



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
(FÍSICA)**

**LA ENSEÑANZA DE LA MECÁNICA CUÁNTICA EN EL NIVEL MEDIO SUPERIOR
HACIENDO USO DEL APRENDIZAJE SITUADO Y LAS TIC**

**REPORTE DE PRÁCTICA DOCENTE
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**

MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRESENTA:

CÉSAR ERNESTO BELMARES VELÁZQUEZ

**TUTORA: DRA. MIRNA VILLAVICENCIO TORRES
FACULTAD DE CIENCIAS. U.N.A.M.**

CIUDAD UNIVERSITARIA, MAYO DE 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Índice

Índice	2
Resumen	4
Introducción	5
1. La institución educativa en la que se realizó la práctica docente	8
1.1. El Colegio de Ciencias y Humanidades y su modelo educativo	8
1.2. La enseñanza de la Física en el Plantel Vallejo del CCH	9
1.3. El perfil de los profesores de las asignaturas de Física en el CCH-Vallejo	11
2. La población estudiantil del CCH-Vallejo	13
3. La estrategia didáctica y su relación con el modelo educativo del CCH	16
3.1. Diseño de la Secuencia Didáctica	17
3.2. La Secuencia Didáctica	18
3.2.1. Datos generales de la secuencia	21
3.2.2. Sesión 1	22
3.2.3. Sesión 2	25
3.2.3. Sesión 3	28
3.2.4. Sesión 4	30
3.2.6. Sesión 5	32
3.2.7. Sesión 6	34
4. Los resultados obtenidos de la implementación de la estrategia didáctica	36
4.1. El examen diagnóstico	36
4.2. Lo observado en las sesiones	62
Conclusiones	67
Referencias	71
Anexos	73
Anexo 1. Examen diagnóstico	73
Anexo 2. Lectura y evaluación diagnóstica	77
Anexo 3. Lectura “¿Qué es Ciencia” de Richard P. Feynman	80
Anexo 4. Efecto Fotoeléctrico	91
Anexo 5. Actividad experimental sobre efecto fotoeléctrico	93

Anexo 6. Lectura “Situación del GT200 en México”	97
Anexo 8. Experimento “Polarizador de ondas mecánicas”	99
Anexo 9. Material para niveles de energía y modelo atómico de Bohr	104
Anexo 10. Rubricas para evaluación	106
Rúbrica para la evaluación del profesor	106
Evidencias	111
Examen diagnóstico	111
Segunda aplicación del examen diagnóstico	119
Evaluaciones de los alumnos	127

Resumen

En este reporte de práctica docente se describe el diseño e implementación de una estrategia didáctica encaminada a la enseñanza de la mecánica cuántica en el nivel medio superior. En ésta, se hace uso del aprendizaje situado y las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) para mostrar la construcción y fomentar el aprendizaje de los principios básicos que dieron lugar al surgimiento de una nueva forma de ver a la naturaleza.

A lo largo de toda la práctica docente, que fue realizada en el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo (CCH-Vallejo), en la asignatura Física II, se promueve que los estudiantes generen la mayor cantidad de relaciones entre sus conocimientos previos y el nuevo conocimiento, al mismo tiempo que se discuten situaciones que les son cercanas, o de su interés. También se utiliza a la verbalización como un factor necesario para la adquisición de aprendizajes, se hace uso de las TIC para fomentar una mejor comprensión de los conceptos que pueden resultar con un mayor nivel de abstracción del que poseen los estudiantes. Además, se propone la generación de un Blog en el que los alumnos pueden reflexionar sobre lo visto en clase, lo que le permite al docente decidir cuáles temas deberán ser analizados con mayor detalle o desde otra perspectiva.

Finalmente, se hace un análisis cualitativo de los resultados obtenidos durante la implementación de la práctica docente.

Introducción

En 1969, Richard Feynman expresó:

“Pienso que vivimos en una edad científica en la cual casi todo lo que ofrecen las comunicaciones, la televisión, las palabras y los libros, es científico. Y como consecuencia existe una increíble dosis de tiranía intelectual en nombre de la ciencia” (Feynman, 1969).

Aunque han transcurrido los años, este comentario conserva su validez, pues en la actualidad nos encontramos con una gran cantidad de información científica relacionada con la Física, y en especial con la Mecánica Cuántica. Aunque podríamos considerar que este hecho es normal, ya que a primera vista se trata de un tema aparentemente alejado de nuestra cotidianidad, en el momento que nos damos cuenta de lo estrechamente ligado que está a una gran cantidad de avances tecnológicos que forman parte de nuestra vida diaria, como: el teléfono celular, el horno de microondas, la fotoceldas solares, las batería de las computadoras, las tabletas, los reproductores de música, y todo aquellos aparatos que funcionen con baterías; comprendemos la importancia de poseer un conocimiento básico de la Mecánica Cuántica. Es por ello, que este tema se encuentra incluido en el programa de al menos una de las asignaturas de física que se imparten de forma obligatoria en el bachillerato. Sin embargo, a pesar de esto y de que el término física cuántica se escucha de manera coloquial en diferentes contextos, pareciera que los alumnos pasan por el bachillerato sin haberlo estudiado, demostrando además que poseen una gran cantidad de ideas erróneas sobre él.

Cuando se revisan los programas de estudio (SEP, 2017), podemos darnos una idea de las razones por las cuales esto sucede. Los estudiantes de bachillerato deben estudiar los conceptos básicos de todas las áreas de la física, aunque sea solo de una manera superficial, y deben hacerlo en un año para el grueso de los estudiantes y dos años para aquellos que se formarán en carreras del área de las fisicomatemáticas y las ingenierías.

Además, es difícil generar una verdadera cultura científica básica cuando en la gran mayoría de los cursos de Física, los alumnos sólo observan algunos fenómenos en el laboratorio, hacen mediciones y realizan ejercicios, sin encontrarle significado a lo que se les enseña.

En términos generales, cada uno de los temas incluidos en el programa de estudios se trata de manera independiente, sin buscar o señalar la relación entre ellos y la continuidad entre los procesos, dando como resultado un conocimiento fraccionado, inconexo, desarticulado e inaplicable en la comprensión de fenómenos de la vida cotidiana. En el caso de la mecánica cuántica, al tratarse de uno de los últimos temas del programa se le estudia solo superficialmente y en muy poco tiempo, lo que conduce a que no se le suela integrar con el mundo fuera de la escuela para relacionar y contrastar los fenómenos que explica con las creencias populares ampliamente difundidas.

En este reporte de práctica docente se presenta la estrategia didáctica que se implementó en la unidad 3 (Introducción a la física moderna y contemporánea) de la asignatura Física II (CCH-UNAM, 2016) para la enseñanza de los principios básicos de la mecánica cuántica. El objetivo de esta estrategia consiste en brindar a los estudiantes una visión clara de los aspectos fundamentales de la física cuántica, ya no vistos como una estructura cerrada y autoconsistente, sino como un área de la física que adquiere significado cuando se le relaciona con otros conceptos. Todo esto con la finalidad de generar relaciones no sólo bajo contextos científicos o escolares, sino también en situaciones de su vida cotidiana, favoreciendo con ello la motivación y el logro de un aprendizaje significativo.

Dado que se fomenta el aprendizaje cuando se generan situaciones en las que se logra dar sentido a lo que se aprende, ya sea por su valor histórico, cultural o alguno que podamos darle y que sea del interés de los alumnos (Pozo, 2008) se hace un continuo énfasis en las aplicaciones de la mecánica cuántica en el desarrollo de los nuevos dispositivos tecnológicos que se encuentran a nuestro alcance, ya sea para las comunicaciones, el diagnóstico médico o el mejoramiento de la vida cotidiana, entre otras. Por otra parte, se emplean las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) no solo como elementos que permiten mejorar la comunicación y la búsqueda de información, sino también como recurso que facilita la visualización, y por ende la comprensión, de conceptos que poseen un alto grado de abstracción como pueden ser los conceptos físicos involucrados en la física cuántica.

En el capítulo 1, se describe la institución en la que se realizó la práctica docente implementando la estrategia didáctica planeada, mientras que en el capítulo 2 se caracteriza a la población estudiantil con la que se trabajó. El modelo educativo de la institución, así como el diseño de la estrategia didáctica y una secuencia didáctica asociada, se describen en el capítulo 3, mientras que en el capítulo 4, se describe la implementación de la estrategia y los resultados obtenidos. Finalmente, se plantean las conclusiones y recomendaciones y se presenta la bibliografía.

1. La institución educativa en la que se realizó la práctica docente

1.1. El Colegio de Ciencias y Humanidades y su modelo educativo

La práctica docente que se reporta en este trabajo de graduación se llevó a cabo en la Escuela Nacional Colegio de Ciencia y Humanidades (CCH), Plantel Vallejo, el cual abrió sus puertas para recibir a la primera generación el 12 de abril de 1971. A casi medio siglo de la fundación de esta institución recordemos que en sus inicios se encuentra haber sido creado para atender una creciente demanda de ingreso a nivel medio superior en la zona metropolitana y al mismo tiempo, para resolver la desvinculación existente entre las diversas escuelas, facultades, institutos y centros de investigación de la UNAM, así como para impulsar la transformación académica de la propia Universidad con una nueva perspectiva curricular y nuevos métodos de enseñanza. Hay mucho que se pueda agregar sobre su historia que no sea del conocimiento de las personas relacionadas con la docencia en la máxima casa de estudios, siendo esta institución además de un baluarte, un motor para la innovación educativa en nuestra Universidad (CCH-UNAM, 2018).

A lo largo de su historia, los planes de estudio del CCH han sufrido una considerable cantidad de cambios en su estructura, sin embargo, su modelo educativo solamente ha experimentado pocos ajustes, permaneciendo fiel desde sus inicios a un enfoque constructivista, centrado en el aprendizaje de los alumnos y la adquisición de una cultura básica por parte de estos.

Su plan de estudios se encuentra estructurado en cuatro áreas: Matemáticas, Ciencias Experimentales, Histórico-Social y Talleres de lenguaje y Comunicación. El presente trabajo está ubicado en la asignatura Física II, del área de Ciencias Experimentales.

Aunque cada área tiene distintos elementos como lo son el enfoque, herramientas o metodología, estos elementos no se conciben de una manera aislada, sino que se encuentran interrelacionados bajo el marco de la denominada cultura básica, la cual pretende brindar a sus estudiantes los elementos básicos en actitudes, valores, habilidades intelectuales e información disciplinaria con la finalidad de generar aptitudes de reflexión sistemática, metódica y rigurosa.

En particular, en las asignaturas del área de Ciencias Experimentales se pretende contribuir a la cultura básica apoyando a los estudiantes en la adquisición de las herramientas propias de dichas ciencias, brindando elementos para poder dar una explicación crítica, estructurada y fundamentada de los fenómenos del mundo que les rodea, dando a la experimentación un papel fundamental, mediante el cual el alumno será capaz de seleccionar y manipular las variables que intervienen en los distintos fenómenos naturales para la generación de una visión del mundo personal asimilada con la inclusión de dichos elementos. Todo esto mientras se retoman elementos del resto de áreas del conocimiento, con la intención de apoyar, contextualizar y dar sentido a las distintas ramas de la ciencia (CCH-UNAM, 2016).

1.2. La enseñanza de la Física en el Plantel Vallejo del CCH

Tomando en cuenta la importancia de la experimentación en la enseñanza de las ciencias, el plantel Vallejo, al igual que el resto de los planteles del CCH, cuenta con aulas laboratorio, de tal manera que es posible llevar a cabo cada una de las sesiones de las clases de Física en este tipo de aula. Esto brinda la posibilidad de dejar en segundo plano la labor expositiva del profesor para en su lugar brindar a los estudiantes experiencias que los ayuden a construir el conocimiento, mediante el uso de actividades experimentales que les permitirán manipular las variables en los fenómenos físicos a estudiar, brindándoles la oportunidad de visualizar conceptos que por su nivel de abstracción pueden parecerles difíciles de comprender. Por otra parte, el uso y la disposición de mesas en estas aulas favorece la implementación del trabajo colaborativo y la discusión entre pares.

Aunque los planteles del Colegio de Ciencias y Humanidades suelen ser bastante grandes, también cuentan con una población muy numerosa de alumnos, por lo cual, algunas veces, el espacio del aula laboratorio suele no ser el óptimo, pues en ocasiones, en mesas diseñadas para trabajar con un máximo de 4 estudiantes se tiene que trabajar con 6, dificultando la libertad de movimiento en el aula.



Aunado a la sobrepoblación estudiantil ya que “A partir de 2006 han ingresado al bachillerato de la UNAM un promedio de 33,000 alumnos por generación, de los cuales 54% se asigna a los cinco planteles del CCH y 46% a los nueve planteles de la ENP” (CCH-UNAM, 2012), también se presentan otro tipo de problemas. Por ejemplo, en el Plantel Vallejo, donde se realizó la práctica docente, la asignación de aulas laboratorio no suele ser la más adecuada. Las negociaciones que se realizan entre los trabajadores y las autoridades del plantel han llevado a cambios constantes en la asignación de asignaturas en los laboratorios, siendo frecuente encontrar que el material que se encuentra en el almacén anexo a las aulas laboratorio no sea exclusivo de una sino de varias asignaturas. Lo anterior ocasiona que los almacenes se encuentren abarrotados y que no siempre se encuentre disponible el equipo y material necesario para llevar a cabo todos los experimentos que pueden apoyar el aprendizaje en una asignatura. Cabe aclarar que no todos los laboratorios sufren de este problema, pues hay algunos que son más espaciosos que otros.

Ahora bien, en un intento por mejorar las condiciones de los laboratorios y modernizarlos, varios de ellos han sido acondicionados con computadoras y dotados de nuevos materiales, los cuales, en muchas ocasiones, por el desconocimiento de los profesores, no se utilizan.

1.3. El perfil de los profesores de las asignaturas de Física en el CCH-Vallejo

Un factor de suma importancia en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje son los profesores. La mayoría de docentes que imparten las asignaturas de Física en el CCH-Vallejo son Profesores de Asignatura que cuentan con una licenciatura en las distintas ramas de la ingeniería, tanto de la UNAM como del IPN y solo unos pocos cuentan con una licenciatura en Física (CCH-UNAM, 2008). Este perfil profesional, en principio garantiza el que la planta docente que imparte estas asignaturas posee y maneja con soltura los conceptos básicos de la disciplina. Sin embargo, cabe mencionar que la formación tiene un ingeniero sobre la física no siempre coincide con el que tiene un físico, lo que se hace notorio en el momento de abordar los conceptos relacionados con la Física Moderna o la Física Contemporánea, ya que si analizamos los programas de estudio de las distintas carreras ofrecidas por la Facultad de Ingeniería de la UNAM (FI-UNAM, 2016), son pocas o nulas las asignaturas contempladas que sean específicas para estos temas, esto podría representar deficiencias en el conocimiento y comprensión que tengan algunos profesores de la física cuántica y los nuevos descubrimientos de la física, los cuales podrían solventarse con el ingreso a Maestrías creadas por la UNAM para apoyar esta situación, como lo es el caso de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS), la cual contempla una formación disciplinar y pedagógica de los profesores en temas necesarios para el bachillerato, sin embargo el bajo nivel de ingreso a la misma (MADEMS-UNAM, 2020) da como resultado el que estos temas, que se encuentran contenidos en los programas, sean cubiertos con la resolución de ejercicios que no dejan ningún aprendizaje a los estudiantes, la proyección de videos o la elaboración y presentación de exposiciones por parte de los alumnos.

Por otro lado, pese a lo señalado por el modelo educativo, los docentes suelen preponderar la resolución de ejercicios sobre la experimentación, o la realización de otro tipo de actividades que permitan una evaluación de los aprendizajes y el desarrollo de habilidades. Una posible razón por la que pese a llevar una cantidad considerable de años en el CCH impartiendo las asignaturas de Física I a IV, los profesores no modifiquen su práctica docente es la necesidad de incursionar en opciones como la MADEMS que apoyen la

profesionalización de la labor educativa. Adicionalmente, la gran carga de trabajo muchas veces se ve aliviada un poco utilizando la enseñanza tradicional. En particular, en la poca profesionalización en la docencia es fácil percibir un problema que no es desdeñable.

El bajo nivel de ingreso a MADEMS de la UNAM para la disciplina de Física, el cual es de 51 alumnos desde la generación 2013 (MADEMS-UNAM, 2020) podría ser un indicador de algunas deficiencias en la formación pedagógica para los profesores de Física, pues en el perfil profesiográfico para impartir las asignaturas de Física únicamente se requiere que los profesores sean egresados de licenciaturas afines (CCH-UNAM, 2008) en las que se hace más énfasis en el desarrollo disciplinario que en una formación pedagógica. Esto nos lleva a la necesidad de proporcionar al docente un conocimiento pedagógico del contenido (CPC) y una amplia variedad de herramientas pedagógicas que le permitan, en primer lugar, recuperar y tomar en cuenta el conocimiento que tienen los alumnos sobre el tema y, en segundo lugar, brindar a los estudiantes experiencias más cercanas su cotidianidad con ayuda de los ejemplos, analogías y aplicaciones producto del CPC y la experiencia propia (Garritz y Trinidad-Velasco, 2004).

2. La población estudiantil del CCH-Vallejo

Cada año, la población estudiantil del Colegio de Ciencias y Humanidades se ha ido incrementando, de hecho, durante los últimos años, en cada generación ha atendido entre el 52% y 55% de la población de nivel bachillerato de la UNAM. Por ejemplo, en la generación 2020, de los 35 041 estudiantes que ingresaron al bachillerato, 18 321 fueron asignados al CCH (UNAM, 2020). Aquí es importante considerar que el CCH solo cuenta con cinco planteles, mientras que la Escuela Nacional Preparatoria cuenta con nueve.

El CCH-Vallejo fue uno de los tres primeros planteles del Colegio que fueron creados y que abrieron sus puertas a la primera generación el 12 de abril de 1971 (CCH-UNAM, 2018). Además, es uno de los más grandes, con una superficie de 120 mil metros cuadrados.

El total de estudiantes que ingresan al sistema CCH se distribuyen de manera uniforme entre sus cinco planteles, de tal forma que al plantel Vallejo han ingresado un promedio de 3623 estudiantes por generación. Los datos del portal de estadística universitaria de la UNAM (UNAM, 2021) muestran 74.8% de los estudiantes que ingresan a este plantel tienen una edad entre 15 y 17 años, siendo 15 años la edad predominante, lo cual indica que existe un menor rezago en los estudios previos y, por supuesto, plantea el reto, tanto para las autoridades como para los docentes, de establecer estrategias que permitan conservar la regularidad académica de los estudiantes. En lo que respecta al porcentaje por sexo, en el año 2017, por ejemplo, se contó con un 52.48% de mujeres y 47.52% de hombres, siendo en ambos casos, mayormente solteros.

En lo que respecta a la situación socioeconómica de los estudiantes, hay diversos factores que pueden ser consultadas en el portal de estadística universitaria. Por ejemplo, puede observarse que en lo que respecta al ingreso familiar mensual, en 2017 el 85.82% de los estudiantes provenían de hogares con un ingreso mensual menor a 6 salarios mínimos.

Ahora bien, la mayoría de los estudiantes que asisten al CCH-Vallejo se traslada de la zona norte de la ciudad, la cual suele tener mayores índices de violencia e inseguridad, lo cual contrasta con las condiciones de seguridad al interior del plantel, en donde los estudiantes se sienten bastante seguros, convirtiéndose en un espacio donde se llevan a cabo un gran número

de actividades culturales y recreativas. Es importante mencionar que esto último es una gran ventaja para la vida cultural y social del estudiante, pero al mismo tiempo impone una mayor responsabilidad sobre los profesores, pues deben poner en práctica estrategias didácticas innovadoras en el aula, que capten el interés y atención de los estudiantes, evitando que desvien todo su interés hacia actividades que en principio les suelen resultar mucho más atractivas. Aunado a todo esto, la creación de una cantidad importante de opciones para acreditar las asignaturas establece el reto de interesar a los estudiantes de forma que aprueben los cursos la primera vez que los inscriben.

