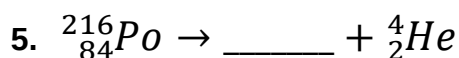
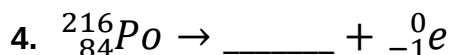
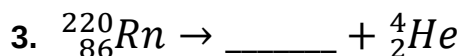
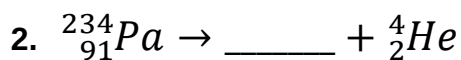
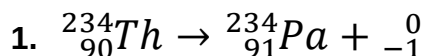
5. ¿Qué alternativas se siguen probando para realizar la fusión en el laboratorio?



FASE DE CIERRE

EJERCICIO

Completa las siguientes reacciones nucleares



LECTURA

ACTIVIDAD 3 Lecturas en la Web

Lectura del siguiente artículo

a) Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección

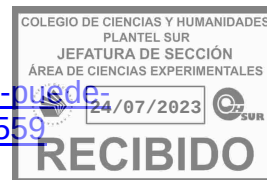
Noviembre de 2012

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>



- b) Lectura del artículo titulado *Japón: ¿qué daños puede causar la contaminación por radiación?*

<http://www.dw.com/es/jap%C3%B3n-qu%C3%A9-da%C3%B1os-puede-causar-la-contaminaci%C3%B3n-por-radiaci%C3%B3n/a-14918559>



e) Formas e instrumentos de evaluación

Además de las preguntas conceptuales y los ejercicios numéricos al final de cada aprendizaje, que constituyen la evaluación continua, se agrega al final del presente cuaderno a manera de anexos, una propuesta de evaluación sumativa al final de cada unidad.

Se sugiere que los profesores tomen algunas de las preguntas que vienen en los ejercicios y las resuelvan junto con los estudiantes a manera de ejemplo; dichas preguntas están seleccionadas en orden de complejidad de sencillas a más complejas.

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, la parte experimental ha estado limitada, la unidad que se abordó con ciertas limitaciones de tiempo fue la tercera.

La idea central fue que los estudiantes pudieran ir construyendo o reconstruyendo los conceptos ya que no basta con que los investiguen o que se los de el profesor, NO, 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, la pandemia de covid-19 y 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 de clase y exámenes con imágenes, gráficas y diagramas que ayuden con la visualización a entender mejor los conceptos y el planteamiento de problemas.



También otros recursos muy importantes como los videos, las animaciones y las lecturas requieren una guía de orientación para realmente sacarles provecho.

g) Fuentes Consultadas

Libros

1. Giancoli, Douglas C.. (2008). Física para Ciencias e Ingeniería. México: Prentice Hall Inc.
2. Díaz Barriga, Frida. (2010). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. México: Ed Mc Graw Hill..
3. Cromer Alan H. (2002). Física para las Ciencias de la Vida. México: Reverté.
4. Pickover, Clifford A.. (2013). El Libro de la Física. Del big bang hasta la resurrección cuántica, 250 hitos de la historia de la física.. Madrid, España: Librero.
5. Young, Hugh D.. (2012). College Physics. United States of America: AddisonWesley & Pearson.
6. Serway, Raymond A. & Faughn, Jerry S.. (2005). Fundamentos de Física. México: Thomson.
7. Alvarenga, Beatriz & Máximo, Antonio. (1998). Física General. México: Oxford.
8. Wilson, Jerry D., Buffa, Anthony J & Lou Bo. (2007). Física. México: Pearson/Prentice Hall.
9. Hewitt, Paul G.. (2004). Prácticas de Física Conceptual. México: Pearson/Addison Wesley.



