



Universidad Nacional de La Plata
Facultad de Ciencias Exactas
Departamento de Física

Trabajo de tesis de Maestría

**Propuesta de un curso básico de Introducción a
la Física Cuántica en colegios de
Enseñanza Media**

Eugenio Devece

DIRECTORA: Dra. Graciela Punte

“Necesitamos especialmente de la imaginación en las ciencias. No todo es matemáticas y no todo es simple lógica, también se trata de un poco de belleza y poesía.” *María Montessori*

Agradecimientos

A la Dra. Graciela Punte, me acompañó desde los primeros pasos que di en la docencia Universitaria, hasta esta última instancia, con generosidad y fundamentalmente por toda la paciencia y apoyo que me brindó, para permitirme la elaboración de este trabajo.

Al Dr. Carlos García Canal, referente de la Maestría, en el momento que comencé a cursarla solucionando cada una de las dificultades que acaecían.

A La Doctora Norma Canosa, directora actual de la Maestría, por la buena disposición para solucionar los distintos inconvenientes que acaecieron en la entrega de este trabajo.

A la Ingeniera Rosalía Attili jefa del Área Física del Colegio Nacional, que me permitió aplicar los contenidos adquiridos en esta Maestría en su curso, brindándome siempre un apoyo incondicional.

Por último, pero no menos importante, a los profesores de la maestría por su compromiso, generosidad y dedicación.

De cada uno de los mencionados en este agradecimiento, cabe también destacar la vocación docente en cada rol que le toca cumplir, y la calidad humana de los mismos

Índice

1- Resumen	(Pág.4 y 5)
2- Introducción	(Pág.6 a 7)
3- Capítulo 1 Plan a desarrollar	(Pág.8 a 10)
4- Capítulo 2 Evaluación y bibliografía	(Pág.11 a 14)
5- Capítulo 3 Ondas mecánicas	(Pág.15 a 28)
6- Capítulo 4 Espectro electromagnético	(Pag.29 a 38)
7- Capítulo 5 Átomo de Hidrógeno “Primera Parte”	(Pag.39 a 46)
8- Capítulo 6 Efecto Fotoeléctrico	(Pag.47 a 54)
9- Capítulo 7 Átomo de Hidrógeno “Segunda Parte”	(Pag.55 a 58)
10- Capítulo 8 Dualidad onda partícula	(Pag.59 a 65)
11- Capítulo 9 Átomo de Hidrógeno “Tercera Parte”	(Pag.66 a 71)
12-Capítulo 10 Lámparas de descarga gaseosa y de LEDs	(Pag.72 a 78)
13-Capítulo 11 Resonancia Magnética Nuclear	(Pag.79 a 86)
14-Capítulo 12 Evaluaciones realizadas	(Pag.87 a 91)
15- Anexo I Marco teórico pedagógico	(Pag.92 a 93)
16- Anexo II Biografías y material relacionadas con la temática del curso	(Pag.94 a 115)
17- Anexo III Programa de física colegio Nacional 6° Año	(Pag.116 a 118)

1-Resumen

El presente trabajo es el resultado de la elaboración de un programa para incorporar contenidos de Física Contemporánea en la última etapa del nivel medio de educación. En particular el mismo fue desarrollado en el Colegio Nacional Rafael Hernández. Dentro de los aspectos que aborda la Física Contemporánea nos abocamos a la iniciación en la mecánica cuántica presentando una modalidad en la que se van adaptando a los contenidos que están presentes en el programa de Física de 6° año del colegio y se los toma como punto de partida. Se pretende acercar a los alumnos a la nueva temática con herramientas que consideramos serán de su interés mediante el empleo de Tic, material didáctico tradicional, experiencias de laboratorio simples y la relación de dichas actividades con aspectos cotidianos para los alumnos.

En el nivel Medio, y más específicamente en nuestro colegio, desde 3er año hasta 6° se abordan contenidos de Física Clásica, la Física Contemporánea no es tratada dentro del espacio curricular, de ahí la necesidad de incorporar estos contenidos, sin descartar los de la Física clásica y llamando la atención de los alumnos sobre los rangos de validez de cada una. En nuestro Colegio existe también la posibilidad de brindar los contenidos de interés como materia optativa, si bien no es lo ideal ya que no todos los alumnos optarían por cursarla.

En el estado actual de situación, los contenidos pertenecientes a la currícula de Física cubren solo los temas investigados hasta el siglo XIX y principios del XX. La incorporación en enseñanza de Física de temas que están presentes en la vida cotidiana contribuye a que el alumno tenga un estado de situación más certero sobre los fenómenos naturales que están presentes en dispositivos que utiliza diariamente o en los que permiten (o facilitan) el conocer su estado de salud y también sobre las temáticas de investigación en las que trabaja la ciencia en la actualidad. Expresiones como efecto fotoeléctrico, comportamiento dual de la luz, etc., ya no serán palabras ajenas a él si en el nivel medio ya incorporó estos contenidos, también le permitirían hacerse una idea más cercana al trabajo científico actual y posiblemente generar interés en incorporarse a carreras que estudien estos fenómenos.

Por lo tanto, este trabajo consiste en el desarrollo de un programa que no está basado en la escritura de fórmulas sino en la observación de fenómenos y en la experimentación en laboratorio o mediante simulaciones por computadora que se han concatenado para introducir dos temas de la física clásica, ondas y radiación electromagnética, basándonos también en la experimentación con un conjunto de dispositivos sencillos que permiten acercar al alumno al fenómeno abordado.

La presentación de este trabajo está organizada en 10 capítulos. En los capítulos 1 y 2 se exponen el plan a desarrollar, organización general del curso y el tipo de evaluación propuesta, respectivamente. En los capítulos 3 al 11 se despliegan los contenidos del programa y en el 12 se presentan los resultados de algunas evaluaciones diagnósticas y de revisión de contenidos.

El desarrollo de todos los temas del curso frente a alumnos y de las evaluaciones correspondientes no pudo completarse por las numerosas huelgas que tuvieron lugar durante el curso en el que se trabajó. Estaba previsto dedicar dos clases por tema y la realización de una investi-

gación por grupo mediante el desarrollo de una experiencia de laboratorio o el empleo de una simulación por computadora sobre alguno de los temas tratados y su presentación frente a los demás grupos.

En los capítulos en los que se explican los distintos temas a abordar (3 al 11) el criterio seguido ha sido comenzar por la introducción del concepto de onda que los alumnos no han adquirido hasta ese momento (onda mecánica Cap. 3) y espectro electromagnético (Cap. 4).

Los capítulos consisten en guías de clase. En ellos se muestran las actividades a realizar, la concatenación histórica de los temas y los avances en los modelos para describir la naturaleza, junto a la necesidad de modificarlos frente a nuevos descubrimientos. También se incluye, cuando se considera un aporte a la temática, una recapitulación de algunos temas y aplicaciones actuales de los mismos. Como anexo, se presenta la biografía fundamental de algunos de los actores de los avances científicos estudiados, destacando las actividades experimentales o de interpretación de resultados realizadas por los mismos.

2-Introducción

La formación recibida en los cursos, tanto teóricos como prácticos, de la Maestría de Física Contemporánea que se dicta en la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, me ha permitido adquirir una nueva perspectiva a la hora de encarar una experiencia docente que acerque nuevos contenidos relacionados con la Física desarrollada desde principios del siglo XX, a los estudiantes de Colegios de Enseñanza Media. Además, me ha conferido el reconocer la necesidad e importancia de su introducción en esa etapa del aprendizaje.

Podríamos preguntarnos ¿Por qué introducir contenidos de Física Contemporánea en los cursos de las escuelas de enseñanza media? Las respuestas son múltiples:

* La *física contemporánea* (FC) es el inicio de un estudio que ha revolucionado el pensamiento humano y abierto las puertas hacia un cambio radical en el estudio y desarrollo de otras ciencias, como por ejemplo la biología, donde surge la biología molecular.

* Los avances de la FC han dado lugar a numerosas aplicaciones en diversos campos. Cabe destacar que, con el advenimiento de la era informática, la capacidad para la investigación y la aplicación de los resultados científicos ha sufrido una revolución, alcanzando a un ritmo vertiginoso que impacta en todos los aspectos de la vida humana con efectos diversos e influencia en la vida cotidiana.

* En la mayor parte de las escuelas de nivel medio, la física que fundamentalmente llega a los alumnos es la llamada Física Clásica, que trata desde la Mecánica Newtoniana (aproximadamente en el año 1700) y no llega a rozar la última década del siglo XIX. En paralelo los estudiantes viven en un mundo donde los celulares, el internet inalámbrico y los paneles fotovoltaicos son realidades del quehacer diario.

* Si bien la Física Clásica permite entender y predecir el comportamiento de numerosos sistemas relacionado con realidades de la vida diaria, las situaciones cotidianas de mayor interés para los adolescentes están relacionadas con el uso de sus celulares, la comunicación mediante las redes sociales y el empleo de diferentes artefactos electrónicos en el hogar. Esto da lugar a que el alumno no vea a los contenidos de la materia Física como una actividad cercana a él. Por lo tanto, es nuestra obligación brindarles las herramientas y saberes para que, al menos, puedan atisbar qué fenómenos físicos están involucrados en los sistemas que más los atraen.

* Como docentes de Física, queda implícito que, al dictar nuestra asignatura, estamos tratando de despertar en los alumnos el interés en estudiar esta disciplina. Esperamos que alguno de ellos pueda llegar a convertirse en un científico, un tecnólogo o un docente interesado en profundizar en las asignaturas científicas, que le permitan encontrar una base para el futuro.

* Como docentes y ciudadanos interesados en el mejor futuro para nuestro país nos resulta, además, fundamental que nuestros alumnos lleguen a conformar las bases para adquirir un pensamiento científico que les permita en el futuro aportar a la sociedad, tomando decisiones conscientes sobre temas que atañen al manejo de material desechable, a la conservación de materiales no renovables, a la generación de recursos sustentables y a la eliminación de todo tipo de contaminaciones, etc.

Numerosos autores se han dedicado a investigar la mejor manera de introducir la Física Contemporánea en el ámbito de las escuelas del nivel medio, como, por ejemplo: Barojas, (1988); Aubrecht, (1989); Stannard, (1990); Wilson, (1992); Swinbank, (1992); Willams, W.S.C. (1992); Terrazan, (1992) y (1994). Sokolov D. (1993); Mazur E. (1997); Zohar D. Quill / Morrow Willam (1990); Zohar D. and Marshall I. N. (1994); Moreira M.A. (2000 y 2009);

Adams K., Perkins K., Podolefsky N., Dubson M., Finkelstein N., and Weiman (2006); Vicario J.E. y Venier (2010). Muchos de ellos remarcan la importancia de generar un clima favorable, de dar protagonismo a los alumnos, de proveer un espacio importante para la experimentación y de tener en claro cuál es el terreno donde se va a trabajar (mediante pruebas diagnósticas y discusión con los alumnos que permitan al docente adquirir idea del nivel de conocimiento de los alumnos y de sus expectativas respecto del curso).

En esta tesis pretendo desarrollar una estrategia que facilite la introducción de los fundamentos de la Mecánica Cuántica en un curso de nivel secundario. Para facilitar la introducción de algunos tópicos, deberán revisarse a manera de introducción el concepto de ondas y el de espectro electromagnético, así como analizar experimentos de interacción de radiaciones electromagnéticas con la materia. Esta aproximación permitirá introducir distintos modelos de átomo y aprender a analizar la validez de los mismos, facilitará la comprensión de diversos conceptos que se busca introducir, así como relacionarlos con situaciones de la vida cotidiana que nos rodean, a través de la incorporación de las nuevas tecnologías en el hogar, la escuela y la salud, entre otros.

Es importante también conocer a priori qué modelo de átomos manejan los alumnos a partir de sus conocimientos de Química.

La estrategia didáctica por emplear estará basada en el marco pedagógico teórico del aprendizaje significativo-receptivo de Ausubel y Novak, (Ausubel 1963 y 1968; Ausubel y Novak, 1983; Novak y Gowin 1988). Según estos autores las condiciones para el aprendizaje significativo son que el alumno presente una predisposición para aprender y que los materiales educativos sean potencialmente significativos. También, según Moreira (2000), sabemos que el aprendizaje significativo se caracteriza por la interacción entre el nuevo conocimiento y el conocimiento previo. En ese proceso, que es no literal ni arbitrario, donde el nuevo conocimiento adquiere significados para el aprendiz y el conocimiento previo se torna más rico, más diferenciado, más elaborado en relación con los significados ya presentes y, sobre todo, más estable.

También haremos uso del TPACK¹ (sigla en inglés de Technological Pedagogical Content Knowledge).

Algunos especialistas, sostienen que, además de estar integrado con lo pedagógico y lo disciplinar, un uso adecuado de la tecnología en la enseñanza requiere del desarrollo de un conocimiento complejo y contextualizado. Esta idea se convierte en un marco conceptual denominado Conocimiento tecnológico pedagógico disciplinar, conocido como TPACK¹, que ha logrado expandirse por diversos espacios de formación docente.

El modelo TPACK¹ trata de integrar la tecnología en el aula a partir de actividades basadas en el currículum, y la enseñanza centrada en el alumno.

¹ Ver Anexos I y II

3. Capítulo 1

Plan a Desarrollar

Los tópicos que se pretende introducir se encararán a partir del análisis de la doble perspectiva de la interacción radiación electromagnética - materia. Los alumnos de sexto año del Colegio Nacional Rafael Hernández tienen en su currícula los temas ondas e interacción entre las ondas luminosas y medios materiales. Se extenderá el análisis a todo el espectro electromagnético y se revisarán los resultados experimentales de la incidencia de radiación electromagnética de distintas longitudes de onda, sobre obstáculos de distintas dimensiones y distintos materiales. Se emplearán distintas simulaciones de experimentos para explorar los modelos de radiación electromagnética (REM) y de materia. En particular se revisará la noción de átomo a partir de la incidencia de REM de distintas energías sobre “un átomo de hidrógeno” y la comparación de las líneas espectrales resultantes del experimento simulado, con las de los espectros simulados que se obtengan, al hacer incidir la misma radiación sobre los distintos modelos de átomo de hidrógeno desarrollados históricamente. Con esta simulación se pretende cubrir distintos objetivos: ayudar a los alumnos a vislumbrar la importancia de la experimentación, aprender cómo trabajan los expertos, ver cómo se puede llegar a invalidar un modelo. En paralelo, los alumnos analizarán la emisión de luz proveniente de distintas lámparas de gas y el efecto de la interacción de esas radiaciones con ranuras simples, dobles y múltiples, tanto en el caso de luz monocromática como blanca. El empleo de Simulaciones adecuadas de espectrógrafos calibrados en longitud de onda (nm) y energía (eV) permitirá a los alumnos, a través del análisis de los resultados recogidos en esos experimentos simulados, llegar a la noción de que los átomos sólo pueden emitir “colores de luz específicos”. Con esta base se los guiará a la construcción de un diagrama de niveles de energía. Empleando LEDs se los puede guiar a establecer que los niveles de energía también están cuantificados en el sólido.

Estos resultados experimentales y otros que fueron encontrándose en paralelo fueron los que llevaron a la necesidad de revisar cómo explicar los fenómenos del mundo subatómico y su relación con algunos resultados macroscópicos. Se introducirá la radiación del cuerpo negro y la constante de Planck y el efecto fotoeléctrico, fenómenos ambos que contradecían las ideas vigentes hasta fines del siglo XIX. Se expondrá la revisión de la solución encontrada por Planck, para explicar la radiación del cuerpo negro, y con la ayuda de una simulación adecuada y experimentación simple se introducirá el efecto fotoeléctrico y la existencia del fotón. Con los elementos anteriores se podrá discutir la compatibilidad de los fenómenos analizados con el modelo de átomo de Bohr.

La hipótesis de de Broglie sobre la dualidad onda partícula se abordará a partir del análisis comparativo de las experiencias de interferencia y difracción en el rango visible, con el resultado de una simulación de la distribución de intensidad en una pantalla a la que llegan electrones, después de pasar por un sistema de dos rendijas (experimento de Davisson-Gemer de difracción de electrones). Dicho análisis junto con la explicación del efecto fotoeléctrico dada por Einstein ayudará a llegar al doble modelo onda- partícula para la radiación y la materia. A partir de la revisión de la simulación de la difracción de electrones, se puede guiar a los estudiantes a establecer relaciones cualitativas entre longitud de onda, energía, masa y cantidad de movimiento. Se volverá a la simulación de la difracción de electrones para observar la evolución de la figura en la pantalla, para guiarlos a través de preguntas a la observación que les permitirá concluir que hay zonas donde los electrones no incidirán y otras zonas en las que

habrá alguna probabilidad de que incidan. Con esta base se los introducirá en la mecánica ondulatoria de Schrödinger.

Se realizará una introducción experimental del spin a partir de la simulación del experimento de Stern y Gerlach y videos relacionados.

Sobre varios de los temas mencionados se abordarán, en paralelo, algunos desarrollos tecnológicos con vigencia en situaciones de la vida cotidiana.

Posibles actividades experimentales a desarrollar:

Tema	Trabajo de laboratorio, experimento de demostración o video	Trabajo con simulaciones, demostración de simulaciones o videos
Superposición de ondas	Superposición manual de gráficos	Idem
Interferencias y difracción	Ondas luminosas monocromáticas	Ondas luminosas
Espectro electromagnético Espectros atómicos	Espectroscopio casero	Simulación de espectroscopio calibrado en nm y eV
Efecto fotoeléctrico	Experiencia de Efecto Fotoeléctrico	Simulación de efecto fotoeléctrico
Espectros de sólidos	Espectro de LED	Ídem
Resonancia magnética nuclear	Analogía de interacción de campos magnéticos con imanes	Simulación de una resonancia magnética

Objetivos:

- Favorecer en los alumnos la comprensión de los conceptos básicos ya adquiridos o en adquisición relacionados con Ondas mecánicas y Ondas electromagnéticas, Naturaleza de la Luz. Introducir la posibilidad de modelar la radiación electromagnética como constituida por ondas o partículas.
- Poner al alcance de los alumnos las TIC, en el desarrollo de ejemplos concretos, permitiendo su uso en el tratamiento de los mismos, enmarcados dentro de la enseñanza para la comprensión, sin descartar el uso de elementos tradicionales a la hora de armar una experiencia de laboratorio.
- Brindar al alumno herramientas para el análisis y comprensión de otros fenómenos relacionados con el comportamiento mecano cuántico de la radiación y la materia, a partir de elemen-

tos de la vida cotidiana, ver las aplicaciones de este tipo de fenómenos por ej., en comunicaciones (celulares, Wi Fi), salud (oxigenometría, resonancia magnética), etc.

Por ejemplo, en el caso de la oxigenometría, se trata de una técnica no invasiva, basada en fenómenos ópticos y en la absorción diferencial de la luz producida por dos LEDs (analizados en el curso), y posteriormente transmitida por los tejidos humanos. La caracterización de las constantes vitales del paciente será posible, gracias a la comparación de las respuestas correspondientes de las dos longitudes de onda empleadas, realizado por un fotodetector.

- Tomar conocimiento sobre el fenómeno de resonancia magnética, hacer hincapié que consiste en que a partir de la generación de un campo electromagnético mediante el empleo de un imán de gran tamaño y la emisión de ondas de radio por parte de un escáner; los protones (núcleos de los átomos de hidrógeno), que se encuentran en los tejidos que deseen ser estudiados, por tener estos una orientación dada por un spin magnético, al estar en presencia de un campo magnético se alinean unos con otros. En presencia de la radiación electromagnética se orientan en otra dirección, cuando la radiación electromagnética deja de emitirse los protones se liberan y regresan a su posición inicial, liberando energía en forma de ondas de radio que serán recogidas por el escáner y enviadas a un ordenador para su procesamiento en forma de imagen radiológica que posteriormente será estudiada por el radiólogo.
- Realizar demostraciones con elementos disponibles en el laboratorio para abordar desde el punto de vista experimental los fenómenos estudiados.
- Conformar grupos de trabajo colaborativo, que en función de la tarea a realizar y/o la experiencia a desarrollar con el manejo de instrumental y simulaciones, discutan los resultados, produzcan informes, etc.

La función del docente será:

Orientar a los alumnos, en función de los distintos fenómenos estudiados, para que revisen los distintos modelos que se han manejado durante el curso.

Guiarlos en la producción, en colaboración, de documentos escritos donde vuelquen correctamente la información y las conclusiones obtenidas.

Contenidos previos mínimos para desarrollar la secuencia didáctica propuesta:

Magnitudes escalares y vectoriales, leyes de Newton, álgebra adecuada con el nivel de desarrollo.

Recursos disponibles en el establecimiento.

Los alumnos cuentan con notebooks, también con dispositivos de almacenamiento de información (pendrive, al menos uno por grupo). El establecimiento cuenta con internet a través de Wi Fi.

El docente tiene a disposición un cañón para conectar a la PC, a manera de dar mostraciones, proyectar Simulaciones para la discusión conjunta, o bien apoyar o amenizar sus clases con videos o transparencias. Se cuenta con material de laboratorio para realizar las distintas experiencias programadas y de un ayudante por turno para montar el material.

Se tiene acceso a material didáctico de los laboratorios de enseñanza de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y de los laboratorios de Física del Departamento de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería.

4. Capítulo 2. Tipo de evaluación y cronograma

Evaluación diagnóstica o inicial

A efectos de conocer qué saberes previos traen incorporados los alumnos en general, les realizaremos, a través de preguntas de opción múltiple, un breve cuestionario sin filiación para que la mayor cantidad de los alumnos participe sin sentirse condicionado. Las opciones que propone el docente surgen de preguntas abiertas y suponen a los alumnos conociendo estas opciones, a fin de poder contestar en un ámbito de educación, colaborativo, contando con todos o casi todos los alumnos participando. El desconocimiento de cierto tema en particular puede ser falta de estudio, pero también se puede deber a la no comprensión del tema y preferirá callar y no contestar. Como la evaluación debe ser justa e inclusiva, debemos analizar primero si están preparados para adquirir conocimientos más avanzados sobre los temas en cuestión. Con esa información, se podrá evaluar los resultados obtenidos luego de impartir los nuevos conocimientos.

Evaluación

La evaluación de las distintas etapas del aprendizaje y los distintos aspectos del mismo se realizará inicialmente en forma individual y anónima, y luego en forma grupal y fundamentada, en forma escrita u oral según los temas, pero respondiendo sobre los temas previamente evaluados y a posteriori de la realización de alguna actividad experimental, de trabajo con una simulación o de el análisis de un video sobre una experiencia. Los alumnos realizarán al final una puesta en común a efectos de reforzar la retroalimentación. Todos los trabajos se subirán al grupo Gmail del curso para que todos puedan disponer de ese material.

La nota final se obtendrá de la suma de todas las evaluaciones presentadas.

Cronograma:

Presentación de la materia, cuestionario inicial, discusión grupal sobre expectativas.

Desarrollo teórico-práctico de la primera parte: ondas electromagnéticas. Actividades experimentales reforzadas con simulaciones (PHET¹), interacción de ondas EM con materiales y obstáculos. Obtención del espectro del átomo de hidrógeno mediante un experimento simulado. Primeros modelos de átomo, reconocimiento de niveles de energía discretos. Evaluación de la primera parte.

Cuestionario medio término.

Desarrollo teórico-práctico de la segunda parte: efecto fotoeléctrico, radiación de cuerpo negro, átomo de Bohr, dualidad onda-partícula. Relación con situaciones de la vida cotidiana. Actividades experimentales reforzadas con simulaciones (PHET¹), Evaluación de la segunda parte.

Cuestionario final

Desarrollo teórico-práctico de la tercera parte: átomo como onda de de Broglie, mecánica ondulatoria de Schrödinger. Lámparas gaseosas y sólidas. Introducción del concepto espín. Relación con situaciones de la vida cotidiana. Actividades experimentales reforzadas con simulaciones (PHET¹). Evaluación de la tercera parte.

¹ PHET, (Physics Education Technology), Universidad de Boulder Colorado, USA; Simulaciones

Elaboración de temario para el trabajo final por grupos. Esta tarea puede consistir en una profundización de alguno de los temas ya tratados.

Clases de consulta a cada grupo sobre el trabajo final seleccionado.

Con todo el material recolectado de las evaluaciones, se realizará un análisis estadístico de la bondad y las fallas de las aproximaciones empleadas

El material teórico y experimental, así como la metodología y evaluaciones desarrolladas y sus resultados, serán puestos a disposición del Departamento de Ciencias Exactas del Colegio Nacional y se pretende transmitirlo en reuniones de profesores de nivel secundario mediante el desarrollo de un taller *ad-hoc*.

Bibliografía relacionada con la problemática de la enseñanza de los temas a desarrollar

Guía de trabajos Prácticos del Colegio Nacional “Rafael Hernández” desarrollada AD-HOC

Aubrecht, G.J. (1986). Report on the conference on the teaching of modern physics. *The Physics Teacher*, 24(9), pp. 540-546.

Ausubel, D.P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Nueva York: Grune & Stratton.

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Nueva York: Hott, Rinehart and Winston.

Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.

Adams, Perkins, Podolefsky, Dunson, Finkelstein and Weiman (2006). “A new instrument for measuring student beliefs about Science” *Survey Phys Rev*

Barojas, J. (ed.) (1988). *Cooperative networks in physics education*. Nueva York: American Institute of Physics (AIP Conference Proceedings, 173).

Mazur E. (1997) *Peer Instruction: A User's Manual*. Prentice Hall.

Moreira Marco Antonio (2000) *Aprendizaje Significativo Critico*. Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, p.p. 33-45

Moreira Marco Antonio. (2009) “El Modelo Estándar de la Física de partículas” *Revista brasileira de Enseñanza de Física*. 31 (1) pp1306.

Novak y Gowin, “Aprendiendo a aprender” (1988) Ed Martinez Roca, Barcelona

Stannard, R. (1990). *Modern physics for the young*. *Physics Education*, 25(3), pp. 133.

Swinbank, E. (1992). *Particle Physics: a new course for schools and colleges*. *Physics Education*, 27(2), pp. 87-91.

Sokolov D. (1993) *Real Time Physics: Active Learning in the Introductory Laboratory*. *Proceedings of Lab Focus '93* 98-101.

Terrazzan, E.A. (1992). *A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau*. *Caderno Catarinense de Ensino de física*, 9(3), pp. 209-214.

Terrazzan, E.A. (1994). *Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média*. Tesis doctoral. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em Educação. USP.

Vicario J.E. y Vender F.L. (2010) “La enseñanza de la física moderna, en debate en Latinoamérica”. *Revista Argentina de Enseñanza de la Ingeniería*. Pág. 49-57.

Willams, W.S.C. (1992). *Nuclear and particle physics*. Nueva York: Oxford University Press.

Wilson, B. a) (1992). Particle physics at A-level-a teacher's viewpoint. *Physics Education*, 27(2), pp. 64-65 (Bristol).

Zohar D. and Marshall I.N. Harper Collins (1994), *The Quantum Society: Mind, Physics and a New Social Vision*. USA

Zohar D. Quill / Morrow Willam (1990). *The quantum Self*, New York

Bibliografía de las clases

Ariel Alvarez, Paula Bergero, Laura del Río y Cecilia von Reichenbach. (2009) *Cero absoluto, curiosidades de física*. IFLP (Instituto de Física La Plata) CONICET - UNLP, 2a edición, Alberto Rojo. (2007), *La Física en la vida cotidiana*. Ciencia que Ladra. Editorial Universidad Nacional de Quilmes.

Cárdenas, Fidel. (1997) *Química y Ambiente 1*. Editorial Mc Graw Hill.

Enciclopedia Encarta 98. Artículos sobre el "Átomo".

Enciclopedia Océano 2000. Artículo sobre Estructura Atómica. Editorial Océano.

Enciclopedia Mentor Temática Estudiantil. Editorial Océano.

Hewitt Paul, *Física Conceptual*, (2007) Editorial Pearson Educación, México

Navas, María del Socorro, (2005), *Química 10º*. Editorial Géminis.

Paul Schurmann. (1946), *Historia de la Física*. Editorial Nova, Buenos Aires

Stephen Masón. (1966), *Historia de las ciencias*. Ediciones Zeus.

Revista de enseñanza de las ciencias, <http://ensciencias.uab.es/>

R. Driver, E. Guesner y A. Tiberghien. (1999), *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ediciones Morata S. L. 4a edición

Yakov Perelman. (1969), *Física recreativa*, volumen 2. Editorial Mir

Bibliografía Específica

Eisberg, R.M., and Resnick, R. (1985), "Quantum Physics of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles". Wiley

Finjan, R., Leighton, R. B. y Sandi, M. Feynman, (1987), *Física*, Volumen III. *Mecánica Cuántica*. Addison –Wesley Iberoamericana S.A. Wilmington Delaware, USA

Liboff, Richard L. (2002) "Introductory Quantum Mechanics". Addison Wesley, USA.

Shankar, R. (2008) "Principles of Quantum Mechanics". Springer.

Sitios web como recursos didácticos

<http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/cuantica/Fotoeléctrico/Fotoeléctrico.htm>

<https://phet.colorado.edu/es/simulation>

<https://phet.colorado.edu/es/simulation/legacy/mri>

<https://phet.colorado.edu/es/simulations/category/by-level/high-school>

<https://phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics/motion>

<http://perg.phys.ksu.edu/papers>

<http://www.educ.ar/sitios/educar/recursos/>

http://physics.bu.edu/~duffy/semester2/c16_atomic.html momento magnético y spin

http://www.openculture.com/physics_free_courses

<https://ocw.mit.edu/courses/physics/8-04-quantum-physics-i-spring-2013/lecture-notes/>
<https://es.wikipedia.org/wiki>
https://es.wikipedia.org/wiki/Dualidad_onda_corp%C3%BAsculo
<http://es.youtube.com/watch?v=ofp-OHIq6Wo>
<http://es.youtube.com/watch?v=ZJ-0PBRuthc>
www.google.com
www.monografias.com
www.monografias.com/trabajos14/modelo-atómico/modelo-atómico.shtml
<https://es.khanacademy.org/science/physics/mechanical-waves-and-sound/mechanical-waves/v/introduction-to-waves>
<http://www.educaplus.org/game/espectros-atómicos>
<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/lamparas/lincan.html>
<https://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/waves/wavemotion.html>

Desarrollo de la experiencia didáctica

5. Capítulo 3 Ondas Mecánicas

Clases 1 – 2

Cuestionario diagnóstico

1) ¿Ha visto el concepto de onda en alguna asignatura previa? SI NO

2) ¿Cómo describiría el concepto de onda en sus palabras?

3) Lo relacionaría con los conceptos (marque lo que corresponda)

Música

Sonido

Luz

Terremoto

Ninguno de los anteriores

4) ¿Ha visto el concepto de espectro electromagnético en alguna asignatura previa? SI NO

5) ¿Cómo describiría el concepto espectro electromagnético en sus palabras?

6) ¿Lo relacionaría con los conceptos u objetos palabras? (marque lo que corresponda)

Horno de microondas

Sonido

Luz

Terremoto

Radiografía

Ninguno de los anteriores

Onda: Empleo de simulación para introducir la noción de pulso y onda en cuerdas tensas

Temas desarrollados en la simulación

- Ondas
- Frecuencia
- Amplitud
- Amortiguación

Instructivo

Esta simulación permite observar una cuerda vibrar en cámara lenta; mover el extremo de la cuerda y crear ondas, ajustar la frecuencia y amplitud de un oscilador.

Objetivos de Aprendizaje

- Discutir las propiedades de las ondas utilizando un vocabulario común.
- Predecir el comportamiento de las ondas mediante la variación del medio y de los extremos de fijación.

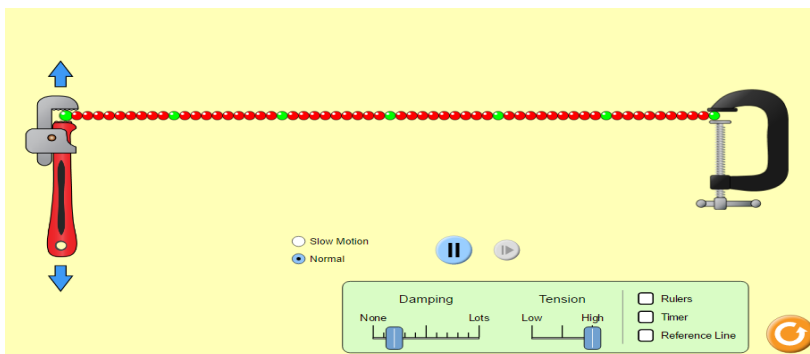


Figura 1

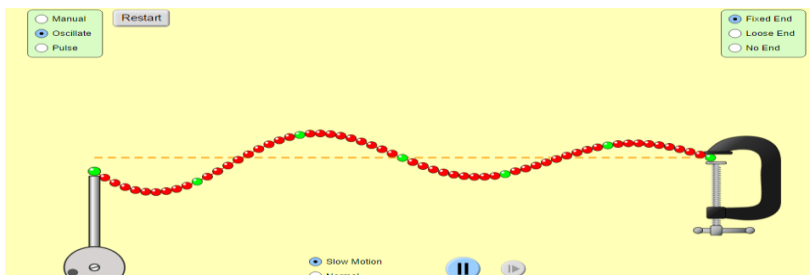


Figura 2

Empleo de la simulación

Onda: Empleo de simulación para introducir la noción de pulso y onda en cuerdas tensas

Está diseñada para que el estudiante pueda crear sus propias ondas y explorar los distintos elementos de los que está compuesta la onda, tales como amplitud, frecuencia, amortiguación, tensión, velocidad, reflexión e interferencia

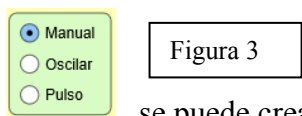


Figura 3

A través de este comando se puede crear una onda manualmente con la llave inglesa, con un generador o creando un pulso.

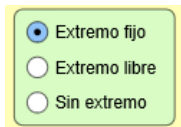


Figura 4

Con este otro podemos liberar el extremo final o dejarlo libre

También con los comandos de amplitud, amortiguamiento, frecuencia, tensión, podemos ir variando los mismos y ver como se modifica la onda que estamos generando



Con este comando podemos trabajar con la línea de referencia, medir distancias y tomar tiempos

Figura 5

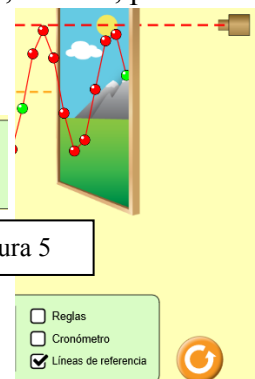


Figura 6

También podemos hacer el movimiento lento y rápido con este comando:

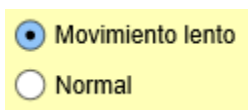
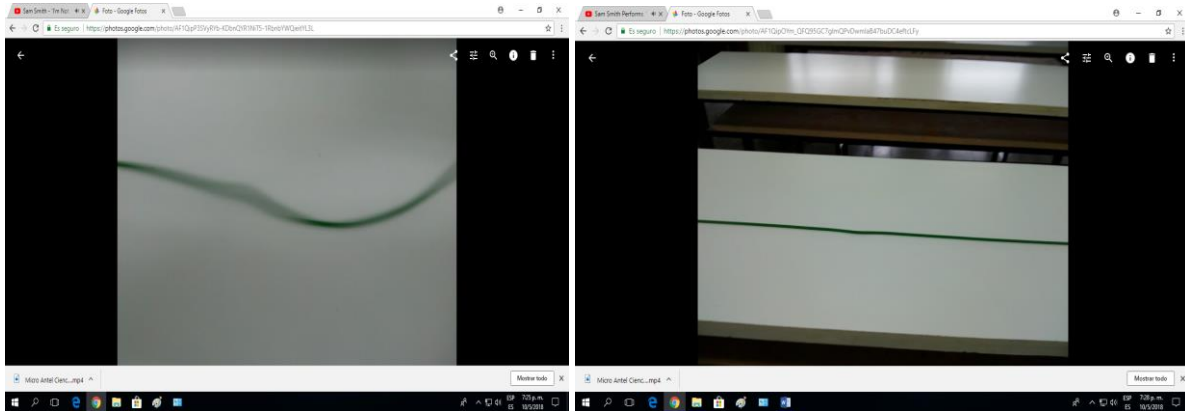


Figura 7

Trabajo con los alumnos.

Experiencia práctica. Cuerdas, cuba de ondas, trabajo con tubos

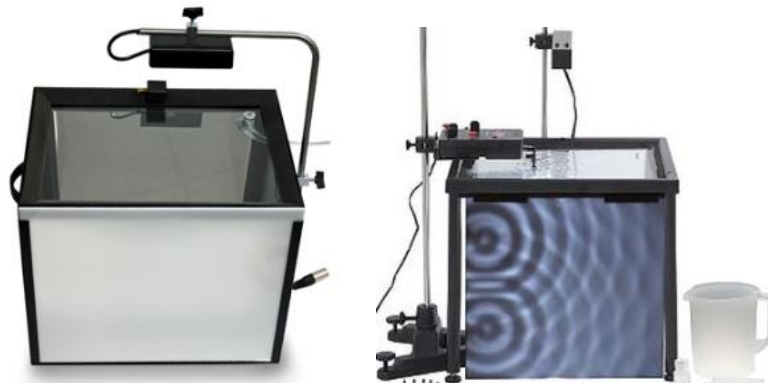
Trabajo con cuerdas



Fotos. Generación de una onda a través de un pulso mecánico

Figura 8

Video : [Cuerdas de guitarra](#)



Cuba de ondas Pasco

Figura 9

Simulación PHET: [Ondas Acústicas](#)

Para obtener consejos sobre el uso de simuladores de PHET con sus estudiantes, consulte: [Pautas para el uso de Simulaciones PHET](#), consultar contribuciones de otros docentes.

Temas desarrollados en la simulación

- Sonido
- Ondas

Instructivo

Esta simulación permite ver ondas de sonido. Ajustar la frecuencia o el volumen y poder ver y escuchar cómo cambian las ondas. Mover el detector alrededor y escuchar lo que “oye”

Objetivos de Aprendizaje

- Explicar cómo los diferentes sonidos son modelados, descritos, y producidos.
- Diseñar maneras de determinar la velocidad, frecuencia, período y longitud de onda de un modelo de onda de sonido.

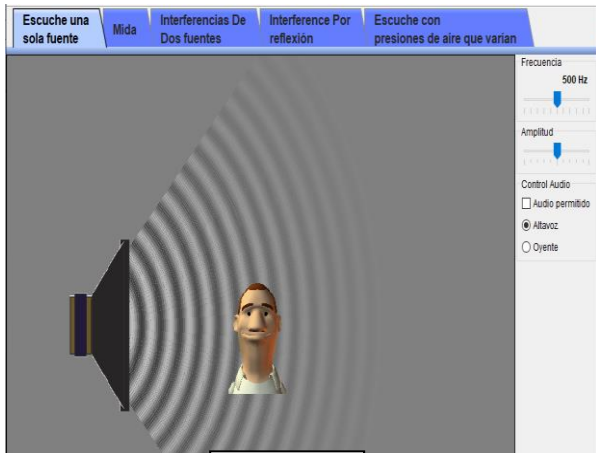


Figura 10

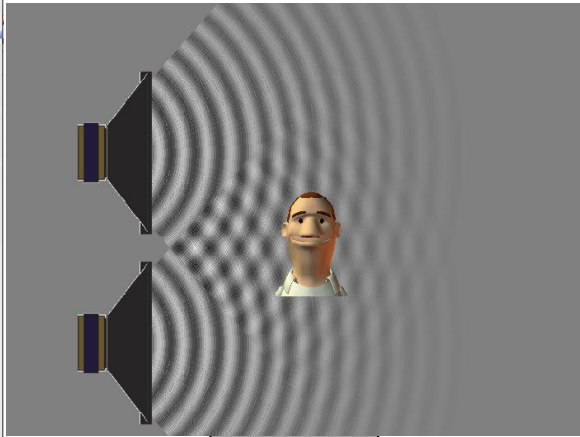


Figura 11

Empleo de la simulación

Sonido

Está diseñada para que el estudiante pueda crear sus propias ondas, variar la amplitud de la misma y la frecuencia, también experimentar con una y dos fuentes, detenerla con el botón pausa, así como la reflexión de la onda sobre una superficie.