Ahora bien, a los alumnos que ingresan al CCH se les asigna aleatoriamente en los dos turnos existentes (matutino y vespertino), lo que garantiza que se dé un equilibrio respecto al desempeño académico tratando de evitar el mito que consideraba que los estudiantes del turno matutino eran mejores.

La práctica docente que se analiza en este reporte se realizó en el turno vespertino, en donde la asistencia de los alumnos a clase suele ser un problema, lo cual se puede apreciar en el transcurso de las clases donde llegaron a faltar hasta el 20% de los alumnos.

El grupo de estudiantes con el que se trabajó específicamente en la implementación de la práctica docente a las que se refiere este reporte, tenían edades en un rango entre 15 y 18 años, siendo estos últimos los menos.

En lo que se refiere a cuestiones académicas, el ingresar a un nuevo semestre mientras no se han acreditado todas las asignaturas del semestre anterior es algo común entre los estudiantes, pues solamente el 44% de la población son alumnos regulares, mientras que el resto adeudan desde 1 hasta 23 materias (CCH-UNAM, 2012).

El poner especial atención en esta población de alumnos es importante, ya que esta alta reprobación hace que el promedio de egreso, en tiempo y forma, sea de poco menos del 60%. Entre los factores que contribuyen a la deserción, según la institución (CCH-UNAM, 2012), se tiene los casos de alumnos que ingresan necesariamente al mundo laboral, los que se involucran en un embarazo, o los que tienen problemas económicos en la familia, entre otros.

Además de estos factores a tomar en cuenta en la planeación de la práctica docente, hay que señalar que los estudiantes con los que se realizó eran alumnos de cuarto semestre, quienes al momento de implementar la propuesta se encontraban al final de éste. Así pues, ya habían

cursado para ese momento dos asignaturas de química, lo que garantizaba que se encontraban familiarizados con los conceptos de moléculas y átomos e, incluso, con algunos modelos atómicos. Además de ello, ya habían cursado tres asignaturas de matemáticas, por lo que tenían nociones básicas de geometría analítica, de las funciones trigonométricas y, a la par, se encontraban cursando su cuarto curso de matemáticas, por lo cual las nociones básicas de funciones trigonométricas les eran familiares.

En cuanto a los conocimientos de la disciplina, en su primer curso de Física (Física I) se habían abordado las principales características que describen el movimiento de una partícula, y en el segundo (Física II) se habían revisado los conceptos de campo eléctrico y magnético, así como la relación entre los mismos por medio de la inducción, además de las características fundamentales de una onda.

Todo lo anterior es importante ya que describe las características de los alumnos con los que se trabajó, así como los elementos a partir de los cuales se llevó a cabo la propuesta de secuencia didáctica.

3. La estrategia didáctica y su relación con el modelo educativo del CCH

En cuanto al modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades¹, nos limitaremos a mencionar que es un modelo constructivista, cuyo objetivo es formar a sus estudiantes en una cultura básica y para ello su plan de estudios se organiza por áreas.

En cuanto al presente reporte, cabe puntualizar que la asignatura en la cual se llevó a cabo la práctica docente, Física II, se encuentra ubicada en el área de ciencias experimentales, ya que obviamente uno de los pilares fundamentales de la Física es la experimentación. Por ello, se intentó incluir, tanto como fue posible, actividades experimentales en las que el estudiante observara, reflexionara, propusiera hipótesis, las pusiera a prueba y sacara conclusiones. Puesto que en el documento “orientación y sentido de las áreas”² se señala claramente que las asignaturas contenidas en el área de las ciencias experimentales tienen como meta *“proporcionar a los alumnos los elementos que les lleven a conformar la parte de la cultura que corresponde al conocimiento científico y tecnológico, lo que les permitirá a los egresados del bachillerato a interactuar con su entorno en forma más creativa, responsable, informada y crítica, además de capacitarlos para proseguir con estudios superiores”*, se procuró que en cada una de las actividades que constituyen la secuencia didáctica contribuyera a alcanzar dicha meta.

Además, todas las actividades realizadas durante la práctica docente estuvieron guiadas por el programa de estudios del colegio para la asignatura Física II. De igual forma, el objetivo de todas ellas fue lograr los aprendizajes marcados en el programa, centrandose en todo momento las actividades en el alumno de distintas maneras, desde trabajar en equipo, hasta brindar experiencias o ejemplos que cercanos al estudiante, como lo marca el modelo educativo del colegio, favoreciendo en todo momento la obtención de los aprendizajes, a través de la creación de un clima propicio para la retroalimentación constante.

¹ <https://www.cch.unam.mx/modelo>

² <https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Sentidoareas.pdf>

3.1. Diseño de la Secuencia Didáctica

En la búsqueda de un aprendizaje significativo de los conceptos básicos en una introducción a la Física Cuántica, que trascienda de la repetición memorística de contenidos, se diseñó una secuencia didáctica en la que se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

- El material didáctico presentado a los estudiantes, así como el diseño de las actividades, se mantuvieron lo más cercano posible a situaciones reales y a las aplicaciones de la física cuántica en aspectos que les sean relevantes. En este sentido, se hizo uso del aprendizaje situado, en donde el conocimiento es parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza. Además, se destaca la importancia de la actividad y el contexto para el aprendizaje y se reconoce que este es ante todo un proceso de enculturación a través del cual los estudiantes se integran de manera gradual en una comunidad o cultura de prácticas sociales (Díaz Barriga, 2006).
- En cada actividad se hace referencia a las ideas y conocimientos previos de los estudiantes, de forma que sobre ellos se construyan los nuevos aprendizajes, es decir, se busca un aprendizaje significativo en el que el estudiante encuentre utilidad al nuevo contenido aprendido relacionándolo con el conocimiento previo (Rivera, 2004).
- Ya que en el aprendizaje significativo es un proceso gradual en el que los significados se asimilan en el espacio de la interacción con otras personas, siendo la palabra el principal mediatizador (Viera Torres, 2003), se fomenta el establecimiento de espacios de discusión en los que, a través de la interacción social y el intercambio de ideas, los estudiantes puedan construir su propio conocimiento (Paz Dennen, 2000). En estos espacios, son los estudiantes los encargados de conceptualizar, organizar y poner a prueba sus ideas, en el que el profesor actúa solo como un facilitador del proceso de enseñanza y aprendizaje.
- Se aplican solamente las herramientas matemáticas que pueden ser comprendidas por el estudiante, para lo cual se tomó en cuenta los conocimientos previos en matemáticas que tienen los estudiantes.

- Las tecnologías de información y comunicación se han convertido en una parte esencial en nuestra vida cotidiana y como tal, debemos valorar sus ventajas e incluirlas en el proceso de enseñanza aprendizaje, sobre todo si queremos emplear el aprendizaje situado. Por ejemplo, los *blogs* y otras herramientas digitales apoyan el aprendizaje de los alumnos, pues al tener que escribir sobre un tema, deben investigar primero sobre él, desarrollando al mismo tiempo habilidades digitales, y aprender a utilizar distintas herramientas. Por otro lado, el uso de las TIC fomenta la participación de los estudiantes en su proceso de aprendizaje, motivándolos e incrementando su interés hacia el aprendizaje, favoreciendo su capacidad de investigación y estimulando el desarrollo de habilidades de razonamiento y resolución de problemas usando su creatividad.

3.2. La Secuencia Didáctica

De acuerdo con el programa oficial de la asignatura Física II del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH-UNAM, 2016), la unidad 3, Introducción a la Física Moderna y Contemporánea, tiene como propósitos:

Al finalizar, el alumno:

- Conocerá algunos fenómenos que le permitan identificar las limitaciones de la física clásica que dieron origen a la física del siglo XX. Por ejemplo: la constancia de la velocidad de la luz, los espectros atómicos, el efecto fotoeléctrico y la radiactividad, investigando en diferentes fuentes.
- Reconocerá, a través de la búsqueda de información, la importancia de la física del siglo XX y actual en su vida cotidiana para identificar su impacto en el desarrollo de la tecnología en las áreas de salud, comunicaciones y energía, entre otras.
- Utilizará las herramientas disponibles de la tecnología contemporánea para mejorar sus habilidades de investigación y comunicación de sus resultados al grupo.
- Aplicará la metodología de la física a partir del desarrollo de investigaciones en diferentes fuentes para comprender algunos fenómenos de la física cuántica y la relatividad.

los que deberán cumplirse en un tiempo de 30 horas.

El temario de esta unidad contiene los siguientes temas:

1. Cuantización de la materia y la energía

- Crisis de la física clásica y origen de la física cuántica: radiactividad, espectros atómicos y radiación de cuerpo negro.
- Cuantización de la energía y efecto fotoeléctrico
- Estructura de la materia: átomos y moléculas
- Espectros de emisión/absorción de gases
- Modelo atómico de Bohr
- Naturaleza Cuántica de la materia a nivel macroscópico: Hipótesis de De Broglie.
- Principio de incertidumbre

2. La relatividad especial y general

- Límites de aplicabilidad de la mecánica clásica y origen de la mecánica relativista
- Postulados de la relatividad especial
- Equivalencia entre la masa y la energía
- Gravitación y geometría del espacio-tiempo curvo (principio de equivalencia)

3. Aplicaciones de la Física Contemporánea

- Radiactividad
- Radioisótopos
- Fusión y Fisión nucleares
- Generación de energía nuclear
- Cosmología: Origen y evolución del Universo
- Nuevos materiales, Láseres, nanotecnología, fibra óptica, superconductores.

En los que se revisa de manera superficial los fundamentos de la física cuántica y la física contemporánea, los cuales, por cierto, han sido tema en la actualidad de innumerables trabajos y documentales de divulgación científica.

La práctica docente que se reporta en este trabajo estuvo centrada específicamente en el primer punto del temario, Cuantización de la materia y la energía, ya que es en éste en el que se discuten los conceptos fundamentales (origen y campo de estudio de la física cuántica, el concepto de cuantización y la naturaleza dual de la luz) que sentarán las bases para una más fácil comprensión de los siguientes dos puntos.

Para este tema, el programa oficial indica que se deben cumplir los siguientes propósitos (CCH-UNAM, 2016):

Al finalizar la unidad, el alumno:

- Conocerá algunos fenómenos que le permitan identificar las limitaciones de la física clásica que dieron origen a la Física del Siglo XX. Por ejemplo: constancia de la velocidad de la luz, los espectros atómicos, el efecto fotoeléctrico y la radiactividad, mediante investigaciones documentales.
- Reconocerá, a través de la búsqueda de información, la importancia de la Física del Siglo XX y actual en su vida cotidiana, para identificar su impacto en el desarrollo de la tecnología en las áreas de salud, comunicaciones y energía, entre otras.
- Utilizará las herramientas disponibles de la tecnología moderna para mejorar sus habilidades de investigación y comunicación de sus resultados al grupo, a partir de las TIC, investigación bibliográfica y experimental.
- Aplicará la metodología de la Física, a partir del desarrollo de investigaciones experimentales y documentales, en la comprensión y resolución de problemas vinculados con fenómenos de la Física Cuántica y la Relatividad.

mientras, que se marcan los siguientes objetivos de aprendizaje:

El estudiante:

- Conocerá algunos fenómenos físicos que la física clásica no pudo explicar
- Describirá el fenómeno del efecto fotoeléctrico

- Reconocerá los modelos elementales de la estructura de la materia
- Describirá algunos espectros de gases y su relación con la estructura de los átomos
- Aplicará cualitativamente el modelo atómico de Bohr para explicar el espectro del átomo de Hidrógeno.
- Conocerá el comportamiento cuántico de los electrones
- Conocerá el principio de incertidumbre de Heisenberg y su importancia con la física cuántica

Con el objetivo de mejorar la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato, se diseñó una secuencia didáctica en la que se aplica el aprendizaje situado y se hace uso de las TIC para favorecer el que los estudiantes alcancen un aprendizaje significativo de los conceptos fundamentales involucrados, al mismo tiempo que adquieren una cultura científica básica que les permitirá explicar algunos de los dispositivos que están a su alcance o que se utilizan en tecnologías que permiten mejorar nuestra vida cotidiana.

La secuencia didáctica se distribuyó en 6 sesiones de 2 horas para dar un total de 12 horas de trabajo continuo. A lo largo de la secuencia se realizan diferentes actividades, en las que las TIC son importantes, que permiten realizar una evaluación continua que determinará la validez de la secuencia o si ésta necesita modificarse.

3.2.1. Datos generales de la secuencia

A continuación, se describen los principales elementos tomados en cuenta para la elaboración de las secuencias como lo son la unidad o temáticas que se abordaron así como los objetivos y posteriormente se realizará una descripción más detallada (por sesiones) de los materiales, objetivos, conceptos a desarrollar y actividades realizadas.

Tabla 1. Datos generales de la secuencia didáctica.

Unidad temática	Tercera Unidad. Física y Tecnología Contemporáneas
Tema	Cuantización de la materia y la energía
Subtemas(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Crisis de la física clásica y origen de la física cuántica: radiactividad, espectros atómicos y radiación de cuerpo negro.

	<ul style="list-style-type: none"> ● Cuantización de la energía y efecto fotoeléctrico ● Estructura de la materia: átomos y moléculas ● Espectros de emisión/absorción de gases ● Modelo atómico de Bohr ● Naturaleza Cuántica de la materia a nivel macroscópico: Hipótesis de De Broglie.
Objetivos generales	<p>El estudiante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Conocerá algunos fenómenos físicos que la física clásica no pudo explicar ● Describirá el fenómeno del efecto fotoeléctrico ● Reconocerá los modelos elementales de la estructura de la materia ● Describirá algunos espectros de gases y su relación con la estructura de los átomos ● Aplicará cualitativamente el modelo atómico de Bohr para explicar el espectro del átomo de Hidrógeno. ● Conocerá el comportamiento cuántico de los electrones

3.2.2. Sesión 1

Tabla 2. Descripción de la primera secuencia didáctica sobre el origen de la Física Cuántica.

Subtema(s)	Crisis de la Física clásica y origen de la Física Cuántica.
Tiempo didáctico	120 minutos
Objetivos de Aprendizaje	

Que los alumnos:

- Analicen la importancia de poseer una cultura científica básica para poder tomar decisiones fundamentadas y razonadas.
- Intercambien ideas, tanto de forma individual como grupal, sobre la importancia de la física y los conceptos de energía y estructura de la materia
- Externen sus ideas sobre la cuantización de la materia y la energía apoyándose en ejemplos contextualizados en situaciones afines a su vida cotidiana.
- Identifiquen los problemas que presentaba la física clásica en la explicación de los fenómenos físicos que condujeron al origen de la mecánica cuántica
- Desarrollen habilidades digitales como la búsqueda de información, el uso de navegadores y el procesamiento de la información.
- Utilicen las TIC para transmitir sus ideas.

Conceptos	
Previos	A desarrollar
<ul style="list-style-type: none"> • Energía • Ramas de la Física • Espectro electromagnético 	<ul style="list-style-type: none"> • Nivel de aplicación de la mecánica cuántica • Problemas que tiene la física cuántica. • Cuantización de la energía
Actividades	
De enseñanza	De Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del examen diagnóstico (Anexo 1) 	Los estudiantes deberán responder dicho examen
<ul style="list-style-type: none"> • Discusión sobre la importancia de tener una cultura científica 	Los estudiantes leerán la lectura elaborada por el profesor (Anexo 2) para contextualizar la clase y discutirán

	grupalmente sus respuestas al cuestionario que se les entrega sobre ésta (Anexo 3)
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las ideas previas sobre el espectro electromagnético, temperatura y el objeto de estudio de la mecánica cuántica 	Discusión por equipo sobre los conceptos y exposición ante el grupo de las conclusiones a las que llegaron con su equipo.
<ul style="list-style-type: none"> • Proyección de un video sobre la catástrofe ultravioleta, por ejemplo: https://youtu.be/tqoum6xr-FA • Organización de la discusión sobre la catástrofe ultravioleta y la manera en que se desarrolla la ciencia. 	Discusión grupal sobre las ideas planteadas en el video.
<ul style="list-style-type: none"> • Cierre por parte del profesor, sobre cómo la catástrofe ultravioleta representó una crisis para la física clásica y nació la mecánica cuántica. 	
Materiales y recursos de apoyo	
<ul style="list-style-type: none"> • Examen Diagnóstico • Lectura elaborada por el profesor • Cuestionario sobre la lectura • Video • Computadoras con internet • Video proyector 	
Evaluación	
<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración y retroalimentación del blog de trabajo. • Participación activa en el aula. • Emisión de comentarios argumentados con base en conceptos físicos. • Respeto y tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros. 	

3.2.3. Sesión 2

Tabla 3. Descripción de la segunda secuencia didáctica sobre la cuantización de la energía.

Subtema(s)	Cuantización de la energía y efecto fotoeléctrico.
Tiempo didáctico	120 minutos
Objetivos de Aprendizaje	
<p>Que los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none">● Identifiquen la importancia del concepto de energía en la física.● Recuerden los conceptos de: partícula puntual, onda, ondas mecánicas, ondas electromagnéticas, propiedades de las ondas.● Identifiquen el comportamiento ondulatorio en distintos fenómenos físicos que conocen.● Enuncien el efecto fotoeléctrico● Identifiquen la razón por la que la concepción de ondas electromagnéticas no puede explicar el efecto fotoeléctrico● Expliquen cómo es que el efecto fotoeléctrico dio lugar a la dualidad onda-partícula de la luz.● Trabajen colaborativamente e intercambien ideas, tanto de forma individual como grupal, sobre la importancia de la física y los conceptos de energía y estructura de la materia.● Desarrollen habilidades digitales como la búsqueda de información, el uso de navegadores y el procesamiento de la información.● Utilicen las TIC para transmitir sus ideas.	

Conceptos	
Previos	A desarrollar
<ul style="list-style-type: none"> • Energía • Concepto del electrón y magnitud de la carga de un objeto. • Características de una onda, onda electromagnética • Características de una partícula • Campo eléctrico y campo magnético • Espectro electromagnético 	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto fotoeléctrico • Comportamiento corpuscular de la luz.
Actividades	
De enseñanza	De Aprendizaje
<ul style="list-style-type: none"> • Discusión del escrito que realizaron en su blog para la actividad de tarea. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las ideas previas sobre los valores que puede tomar la energía de un sistema. • Cierre sobre las ideas principales del concepto de energía en las áreas de la física ya vistas por el estudiante (mecánica clásica, termodinámica) 	<ul style="list-style-type: none"> • Discusión grupal sobre el concepto de energía visto en sus clases de mecánica clásica y termodinámica
<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las ideas previas sobre las características de las ondas y en especial de las ondas electromagnéticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Discusión grupal sobre las características de una onda y de una partícula y las diferencias entre ambos conceptos físicos

<ul style="list-style-type: none"> • Cierre sobre las ideas características de las ondas y las ondas electromagnéticas. • Análisis de las ideas previas sobre las propiedades de las partículas. • Cierre sobre las ideas principales de las propiedades de las partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizará la técnica de los representantes para explicar al grupo sus ideas sobre la energía y la luz. • Intercambio de ideas sobre las aplicaciones de las ondas en el mundo cotidiano.
<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del efecto fotoeléctrico • Proyección de un video sobre el efecto fotoeléctrico, por ejemplo: https://youtu.be/5CLj9uJPQKg 	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura del material elaborado por el profesor para contextualizar la clase. (Anexo 4)
<ul style="list-style-type: none"> • Experimento demostrativo sobre el efecto fotoeléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • El alumno realizará la actividad experimental descrita en el (Anexo 5)
<ul style="list-style-type: none"> • Discusión sobre lo observado en el experimento y la relación entre propiedades de onda y partícula. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Cierre de la discusión sobre el efecto fotoeléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pedirá a los alumnos que se dividan para discutir todas las ideas que tienen sobre la naturaleza ondulatoria y corpuscular de la luz para ponerlas en discusión en un debate sobre la dualidad onda-partícula.
<ul style="list-style-type: none"> • Investigación sobre las fotoceldas y cómo funcionan las cámaras fotográficas digitales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pequeños grupos y con apoyo del internet. • Actividad en equipo y con ayuda de la computadora, al finalizar un integrante de cada equipo explica al

	grupo lo que encontraron y dirán si se trata de un comportamiento de onda o de partícula.
<ul style="list-style-type: none"> • Expresar sus ideas sobre lo aprendido a través del blog. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad individual
Materiales y recursos de apoyo	
<ul style="list-style-type: none"> • Lectura elaborada por el profesor • Computadoras con conexión a internet • Videoprojector • Cuestionario de evaluación 	
Evaluación	
<ul style="list-style-type: none"> • Llenado del blog con lo que se llevan de la clase. • Participación activa en el aula. • Emisión de comentarios argumentados con base en conceptos físicos. • Respeto y tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros. 	