10. Riveros, Héctor. (2004). Experimentos Impactantes. México: Trillas.

Artículos

1. López J.M. & Lazos, R:J.. (Octubre del 2011). Constantes fundamentales: la última frontera para el Sistema Internacional de Unidades. Revista Mexicana de Física, 57, 460-469.
2. Perkowitz, Sidney . (Julio de 2015). El láser: una idea luminosa y versátil. *Cómo ves?*, 200, 22.
3. de la Herrán, José & de Regules, Sergio. (Diciembre de 2007). La iluminación del futuro: los diodos emisores de luz. *Cómo ves?*, 109, 22.
4. Keller Philip. (2019). A Quicker Way to Solve Series-Parallel Circuits. *Physics Teachers*, 57, 260.
5. De Régules, S. (2005). Las cuitas cuánticas de Einstein. *¿Cómo ves?*, año 7, (78), 22-25.
6. Hacyan, S. (2006). Mecánica Cuántica, el mundo de las cosas extrañas. *¿Cómo ves?*, año 8, (93), 22-25.
7. Folger, T. (2018). How Quantum Mechanics Lets Us See, Smell and Touch. *Discovery Magazine*, octubre, (24), 2-10.
8. Martin, D. (2004). El Descubrimiento de la Radioactividad. *¿Cómo ves?*, año 6, (64), 30-34.



PÁGINAS ELECTRÓNICAS DE INTERNET (TICS)

1. Elaboración de una pila con materiales caseros.
<https://www.youtube.com/watch?v=LtB-2bEvDco>
2. Explicación de líneas y superficies equipotenciales
<http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/electro/potencial.html>
3. Simulación de la Universidad de Colorado llamado “laboratorio de condensadores”, cuya dirección es la siguiente



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

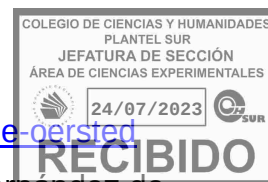
4. Experimento de Oersted, página de internet de edumedia,
<https://www.edumedia-sciences.com/es/media/56-experimento-de-oersted>
5. “**La Tierra es un imán**” de Teresa Martin Blas y Ana Serrano Fernandez de la Universidad Politécnica de Madrid.

<http://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/magnet/tierraiman.html>

6. Laboratorio Electromagnético de Faraday
<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/faraday>
7. construcción y funcionamiento de un motor eléctrico:
https://www.youtube.com/watch?v=WlxoQOpP_gE
https://www.youtube.com/watch?v=aVCI_XSiRyo
8. Generador eléctrico, la dirección es la siguiente:
<https://www.youtube.com/watch?v=5l8H3gRKKg8>
9. Conferencia sobre Maxwell y la Teoría Electromagnética de la luz de la Universidad de Alicante
https://www.youtube.com/watch?v=LB_5jK64bH0
10. El siguiente video se refiere a la síntesis de Maxwell
<https://www.youtube.com/watch?v=YA0hH43KnCY>
11. Recomendamos los siguientes artículos acerca de la confirmación de la Teoría de Maxwell por parte de Hertz

<https://www.investigacionyciencia.es/blogs/fisica-y-quimica/10/posts/descubrimiento-de-las-ondas-de-radio-la-confirmacin-de-la-teora-electromagntica-10186>

<https://culturacientifica.com/2016/08/09/la-primera-confirmacion-experimental-la-teoria-maxwell/>



12. En el siguiente artículo podrás informarte sobre la primera transmisión por radio:

https://historia.nationalgeographic.com.es/a/marconi-y-primera-transmision-por-radio-historia_14204

13. Simulación de la Universidad de Colorado acerca del movimiento de una cuerda

https://phet.colorado.edu/sims/html/wave-on-a-string/latest/wave-on-a-string_all.html?locale=es

14. Video sobre el puente de Takoma

<https://www.youtube.com/watch?v=SzObC64E2Ag>

15. ¿Qué es la Mecánica Cuántica?

<https://www.youtube.com/watch?v=LyyAYIPuixQ>

16. artículo titulado

How Quantum Mechanics Lets Us See, Smell and Touch

<https://www.discovermagazine.com/the-sciences/how-quantum-mechanics-lets-us-see-smell-and-touch>

17. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección

Noviembre de 2012

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>