Al abrir la simulación tenemos las siguientes posibilidades, familiarícese con cada una de ellas:



Figura 12

A través de este comando podemos tanto la frecuencia como la amplitud, ver como recibe el sonido el emisor, o el receptor.

El tamaño de la ventana no es variable para esta simulación.

También podemos mover el receptor hacia la fuente o alejarlo de la fuente, puedes detener, correr o borrar las ondas sonoras o puede agregar otro tono, y una octava por encima de la frecuencia primaria, y observar el cambio de la forma de onda y el sonido de su altavoz.



Figura 13



Figura 14

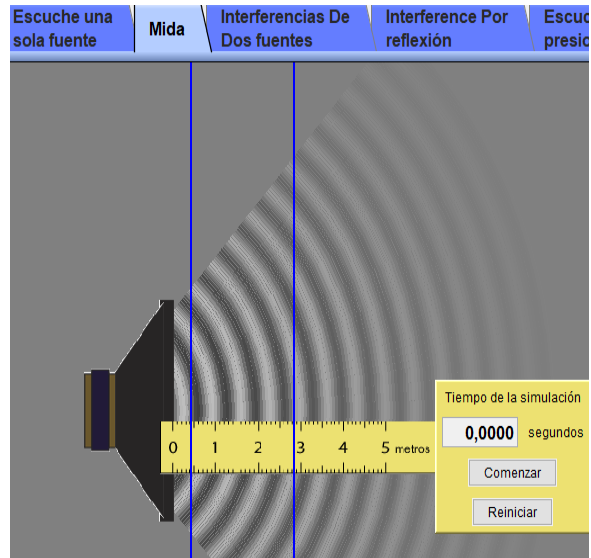


Figura 15

Abriendo la pestaña “Mida”, podemos trabajar sobre los elementos que componen la onda. En pantalla de medición, tiene una regla y un temporizador que puede usar para hacer mediciones; también tienes líneas azules que puedes mover para ayudarte a medir.

Si se realiza una demostración de clase, establezca la resolución de pantalla en 1024x768 para que la simulación llene la pantalla y pueda verse fácilmente.

Simulación PHET: [Interferencia de ondas](#)

Temas desarrollados en la simulación

- Ondas
- Sonido

Descripción

Instructivo: Generar ondas con un grifo que gotea, altavoces o un láser. Añadir una segunda fuente o un par de rendijas para generar más de una onda en una dada región del espacio, describir la figura (patrón) a que da lugar la superposición de ondas.

Objetivos de Aprendizaje

- Poder ver las ondas de agua, sonido y luz moverse y ver qué tienen en común. Todas pueden ser representados por una onda sinusoidal.
- ¿Qué representa esta onda sinusoidal para estos tres fenómenos diferentes?
- Aprender a utilizar múltiples fuentes, variando la distancia entre las fuentes y la pantalla.
- Aprender a observar cómo se genera y cambia un patrón de interferencia.

- Encontrar visualmente y mediante los detectores puntos de interferencia constructiva y destructiva.
- Colocar barreras para ver cómo se mueven olas a través de una o dos ranuras ¿Qué clase de patrón crean las ranuras? ¿Cómo se puede cambiar este patrón?
- Aprender a utilizar la cinta de medir para comprobar predicciones.

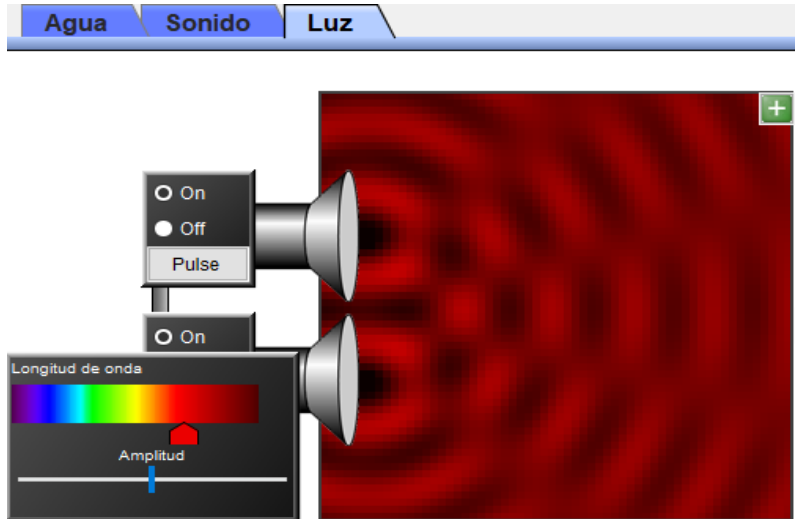


Figura 16

Empleo de la simulación

Una sola fuente

Se pueden trabajar con agua, luz y sonido, modificar tanto la amplitud como la frecuencia

Se puede ver el gráfico de la onda que se forma

Se puede colocar una o dos fuentes

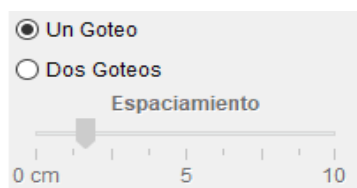


Figura 18

También podemos colocar una o dos barreras modificando el ancho de las mismas, con la posibilidad de ver, en una pantalla cómo es el patrón formado

Figura 17

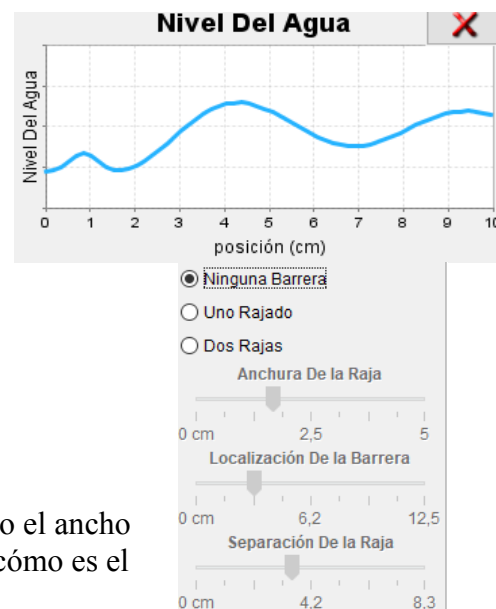


Figura 19

Ondas Objetivos: Adquirir una introducción equilibrada de los conceptos y fenómenos más importantes vinculados con las vibraciones y los fenómenos de propagación de perturbaciones y, al mismo tiempo, proporcionar una base sólida para los estudios superiores. Comprender

los aspectos comunes del movimiento ondulatorio. Distinguir entre ondas mecánicas y electromagnéticas. Identificar un movimiento periódico, oscilatorio y armónico en los diferentes dominios de la Física y la Tecnología. Analizar fenómenos relacionados con las vibraciones, las ondas y su propagación.

Onda

Al tirar una piedra a la superficie en reposo de un lago, se observa que del punto donde cayó la piedra se generan perturbaciones circulares que avanzan con velocidad finita.

Las partículas del medio, al ser alcanzadas por la perturbación, son desplazadas de su posición de equilibrio y las fuerzas de restauración tienden a volverlas a su posición original.



Figura 20

Definición

Las ondas mecánicas son perturbaciones (señales) que viajan, de un punto a otro de un medio material, con una velocidad característica sin que exista un transporte neto de materia.

La propagación de una perturbación en el espacio transfiere energía sin transferencia de masa. Se llama onda mecánica a la que se propaga en medios materiales. Un ejemplo arquetípico de onda mecánica es el sonido, que no se transmite en el vacío. Esta cualidad es importante si se compara con las ondas electromagnéticas (como la luz), que se propagan tanto en medios materiales como en el vacío

En el estudio clásico de las ondas se aplican varios principios de simplificación:

- Se supone que el medio de propagación es homogéneo, es decir, que todas las partículas oscilan de forma similar bajo la acción de fuerzas internas.
- Se considera que la frecuencia de todas las partículas del medio sometidas a la perturbación es la misma.
- La velocidad de propagación se supone constante, no dependiente de la frecuencia y tampoco de la dirección de propagación.

Movimiento ondulatorio

El movimiento ondulatorio es la propagación de una onda por un medio material o en el vacío, sin que exista la transferencia de materia, ya sea por ondas mecánicas o electromagnéticas. Una onda es una perturbación de alguna propiedad de un medio (densidad, presión, campo electromagnético, etc.), que se repite en el tiempo.

Las ondas transportan energía y cantidad de movimiento.

<https://www.acs.psu.edu/drussell/Demos/waves/wavemotion.html>

Movimiento real de los puntos de la superficie del agua

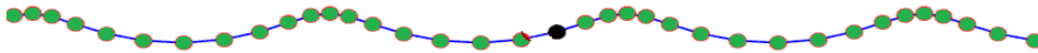


Figura 21

Movimiento aproximado de los puntos de la superficie del agua

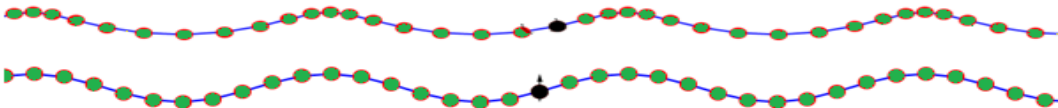


Figura 22

Clasificación de las ondas

Criterios:

- 1) Según su periodicidad
- 2) Según la dirección de desplazamiento de las partículas
- 3) Según si se propagan o no
- 4) Según en cuantas dimensiones se propaguen
- 5) Según su naturaleza

1 Clasificación según su periodicidad

1.1 Ondas periódicas

Movimiento oscilatorio

El movimiento oscilatorio es un movimiento en torno a un punto de equilibrio estable. Los puntos de equilibrio mecánico son, en general, aquellos en los cuales la fuerza neta que actúa sobre la partícula es cero

Movimiento periódico

Un movimiento periódico es el tipo de evolución temporal que presenta un sistema cuyo estado se repite exactamente a intervalos regulares de tiempo. Ej. Onda senoidal

El tiempo mínimo T necesario para que el estado del sistema se repita se llama periodo

La perturbación local que las origina se produce en ciclos repetitivos

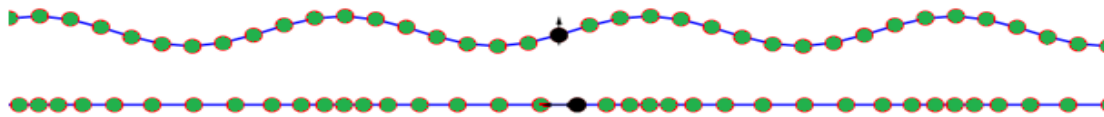


Figura 23

1.2 Ondas no periódicas

La perturbación que las origina se da aisladamente o, en el caso de que se repita, las perturbaciones sucesivas tienen características diferentes. (Pulso).

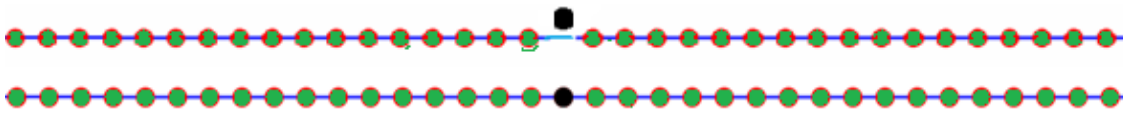


Figura 24

2. Clasificación según la dirección de desplazamiento de las partículas

2.1 Ondas transversales

En el tipo de movimiento ondulatorio denominado onda transversal, las partículas del medio vibran en dirección perpendicular a la de propagación de la onda. Un ejemplo de onda transversal es el movimiento de las partes de la cuerda en la simulación que hemos visto, otro es el que se produce al lanzar una piedra sobre el agua de un estanque en reposo.

Las ondas transversales tienen lugar, sobre todo, en sólidos y líquidos viscosos, aunque en estos materiales también es posible la propagación de ondas longitudinales.

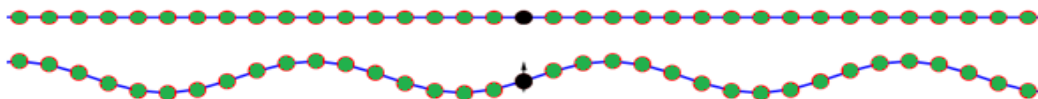


Figura 25

Desplazamiento de las partículas \updownarrow Propagación de la onda \longleftrightarrow

2.2 Ondas longitudinales

Un movimiento ondulatorio se denomina onda longitudinal cuando las partículas del medio sometidas a la oscilación vibran en la misma dirección en la que se propaga la onda. Esta forma de movimiento ondulatorio es característica de la propagación de las ondas de sonido en el aire, en los líquidos no viscosos y en los gases en general, por lo que también reciben el nombre de ondas sonoras. Experiencia de aplicación, resorte largo. Las ondas longitudinales son aquellas en que la propagación de la perturbación y la vibración de las partículas tienen la misma dirección, o sea, el desplazamiento de las partículas está en la misma dirección en que se propaga la onda.

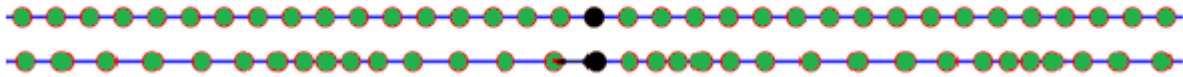


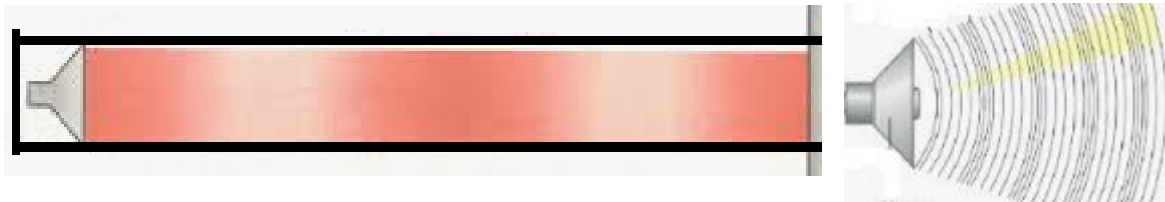
Figura 26

Desplazamiento de las partículas \longleftrightarrow Propagación de la onda \longrightarrow
 Ejemplos: Ondas transversales Ondas longitudinales



Figura 27

Dentro de las longitudinales también tenemos:



Sonido en general

Figura 28

2.3 Ondas longitudinales y transversales sísmicas

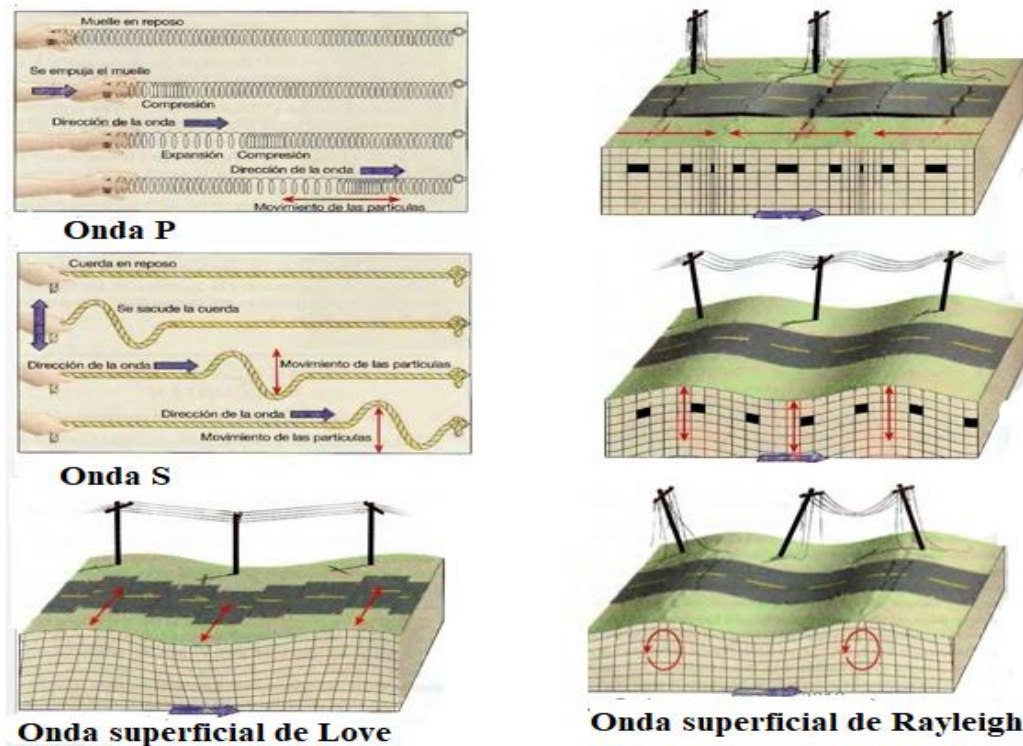


Figura 29

3.1 Ondas viajeras

Son todas aquellas ondas que se propagan libremente en el espacio.



Figura 30

3.2 Ondas estacionarias

Son aquellas que no se propagan. Presentan puntos fijos o nodos, Fig. 31.

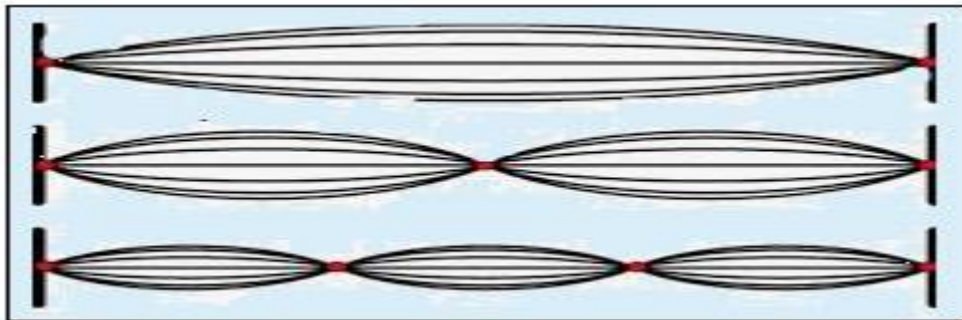


Figura 31

4. Clasificación según la dimensión de propagación

4.1 Ondas unidimensionales

Son aquellas que se propagan a lo largo de una sola dimensión del espacio, como las ondas en



Figura 32

los resortes o en las cuerdas. Si la onda se propaga en una dirección única, sus frentes de onda son planos y paralelos.

4.2 Ondas bidimensionales o superficiales

Son ondas que se propagan en dos dimensiones. Pueden propagarse, en cualquiera de las direcciones de una superficie, por ello, se denominan también ondas superficiales. Un ejemplo son las ondas que se producen en la superficie de un lago cuando se deja caer una piedra sobre él.

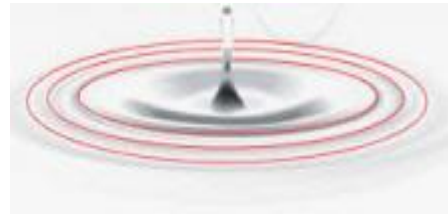


Figura 33

4.3 Ondas tridimensionales

Son ondas que se propagan en tres dimensiones. Las ondas tridimensionales se conocen también como ondas esféricas, porque sus frentes de ondas son esferas concéntricas que salen de la fuente de perturbación expandiéndose en todas direcciones. El sonido es una onda tridimensional. Son ondas tridimensionales las ondas sonoras (mecánicas) y las ondas electromagnéticas.



Figura 34

5: Clasificación según su naturaleza

5.1 Ondas mecánicas

Las ondas mecánicas necesitan un medio material elástico para propagarse, las partículas del medio son desplazadas de su posición de equilibrio y sufren fuerzas de restauración que tienden a volverlas a su posición inicial; como por ej. el sonido o la transmisión de una perturbación sobre la superficie de un estanque).

5.2 Ondas electromagnéticas

Se propagan en el espacio sin necesidad de un medio. Las ondas electromagnéticas son producidas por las oscilaciones de un campo electromagnético¹. Estas se transmiten en el vacío, Ej., La Luz.

5.3 Ondas Gravitacionales

Producidas por objetos astronómicos de masas muy grandes, entre 29 y 39 masa solares.
[Ondas gravitatorias](#)

Elementos de una Onda.

En una onda podemos distinguir los siguientes elementos:

Cresta: La cresta es el punto más alto de la amplitud o el punto de máximo apartamiento de la posición de equilibrio del medio o de la propiedad del medio que se modifica por la perturbación que origina la onda.

Valle: Tomando un sistema de coordenadas positivo hacia arriba y negativo hacia abajo, la posición más baja con respecto a la posición de equilibrio se llama valle.

Amplitud: La amplitud, para un tiempo fijo en el caso de una onda transversal, es la distancia vertical entre una cresta y el punto medio de la onda.

Longitud de Onda: (λ) La distancia que hay entre cresta y cresta, o valle y valle, se llama longitud de onda.

Período: El período (T) es el tiempo que tarda la onda en ir de un punto de máxima amplitud al siguiente.

Frecuencia: (f) El número de ondas emitidas en cada segundo se denomina frecuencia.

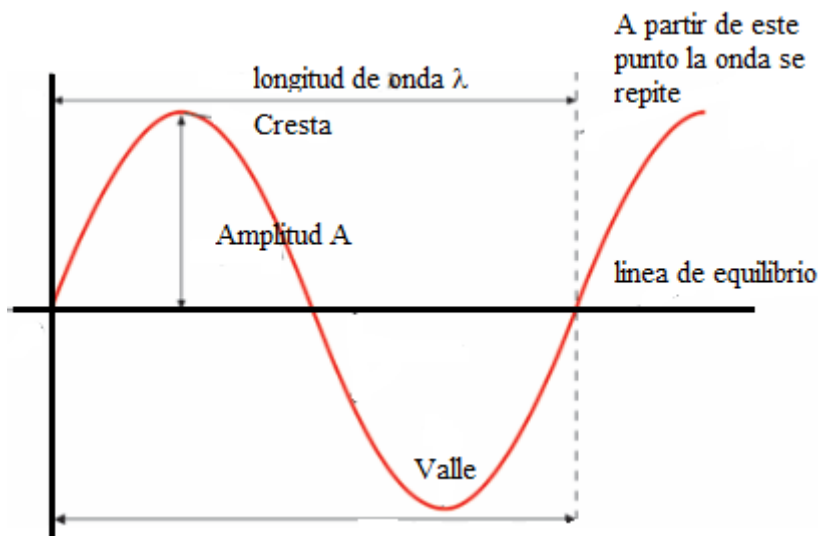


Figura 35

Resumen de ecuaciones

$$\lambda = v \cdot T \quad v = \lambda / T \quad \psi = y = (x, t) = A \cdot \text{sen } \omega (t - x/v)$$

$$f = 1 / T \quad \lambda = v / f \quad v = \lambda \cdot f \quad \psi = y = (x, t) = A \cdot \text{sen } 2 \cdot \pi \cdot f (t - x/v)$$

¹Campo: propiedad del espacio que permite describir la capacidad del mismo para ejercer fuerzas a distancia en el entorno de cargas eléctricas (Campo eléctrico), imán o corriente eléctrica (Campo magnético), cuerpos masivos (Campo gravitatorio)

6. Capítulo 4. Espectro electromagnético

Clases 3 – 4



Figura 36

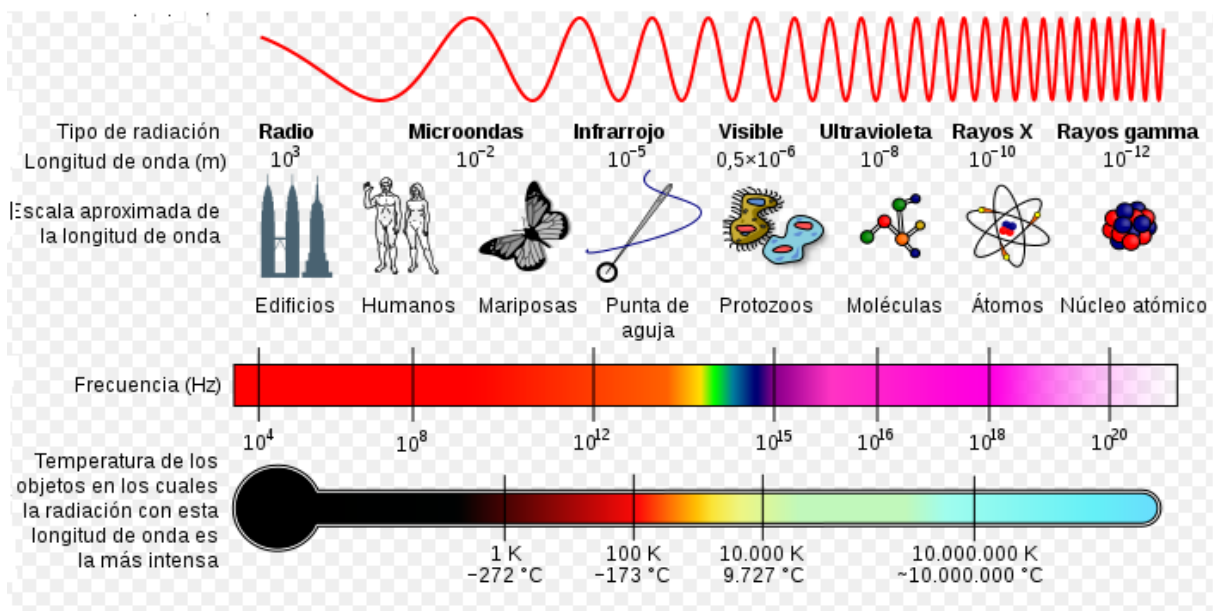


Figura 37

Nota: La longitud de onda se mide en metros, en ocasiones se pueden utilizar submúltiplos de la misma como ser, micro metros, nano metros, según sea el caso. Ejemplo, $1 \mu\text{m} = 10^{-6}$ metros, $1 \text{nm} = 10^{-9}$ metros.

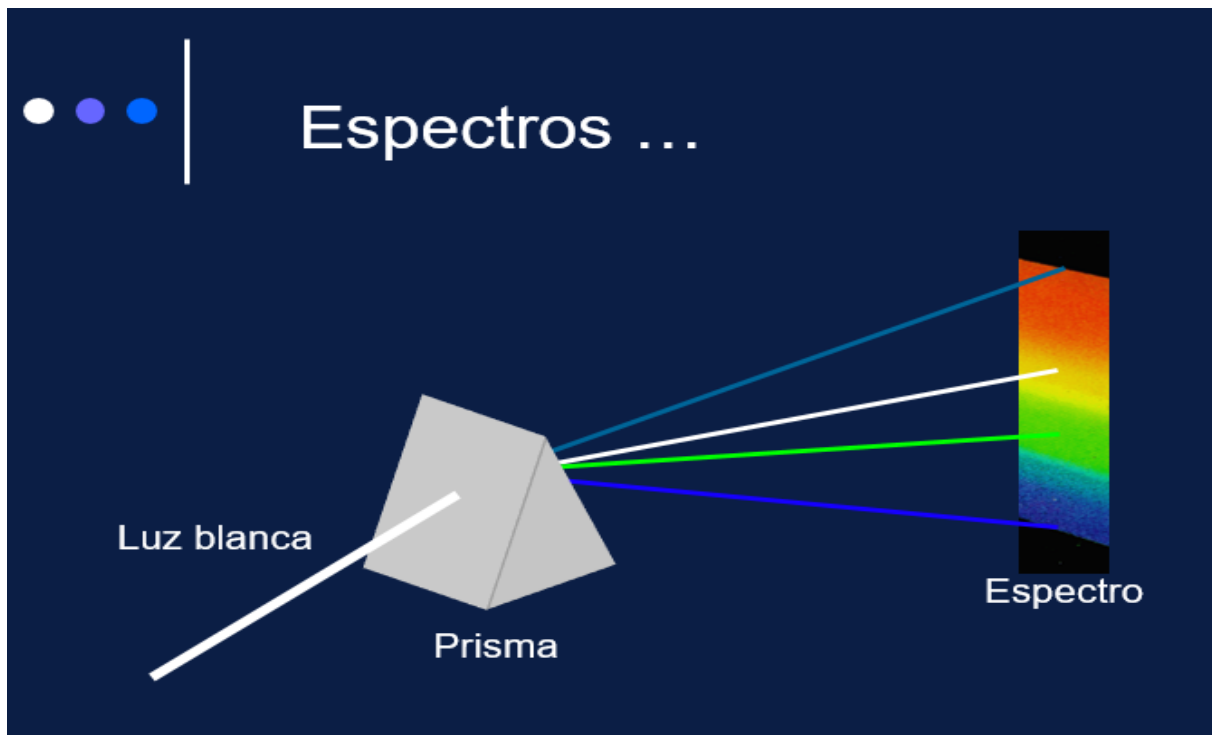


Figura 38

Trabajo práctico

Construcción de un espectrómetro casero

Un espectrómetro es un instrumento óptico utilizado para medir las propiedades de la luz sobre una porción específica del espectro electromagnético.

Elementos necesarios:

- Un CD
- Una caja rectangular de cartón
- Cinta

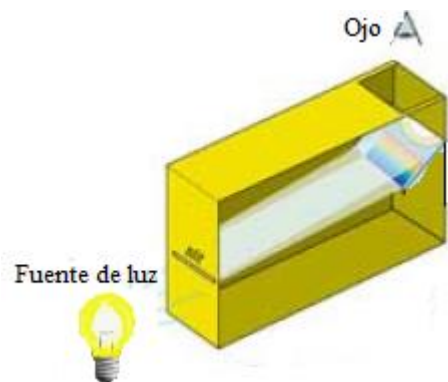


Figura 39

El espectrómetro que vamos a construir simplemente convertirá la luz en un arco iris, por lo tanto, nos mostrará la cantidad de luces de distintos colores que componen a la original. Realizar un corte sobre uno de los lados más angostos de la caja según las figuras orientativas. N° 39 y 40

Cortar una sección del CD del ancho de la caja.

Colocar el trozo de CD dentro de la caja con una inclinación de unos 60 grados.

Realizar una ranura en la parte superior de la caja, esta no debe ser demasiado amplia. El tamaño óptimo es de 0.2mm de ancho.

Diagrama del dispositivo a realizar por los alumnos

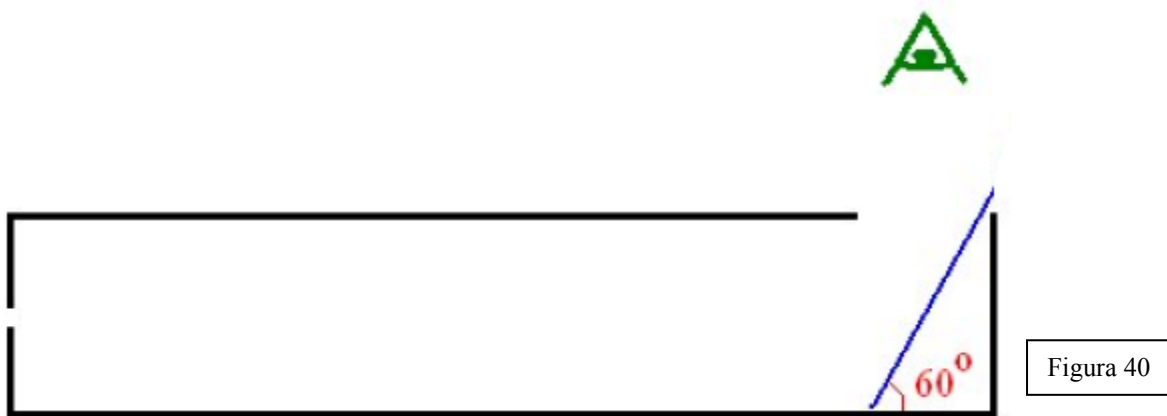


Figura 40

Espectro visible observado



Figura 41

Distintos espectros relevados en función de la fuente



Figura 42

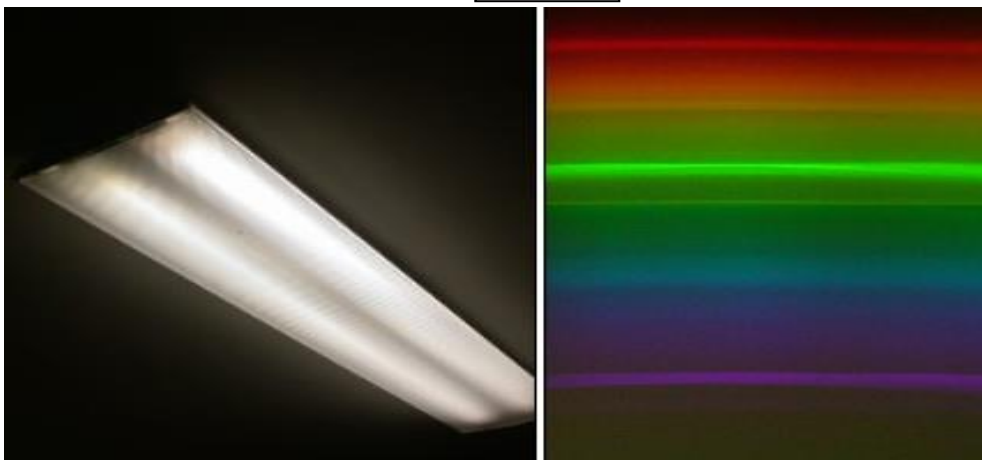


Figura 43

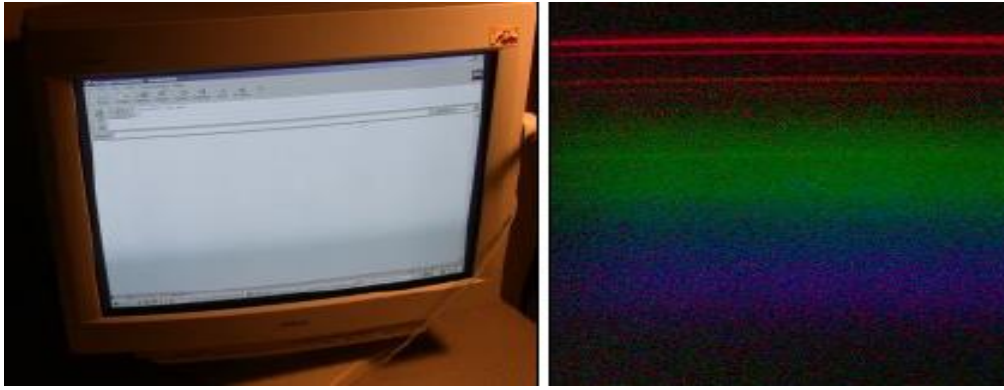


Figura 44

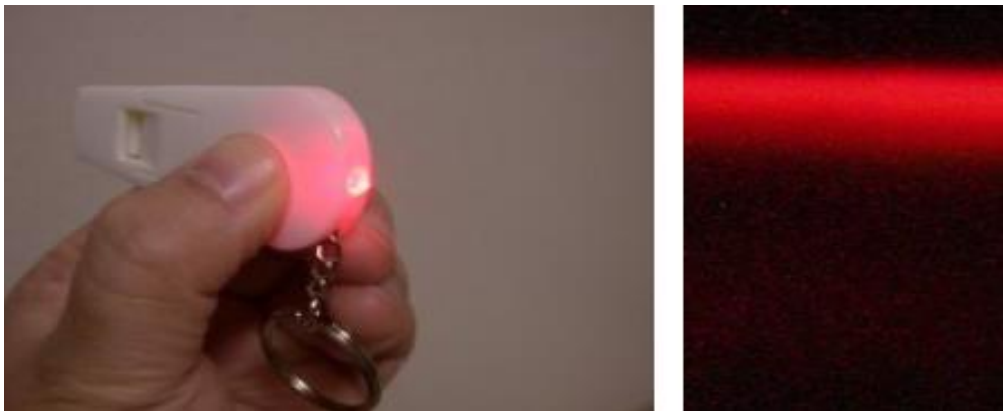


Figura 45

Radiación electromagnética.

La energía solar que nos llega a la tierra, primero tiene que atravesar el espacio, para después atravesar la atmósfera y llegar a la superficie terrestre. Esta energía se transmite a través de radiación electromagnética.

Por ejemplo, si se agita el extremo de una vara dentro de agua en reposo, se producirán ondas en su superficie. Análogamente, si una barra cargada se agita en un espacio vacío, se producirán ondas electromagnéticas en ese espacio.

Este fenómeno se debe a que la carga en movimiento en realidad es una corriente. Por causa de esta corriente se genera un campo magnético. Si esta carga cambia con el tiempo genera un campo magnético que también cambia.

La radiación electromagnética es un tipo de campo electromagnético variable, es decir, una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes, que se propagan a través del espacio transportando energía de un lugar a otro en forma de onda transversal. Incluye las ondas de radio, microondas, radiación infrarroja, luz visible, radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma. Esas clases de energía radiante se citaron en orden por su longitud de onda, desde la más larga hasta la más corta. La radiación infrarroja (abajo del rojo) tiene mayor longitud de onda que la luz visible. Las longitudes de ondas visibles más largas son las de la luz roja, y las más cortas son las de la luz violeta. La radiación ultravioleta (más allá del violeta) tiene longitudes de onda menores.

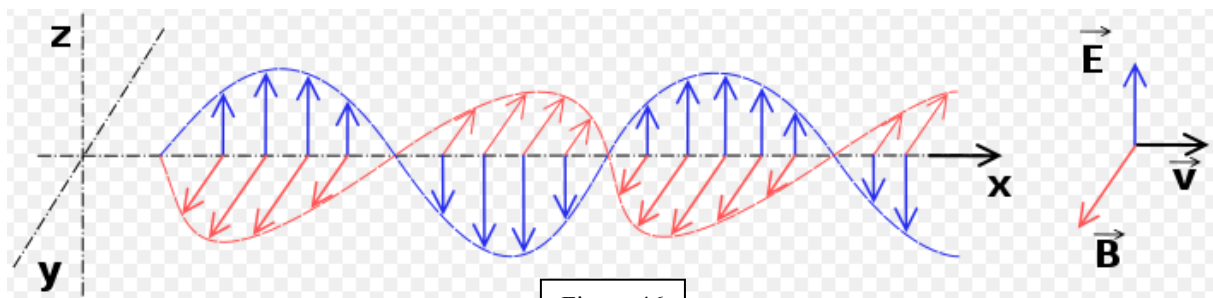


Figura 46

Onda electromagnética

El espectro electromagnético es el rango de todas las radiaciones electromagnéticas posibles. El espectro de un objeto es la distribución característica de la radiación electromagnética emitida por ese objeto.

El espectro electromagnético se extiende desde las bajas frecuencias usadas para la radio moderna (extremo de la onda larga) hasta los rayos gamma (extremo de la onda corta), que cubren longitudes de onda de entre miles de kilómetros y la fracción del tamaño de un átomo.

Sólo hay un módulo de velocidad en la que la inducción mutua continúa en forma indefinida, con la que no se pierde ni se gana energía. A partir de sus ecuaciones de la inducción electromagnética, James Clerk Maxwell calculó que el valor de esta rapidez crítica es 300,000 kilómetros por segundo.

En sus cálculos sólo usó las constantes de su ecuación, que se determinaban con experimentos sencillos de laboratorio usando campos eléctricos y magnéticos.