3.2.3. Sesión 3

Tabla 4. Descripción de la tercera secuencia didáctica sobre la naturaleza de la luz.

Subtema(s)	Naturaleza dual de la luz
Tiempo didáctico	60 minutos
Objetivos de Aprendizaje	
<p>Que los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observen, de manera experimental, el comportamiento ondulatorio de la luz a través en la difracción la polarización. 	

- Conozcan los elementos que intervienen en el experimento de la doble.

Conceptos

Previos

- Concepto de onda y sus características
- Concepto de partícula y sus características.

A desarrollar

- Naturaleza dual de la luz
- Efecto fotoeléctrico

Actividades

De enseñanza

- Retomar los conceptos discutidos en la sesión anterior (Efecto fotoeléctrico)
- Análisis de las ideas previas de los estudiantes sobre “los polarizadores”.
- Experimento con polarizadores.
- Discusión del experimento.
- Cierre de ideas que lleven a elaborar una descripción grupal de la dualidad onda-partícula.

De aprendizaje

- Exposición de cada uno de los estudiantes de sus ideas previas sobre la polarización.
- Discusión grupal sobre las características de un polarizador.
- Experimento con polarizadores.
- Discusión grupal sobre el experimento y el comportamiento de las ondas electromagnéticas y el de un fotón.
- Exposición frente al grupo de las conclusiones.
- Evaluación del trabajo en equipo.

Materiales y recursos de apoyo	
	<ul style="list-style-type: none"> • Polarizadores • Lámpara • Pantalla • Riel de banco óptico • Placa con doble rendija • Láser. • Modelo tridimensional de onda electromagnética
Evaluación	
	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración y retroalimentación del blog de trabajo. • Participación activa en el aula. • Emisión de comentarios argumentados físicamente. • Respeto y tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros. • Evaluación del profesor y estudiantes del trabajo en equipo.

3.2.4. Sesión 4

Tabla 5. Descripción de la cuarta secuencia didáctica sobre la naturaleza dual de la materia.

Subtema(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Naturaleza dual de la materia. • Modelo atómico de Bohr.
Tiempo didáctico	120 minutos
Objetivos de Aprendizaje	
Que los alumnos:	
<ul style="list-style-type: none"> • Investiguen y relacionen los temas abordados en clase con avances tecnológicos cotidianos. 	

- Conozcan la relación que existe entre la dualidad onda-partícula y el modelo atómico de Bohr.

Conceptos

Previos

- Energía
- Características de una onda
- Onda electromagnética
- Efecto fotoeléctrico

A desarrollar

- Dualidad Onda-Partícula
- Qué es un modelo
- Modelos atómicos

Actividades

Actividad

- Retroalimentar al grupo durante las exposiciones.
- Moderar las participaciones para que las exposiciones no se desvíen del tema.
- Análisis de ideas previas sobre los modelos atómicos.

Forma de organización

- Exposición por equipo (Funcionamiento de cámaras digitales, analógicas, fotoceldas, experimento de la difracción de electrones y la relación de la dualidad onda partícula con todos ellos).
- Retroalimentación de las exposiciones con ideas sobre los conceptos, relación con otras áreas y conocimientos de los alumnos sobre los temas expuestos.
- Externar frente al grupo sus ideas previas sobre lo que es un modelo y los modelos atómicos.

<ul style="list-style-type: none"> • Cierre de ideas en torno al modelo atómico de Bohr y la dualidad onda partícula. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar los modelos atómicos con los conocimientos previos.
Materiales y recursos de apoyo	
<ul style="list-style-type: none"> • Videoprojector • Computadora con conexión a internet. 	
Evaluación	
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición frente al grupo. • Participación activa en el aula. • Exposición de comentarios argumentados físicamente. • Respeto y tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros. • Retroalimentación del profesor y estudiantes sobre el trabajo realizado en equipo. 	

3.2.6. Sesión 5

Tabla 6. Descripción de la quinta secuencia didáctica sobre el modelo atómico de Bohr.

Subtema(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo atómico de Bohr • Niveles de energía
Tiempo didáctico	120 minutos
Objetivos de Aprendizaje	
<p>Que los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conozcan las principales características del modelo atómico de Bohr. • Relacionen la diferencia entre un nivel de energía y otro con la energía de la radiación electromagnética que radia un electrón al pasar de un nivel de mayor energía a uno de menor. 	

Conceptos	
Previos	A desarrollar
<ul style="list-style-type: none"> • Modelos atómicos • Energía • Espectro electromagnético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Niveles de energía en el modelo atómico de Bohr.
Actividades	
Actividad	Forma de organización
<ul style="list-style-type: none"> • Indagación sobre los conocimientos de los alumnos en relación con lo abordado la clase anterior referente al modelo atómico de Bohr. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de ideas previas sobre los modelos atómicos.
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de las partes más importantes del modelo atómico de Bohr haciendo énfasis en lo que lo diferencia de los modelos anteriores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Representación de distintos átomos a partir del modelo atómico de Bohr.
<ul style="list-style-type: none"> • Representación de un átomo simple a partir del modelo atómico de Bohr. 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de las diferencias de energía de los niveles en el espectro electromagnético.
<ul style="list-style-type: none"> • Exposición sobre los niveles de energía y el significado de que el valor de la energía sea negativo. 	
Materiales y recursos de apoyo	
<ul style="list-style-type: none"> • Videoprojector • Computadora con conexión a internet. • Tablas con el valor de la energía para los distintos niveles. • Diagrama del espectro electromagnético 	

Evaluación	
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de las entradas del blog. • Interrogatorio oral sobre ideas previas. • Participación activa en el aula. • Emisión de comentarios argumentados físicamente. • Respeto y tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros.

3.2.7. Sesión 6

Tabla 7. Descripción de la sexta secuencia didáctica sobre los espectros de emisión

Subtema(s)	Espectros de emisión	
Tiempo didáctico	60 minutos	
Objetivos de Aprendizaje		
Que los alumnos:		
<ul style="list-style-type: none"> • Identifiquen al espectro de emisión como la huella digital de cada elemento. • Sean capaces de relacionar la diferencia de energía entre los niveles con el color de la radiación electromagnética. • Puedan explicar la razón por la cual aparecen las líneas de emisión. 		
Conceptos		
Previos		A desarrollar
<ul style="list-style-type: none"> • Energía de una onda electromagnética • Modelo atómico de Bohr 		<ul style="list-style-type: none"> • Espectro de emisión

Actividades	
Actividad	Forma de organización
<ul style="list-style-type: none"> • Interrogatorio sobre las ideas que tienen los alumnos sobre “¿cómo saber de qué está hecho algo?”. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar lectura sobre el analizador molecular GT200.
<ul style="list-style-type: none"> • Guiar la discusión del grupo para una postura grupal sobre la ineficiencia o eficiencia del analizador molecular GT200. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de ideas sobre la manera en que identificamos de que está hecho algo.
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación del examen diagnóstico para realizar una comparación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración del espectro de emisión del átomo de Hidrógeno.
	<ul style="list-style-type: none"> • Discusión grupal de lo que nos dice el espectro de emisión sobre la composición de las cosas.
Materiales y recursos de apoyo	
<ul style="list-style-type: none"> • Videoprojector • Computadora con conexión a internet. • Lectura del analizador molecular GT200. • Espectro de la radiación electromagnética visible (con energía en eV) 	
Evaluación	
<ul style="list-style-type: none"> • Aplicación de examen (Anexo). • Elaboración y retroalimentación del blog de trabajo. • Participación activa en el aula. • Exposición de comentarios argumentados físicamente. • Respeto y tolerancia hacia las opiniones de sus compañeros. • Evaluación del profesor y estudiantes del trabajo en equipo. 	

4. Los resultados obtenidos de la implementación de la estrategia didáctica

En este apartado, se discuten los resultados obtenidos de la implementación de la secuencia didáctica descrita en el capítulo anterior. Para ello, se analiza lo observado en cada uno de los puntos contenidos en ella.

4.1. El examen diagnóstico

La primera actividad realizada durante la implementación de la estrategia didáctica fue la aplicación de un examen diagnóstico constituido por 19 preguntas (Anexo 1), cuya finalidad era reconocer no sólo los conocimientos que el estudiante posee sobre el tema a tratar, sino también el nivel cognitivo de ellos de acuerdo con la taxonomía de Bloom. Esto, permitió además adecuar la secuencia didáctica que se había planeado, de forma que pudieran alcanzarse los objetivos de aprendizaje y el desarrollo de habilidades digitales en el estudiantado.

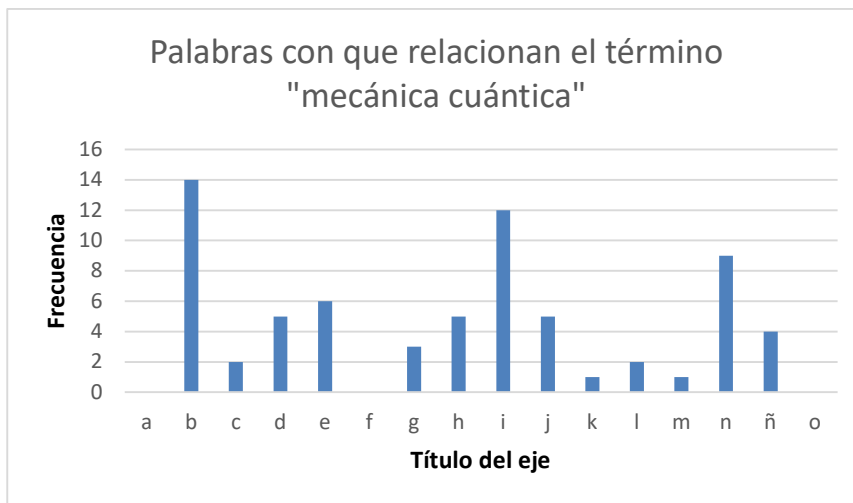
Este mismo examen diagnóstico fue aplicado en la última sesión de la secuencia didáctica, pero ahora con el objetivo de evaluar si los estudiantes alcanzaron los objetivos de aprendizaje y si el aprendizaje pudiera considerarse significativo.

Posteriormente se compararon los resultados obtenidos en la aplicación del examen diagnóstico. Se muestra cada una de las preguntas contenidas en el examen (numerada y en cursivas) y dos gráficas: en azul se muestra el concentrado de las respuestas al aplicar el examen durante la primera sesión y en amarillo los obtenidos en la última sesión.

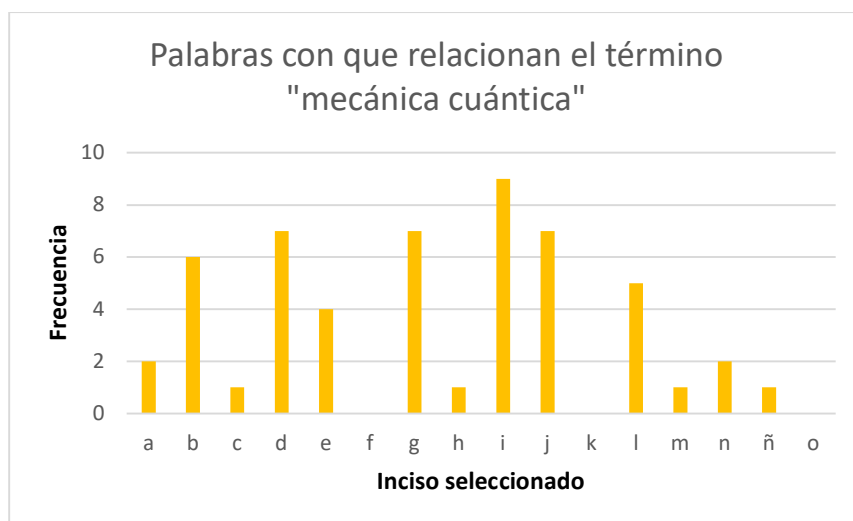
Primera pregunta:

1. Al escuchar el término “mecánica cuántica” ¿con cuáles de las siguientes palabras lo relacionas?

- | | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <i>a) Medicina</i> | <i>b) Energía</i> | <i>c) Viajes en el tiempo</i> | <i>d) Átomos</i> |
| <i>e) Ciencia</i> | <i>f) Medicina alternativa</i> | <i>g) Fotones</i> | <i>h) Electricidad</i> |
| <i>i) Física</i> | <i>j) Partículas</i> | <i>k) Aburrido</i> | <i>l) Cosas muy pequeñas</i> |
| <i>m) Temperatura</i> | <i>n) Fuerza</i> | <i>ñ) Genios</i> | <i>o) Ciencia Ficción</i> |



Gráfica 1. Respuestas de la pregunta 1 durante la primera sesión.



Gráfica 2. Respuestas de la pregunta 1 durante la última sesión.

Previo a la implementación de la estrategia, los estudiantes asociaban a la mecánica cuántica principalmente con los conceptos Energía y Física, lo cual es entendible en el sentido de que, generalmente, en las charlas, conferencias y lecturas en las que hace divulgación sobre este tema, se establece esta relación. Sin embargo, también la relacionan directamente con el concepto de fuerza, pues éste es quizá el término que más conocen de la Física, dado que se estudia con gran profundidad en todos los cursos previos de Física que han tomado a lo largo

de su formación académica. Por otra parte, la relación de la mecánica cuántica con el nivel microscópico es poco conocida.

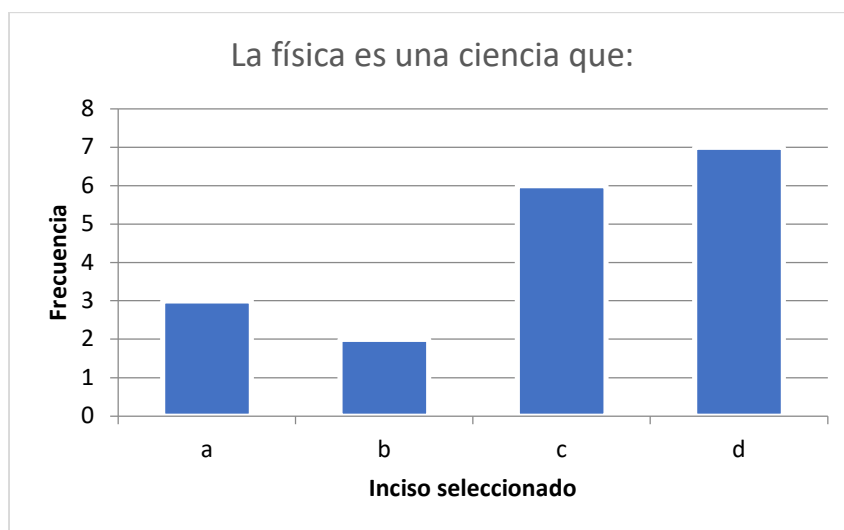
Es posible observar que una vez que se implementó la estrategia, respuestas como: átomos, partículas y cosas pequeñas aumentan, mientras que aburrido y genios son palabras que disminuyen, demostrando que hubo un mayor entendimiento de los temas con los que la mecánica cuántica está relacionada.

Segunda pregunta:

2. *La Física es una ciencia que:*

- a) *Describe a la naturaleza.*
- b) *Funciona bien para algunos fenómenos simples pero no se utiliza en cosas más complejas.*
- c) *Describe todo el universo de manera aproximada.*
- d) *Nos predice el comportamiento de los fenómenos con cierta probabilidad de que suceda.*

En este caso, cuando se comparan las respuestas antes y después de la intervención se observa que al inicio los estudiantes asignan a la física un carácter probabilístico tal como han escuchado que se describe a la mecánica cuántica en muchas charlas de divulgación a las que han acudido a lo largo de su vida escolar. Sin embargo, esta perspectiva cambia después de la intervención, en donde además han dejado de ver a la física como una ciencia restringida al análisis de unos cuantos fenómenos y empiezan apreciar la gran cantidad de aplicaciones que tiene en otras áreas del conocimiento e incluso en su vida cotidiana.



Gráfica 3. Respuestas de la pregunta 2 durante la primera sesión.



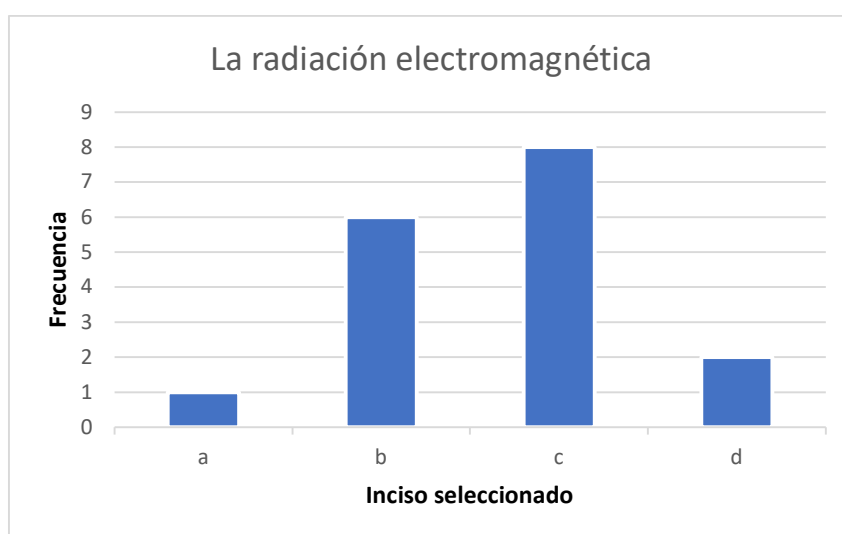
Gráfica 4. Respuestas de la pregunta 2 durante la última sesión.

Tercera pregunta:

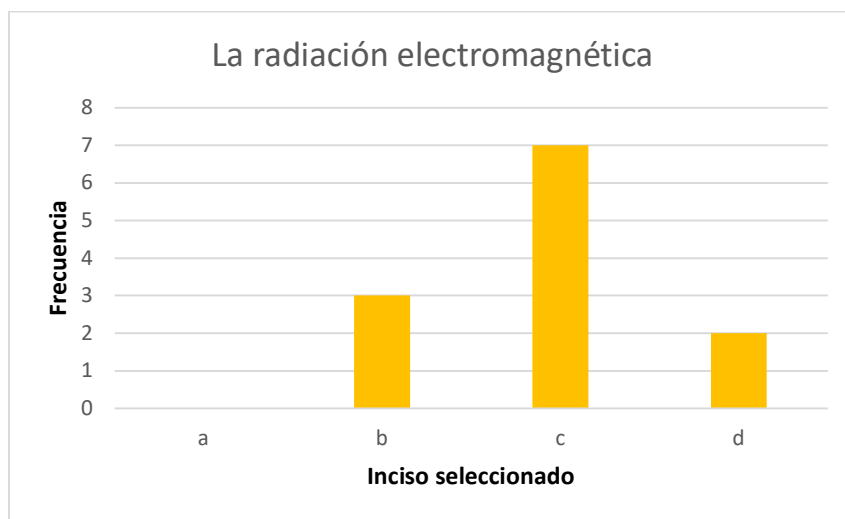
3. La radiación electromagnética:

- a) *Siempre es peligrosa para el ser humano.*
- b) *Se produce cuando una partícula cargada se acelera.*
- c) *Es un término que se utiliza en lugar de ondas electromagnéticas.*
- d) *Se produce cuando hay una diferencia de potencial.*

En este reactivo, se tenían dos respuestas correctas, la (b) y la (c), pues toda partícula cargada que se encuentra acelerada emite radiación electromagnética, mientras que el término radiación electromagnética se refiere a la emisión de ondas electromagnéticas.