Maxwell descubrió que la luz visible tan sólo es radiación electromagnética dentro de determinado intervalo de frecuencias: de $4.3 \cdot 10^{14}$ a $7 \cdot 10^{14}$ vibraciones por segundo. Esas ondas activan las “antenas eléctricas” en la retina. Las ondas de menor frecuencia se ven rojas; y las de alta frecuencia, violetas. Al mismo tiempo, Maxwell se dio cuenta de que la radiación electromagnética de cualquier frecuencia se propaga con el mismo módulo de velocidad que la de la luz visible.

Rango del espectro

El espectro cubre la energía de ondas electromagnéticas que tienen longitudes de onda diferentes. Las frecuencias de 30 Hz y más bajas pueden ser producidas por ciertas nebulosas estelares y son importantes para su estudio. Se han descubierto frecuencias tan altas como $2.9 \cdot 10^{27}$ Hz a partir de fuentes astrofísicas.

Las ondas electromagnéticas de alta frecuencia tienen una longitud de onda corta y energía alta; las ondas de frecuencia baja tienen una longitud de onda larga y energía baja.

Las longitudes de onda de la radiación electromagnética, sin importar el medio por el que viajen, son, por lo general, citadas en términos de longitud de onda en el vacío, aunque no siempre se declara explícitamente.

Generalmente, la radiación electromagnética se clasifica por la longitud de la onda: ondas de radio, microondas, infrarroja y región visible, que percibimos como luz, rayos ultravioleta, rayos X y rayos gamma.

El comportamiento de la radiación electromagnética depende de su longitud de onda. Las frecuencias más altas tienen longitudes de onda más cortas y las frecuencias inferiores tienen longitudes de onda más largas. La radiación electromagnética puede dividirse en octavas (como las ondas sonoras).

La espectroscopia puede descubrir una región mucho más amplia del espectro que el rango visible de 400 nm a 700 nm. Un espectroscopio de laboratorio común puede detectar longitudes de onda desde 2 nm a 2.500 nm. Con este tipo de instrumentos puede obtenerse información detallada sobre las propiedades físicas de objetos, gases o incluso estrellas. La espectrometría tiene amplia aplicación en distintos campos científicos física, química, biología y es muy importante en astrofísica. Por ejemplo, los átomos de hidrógeno emiten ondas de radio que tienen una longitud de onda de 21,12 cm.

Cómo se determinan las posiciones de las líneas del espectro

Un espectrómetro óptico o espectroscopio es un instrumento que sirve para medir las características de la radiación en una determinada porción del espectro electromagnético. Las magnitudes que se miden generalmente son la intensidad luminosa, y la longitud de onda o la frecuencia. Se utilizan espectrómetros en espectroscopia para recoger líneas espectrales y medir sus longitudes de onda e intensidades.

En general, debido a las diferentes técnicas necesarias para medir distintas porciones del espectro, un instrumento concreto sólo operará sobre una pequeña porción de este campo total. El analizador de espectro es un dispositivo electrónico muy parecido que funciona por debajo de las frecuencias ópticas (es decir, microondas y radiofrecuencia).

Esta herramienta se puede usar para ver los espectros de emisión generados por los elementos al absorber o emitir fotones energéticos. De todas las frecuencias de onda que existen, solo una fracción muy pequeña es visible al ojo humano, y esta situada entre los rayos ultravioleta e infrarrojo; el espectrómetro permite ver una región más amplia.

Tipos de radiación

Aunque el esquema de clasificación suele ser preciso, en realidad existe algo de transposición entre tipos vecinos de energía electromagnética. Por ejemplo, las ondas de radio a 60 Hz pueden ser recibidas y estudiadas por astrónomos, o pueden ser conducidas a lo largo de cables como energía eléctrica.

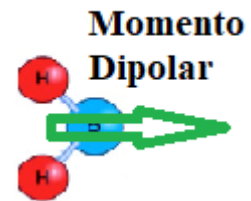
Radiofrecuencia

Las ondas de radio suelen ser utilizadas mediante antenas del tamaño apropiado (según el principio de resonancia), con longitudes de onda en los límites de cientos de metros a aproximadamente un milímetro. Se usan para la transmisión de datos, a través de la modulación. La televisión, los teléfonos móviles, las resonancias magnéticas, o las redes inalámbricas y de radioaficionados también hacen uso de estas.

Las ondas de radio pueden transportar información variando la combinación de amplitud, frecuencia y fase de la onda dentro de una banda de frecuencia. El uso del espectro de radio está regulado por muchos gobiernos mediante la asignación de frecuencias. Cuando la radiación electromagnética impacta sobre un conductor, se empareja con él y viaja a lo largo del mismo, induciendo una corriente eléctrica en la superficie de ese conductor mediante la excitación de los electrones del material de conducción. Este efecto (el efecto piel) se usó en las antenas. La radiación electromagnética también puede hacer que ciertas moléculas absorban energía y se calienten, una característica que se utiliza en las microondas.

Microondas

La frecuencia súper alta (SHF) y la frecuencia extremadamente alta (EHF) de las microondas son las siguientes en la escala de frecuencia. Las microondas son ondas lo suficientemente cortas como para emplear guías de ondas metálicas tubulares de diámetro razonable. Las microondas son absorbidas por las moléculas que tienen un momento dipolar en líquidos. En un horno microondas, este efecto se usa para calentar la comida. La radiación de microondas de baja intensidad se utiliza en Wi-Fi.



Molécula de agua

Figura 47

El horno microondas promedio, cuando está activo, está en un rango cercano y bastante poderoso como para causar interferencia con campos electromagnéticos mal protegidos, como los que se encuentran en dispositivos médicos móviles y aparatos electrónicos baratos.

Rayos T

La radiación de terahertzios (o Rayos T) es una región del espectro situada entre el infrarrojo lejano y las microondas. Hasta hace poco, este rango estaba muy poco estudiado, ya que apenas había fuentes para la energía de microondas en el extremo alto de la banda (ondas submilimétrica o también llamadas ondas terahertzios). Sin embargo, están apareciendo aplicaciones para mostrar imágenes y comunicaciones. Los científicos también buscan aplicar la tecnología de rayos T en las fuerzas armadas, donde podrían usarse para dirigirlas a las tropas enemigas, ya que las ondas de alta frecuencia incapacitan los equipos electrónicos.

Radiación Infrarroja

La parte infrarroja del espectro electromagnético abarca el rango desde aproximadamente los 300 GHz (1 mm) hasta los 400 THz (750 nm).

Puede ser dividida en tres partes:

* Infrarrojo lejano, desde 300 GHz (1 mm) hasta 30 THz (10 μm). La parte inferior de este rango también puede llamarse microondas. El agua en la atmósfera de la Tierra absorbe tan fuertemente esta radiación que confiere a la atmósfera efectividad opaca. Sin embargo, hay ciertos rangos de longitudes de onda ("ventanas") dentro del rango de operación que permiten la transmisión parcial, y pueden ser usados en astronomía. El rango de longitud de onda de aproximadamente 200 μm hasta unos pocos mm suele llamarse "radiación submilimétrica" en astronomía, reservando el infrarrojo lejano para longitudes de onda por debajo de los 200 μm .

* Infrarrojo medio, desde 30 a 120 THz (10 a 2.5 μm). Los objetos calientes pueden irradiar

fuertemente en este rango. Se absorbe por vibraciones moleculares, es decir, cuando los diferentes átomos en una molécula vibran alrededor de sus posiciones de equilibrio. Este rango es llamado, a veces, región de huella digital, ya que el espectro de absorción del infrarrojo medio de cada compuesto es muy específico.

* Infrarrojo cercano, desde 120 a 400 THz (2500 a 750 nm). Los procesos físicos que son relevantes para este rango son similares a los de la luz visible.

Radiación visible (“luz”)

Dentro del espectro, la frecuencia por encima del infrarrojo es la de la luz visible. Este es el rango en el que el Sol y las estrellas similares a este emiten la mayor parte de su radiación. No es probablemente una coincidencia que el ojo humano sea sensible a las longitudes de onda que el sol emite con más fuerza. La luz visible (y la luz cercana al infrarrojo) son absorbidas y emitidas por electrones en las moléculas y átomos que se mueven desde un nivel de energía a otro. La luz que vemos con nuestros ojos es realmente una parte muy pequeña del espectro electromagnético. Un arco iris muestra la parte óptica (visible) del espectro electromagnético; el infrarrojo (si pudiera verse) estaría localizado justo a continuación del lado rojo del arco iris, mientras que el ultravioleta estaría tras el violeta.

La radiación electromagnética con una longitud de onda entre aproximadamente 400 nm y 700 nm es detectado por el ojo humano y percibida como luz visible. A otras longitudes de onda, sobre todo al infrarrojo cercano (más largo de 700 nm) y al ultravioleta (más corto que 400 nm) también se les llama luz a veces, sobre todo cuando la visibilidad para los humanos no es relevante.

Si la radiación que tiene una frecuencia en la región visible del espectro electromagnético se refleja en un objeto, como por ejemplo un plato hondo de fruta, y luego impacta en nuestros ojos, obtenemos una percepción visual de la escena. El sistema visual de nuestro cerebro procesa la multitud de frecuencias reflejadas en diferentes sombras y matices, y a través de este fenómeno psicofísico que todavía no se entiende completamente, es como percibiríamos los objetos.

En la mayor parte de las longitudes de onda, sin embargo, la información transportada por la radiación electromagnética no es directamente descubierta por los sentidos humanos. Las fuentes naturales producen radiación electromagnética a través del espectro, y nuestra tecnología también puede manipular un amplio rango de longitudes de onda. La fibra óptica transmite luz que, aunque no es adecuada para la visión directa, puede transportar datos que luego son traducidos en sonido o imagen. La codificación usada en tales datos es similar a lo que se usa con las ondas de radio.

Luz ultravioleta

La siguiente frecuencia en el espectro es el ultravioleta (o rayos UV), que es la radiación cuya longitud de onda es más corta que el extremo violeta del espectro visible.

Al ser muy energética, la radiación ultravioleta puede romper enlaces químicos, haciendo a las moléculas excepcionalmente reactivas o ionizándolas, lo que cambia su comportamiento. Las quemaduras solares, por ejemplo, están causadas por los efectos perjudiciales de la radiación UV en las células de la piel, y pueden causar incluso cáncer de piel si la radiación daña las moléculas de ADN complejas en las células (la radiación UV es un mutágeno, promueve los errores en la replicación del ADN). El Sol emite una gran cantidad de radiación UV, lo que podría convertir rápidamente la Tierra en un desierto estéril si no fuera porque, en su mayor parte, es absorbida por la capa de ozono de la atmósfera antes de alcanzar la superficie.

Rayos X

Después del ultravioleta vienen los rayos X. Los rayos X duros tienen longitudes de onda más cortas que los rayos X suaves. Se usan generalmente para ver a través de algunos objetos, así como para la física de alta energía y la astronomía. Las estrellas de neutrones y los discos de acreción alrededor de los agujeros negros emiten rayos X, lo que nos permite estudiarlos.

Los rayos X atraviesan la mayor parte de sustancias y esto los hace útiles en medicina e industria. También son emitidos por las estrellas y especialmente por algunos tipos de nebulosas. Un aparato de radiografía funciona disparando un haz de electrones sobre un "objetivo". Si los electrones se disparan con suficiente energía, se producen rayos X.

Rayos Gamma

Después de los rayos X duros vienen los rayos gamma. Son los fotones más energéticos y no se conoce el límite más bajo de su longitud de onda. Son útiles a los astrónomos en el estudio de objetos o regiones de alta energía, y son útiles para los físicos gracias a su capacidad penetrante. Los rayos gamma pueden provocar importantes alteraciones en los núcleos celulares. No hay ningún límite exactamente definido entre las bandas del espectro electromagnético. Algunos tipos de radiación tienen una mezcla de las propiedades de radiaciones que se encuentran en las dos regiones del espectro.

Debido a la gran cantidad de energía asociada los rayos gamma los hace útiles para la esterilización de equipo médico. Se suelen utilizar para exterminar bacterias e insectos en productos alimentarios tales como carne, setas, huevos y verduras, con el fin de mantener su frescura.

Debido a la capacidad de penetrar en los tejidos, los rayos gamma o los rayos X tienen un amplio espectro de usos médicos, como realización de tomografías y estudios de Medicina Nuclear. Sin embargo, por su condición de radiación ionizante, si se afecta al ADN conllevan habilidad de provocar cambios moleculares que pueden repercutir en efectos cancerígenos.

A pesar de las propiedades cancerígenas, los rayos gamma también se utilizan para tratamiento de ciertos tipos de cáncer. Los rayos se emiten desde distintos ángulos para focalizar la radiación en el tumor, a la vez que se minimiza el daño a los tejidos de alrededor.

Los rayos gamma también se utilizan en Medicina nuclear para realizar diagnósticos. Se utilizan muchos radioisótopos emisores de rayos gamma. Cuando se le administra a un paciente, una cámara gamma puede utilizar la radiación emitida para obtener una imagen de la distribución del radioisótopo. Esta técnica se emplea en diagnosis de un amplio espectro de enfermedades

7. Capítulo 5 Átomo de Hidrógeno, espectro característico “Primera parte”

Clases 5

Introducción

Muchos de los procesos químicos que ocurren, tanto en la naturaleza como en los laboratorios, tienen una explicación a nivel microscópico donde átomos y moléculas participan activamente. Así, para comprender los fenómenos y dar una explicación que se aproxime a la realidad de lo que sucede, los científicos utilizan modelos. Un modelo explica el fenómeno por medio de una analogía que permite visualizar o hacer una creación mental cuando lo ocurrido no se presenta explícitamente a nuestros sentidos. Por lo general el modelo constituye una explicación sencilla y proporciona una semejanza estructural con el fenómeno que se estudia.

Un modelo no es una estructura rígida, sino que puede perfeccionarse, cambiarse o desecharse si se vuelve obsoleto y ya no cumple la función para la cual fue propuesto. Desde que la ciencia dio sus primeros pasos, y los químicos iniciaron el estudio de la composición y propiedades de la materia, y se desarrolló la teoría atómica, los científicos emplearon modelos para comprender la naturaleza del átomo.

En la actualidad se acepta que la materia está formada por átomos y se tiene un modelo atómico consistente con el cual se explica satisfactoriamente su comportamiento. Sin embargo, para llegar a este modelo, para que se llegara a concebir el átomo en su forma actual, pasó mucho tiempo y fueron muchos los científicos que investigaron; plantearon teorías, realizaron experiencias y crearon modelos respecto a la estructura de la materia y del átomo en sí. A pesar de las dificultades evidentes, el concepto de que la materia es de naturaleza corpuscular (formada por partículas) ha llegado a ser uno de los postulados fundamentales y fructíferos de la Ciencia y merece la pena revisar algunos pasos importantes dados para llegar a esta conclusión.

A continuación, vamos a realizar distintos experimentos con un espectroscopio simulado. Vamos a estudiar cómo funciona, qué información nos da al analizar el espectro de átomos de hidrógeno reales y cuál debería habernos dado de acuerdo con los distintos modelos de átomo de H que fueron desarrollando los científicos a partir de la evolución del conocimiento de la materia.

Simulación PHET átomo de Hidrógeno distintos modelos

Con la llave en la posición **experimento** emitimos radiación electromagnética sobre el signo de interrogación que se encuentra en la caja, (dentro está el átomo de hidrógeno cuya naturaleza no conocemos), vemos como es la respuesta de los átomos de Hidrógeno bombardeados. Se puede ver el resultado en el espectrómetro que nos informa la intensidad de la radiación emitida y la frecuencia de la misma en la escala vertical y horizontal, respectivamente.

Se puede ver la evolución en función del comportamiento de los choques que se producen entre la radiación y el átomo de Hidrógeno encerrado en la caja.

Preguntas a realizar antes de efectuar la actividad:

En base a sus conocimientos previos

1. Describa y dibuje un átomo de Hidrógeno

2. Indique ¿Cuántos protones y electrones contiene?

Simulación del átomo de Hidrógeno

Temas

- Mecánica Cuántica
- Átomo de Hidrógeno
- Modelo de Bohr
- Longitud de onda de deBroglie
- Modelo de Schrödinger

Objetivos

Aprender a emplear la simulación de una experiencia de espectroscopía.

Obtener el espectro de un átomo de hidrógeno.

Replicar las experiencias que permitieron invalidar distintos modelos científicos de la estructura atómica. Probar los diferentes modelos mediante la incidencia de luz en el átomo. Comprobar si la predicción del modelo coincide con los resultados experimentales.

Etapa 1. Empleo y uso de la simulación en modo experimentación

- Guiar a los alumnos en el aprendizaje del empleo de la simulación
- Guiarlos para entender la diferencia entre experimento y predicción
- Ayudarlos a entender la importancia de aprender a sacar conclusiones a partir de la observación de experiencias. En este caso guiarlos en el entendimiento de los fenómenos de absorción y emisión de radiación electromagnética.
- Guiarlos en la verificación de que sólo radiación de algunas longitudes de onda son absorbidas o emitidas.

Empleo del simulador

1. Enciende el haz de luz

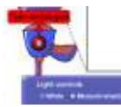


Figura 48

y el “Experimento”.



Figura 49

Observa qué sucede cuándo se envía radiación electromagnética a través de una caja conteniendo hidrógeno. Describe y dibuja tus observaciones:

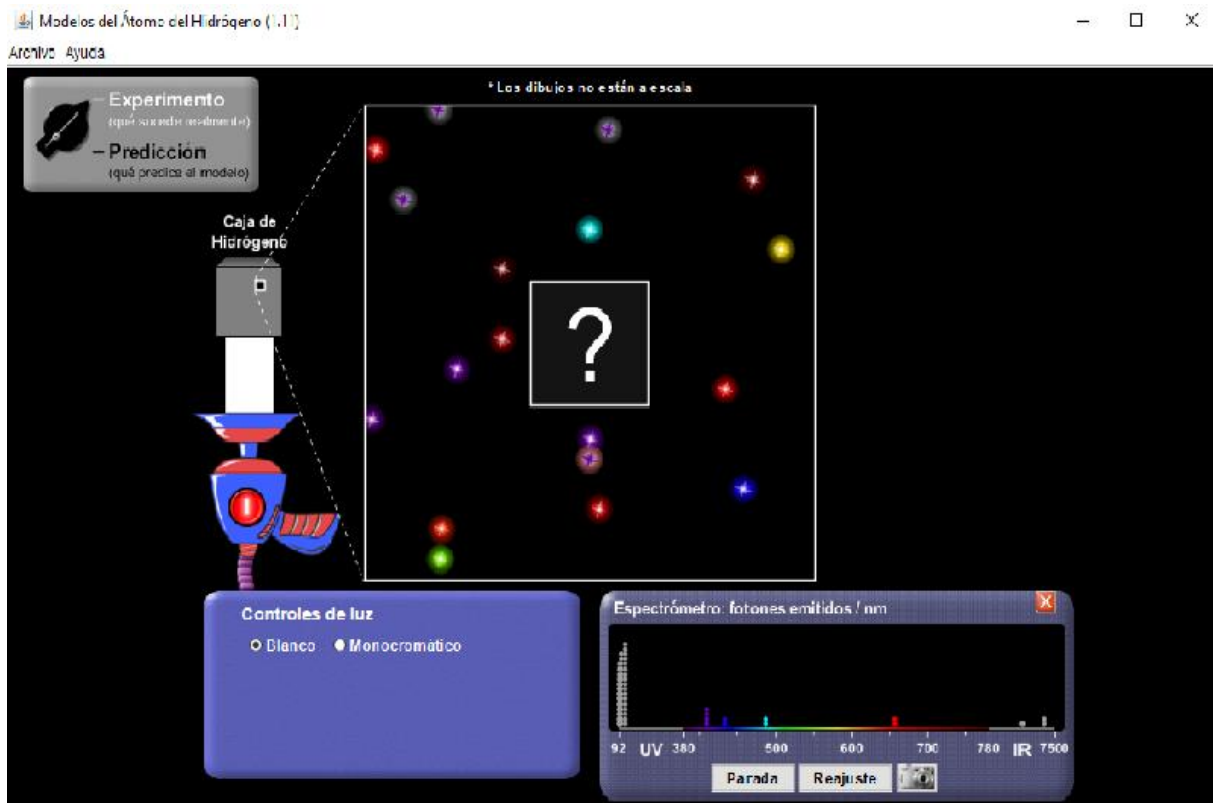


Figura 50

2. Para investigar cómo funciona un átomo los científicos observaron algo similar a lo que estás observando (describir experiencias con hidrógeno iluminado por luz solar). A partir de esa observación dedujeron cómo debe estar constituido el átomo de hidrógeno.
 - . ¿Qué piensas que desvía la radiación? Mediante tu observación pudiste apreciar algo que te llamara la atención con relación al color o la intensidad de la radiación que es desviada?

3. Cambia el control de luz de “Blanco” a “Monocromático”.
 - ¿Qué significa “monocromático”?
 - Confirma si tu respuesta es correcta moviendo el control deslizante
 - ¿En que se asemeja y en qué difiere el comportamiento de la radiación blanca y la radiación monocromática?

4. Haz “clic” en el cuadro “Mostrar espectrómetro”.
 - a. Cambia los colores de la radiación a los colores sugeridos en la tabla siguiente y deja que la simulación se ejecute durante varios minutos. Luego registra las observaciones:

Tabla 1

color	observación
UV	
Púrpura	
Verde	

b. Describe qué registra el espectrómetro para cada radiación

Con tu grupo discute. ¿Es compatible lo observado en el “Experimento” con el esquema de átomo de hidrógeno que cada uno dibujó en el punto 1. Guarde todo lo registrado cuidadosamente en su carpeta de trabajo.

¿En qué se parece o diferencia el espectro del átomo de hidrógeno del espectro observado mediante el espectroscopio casero para la luz blanca? Fig. 41

Después de haber intentado interpretar el papel de investigador o científico podemos tratar de entender qué dedujeron distintos científicos a partir de la observación del mismo experimento.

En realidad, en la imagen del espectro que podemos ver más arriba, las líneas que aparecen corresponden sólo a las que se producen en la parte visible del espectro (las llamadas líneas de Balmer) pero para el hidrógeno también se puede detectar radiación emitida o absorbida en longitudes de onda que se sitúan en la parte infrarroja y ultravioleta del espectro.

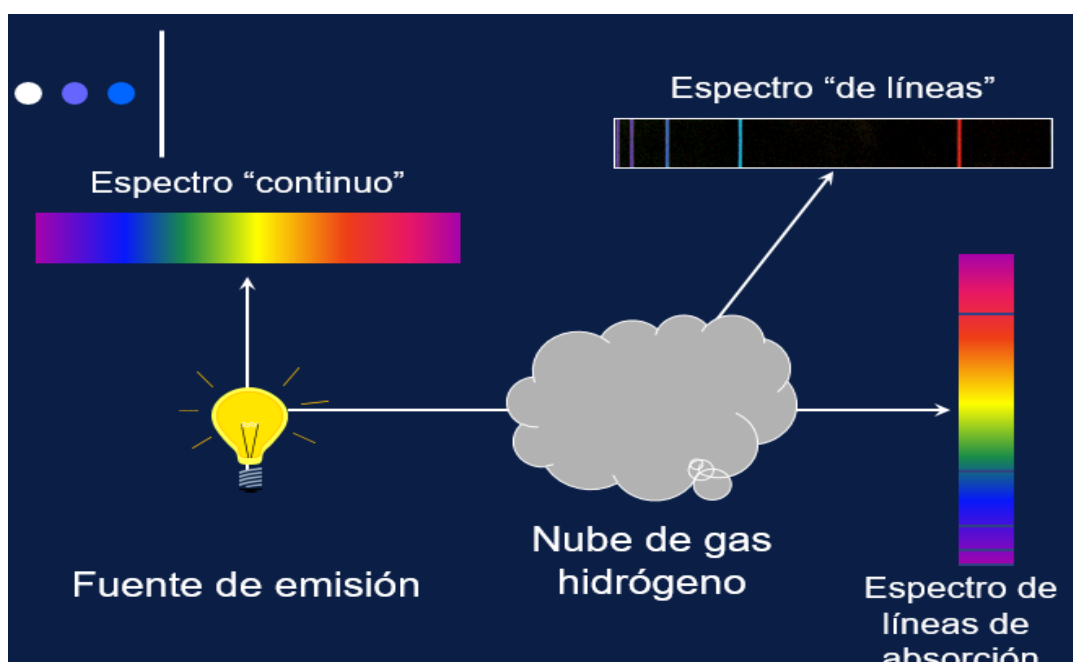
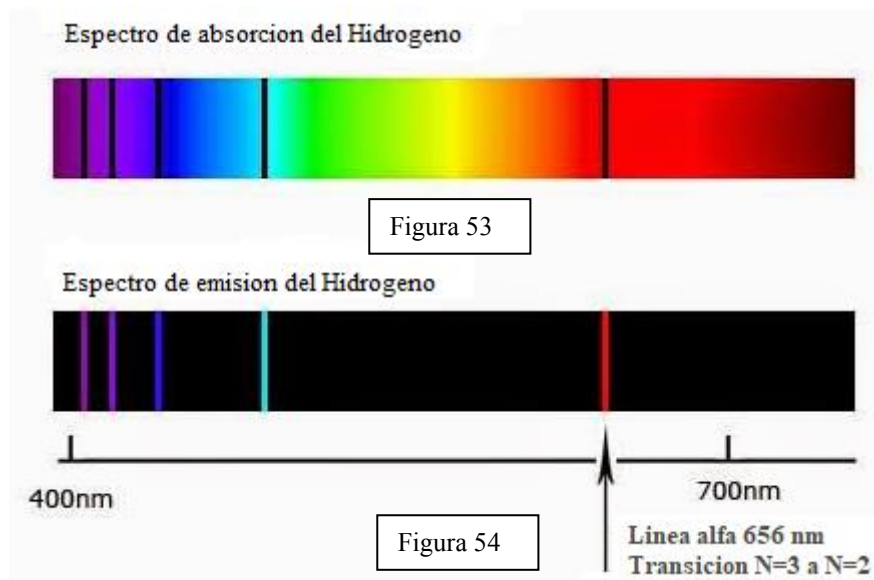


Figura 51



Figura 52



En el espectro del átomo de hidrógeno interpretado por Balmer la línea H-alfa es la roja de la situada a la derecha, las dos líneas situadas en el extremo izquierdo son ultravioleta, ya que tienen longitudes de onda de 400 nm, Fig. 51, 53 y 54.

Se busca entender y explicar la posición de las líneas en esos lugares y por qué son líneas y no un espectro continuo

Johann Jacob Balmer, realizó la primera interpretación de los espectros emitidos por las estrellas, el descubrió una sencilla fórmula matemática que relacionaba las longitudes de onda de las líneas prominentes en el espectro visible y en el cercano al ultravioleta del gas hidrógeno. (El hidrógeno tiene uno de los espectros atómicos más simples.)

Entendiendo los diferentes modelos del átomo de hidrógeno:

Etapa 2.

1. Ahora que ya hemos pensado y discutido sobre lo que sucede con la energía provista por la radiación electromagnética cuando incide sobre el átomo de hidrógeno vamos a analizar cómo se desarrollaron las ideas de distintos científicos en base a diferentes experimentos. Teniendo en cuenta dichos modelos vamos a comparar si esas ideas permitían predecir el resultado que observamos en el experimento anterior. Para ello vamos a usar la predicción de distintos modelos para analizar el mismo experimento.

Analicemos los modelos surgidos a fines del siglo XIX y principios del XX

Modelo Atómico de John Dalton:

John Dalton, profesor y químico británico, estaba fascinado por el rompecabezas de los elementos. A principios del siglo XIX estudió la forma en que los diversos elementos se combinan entre sí para formar compuestos químicos. Aunque muchos otros científicos, empezando por los antiguos griegos, habían afirmado ya que las unidades más pequeñas de una sustancia eran los átomos, se considera a Dalton como una de las figuras más significativas de la teoría atómica porque la convirtió en algo cuantitativo. Dalton desarrolló un modelo científico y formuló una serie de postulados concernientes a la naturaleza de los átomos, los cuales desta-

caban la masa como una propiedad atómica fundamental. Basándose en los datos experimentales imperfectos de que disponía, Dalton propuso su teoría por medio de los siguientes postulados:

1. La materia está compuesta por partículas pequeñísimas llamadas átomos.
2. Los átomos son individuales y no pueden transformarse unos en otros.
3. No pueden ser creados ni destruidos.
4. Los elementos se hallan constituidos por átomos. Los átomos de un mismo elemento son idénticos en tamaño, forma, masa y todas las demás cualidades, pero diferentes a los átomos de los otros elementos.
5. Los átomos se unen para formar las moléculas, combinándose en proporciones fijas de números enteros y pequeños. Por ejemplo, un átomo de azufre (S) se combina con dos átomos de oxígeno (O) para formar la molécula SO_2 , y lo hacen siempre en la relación de 1:2.
6. Dos o más elementos pueden combinarse de diferentes maneras para formar más de una clase de compuestos. Así, entre el azufre (S) y el oxígeno (O) se pueden formar dos compuestos diferentes, el SO_2 y el SO_3 . En cada uno de estos compuestos hay una proporción de átomos y masa diferente pero definida y siempre en la relación de números enteros y pequeños.

Durante casi un siglo no se dudó de ninguno de los puntos esenciales de la teoría atómica propuesta por Dalton.

Modelo Atómico de John Thomson:

Para los científicos de 1900, al tomar como base los experimentos con rayos catódicos, rayos positivos y, en general, la relación entre materia y electricidad era clara la necesidad de revisar el modelo atómico propuesto por Dalton.

El descubrimiento del electrón realizado por John Thomson, físico británico, así como los llamados rayos canales o rayos positivos, que pueden observarse como un fino haz de luz detrás de un tubo de descarga con el cátodo perforado, llevó a la conclusión de que el átomo no podía ser una esfera rígida de material característico para cada elemento, como había supuesto ingenuamente Dalton, sino que debía poseer una estructura.

Aunque el nuevo modelo atómico explicaba la relación materia y electricidad, faltaban las bases fundamentales de la combinación química explicada por Dalton en su teoría atómica.

El modelo propuesto por Thomson consideraba que el átomo estaba compuesto por electrones de carga negativa en un átomo positivo, incrustados en este al igual que las pasas de un pudín (o budín) (pan dulce). Por esta comparación, fue que esta imagen de átomo se denominó «Modelo del pudín de pasas». El mismo postulaba que los electrones se distribuían uniformemente en el interior del átomo, suspendidos en una nube de carga positiva.

Modelo Atómico de Ernest Rutherford:

Rutherford, científico británico nacido en Nueva Zelanda, en su estudio de la radioactividad (descubierta a finales del s. XIX) había conducido a la hipótesis de que el número atómico representaba el número de unidades de carga positiva del átomo y, puesto que éste es neutro, también el número de electrones debía ser igual. La naturaleza de las distintas radiaciones que emite el radio fue establecida por E. Rutherford en 1903 y, en 1911, el propio Rutherford inició una serie de experimentos cruciales de los que surgió el concepto de núcleo atómico.

En estos experimentos, Rutherford y sus colaboradores H. Geiger y E. Marsden utilizaron una fuente de partículas alfa y mediante la interposición de placas de plomo, colimaron el haz de partículas y lo dirigieron sobre una lámina de oro muy fina. Las partículas que atravesaban la lámina incidían sobre una superficie cubierta de sulfuro de zinc, provocando un centelleo. A partir de la observación de este centelleo era posible concluir que la gran mayoría de las partículas atravesaba las láminas sin sufrir, o casi sin sufrir, desviación, mientras que algunas sufrían una desviación considerable e incluso unas pocas no lograban atravesar la lámina, rebotando en ella como una pelota contra una pared. Este resultado contradecía el modelo atómico de Thomson, ya que, en caso de ser este correcto, las partículas no deberían sufrir diferentes desviaciones. Para explicarlo, Rutherford supuso que toda la carga positiva del átomo estaba concentrada en una región, a la que se dio el nombre de núcleo, cuyo diámetro era una diezmilésima del diámetro del átomo.

Los electrones, orbitando en torno al núcleo, equilibrarían la carga positiva de éste, que estaría representada por partículas denominadas protones, de carga igual y de signo contrario a la de los electrones. La materia está así prácticamente vacía, lo que explica que la mayoría de las partículas que incidan en la lámina de oro no se desviaran, mientras que las partículas que pasan cerca del núcleo de un átomo de oro sufren fuertes desviaciones, y las que inciden directamente sobre un núcleo, rebotan. Ver figura 55.

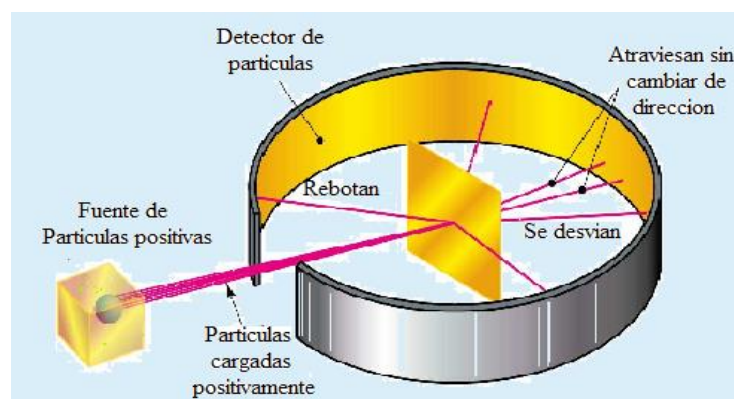


Figura 55

La casi totalidad de la masa del átomo correspondería al núcleo, puesto que la masa del protón, según se había determinado experimentalmente, en 1898 W. Wein determinó la relación carga/masa, siendo esta 1836 veces mayor que la masa del electrón. Como se sabía que el número atómico representa el número de cargas positivas en el núcleo y puesto que el número de protones necesario para obtener las masas de los átomos era superior al número atómico, era preciso suponer que en el núcleo había, además de los protones, otras partículas. Rutherford en 1920 especuló con la posibilidad de que en el núcleo hubiera otras partículas de masa similar al protón, pero carentes de carga eléctrica a las que, por esta razón, se denominó neutrones. La existencia de neutrones fue confirmada por J. Chadwick en 1932, cuando identificó como constituida por esas partículas neutras la radiación obtenida al bombardear berilio con partículas alfa.

Ahora que sabemos cómo son aquellos modelos veamos cual sería la respuesta del espectroscopio al iluminar dichos modelos con radiación blanca y con radiación de 97 nm.

Comparemos los resultados del “Experimento” que realizáramos anteriormente con los correspondientes a las predicciones obtenidas de la simulación. Anota tus observaciones en la Tabla 2.

Tabla 2

Modelo Atómico	Observación	La Predicción está de acuerdo o no con el “Experimento”
Bola de billar		
Budín de ciruela		
Sistema solar clásico		

¿Los resultados del espectrómetro del modelo sistema solar clásico son mejores, peores o iguales a los resultados del espectrómetro de la bola de billar? Deje que la simulación se ejecute por un tiempo antes de responder esta pregunta.

¿Qué significa mejores o peores? Más parecidos o menos parecidos a los del experimento real. Para compararlos puede sacar fotos de las pantallas y armar una lámina o *power point* con las 4 figuras.

Para pensar en casa: ¿Cuál podría ser la causa de que la predicción de Rutherford no sirviera para explicar el resultado del Experimento? (buscar incoherencias con leyes físicas ya estudiadas)

En paralelo con esta evolución del modelo del átomo hubo otros acontecimientos que cambiaron algunas ideas de los científicos de principios del siglo XX.

8. Capítulo 6 Efecto Fotoeléctrico

Clase 6 – 7

Simulación PHET colorado efecto fotoeléctrico

Temas

- Luz
- Mecánica Cuántica
- Fotones

Instructivo

Ver cómo la luz golpea los electrones de un objeto metálico, recrear el experimento que dio origen al campo de la mecánica cuántica.

Objetivos de Aprendizaje

- Visualizar y describir el experimento del efecto fotoeléctrico.
- Aprender a analizar los resultados obtenibles mediante las distintas posibilidades de variar magnitudes que brinda la simulación, por ejemplo: ¿cómo afectan los cambios en la intensidad de la luz a la corriente y la energía de los electrones del metal?, ¿cómo influye el cambio en la longitud de onda de la luz a la corriente y a la energía de los electrones?, ¿qué efecto tendrá el cambiar el voltaje de la luz sobre la corriente y la energía de los electrones?, ¿el cambiar el material del objetivo afectará a la corriente y la energía de los electrones?.
- Aprender a describir cómo estos resultados conducen a un modelo de luz constituida por fotones: por ejemplo, argumentar que sólo un modelo de fotones de la luz puede explicar el por qué, cuando la luz incide sobre el metal, pero no hay corriente, el aumento de la frecuencia conducirá a una corriente, pero el aumento de la intensidad de la luz o el voltaje entre las placas no.

El efecto fotoeléctrico, es un fenómeno físico que está presente en la actualidad en numerosos dispositivos de la vida cotidiana, como introducción al tema, se trabajó con el simulador del PHET. El alumno trabajará con un simulador del fenómeno y verá como al exponer distintos materiales a distintas radiaciones, se pone en evidencia el mismo.

Empleo de la Simulación

Al acceder a la Simulación de efecto Fotoeléctrico, es posible realizar los siguientes ajustes:

Seleccione Mostrar fotones en el menú Opciones para mostrar el haz de luz compuesto por fotones individuales. Seleccione Control número de fotón en lugar de Intensidad en el menú Opciones para cambiar el control Intensidad a un control deslizante Número de fotones

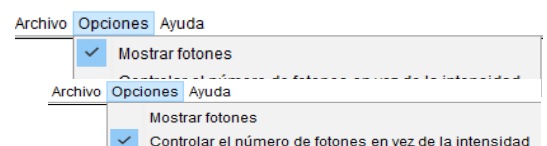


Figura 56



Figura 57

Modificar la intensidad luminosa de la lámpara de cero a 100%. Cuanto mayor sea la intensidad, más fotones emitirá la lámpara y el número de electrones que salen del metal, aumentará.

Seleccionar la longitud de onda del espectro
Se selecciona el "color" de la luz que emitirá la lámpara. Se indica el color con la longitud de onda en nanómetros. La Simulación realiza este cambio de 3 en 3 nm. Si se quiere cambiar de 1 en 1 nm se deberá hacer escribiendo el número de la longitud de onda en el visor que hay encima.

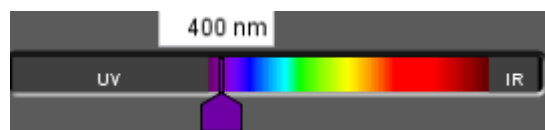


Figura 58



Figura 59

Aquí se puede elegir el elemento que será iluminado. En este caso tenemos sodio



Figura 60

El amperímetro nos indica la corriente que está circulando por el circuito

Por último tenemos la pila, representa una fuente de potencial variable. El potencial puede variar de 0,20V en 0,20V. Esto nos permite medir la energía cinética máxima de los electrones emitido, aplicando una diferencia de potencial V entre las placas que frenen el movimiento de los fotoelectrones emitidos, impidiendo que lleguen a la otra placa. Este potencial de frenado coincidirá con la energía cinética máxima de los fotoelectrones.

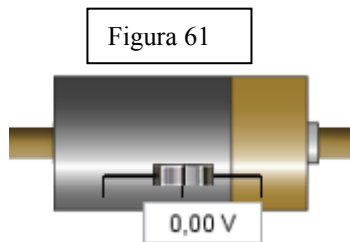


Figura 61

Si se requiere más energía del fotón incidente para liberar a un electrón, el electrón emitido tendrá menos energía cinética. Si desea usar este modelo simplificado, puede marcar la opción "Mostrar solo electrones de energía más alta".