Gráfica 5. Respuestas de la pregunta 2 durante la primera sesión.



Gráfica 6. Respuestas de la pregunta 3 durante la última sesión.

Antes de la intervención, las respuestas más comunes fueron precisamente estas dos, lo que era de esperarse, pues de acuerdo con el plan de estudios antes de la discusión de la física cuántica tuvieron que haber revisado los conceptos básicos del electromagnetismo. Sin embargo, después de la intervención se obtuvo un resultado no deseado, ya que la cantidad de alumnos que seleccionaron la respuesta (b) disminuyó, producto quizá de hablar constantemente de radiación y ondas electromagnéticas como dos cosas indistintas. Este resultado nos indica que en próximas implementaciones de esta secuencia didáctica deberá hacerse más énfasis en las distintas formas en las que es posible generar radiación electromagnética.

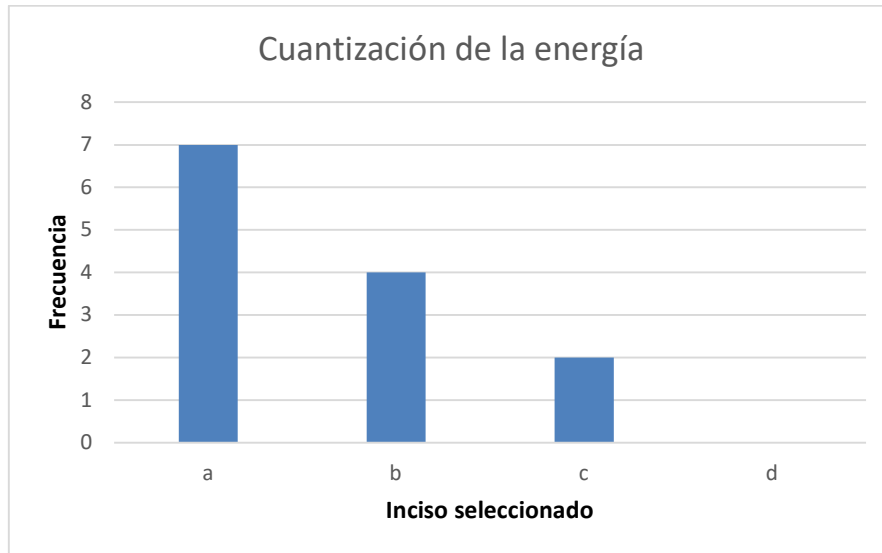
Cuarta pregunta:

4. *A qué te suena la expresión “cuantización de la energía”*

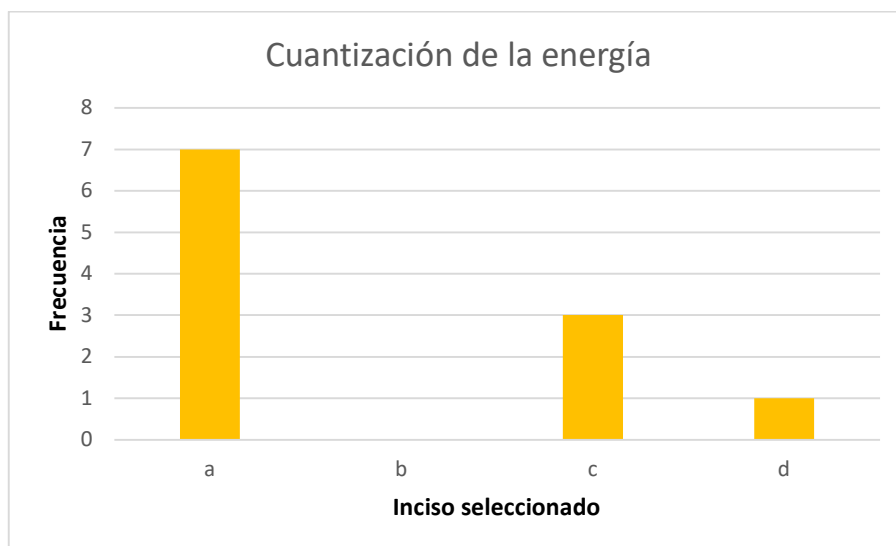
- a) *A que se determina la cantidad de energía.*
- b) *A que repartimos la energía de un sistema entre sus componentes.*
- c) *A que la energía de un sistema solo puede tomar ciertos valores.*
- d) *A que la energía de un sistema solo puede cambiar en ciertos valores.*

En esta pregunta, las respuestas correctas eran la (c) y la (d). Antes de la intervención, los estudiantes se inclinaron por las dos primeras respuestas que no corresponden a la idea que

se tiene de cuantización. Sin embargo, después de la intervención podemos notar un ligero aumento en las respuestas que tienen una relación clara con el principio de cuantización de la energía, mientras que la segunda respuesta desaparece por completo. Ahora bien, la respuesta (a) se convirtió en la más recurrente, lo que indica una confusión entre los términos cuantización y cuantificación.



Gráfica 7. Respuestas de la pregunta 4 durante la primera sesión.

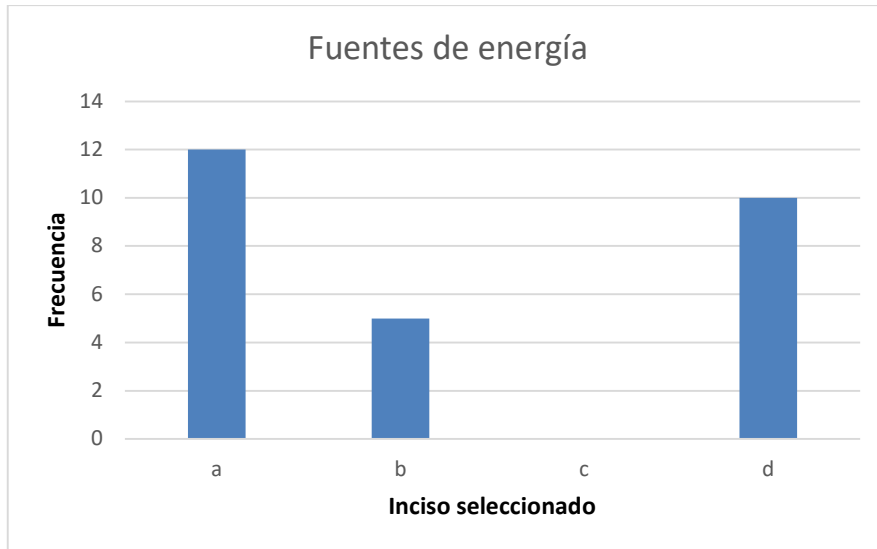


Gráfica 8. Respuestas de la pregunta 4 durante la última sesión.

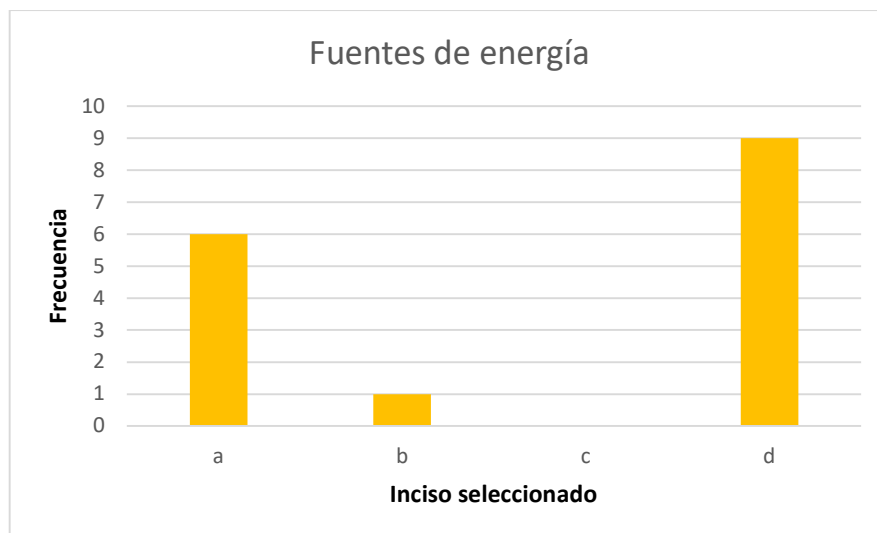
Quina pregunta:

5. *Son fuentes de energía renovable:*

- a) *El viento.*
- b) *Las mareas.*
- c) *Los volcanes.*
- d) *El Sol.*



Gráfica 9. Respuestas de la pregunta 5 durante la primera sesión.



Gráfica 10. Respuestas de la pregunta 5 durante la última sesión.

Las respuestas a esta pregunta resultan interesantes, pues denotan un amplio conocimiento de los estudiantes sobre las fuentes de energía renovable, lo cual, ante los graves problemas ambientales que estamos viviendo, es uno de los objetivos de enseñanza de las asignaturas de Física en el bachillerato.

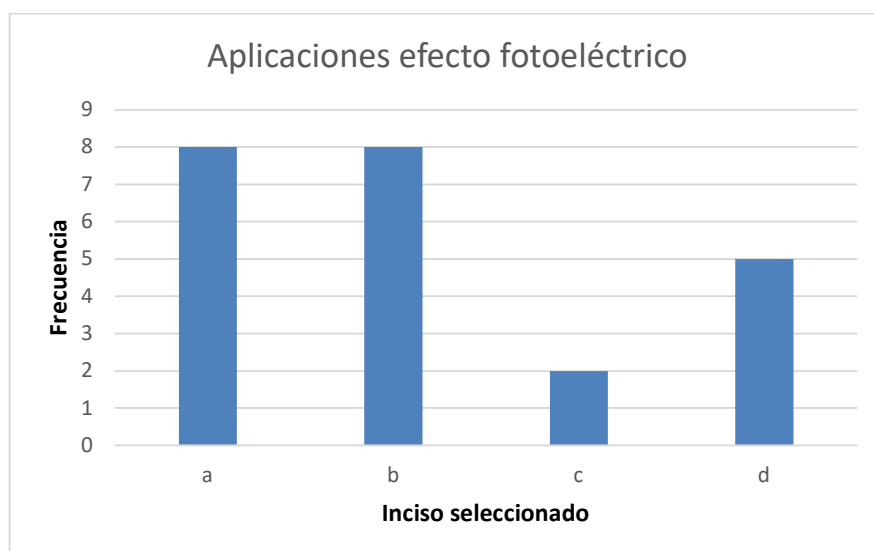
Sin embargo, el análisis de las respuestas a esta pregunta después de la práctica docente nos permite notar que el Sol como fuente de energía renovable fue elegida en un mayor número de ocasiones, esto presumiblemente indica que durante la secuencia didáctica se hizo gran énfasis en la energía producida aprovechando la luz solar y utilizando el efecto fotoeléctrico.

Sexta pregunta:

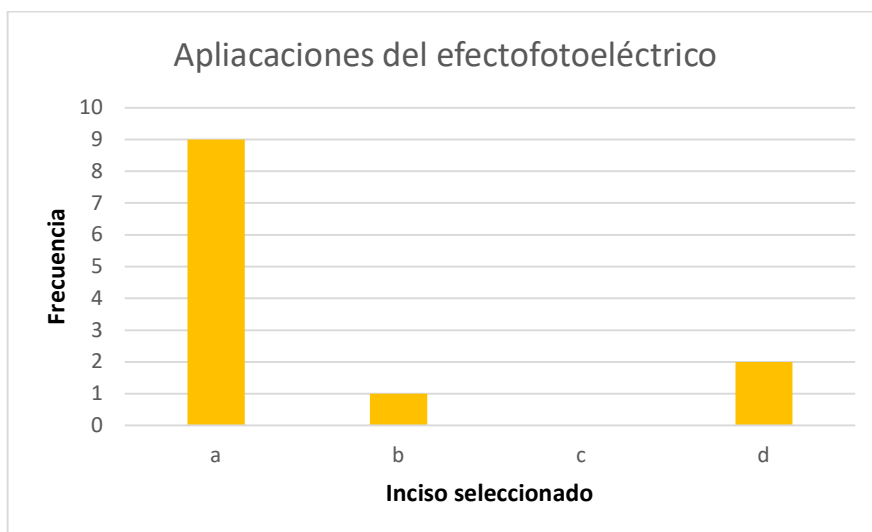
6. *El efecto fotoeléctrico ha ayudado a desarrollar.*

- a) *Cámaras fotográficas digitales.*
- b) *Televisores de LEDs.*
- c) *Memorias de computadora.*
- d) *Satélites.*

Esta pregunta tenía por objetivo medir qué tanto conocen los estudiantes las aplicaciones de la mecánica cuántica en la vida cotidiana y la tecnología. Las respuestas antes de la implementación de la práctica docente demuestran poco conocimiento, en el sentido de que todas las posibles respuestas fueron elegidas.



Gráfica 11. Respuestas de la pregunta 6 durante la primera sesión.



Gráfica 12. Respuestas de la pregunta 6 durante la última sesión.

Después de la intervención, la mayoría de los alumnos eligió a la cámara fotográfica digital como uno de los aportes del efecto fotoeléctrico a la tecnología moderna, lo cual es correcto. Sin embargo, dejaron de lado a los satélites, en donde el efecto fotoeléctrico es empleado en la producción de la energía que alimenta a los sistemas que lo constituyen. Una posible explicación de esto es que el movimiento de satélites es empleado como una aplicación de la mecánica clásica al desarrollo de la tecnología. Así pues, en futuras aplicaciones de la secuencia didáctica deberá hacerse mayor énfasis en las aplicaciones del efecto fotoeléctrico en la generación de corriente eléctrica.

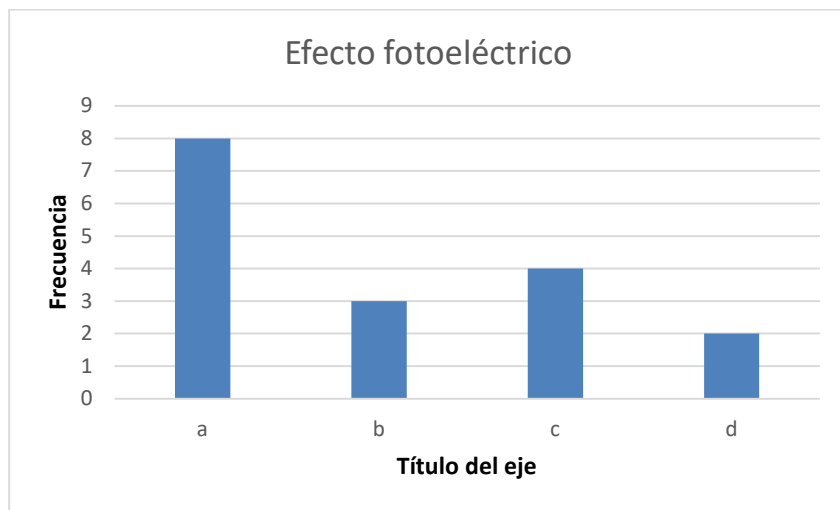
Séptima pregunta:

7. Podemos obtener energía del sol con las fotoceldas gracias a que:

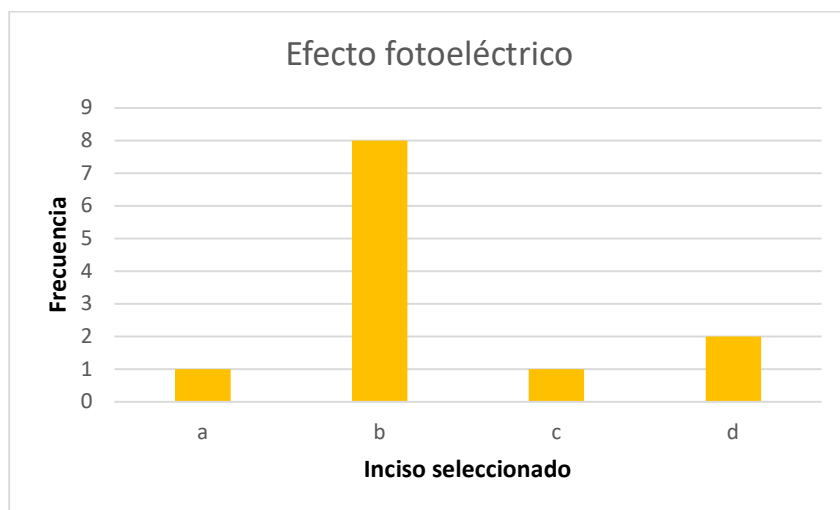
- a) La energía del sol eleva la temperatura de las fotoceldas que transforman el calor en energía eléctrica.
- b) La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que son capturadas por la fotocelda que solo aprovecha la parte del campo eléctrico.
- c) La energía del sol excita a los electrones del material y cuando comienzan a vibrar chocan entre sí generando una corriente eléctrica.
- d) La luz de cierta frecuencia proporciona la energía necesaria a los electrones para desprenderse del material y generar una corriente.

Las respuestas antes de la intervención muestran que los estudiantes relacionan a la temperatura con la energía y al Sol con una fuente de calor, respuesta (a). Aunque también hay quienes eligieron las otras respuestas. Después de la intervención, se obtuvo un mal

resultado al cambiar la mayoría de los estudiantes su respuesta a la (b), en donde asocian la energía a las ondas electromagnéticas, pero no tienen claro el proceso físico que se desarrolla en el efecto fotoeléctrico y en las fotoceldas. Esta respuesta también indica que ignoran la importancia del campo magnético y que en una onda electromagnética se tiene un campo electromagnético. Así pues, la secuencia didáctica y el material de apoyo deberán hacer énfasis en la discusión de los procesos a nivel microscópico.



Gráfica 13. Respuestas de la pregunta 7 durante la primera sesión



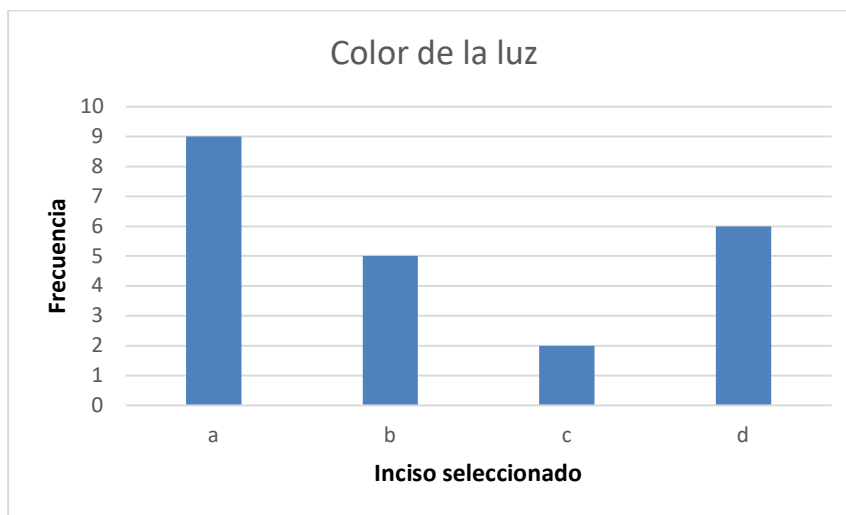
Gráfica 14. Respuestas de la pregunta 7 durante la última sesión

Octava pregunta:

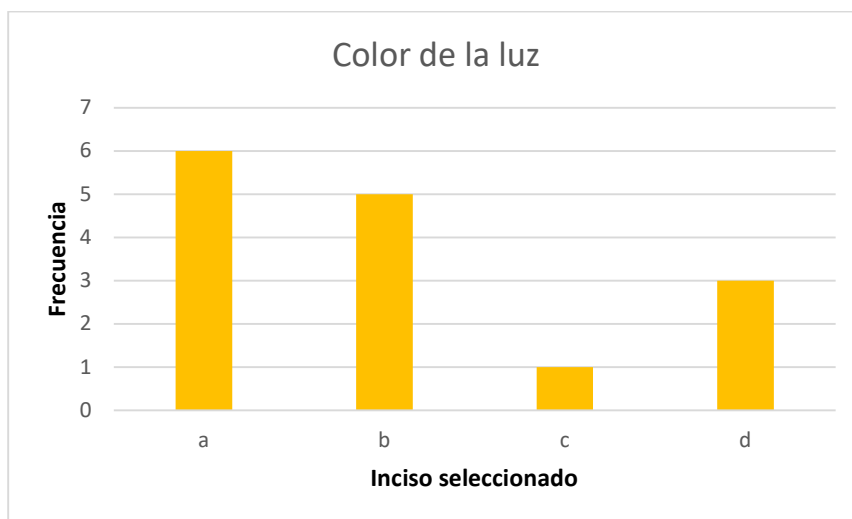
8. *Característica de una onda relacionada con el color:*

- a) *Longitud de onda.*
- b) *Amplitud.*
- c) *Frecuencia.*
- d) *Velocidad de propagación.*

En esta pregunta había dos respuestas posibles, (a) y (c), pues la longitud de onda y la frecuencia son variables relacionadas a través de la velocidad de la onda. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia y viceversa, lo que se discute en la gran mayoría de los cursos, cuando se habla de que el color suele asociarse ya sea a la longitud de onda o la frecuencia. La mitad de los estudiantes no eligieron alguna de las opciones correctas antes de la intervención, lo cual sería similar a contestar al azar, lo cual nos da indicios de que los estudiantes conocen el concepto de onda electromagnética pero no lo han comprendido o hay confusión en la definición o implicaciones de los parámetros que las caracterizan.