Los electrones se emiten con un rango de energías porque los fotones pueden expulsar electrones con un rango de energías de enlace. No todos los fotones producen la eyección de un electrón, incluso si los fotones tienen suficiente energía para producir la eyección de electrones, si un fotón es absorbido por un electrón con una energía de enlace mayor que la energía del fotón, el electrón no se liberará.

Los fotones con energías más altas tendrán más probabilidades de liberar electrones porque una mayor proporción de los electrones en el metal tendrán una energía de enlace menor que la energía del fotón, por lo tanto, a medida que aumenta la frecuencia, la cantidad de electrones emitidos (y, por lo tanto, la corriente) aumentará hasta que todos los fotones produzcan la eyección de electrones.

Si desea poder cambiar la frecuencia sin cambiar el número de fotones, seleccione "Controlar el número de fotones en lugar de la intensidad" en el menú Opciones.

¿Cómo se llegó a una explicación teórica del fenómeno?

Analicemos la simulación de la experiencia que llevó al descubrimiento del llamado *Efecto Fotoeléctrico*. ¿Qué podemos observar? Describir los elementos de la simulación. Si un haz de luz incide en una placa de metal se produce electricidad en el circuito, Fig. 49. Presumiblemente, la luz libere los electrones del metal, provocando su flujo. Recordemos que la luz transporta energía por lo tanto cuando se ilumina la placa de metal, la luz le transferirá energía a la placa. Si la energía es suficiente para que se liberen electrones del metal entonces el circuito conducirá corriente. Si la energía es insuficiente no se detectará paso de corriente. Recordemos que de acuerdo con la teoría ondulatoria la energía transportada por las ondas luminosas es proporcional a la intensidad de la luz. Por lo tanto, podemos suponer que a mayor intensidad mayor cantidad de electrones serán liberados y mayor será la intensidad de la corriente que circule por el circuito. Usando las herramientas de la simulación podemos probar variando la intensidad y la longitud de onda de distintas radiaciones. La prueba muestra que una luz azul débil es suficiente para provocar la producción de corriente, mientras que la más fuerte e intensa luz roja no da lugar a la producción de corriente. La luz más brillante debería ser más que suficiente para crear el paso de electrones por el circuito. Sin embargo, extrañamente, no lo producía.

¿Por qué resultó tan difícil de explicar este proceso? ¿En qué contradecía a los modelos de materia y radiación luminosa manejados hasta ese momento?

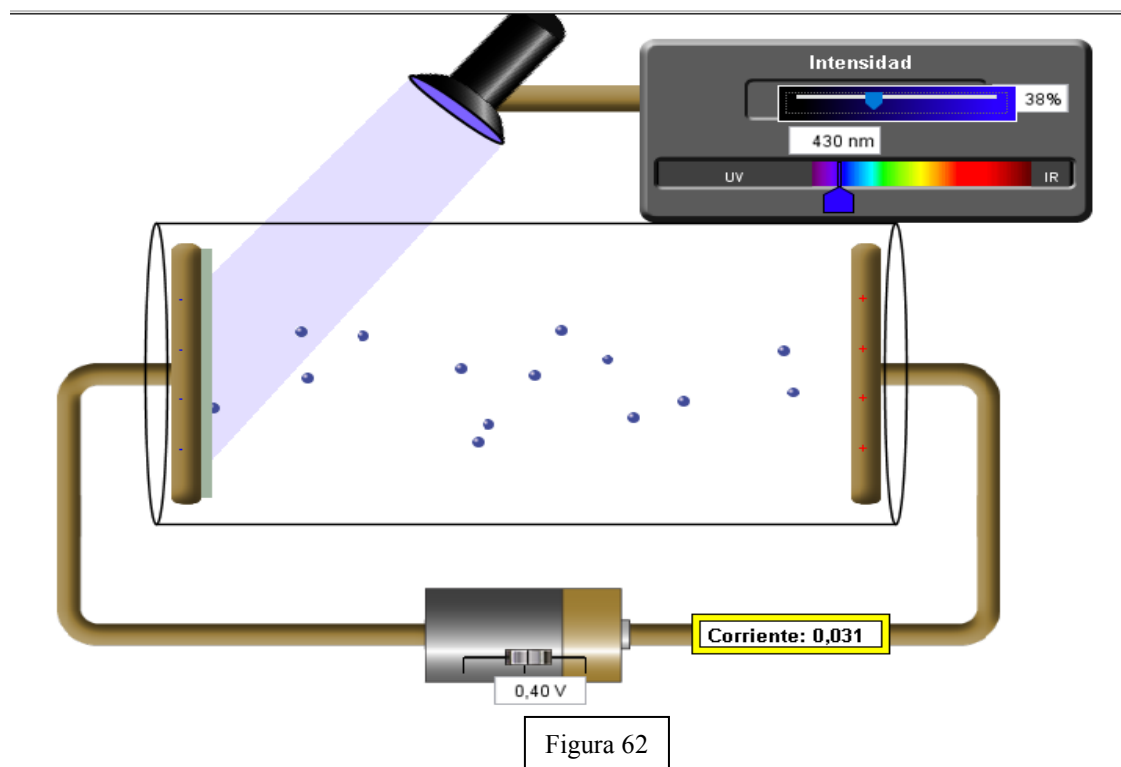


Figura 62

Imagen PHET efecto fotoeléctrico

Al proceso por el cual se liberan electrones de un material por la acción de radiación luminosa de determinada longitud de onda (o frecuencia) se lo denomina *Efecto Fotoeléctrico*.

trico. El mismo fue observado a finales del siglo XIX por Hertz y Hallwachs. (Ver Anexo II)

Sus características esenciales son:

- Para cada metal hay una frecuencia mínima o umbral de la radiación electromagnética por debajo de la cual no se producen fotoelectrones por más intensa que sea la radiación.
- La emisión electrónica aumenta cuando se incrementa la intensidad de la radiación que incide sobre la superficie del metal.

En los metales hay electrones que se mueven más o menos libremente a través de la red cristalina, estos electrones no escapan del metal a temperaturas normales por que no tienen energía suficiente. Aumentar la temperatura del metal es una manera de aumentar su energía. Los electrones "evaporados" se denominan termoelectrones, este es el tipo de emisión que hay en las válvulas electrónicas. Vamos a ver que también se pueden liberar electrones (fotoelectrones) mediante la absorción por el metal de energía de radiación electromagnética.

En las lámparas de descarga gaseosa, vamos a ver que no es factible que dichas lámparas emitan en todas las frecuencias posibles, solamente existen lámparas hechas de materiales cuya emisión corresponde a unas determinadas líneas del espectro. Algunas de las líneas de emisión son muy débiles y otras son brillantes

En paralelo a esta problemática del efecto fotoeléctrico otro fenómeno sin explicación preocupaba a los Físicos del siglo XIX la llamada radiación del cuerpo negro.

El denominado cuerpo negro, hace referencia a un objeto opaco que emite radiación térmica. Un cuerpo negro perfecto es aquel que absorbe toda la luz incidente y no refleja nada. A temperatura ambiente, un objeto de este tipo debería ser perfectamente negro (de ahí procede el término Cuerpo negro). Sin embargo, si se aumenta la temperatura suficientemente a un cuerpo negro éste comenzará a brillar produciendo radiación térmica. Todos los objetos emiten radiación térmica (siempre que su temperatura esté por encima del cero absoluto, o $-273,15$ grados Celsius), pero ningún objeto es en realidad un emisor perfecto, en realidad emiten o absorben mejor unas longitudes de onda de luz que otras. Estas pequeñas variaciones dificultan el estudio de la interacción entre la luz, la temperatura y la materia utilizando objetos normales. Afortunadamente, es posible construir un cuerpo negro prácticamente perfecto. Se construye una caja con algún material que sea conductor térmico, como un metal. La caja debe estar completamente cerrada por todas sus caras, de forma que el interior forme una cavidad que no reciba luz del exterior. Entonces se hace un pequeño agujero en algún punto de la caja. La luz que salga de ese agujero tendrá un parecido casi exacto a la luz de un cuerpo negro ideal, a la temperatura (T) del aire del interior de la caja. A fines del siglo XIX fue posible medir la radiación de un cuerpo negro con mucha precisión. La intensidad de esta radiación puede en principio ser calculada utilizando las leyes del electromagnetismo. Pero todos los intentos de reproducir las curvas obtenidas experimentalmente para todo valor de T resultaron fallidos.

A principios del siglo XX, los científicos Lord Rayleigh, y Max Planck (entre otros) estudiaron la radiación de cuerpo negro utilizando un dispositivo similar. Tras un largo estudio, Planck fue capaz de describir perfectamente la intensidad de la luz emitida por un cuerpo negro en función de la longitud de onda, Planck fue incluso capaz de describir cómo variaría el espectro al cambiar la temperatura Fig. 63.

El trabajo de Planck sobre la radiación de los cuerpos negros es una de las áreas de la física que llevaron a la fundación de la mecánica cuántica.

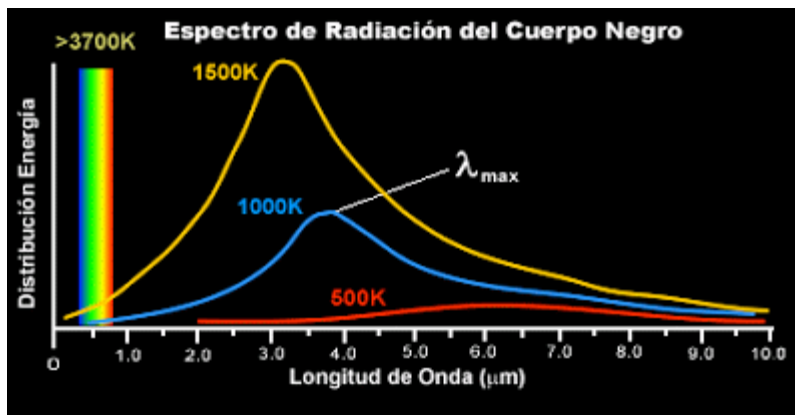


Figura 63

Para explicar los resultados experimentales Planck supuso y publicó (1901) que: “si los pequeños osciladores de la materia pudieran oscilar sólo con energías que fueran múltiplos enteros de una “energía fundamental” que fuera proporcional a la frecuencia con la que oscilaban mediante una constante que probablemente fuera muy pequeña, se podía modelar el espectro de radiación del cuerpo negro”. Es decir: Para resolver la llamada catástrofe ultravioleta, llamada así porque en esa zona del espectro no se cumplía la predicción, era necesario aceptar que la radiación no es emitida de manera continua sino en cuantos de energía discreta. Lo que Planck descubrió fue que a medida que se incrementaba la temperatura de un cuerpo negro, la cantidad total de luz emitida por segundo también aumentaba, y la longitud de onda del máximo de intensidad del espectro se desplazaba hacia los colores azulados.

Para más detalles ver:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/negro/radiacion/radiacion.htm>

Para entender el razonamiento de Planck, se puede hacer una aproximación recordando que cuando hamacamos a un niño, la manera en la que le entregamos energía para que consiga hamacarse no es continua, sino que lo vamos haciendo a escalones. Es como si la energía que pudiera recibir fuera una determinada cantidad de energía, luego otra y así sucesivamente. De ahí que la posterior teoría cuántica, consiste en que la energía de cualquier oscilador está cuantizada, es decir, no tiene valores continuos sino discretos: “escalones” de energía, que hoy llamamos cuantos de energía. Desde luego, algo parecido había ocurrido antes en física al estudiar la materia: algunos pensaban que la materia era continua, y que un trozo de madera podía ser roto en dos trozos iguales, éstos en dos trozos iguales, y así *ad infinitum*. Otros pensaban que la materia estaba compuesta de trozos discretos, y que no era posible tomar una cantidad arbitraria de materia, sino sólo un múltiplo entero del valor mínimo de materia posible, que no era posible dividir: el átomo. Sin embargo, es relativamente sencillo asimilar que la materia esté cuantizada. Imaginar la energía como cuantizada es mucho más difícil. La teoría de Planck fue aceptada, y Max Planck obtuvo el Premio Nobel de 1918, según la Academia “en reconocimiento de los servicios que rindió al avance de la Física por su descubrimiento de los cuantos de energía”. En su hipótesis, Planck supuso que el tamaño de estos “escalones” era proporcional a una constante que se llamó constante de Planck, que hoy sabemos que tiene un valor de $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

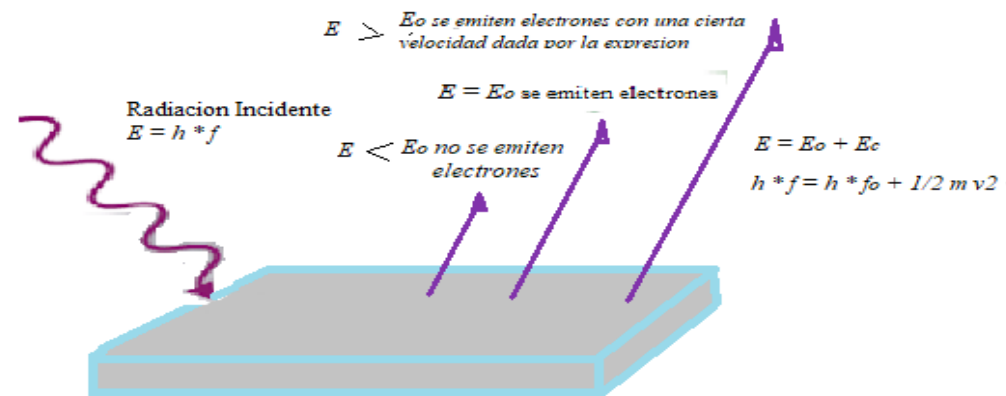
Basándose en el modelo de Planck, a quien nadie había tenido en cuenta durante 4 años, en 1905, Einstein pudo explicar el efecto fotoeléctrico.

Einstein llegó a la conclusión de que los electrones eran expelidos fuera del metal por la incidencia de cuantos de energía lumínica a los que llamó fotones. Cada fotón individual acarrea una cantidad de energía E , que se encontraba relacionada con la frecuencia de la luz, mediante la siguiente ecuación: $E = h \cdot f$

Donde h es la constante de Planck (cuyo valor es $6,626 \times 10^{-34}$ J·s). Sólo los fotones con una frecuencia alta (por encima de un valor umbral específico) podían provocar la corriente de electrones. Por ejemplo, la luz azul emitía unos fotones con una energía suficiente para arrancar los electrones del metal, mientras que la luz roja no. Una luz más intensa por encima del umbral mínimo puede arrancar más electrones, pero ninguna cantidad de luz por debajo del mismo podrá arrancar uno solo, por muy intenso que sea su brillo.

Einstein ganó el Premio Nobel de Física en 1921 por su teoría del efecto fotoeléctrico.

El fotón es la partícula responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético, porque es portadora de todas aquellas formas de radiación electromagnética, entre las que se incluyen los rayos gamma, los rayos x, la luz ultravioleta, la luz infrarroja, las ondas de radio, las microondas, entre otras. Cuando la luz llega a la superficie del metal la energía no se reparte equitativamente entre los átomos que componen las primeras capas en las que el haz puede penetrar, sino que por el contrario sólo algunos átomos son impactados por el fotón que lleva la energía y, si esa energía es suficiente para extraer los electrones de la atracción de los núcleos, los arranca del metal. El electrón se mueve durante el proceso, dando origen a la corriente eléctrica. Ver Fig. 64.



Representación del efecto fotoeléctrico. E_0 es la energía asociada a la frecuencia umbral. Se denomina trabajo de extracción del metal

Figura 64

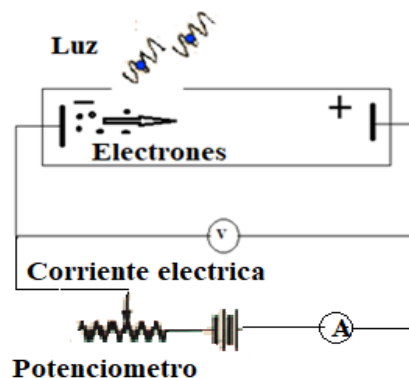
Actividades experimentales y Revisión de conocimientos adquiridos

Materiales

- Célula fotoeléctrica
- Potenciómetro
- Voltímetro
- Amperímetro

Describirlos y proceder al armado

Figura 65



Realizamos primero la conexión que se observa en la figura, poniendo el potenciómetro de manera que la parte negativa (cátodo) esté conectada a la placa que se va a iluminar. De esta manera un aumento de potencial hará que los electrones arrancados sean encaminados por un campo eléctrico hacia la otra placa (ánodo).

Cuanto mayor sea el potencial aplicado mayor será el flujo de electrones (atravesan el tubo).

Procedemos a variar el voltaje que nos suministra el potenciómetro y a registrar la intensidad de corriente (i) para una intensidad de radiación luminosa fija (I) y para luz de una determinada frecuencia de radiación (utilizamos luz monocromática, de un solo color cada vez). Los alumnos podrán predecir y verificar

1. ¿Qué espera que suceda cuándo manteniendo la diferencia de potencial frecuencia (color) de la radiación luminosa varía la intensidad de la misma? Discuta con su grupo de trabajo y verifique experimentalmente si su predicción es correcta.

Explique

2. Mantenga la intensidad de la radiación varíe el voltaje aplicado al tubo de rayos catódicos? ¿Qué espera que suceda? Discuta con su grupo de trabajo y verifique experimentalmente si su predicción es correcta.

Explique

3. Varíe el color (frecuencia) de la radiación incidente y repita los pasos 1 y 2.

Explique

Empleos del fenómeno efecto fotoeléctrico

Célula fotoeléctrica

Componente electrónico basado en el efecto fotoeléctrico. En su forma más simple, se compone de un ánodo y un cátodo recubierto de un material fotosensible, Fig. 65. La luz que incide sobre el cátodo libera electrones que son atraídos hacia el ánodo, de carga positiva, originando un flujo de corriente proporcional a la intensidad de la radiación. Las células fotoeléctricas pueden estar vacías o llenas de un gas inerte a baja presión para obtener una mayor sensibilidad.

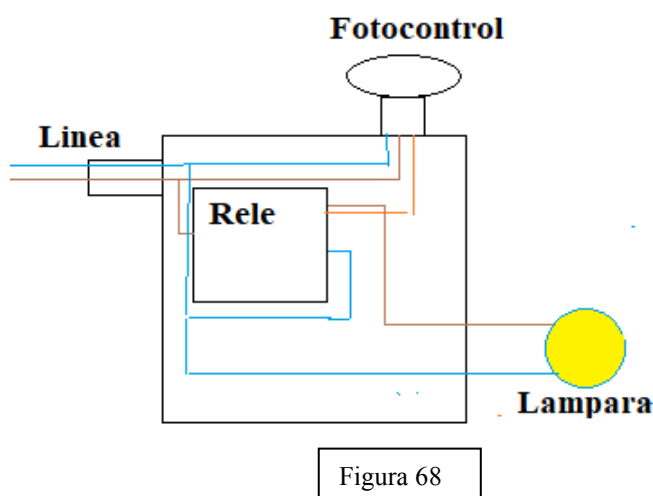


Figura 68



Figura 66

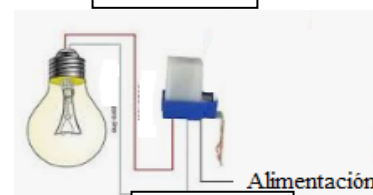


Figura 67

Una variante de la célula fotoeléctrica, el fototubo multiplicador o fotomultiplicador consiste en una serie de placas metálicas dispuestas de forma tal que la emisión fotoeléctrica se amplifica mediante una emisión eléctrica secundaria. El fototubo multiplicador es capaz de detectar radiaciones extremadamente débiles, por lo que es una herramienta esencial en el área de la investigación nuclear. Las células fotoeléctricas se emplean en alarmas antirrobo, semáforos de tráfico y puertas automáticas. Una célula fotoeléctrica y un rayo de luz (que puede ser infrarrojo o invisible al ojo humano) forman una parte esencial de este tipo de circuito eléctrico. La luz producida por una bombilla en un extremo del circuito incide sobre la célula, situada a cierta distancia. El circuito salta al cortarse el haz de luz, lo que provoca el cierre de un relé y activa el sistema antirrobo u otros circuitos. Se utilizan varios tipos de células fotoeléctricas en la grabación de sonido, en las luces del alumbrado público de las ciudades, en la televisión y en los contadores de centelleo

Paneles fotovoltaicos

Los paneles solares están compuestos por numerosas celdas fotovoltaicas, que a partir de la radiación recibida de la luz solar a través del efecto fotoeléctrico, produce energía eléctrica, ver Fig. 69.



Figura 69

9. Capítulo 7 Átomo de Hidrógeno “Segunda Parte”

Clase 8

Analizamos los modelos posteriores al principio del siglo XX

Etapa 3. Átomo de Bohr

Pregunta pre-simulación: enuncie alguna incoherencia que haya detectado entre el modelo de Rutherford y las leyes de la mecánica o del electromagnetismo

Retomar la simulación

Simulación átomo de Hidrógeno

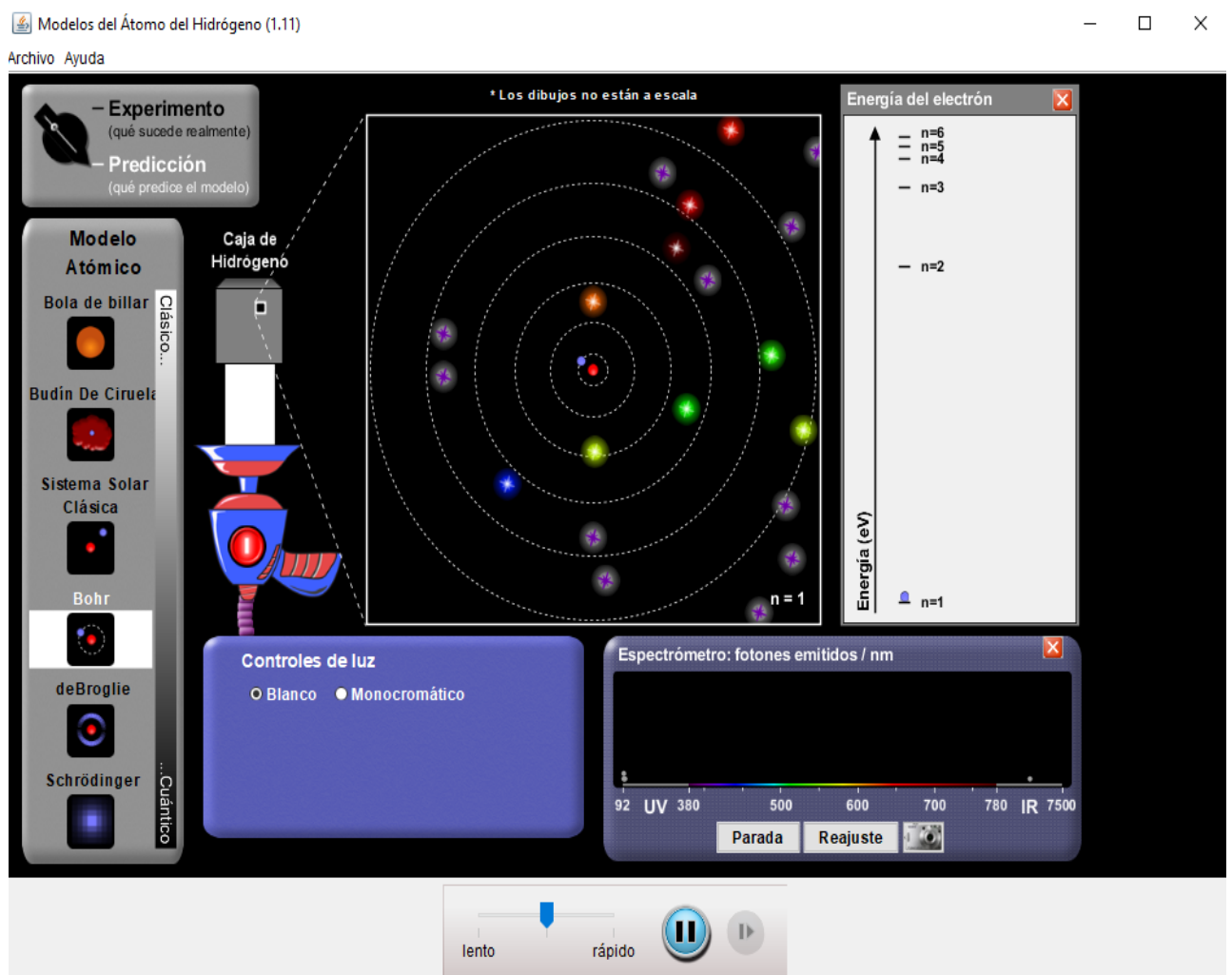


Figura 70

1. Observemos la predicción del modelo de Bohr y anotemos las observaciones en la Tabla 3.

Tabla 3

Modelo Atómico	Observación	La Predicción ¿está de acuerdo o no con el experimento?
Bohr		

2. ¿Qué variaciones notas en la predicción del modelo atómico de Bohr con respecto al de Rutherford? ¿Qué habrá movido a Bohr a modificar el átomo de Rutherford?
3. Con el modelo de Bohr seleccionado, haz clic en “Mostrar diagrama de nivel de energía de electrones”. Utilizando el Diagrama de Nivel de Energía Electrónica y el espectrómetro, describe lo que piensas que le está sucediendo al electrón del átomo de hidrógeno.
4. En el menú de ayuda, haz clic en transiciones. Ingresas las primeras 5 longitudes de onda en el cuadro de longitud de onda y observa qué le sucede al electrón. ¿Esto apoya tus ideas en el punto 3? Si no es así, reajusta tus expresiones para explicar tus nuevas ideas sobre el comportamiento del único electrón del átomo de Hidrógeno.
5. Ahora ingresa las longitudes de onda que no están listadas. ¿Qué observas?
6. ¿Esto apoya tus ideas? Si no es así, discútelas en tu grupo y acuerden cómo explicar el nuevo comportamiento del electrón.

Modelo Atómico de Niels Bohr:

Niels Bohr, físico danés buscó solucionar las incoherencias entre el átomo de Rutherford y las leyes de Maxwell del electromagnetismo y las de Newton de la mecánica.

Para explicar la estructura del átomo, el físico danés Niels Bohr desarrolló en 1913 una hipótesis conocida como teoría atómica de Bohr.

Como ya vieron en química Bohr supuso que los electrones están dispuestos en capas definidas, o niveles cuánticos, a una distancia considerable del núcleo. La disposición de los electrones se denomina configuración electrónica. El número de protones es igual al número atómico.

mico del átomo: el hidrógeno tiene un único electrón orbital, el helio dos y el uranio 92. Las capas electrónicas se superponen de forma regular hasta un máximo de siete, y cada una de ellas puede albergar un determinado número de electrones.

Ningún átomo existente en la naturaleza tiene la séptima capa llena. Los “últimos” electrones, los más externos o los últimos en añadirse a la estructura del átomo, determinan el comportamiento químico del átomo.

Todos los gases inertes o nobles (helio, neón, argón, criptón, xenón y radón) tienen llena su capa electrónica externa. No se combinan químicamente en la naturaleza, aunque los tres gases nobles más pesados (criptón, xenón y radón) pueden formar compuestos químicos en el laboratorio. Por otra parte, las capas exteriores de los elementos como litio, sodio o potasio sólo contienen un electrón. Estos elementos se combinan con facilidad con otros elementos (transfiriéndoles su electrón más externo) para formar numerosos compuestos químicos. De forma equivalente, a los elementos como el flúor, el cloro o el bromo sólo les falta un electrón para que su capa exterior esté completa. También se combinan con facilidad con otros elementos de los que obtienen electrones.

Las capas atómicas no se llenan necesariamente de electrones de forma consecutiva. Los electrones de los primeros 18 elementos de la tabla periódica se añaden de forma regular, llenando a cada capa al máximo antes de iniciar una nueva capa. A partir del elemento decimonoveno, el electrón más externo comienza una nueva capa antes de que se llene por completo la capa anterior. No obstante, se sigue manteniendo una regularidad, ya que los electrones llenan las capas sucesivas con una alternancia que se repite. El resultado es la repetición regular de las propiedades químicas de los átomos, que se corresponde con el orden de los elementos en la tabla periódica. Resulta cómodo visualizar los electrones que se desplazan alrededor del núcleo como si fueran planetas que giran en torno al Sol.

Líneas características del átomo de Hidrógeno



Figura 71

Comparación de los resultados obtenidos en el espectrómetro a partir de la simulación seteada en *Experimento* y posteriormente en cada uno de los modelos propuestos.

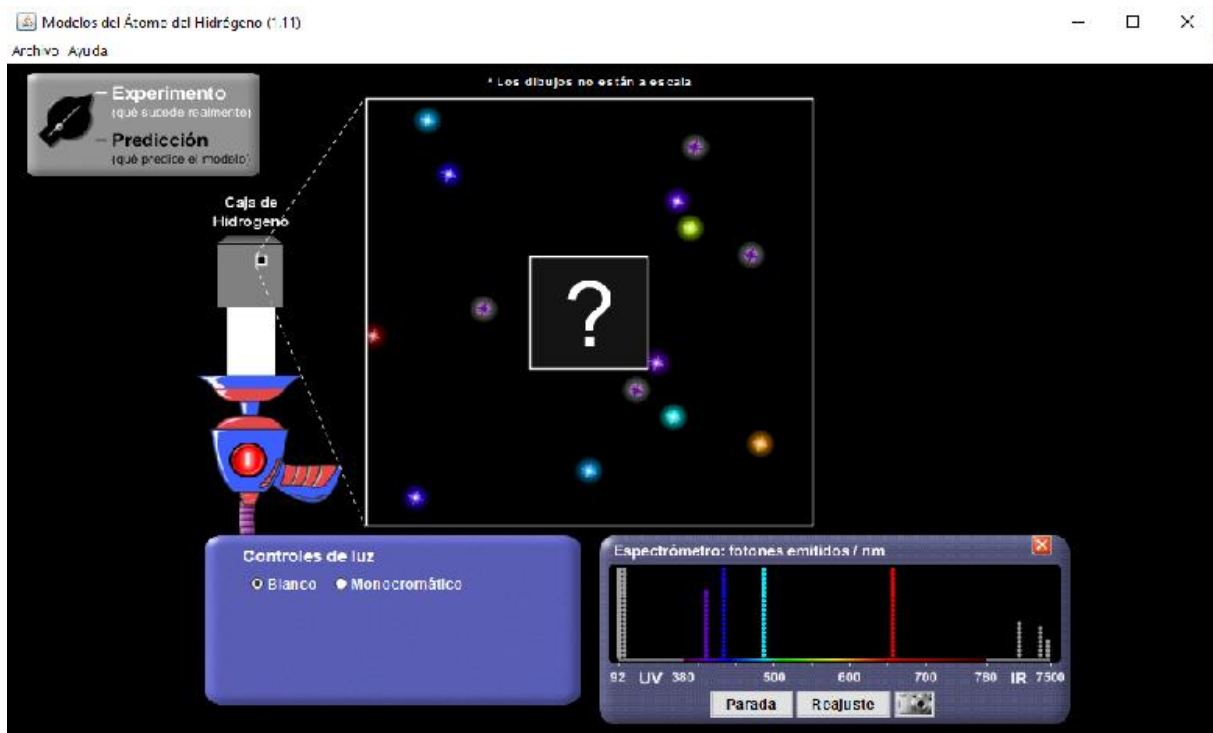


Figura 72

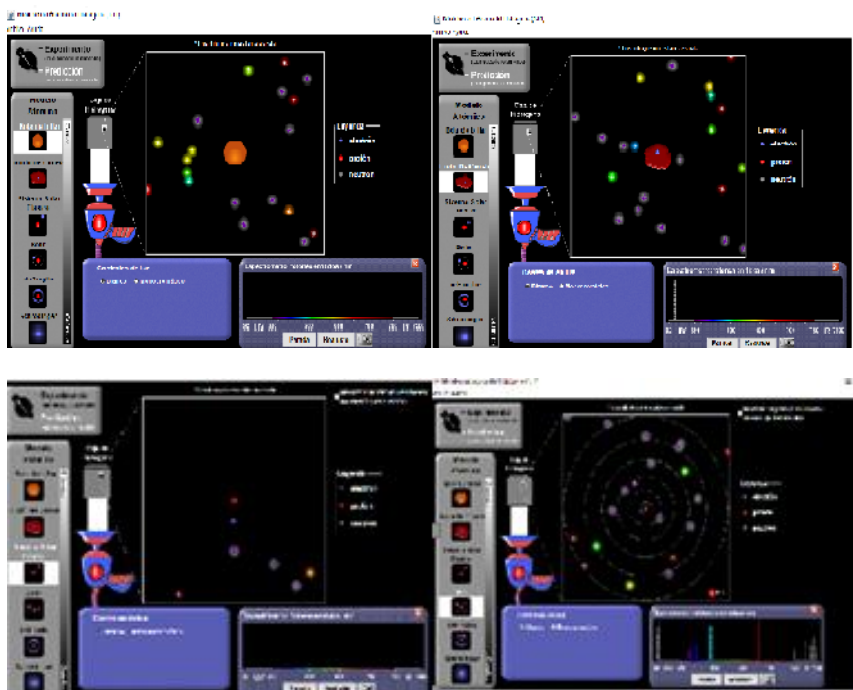


Figura 73

La Fig. 73 muestra una vista de la pantalla de los cuatro modelos analizados, arriba a la izquierda, bola de billar, (Dalton), a la derecha el budín de ciruelas, (Thomson), abajo a la izquierda Sistema solar clásico, (Rutherford), y por último a la derecha Bohr, en esta última también aparece una opción para poder ver los niveles de energía.

10 Capítulo 8 Dualidad onda partícula

Clases 9 – 10

Simulación interferencia de onda cuántica

Imagen PHET interferencia cuántica

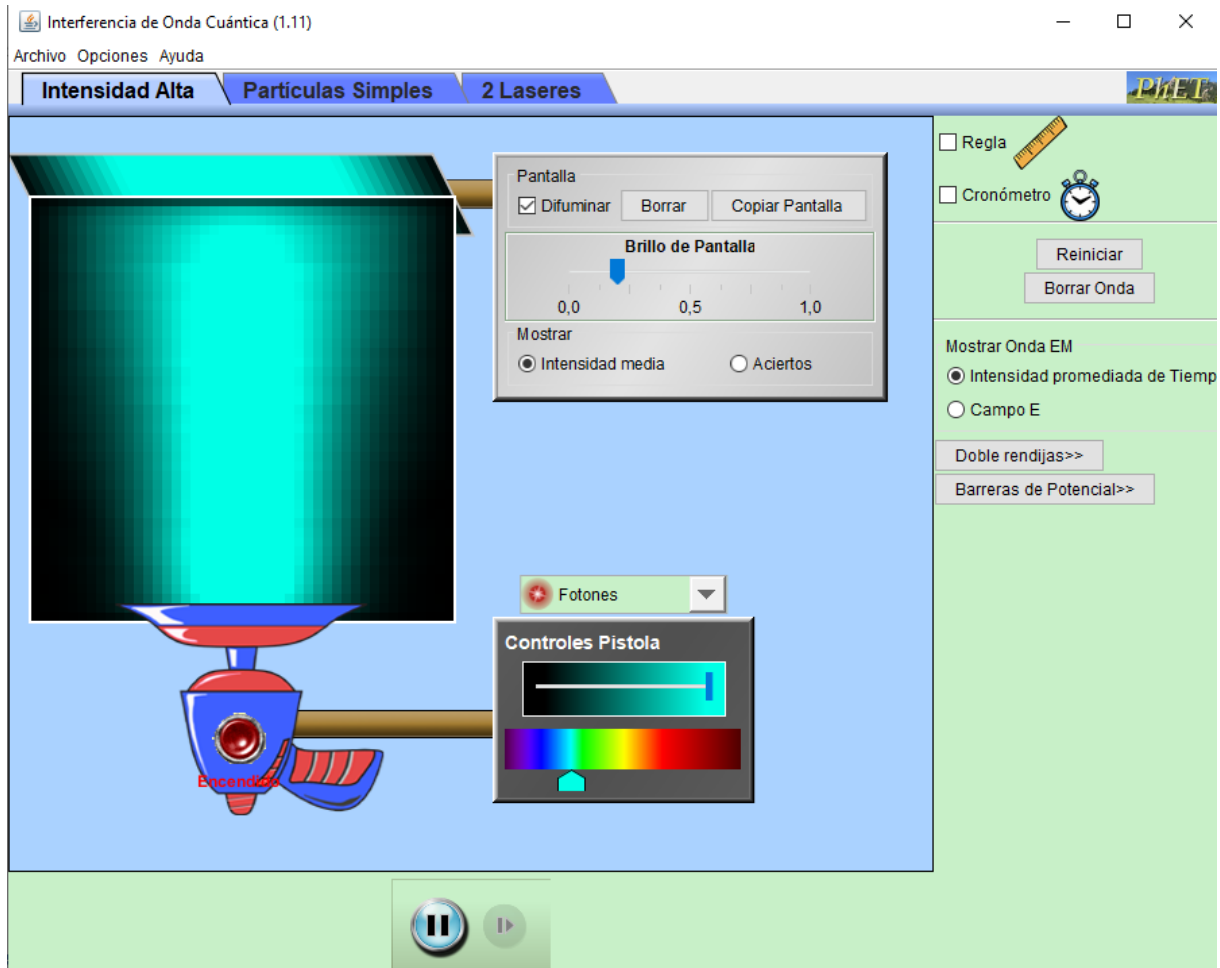


Figura 74

Temas

- Mecánica Cuántica
- Fotones
- Electrones
- Átomos
- Partículas
- Ondas

Objetivos de Aprendizaje

- Visualizar un fotón, electrón, neutrón, o un átomo de helio, como un paquete de ondas.

- Visualizar lo que ocurre con la onda entre la rendija y la pantalla.
- Justificar cómo el experimento de doble rendija refuerza la hipótesis: la materia y la luz se comportan como ondas.
- Reconocer que a diferencia de la luz cuando se trata de partículas hay una probabilidad de que las partículas incidan en determinados lugares de la pantalla, pero que al haber muchas partículas el resultado es similar al que se observa en la interferencia de ondas.
- Describir el comportamiento de una función de onda en la presencia de un detector, y explicar cómo poniendo un detector sobre una rendija se destruye el patrón de interferencia.
- Reconocer la existencia del *problema de la medida*, el sistema se modifica después que se realiza una medida. Cuando el sistema interactúa con un instrumento de medición la función de onda varía instantáneamente, y no sólo en el lugar de la medida sino en cualquier otro punto del espacio, fenómeno llamado *Colapso de la función de onda*.
- Determinar cómo cambiará el patrón de interferencia si cambia la masa, la velocidad o la longitud de onda.
- Reconocer la amplia gama de escalas de medida que participan en los experimentos de interferencia cuántica.
- Reconocer que dos fuentes de luz coherente pueden interferir, pero sólo si tienen la misma longitud de onda.

Uso de la simulación

Use la función Guardar/Cargar en el menú Archivo para guardar una configuración de barras y/o de detectores para uso en la clase o para tarea fuera de la clase. Pruebe todas las pestañas diferentes en la parte superior de la simulación.

Cambie la visualización de *Intensidad media* a *Aciertos* para ver las partículas individuales que han incidido en la pantalla.

Use *Copiar pantalla* para guardar una copia de la pantalla para poder comparar patrones de interferencia para diferente separación de las rendijas, tamaño de rendija, longitud de onda, tipo de partícula, etc.

En la pestaña *Partículas individuales*, marque *Repetición automática* para obtener un flujo continuo de partículas, y para poder construir rápidamente el patrón de interferencia.

Se puede pausar el simulador y luego usar el paso para analizar de forma incremental la simulación.

Hay una función para aumentar la *Resolución* en el menú *Opciones*, esto equivale a coleccionar más datos pero también aumentará el tiempo necesario para correr la simulación. Si hacemos el salto entre pasos de recolección más largo abreviará el tiempo de recolección de datos, pero tendremos menos datos.

La opción *UI* en el menú *Opciones* permite cambiar la combinación de colores y las fuentes. Para una demostración de clase, conviene configurar la resolución de la pantalla en 1024x768 (o la adecuada en su computadora) para que la simulación ocupe toda la pantalla y se vea más fácilmente.

Cómo funciona la simulación: Como hemos visto con la simulación del átomo de hidrógeno, para que la predicción correspondiente a cada modelo sea la adecuada, el que programa la simulación tiene que saber qué se espera de la simulación y tiene que usar todas las suposiciones experimentales del experimento que quiere reproducir. Al mismo tiempo debe producir un resultado comparable con la experiencia. Cuando vimos la experiencia de las dos rendijas en interferencia de ondas mecánicas o de radiación electromagnética la pantalla se situaba lejos de la rendija, y por lo tanto la separación entre las líneas de interferencia se podía obtener con la expresión $d \sin \beta = m \lambda$.

En esta simulación esta aproximación no es válida y la forma de llegar a obtener un comportamiento similar al experimental requirió un cambio de modelos y un repensar toda la física del mundo atómico y subatómico para partículas que utilizan las unidades indicadas en el cronómetro y la regla, para que el comportamiento sea exactamente el que veríamos en esta escala.

En la pestaña *Partículas individuales*, la configuración predeterminada de los detectores es para *realizar Medidas periódicas* en las que la función de onda se modifica y el sistema queda fijo en un estado en el interior del detector si la partícula es detectada allí

Si la partícula ha sido detectada dentro del detector, éste queda desactivado. Si se presiona *Repetir Detectar* el detector no se desactivará, y podrá atrapar partículas posteriores. Si desactiva *Autodetectar*, el detector solo funcionará cuando presione *Detectar!*

El propósito de la pestaña *Dos láseres* es ilustrar que dos láseres pueden interferir si y solo si son del mismo color.

La escala de tiempo y distancia cambia cuando se quiere cambiar el tipo de partículas. Los estudiantes a menudo no se dan cuenta de esto, así que si se quiere que lo sepan, Probablemente haya que señalarlo o incorporar esta idea en una actividad fuera del aula.

Veamos qué sucede si hacemos pasar un haz de electrones por una de las rendijas, luego por la otra y finalmente por las dos. Resulta más instructivo emplear electrones, dado que estos son obviamente partículas a diferencia de la luz.

Activemos la simulación pulsando el botón ejecutar.

Configuremos la simulación:

Alta intensidad

Pantalla: brillo medio, sin que se pierda información

Partículas: electrones

Ranuras: 1/10 de ancho, 1/2 separación, 3/4 vertical (esto produce tres máximos claros)

Añadir una barrera potencial para bloquear la rendija derecha.

Pistola: 1/2 intensidad (centro del control deslizante), 1/2 velocidad (predeterminado)

Desarrollo de teoría

De acuerdo con la física clásica existen diferencias claras entre onda y partícula. Una partícula tiene una posición definida en el espacio y tiene masa, mientras que una onda consiste en una perturbación del espacio, vacío o no, que se propaga, caracterizándose por tener una velocidad definida y por no transportar masa.

Algo está en contradicción. En realidad, en esta nueva física que aparece en el “mundo atómico y subatómico llamamos a las cosas ondas o partículas porque cuando interactuamos con

ellas, lo hacemos de modos específicos. Estamos dando nombres a la manera en la que esas entidades reaccionan, no a lo que son. Resulta que es imposible que un experimento muestre simultáneamente la naturaleza ondulatoria y corpuscular de una misma cosa.

Hagamos un breve repaso de cómo se fue desarrollando la física a partir del siglo XX

Planck, Einstein y los fotones

En 1905, Einstein logró una notable explicación del efecto fotoeléctrico, basándose en la hipótesis de Planck. Un experimento hasta entonces preocupante que la teoría ondulatoria era incapaz de explicar. Lo hizo postulando la existencia de fotones, cuantos de luz con propiedades de partículas. El efecto fotoeléctrico, tal como fue analizado por Albert Einstein demostró que la luz también poseía propiedades de partículas.

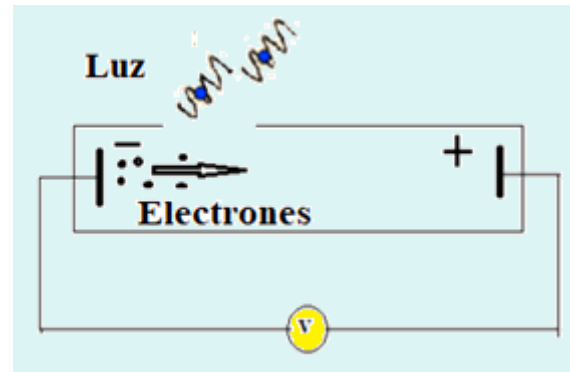


Figura 75

Rutherford, Bohr y los átomos

En paralelo se discuten los distintos modelos de átomo. El átomo de Rutherford, propuesto en 1911 con su carga positiva concentrada y sus electrones girando alrededor del núcleo a gran velocidad no puede soportar el contraste con la teoría electromagnética de Maxwell. Cualquier carga acelerada (que vaya cada vez más rápido, más lento o que cambie su dirección de movimiento) emite una onda electromagnética, tanto más energética cuanto mayor sea la carga y más rápida sea la variación de velocidad. Y aquí estaba el problema: los electrones, al girar alrededor del núcleo y por lo tanto cambiar su dirección de movimiento constantemente, deberían estar emitiendo radiación electromagnética todo el tiempo. Esto equivalía a perder energía, o sea si el modelo era correcto los átomos tendrían una vida media muy corta y eso no ocurría.

Acá Niels Bohr publica en 1913 “Sobre la constitución de átomos y moléculas” ya se conocían la hipótesis de Planck y el modelo del fotón de Einstein. Bohr piensa en una manera de superar el problema del átomo de Rutherford. Esta es aplicar la hipótesis de Planck a los electrones girando alrededor del núcleo de un átomo. Los electrones no pueden ir perdiendo energía de forma gradual y continua. Los electrones ocupan escalones de energía discretos, y no pueden tener energías intermedias: su energía está *cuantizada*. Por lo tanto, un electrón que está en un “escalón” determinado (más técnicamente, en un nivel energético determinado) no emite energía. Sólo lo hará si “cae” a un escalón de energía inferior, pero entonces no emitirá cualquier longitud de onda, puesto que aquí también echa mano Bohr de los dos genios anteriores: el electrón que pierde un escalón de energía emite un fotón que se lleva la energía perdida. ¡Por eso los átomos sólo emitían energía de longitudes de onda (“colores”) determinadas!

De Broglie y las ondas de materia

En 1924, el físico francés, Louis Víctor de Broglie, formuló una hipótesis en la que afirmaba que:

“Toda la materia presenta características tanto ondulatorias como corpusculares comportándose de uno u otro modo dependiendo del experimento específico”.

Para postular esta propiedad de la materia de Broglie se basó en la explicación del efecto fotoeléctrico, que poco antes había dado Albert Einstein sugiriendo la naturaleza cuántica de la luz. Recordemos que para Einstein, la energía transportada por las ondas luminosas estaba cuantizada, distribuida en pequeños paquetes de energía o cuantos de luz, que más tarde serían denominados fotones, y cuya energía dependía de la frecuencia de la luz a través de la relación: $E = h \cdot f$, donde f , es la frecuencia de la onda luminosa y h , la constante de Planck. Albert Einstein proponía, de esta forma, que en determinados procesos las ondas electromagnéticas que forman la luz se comportan como corpúsculos. De Broglie se preguntó por qué no podría ser de manera inversa, es decir, que una partícula material (un corpúsculo) pudiese mostrar el mismo comportamiento que una onda.

El físico francés relacionó la longitud de onda, λ (lambda) con el momento lineal de la partícula ($p=mv$).

Mediante la fórmula: $\lambda = h/p$. Donde h es la constante de Planck.

Viendo la fórmula se aprecia fácilmente que, a medida que la masa del cuerpo o su velocidad aumentan, disminuye considerablemente la longitud de onda.

Esta hipótesis se confirmó tres años después para los electrones, con la observación de los resultados del experimento de la doble rendija de Young en la difracción de electrones en dos investigaciones independientes. En la Universidad de Aberdeen, George Paget Thomson pasó un haz de electrones a través de una delgada placa de metal y observó los diferentes esquemas predichos. En los Laboratorios Bell, Clinton Joseph Davisson y Lester Halbert Germer guiaron su haz a través de una celda cristalina.

La ecuación de de Broglie se puede aplicar a toda la materia. Es decir, los cuerpos macroscópicos, también tendrían asociada una onda, pero, dado que su masa es muy grande, la longitud de onda resulta tan pequeña que en ellos sus características ondulatorias no se manifiestan de una manera detectable.

De Broglie recibió el Premio Nobel de Física en 1929 por esta hipótesis. Thomson y Davisson compartieron el Nobel de 1937 por su trabajo experimental.

Naturaleza ondulatoria de objetos mayores.

Similares experimentos han sido repetidos con neutrones y protones, el más famoso de ellos realizado por Estermann y Otto Stern en 1929. Experimentos más recientes realizados con átomos y moléculas demuestran que actúan también como ondas.

Una serie de experimentos enfatizando la acción de la gravedad en relación con la dualidad onda-partícula fueron realizados en la década de los 70 usando un interferómetro de neutrones. Los neutrones, parte del núcleo atómico, constituyen gran parte de la masa del mismo y por tanto, de la materia. La confusión que enfrentaba, aparentemente, las propiedades de partículas y de ondas fue resuelta por el establecimiento de la mecánica cuántica, en la primera mitad del siglo XX. La mecánica cuántica nos sirve como marco de trabajo unificado para comprender que toda materia puede tener propiedades de onda y propiedades de partícula. Toda partícula de la naturaleza sea un protón, un electrón, átomo o cual fuese, se describe mediante una ecuación diferencial, generalmente, la Ecuación de Schrödinger. Las soluciones a estas ecuaciones se conocen como funciones de onda, dado que son inherentemente ondulatorias en su forma. Pueden difractarse e interferirse, llevándonos a los efectos ondulatorios ya observados. Además, las funciones de onda se interpretan como descriptores de la probabilidad de encontrar una partícula en un punto del espacio dado.

En el mundo macroscópico no se observan las propiedades ondulatorias de los objetos dado que dichas longitudes de onda, como en las personas, son demasiado pequeñas. La longitud de onda se da, en esencia, como la inversa del tamaño del objeto multiplicada por la constante de Planck h , un número extremadamente pequeño.

Explicación de la dualidad onda partícula

La mecánica cuántica da una descripción de las partículas materiales diferente de la mecánica clásica. En mecánica clásica los corpúsculos se consideran puntos materiales (o partículas cuasipuntuales) dotados de una masa que sigue una trayectoria continua en el espacio. Las leyes de la mecánica clásica relacionan las fuerzas e interacciones físicas a los que está sometida la partícula con el modo en que dicha trayectoria se curva y la velocidad a la que la partícula recorre dicha trayectoria. Sin embargo, en mecánica cuántica se abandona la idea de que una partícula es un ente casi puntual que pueda ser observado, bajo cualquier circunstancia, en una región arbitrariamente pequeña del espacio y al mismo tiempo tenga una velocidad definida (esto es una consecuencia matemática del principio de indeterminación de Heisenberg, este establece que es imposible conocer simultáneamente la posición y la velocidad del electrón, y por tanto es imposible determinar su trayectoria. Cuanto mayor sea la exactitud con que se conozca la posición, mayor será el error en la velocidad, y viceversa). En su lugar la mecánica cuántica describe a las partículas como una especie de "campo de materia" que se propaga por el espacio de modo similar a una onda; las propiedades del tipo "onda" que exhiben las partículas cuánticas son consecuencia del modo en que se propaga el campo de materia asociado a ellas. Obviamente hay una cierta relación entre la localización de la partícula y las regiones del espacio donde el campo es más intenso en un momento dado.

El modelo atómico de Schrödinger

Es un modelo cuántico no relativista. En este modelo los electrones se contemplaban originalmente como una onda estacionaria de materia cuya amplitud decaía rápidamente al sobrepasar el radio atómico.

El modelo de Bohr funcionaba muy bien para el átomo de hidrógeno, pero el concepto ondulatorio de las partículas llevó al físico austriaco Erwin Schrödinger a desarrollar una ecuación de onda para describir las propiedades ondulatorias de una partícula y, más concretamente, el comportamiento ondulatorio del electrón en el átomo de hidrógeno.

Aunque esta ecuación diferencial era continua y proporcionaba soluciones para todos los puntos del espacio, las soluciones permitidas de la ecuación estaban restringidas por ciertas condiciones expresadas por ecuaciones matemáticas llamadas funciones propias o eigen funciones (del alemán *eigen*, 'propio'). Así, la ecuación de onda de Schrödinger sólo tenía determinadas soluciones discretas; estas soluciones eran expresiones matemáticas en las que los números cuánticos aparecían como parámetros (los números cuánticos son números enteros introducidos en la física de partículas para indicar las magnitudes de determinadas cantidades características de las partículas o sistemas). La ecuación de Schrödinger se resolvió para el átomo de hidrógeno y dio resultados que encajaban sustancialmente con la teoría cuántica anterior. Las soluciones de la ecuación de Schrödinger también indicaban que no podía haber dos electrones que tuvieran sus cuatro números cuánticos iguales, esto es, que estuvieran en el mismo estado energético. Esta regla, que ya había sido establecida empíricamente por Wolfgang Pauli en 1925, se conoce como principio de exclusión.

11 Capítulo 9 Átomos de Hidrógeno “Tercera Parte”

Clase 11

Etapa 4 Átomos de de Broglie y Schrödinger

Retomar la simulación del átomo de Hidrógeno

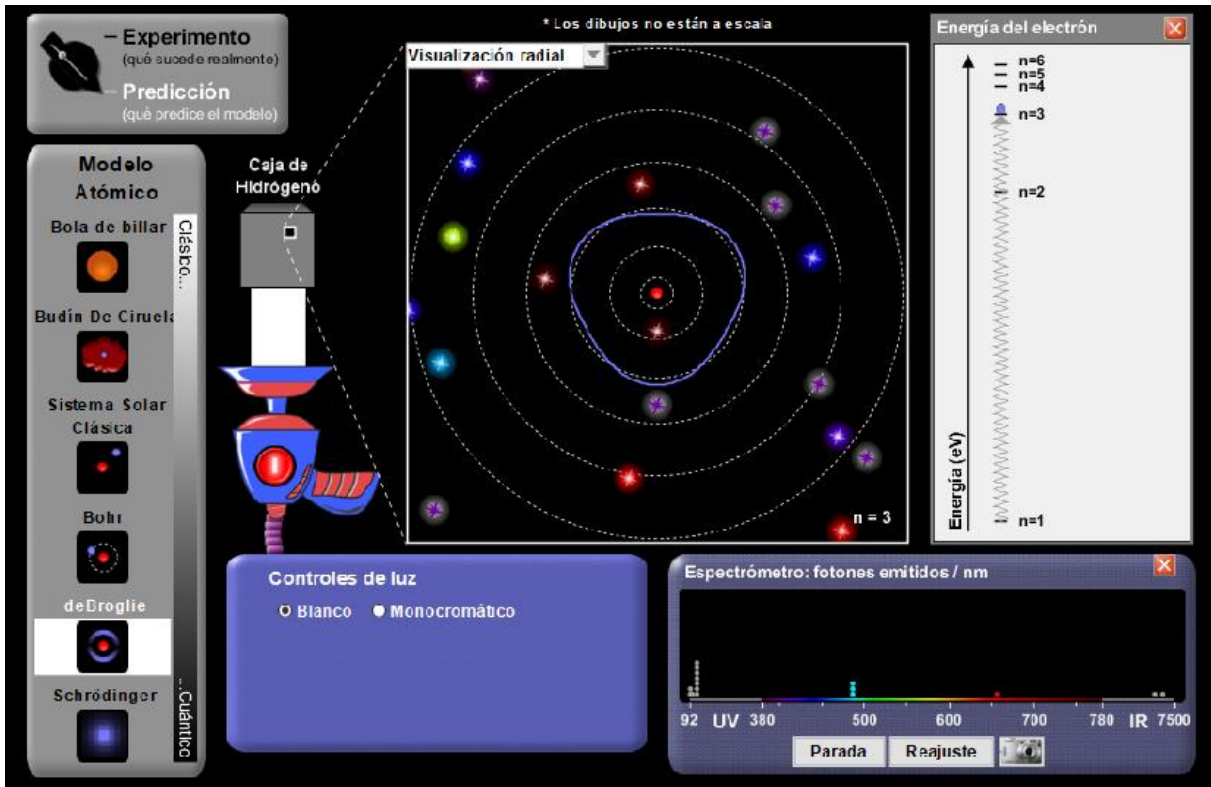


Figura 76

deBroglie

Tabla 4

Modelo Atómico	Observación	La Predicción ¿está de acuerdo o no con el experimento?
De Broglie		
Schrödinger		

Discute con tu grupo

- ¿En qué se diferencia la visión de de Broglie del electrón de la visión de Bohr?
- ¿Cuál es el propósito de las tres vistas diferentes del electrón de deBroglie en los modelos de simulación del átomo de hidrógeno?

- ¿Qué vista te resulta más útil para ayudarte a comprender la naturaleza del electrón en este modelo? ¿Por qué?

Para trabajo final: de Bohr a de Broglie - El modelo de Broglie es diferente de los modelos anteriores que hemos analizado en que se basó en un argumento teórico, en lugar de observaciones experimentales. (¡No hay una diferencia experimental entre el modelo de Bohr y el modelo de Broglie!) ¿Cuál fue el problema con el modelo de Bohr que de Broglie trató de abordar? ¿Cómo abordó este problema? ¿Crees que su argumento fue convincente? ¿Qué observaciones posteriores respaldaron su argumento? ¿Cómo apoyaron estas observaciones posteriores su modelo?

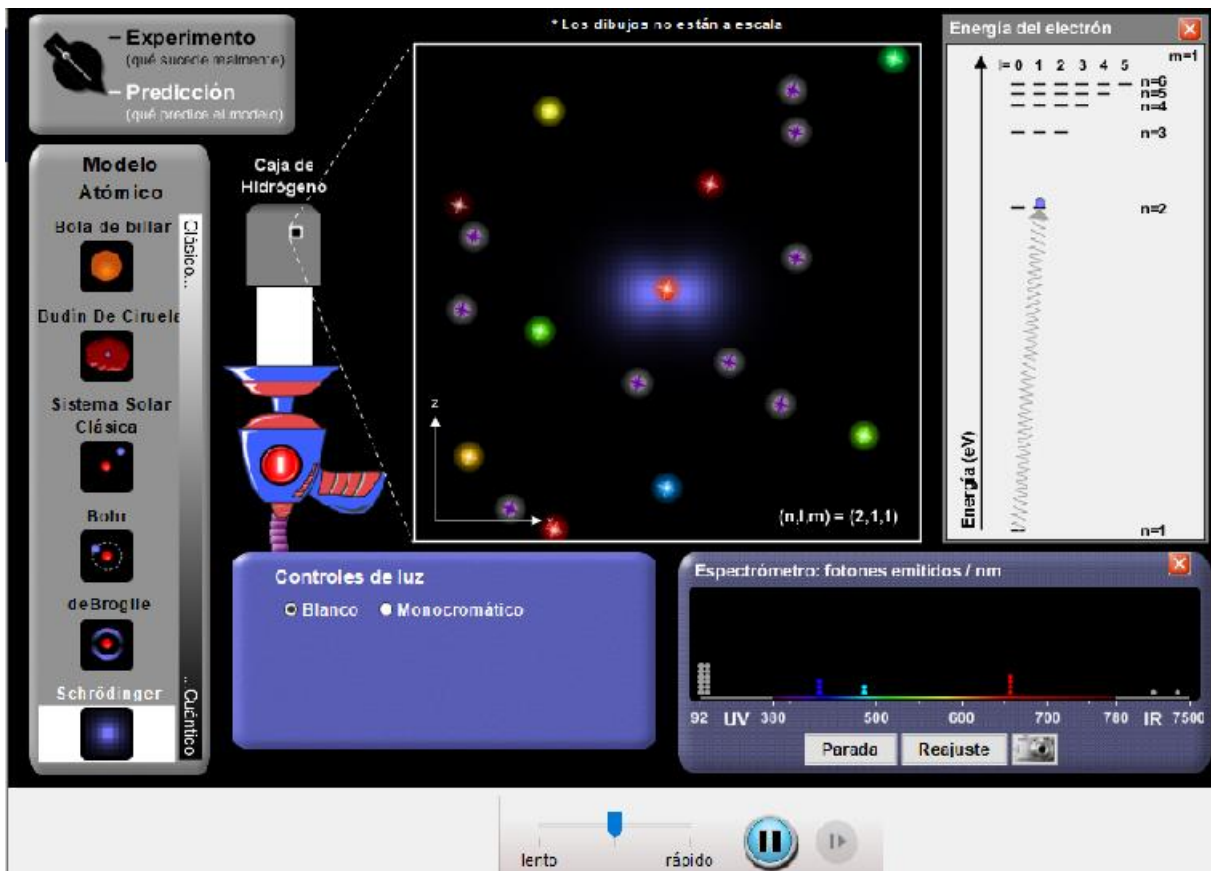


Figura 77

Schrödinger

El modelo atómico de Schrödinger concebía originalmente los electrones como ondas de materia. Así la ecuación se interpretaba como la ecuación ondulatoria que describía la evolución en el tiempo y el espacio de dicha onda material

Predice adecuadamente las líneas de emisión espectrales, tanto de átomos neutros como de átomos ionizados. Este modelo también predice la modificación de los niveles energéticos cuando existe un campo magnético o eléctrico.

Además, con ciertas modificaciones el modelo explica el enlace químico y la estabilidad de las moléculas.

Sin embargo, el nombre de "modelo atómico" de Schrödinger puede llevar a una confusión ya que no define la estructura completa del átomo. El modelo de Schrödinger explica solo la estructura electrónica del átomo y su interacción con la estructura electrónica de otros átomos, pero no describe cómo es el núcleo atómico ni su estabilidad.

Resumen final, nuevamente discute con tu grupo:

¿En qué se diferencia la visión de de Broglie del electrón y la de Schrödinger.?

¿Qué vista te resulta más útil para ayudarte a comprender la naturaleza del electrón en este modelo? ¿Por qué? ¿Cuál es el aporte de Schrödinger al modelo atómico?

Síntesis de los Modelos atómicos

La evolución de los modelos físicos del átomo se vio impulsada por los datos experimentales. El modelo de Rutherford, en el que los electrones se mueven alrededor de un núcleo positivo muy denso, explicaba los resultados de experimentos de dispersión, pero no el motivo de que los átomos sólo emitan luz de determinadas longitudes de onda (emisión discreta). Bohr partió del modelo de Rutherford, pero postuló además que los electrones sólo pueden moverse en determinadas órbitas; su modelo explicaba ciertas características de la emisión discreta del átomo de hidrógeno, pero fallaba en otros elementos. El modelo de Schrödinger, que no fija trayectorias determinadas para los electrones sino sólo la probabilidad de que se hallen en una zona explica parcialmente los espectros de emisión de todos los elementos; sin embargo, a lo largo del siglo XX han sido necesarias nuevas mejoras del modelo para explicar otros fenómenos espectrales.

Conclusión

Dalton fue el primero que, basándose en hechos experimentales, construyó una teoría científica acerca de átomos. En ella, se postulaba la indivisibilidad atómica, idea que permitió el logro de resultados extraordinarios.

Sin embargo, a fines del siglo XIX y a principios del siguiente, diversas experiencias sugirieron que el átomo era divisible, es decir, se hallaba constituido por otros corpúsculos. En efecto, J. Thomson observó que, en ocasiones, escapaban partículas cargadas con electricidad negativa a las que denominó electrones. A partir de ello, J. Thomson concibió el átomo como una esfera cargada positivamente en cuyo interior se hallaban electrones en movimiento.

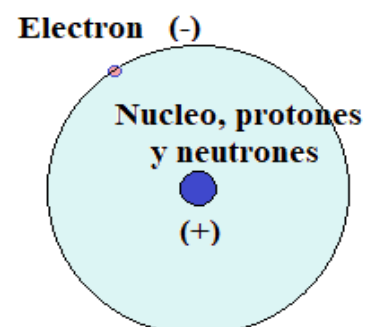


Figura 78

En 1910, E. Rutherford llegó a la conclusión de que la carga eléctrica positiva del átomo, la de mayor peso, estaba concentrada en un pequeño volumen que denominó núcleo, admitiendo que los electrones giraban alrededor del mismo.

Cuatro años después, N. Bohr estableció un modelo atómico según el cual los electrones siguen trayectorias circulares y definidas alrededor del núcleo, que denominó órbitas, pudiendo saltar de una a otra órbita. En 1925, los estudios de W. Heisenberg y E. Schrödinger permitieron averiguar que no puede hablarse de órbitas plenamente definidas, sino que únicamente cabe calcular la probabilidad de que un electrón se halle, en un cierto instante, en un lugar determinado.

Actualmente las ideas acerca del átomo siguen estas pautas probabilísticas y ondulatorias. El átomo de hidrógeno es uno de los problemas que la física es capaz de resolver exactamente. Edwin Schrödinger en 1926 lo usó para ilustrar la mecánica ondulatoria que él mismo había desarrollado.

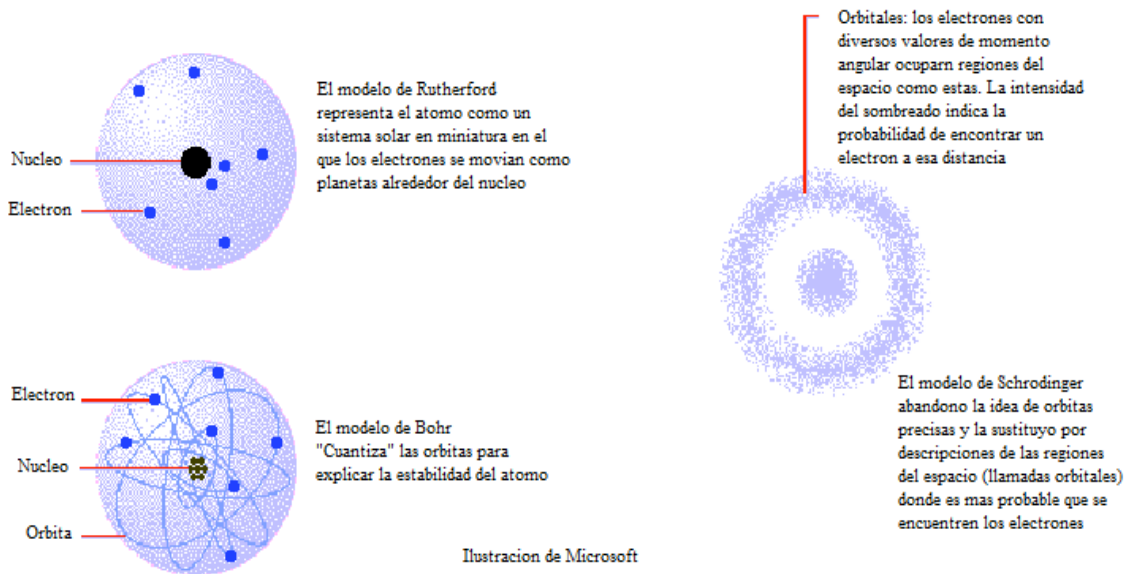


Figura 79

Resumen de imágenes de la simulación

Comparación de los distintos patrones del átomo de Hidrógeno en función del modelo

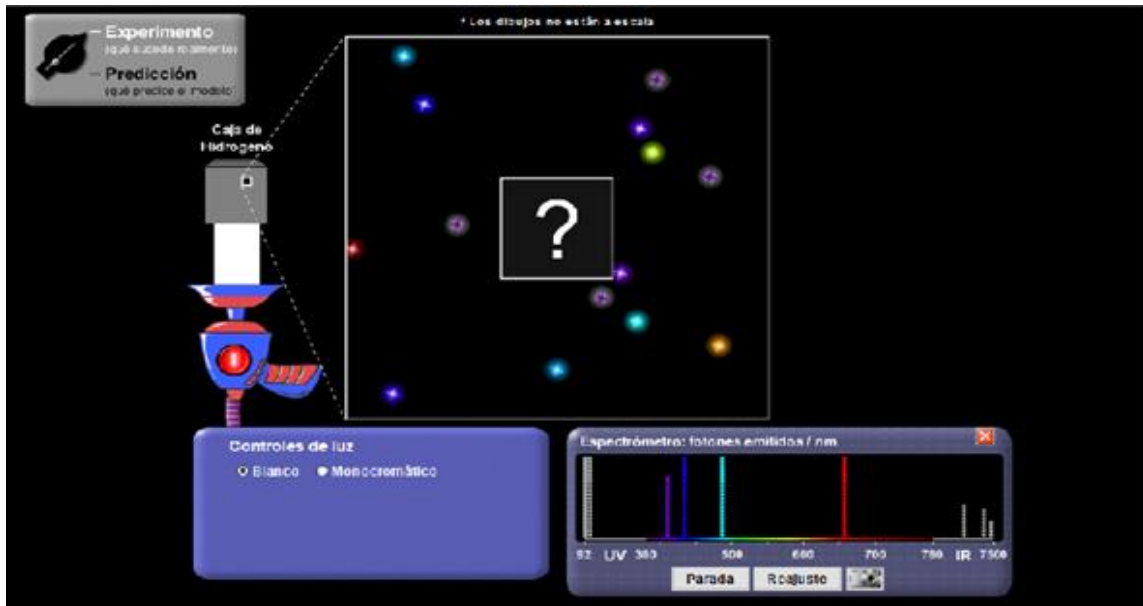


Figura 80

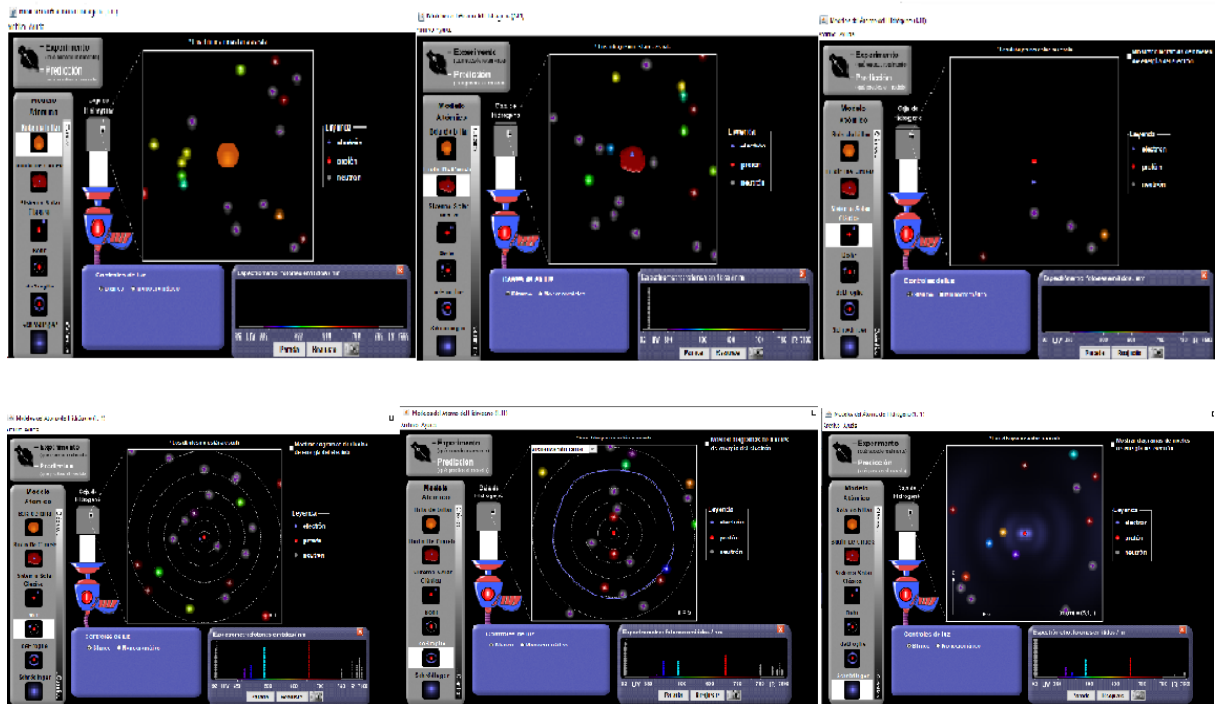


Figura 81

Imagen de izquierda a derecha superior: Bola de Billar, budín de ciruelas, Sistema solar clásico. Inferior de izquierda a derecha: Bohr, Rutherford y Schrödinger

Líneas características del átomo de hidrógeno



Figura 82

Diagrama del espectrómetro obtenido a partir de la experimentación con el simulador

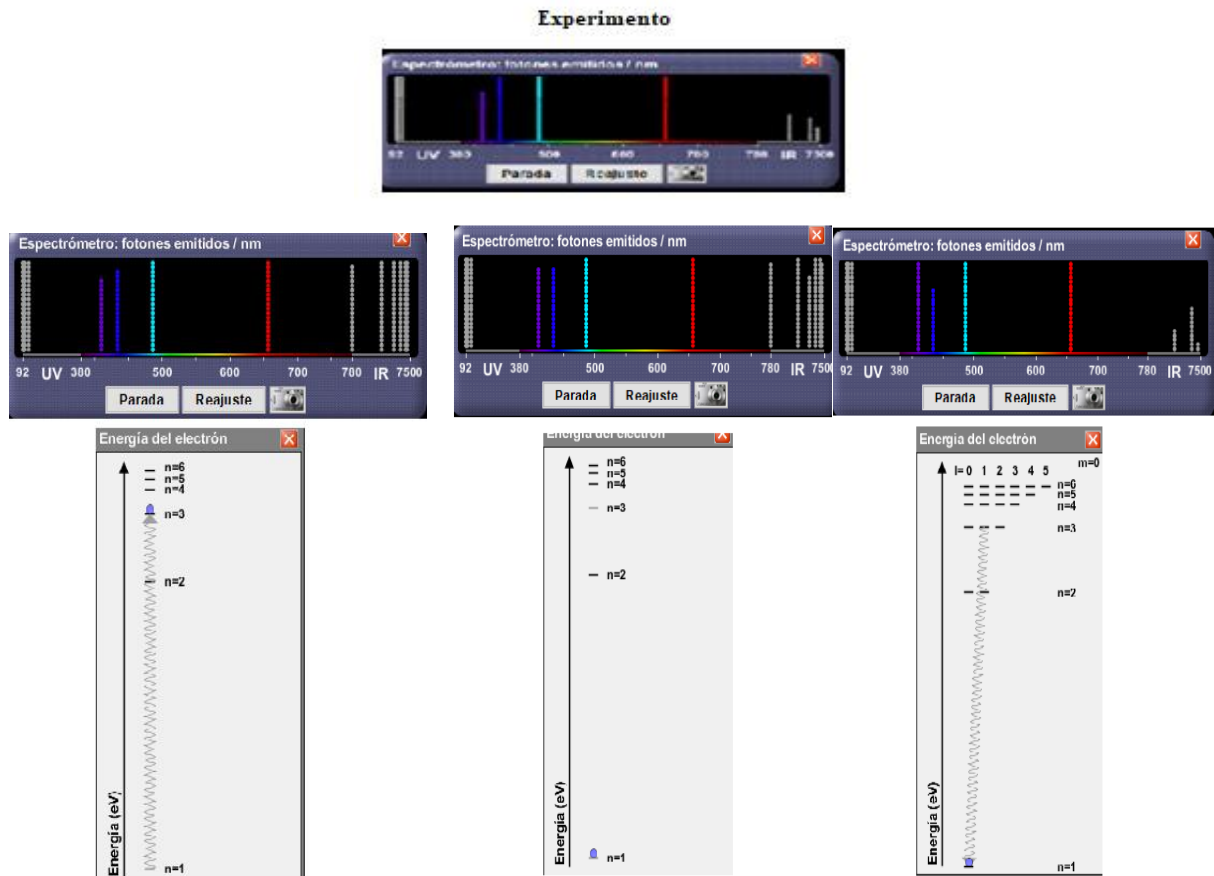


Figura 83

Comparación del espectro obtenido en el *Experimento* contrastando con los obtenidos con Bohr, (izquierda), de Broglie, (centro), y Schrödinger, (derecha); con sus respectivos niveles de energía.

La experiencia fue realizada con luz blanca, se puede observar que las predicciones de los modelos de Bohr, de de Broglie y de Schrödinger, son las que más se aproximan al resultado del *Experimento*, sin embargo, si analizamos los niveles de energía, la predicción del modelo de Schrödinger es la que realmente más concuerda con el *Experimento*.

12 Capítulo 10 Lámparas de descarga gaseosa y de LEDs

Clases 12-13

Preguntas diagnosticas

Cuantos tipos de lámparas de iluminación hogareña conoce

- 1
- 2
- 3
- 4
- No sabe

De sus nombres

Podría describir algún funcionamiento

Empleo de Simulación PHET de una lámpara de descarga gaseosa

Instructivo

Seleccionar mediante algún indicador de la simulación el tipo de lámpara que quiera observar, de hidrógeno, mercurio, sodio, etc.

Active la fuente de electrones. Se puede elegir entre emitir de a un electrón o en forma continua.

Observe el resultado de este bombardeo sobre el elemento elegido (sodio, mercurio, hidrógeno, etc.). ¿Podría describir cómo es el proceso de transferencia de energía en cada proceso involucrado en una lámpara de descarga?

Observe el espectro característico.

Es similar dicho espectro a las imágenes de lámparas reales.

[Simulación de lámparas de descarga](#)

Temas

- Luz
- Electrones
- Niveles de Energía

Objetivos

Aprender que se puede producir luz bombardeando átomos con electrones. Ver como los espectros característicos de diferentes elementos, son producidos, aprender a configurar los estados de energía del elemento estudiado, para producir luz de diferentes colores.

Objetivos de Aprendizaje

- Proveer un diseño básico de una lámpara de descarga y explicar la función de los diferentes componentes.

- Repasar y explicar la estructura básica de un átomo y relacionarlo con el color de luz producido por las lámparas de descarga.
- Discutir a partir de lo visto en la simulación por qué las lámparas de descarga sólo emiten ciertos colores.
- Diseñar en grupo una lámpara de descarga para emitir un espectro de algún color.