Gráfica 15. Respuestas de la pregunta 8 durante la primera sesión



Gráfica 16. Respuestas de la pregunta 8 durante la última sesión

Después de la implementación de la secuencia, las respuestas fueron prácticamente las mismas. Esto claramente es un indicador de que el profesor de la asignatura deberá hacer énfasis en el concepto de onda electromagnética y sus propiedades.

Es importante hacer énfasis en el hecho de que la radiación electromagnética y sus características es un concepto con un alto grado de abstracción por lo que es necesario realizar planeaciones docentes adecuadas para sus enseñanzas en el bachillerato.

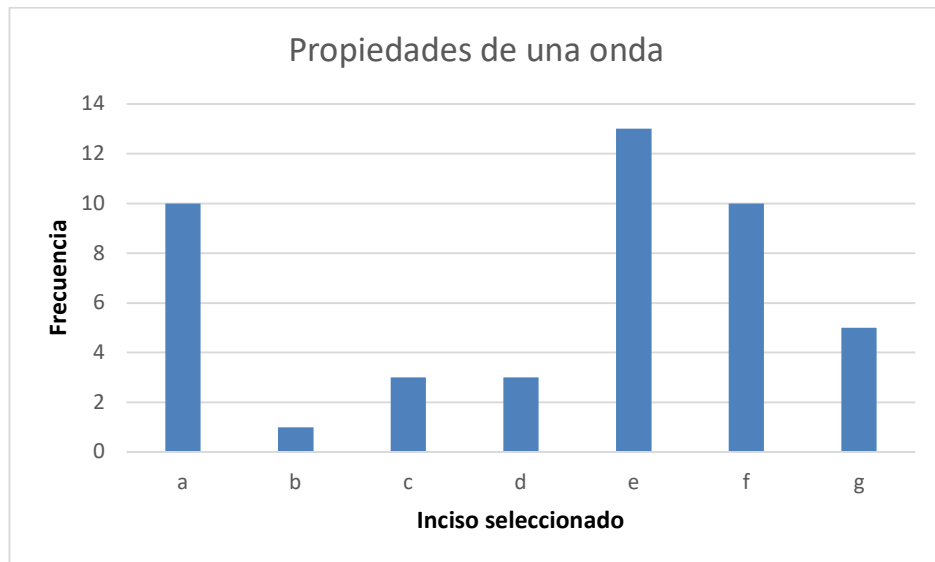
Novena pregunta:

9. Propiedades de una onda:

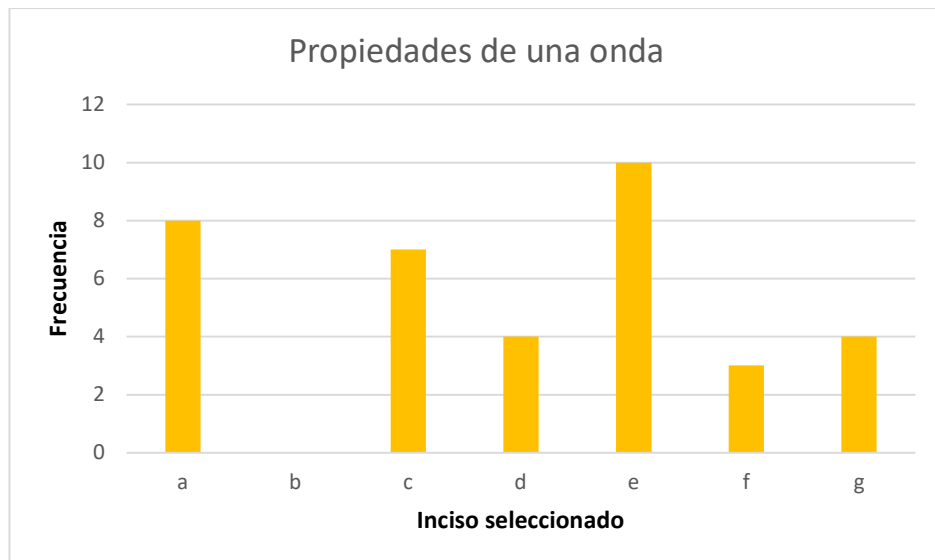
- a) Velocidad de propagación.*
- b) Masa inercial.*
- c) Energía.*
- d) Color.*
- e) Longitud de onda.*
- f) Periodo.*
- g) Tiempo.*

En esta pregunta, la única respuesta incorrecta era la (b), por lo que se esperaba que esta no apareciese. Antes y después de la intervención prácticamente no hubo variación en las respuestas. Se observa que al final de la intervención ninguno de los alumnos relacionó la

masa como una propiedad de las ondas, pero también se observa la disminución de la selección del periodo como respuesta, lo cual nos dice que quizá las relaciones entre periodo y frecuencia deben ser reforzadas por el profesore en las actividades.



Gráfica 17. Respuestas de la pregunta 9 durante la primera sesión.



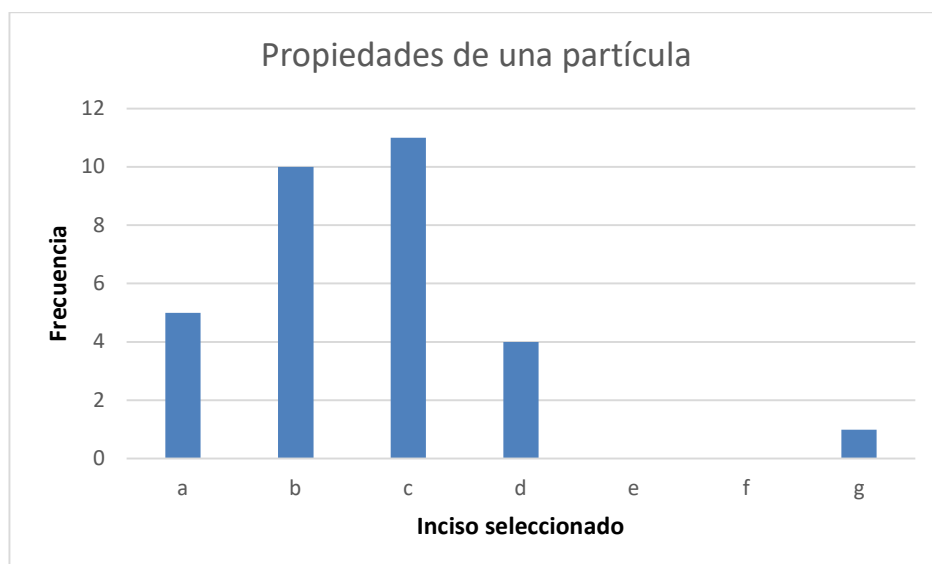
Gráfica 18. Respuestas de la pregunta 9 durante la última sesión.

Decima pregunta:

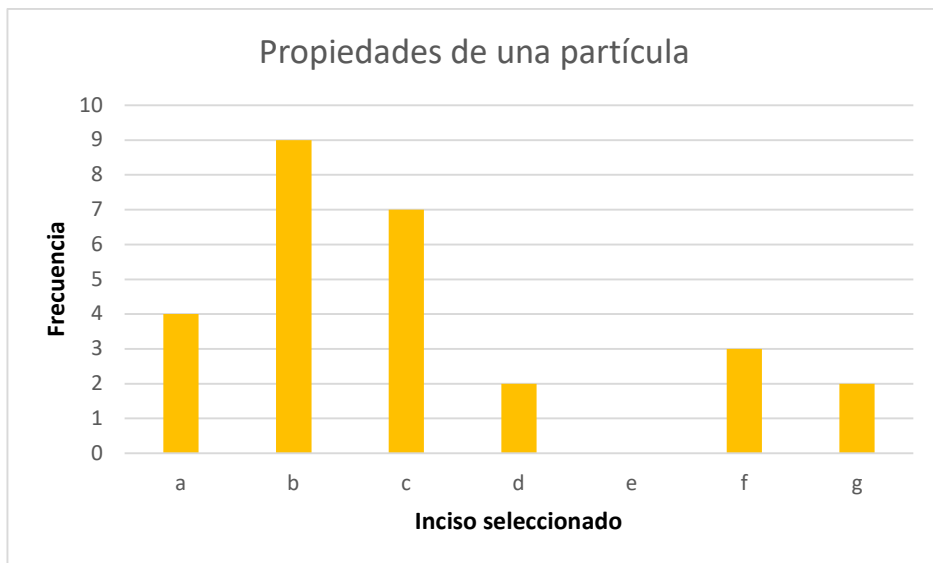
10.- *Propiedades de una partícula:*

- a) *Velocidad de propagación.*
- b) *Masa inercial.*
- c) *Energía.*
- d) *Color.*
- e) *Longitud de onda.*
- f) *Periodo.*
- g) *Tiempo.*

Las respuestas deseadas en este caso eran (b) que inicialmente 10 persona eligieron, (c) la cual cuál fue seleccionada por 11 personas y (e) la cual no fue seleccionada, Las dos primeras fueron elegidas 9 y 7 veces respectivamente, sin embargo continuaron siendo las respuestas mae elegidas de entre todas las demás, es interesante notar que las respuesta (f) que representa al periodo se eligió un mayor número de veces y está relacionada con una propiedad ondulatoria, pero que sigue sin ser la opción deseada, en cuanto a ésta (e) ni antes, ni después, algún estudiante eligió dicha respuesta, lo cual llama la atención pues un principio fundamental de la mecánica cuántica es el asociar un comportamiento ondulatorio a las partículas, en donde se le asocia una longitud de onda, la de de Broglie.



Gráfica 19. Respuestas de la pregunta 10 durante la primera sesión.



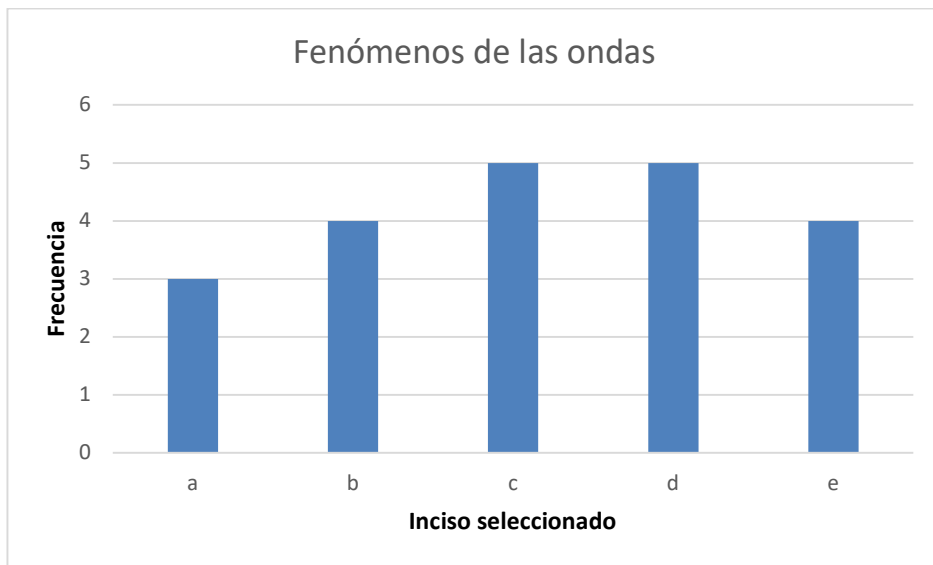
Gráfica 2. Respuestas de la pregunta 10 durante la última sesión.

Decimo primera pregunta:

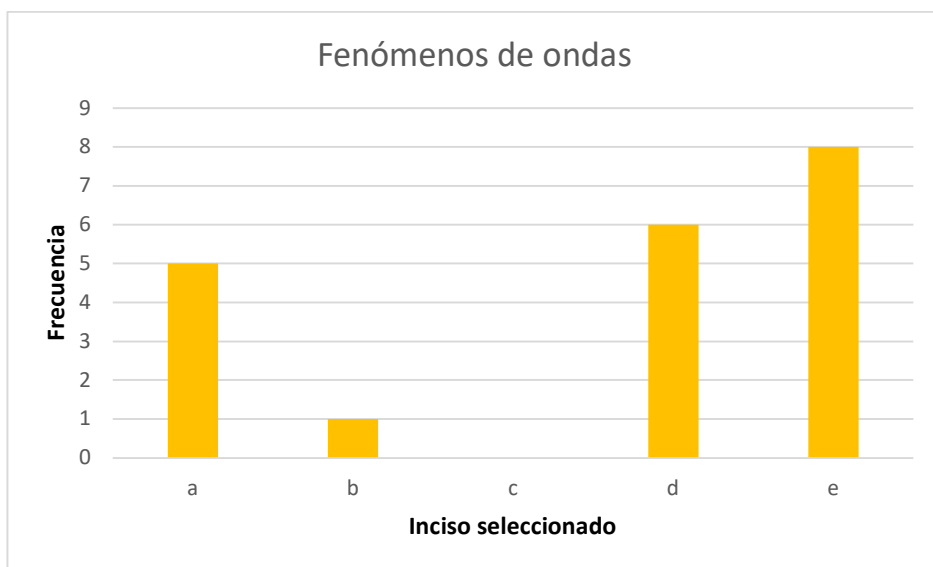
11. Fenómeno que sólo se presenta en las ondas:

- a) Reflexión.*
- b) Desplazamiento.*
- c) Propagación de energía.*
- d) Interferencia*
- e) Difracción.*

Aquí se puede apreciar una notable mejoría en la selección de respuestas correctas y en la disminución de la selección de respuestas que también pueden tener que ver con las partículas.



Gráfica 21. Respuestas de la pregunta 11 durante la primera sesión.



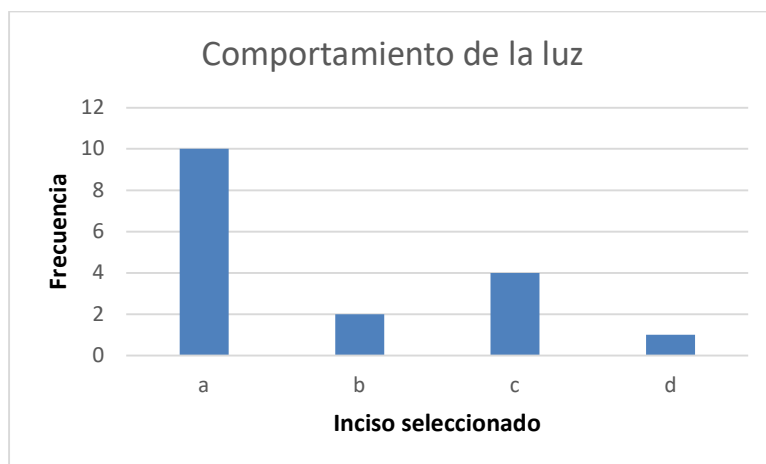
Gráfica 22. Respuestas de la pregunta 11 durante la última sesión.

Decimosegunda pregunta:

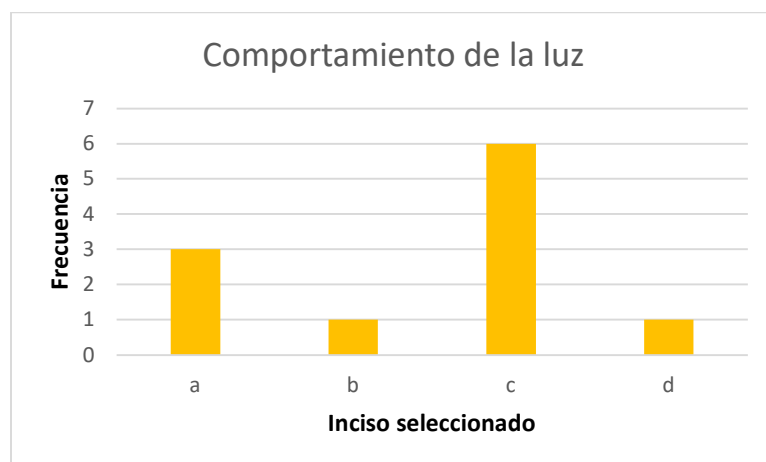
12. La luz:

- a) *Se comporta como una onda electromagnética.*
- b) *Se comporta como si estuviese constituida por partículas.*
- c) *En algunas ocasiones puede comportarse como onda y en otras como partículas.*
- d) *No se comporta ni como onda ni como partícula.*

Durante la primera sesión la respuesta seleccionada con mayor frecuencia fue (a), un total de 10 ocasiones, dicha respuesta está relacionada concepción clásica de la luz como onda electromagnética, lo cual no es erróneo pues la gran mayoría de los fenómenos luminosos que podemos observar en nuestra vida cotidiana tienen que ver con el comportamiento ondulatorio de la luz y en segundo lugar tenemos la respuesta óptima (c) con menos de la mitad de respuestas seleccionadas (únicamente 4), lo cual podemos observar en el Gráfico 23. Para la última sesión el incremento en la selección de la respuesta óptima revirtió la tendencia anterior, teniendo ahora el doble de frecuencia que la respuesta (a) como se puede ver en el Gráfico 24, lo cual nos indica un cambio en el razonamiento, debido al hecho de que los alumnos fueron capaces de realizar ellos mismos actividades donde la luz mostrara comportamiento de partícula y otras donde se mostraba el comportamiento de onda.



Gráfica 23. Respuestas de la pregunta 12 durante la primera sesión.



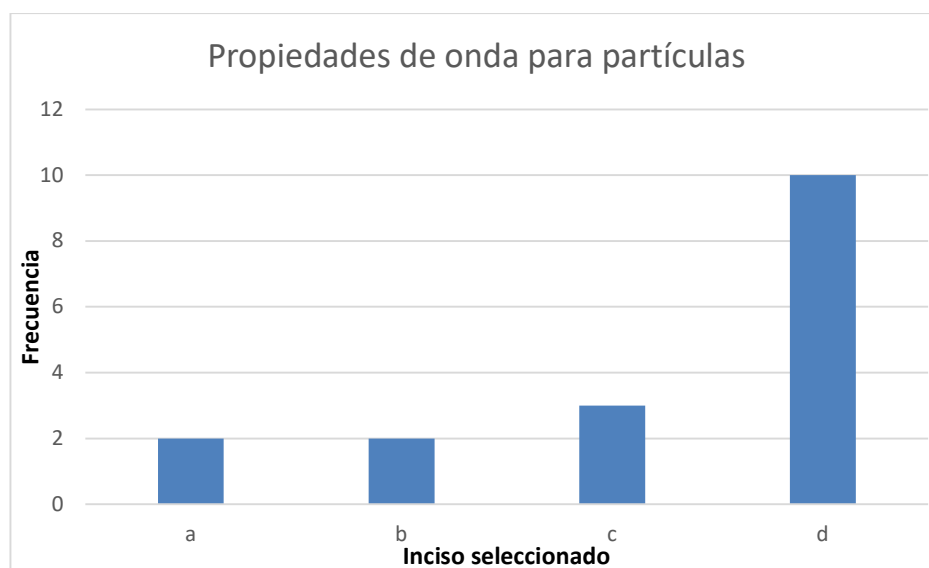
Gráfica 24. Respuestas de la pregunta 12 durante la última sesión.