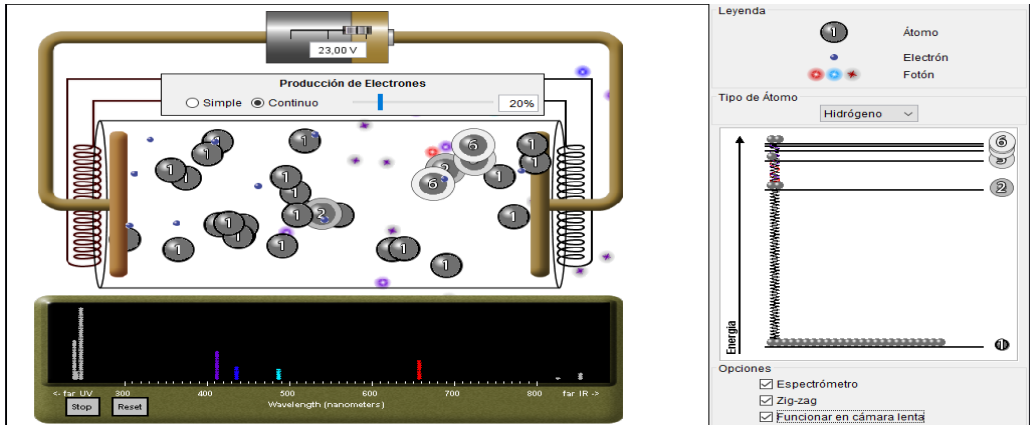


Figura 84

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido, tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Modo de empleo

Se puede seleccionar un átomo o muchos átomos



Figura 85

Podemos variar la tensión de la batería

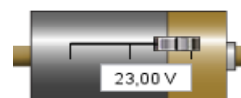


Figura 86

También podemos producir electrones mediante los comandos: Simple, Continuo o Lanzar Electrón,

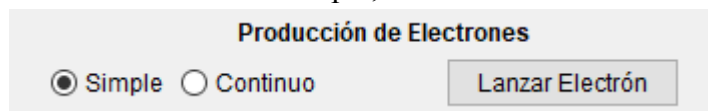


Figura 87

Observamos



Figura 88

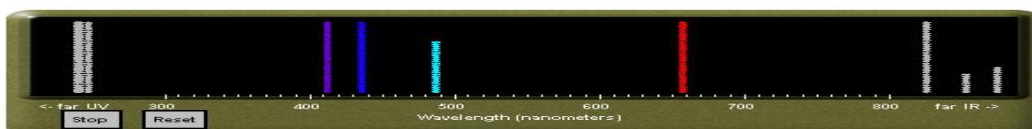


Figura 89

Si trabajamos con Hidrógeno, podemos ver en el espectrómetro el diagrama característico de este elemento.

También podemos realizar la simulación con sodio, mercurio, neón, etc.

La simulación utiliza la siguiente convención, nota al estado fundamental como "1", el primer estado excitado como "2", etc.

La simulación sugiere utilizar la primera pestaña "un átomo". La segunda pestaña resulta de mayor complejidad para ser utilizada en el nivel medio de la enseñanza.

La simulación tiene incorporada la posibilidad de que los estudiantes vean lámparas reales en funcionamiento.

Los estudiantes a menudo piensan que es el voltaje, en lugar del aumento de la temperatura provisto por los calentadores, lo que hace que los electrones salgan de la placa. Para solucionar esto, pídeles que predigan qué sucedería si subieran el voltaje y los calentadores se apagarán.

Partes de una lámpara

Las formas de las lámparas de descarga varían según la clase de lámpara con que tratemos. De todas maneras, todas tienen una serie de elementos en común como el tubo de descarga, los electrodos, la ampolla exterior o el casquillo.

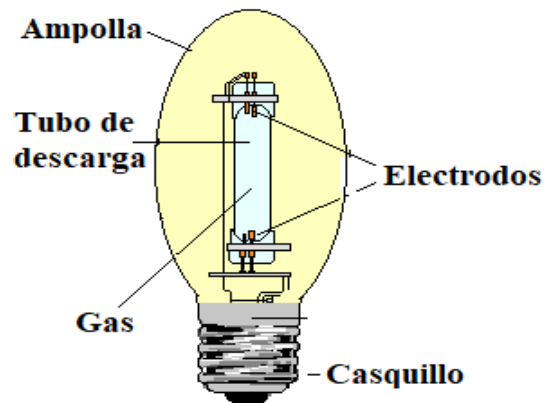


Figura 90

Funcionamiento

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

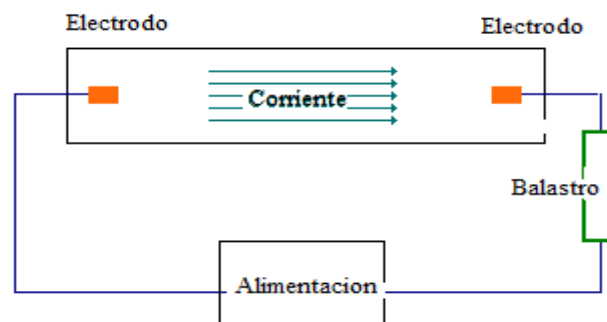


Figura 91

En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos. Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas:

- La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada como para poder arrancar al electrón de su órbita. Este puede, a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.
- La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado suele ser inestable y rápidamente el sistema vuelve al estado inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados iniciales y finales del electrón, los estados posibles no son infinitos, es fácil comprender que el espectro de estas lámparas sea discontinuo, Fig. 91.

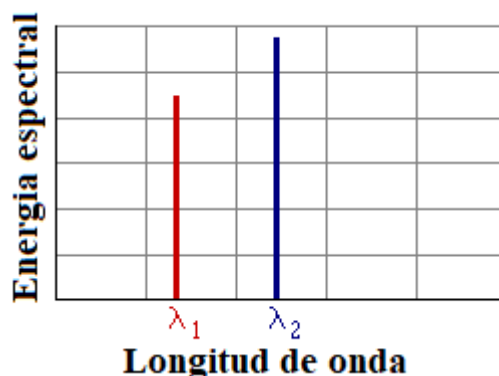


Figura 92

Relación entre los estados energéticos de los electrones y las franjas visibles en el espectro

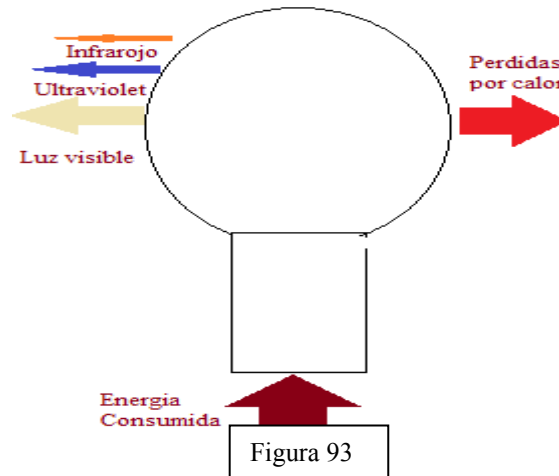
La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo, en las lámparas de sodio a baja presión es amarillenta). Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es, en general, peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

Elementos auxiliares

El funcionamiento de las lámparas de descarga requiere en la mayoría de los casos, de elementos auxiliares: cebadores y balastos. Los cebadores o ignitores son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continúa un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal. Los balastos, por el contrario, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas, que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

Eficacia

Al establecer la eficacia de este tipo de lámparas hay que diferenciar entre la eficacia de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento que depende del fabricante. En las lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por transferencia de energía en forma de calor y las pérdidas por emisión de radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo). El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con las que trabajemos.

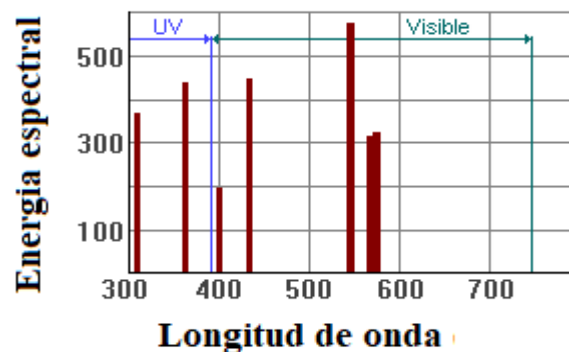


Balance energético de una lámpara de descarga

La eficacia de las lámparas de descarga la mediremos en lm/W , (donde lumen es la unidad de medida del flujo luminoso y watt es la unidad de medida de la potencia, flujo radiante), por ejemplo las lámparas de luz de mezcla tiene una eficacia sin balastro de $19\text{-}28 \text{ lm/W}$, les siguen las fluorescentes tiene una eficacia sin balastro de $38\text{-}91 \text{ lm/W}$, las de mercurio de alta presión tienen una eficacia sin balastro de $40\text{-}63 \text{ lm/W}$, las de sodio a alta presión tiene una eficacia sin balastro de $70\text{ a }130 \text{ lm/W}$, por ultimo las de sodio a baja presión. $100\text{-}183 \text{ lm/W}$

Características cromáticas

Debido a la forma discontinua del espectro de estas lámparas, la luz emitida es una mezcla de unas pocas radiaciones monocromáticas, en su mayor parte en la zona ultravioleta (UV) o visible del espectro. Esto hace que la reproducción del color no sea muy buena y su rendimiento en color tampoco.



Ejemplo de espectro de una lámpara de descarga

Para solucionar este problema podemos tratar de completar el espectro con radiaciones de longitudes de onda distintas a las de la lámpara. La primera opción es combinar en una misma lámpara dos fuentes de luz con espectros que se complementen como ocurre en las lámparas de luz de mezcla (incandescencia y descarga). También podemos aumentar la presión del gas. De esta manera se consigue aumentar el ancho de las líneas del espectro de manera que formen líneas anchas y más próximas entre sí. Otra solución es añadir sustancias sólidas al gas, que al vaporizarse emitan radiaciones monocromáticas complementarias. Por último, podemos recubrir la pared interna del tubo con una sustancia fluorescente que conviertan los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.

Características de duración

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas.

El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por ennegrecimiento de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la pérdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

En orden creciente podemos mencionar que la vida promedio de las lámparas es: Luz de mezcla 9000 Hs, Halogenuros metálicos 11000 Hs, Fluorescente estándar 12500, Sodio de alta y baja presión 23000Hs por ultimo la de mayor vida es Mercurio alta presión 25000 Hs

Factores externos que influyen en el funcionamiento

Los factores externos que más influyen en el funcionamiento de la lámpara son la temperatura ambiente y el número de encendidos.

Las lámparas de descarga son, en general, sensibles a las temperaturas exteriores. Dependiendo de sus características de construcción (tubo desnudo, ampolla exterior...) se verán más o menos afectadas en diferente medida. Las lámparas a alta presión, por ejemplo, son sensibles a las bajas temperaturas, las que generan problemas de arranque. Por el contrario, la temperatura de trabajo estará limitada por las características térmicas de los componentes (200° C para el casquillo y entre 350° y 520° C para la ampolla según el material y tipo de lámpara).

La influencia del número de encendidos es muy importante para establecer la duración de una lámpara de descarga ya que el deterioro de la sustancia emisora de los electrodos depende en gran medida de este factor.

Lámparas LED.

Una lámpara de LED, (Lighting Emitting Diode), como indican sus siglas en inglés o en castellano (diodo emisor de luz), es un diodo semiconductor capaz de emitir luz. El mismo es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido, bloqueando el paso si la corriente circula en sentido contrario, no solo sirve para la circulación de corriente eléctrica sino que este la controla y resiste. Esto hace que el diodo tenga dos posibles posiciones: una a favor de la corriente (polarización directa) y otra en contra de la corriente (polarización inversa).

Semiconductor: es un elemento que se comporta como un conductor o como un aislante dependiendo de diversos factores, por ejemplo: El campo eléctrico o magnético, la presión, la radiación que le incide, o la temperatura del ambiente en el que se encuentre.

Estructura de bandas de un semiconductor de tipo P. Los círculos negros representan los electrones en la banda de conducción (naranja), mientras que los blancos serían los huecos en la banda de valencia (azul). La imagen muestra que los huecos son los portadores de carga mayoritarios.

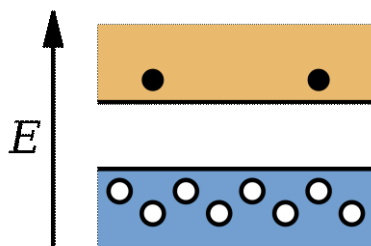
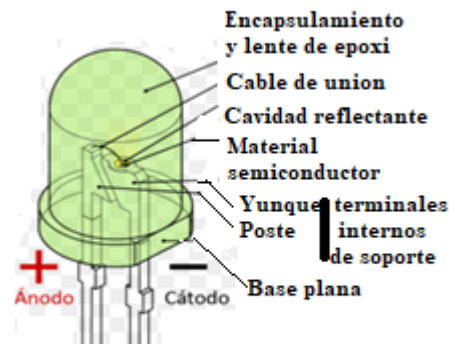


Figura 96

Figura 95



Esquema de un led

El primer LED se desarrolló en 1927 por Oleg Vladimírovich Lósev, científico e inventor ruso, este publicó una serie de artículos y patentes durante su corta carrera, aunque sus observaciones de los LED permanecieron inadvertidas, no fue hasta los sesenta comenzó a usarse en la industria. Durante medio siglo hasta ser reconocidos a finales del siglo XX y principios del XXI.

El funcionamiento de un LED consiste en que un electrón al pasar de la banda de conducción a la de valencia, decae a un nivel de energía menor, lo cual se manifiesta en forma de un fotón (partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas) desprendido, con una amplitud, dirección y fase aleatoria.

La luz de LED es monocromática y depende del material utilizada en el semiconductor. Según éste conseguimos que la luz emitida sea roja, azul o verde

Para conseguir diferentes tonos de color, teniendo en cuenta ese de detalle de ser luz monocromática, lo que hacemos es recurrir la combinación entre ellos y el uso de diferentes intensidades. De esta forma para conseguir luz blanca podemos mezclar la luz de tres LEDs, uno azul, otro rojo y por último uno verde.

Debido a que la luz que un LED es capaz de emitir no es muy intensa, para alcanzar una intensidad luminosa similar a la de las otras lámparas existentes, como las incandescentes o las fluorescentes compactas, las lámparas LED están compuestas por agrupaciones de LEDs, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Desde entonces los avances se han sucedido y desde los primeros LEDs que sólo se podían construir en color rojo, verde o amarillo y con una intensidad de luz baja, hemos pasado a nuevos que pueden ofrecer una luz blanca y suficiente para iluminar una habitación Cuando los electrones pasan a través de este tipo de semiconductor, se convierte en luz. En comparación con las lámparas incandescentes y las de descarga gaseosa, las luces LED son más eficientes en convertir la energía en luz.

14 Capítulo 12 Resonancia Magnética Nuclear

Clase 16 – 17

En el año 1922, cuando aún estaba en vigencia el átomo de Bohr y se habían aceptado el modelo de Planck de la radiación cuantificada y la existencia de los fotones, dos físicos alemanes realizan un famoso experimento que en honor de ellos se conoce como experimento de Stern y Gerlach. La Fig. 97 muestra los elementos básicos del experimento.

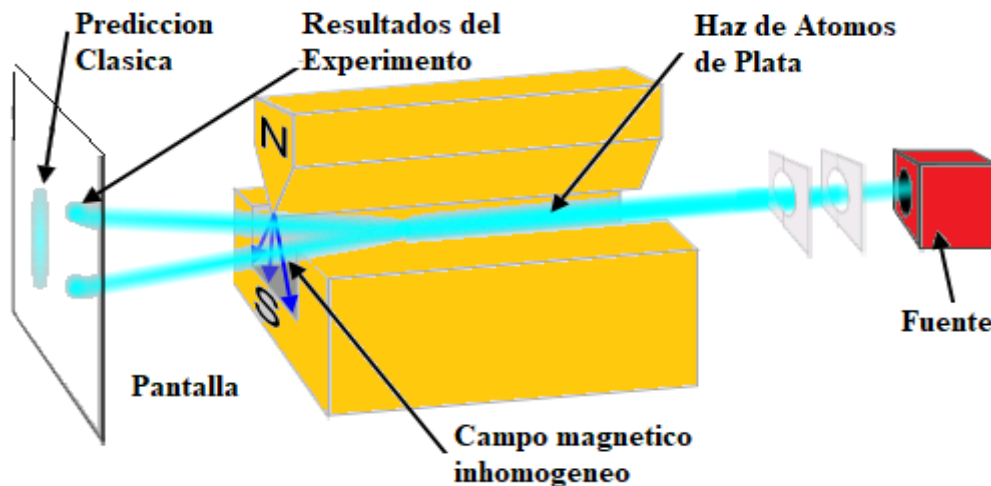


Figura 97

El experimento consiste en una fuente de átomos de plata a los que se les aumenta la temperatura hasta generar un haz de átomos de plata que enfocan y hacen pasar entre los polos de un imán que generan un campo magnético inhomogéneo en dirección perpendicular al haz. El resultado esperado era que la trayectoria de los átomos se desviara en todas direcciones dando lugar a la formación de una línea perpendicular al haz al colisionar los átomos sobre la pantalla. El resultado del experimento fue diferente de lo esperado. Sólo se detectaron dos puntos en los extremos de la probable deflexión máxima del haz.

Toda partícula cargada en movimiento posee una propiedad vectorial denominada *momento magnético* (dipolar), $\vec{\mu}$. Este en la física clásica es proporcional a su momento angular propiedad vectorial relacionada con el movimiento de translación de la partícula en una trayectoria circular. En el caso del átomo en el modelo de Bohr para el átomo de Plata, las capas electrónicas internas están todas llenas, al máximo de su capacidad, de modo que la suma vectorial de todos los momentos conduce a que solo el electrón más externo es el responsable de ese momento angular orbital. Por lo tanto, se podía esperar que cada átomo tuviera ese orbital orientado al azar. El resultado de Stern y Gerlach sólo mostraba dos ángulos de deflexión, esto sugería que había sólo dos orientaciones distintas. El resultado experimental observado carecería de interpretación hasta 1925, cuando la introducción del espín, un momento angular intrínseco sin análogo clásico, permitiría explicarlo. Tras su postulación, la nueva variable cuántica del espín (El espín, del inglés spin 'giro, girar') es una propiedad física de las partícula-

las elementales por el cual tienen un momento angular intrínseco de valor fijo. La otra propiedad intrínseca de las partículas elementales es la carga eléctrica, sin análogo clásico, fue desarrollada y dotada de rigor matemático por Pauli en 1927, siendo incorporada por Dirac en 1928 a su ecuación mecánico-cuántica relativista para el electrón.

El espín proporciona una medida del momento angular intrínseco de toda partícula. En contraste con la mecánica clásica, donde el momento angular se asocia a la rotación de un objeto extenso, el espín es un fenómeno exclusivamente cuántico, que no se puede relacionar de forma directa con una rotación en el espacio. La intuición de que el espín corresponde al momento angular debido a la rotación de la partícula en torno a su propio eje solo debe tenerse como una imagen mental útil, puesto que, tal como se deduce de la teoría cuántica relativista, el espín no tiene una representación en términos de coordenadas espaciales, de modo que no se puede referir a ningún tipo de movimiento

Qué es la resonancia magnética nuclear

Se basa en las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos, especialmente el de hidrógeno que es el más abundante en el cuerpo humano, en función de cómo es el contenido de este elemento en el cuerpo humano se pueden obtener imágenes de cada uno de los tejidos, por ej., hueso, músculo, etc.

Movimiento de los protones

1. Rotación: giran constantemente en torno a sí mismos.
2. Precesión: el eje de rotación sobre si mismo describe un movimiento circular en torno a otro eje que pasa por el centro del protón, ver fig. 97, donde se aprecia el vector momento magnético μ y su movimiento de precesión referido a un eje externo.

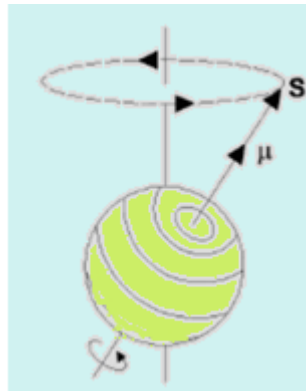


Figura 98

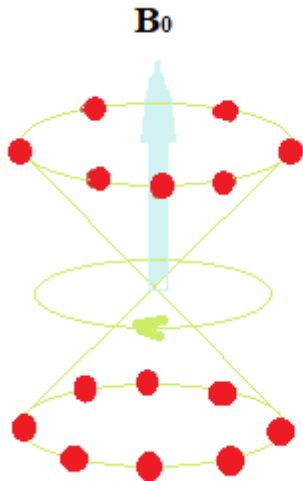


Figura 99

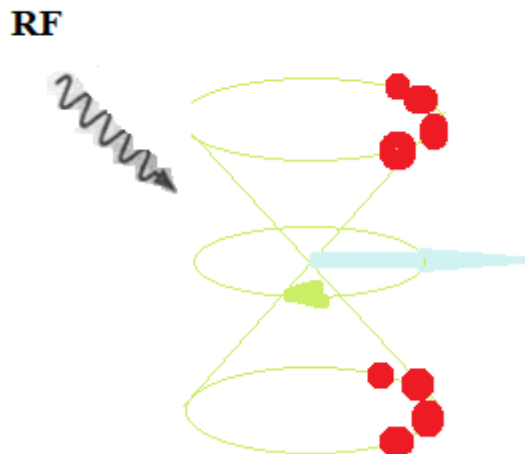


Figura 100

La combinación de estos dos movimientos genera un campo magnético B_0 .

Simulación PHET:

[stern-gerlach_es.jar](#)

Temas

- Mecánica Cuántica
- Spin (Girar)
- Medida Cuántica

Instructivo

El clásico experimento de Stern-Gerlach muestra que los átomos tienen una propiedad llamada espín. El espín es un tipo de momento angular intrínseco, el cual no tiene una contraparte clásica. Cuando el componente-z de un espín es medido, uno siempre logra uno de dos valores: espín-up o espín-down.

Objetivos de Aprendizaje

- Describir las observaciones hechas en el experimento de Stern-Gerlach.
- Describir cómo los espines se comportan en presencia de un campo magnético.
- Reconocer que el espín es cuantificado.
- Describir cómo el medir el espín a lo largo de una dirección cambia su estado.
- Argumentar a partir de observaciones experimentales que el espín en la dirección x, y el espín en la dirección z deben ser variables observables incompatibles.



Figura 101

Modo de Empleo

Tome el dial en el indicador de ángulo para girar el imán. Seleccione hacia arriba o hacia abajo para lo que el imán deja pasar. La orientación del giro controla el giro de los átomos que salen de la fuente.



Encienda el sonido para escuchar los átomos que salen de la fuente y atraviesan los imanes.

Figura 102

Los gráficos circulares muestran el porcentaje de átomos que han subido y bajado hasta el momento. Si solo ha disparado unos pocos átomos, es posible que no coincidan con los valores de expectativa.

Aumentar la velocidad de los átomos convierte el flujo de átomos de una serie de átomos discretos a un haz continuo. Si disparas un solo átomo a la vez, a altas velocidades se mueve tan rápido que no puedes verlo.

Hay tres experimentos de pensamiento clave que normalmente se enseñan con el experimento de Stern Gerlach, todos los cuales se pueden realizar con esta simulación:

1. Envíe un haz de partículas sin polarizar a través de un imán Stern-Gerlach orientado en cualquier dirección y vea que se divide en dos y solo dos haces.
2. Envíe un haz de partículas no polarizadas a través del imán z, luego envíe un haz z a través del imán x, verifique que se divide nuevamente en dos haces.
3. Envíe el haz de partículas no polarizadas a través del imán z, luego envíe el haz + z a través del imán x, luego envíe el haz + x o el haz a través de otro imán z, vea que aunque comenzó con un haz puramente + z, después de enviarlo a través de la viga x, contiene los componentes + z y -z.

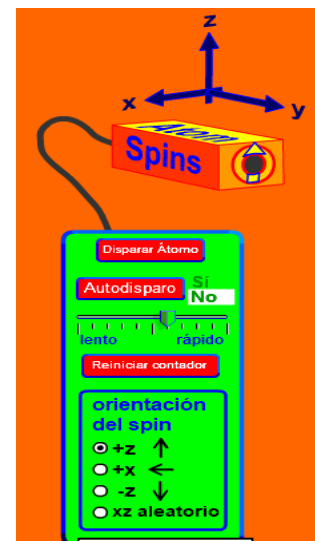


Figura 103

Acción de un campo magnético exterior

Cuando los protones son sometidos a un campo magnético intenso externo sus momentos magnéticos se orientan en la dirección del campo aplicado.

Al conectar un campo magnético externo los protones se reorientan hacia ese campo, cuando se desconecta, el protón vuelve a orientarse hacia el campo magnético principal emitiendo energía en este proceso, (proceso de relajación).

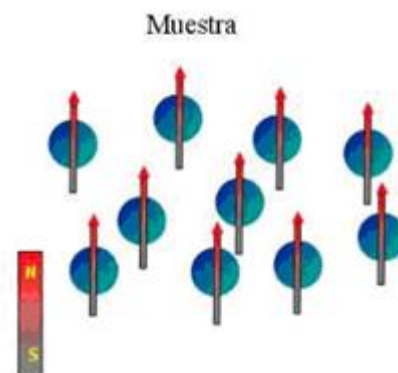


Figura104

Generación de imágenes

La resonancia magnética nuclear (RMN) hace uso de un fenómeno físico por el cual ciertas partículas, como los electrones y los núcleos atómicos con un número impar de protones (Z) o de neutrones (N), que presentan un momento magnético de spin, pueden absorber selectivamente energía electromagnética de radiofrecuencia. Para construir las imágenes, se aprovechan dichas propiedades magnéticas del spin de los electrones (RME) y/o de los núcleos (RMN), particularmente del núcleo de H^{1+} (este se utiliza rutinariamente en la clínica). Cuando los núcleos bajo un campo magnético entran en resonancia, absorben energía de radiofrecuencia y si durante el proceso de relajación se induce una señal eléctrica a una antena receptora, esta señal tratada convenientemente, servirá para obtener la imagen tomográfica a partir de técnicas de imagen. Para realizar la imagen tomográfica, el ordenador recogerá la señal que proviene de los distintos elementos de volumen (voxels) en el que se supone dividido el paciente.

Al colocar a un individuo bajo un campo magnético muy intenso, en cada uno de los voxels aparecen, debido a los spines de los núcleos de H, propiedades magnéticas que se definen mediante lo que se denomina magnetización de voxel, alineándose con el campo magnético principal. Esta magnetización es también una magnitud vectorial.

La generación de imágenes mediante resonancia magnética se basa en recoger las ondas de radiofrecuencia procedentes de la estimulación de la materia sometida a la acción de un campo electromagnético. La energía liberada por los protones, (que tiene la misma frecuencia que la del pulso de RF recibido al volver al estado de equilibrio), es captada por un receptor y analizada por un ordenador que la transforma en imágenes. Estas imágenes son luego impresas en placas. Para llegar exactamente a la zona que se quiere estudiar basta con ser capaces de localizar la ubicación exacta de una determinada señal de resonancia magnética nuclear en una muestra. Si se determina la ubicación de todas las señales, es posible elaborar un mapa de toda la muestra. Además, la intensidad de la señal de resonancia en cada frecuencia indica el tamaño relativo de los volúmenes que contienen los núcleos en distintas frecuencias y, por tanto, en la posición correspondiente. Las variaciones de las señales se utilizan entonces para representar las posiciones de las moléculas y crear una imagen. La intensidad del elemento de la imagen, o pixel, es proporcional al número de protones contenidos dentro de un volumen elemental, como los tejidos tienen distintas densidades de protones, en función del material del que están constituidos, entonces darán distintas respuestas posibilitando la construcción de la imagen.

Introducción experimental al funcionamiento de un resonador magnético

Dispositivo utilizado:

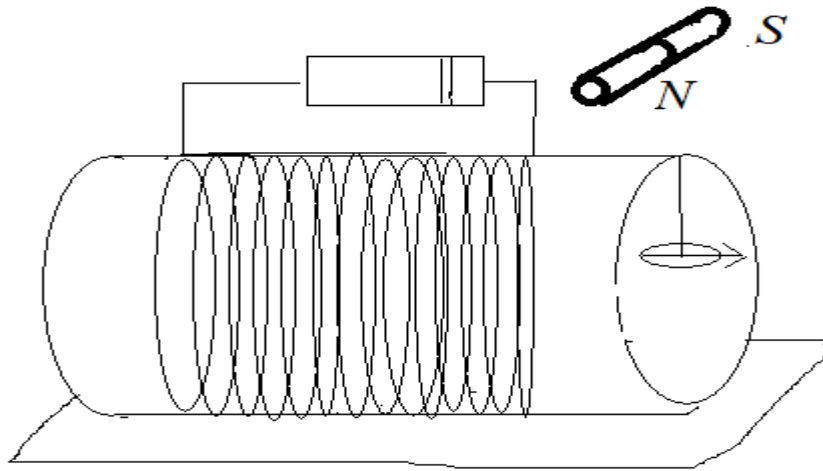


Figura 105

Elementos empleados:

- Botella de plástico
- Alambre de cobre arrollado en forma de bobina
- Corcho
- Aguja imantada
- Pila
- Imán externo o electroimán

Al conectar la pila, la aguja imantada se alinearán en dirección al campo magnético generado por la corriente en la bobina, si colocó un imán exterior, la aguja cambiará de orientación al retirarlo, vuelve a la posición original generando un relajamiento. Este cambio de posición genera un cambio de energía que puede ser medido a través de detectores adecuados.

Simulación a través del PHET

Simulación IRM

- 1 Ajustamos energía y frecuencia en el emisor de ondas de radio.
2. El emisor está colocado perpendicular al campo magnético principal.
3. Se puede apreciar la energía liberada en el proceso de relajación.
4. La misma es captada por el receptor.
5. Para apreciar cómo se distinguen los distintos tejidos y los huesos, se debe analizar en función de la densidad de núcleos atómicos de Hidrógeno. La simulación permite colocar otros elementos atómicos y ver cuál es la respuesta.

Temas

- Imágenes por Resonancia Magnética

Descripción

¿Se trata de un tumor? Lo pueden confirmar las Imágenes por Resonancia Magnética (IRM), siglas en inglés, (MRI). Tu cabeza está llena de pequeños transmisores de radio (los espines nucleares de los núcleos de hidrógeno de las moléculas de agua). En una unidad de resonancia magnética, estos pequeños radios pueden transmitir sus posiciones, dando una imagen detallada del interior de tu cabeza.

Objetivos de Aprendizaje

- Reconocer que la luz puede hacer girar a los espines si la energía de los fotones coincide con la diferencia entre las energías de espín-up y espín-down.
- Reconocer que la diferencia entre las energías de espín-up y espín-down es proporcional a la intensidad del campo magnético aplicado.
- Describir la forma de poner a estas dos ideas en conjunto para detectar donde hay una mayor densidad de espines.

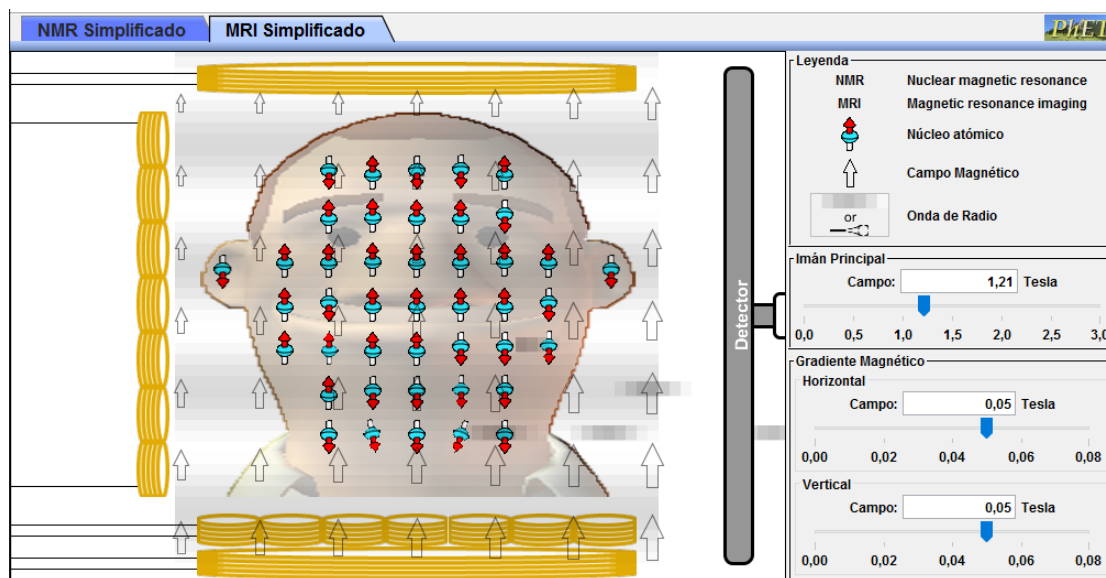


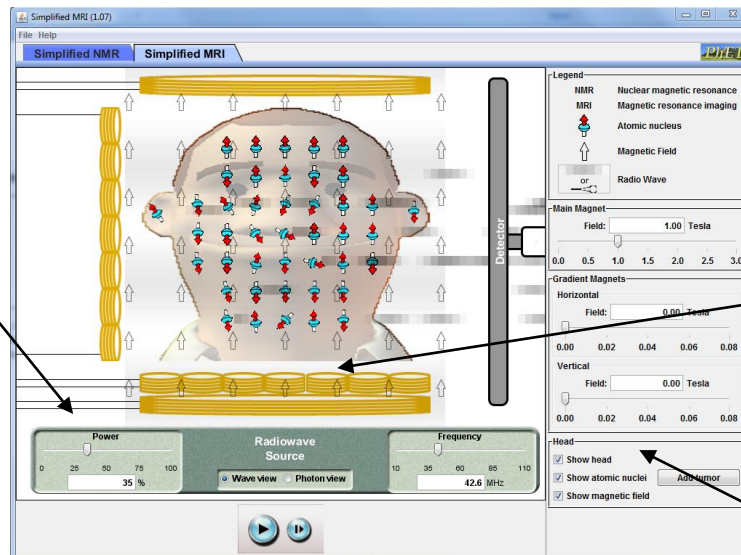
Figura 106

Modo de empleo

Con esta simulación podemos calcular la frecuencia de Larmor, (la frecuencia de Larmor, es la frecuencia con la que los átomos de hidrógeno cambian entre los estados de espín y emiten los fotones resultantes. Para calcular la frecuencia de Larmor, primero debemos encontrar la diferencia en los estados de energía para el núcleo de hidrógeno).

Abrir la pestaña MRI simplificada.

Pruebe la vista de onda y fotón y cambie según tu preferencia



Asegúrese que en la cabeza, los núcleos atómicos y los campos magnéticos estén seleccionados.

Varié el campo magnético desde 1.00 Tesla y llévelo al 100 %

Figura 107

Ajuste la barra de frecuencia a diferentes niveles y describa lo que observa.

Encuentre las frecuencias que estimulan los núcleos.

Verifique si existe un rango de frecuencias que promuevan un fotón resultante.

Disminuya la potencia y observe qué sucede.

El valor que acaba de registrar para su frecuencia de resonancia se conoce como la frecuencia de Larmor.

Se puede agregar un tumor e intente seleccionar selectivamente los núcleos de hidrógeno en la ubicación del tumor. Puede lograr esto cambiando la frecuencia de la onda de radio o cambiando la intensidad del campo magnético principal.

15 Capítulo 13 Evaluaciones realizadas

Clases 1 – 2

Ondas Mecánicas

Cuestionario diagnostico

1) ¿Ha visto el concepto de onda en alguna asignatura previa? SI NO

2) ¿Cómo describiría el concepto de onda en sus palabras?

3) Lo relacionaría con los conceptos (marque lo que corresponda)

Música

Sonido

Luz

Terremoto

Ninguno de los anteriores

4) ¿Ha visto el concepto de espectro electromagnético en alguna asignatura previa? SI NO

5) ¿Cómo describiría el concepto espectro electromagnético en sus palabras?

6) ¿Lo relacionaría con los conceptos u objetos palabras? (marque lo que corresponda)

Horno de microondas

Sonido

Luz

Terremoto

Radiografía

Ninguno de los anteriores

El cuestionario se realizó a alumnos de dos grupos, al grupo de trabajo (o prueba), donde se desarrolló esta experiencia, y a otro al que denominamos testigo, donde la materia se dicta siguiendo la curricula del nivel, pero siguiendo la forma tradicional de la escuela: teoría, experiencias motivadoras y realización de trabajos prácticos.

Grupo de trabajo (21)

Grupo testigo (19)

1-Ha visto el concepto de onda en alguna asignatura previa:

1- No

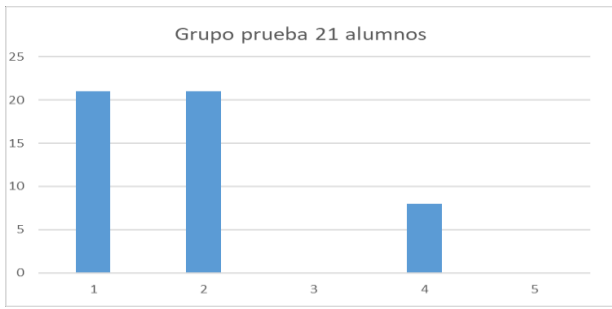
1. No

2-Cómo describiría el concepto de onda con sus palabras

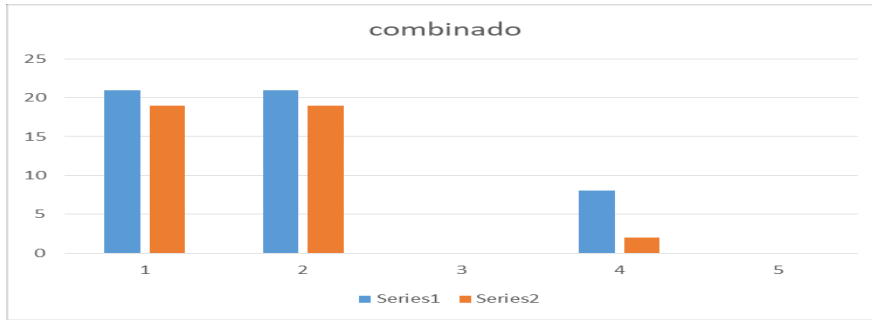
Las respuestas en ambos grupos estaban relacionadas con el movimiento que produce una piedra al arrojarse en un estanque

3. Respuestas de opción múltiple: relacionaría el concepto de onda con alguna de las palabras que siguen: marque lo que corresponda

Música	21	Música	19
Sonido	21	Sonido	19
Luz	-	Luz	-
Terremoto	8	Terremoto	2
Ninguno de los anteriores	-	Ninguno de los anteriores	-

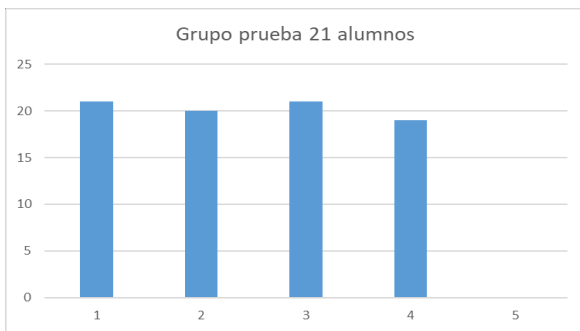


Comparación del grupo de trabajo /grupo testigo, (combinado)

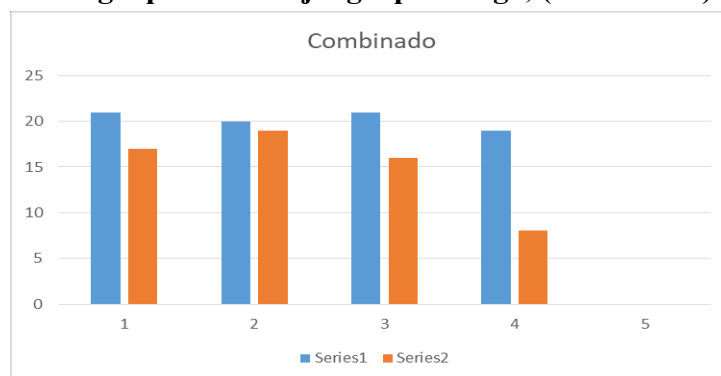


Después de la clase

Música	21	Música	17
Sonido	20	Sonido	19
Luz	21	Luz	16
Terremoto	19	Terremoto	8
Ninguno de los anteriores	-	Ninguno de los anteriores	-



Comparación del grupo de trabajo /grupo testigo, (combinado)



4- Ha visto el concepto de espectro electromagnético en alguna asignatura previa? SI NO

Ambos grupos contestaron NO

5- Cómo describiría el concepto espectro electromagnético en sus palabras

En este punto ambos grupos no contestaron

6- Lo relacionaría con los conceptos u objetos palabras (marque lo que corresponda)

Horno de microondas

Sonido

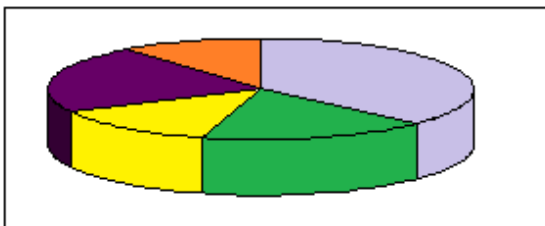
Luz

Terremoto

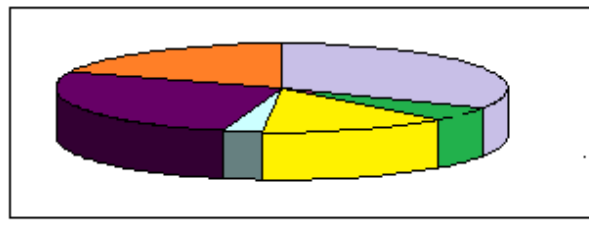
Radiografía

Ninguno de los anteriores

Grupo prueba pre test

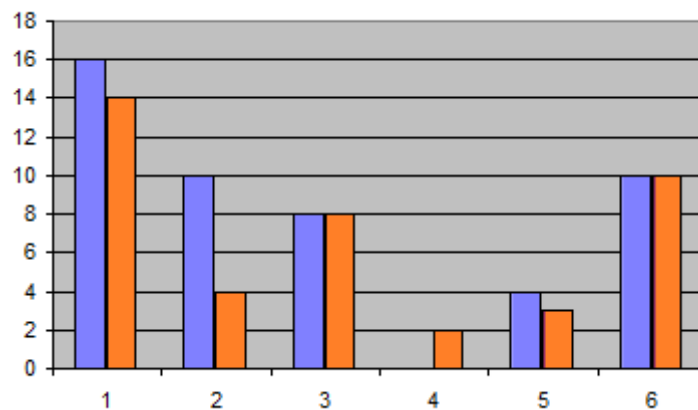


Grupo testigo pre test

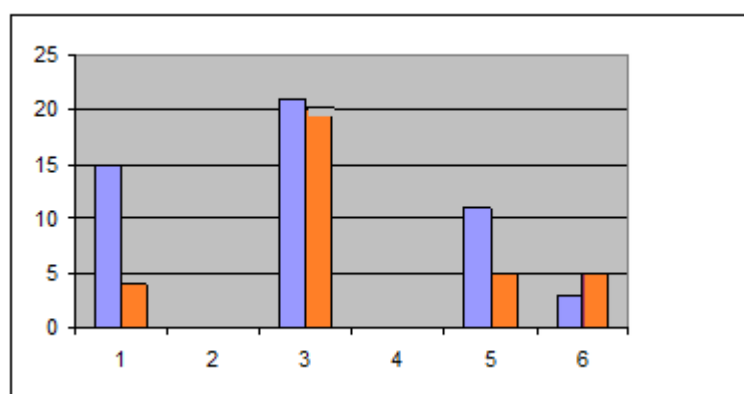


Onda electromagnetica	Pre clase	
	sobre 21 alumnos	sobre 19 alumnos
Horno microondas	16	14
sonido	10	4
luz	8	8
terremoto	0	2
radiografía	4	3
ninguna de las anteriores	10	10

Comparación del grupo de trabajo /grupo testigo, (combinado)



Posterior a la clase		
	sobre 21 alumnos	sobre 19 alumnos
Horno microondas	15	4
sonido	0	0
luz	21	19
terremoto	0	0
radiografia	11	5
ninguna d elas anteriores	3	5

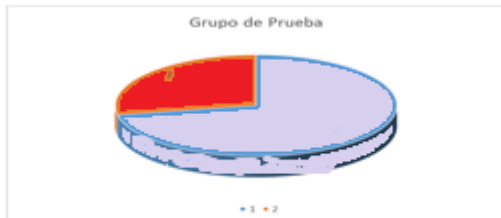


Clase
Modelo atómico

Pre test

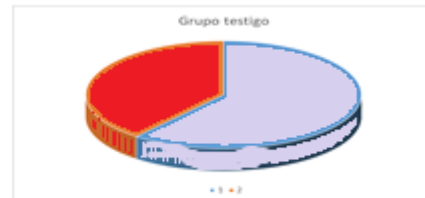
Pregunta: Según su conocimiento previo, como simboliza al átomo de Hidrógeno

Grupo de trabajo (25)



18 alumnos (72%) respondieron según el Átomo de Bohr (color lila)
7 alumnos (28%) respondieron asociandolo con la tabla periodica (Color rojo)

Grupo testigo (23)



14 alumnos (61%) respondieron segun el átomo de Bohr (color lila)
9 alumnos (39%) respondieron asociandolo con la tabla periodica (Color rojo)

Post test

Aclaración: solo se evaluó a los alumnos que realizaron la experiencia didáctica



- Cuatro (4) alumnos (16%) respondieron según el Átomo de Bohr (color lila)
- Veintiun (21) alumnos (84%) respondieron asociandolo modelo de Schrodinger, (orbital),(Color verde)

16- Anexo I. Marco teórico pedagógico

En el aprendizaje significativo receptivo, que, de acuerdo con Ausubel (1963, 1968), es el mecanismo humano por excelencia para dar significado a los nuevos conocimientos, recepción no significa pasividad. Esto se debe a que el sujeto que aprende debe hacer un esfuerzo deliberado para relacionar el nuevo material con su estructura cognoscitiva de manera sustantiva y no arbitraria. Tampoco significa transmisividad, pues el aprendizaje significativo es debido al carácter singular de cada individuo, nadie puede transmitir nada a nadie, nadie puede aprender si no es a través de la observación de las experiencias cotidianas, de las propuestas por el docente, y desde su propia formación, buscando estructurar situaciones que se integren a la misma. Es un error confundir aprendizaje receptivo con aprendizaje pasivo, mecánico, no constructivista. El enfoque de Ausubel y Novak (1983), considera al alumno como constructor de su propio conocimiento y como persona. Sin embargo, es una persona que, para hacer su construcción, típicamente, recibe la información, capta su significado y, si quiere aprender de manera significativa, presenta una disposición para relacionarla de manera no literal y no arbitraria con su conocimiento previo. Por supuesto que este enfoque no dispensa al docente de proveer buenas clases, buenos materiales, mucha interacción personal, actividades prácticas, recursos motivacionales, resolución de problemas, evaluaciones coherentes con los procedimientos didácticos y otras características de una buena enseñanza. La diferencia es que el profesor no debe sentirse culpado o avergonzado por estimular el aprendizaje receptivo, pues es éste nuestro mecanismo típico de aprendizaje.

Esta aproximación estará enmarcada dentro del TPACK (sigla en inglés de Technological Pedagogical Content Knowledge):

Algunos especialistas, sostienen que, además de estar integrado con lo pedagógico y lo disciplinar, un uso adecuado de la tecnología en la enseñanza requiere del desarrollo de un conocimiento complejo y contextualizado. Esta idea se convierte en un marco conceptual denominado Conocimiento tecnológico pedagógico disciplinar, conocido como TPACK, que ha logrado expandirse por diversos espacios de formación docente.

El modelo TPACK trata de integrar la tecnología en el aula a partir de actividades basadas en el currículum, y la enseñanza centrada en el alumno.

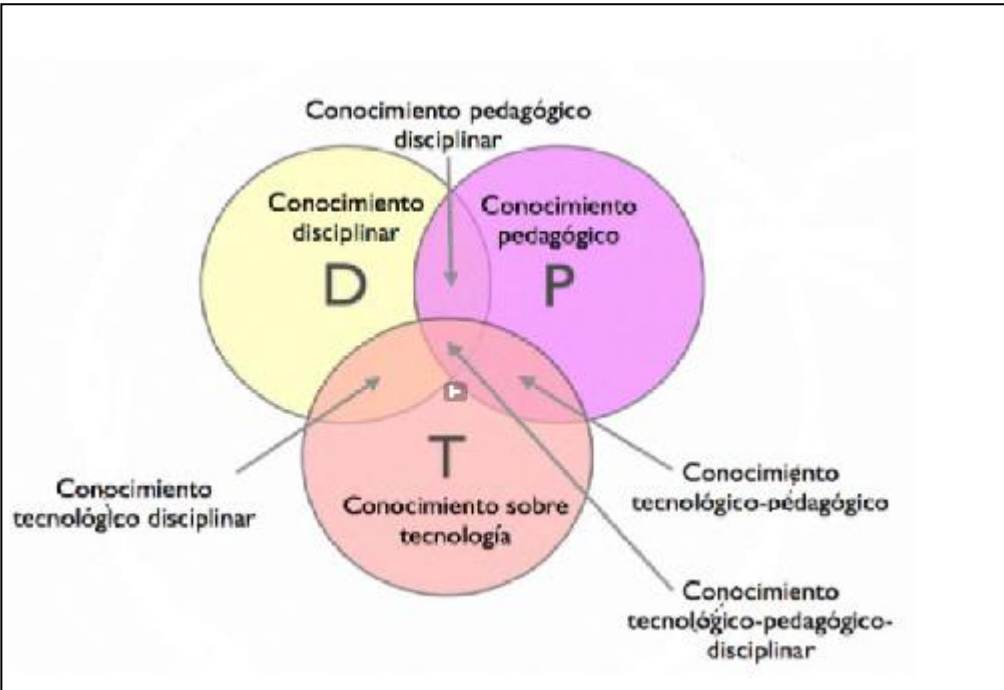
Para aplicar este modelo el docente debe dominar tres tipos de conocimientos:

- Conocimiento tecnológico: implica conocer la tecnología.
- Conocimiento disciplinar: implica conocer los contenidos conceptuales.
- Conocimiento pedagógico: implica saber enseñar.

A partir de estos tres conocimientos, surgen los siguientes:

- Conocimiento disciplinar tecnológico: se trata de aprender a usar la tecnología para la propia materia.
- Conocimiento disciplinar pedagógico: se trata de aprender a enseñar una materia.
- Conocimiento tecnológico pedagógico: se usan las tecnologías para enseñar.

Cuadro integrador TPACK



17- Anexo II

Biografías y material relacionados con la temática del curso

Niels Bohr

Nació en Copenhague, Dinamarca, en el año 1885. En 1911, Niels Bohr se doctoró en Física, en la Universidad de Copenhague.

En septiembre de 1911, se trasladó a Manchester; allí completó sus estudios trabajando en el equipo de Rutherford y concentrándose especialmente en descubrir la estructura del átomo. Permaneció allí hasta 1916. Su primer triunfo ocurrió en 1913, con la explicación satisfactoria del espectro de luz del átomo de hidrógeno.

En 1916, Bohr comenzó a ejercer como profesor en la Universidad de Copenhague, Bohr no se preocupó excesivamente por integrar todos sus experimentos en una teoría completa. Estaba más interesado en ensamblar ideas diferentes para construir un modelo

En 1922, Bohr fue galardonado con el Premio Nobel de Física por sus trabajos sobre la estructura atómica y la radiación. Estaba convencido de que en las ecuaciones que describen al átomo debía introducir el concepto del cuanto (y de la constante de Planck h). Ese año publicó una serie de artículos en los que explicaba su teoría, la que funcionaba muy bien para explicar el espectro generado por el hidrógeno. Tendrían que pasar trece años para que se asentara la teoría cuántica, en 1926.

La característica esencial del modelo de Bohr es que los electrones se ubican alrededor del núcleo únicamente a ciertas distancias bien determinadas.

El porqué de esta disposición del átomo no se estableció hasta el desarrollo de la mecánica cuántica, una década más tarde.

En 1943, Bohr escapó a Suecia, para evitar su arresto. Posteriormente huyó a Londres y a Estados Unidos. Una vez en este país, fue contratado para trabajar el Proyecto Manhattan, el objetivo del cual era el desarrollo de la bomba atómica.

En 1958, publicó una de sus obras más famosas: "Teoría atómica y el conocimiento humano".

Después de la guerra, retornó a Copenhague, ciudad en la que residió hasta su fallecimiento en 1962.

John Dalton

John Dalton nació el 6 de septiembre de 1766 en una familia cuáquera de la población de Eaglesfield, en Cumberland, Inglaterra.

Los cinco puntos principales de la teoría atómica de Dalton

. Los elementos están constituidos de partículas diminutas llamadas átomos que son indestructibles e indivisibles.

. Todos los átomos de un determinado elemento son idénticos.

. Los átomos de un elemento son diferentes de los de cualquier otro elemento, y los átomos de elementos diferentes se pueden distinguir unos de otros por sus respectivos pesos atómicos relativos.

. Los átomos de un elemento se combinan con los átomos de otros elementos para formar compuestos químicos, y un compuesto dado siempre tiene el mismo número relativo de tipos de átomos.

. Los átomos no se pueden crear ni dividir en partículas más pequeñas, ni se destruyen en el proceso químico. Una reacción química simplemente cambia la forma en que los átomos se agrupan.

Murió en Manchester, Reino Unido el 27 de Julio de 1844.

Louis Víctor de Broglie

De Broglie nació en Dieppe en 1892, estudió en la Universidad de París. Trató de racionalizar la doble naturaleza de la materia y la energía, comprobando que las dos están compuestas de corpúsculos y tienen propiedades ondulatorias. Por su descubrimiento de la naturaleza ondulatoria de los electrones (1924), recibió el Premio Nobel de Física en 1929. Fue elegido miembro de la Academia de Ciencias (1933) y de la Academia Francesa (1943). Fue nombrado profesor de física teórica en la Universidad de París (1928), secretario permanente de la Academia de Ciencias (1942) y consejero de la Comisión de Energía Atómica Francesa (1945). Murió en 1987.

Paul Dirac

Nació en Bristol, Reino Unido el 8 de Agosto de 1902. Fue un ingeniero eléctrico, matemático y físico teórico británico que contribuyó de forma fundamental al desarrollo de la mecánica cuántica y la electrodinámica cuántica.

Dirac era conocido entre sus colegas por su naturaleza precisa, al mismo tiempo que taciturna. Cuando Niels Bohr se quejaba de que no sabía cómo acabar una determinada frase en un artículo científico, Dirac le replicó: «A mí me enseñaron en la escuela que nunca se debe empezar una frase sin saber el final de la misma». Las anécdotas sobre su tendencia al silencio se hicieron famosas, y se acuñó una unidad, el *dirac*, para la unidad mínima de palabras que se podían decir en una conversación. También era reconocido por su modestia. Llamó a la ecuación de la evolución temporal de un operador mecano-cuántico, «la ecuación de movimiento de Heisenberg», cuando fue él el primero en escribirla. Para referirse a la estadística de Fermi-Dirac él siempre insistió en decir estadística de Fermi.

Cuando en una ocasión le preguntaron sobre poesía, contestó: «en ciencia uno intenta decir a la gente, en una manera en que todos lo puedan entender, algo que nunca nadie supo antes. La poesía es exactamente lo contrario».

Cuando visitó la Unión Soviética, fue invitado a una conferencia en filosofía de la física. Él simplemente se puso de pie y escribió en la pizarra: «Las leyes físicas deben tener la simplicidad y belleza de las matemáticas». Este concepto de belleza matemática, incluso antes de disponer de pruebas experimentales, guio prácticamente toda su carrera científica. Por sus frecuentes viajes a la Unión Soviética se le impidió entrar en Estados Unidos durante algún tiempo. Falleció en Tallahassee, Estados Unidos, 20 de octubre de 1984.

Albert Einstein

Nació el 14 de marzo de 1879. Fue un físico alemán de origen judío, nacionalizado después suizo, austriaco y estadounidense. Es considerado el científico más conocido y popular del siglo XX.

En 1905, cuando era un joven físico desconocido, empleado en la Oficina de Patentes de Berna, publicó su teoría de la relatividad especial. En ella incorporó, en un marco teórico simple fundamentado en postulados físicos sencillos, conceptos y fenómenos estudiados antes por Henri Poincaré y por Hendrik Lorentz. Como una consecuencia lógica de esta teoría, dedujo la ecuación de la física más conocida a nivel popular: la equivalencia masa-energía, $E=mc^2$. Ese año publicó otros trabajos que sentarían algunas de las bases de la física estadística y de la mecánica cuántica.

En 1915, presentó la teoría de la relatividad general, en la que reformuló por completo el concepto de la gravedad. Una de las consecuencias fue el surgimiento del estudio científico del origen y la evolución del Universo por la rama de la física denominada cosmología. En 1919, cuando las observaciones británicas de un eclipse solar confirmaron sus predicciones acerca de la curvatura de la luz, fue idolatrado por la prensa. Einstein se convirtió en un icono popular de la ciencia mundialmente famoso, un privilegio al alcance de muy pocos científicos.

Por sus explicaciones sobre el efecto fotoeléctrico y sus numerosas contribuciones a la física teórica, en 1921 obtuvo el Premio Nobel de Física y no por la Teoría de la Relatividad, pues el científico a quien se encomendó la tarea de evaluarla no la entendió, y temieron correr el riesgo de que luego se demostrase errónea. En esa época era aún considerada un tanto controvertida.

Ante el ascenso del nazismo, Einstein abandonó Alemania hacia diciembre de 1932 con destino a Estados Unidos, donde se dedicó a la docencia en el Institute for Advanced Study. Se nacionalizó estadounidense en 1940. Durante sus últimos años trabajó por integrar en una misma teoría la fuerza gravitatoria y la electromagnética.

Murió en Princeton, Estados Unidos, 18 de abril de 1955

Joseph von Fraunhofer

Nació en Straubing, 6 de marzo de 1787, Múnich, Alemania.

Fue astrónomo, óptico y físico alemán, reconocido por inventar el espectroscopio y por ser uno de los fundadores de la espectrometría como disciplina científica.

Como científico, ingeniero y emprendedor alcanzó logros como el descubrimiento de las "líneas de Fraunhofer" en el espectro óptico de la luz del sol, inventó un nuevo método de manufactura de lentes e inició un negocio de producción de vidrio para microscopios y telescopios. Debido a su carácter multifacético el instituto tecnológico Fraunhofer-Gesellschaft lleva su apellido.

Al quedar huérfano a los once años, empezó a trabajar como aprendiz en el taller de un cristalero llamado Philips Anton Weichelsberger.

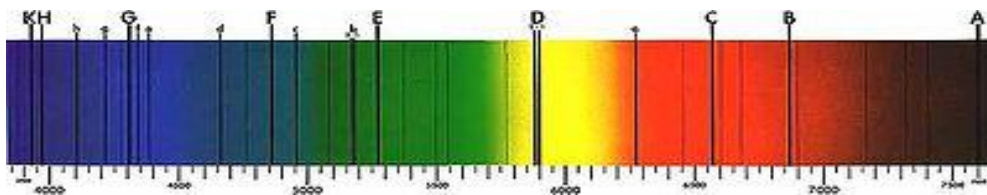
En 1801 el edificio de la empresa en la que trabajaba se derrumbó, y Fraunhofer quedó sepultado bajo los escombros. Dirigió la operación de salvamento el propio príncipe elector de Baviera, Maximiliano IV José (futuro Maximiliano I de Baviera). A partir de ese mo-

mento, el príncipe entra en la vida de Fraunhofer, le ayuda a obtener los libros que necesitaba y obliga a quienes le daban trabajo que le permitieran seguir estudiando.

Tras ocho meses de estudios, Fraunhofer empezó a trabajar en el Instituto de Óptica de la abadía de Benediktbeuern, un monasterio benedictino desconsagrado dedicado a la fabricación de cristal. Aquí descubrió el modo de crear los mejores cristales ópticos, a la vez que inventó un método extraordinariamente preciso para medir la dispersión. En 1818 pasó a dirigir el Instituto. Gracias a los extraordinarios instrumentos ópticos que había desarrollado, Baviera sustituyó a Inglaterra como referencia en la industria óptica.

Así, en 1814, Fraunhofer inventó el espectroscopio. En el curso de sus experimentos descubrió la línea fija brillante que aparece en el color naranja del espectro cuando es producido por la luz del fuego. Esta línea le permitió después determinar el poder absoluto de refracción de diferentes sustancias. Los experimentos con objeto de determinar el espectro solar contenían la misma línea brillante en el color naranja, lo que le llevó al descubrimiento de 574 líneas fijas oscuras en el espectro solar; millones de estas líneas de absorción fijas son conocidas en la actualidad.

Fraunhofer fue el primero que investigó de forma sistemática las líneas de absorción en el espectro del Sol, que serían explicadas de modo exhaustivo por Kirchhoff y Bunsen en 1859. Esas líneas se siguen llamando en nuestros días líneas de Fraunhofer en su honor.



Las líneas de Fraunhofer.

También inventó la retícula de difracción transformando así la espectroscopia de arte a ciencia, demostrando el modo exacto de medir la longitud de onda de la luz. Fue el primero en darse cuenta de que los espectros de Sirio y de otras estrellas brillantes eran distintos entre sí y con respecto al Sol, iniciando de ese modo la espectroscopia estelar. Murió 7 de junio de 1826

Augustin-Jean Fresnel

Nació en Broglie Francia el 10 de mayo de 1788. Trabajó como ingeniero en las regiones de Vendée, Drôme e Ille-et-Vilaine; pero tras apoyar a los Borbones en 1814 perdió su cargo cuando Napoleón volvió al poder.

En la segunda restauración monárquica obtuvo un puesto como ingeniero en París, donde pasaría la mayor parte de su vida. Sus investigaciones en óptica, que continuaría hasta su muerte, parece que empezaron en el año 1814, cuando escribió el borrador de un ensayo sobre la aberración óptica que, sin embargo, no se publicaría.

En 1818 escribió una memoria sobre la difracción de la luz por la que se le otorgaría al año siguiente el premio de la Academia francesa de ciencias de París, convirtiéndose en involuntario protagonista de la enconada polémica científica entre los partidarios de la teoría corpuscular de la luz (capitaneados por Siméon Denis Poisson) y los partidarios de la teoría ondulatoria (defendida por el propio Fresnel). La disputa se saldó a favor de estos últimos (ver la entrada "Poisson. Punto de vista erróneo sobre la teoría ondulatoria de la luz"), gracias a un sencii-

llo experimento de resultado sorprendente que había sido propuesto por Poisson precisamente para desacreditar a Fresnel, y que sirvió para todo lo contrario. Este experimento, materializado por François Arago (presidente del jurado que tenía que entregar el premio), fue conocido posteriormente como "punto de Arago".

En 1819 fue nombrado comisionado para los faros, para los que inventó un tipo especial de lentes, llamadas lentes de Fresnel, que sustituirían a los espejos.

Sus descubrimientos y deducciones matemáticas, fundamentadas en el trabajo experimental de Thomas Young, extendían el principio de Huygens a más fenómenos ópticos.

En 1818, propuso un experimento para medir la velocidad a la que la luz atravesaba un líquido en movimiento. Cuando en 1851 el físico francés Hippolyte Fizeau llevó a cabo el experimento, comprobó que la velocidad a la que la luz atravesaba el líquido en movimiento no era la esperada, dando uno de los primeros indicios experimentales de lo que se revelaría a comienzos del siglo XX como la teoría de la relatividad.

Su empleo de dos espejos metálicos planos, que formaban entre sí un ángulo de casi 180° , le permitieron evitar los efectos de la difracción causados por las aperturas en el experimento de Grimaldi sobre la interferencia. Esto le permitió conjuntar la teoría de ondas con el fenómeno de la interferencia.

Estudió las leyes de la interferencia de los rayos polarizados con François Arago. Obtuvo luz con polarización circular mediante cristales romboidales, conocidos como "rombos de Fresnel", que tenían ángulos obtusos de 126° y agudos de 54° . Las leyes de Fresnel-Arago son tres principios que resumen algunas de las propiedades más importantes de la interferencia entre rayos de luz con diferentes estados de polarización. Las leyes son las siguientes:³

. Dos ondas de luz ortogonales, coherentes y linealmente polarizadas no pueden interferir entre sí.

. Dos ondas de luz paralelas, coherentes y linealmente polarizadas interferirán en la misma forma que la luz natural.

. Los dos estados ortogonales linealmente polarizados constituyentes de la luz natural no pueden interferir para formar un patrón de interferencia fácilmente observable, incluso si se gira en su alineación (porque son incoherentes).

Falleció de tuberculosis en Ville-d'Avray, cerca de París en 1827.

Werner Karl Heisenberg

Nació el 5 de diciembre de 1901 en Wurzburg, Alemania, estudió en la Universidad de Múnich. En 1923 fue ayudante del físico alemán Max Born en la Universidad de Gotinga, y desde 1924 a 1927 obtuvo una beca de la Fundación Rockefeller para trabajar con el físico danés Niels Bohr en la Universidad de Copenhague. En 1927 fue nombrado profesor de física teórica en la Universidad de Leipzig. Después fue profesor en las universidades de Berlín (1941-1945), Gotinga (1946-1958) y Munich (1958-1976). En 1941 ocupó el cargo de director del Instituto Kaiser Wilhelm de Química Física (que en 1946 pasó a llamarse Instituto Max Planck de Física).

Estuvo a cargo de la investigación científica del proyecto de la bomba atómica alemana durante la II Guerra Mundial. Bajo su dirección se intentó construir un reactor nuclear en el que

la reacción en cadena se llevara a cabo con tanta rapidez que produjera una explosión, pero estos intentos no alcanzaron éxito. Estuvo preso en Inglaterra después de la guerra.

Heisenberg, uno de los primeros físicos teóricos del mundo, realizó sus aportaciones más importantes en la teoría de la estructura atómica. En 1925 comenzó a desarrollar un sistema de mecánica cuántica, denominado mecánica matricial, en el que la formulación matemática se basaba en las frecuencias y amplitudes de las radiaciones absorbidas y emitidas por el átomo y en los niveles de energía del sistema atómico.

El principio de incertidumbre desempeñó un importante papel en el desarrollo de la mecánica cuántica y en el progreso del pensamiento filosófico moderno. En 1932, Heisenberg fue galardonado con el Premio Nobel de Física.

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz

Nació en Potsdam, actual Alemania, 1821 Fisiólogo y físico alemán. Se doctoró en medicina en 1842 por el Instituto Friedrich Wilhelm de Berlín. Ejerció como profesor de fisiología en Königsberg (1849-1855), Bonn (1855-1858) y Heidelberg (1858-1871), y de física en Berlín (1871-1888); finalmente fue nombrado director del Instituto Físico-Técnico de Charlottenburgo.

En el campo de la física se ocupó en particular de los fenómenos ondulatorios; ya en 1858 había llegado a formular de manera matemática las leyes sobre el movimiento vertiginoso de los fluidos, con lo cual inició un nuevo de la mecánica, por él mismo completado poco después mediante profundas investigaciones acerca del movimiento ondulatorio de los fluidos, preparación de la teoría atómica del inglés Thomas Thomson.

En la mecánica analítica aplicó a la electrodinámica el principio de la mínima acción, lo cual, a través de estudios cada vez más profundos, le llevó a la formulación de una nueva teoría del electromagnetismo, más completa que la de James Maxwell. En 1881, al estudiar los efectos electrolíticos de la corriente, intuyó el concepto de los quanta. Finalmente, con la aplicación del principio de la conservación de la energía a los procesos químicos, hizo progresar notablemente la química física y la termodinámica. Murió en Charlottenburgo, en 1894.

Heinrich R. Hertz

Nació en Hamburgo, Confederación Germánica, el 22 de febrero de 1857. Fue un físico alemán que descubrió el efecto fotoeléctrico, la propagación de las ondas electromagnéticas y las formas para producirlas y detectarlas. La unidad de medida de la frecuencia el hercio, («Hertz», en la mayoría de los idiomas), lleva ese nombre en su honor. Su pasión, reconocida por él mismo, era la física, así que se desplazó hasta Berlín para estudiarla con Gustav Kirchhoff y con otros. Con una tesis acerca de la rotación de esferas en un campo magnético, obtuvo su doctorado en 1880, a los 23 años, y continuó como alumno de Hermann von Helmholtz hasta 1883, cuando lo nombraron profesor de física teórica en la Universidad de Kiel. En 1885, se trasladó a la Universidad de Karlsruhe, donde descubrió la forma de producir y detectar ondas electromagnéticas, las que veinte años antes habían sido predichas por James Clerk Maxwell.

A partir del experimento de Albert Abraham Michelson en 1881 (precursor del experimento de Michelson y Morley, en 1887), con el que se refutó la existencia del éter, Hertz reformuló las ecuaciones de Maxwell para tomar en cuenta el nuevo descubrimiento. Demostró experi-

mentalmente que las ondas electromagnéticas pueden viajar a través del aire libre y del vacío, como habían predicho James Clerk Maxwell y Michael Faraday, construyendo él mismo en su laboratorio un emisor y un receptor de ondas. Para el emisor, usó un oscilador, y para el receptor, un resonador. De la misma forma, calculó la velocidad de desplazamiento de las ondas en el aire y se acercó mucho al valor establecido por Maxwell, de 300 000 km/s. Se centró en consideraciones teóricas y dejó a otros las aplicaciones prácticas de sus descubrimientos. Guglielmo Marconi usó un artículo de Hertz para construir un emisor de radio, así como Aleksandr Stepánovich Popov hizo lo propio con su cohesor, aparato que adaptó mediante los descubrimientos de Hertz, para el registro de tormentas eléctricas. Murió en la ciudad de Bonn, Imperio alemán, el 1 de enero de 1894.

Oleó Vladimi Losev

Nació en Rusia, el 10 de mayo de 1903. Fue un científico e inventor ruso. En el transcurso de sus trabajos como técnico de radio en el Laboratorio Central de Leningrado, advirtió que los semiconductores empleados en los receptores de radio emitían luz cuando una corriente eléctrica los atravesaba, este fenómeno ya había sido observado, independientemente años antes, por Henry Joseph Round.³ El científico fabricó ese diodo cristalino a base de óxido de cinc y carburo de silicio, y al pasar corriente eléctrica por el mismo se producía una emisión de fotones (luminosa). Había nacido así el famoso diodo emisor de luz (LED, por las siglas en inglés).

En 1927 Lósev publicó los detalles del primer diodo emisor de luz en un memorable informe, que se publicó en la revista Telefonía de Rusia, bajo el título de "Detector luminoso de carburo de silicio y detección con cristales". Este fue el primer estudio divulgado acerca de los LED. En el período de 1924 a 1941, publicó una serie de artículos, detallando las funciones de un dispositivo, que él mismo había desarrollado, que generaba luz mediante electroluminiscencia, cuando los electrones emiten luz al caer a un nivel de energía inferior (según las teorías del efecto fotoeléctrico desarrolladas por Albert Einstein).

En abril de 2007 en un artículo de Nature Photonics, Nikolay Zheludev da a conocer a Lósev como el inventor del LED. Murió en San Petersburgo el 22 de enero de 1942.

James Clerk Maxwell

Nació en el reino unido el 13 de junio de 1831. Fue un científico escocés especializado en el campo de la física matemática. Su mayor logro fue la formulación de la teoría clásica de la radiación electromagnética, que unificó por primera vez la electricidad, el magnetismo y la luz como manifestaciones distintas de un mismo fenómeno.¹ Las ecuaciones de Maxwell, formuladas para el electromagnetismo, han sido ampliamente consideradas la "segunda gran unificación de la física", siendo la primera aquella realizada por Isaac Newton.

Con la publicación de *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field* en 1865, Maxwell demostró que el campo eléctrico y el campo magnético viajan a través del espacio en forma de ondas que se desplazan a la velocidad de la luz. Maxwell propuso también que la luz era una ondulación en el mismo medio que es causa de los fenómenos eléctricos y magnéticos.

Maxwell ayudó en el desarrollo de la distribución Maxwell-Boltzmann, un medio para describir de forma estadística ciertos aspectos de la teoría cinética de los gases. También es conocido por haber presentado, en 1861, la primera fotografía en color duradera, y por su trabajo en el análisis de la rigidez de las celosías que a día de hoy están presentes en muchos puentes.

Sus descubrimientos fueron claves para entrar en la era de la física moderna, sentando los cimientos de campos como la relatividad especial o la mecánica cuántica. Muchos físicos consideran a Maxwell el científico del siglo XIX con mayor influencia en la física del siglo XX. Su contribución a la ciencia es valorada por muchos como comparable a aquella realizada por científicos como Isaac Newton o Albert Einstein y en la votación del milenio, una encuesta sobre los 100 mayores físicos de la época, Maxwell acabó en tercer puesto, solo detrás de los dos científicos anteriormente mencionados. En el centenario del nacimiento de Maxwell, Einstein describió su trabajo como el “más profundo y fructífero que la física hubiese experimentado desde los tiempos de Newton”. Falleció el 5 de noviembre de 1879

Robert Millikan

Nació en Morrison, Illinois, EE. UU., el 22 de marzo de 1868. Fue un físico experimental estadounidense ganador del Premio Nóbel de Física en 1923, primordialmente por su trabajo para determinar el valor de la carga del electrón y el efecto fotoeléctrico. También investigó los rayos cósmicos.

En 1907 inició una serie de trabajos destinados a medir la carga del electrón, estudiando el efecto de los campos eléctrico y gravitatorio sobre una gota de agua (1909). Los resultados sugerían que la carga eléctrica de las gotas eran múltiplos de una carga eléctrica elemental, pero el experimento con gotas de agua no era lo suficientemente preciso para ser convincente, tenían tendencia a evaporarse demasiado rápidamente. Los resultados definitivos llegaron en 1910 cuando reemplazó las gotas de agua por su experimento con gotas de aceite, deduciendo de sus observaciones el primer valor preciso de la constante «eléctrica elemental».

En 1916 Robert A. Millikan empleó sus habilidades en la verificación experimental de la ecuación introducida por Albert Einstein en 1905 para describir el efecto fotoeléctrico y evaluando la constante "h" de Planck. En 1921 Millikan cambió su puesto en la Universidad de Chicago por el de Director del Laboratorio de Física Norman Bridge del Instituto Tecnológico de California (Caltech) en Pasadena. Allí se especializó en el estudio de la radiación que el físico Victor Hess había detectado viniendo del espacio exterior. Robert A. Millikan probó que esta radiación era extraterrestre y la bautizó como «rayos cósmicos». Como presidente del Consejo Ejecutivo del Caltech (el órgano gobernador del centro en esas fechas) desde 1921 hasta su retiro en 1945, Robert A. Millikan convirtió el centro en uno de las instituciones investigadoras líderes en los Estados Unidos. También participó desde 1921 al 1953 en el patronazgo del Servicio de Ciencia, ahora conocido como Sociedad para la Ciencia y el Público. Murió en San Marino, California; 19 de diciembre de 1953.

Wolfgang Ernst Pauli

Wolfgang Ernst Pauli. Nació en Viena, Austria, el 25 de abril de 1900. Fue un físico teórico austriaco, nacionalizado suizo y luego estadounidense. Se cuenta entre los padres fundadores de la mecánica cuántica; es suyo el principio de exclusión, según el cual es imposible que dos electrones en un átomo puedan tener la misma energía, el mismo lugar, e idénticos números cuánticos. En 1945 recibe el Premio Nobel de Física por su descubrimiento del principio de

exclusión, obteniendo la nacionalidad estadounidense en 1946. Murió en Zúrich el 15 de diciembre de 1958.

Max Karl Ernst Ludwig Planck

Nació en Kiel, Alemania, 23 de abril de 1858, fue un físico y matemático alemán considerado como el fundador de la teoría cuántica y galardonado con el Premio Nobel de Física en 1918.

Aunque en un principio fue ignorado por la comunidad científica, profundizó en el estudio de la teoría del calor y descubrió, uno tras otro, los mismos principios que ya había enunciado Josiah Willard Gibbs (sin conocerlos previamente, pues no habían sido divulgados). Las ideas de Clausius sobre la entropía ocuparon un espacio central en sus pensamientos.

En 1900, descubrió una constante fundamental, la denominada constante de Planck, usada para calcular la energía de un fotón. Esto significa que la radiación no puede ser emitida ni absorbida de forma continua, sino solo en determinados momentos y pequeñas cantidades denominadas cuantos o fotones. La energía de un cuanto o fotón depende de la frecuencia de la radiación:

$$E = h * f$$

Donde h es la constante de Planck y su valor es $6,626 \times 10^{-34}$ J*s o también $4,13 \times 10^{-15}$ eV*s. y f es la frecuencia.

Un año después descubrió la ley de la radiación electromagnética emitida por un cuerpo a una temperatura dada, denominada ley de Planck, que explica el espectro de emisión de un cuerpo negro. Esta ley se convirtió en una de las bases de la mecánica cuántica, que emergió unos años más tarde con la colaboración de Albert Einstein y Niels Bohr, entre otros. Murió en Gotinga, Alemania, 4 de octubre de 1947

Ernest Rutherford

Ernest Rutherford. Nació el 30 de agosto de 1871 en Cambridge, Reino Unido.

Fue un físico y químico, se dedicó al estudio de las partículas radiactivas y logró clasificarlas en alfa (α), beta (β) y gamma (γ). Halló que la radiactividad iba acompañada por una desintegración de los elementos, lo que le valió para ganar el Premio Nobel de Química en 1908. Se le debe un modelo atómico, con el que probó la existencia del núcleo atómico, en el que se reúne toda la carga positiva y casi toda la masa del átomo.

En 1907, obtiene una plaza de profesor en la Universidad de Mánchester, en donde trabajará junto a Hans Geiger. Con este inventará un contador que permite detectar las partículas alfa emitidas por sustancias radiactivas (prototipo del futuro contador Geiger), ya que ionizando el gas que se encuentra en el aparato, producen una descarga que se puede detectar. Este dispositivo les permite estimar el número de Avogadro de modo muy directo: averiguando el periodo de desintegración del radio y midiendo con su aparato el número de desintegraciones por unidad de tiempo. De ese modo dedujeron el número de átomos de radio presente en la muestra. Primera transmutación de la materia, de nitrógeno a oxígeno, efectuado por Ernest Rutherford.

En 1908, junto con uno de sus estudiantes, Thomas Royds, demuestra de modo definitivo lo que se suponía: que las partículas alfa son núcleos de helio. En realidad, lo que prueban es que una vez liberadas de su carga, las partículas alfa son átomos de helio. Para demostrarlo, aisló

la sustancia radiactiva en un material suficientemente delgado para que las partículas alfa lo atravesaran efectivamente, pero para ello bloquea cualquier tipo de "emanación" de elementos radiactivos, es decir, cualquier producto de la desintegración. Recoge a continuación el gas que se halla alrededor de la caja que contiene las muestras y analiza su espectro. Encuentra entonces gran cantidad de helio: los núcleos que constituyen las partículas alfa, han recuperado electrones disponibles.