Decimotercera pregunta:

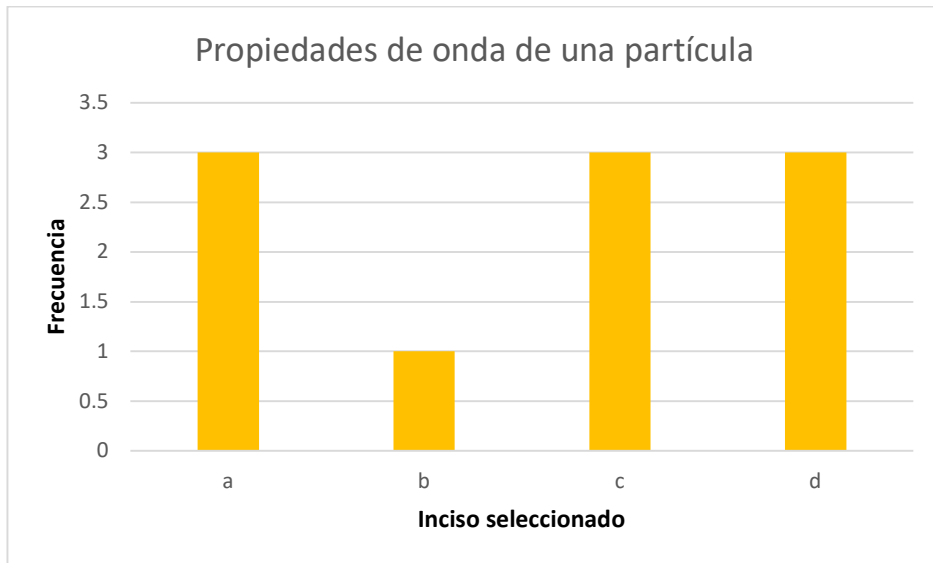
13. Si las ondas tienen propiedades de partícula entonces:

- a) Las partículas deben tener propiedades de onda.
- b) Las ondas y las partículas son lo mismo.
- c) En las ondas se transporta materia.
- d) Podemos asociar cantidad de movimiento y energía a una onda.

La fuerte inclinación antes y después de la intervención por la respuesta (d) nos indica que los alumnos han asociado correctamente al concepto de partícula con los conceptos de cantidad de movimiento y energía. Sin embargo, después de la intervención se obtiene un resultado no deseado al darnos cuenta de que se ha establecido una idea errónea, el que las ondas transportan materia. Así pues, una vez más queda claro que deberá reforzarse el concepto de onda. Por otra parte, es notorio el aumento en las respuestas (a) lo que indica que han conocido el postulado de de Broglie.



Gráfica 25. Respuestas de la pregunta 13 durante la primera sesión.



Gráfica 26. Respuestas de la pregunta 13 durante la última sesión.

Decimocuarta pregunta:

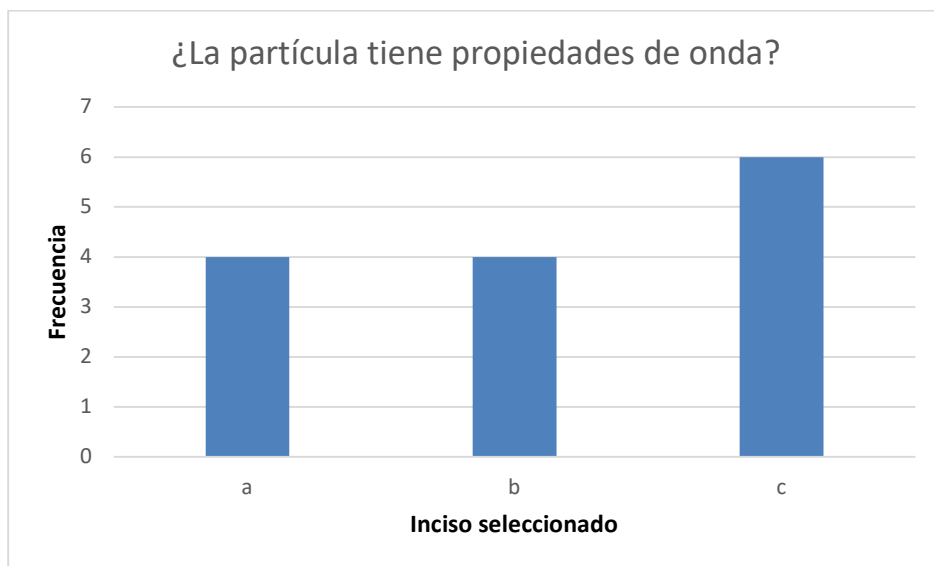
14. *¿Crees que un electrón tenga propiedades de onda?:*

a) *Si*

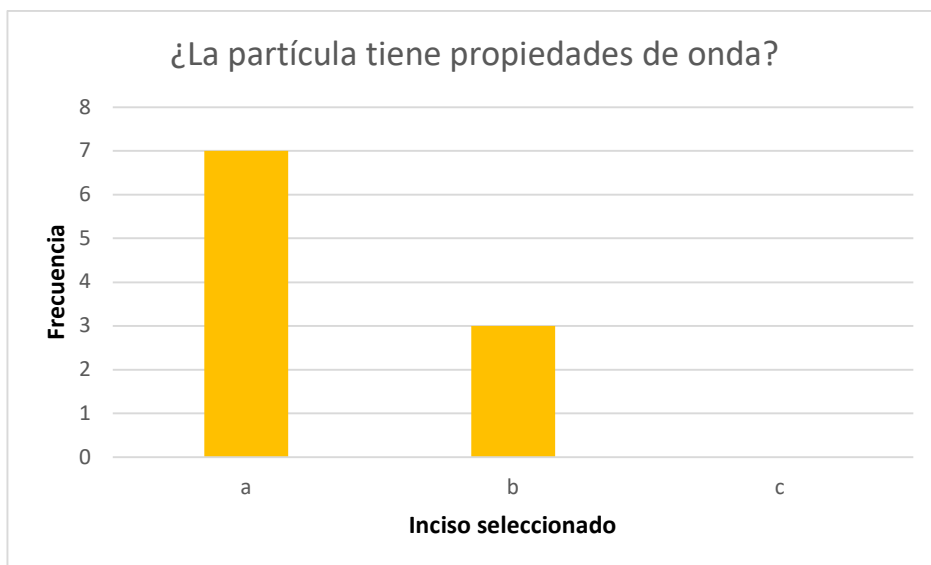
b) *No*

c) *No sé*

Para la siguiente pregunta, aunque la mayoría de los alumnos consideran que el electrón tiene propiedades de onda no manifestaron en la respuesta anterior que se tratase por algún tipo de simetría entre onda y partícula.



Gráfica 27. Respuestas de la pregunta 14 durante la primera sesión.



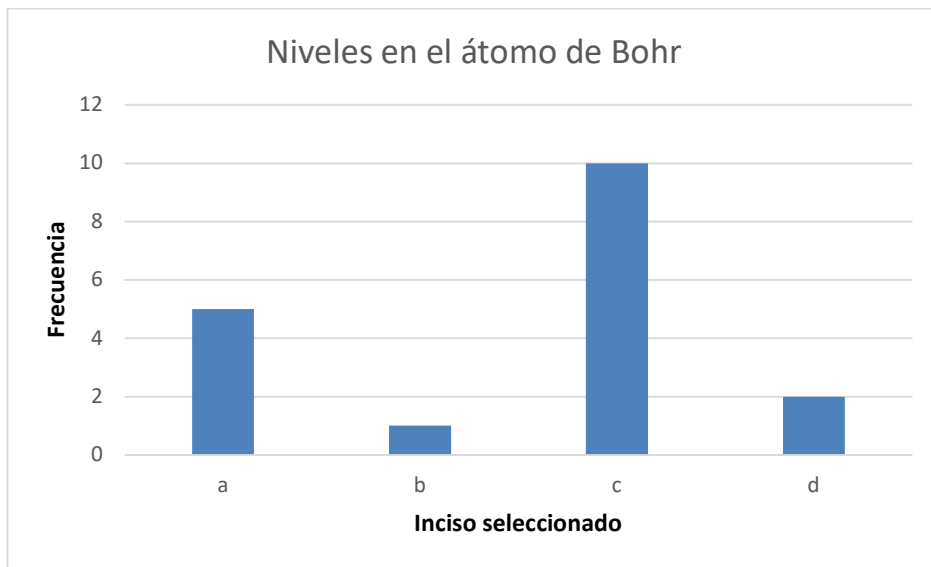
Gráfica 28. Respuestas de la pregunta 14 durante la última sesión.

Decimoquinta pregunta:

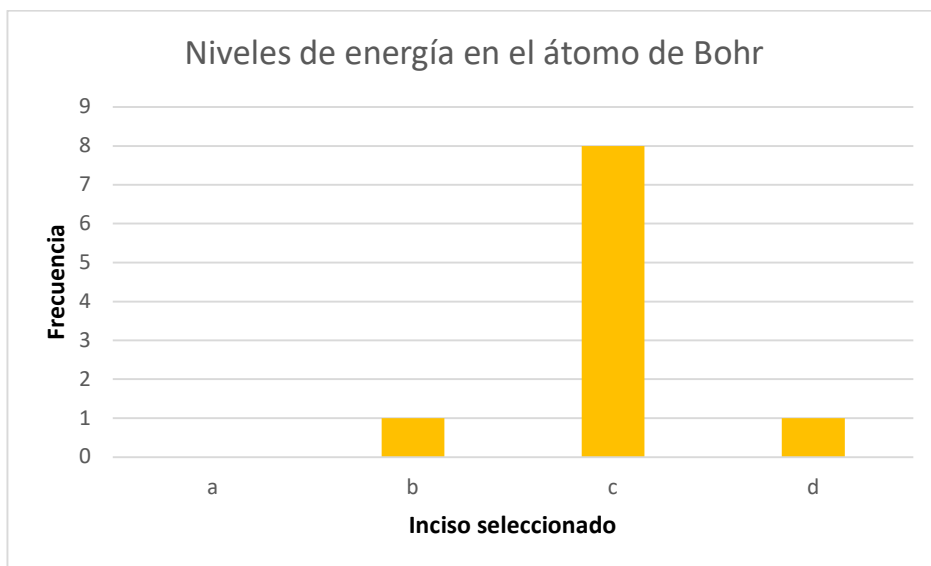
15. Los niveles atómicos que viste en tu clase de química se deben a:

- a) Los electrones chocan cuando están cerca del núcleo y son arrojados más lejos.
- b) El electrón se comporta como onda y solo caben ondas enteras en cada nivel.
- c) Existen unos círculos alrededor del átomo donde solo cabe cierto número de electrones.
- d) El espacio para acomodar los átomos es más pequeño entre más cerca del núcleo están.

La tendencia a considerar a los niveles atómicos como algo que existe físicamente, como un camino o autopista, se mantuvo por lo que la respuesta (c) fue la que apareció más seguido. Sin embargo, después de la intervención la respuesta (a) desapareció.



Gráfica 29. Respuestas de la pregunta 15 durante la primera sesión.



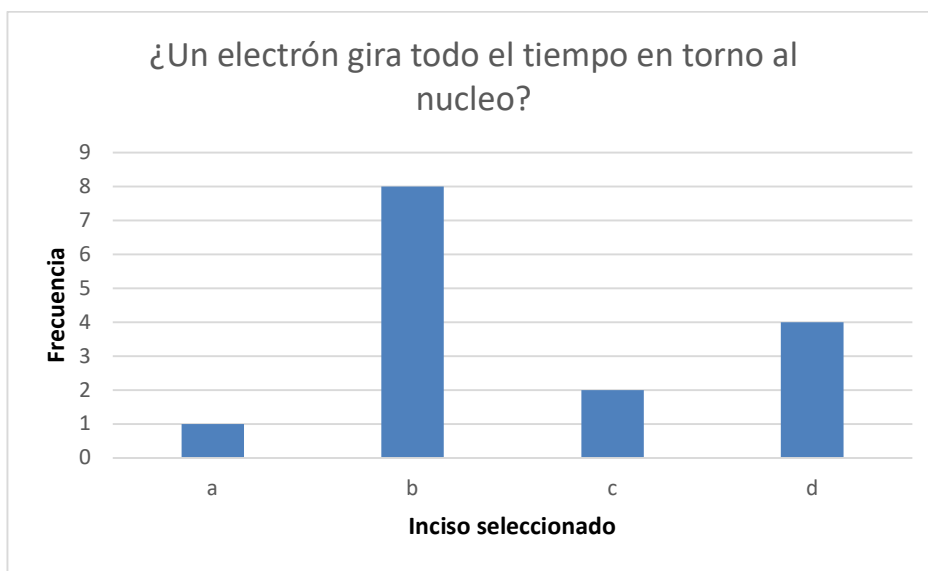
Gráfica 30. Respuestas de la pregunta 15 durante la última sesión.

Decimosexta pregunta:

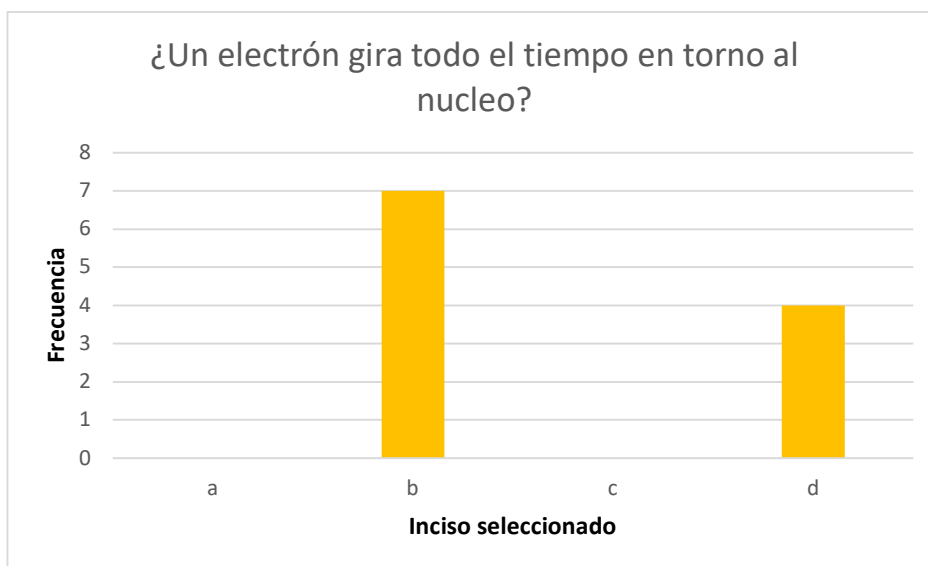
16. *¿Un electrón puede estar girando todo el tiempo alrededor del núcleo?*

- a) *No, ya que perdería energía en forma de radiación electromagnética.*
- b) *Sí, de hecho eso es lo que sucede en todo momento en los átomos.*
- c) *No, el núcleo lo atrae hacia él.*
- d) *Sí, pero solo cuando lo hace dentro de los orbitales y no puede salir de ellos.*

En las respuestas obtenidas es claro que los estudiantes conocen los modelos atómicos, pues están de acuerdo en que los electrones giran en órbitas alrededor del núcleo. Después de la intervención la tendencia a imaginar al electrón como algo que se mantiene girando alrededor del núcleo se mantuvo sin que los alumnos en su mayoría tomaran en cuenta los orbitales del modelo atómico de Bohr.



Gráfica 31. Respuestas de la pregunta 16 durante la primera sesión.



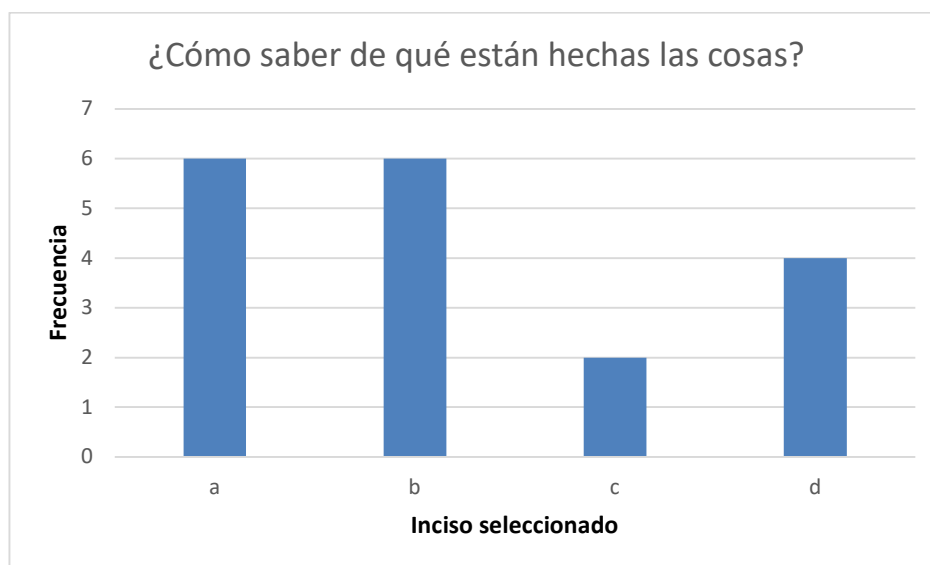
Gráfica 32. Respuestas de la pregunta 16 durante la última sesión.

Decimoséptima pregunta:

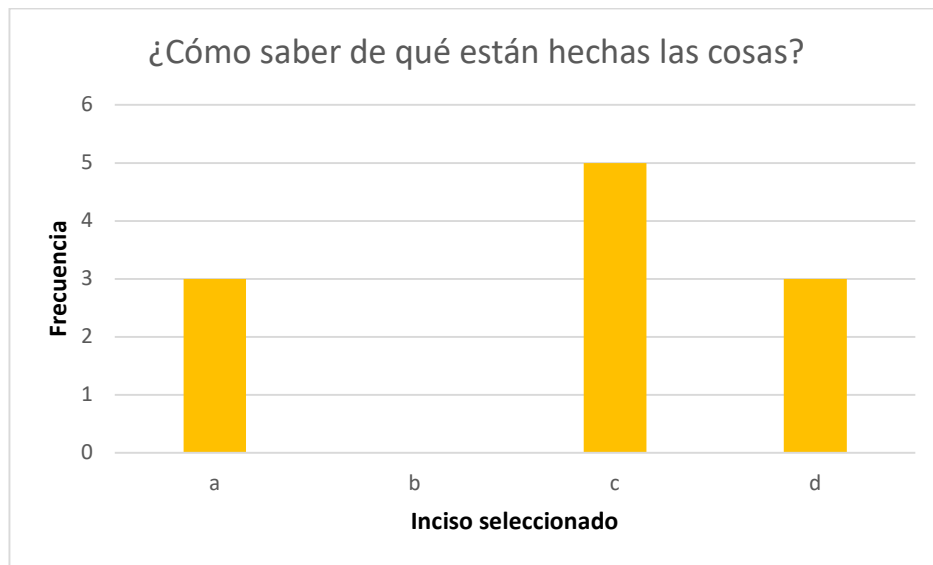
17. *¿Cómo es posible saber de qué están hechas las cosas?*

- a) *Podemos saber de qué están hechas debido a la manera en que reaccionan cuando las exponemos a alguna sustancia química.*
- b) *Podemos saber de algunas si conocemos su temperatura al cambiar de un estado a otro, de sólido a líquido por ejemplo.*
- c) *Cada átomo tiene una huella digital que podemos ver al darle energía hasta que comience a emitir radiación electromagnética.*
- d) *Existen máquinas que detectan las moléculas que desprenden los materiales y nos dicen de que están constituidos.*

Cabe destacar que después de la intervención se presentó una disminución de respuestas con carácter químico, mientras que aumentó la respuesta óptima, lo que indica que se ha comprendido la importancia de los espectros atómicos como instrumento para indagar cómo están constituidos los materiales.