En 1911 hará su mayor contribución a la ciencia, al descubrir el núcleo atómico. Había observado en Montreal al bombardear una fina lámina de mica con partículas alfa, que se obtenía una deflexión de dichas partículas. Al retomar Geiger y Marsden de modo más concienzudo estos experimentos y utilizando una lámina de oro, se dieron cuenta de que algunas partículas alfa se desviaban más de 90 grados. Rutherford lanzó entonces la hipótesis, que Geiger y Marsden enfrentaron a las conclusiones de su experimento, de que en el centro del átomo debía haber un "núcleo" que contuviera casi toda la masa y toda la carga positiva del átomo, y que de hecho los electrones debían determinar el tamaño del átomo. Este modelo planetario había sido sugerido en 1904 por un japonés, Hantarō Nagaoka, aunque había pasado desapercibido. Se le objetaba que en ese caso los electrones tendrían que irradiar girando alrededor del núcleo central y, en consecuencia, caer. Los resultados de Rutherford demostraron que ese era sin dudar el modelo bueno, puesto que permitía prever con exactitud la tasa de difusión de las partículas alfa en función del ángulo de difusión y de un orden de magnitud para las dimensiones del núcleo atómico. Las últimas objeciones teóricas (sobre la irradiación del electrón) se desvanecieron con los principios de la teoría cuántica y la adaptación que hizo Niels Bohr del modelo de Rutherford a la teoría de Max Planck, lo que sirvió para demostrar la estabilidad del átomo de Rutherford. Murió el 19 de octubre de 1937.

Erwin Schrödinger

Nació en Viena en 1887, estudió en la universidad de esa ciudad. Dio clases de física en las universidades de Stuttgart (Alemania), Breslau (Polonia), Zúrich, Berlín, Oxford y Graz (Austria). Desde 1940 hasta su jubilación en 1955 fue director de la escuela de física teórica del Instituto de Estudios Avanzados de Dublín.

La aportación más importante de Schrödinger a la física fue el desarrollo de una rigurosa descripción matemática de las ondas estacionarias discretas que describen la distribución de los electrones dentro del átomo. Schrödinger demostró que su teoría, publicada en 1926, era el equivalente en matemáticas a las teorías de mecánica matricial que había formulado el año anterior el físico alemán Werner Heisenberg. Juntas, sus teorías constituyeron en buena medida la base de la mecánica cuántica. Schrödinger compartió en 1933 el Premio Nobel de Física con el británico Paul A. M. Dirac por su aportación al desarrollo de la mecánica cuántica. Su investigación incluía importantes estudios sobre los espectros atómicos, la termodinámica estadística y la mecánica ondulatoria. Murió en 1961

Joseph John Thomson

Sir Joseph John Thomson fue un científico británico que nació el 18 de Diciembre de 1856. Descubrió la primera partícula subatómica, el electrón. J.J. Thomson descubrió partículas cargadas negativamente mediante un experimento de tubo de rayos catódicos en el año 1897.

Como consecuencia de este descubrimiento, y considerando que aún no se tenía evidencia del núcleo de átomo, Thomson pensó que los electrones se encontraban inmersos en una sustancia de carga positiva que contrarrestaba la carga negativa de los electrones, ya que los átomos tie-

nen carga neutral. Algo semejante a tener una gelatina con pasas flotando adentro. Por este motivo a su modelo atómico se le conoció como el modelo del pudín con pasas.

En este modelo, Thompson aún llamaba a los electrones corpúsculos y consideraba que estaban dispuestos en forma no aleatoria, en anillos giratorios, sin embargo la parte positiva permanecía en forma indefinida. Murió el 30 de agosto de 1940.

Wilhelm Wien

El físico Wilhelm Wien nació en Múnich en 1864.

Sus trabajos de investigación abarcaron varios campos de la física, como la hidrodinámica, las descargas eléctricas a través de gases enrarecidos, el estudio de los rayos catódicos y la acción de campos eléctricos y magnéticos sobre los mismos.

En 1893 logró combinar la formulación de Maxwell con las leyes de la termodinámica para intentar explicar la emisividad del denominado cuerpo negro: enunció una de las leyes de la radiación, la ley de desplazamiento de Wien.

En 1898, mientras estudiaba corrientes de gas ionizado Wien detectó una partícula positiva igual en masa al átomo de hidrógeno: con este trabajo, sentó las bases de la espectrometría de masas. J.J. Thomson perfeccionó el sistema de Wien y llevó a cabo más experimentos. Tras el trabajo de Ernest Rutherford en 1919, la partícula de Wien fue aceptada y recibió el nombre de protón.

En 1911 recibió el Premio Nobel de Física por su trabajo sobre la radiación térmica.

Falleció un 30 de agosto de 1928.

Temas de interés desarrollados

Artículos principales de Albert Einstein

1. Efecto fotoeléctrico

Artículo principal: Efecto fotoeléctrico

Un diagrama ilustrando la emisión de los electrones de una placa metálica, requiriendo de la energía que es absorbida de un fotón.

El primero de sus artículos de 1905 se titulaba Un punto de vista heurístico sobre la producción y transformación de luz. En él, Einstein proponía la idea de «quanto» de luz (ahora llamados fotones) y mostraba cómo se podía utilizar este concepto para explicar el efecto fotoeléctrico.

La teoría de los cuantos de luz fue un fuerte indicio de la dualidad onda-corpúsculo y de que los sistemas físicos pueden mostrar tanto propiedades ondulatorias como corpusculares. Este artículo constituyó uno de los pilares básicos de la mecánica cuántica. Una explicación completa del efecto fotoeléctrico solamente pudo ser elaborada cuando la teoría cuántica estuvo más avanzada. Por este trabajo, y por sus contribuciones a la física teórica, Einstein recibió el Premio Nobel de Física de 1921.

2. Movimiento browniano

Artículo principal: Movimiento browniano

Su segundo artículo, titulado Sobre el movimiento requerido por la teoría cinética molecular del calor de pequeñas partículas suspendidas en un líquido estacionario, cubría sus estudios sobre el movimiento browniano.

El artículo sobre el movimiento browniano, el cuarto en grado de importancia, está estrechamente relacionado, con el artículo sobre teoría molecular. Se trata de una pieza de mecánica estadística muy elaborada, destacable por el hecho que Einstein no había oído hablar de las mediciones de Robert Brown de la década de 1820 hasta finales de ese mismo año (1905); así pues, escribió este artículo, titulándolo Sobre la teoría del movimiento browniano.

El artículo explicaba el fenómeno haciendo uso de las estadísticas del movimiento térmico de los átomos individuales que forman un fluido. El movimiento browniano había desconcertado a la comunidad científica desde su descubrimiento unas décadas atrás. La explicación de Einstein proporcionaba una evidencia experimental incontestable sobre la existencia real de los átomos. El artículo también aportaba un fuerte impulso a la mecánica estadística y a la teoría cinética de los fluidos, dos campos que en aquella época permanecían controvertidos.

Antes de este trabajo los átomos se consideraban un concepto útil en física y química, pero al contrario de lo que cuenta la leyenda, la mayoría de los físicos contemporáneos ya creían en la teoría atómica y en la mecánica estadística desarrollada por Boltzmann, Maxwell y Gibbs; además ya se habían hecho estimaciones bastante buenas de los radios del núcleo y del número de Avogadro. El artículo de Einstein sobre el movimiento atómico entregaba a los experimentalistas un método sencillo para contar átomos mirando a través de un microscopio ordinario.

Wilhelm Ostwald, uno de los líderes de la escuela antiatómica, comunicó a Arnold Sommerfeld que había sido transformado en un creyente en los átomos por la explicación de Einstein del movimiento browniano.

3. Relatividad especial

Artículo principal: Teoría de la relatividad especial

Una de las fotografías tomadas del eclipse de 1919 durante la expedición de Arthur Eddington, en el que se pudieron confirmar las predicciones de Einstein acerca de la curvatura de la luz en presencia de un campo gravitatorio.

El tercer artículo de Einstein de ese año se titulaba *Zur Elektrodynamik bewegter Körper* («Sobre la electrodinámica de cuerpos en movimiento»). En este artículo Einstein introducía la teoría de la relatividad especial estudiando el movimiento de los cuerpos y el electromagnetismo en ausencia de la fuerza de interacción gravitatoria.

La relatividad especial resolvía los problemas abiertos por el experimento de Michelson y Morley en el que se había demostrado que las ondas electromagnéticas que forman la luz se movían en ausencia de un medio. La velocidad de la luz es, por lo tanto, constante y no relativa al movimiento. Ya en 1894, George Fitzgerald había estudiado esta cuestión demostrando que el experimento de Michelson y Morley podía ser explicado si los cuerpos se contraen en la dirección de su movimiento. De hecho, algunas de las ecuaciones fundamentales del artículo de Einstein habían sido introducidas anteriormente (1903) por Hendrik Lorentz, físico holandés, dando forma matemática a la conjetura de Fitzgerald.

Esta famosa publicación está cuestionada como trabajo original de Einstein, debido a que en ella omitió citar toda referencia a las ideas o conceptos desarrollados por estos autores así como los trabajos de Poincaré. En realidad Einstein desarrollaba su teoría de una manera totalmente diferente a estos autores deduciendo hechos experimentales a partir de principios fundamentales y no dando una explicación fenomenológica a observaciones desconcertantes. El mérito de Einstein estaba por lo tanto en explicar lo sucedido en el experimento de Michelson y Morley como consecuencia final de una teoría completa y elegante basada en principios fundamentales y no como una explicación ad-hoc o fenomenológica de un fenómeno observado.

Su razonamiento se basó en dos axiomas simples: En el primero reformuló el principio de simultaneidad, introducido por Galileo Galilei siglos antes, por el que las leyes de la física deben ser invariantes para todos los observadores que se mueven a velocidades constantes entre ellos, y el segundo, que la velocidad de la luz es constante para cualquier observador. Este segundo axioma, revolucionario, va más allá de las consecuencias previstas por Lorentz o Poincaré que simplemente relataban un mecanismo para explicar el acortamiento de uno de los brazos del experimento de Michelson y Morley. Este postulado implica que si un destello de luz se lanza al cruzarse dos observadores en movimiento relativo, ambos verán alejarse la luz produciendo un círculo perfecto con cada uno de ellos en el centro. Si a ambos lados de los observadores se pusiera un detector, ninguno de los observadores se pondría de acuerdo en qué detector se activó primero (se pierden los conceptos de tiempo absoluto y simultaneidad).⁴⁴ La teoría recibió el nombre de "teoría especial de la relatividad" o "teoría restringida de la relatividad" para distinguirla de la teoría de la relatividad general, que fue introducida por Einstein en 1915 y en la que se consideran los efectos de la gravedad y la aceleración.

4. Equivalencia masa-energía

Artículo principal: Equivalencia entre masa y energía

$$E = mc^2$$

El cuarto artículo mostraba una deducción de la fórmula de la relatividad que relaciona masa y energía. En este artículo se exponía que "la variación de masa de un objeto que emite una energía E

Muestra cómo una partícula con masa posee un tipo de energía, "energía en reposo", distinta de las clásicas energía cinética y energía potencial. La relación masa-energía se utiliza comúnmente para explicar cómo se produce la energía nuclear; midiendo la masa de núcleos atómicos y dividiendo por el número atómico se puede calcular la energía de enlace atrapada en los núcleos atómicos. Paralelamente, la cantidad de energía producida en la fisión de un núcleo atómico se calcula como la diferencia de masa entre el núcleo inicial y los productos de su desintegración, multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado.

5. Relatividad general

Artículo principal: Teoría general de la relatividad

En noviembre de 1915, Einstein presentó una serie de conferencias en la Academia Prusiana de las Ciencias en las que describió la teoría de la relatividad general. El principio fundamental de la teoría era el denominado principio de equivalencia. A pesar de la abstracción matemática de la teoría, las ecuaciones permitían deducir fenómenos comprobables. El 29 de mayo de 1919, Arthur Eddington fue capaz de medir, durante un eclipse, la desviación de la luz de una estrella al pasar cerca del Sol, una de las predicciones de la relatividad general. Cuando se hizo pública esta confirmación la fama de Einstein se incrementó enormemente y se consideró un paso revolucionario en la física. Desde entonces la teoría se ha verificado en todos y cada uno de los experimentos y verificaciones realizados hasta el momento.

A pesar de su popularidad, o quizás precisamente por ella, la teoría contó con importantes detractores entre la comunidad científica que no podían aceptar una física sin un sistema de referencia absoluto.

Estadísticas de Bose-Einstein

Artículo principal: Estadística de Bose-Einstein

En 1924 Einstein recibió un artículo de un joven físico indio, Satyendranath Bose, denominado La ley de Planck y la hipótesis del cuanto de luz, describiendo a la luz como un gas de fotones y pidiendo la ayuda de Einstein para su publicación. Einstein se dio cuenta de que el mismo tipo de estadísticas podían aplicarse a grupos de átomos y publicó el artículo, conjuntamente con Bose, en alemán, la lengua más importante en física en la época. Las estadísticas de Bose-Einstein explican el comportamiento de los tipos básicos de partículas elementales denominadas bosones.

La teoría de campo unificada

Einstein dedicó sus últimos años a la búsqueda de una de las más importantes teorías de la física, la llamada teoría de campo unificada. Dicha búsqueda, después de su teoría general de la relatividad, consistió en una serie de intentos tendentes a generalizar su teoría de la gravitación para lograr unificar y resumir las leyes fundamentales de la física, específicamente la gravitación y el electromagnetismo. En el año 1950, expuso su teoría de campo unificada en un artículo titulado «Sobre la teoría generalizada de la gravitación» (On the Generalized Theory of Gravitation) en la revista Scientific American.

Aunque Albert Einstein fue mundialmente célebre por sus trabajos en física teórica, paulatinamente fue aislándose en su investigación, y sus intentos no tuvieron éxito. Persiguiendo la unificación de las fuerzas fundamentales, Albert ignoró algunos importantes desarrollos en la

física, siendo notablemente visible en el tema de las fuerzas nuclear fuerte y nuclear débil, que no se entendieron bien sino después de quince años tras la muerte de Einstein (cerca del año 1970), mediante numerosos experimentos en física de altas energías. Los intentos propuestos por la teoría de cuerdas o la teoría M, evidencian que aún perdura su ímpetu para conseguir demostrar la gran teoría de la unificación de las leyes de la física.

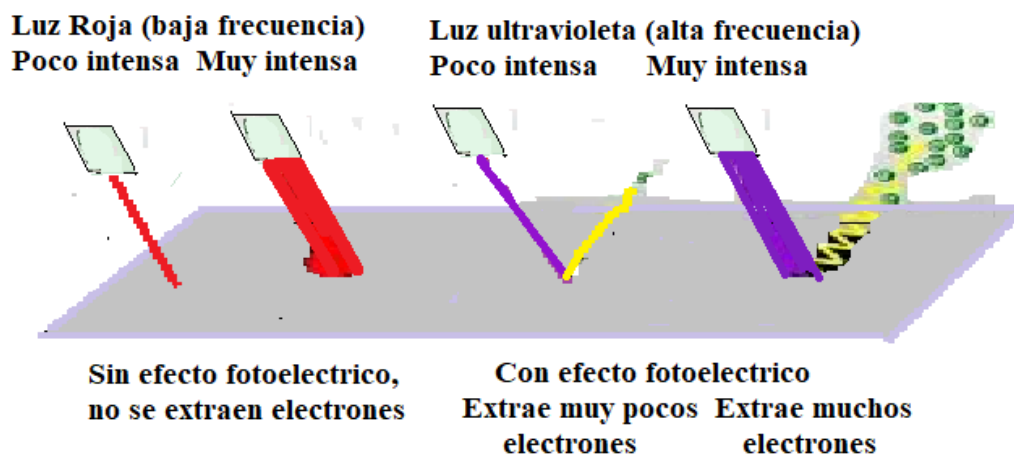
Constante de Planck

Medida de h por Millikan

La letra h en la ecuación de Einstein, es importante porque es fundamental para la estructura de la materia y, por lo tanto, es una constante universal. Habiendo sido introducida primero por Planck, en 1901, el nombre de la constante de Planck se ha adherido firmemente a este símbolo h . La primera confirmación experimental de la ecuación fotoeléctrica de Einstein vino en 1912, cuando A. L. Hugues; e independiente O. W. Richardson y K. T. Compton, observaron que la energía de los fotoelectrones aumentaba proporcionalmente con la frecuencia. La constante de proporcionalidad que ellos encontraron es aproximadamente igual a la constante h de Planck.

Umbral fotoeléctrico

Una vez hechas las mediciones, Millikan calculo las energías correspondientes a los fotones para diversas frecuencias de luz y represento los resultados sobre un gráfico. El punto de intersección entre la recta y el eje horizontal determinara la frecuencia umbral ν_0 .



El umbral fotoeléctrico se define como la frecuencia para la cual la luz que incide sobre la superficie metálica solo puede liberar los electrones, pero sin comunicarles energía cinética adicional. Para esta frecuencia, la energía cinética $\frac{1}{2}mv^2$ de la ecuación de Einstein es nula y la energía del fotón está dada por

$$E = h \cdot f_0$$

El valor de h es $6.6261965 \times 10^{-34}$ joule segundo.

El Premio Nobel de Física asignado a Millikan en 1923 le fue otorgado en primer lugar por sus importantes trabajos experimentales de determinación de la constante de Planck y en segundo lugar por la determinación de la carga electrónica e .

Dualidad Onda Partícula

Las primeras teorías comprensibles de la luz fueron expuestas por C. Huygens, quien propuso una teoría ondulatoria de la misma, y en particular, demostrando que cada punto de un frente de onda que avanza es de hecho el centro de una nueva perturbación y la fuente de un nuevo tren de ondas. Sin embargo, su teoría tenía debilidades en otros puntos y fue pronto ensombrecida por la Teoría Corpuscular de I. Newton.

Aunque previamente I. Newton había discutido este problema con P. Fermat, otro reconocido físico de la óptica del siglo XVII, el significado de la difracción de la luz no se hizo patente hasta el trabajo realizado por Newton durante su estada en la campiña de Woolsthorpe durante la gran epidemia de Peste de 1665.

Apoyado en las premisas de sus contemporáneos, Newton propone que la luz es formada por pequeñas partículas, con las cuales se explica fácilmente el fenómeno de la reflexión. Con un poco más de dificultad y de un modo menos satisfactorio al no invocar la naturaleza ondulatoria, pudo explicar también la refracción a través de lentes y la separación de la luz solar en colores mediante un prisma.

Debido a la enorme estatura intelectual de Newton, su teoría fue la dominante por un período de un siglo aproximadamente, mientras que la teoría de Huygens fue olvidada. Con el descubrimiento de la difracción en el siglo XIX, sin embargo, la teoría ondulatoria fue recuperada.

A partir del experimento de la doble rendija, Young y Fresnel certificaron científicamente las teorías de Huygens. El experimento demostró que la luz, cuando atraviesa una o dos rendijas, muestra un patrón característico de interferencias similar al de las ondas producidas en el agua. La longitud de onda puede ser calculada mediante dichos patrones. Maxwell, a finales del mismo siglo, explicó la luz como la propagación de una onda electromagnética mediante las ecuaciones de Maxwell. Tales ecuaciones, ampliamente demostradas mediante la experiencia, hicieron que Huygens fuese de nuevo aceptado y durante el siglo XX el debate entre ambas sobrevivió durante un largo tiempo.

Al finalizar el siglo XIX, gracias a la teoría atómica, se sabía que toda materia estaba formada por partículas elementales llamadas átomos. La electricidad se pensó primero como un fluido, pero Joseph John Thomson demostró, en sus experimentos con rayos catódicos, que consistía en un flujo de partículas llamadas electrones. Todos estos descubrimientos llevaron a la idea de que una gran parte de la Naturaleza estaba compuesta por partículas. Al mismo tiempo, las ondas eran bien entendidas, junto con sus fenómenos, como la difracción y la interferencia. Se creía, pues, que la luz era una onda, tal y como demostró el Experimento de Young y efectos tales como la difracción de Fraunhofer.

Instrumento de medida: Espectrofotómetro

Es un instrumento usado en el análisis químico que sirve para medir, en función de la longitud de onda, la relación entre valores de una misma magnitud fotométrica relativos a dos haces de radiaciones y la concentración o reacciones químicas que se miden en una muestra. También es utilizado en los laboratorios de química para la cuantificación de sustancias y microorganismos. Este instrumento tiene la capacidad de proyectar un haz de luz monocromática a través de una muestra y medir la cantidad de luz que es absorbida por dicha muestra. Esto le permite al operador realizar dos funciones: dar información sobre la naturaleza de la sustancia

en la mezcla e indicar indirectamente qué cantidad de la sustancia que nos interesa está presente en la muestra.

El espectrofotómetro se inventó en 1940, por Arnold J. Beckman y sus colegas en los Laboratorios National Technologies, la empresa que Beckman había comenzado en 1935. Fueron conducidos por el líder de proyecto Howard H. Cary. El espectrofotómetro fue el mayor descubrimiento de la compañía.

El mismo está compuesto por los siguientes elementos:

Fuente de luz: ilumina la muestra debe cumplir con las siguientes condiciones: estabilidad, direccionalidad, distribución de energía espectral continua y larga vida. Las fuentes empleadas son: lámpara de wolframio (también llamado tungsteno), lámpara de arco de xenón y lámpara de deuterio que es utilizada en los laboratorios atómicos. Utiliza las propiedades de la luz y su interacción con otras sustancias, para determinar la naturaleza de las mismas. En general, la luz de una lámpara de características especiales es guiada a través de un dispositivo que selecciona y separa luz de una determinada longitud de onda y la hace pasar por una muestra. La intensidad de la luz que sale de la muestra es captada y comparada con la intensidad de la luz que incidió en la muestra y a partir de esto se calcula la transmitancia de la muestra, que depende de factores como la concentración de la sustancia.

Monocromador: aísla las radiaciones de longitud de onda deseada que inciden o se reflejan desde el conjunto, se usa para obtener luz monocromática.

Está constituido por las rendijas de entrada y salida, colimadores y el elemento de dispersión. El colimador se ubica entre la rendija de entrada y salida. Es un lente que lleva el haz de luz que entra con una determinada longitud de onda hacia un prisma el cual separa todas las longitudes de onda de ese haz y la longitud deseada se dirige hacia otra lente que direcciona ese haz hacia la rendija de salida.

Compartimiento de Muestra: Es donde tiene lugar la interacción con la materia (debe producirse donde no haya absorción ni dispersión de las longitudes de onda). Es importante destacar, que durante este proceso, se aplica la ley de Lambert-Beer en su máxima expresión, con base en sus leyes de absorción, en lo que concierne al paso de la molécula de fundamentalmente excitado.

Detector: es quien detecta una radiación y a su vez lo deja en evidencia, para posterior estudio. Hay de dos tipos:

- a. los que responden a fotones.
- b. los que responden al calor.

Fotodetectores: En los instrumentos modernos se encuentra una serie de 16 fotodetectores para percibir la señal en forma simultánea en 16 longitudes de onda, cubriendo el espectro visible. Esto reduce el tiempo de medida, y minimiza las partes móviles del equipo.

Colimador: es un lente que lleva el haz de luz entrante con una determinada longitud de onda hacia un prisma, el cual separa todas las longitudes de onda de ese haz logrando que se redirija hacia la rendija de salida.

Registrador: Convierte el fenómeno físico en números proporcionales al analítico en cuestión.

Líneas de Balmer:

En física atómica, la serie de Balmer es el conjunto de líneas que resultan de la emisión

del átomo de hidrógeno cuando un electrón transita desde un nivel $n \geq 3$ a $n = 2$ (donde n representa el número cuántico principal referente al nivel de

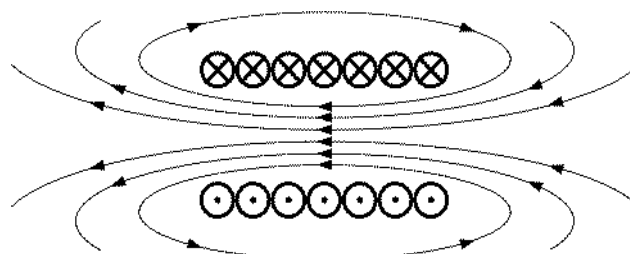
energía del electrón). Las transiciones son denominadas secuencialmente por letras griegas: desde $n = 3$ a $n = 2$ es llamada H-alpha, 4 a 2 es H-beta, 5 a 2 es H-gamma, etc. Joseph von Fraunhofer, descubrió una serie de líneas oscuras (un espectro de absorción) presente en el espectro solar continuo. Estas líneas de Fraunhofer establecieron la presencia de elementos químicos individuales en el Sol.

El trabajo de Fraunhofer estimuló un gran interés en la espectroscopia y dio lugar al desarrollo de mejores técnicas e instrumentos. Al final del siglo XIX, la espectroscopia había llegado a ser un campo de la física perfectamente desarrollado. Se habían medido con todo cuidado los espectros de la mayoría de los elementos y se contaba con tablas detalladas de longitudes de onda. Pero aun así no se comprendían las razones de la existencia de las líneas espectrales.

Imagen de Resonancia Magnética (Siglas en ingles MRI)

La técnica de imagen por resonancia magnética, IRM, se ha convertido en una herramienta de diagnóstico esencial en todo el mundo debido a su capacidad para representar y distinguir de manera no invasiva los tejidos blandos del cuerpo. En el nivel más básico, utiliza un campo magnético inducido y una onda de radiofrecuencia pulsada para crear imágenes detalladas de un paciente. Varios descubrimientos clave allanaron el camino para su creación, incluidas las teorías del electromagnetismo, la física nuclear y la mecánica cuántica, que llevaron al descubrimiento del giro característico de las partículas.

A lo largo del siglo XIX, Michael Faraday, James Clerk Maxwell y otros expusieron las teorías fundamentales del electromagnetismo. Se descubrió que existe una dualidad inherente en la naturaleza entre los campos de energía magnéticos y eléctricos, que podrían manipularse y cuantificarse en conjunto unos con otros.



Un dispositivo de IRM clásico contiene un solenoide que transporta altas corrientes para generar un campo magnético de unos pocos Tesla. La figura de arriba muestra una sección

transversal del solenoide donde las cruces representan una corriente en el papel y los puntos una corriente fuera del papel. Desde la regla de la mano derecha, puede encontrar la dirección del campo magnético resultante representado en la figura.



El descubrimiento de estados de espín nuclear ha tenido un gran impacto en cómo entendemos la naturaleza cuántica de las partículas. Las tecnologías de imágenes, como la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN) y la RM, son el resultado de nuestro creciente conocimiento en este campo. Se ha demostrado que un núcleo ocupará una de las dos orientaciones. Esta propiedad física intrínseca es la que manipula una máquina de IRM.

Aspectos de la Técnica de Imagen por resonancia magnética

El cuerpo humano está compuesto principalmente de átomos de hidrógeno (63%) y la mayoría de nuestros tejidos contienen aproximadamente el 75% de agua. Las máquinas de resonancia magnética que se utilizan actualmente para fines de diagnóstico clínico hacen uso de este hecho a través de lo que se conoce como el cambio químico. El cambio químico se define como la diferencia en la frecuencia de resonancia entre el hidrógeno aislado y su valor cuando se une a un sitio específico dentro de una molécula. Diferentes tejidos contendrán diversas composiciones químicas / ambientes, y por lo tanto diferentes cambios químicos, permitiendo un contraste perceptible entre ellos.

Tanto los protones como los neutrones tienen un momento magnético. A menos que el núcleo contenga un número par de protones y un número par de neutrones, el núcleo atómico tiene un momento magnético neto. Un núcleo debe tener una magnetización neta para que pueda ser discernible mediante espectroscopia de resonancia magnética.

Un escáner de resonancia magnética se compone de varios componentes. Un solenoide muy grande, que crea el campo magnético (campo B) dentro del canal central donde se encuentra el paciente. Ese campo magnético alinea los núcleos del cuerpo del paciente en paralelo a su campo B. Un pulso de radio excita los núcleos de los tejidos corporales para cambiar de forma transitoria los estados de giro. A medida que los núcleos se voltean y se realinean, producen cantidades detectables de fotones. Estas bobinas de gradiente pueden integrarse en la unidad principal grande o personalizarse para partes individuales del cuerpo.

Durante el registro de la imagen, la corriente de estas bobinas se enciende y apaga en intervalos y se usa para dar forma precisa a la imagen que se recopila. Son las fuerzas generadas en estas bobinas de gradiente por el campo magnético estático principal lo que genera los ruidos fuertes de "golpeteo" que están asociados con la exploración. El enlace del video a continuación proporciona una buena demostración de los componentes generales de un escáner y el proceso general que tiene lugar cuando se usa uno.

<http://www.analogic.com/collateral/documents/english-us/mr-qt.html>

Aplicaciones de la IRM

Determinación de imágenes

Tratamiento en planos individuales:

Al igual que con otros dispositivos de diagnóstico por imágenes, la mayoría de las imágenes de IRM se toman en un solo plano. De hecho, las tomografías computarizadas requieren cientos de cortes individuales para comprender sus imágenes tridimensionales. Como resultado, es importante que los médicos se sientan cómodos al ver imágenes de diferentes orientaciones en todo el cuerpo.

En las imágenes de resonancia magnética a continuación se muestran distintos planos en los que se tomó cada imagen.

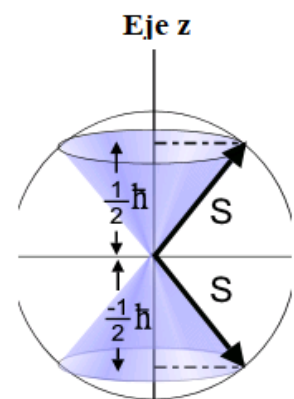


Para generar una división, la resonancia magnética necesita excitar los núcleos de hidrógeno en un plano. Esto se hace mediante la adición de un campo magnético externo de menor valor, así, variando la RF obtenemos señales de distintos planos del cuerpo, tanto más finos cuanto mayor sea la graduación del campo magnético principal.

Experiencia de Stern Gerlach

El experimento de Stern y Gerlach, nombrado así en honor de los físicos alemanes Otto Stern y Walther Gerlach, es un famoso experimento realizado por primera vez en 1922 sobre la deflexión de partículas y que ayudó a sentar las bases experimentales de la mecánica cuántica.

Descripción del experimento: consiste en enviar un haz de átomos de plata a través de un campo magnético inhomogéneo. El campo magnético crecía en intensidad en la dirección perpendicular a la que se envía el haz. El espín de



los diferentes átomos fuerza a las partículas de espín positivo $+1/2$ a ser desviadas hacia arriba y a las partículas de espín opuesto $-1/2$ a ser desviadas en el sentido contrario, y por lo tanto puede medir el momento magnético de las partículas.

En el caso clásico no cuántico, una partícula cualquiera con un momento magnético entrará en el campo magnético con su momento magnético orientado al azar. El efecto del campo magnético sobre tales partículas clásicas ocasionaría que fueran desviadas también en sentidos opuestos, pero dependiendo el grado de deflexión del ángulo inicial entre el momento magnético y el campo magnético al que se somete el haz. Por lo tanto, algunas partículas serían desviadas fuertemente, otras de manera más débil y progresivamente se irían encontrando partículas desviadas en ambas direcciones cubriendo todo el espectro de intensidades posibles.

Sin embargo, el experimento de Stern-Gerlach pone de manifiesto que esto no es así, y se observa que todas las partículas se desvían o bien hacia arriba o bien hacia abajo, pero ambos grupos con la misma intensidad.

El momento magnético m del átomo puede medirse mediante esta experiencia, y es igual en módulo al magnetón de Bohr m_B .

Otto Stern y Walther Gerlach realizaron el experimento en 1922. En aquella época, Stern era ayudante de investigación de Max Born en el Instituto de Física Teórica de la Universidad de Fráncfort, y Gerlach era ayudante de investigación en el Instituto de Física Experimental de esa misma universidad.

Después de la primera guerra mundial, Otto Stern se vio interesado en los experimentos sobre haces moleculares de sodio realizados en 1911 por Louis Dunoyer, quien había demostrado que los "rayos moleculares" de sodio viajaban en línea recta. Otto Stern pensaba que utilizando tales haces se podían medir propiedades esenciales de la materia y poner a prueba las incipientes ideas cuánticas de la época. Walther Galacho por su parte había realizado su doctorado trabajando sobre la emisión de cuerpo negro y el efecto fotoeléctrico dos de los pilares básicos de la mecánica cuántica y había trabajado posteriormente en el desarrollo de la telegrafía sin hilos.

En la época del experimento el modelo más famoso de la estructura atómica era el modelo de Bohr que describía los electrones como partículas que orbitaban el núcleo atómico cargado positivamente en orbitales cada uno de los cuales tenía asociado un cierto nivel de energía. Dado que los electrones estaban cuantizados, forzados a encontrarse en determinados niveles de energía se suponía que la cuantización estaba referida a una cuantización del espacio a escala subatómica.

El experimento tardó más de un año en poder ser desarrollado con éxito desde su concepción original. En la forma final del experimento un haz de átomos de plata (producidos por *efusión* del vapor metálico producido en un horno calentado a $1000\text{ }^\circ\text{C}$) era colimado por dos rendijas estrechas de unos 0.03 mm y atravesaban una bobina magnética de 3.5 cm de longitud con un campo magnético de una intensidad máxima de 0.1 teslas y un gradiente máximo de unos 10 tesla/cm . La desviación de los haces atómicos conseguida era tan sólo de 0.01 mm . El instrumento original solía estropearse unas pocas horas después de iniciarse el experimento por lo que tan sólo una fina capa de átomos de plata eran depósitos en el receptor final. Cuando Stern y Gerlach observaron el receptor no se veían trazas de la plata depositada, pero a medida que exploraban la placa receptora esta empezó a cubrirse de un material que mostraba el paso del haz. Tal y como cuenta Gerlach en sus memorias la plata estaba reaccionando con los vapores de mercurio que provenían de su respiración y de los cigarrillos que fumaba habitualmente.

18- Anexo III

Programa de física colegio Nacional 6| Año

Colegio Nacional Departamento de Ciencias Exactas

Asignatura: Física

Programa de Física de 6to año

Sección Física Nivel: Sexto Año

Carga horaria: 4 hs semanales. Cuatrimestral

Objetivos de enseñanza:

- Generar en el aula de física, espacios de colaboración entre pares para favorecer el diálogo sobre los fenómenos naturales y tecnológicos que se trabajen en este año y los procesos de expresión científica de los mismos;
- Modelizar, desde su actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de la física como actividad científica. En este sentido, el pensamiento en voz alta en el que se refleje, por ejemplo, la formulación de preguntas y el análisis de variables ante un cierto problema permite a los estudiantes/as visualizar cómo un adulto competente en estas cuestiones piensa y resuelve los problema específicos que se le presentan;
- Considerar, como parte de la complejidad de la enseñanza de conceptos científicos, las representaciones y marcos conceptuales con los que los estudiantes/as se aproximan a los nuevos conocimientos, para acompañarlos en el camino hacia construcciones más cercanas al conocimiento científico;
- Plantear problemas apropiados, a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan iniciar y transitar el camino desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares que se busca enseñar;
- Planificar actividades que impliquen investigaciones escolares, que combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo, en los que se pongan en juego los contenidos que deberán aprender los estudiantes/as;
- Diseñar actividades experimentales y salidas de campo con una planificación previa que permita entender y compartir el sentido de las mismas dentro del proceso de aprendizaje;
- Explicitar los motivos de las actividades propuestas, así como los criterios de concreción de las mismas y las demandas específicas que se plantean a los estudiantes/as para la realización de sus tareas de aprendizaje en química;
- Trabajar con los errores de los estudiantes/as como fuente de información de los procesos intelectuales que están realizando y como parte de un proceso de construcción de significados.

- Evaluar las actividades con criterios explícitos concordantes con las tareas propuestas y los objetivos de aprendizaje que se esperan alcanzar.

Objetivos de aprendizaje:

- Incorporar al lenguaje cotidiano términos provenientes de la Física que permitan dar cuenta de fenómenos naturales y tecnológicos.
- Utilizar conceptos y procedimientos físicos durante las clases, para dar argumentaciones y explicaciones de fenómenos naturales o artificiales
- Leer textos de divulgación científica o escolares relacionados con los contenidos de física y comunicar, en diversos formatos y géneros discursivos, la interpretación alcanzada.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- Comunicar a diversos públicos (al grupo, a estudiantes más pequeños, a pares, a padres, a la comunidad, etc.) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar.
- Elaborar hipótesis pertinentes y contrastables sobre el comportamiento de sistemas físico para indagar las relaciones entre las variables involucradas.
- Utilizar conceptos, modelos y procedimientos de la Física en la resolución de problemas cualitativos y cuantitativos relacionados con los ejes temáticos trabajados.
- Establecer relaciones de pertinencia entre los datos experimentales y los modelos teóricos.
- Diseñar y realizar trabajos experimentales de física escolar utilizando instrumentos y dispositivos adecuados que permitan contrastar las hipótesis formuladas acerca de los fenómenos físicos vinculados a los contenidos específicos.

Contenidos:

Unidad temática 1: Ondas: concepto, criterios de clasificación. Características de las ondas: longitud, frecuencia, período y velocidad de propagación. Fenómenos ondulatorios: reflexión, refracción, interferencia y difracción. Ondas mecánicas: sonido, cualidades del sonido infra y ultrasonido. Efecto Doppler, aplicaciones. Ondas electromagnéticas: espectro electromagnético; luz, teorías acerca de su origen: modelo corpuscular, modelo ondulatorio, naturaleza dual.

Unidad temática 2: Reflexión de la luz, leyes. Superficies reflectantes: espejos: planos y esféricos. Elementos de los espejos. La ecuación de los espejos. Imágenes y su formación.

Unidad temática 3: Refracción de la luz. Índice de refracción. Ley de Snell. Reflexión total. Concepto de ángulo límite. Aplicaciones. Lentes. Tipos de lentes delgadas, formación de imágenes con marcha de rayos. Potencia de una lente. Sistemas ópticos: microscopio, telescopio, cámara fotográfica. El ojo humano como instrumento óptico, correcciones a los defectos visuales. Dispersión de la luz, prismas.

Tiempo estimativo: Primer bimestre: unidad 1 y comienzo de la unidad 2. Segundo bimestre: continuación de la unidad 2 y unidad 3.

Actividades: El desarrollo de los contenidos se llevará a cabo: resolviendo guías de trabajos prácticos elaborados por los docentes, analizando textos científicos y material de divulgación, trabajos de laboratorio utilizando dispositivos del colegio como así también del Museo de Física, contando para ello con la colaboración de los Ayudantes de Departamento, uso de simuladores disponibles en la web.

Criterios de evaluación

Evaluación diagnóstica: Continúa

- a) Informal: realizada por el docente a través de:
 - Realización de experiencias en el laboratorio, discusión y conclusiones.
 - Resolución de los trabajos prácticos propuestos.
- b) Formal y planificada:
 - Cuestiones orales sobre la interpretación de conceptos donde el alumno se exprese utilizando el lenguaje de la disciplina

Bibliografía:

- Rubistein, J; Tignaneli, H. Física I. La energía en los fenómenos físicos. Ed. Estrada. 2004. Argentina;
- Física General. Máximo-Alvarenga, Ed Oxford –
Física Conceptual. Hewitt. Pearson Educación. México 2004;
- Aristegui, R; Baredes, J; Delmonte, L, otros. Física I. Energía. Mecánica. Termodinámica. Electricidad. Ondas. Nuclear. Ed. Santillana. 1999. Argentina;
- Aristegui, R; Baredes, J; Delmonte, L, Física II. Dinámica. Fluidos. Relatividad. Electromagnetismo. Física Cuántica. Astronomía y Astrofísica. Ed. Santillana. 2000. Argentina;
- Carlos R. Miguel. Óptica, Magnetismo y Electricidad. Quinto año, Bachillerato. Ed. El Ate-
neo. 1981. Argentina;
- Tipler, Paul A. Física para la ciencia y la tecnología. Electricidad y Magnetismo. Luz. Física moderna. Volumen 2. Ed. Reverté, s.a. 2003. España;
- Escudero, Pilar; Lauzurica, otros. Físico-química. Ed. Santillana;
- Simulaciones de internet: <http://phet.colorado.edu/en/Simulación>;
- Distintas páginas de internet.