Gráfica 33. Respuestas de la pregunta 17 durante la primera sesión.



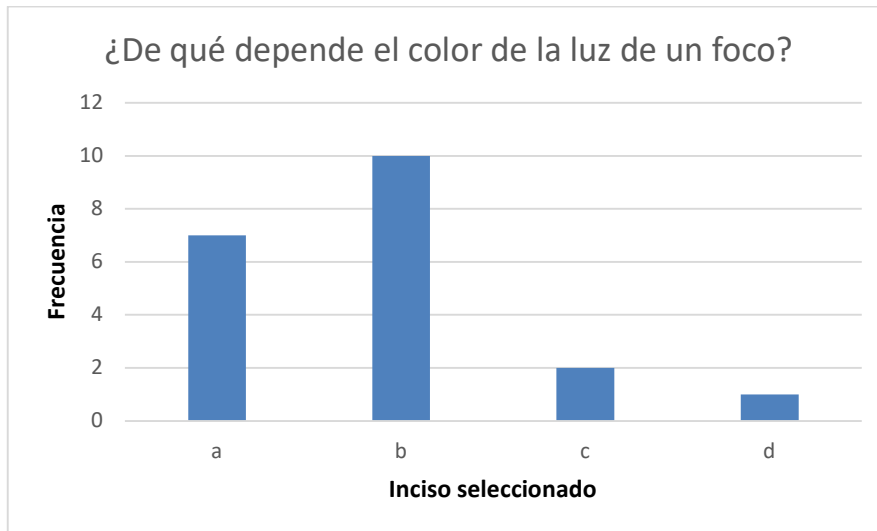
Gráfica 34. Respuestas de la pregunta 17 durante la última sesión.

Decimoctava pregunta:

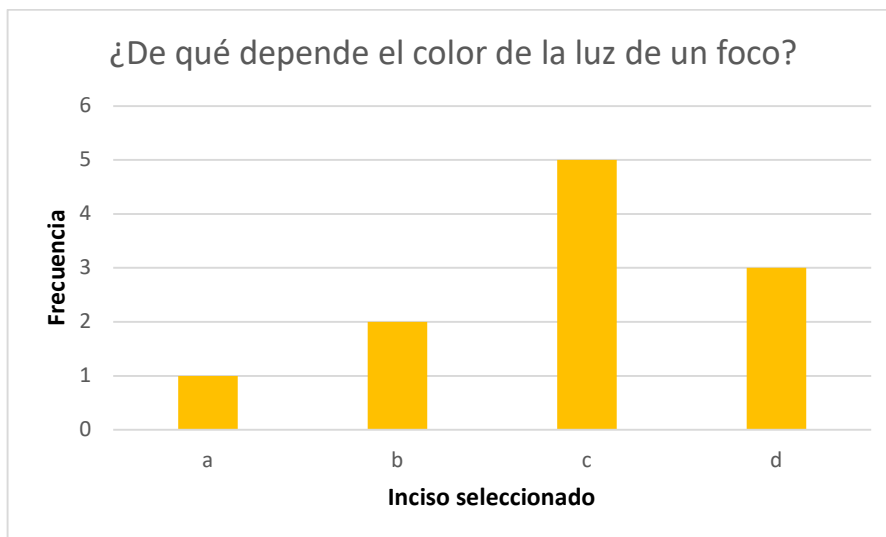
18. *El color de la luz que nos proporciona un foco depende de:*

- a) *El gas que contiene la bombilla.*
- b) *La potencia en Watts que marca el foco.*
- c) *La frecuencia de la corriente eléctrica de nuestros hogares.*
- d) *Si está conectado en serie o en paralelo con el resto de los focos.*

Aquí ocurrió algo curioso, la mayoría de los alumnos relaciona el color con la palabra frecuencia, sin darse cuenta incluso que la frecuencia de la corriente eléctrica que llega a nuestra casa no tiene relación con el color de la longitud de onda de la mayoría de las ondas electromagnéticas que emite un foco. Esto indica que antes de iniciar una discusión de los fenómenos que tienen que ver con la dualidad onda-partícula, el docente deberá asegurarse que los alumnos hayan logrado un aprendizaje de los conocimientos relacionados con el electromagnetismo. En este caso no hay una comprensión de los espectros atómicos.



Gráfica 35. Respuestas de la pregunta 18 durante la primera sesión.



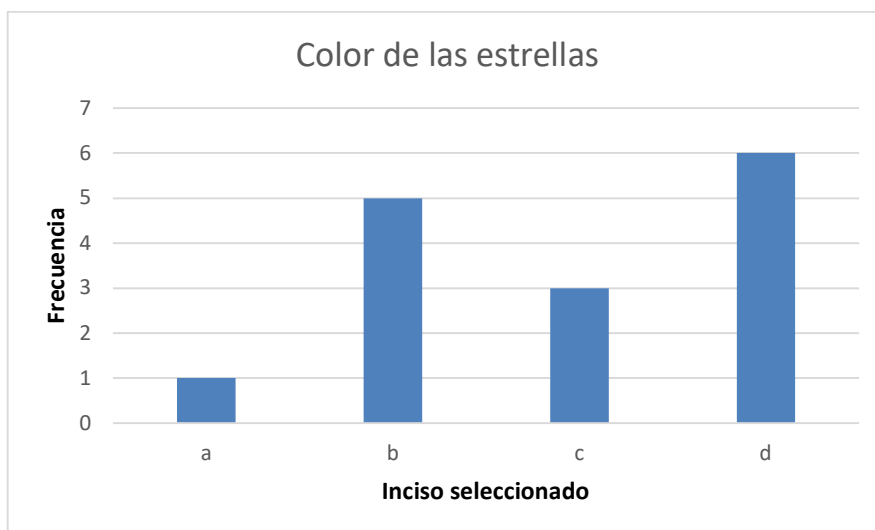
Gráfica 36. Respuestas de la pregunta 18 durante la última sesión.

Decimonovena pregunta:

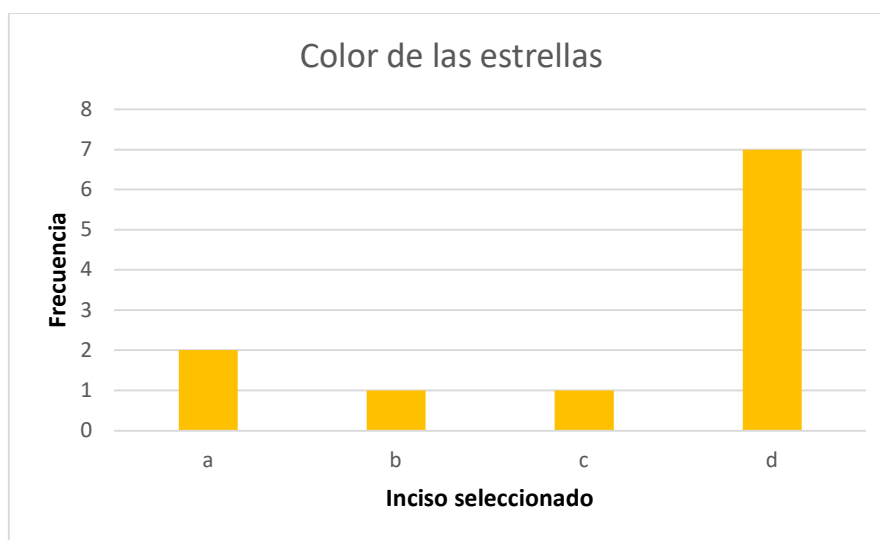
19. *¿Todas las estrellas son del mismo color?*

- a) *Sí, emiten luz del mismo color que nuestro sol.*
- b) *No, depende de la edad que tengan.*
- c) *Sí, pero como están lejos la luz es menos intensa.*
- d) *No, depende de su temperatura.*

Después de la intervención, el aumento de la respuesta óptima, la (d), fue notable ya que está muy relacionado con la radiación de cuerpo negro. Sin embargo, también cabe destacar que disminuyera otra respuesta que también tiene mucha relación, como es el caso del inciso (b), por lo que habrá que hacer más énfasis en la composición de las cosas y la relación con el brillo que emiten.



Gráfica 37. Respuestas de la pregunta 19 durante la primera sesión.



Gráfica 38. Respuestas de la pregunta 19 durante la última sesión.

A continuación, se analizan las observaciones realizadas sobre la secuencia didáctica en cada una de las cinco sesiones que se realizaron.

4.2. Lo observado en las sesiones

Primera sesión

En esta sesión se realizó la evaluación diagnóstica y aunque el grupo en general se mostró tranquilo y con ánimo, también se notó un ambiente de nerviosismo por tener que responder un examen, lo cual es un indicativo de que los exámenes suelen asociarse a la evaluación numérica que se da en la clase tradicional. En este punto es recomendable indicarles, lo cual se hizo, que el examen de diagnóstico tiene como objetivo llevar a cabo una evaluación de los conocimientos previos que tienen con respecto a los temas que se expondrán. Esto además permitirá al docente adecuar la práctica docente de forma que las actividades les sean más útiles en la construcción del conocimiento.

En lo que respecta al desarrollo de la sesión, se llevó a cabo la lectura “¿Medicina Cuántica?” que se muestra en el Anexo 2, lo que llevó a la discusión sobre la importancia de tener una cultura científica para poder tomar decisiones razonadas y responsables. Se fomentó la discusión grupal con el objetivo de conocer sus conocimientos previos sobre el espectro electromagnético, la temperatura y los principios de la mecánica cuántica. La proyección de un video sobre la catástrofe ultravioleta dió lugar a otra discusión grupal sobre la manera en la que se desarrolla la ciencia y cómo la física, al igual que las otras áreas del conocimiento, va evolucionando conforme vamos observando los fenómenos que ocurren a nuestro alrededor. Durante esta sesión, se estableció un buen ambiente de aprendizaje en el que los alumnos participaron activamente, aunque mostraron un mayor interés sobre los temas que les resultaban familiares y, por lo tanto, su participación fue más dinámica en relación con dichos temas.

Cabe resaltar que el uso de las TIC, en este caso a través de la proyección de un video permite la discusión de temas que llevan un alto grado de abstracción. Ahora bien, se promovió el desarrollo de habilidades digitales y de comunicación al dejarles como actividad extraclase la discusión en un blog.

Segunda sesión

En esta segunda sesión se promovió, al igual que en la sesión anterior, la participación de los estudiantes en discusiones grupales, lo que fomentará el desarrollo de habilidades de

comunicación y el intercambio de ideas. En este caso, el docente solo participó como moderador. Al inicio de la sesión esta discusión llevó a la evaluación de los conocimientos previos que poseen los alumnos sobre el concepto de energía, el cual ha sido revisado incluso desde la educación media, y las ondas electromagnéticas. Con el fin de poder anclar los nuevos conocimientos a lo ya conocido, se procedió a una discusión con los estudiantes sobre las innumerables aplicaciones de las ondas electromagnéticas en el mundo cotidiano, dando un mayor énfasis a la interpretación de la luz como ondas electromagnéticas. En este caso, se observó que los estudiantes pueden ligar a la radiación electromagnética a una gran cantidad de fenómenos que observan a simple vista. Ahora bien, los experimentos (Anexo 5) desarrollados sobre el efecto fotoeléctrico fueron una herramienta que ayudó a atraer la atención de los alumnos y motivarlos, sin embargo, pudo observarse que por sí solas, estas actividades experimentales no son capaces de llevar a los alumnos a la comprensión del fenómeno, por lo que el complementarlas con vídeos generó un mayor impacto. Cabe destacar que en estas actividades el alumno se convirtió en protagonista de la actividad y el profesor en un guía que le indicaba el camino a seguir para alcanzar los objetivos de aprendizaje

En esta clase, también se realizó una evaluación sobre mi papel como docente, obteniendo calificaciones de muy bueno y bueno en la rúbrica que se agrega en el Anexo 10. Ahora bien, deberá revisarse si las evaluaciones obtenidas realmente son un reflejo confiable de lo que sucedió, o si fueron el resultado de haber logrado despertar cierta simpatía en los alumnos.

Tercera sesión

Se realizó una discusión grupal con el objetivo de conocer las ideas previas sobre la polarización de la luz, para posteriormente realizar el experimento con polarizadores. Aunque se dio una buena discusión, los alumnos lograron interesarse en la clase con ayuda del experimento. Lo que demuestra que las actividades experimentales, en las que los estudiantes pueden observar, reflexionar y llegar a conclusiones son un buen recurso didáctico.

Ahora bien, durante el momento final de la clase, en donde se debía concluir que la luz puede comportarse como una partícula, la participación de los estudiantes no fue del todo exitosa, teniendo que ser el profesor el que llegó a la conclusión. Esto indica que en esta sesión es necesario discutir previamente a qué se refiere el comportamiento ondulatorio y el

comportamiento como partícula. También es necesario incluir videos, u otras herramientas que ayuden a visualizar qué se entiende por comportamiento corpuscular de la luz.

Cuarta sesión

Desde la primera sesión se solicitó a los estudiantes la creación de un blog. Sin embargo, en esta sesión, en donde se planeaba utilizar los blogs para analizar los aprendizajes, se hizo notorio que muchos estudiantes no lo habían hecho, por lo que en ese momento tuvieron que crearlo y empezar a publicar en él. Esto claramente implicó un retraso en la implementación de la práctica docente e hizo ver la importancia de establecer contacto previo con el profesor supervisor de práctica docente para que desde antes de la implementación de la práctica docente se establezcan algunas herramientas y formas de trabajo.

Cabe mencionar que también es importante que el profesor haga hincapié en los estudiantes que la intervención docente será realizada por otro profesor que también puede evaluarlos y forma parte del curso.

Pese al retraso se establecieron los conocimientos previos sobre los modelos atómicos.

Quinta sesión

En esta clase se comprobó una vez más la importancia de ser parte del grupo desde el principio, porque la mayoría de los estudiantes no había anotado nada en su blog, y fue necesaria la ayuda del profesor del grupo para que lo hicieran. En esta ocasión fue evidente que el tiempo transcurrido entre la segunda y tercera clase y la falta de reforzamiento del tema obstaculizó el cierre de las actividades.

Otra cosa importante es que en esta clase los estudiantes estuvieron muy inquietos al momento de usar la computadora, por lo que proporcionar más lecturas en la clase para guiarlos, es algo que puede ayudar a que se dispersen menos.

Sexta sesión

Se realizó una discusión grupal sobre los espectros de emisión y cómo esto permite descubrir de qué están constituido algunos objetos a partir de las ondas electromagnéticas que emiten. En esta sesión se aplicó nuevamente el examen de diagnóstico, siendo lo más destacable

fueron los diagramas de los modelos atómicos, donde los estudiantes en su mayoría utilizaron el modelo de Rutherford, pero ahora un par de ellos incluyeron algunos elementos del de Bohr con los niveles de energía. Algunos otros incluyeron átomos del estilo de Dalton en el interior de las pilas para explicar su funcionamiento,

Conclusión de las sesiones

La revisión de los videos que se realizaron de la implementación de la práctica docente permitió apreciar que hay ciertos puntos en los que hay que realizar mejoras. Por ejemplo, los estudiantes hicieron notar que había una falta de variación en el tono de la voz, lo que puede causar que los alumnos se aburran al escuchar al profesor por largos periodos de tiempo. Sin embargo, a este respecto puede también encontrarse una fortaleza, que es el mantener un diálogo constante con los alumnos.

Otra debilidad que es posible observar es una falta de dinamismo de mi parte durante las sesiones, pues considero que hizo falta que transmitiera un poco más de entusiasmo a los estudiantes ya que es claro que un profesor motivado puede motivar a sus estudiantes. No obstante, aquí también se encuentra otra fortaleza que sería el moverme constantemente por el salón para ver que están realizando los alumnos y charlar con ellos. Esto también puede ser cubierto con una planificación más cuidadosa de los materiales y las actividades con los alumnos.

En cuanto al manejo del material que se elaboró, considero que es posible que es posible hacer más uso de él, pues durante las sesiones no se utilizaron algunos ejemplos que ahí se señalaban para abordar muchas situaciones meramente teóricas.

Análisis de resultados de la práctica docente

Los resultados de la práctica docente muestran cambios en las respuestas de los alumnos, lo cual es indicio de influencia en las ideas de los estudiantes, lo cual puede considerarse favorable, en el sentido de haber podido detectar los puntos débiles y limitaciones de la secuencia didáctica propuesta. Deberá realizarse una revisión del material didáctico

preparado, incluyendo más lecturas con situaciones cercanas a la cotidianidad de los jóvenes.

El estar frente al grupo, grabarme y realizarles a los alumnos una encuesta sobre mi desempeño me parece que me ayuda a rescatar una parte importante que se mencionó en la sección anterior, la buena relación con los alumnos.

Es claro que día a día el docente va aprendiendo con la práctica, así pues, después de la implementación de la práctica docente estoy convencido de que siempre es necesario realizar ajustes a la planeación didáctica, a los materiales didácticos que se utilizan y en la manera de actuar del docente para que se cumplan los objetivos de aprendizaje.

Por último, la práctica docente y su análisis marca un camino para subsanar las deficiencias que se detectaron.

Conclusiones

Se pudieron observar algunos cambios en las respuestas realizadas por los estudiantes en el examen, sin embargo, sería necesario generar un mayor número de instrumentos de evaluación y un tiempo más largo de análisis ya que comprender es un proceso mucho más complejo que el mero hecho de memorizar, pues se genera un mayor número de relaciones entre las unidades cognitivas con las que disponemos. Sin embargo, logramos encontrar una tendencia favorable en el cambio de las respuestas hacia las óptimas, lo que ayuda a considerar que la implementación de las secuencias didácticas tuvo un efecto positivo, sin embargo para determinar la magnitud de la influencia de dichas secuencias sería necesario un proceso más largo el cual nos brinde información sobre los ajustes necesarios para analizar una vez más los cambios obtenidos en un nuevo grupo de alumnos pues la evaluación se vuelve un proceso bastante más complejo que la simple aplicación de exámenes tradicionales, por esta razón la evaluación deberá ser continua y habrá de tener cuidado en no caer en prácticas que no correspondan con el proceso de enseñanza-aprendizaje al momento de evaluar, sin embargo, lo analizado brinda herramientas para considerar el trabajo elaborado como la base de una secuencia didáctica que requiere un proceso más profundo de análisis y para su mejora.

En relación con esto, puede ocurrir que los estudiantes no comprendan lo que aprenden y es por ello que el maestro es responsable de generar situaciones que promuevan la comprensión sobre la memorización (Pozo, 2008), en el caso de las secuencias aplicadas, se intentó se intentó promover la comprensión mediante la explicitación del conocimiento, lo cual es una parte esencial en el proceso de reconstrucción de las estructuras cognitivas de los estudiantes, para poder mejorarlo en algún futuro será necesario que tanto aprendices como docentes sean conscientes de lo que se sabe y tomen consciencia de cómo es que se sabe, y trabajar sobre ello será imprescindible para el mejoramiento del fruto de este trabajo.

Para que este proceso pueda ocurrir es necesario que el aprendiz logre ver las diferencias y similitudes entre sus propias concepciones y el nuevo conocimiento. Si el aprendiz no es capaz de percibir dichas diferencias o encontrar relaciones entre el conocimiento nuevo y las estructuras que ya posee, aunque sean mínimas, no será posible que se produzca la

reestructuración, ya que no estarán dadas las condiciones para que haya un aprendizaje constructivo (Pozo, 2008).

Ahora, para que se pueda dar este tipo de aprendizaje el estudiante debe hacer explícito el conocimiento o las estructuras propias. El proceso de explicitación está dividido en varios niveles: en el primer nivel el conocimiento aún está implícito, en el segundo está explícito, pero no consciente, pues aún no es posible tener acceso a las propias estructuras; en el tercer nivel el conocimiento está explícito y consciente pero no verbalizable y, por último, tenemos el explícito consciente verbalizable, en el cual se generan las condiciones más favorables para la reestructuración (Karmiloff-Smith & Clark, 1993).

El nivel más alto de explicitación se logra mediante la verbalización, en donde el aprendiz es capaz de tener acceso a sus propias representaciones, dando así las condiciones necesarias para la reestructuración (Karmiloff-Smith & Clark, 1993). Para favorecer el que los estudiantes lleguen a este nivel haremos uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) que actualmente son bastante familiares a los estudiantes, y en donde ellos pueden escribir sobre lo visto en clase con la intención de promover la verbalización de forma que logré hacer un análisis sobre sus estructuras cognitivas, y que además quedé plasmado si existe un cambio en ellas. El uso del blog puede favorecer que el alumno encuentre relaciones entre unidades cognitivas del ambiente escolar y las que existen en un ambiente más cercano a su cotidianeidad.

Por otra parte, ya hemos mencionado que el mundo ha cambiado en los últimos años de manera vertiginosa, el avance en las telecomunicaciones y la popularización de las redes sociales ha hecho que hoy en día los jóvenes se comuniquen de una manera distinta y que además sea más fácil que la información llegue a ellos. De aquí que el uso del Facebook y otras redes sociales como Twitter puede resultar de gran utilidad al momento de mantenernos en contacto con nuestros estudiantes.

La gran cantidad de información que existe en la red y la tecnología incorporada a los nuevos laboratorios de ciencia pueden bríndanos una excelente oportunidad para enriquecer las relaciones entre conceptos e iniciar la argumentación y contrastación de distintos puntos de vista.

Cabe mencionar, que la enseñanza de los conceptos básicos de la mecánica cuántica puede enriquecerse al utilizar modelos tridimensionales o animados que se utilicen como apoyo visual para la generación de un modelo físico.

Ahora bien, la realización de la práctica docente demostró que la labor del profesor va más allá de simplemente pararse frente al grupo para exponer un tema y no termina nunca. Como profesores siempre habrá detalles que perfeccionar, de forma que nuestros cursos puedan realmente conducir al aprendizaje. Los cursos de práctica docente de la MADEMS efectivamente proveen al futuro docente de las herramientas para mejorar la labor docente al mismo tiempo que lleva a una reflexión sobre el papel del profesor en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Desde una perspectiva muy personal creo que ha sido un paso más hacia una labor como docente más plural, en donde se diseñan y ponen en marcha actividades que les devuelven protagonismo a los alumnos, el cual yo había acaparado más en ocasiones anteriores.

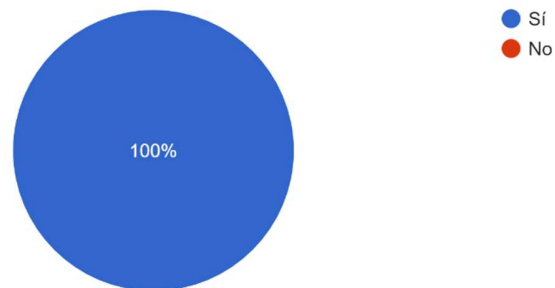
Después de la práctica docente, me quedo con la visión de lo importante que es ser claro y concreto en el trabajo con los estudiantes, pero sobre todo el trabajo realizado me muestra la necesidad de entablar más y mejores canales de comunicación con los alumnos.

Independientemente de la metodología didáctica que se utilice para la enseñanza de un tema en Física, los problemas se presentan cuando se pretende evaluar el proceso de aprendizaje. Sin lugar a duda es evidente que existe un divorcio entre los planes de estudio, lo que se enseña y la forma en que evaluamos. Es claro no es posible restringirnos a ver los procesos de la ciencia como los ven los profesionales de la ciencia, si bien es cierto que debemos hacer énfasis en algunas habilidades de éstos, no pretendemos que nuestros cursos sean una iniciación para este tipo de prácticas, más que nada pretendemos que nuestro curso brinde herramientas para explicar y comprender el mundo que los rodea haciendo uso de los conceptos básicos de la mecánica cuántica.

Por todo lo anterior, a lo largo de mi labor como docente después de haber concluido con las asignaturas de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, me ha sido muy importante crear canales de comunicación con los estudiantes, para lo cual he creado grupos de Facebook para cada uno de los grupos con los que he trabajado, lo cual ha generado las siguientes opiniones de los mismos alumnos:

¿Te fue de ayuda el grupo de Facebook de la clase de Física?

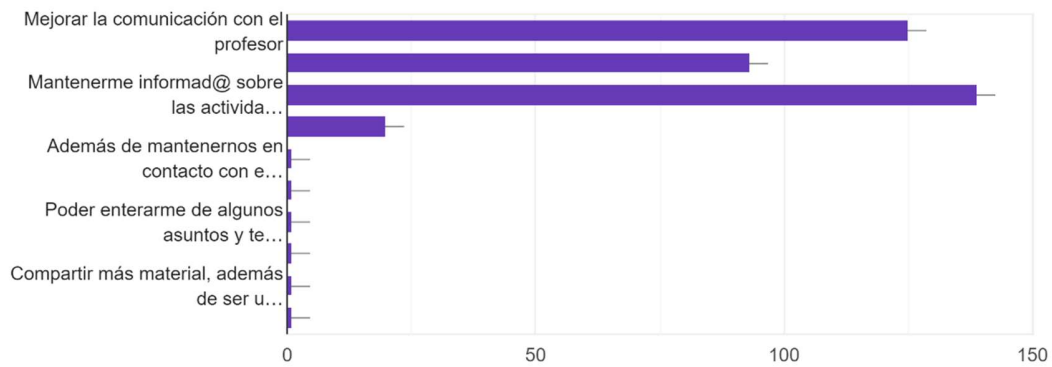
147 respuestas



Gráfica 39. Respuestas de los alumnos sobre la pertinencia del grupo de Facebook.

El grupo te Facebook te ayudo a:

148 respuestas



Gráfica 40. Respuestas de los alumnos sobre la utilidad que tuvo grupo de Facebook.

Referencias

- CCH-UNAM. (2008). Perfiles profesiográficos con propósitos de cobertura de grupos vacantes y concursos de definitividad de las áreas y departamentos académicos del Colegio de Ciencias y Humanidades. Mexico: CCH.
- CCH-UNAM. (2012). Población Estudiantil del CCH ingreso, tránsito y egreso. México: CCH.
- CCH-UNAM. (2016). Programas de estudio de Física I y II. Mexico: CCH.
- CCH-UNAM. (2018). Historia del Colegio de Coemcoas y Humanidades: Colegio de Ciencias y Humanidades. México. Recuperado de: <https://cch.unam.mx/historia>
- CCH-UNAM. (2019). Programa integral de formación docente. Mexico: CCH.
- Díaz-Barriga, F. (2006). Enseñanza situada: vínculo entre la escuela y la vida. México: McGraw-Hill.
- Feynman, R. P. (1969). What is Science? *The Physics Teacher* , 313-320.
- FI-UNAM. (2016). Planes y programas de estudio 2016: Facultad de Ingeniería UNAM. México. Recuperado de: https://www.ingenieria.unam.mx/programas_academicos/planes_2016.php
- Garriz, A., y Trinidad-Velasco, R. (2004). El Conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química* (15), 98-102.
- Karmiloff-Smith, A., y Clark, A. (1993). What's Special About the Development of the Human Mind/Brain? *Mind & Language* , 569-581.
- MADEMS-UNAM. (2021). Graduados de Física por generación: MADEMS Posgrado UNAM. Mexico. Recuperado de: https://madems.posgrado.unam.mx/alumnos/g_fisica.html
- Paz Dennen, V. (2000). Task structuring for online problem based learning: A case study. *Educational Technology & Society*, 3(3), pp. 329-336
- Pozo, J. I. (2008). *Aprendices y maestros: la psicología cognitiva del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial.

Rivera, J. (2004). El aprendizaje significativo y la evaluación de los aprendizajes. *Revista de Investigación Educativa*. 8 (14), 47-52.

SEP. (2017). Plan de estudios de referencia del marco curricular común de la educación media superior. México.

UNAM. (2020). Agenda estadística de planeación. México: UNAM.

UNAM. (2021). Portal de estadística universitaria: Universidad Nacional Autónoma de México. México. Recuperado de: <http://www.estadistica.unam.mx/>

Viera Torres, T. (2003). El aprendizaje verbal significativo de Ausubel. Algunas consideraciones desde el enfoque histórico cultural. *Universidades* (26), 37-43. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37302605>

Anexos

Anexo 1. Examen diagnóstico

Nombre: _____

Grupo: _____

Selecciona **las respuestas** que consideres correctas.

1. Al escuchar el término “mecánica cuántica” ¿con cuáles de las siguientes palabras lo relacionas?

- a) Medicina b) Energía c) Viajes en el tiempo d) Átomos
e) Ciencia f) Medicina alternativa g) Fotones h) Electricidad
i) Física j) Partículas k) Aburrido l) Cosas muy pequeñas
m) Temperatura n) Fuerza ñ) Genios o) Ciencia Ficción

2. La Física es una ciencia que:

- e) Describe a la naturaleza.
f) Funciona bien para algunos fenómenos simples pero no se utiliza en cosas más complejas.
g) Describe todo el universo de manera aproximada.
h) Nos predice el comportamiento de los fenómenos con cierta probabilidad de que suceda.

3. La radiación electromagnética:

- e) Siempre es peligrosa para el ser humano.
f) Se produce cuando una partícula cargada se acelera.
g) Es un término que se utiliza en lugar de ondas electromagnéticas.
h) Se produce cuando hay una diferencia de potencial.

4. A que te suena la expresión “cuantización de la energía”

- e) A que se determina la cantidad de energía.
f) A que repartimos la energía de un sistema entre sus componentes.
g) A que la energía de un sistema solo puede tomar ciertos valores.
h) A que la energía de un sistema solo puede cambiar en ciertos valores.

5. Son fuentes de energía renovable:

- e) El viento.
f) Las mareas.

- g) Los volcanes.
- h) El sol.

6. El efecto fotoeléctrico ha ayudado a desarrollar.

- e) Cámaras fotográficas digitales.
- f) Televisores de LEDs.
- g) Memorias de computadora.
- h) Satélites.

7. Podemos obtener energía del sol con las fotoceldas gracias a que:

- e) La energía del sol eleva la temperatura de las fotoceldas que transforman el calor en energía eléctrica.
- f) La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que son capturadas por la fotocelda que solo aprovecha la parte del campo eléctrico.
- g) La energía del sol excita a los electrones del material y cuando comienzan a vibrar chocan entre sí generando una corriente eléctrica.
- h) La luz de cierta frecuencia les proporciona la energía necesaria a los electrones para desprenderse del material y generar una corriente.

8. Característica de una onda relacionada con el color:

- e) Longitud de onda.
- f) Amplitud.
- g) Frecuencia.
- h) Velocidad de propagación.

9. Propiedades de una onda:

- h) Velocidad de propagación.
- i) Masa inercial.
- j) Energía.
- k) Color.
- l) Longitud de onda.
- m) Periodo.
- n) Tiempo.

10.- Propiedades de una partícula:

- h) Velocidad de propagación.
- i) Masa inercial.
- j) Energía.
- k) Color.
- l) Longitud de onda.
- m) Periodo.
- n) Tiempo.

- g) Cada átomo tiene una huella digital que podemos ver al darle energía hasta que comience a emitir radiación electromagnética.
- h) Existen máquinas que detectan las moléculas que desprenden los materiales y nos dicen de que están constituidos.

18. El color de la luz que nos proporciona un foco depende de:

- e) El gas que contiene la bombilla.
- f) La potencia en Watts que marca el foco.
- g) La frecuencia de la corriente eléctrica de nuestros hogares.
- h) Si está conectado en serie o en paralelo con el resto de los focos.

19. ¿Todas las estrellas son del mismo color?

- e) Sí, emiten luz del mismo color que nuestro sol.
- f) No, depende de la edad que tengan.
- g) Sí, pero como están lejos la luz es menos intensa.
- h) No, depende de su temperatura.

20. Realiza un esquema de un átomo de Litio en su estado base, otro esquema más de un isotopo del mismo átomo y finalmente un tercer esquema del átomo de Litio pero en un estado excitado (con mayor energía).

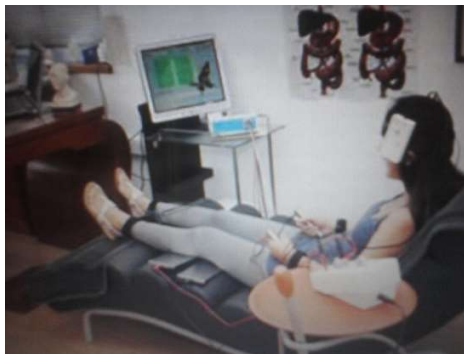
Anexo 2. Lectura y evaluación diagnóstica

¿Medicina Cuántica?

Hoy en día podemos encontrarnos en internet y en la literatura con algunos libros y anuncios que hacen alusión a la Física, en particular a la Física cuántica, y con base a sus supuestos principios prometen ayudarnos a mejorar nuestra vida. A continuación muestro un par de ellos, los cuales me encontré al navegar por la red.



La medicina China, bajo un enfoque de la física cuántica. Una revolucionaria y totalmente nueva forma de enfrentar la enfermedad. Curso único en México



TERAPIA INTEGRAL (CUERPO, MENTE, EMOCIÓN Y ESPÍRITU) CON UN SOFISTICADO E INNOVADOR SISTEMA DE COMPUTO AUXILIAR DE ANÁLISIS ENERGÉTICO Y TRATAMIENTO TERAPÉUTICO DE AFECCIONES BASADO EN LOS PRINCIPIOS DE LA FÍSICA CUÁNTICA, MEDICINA ENERGÉTICA Y MEDICINA ALTERNATIVA (HOMEOPATÍA, ACUPUNTURA, RIFE, PNL Y MÁS.).

MEDIANTE EL ANÁLISIS ENERGÉTICO A GRAN VELOCIDAD DE TODO EL ORGANISMO SE DETECTAN DESEQUILIBRIOS ENERGÉTICOS EN ÉL (LOS CUALES SON LOS CAUSANTES DE LAS ENFERMEDADES DE LA PERSONA) Y UNA VEZ REALIZADA LA DETERMINACIÓN ENERGÉTICO, LA TERAPIA LE RESTABLECE EL ADECUADO FLUJO DE ENERGÍA POR MEDIO DE MICROFRECUENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS REGENERANDO LAS CÉLULAS DEL MISMO IMPULSÁNDOLO HACIA EL CAMINO DE LA SALUD Y UNA MEJOR CALIDAD DE VIDA.

¿Tú crees que lo que aquí se promete puede ser verdad?

En este par de anuncios utilizan a la Física Cuántica como supuesto sustento de lo que te están tratando de vender, pero ¿Realmente tiene sentido lo que dicen? Si observas un poco y haces memoria, seguramente verás algunas palabras que no te son del todo extrañas, incluso te darás cuenta que muchas de ellas las viste a lo largo de tus distintos cursos de Física, pero ahora la cuestión sería preguntarnos si lo que dice tiene sentido.

Libros como “El Secreto” relacionan a la Mecánica Cuántica con temas más bien de superación personal, y hablan del universo y energía bajo contextos totalmente alejados del ámbito científico, de igual manera, estos anuncios utilizan términos bastante alejados de lo que realmente son los principios de la Mecánica Cuántica.

Sin embargo, el asunto se torna más serio cuando hablamos de temas relacionados con la salud. Es importante tener los elementos necesarios para poder distinguir si lo que prometen en dichos anuncios es algo factible o no, ya que muchas veces los efectos benéficos que se pueden llegar a sentir por dichos tratamientos obedecen más a razones psicológicas que a la verdadera eficacia del mismo.

No es raro conocer a alguien con problemas de salud, económicos o emocionales, y nos encontraremos con personas que nos digan que la Física Cuántica es la panacea, y que gracias a sus conocimientos podemos terminar con todos nuestros males por una módica cantidad de dinero, o comprando un libro, video o asistiendo a cursos y conferencias. Sin embargo, es obligación de nuestro bachillerato, y en particular de nuestras clases de Física tener herramientas para poder tomar decisiones informadas al respecto.

Y para entrar en materia nos quedaría una pregunta para la reflexión:

¿Qué es la Física Cuántica?

Anexo 3. Lectura “¿Qué es Ciencia” de Richard P. Feynman

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y ARTES
EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA FÍSICA

¿QUÉ ES CIENCIA?¹

Richard P. Feynman

Esta es una versión traducida y adaptada por el Comité Editorial de una charla que el profesor Feynman ofreció en la decimocuarta convención anual de la Asociación Nacional de Profesores de Ciencias de los Estados Unidos, en 1966. El texto Completo fue publicado por la revista Physics Teacher en septiembre de 1969.

El tema de esta charla, qué es la ciencia, no lo escogí yo, sino el profesor DeRose, a quien agradezco la oportunidad de reunirme con ustedes, profesores de ciencias. Por dos razones quiero comenzar esta charla aclarando que no es lo mismo hablar de "qué es la ciencia", que de "cómo enseñar la ciencia". Primero, porque por la forma como dictaré la conferencia podría interpretarse que estoy tratando de decirles cómo enseñarla, y ese no es mi propósito. No sé nada de niños. He llegado a concluirlo porque tengo un hijo. Segundo, creo que en la mayoría de ustedes existe un sentimiento de desconfianza en sí mismos, alimentado por tantas conferencias de tantos expertos en este campo, los cuales les han insinuado de muchas maneras que las cosas no andan muy bien, que se debe enseñar mejor. Y no quiero inmiscuirme en un sistema que, de hecho, me parece que funciona bastante bien.

¿Qué es la ciencia? Indudablemente ustedes lo saben puesto que la enseñan. Si alguien no lo sabe, la guía del profesor de cualquier texto escolar ofrece una completa discusión sobre el asunto. Pero la ciencia no es lo que han dicho los filósofos y con toda seguridad, tampoco lo que dicen las guías del profesor. ¿Qué es? Ese fue el problema que me planteé cuando decidí dictar esta charla y al hacerlo recordé aquella fábula que dice:

Caminaba alegre un ciempiés cuando un sapito le preguntó: ¿Cuál pie tú pones primero y cuál colocas después?

Preguntándose el ciempiés ¿cómo hago yo al caminar? Se le trabaron los pies y a un hueco vino a parar.

¹ Este artículo es una reproducción textual del libro de Richard P. Feynman. Seis piezas fáciles. Ed Crítica 1997. Barcelona. Lo estamos utilizando reconociendo plenamente su autoría con fines exclusivamente educativos.

Durante toda mi vida he hecho ciencia y sé lo que es, pero me siento incapaz de decirlo; no sé cuál pie pongo primero y cuál después. Me preocupa además que, en analogía con el poema, luego de esta charla no pueda ya emprender investigación alguna.

Debido a las dificultades que caracterizan el tema y a mi aversión por las exposiciones filosóficas, presentaré una conferencia especial: les contaré cómo aprendí lo que es la ciencia. Es un poco infantil, pues lo aprendí siendo niño y ha estado en mi sangre desde muy temprano; les contaré cómo fue, pero recalco, no pretendo decirles cómo enseñarla. Sólo quiero decirles qué es contándoles como lo aprendí yo.

Lo debo a mi padre. Me cuentan que cuando yo estaba por nacer decía: "Si es niño, será científico" ¿Cómo lo logró, si jamás me dijo que debería serlo? El no lo era, era un negociante que leía sobre la ciencia y la amaba.

Cuando yo era aún muy pequeño mi padre solía jugar conmigo luego de comer. Un día trajo de alguna parte una gran cantidad de baldosines rectangulares. Los paramos verticalmente uno a continuación de otro; luego yo empujaba el último y observaba cómo caían todos. Hasta ahí todo iba muy bien. Más tarde se complicó el juego. Los baldosines eran de diferentes colores y yo debía colocar uno blanco, dos azules, uno blanco, dos azules, etc.

Aunque quisiera colocar uno azul, debía colocar uno blanco si tocaba. Se ve claramente la ingeniosidad del proceso: agrandar primero y luego involucrar suavemente actividades con contenido educativo. Mi madre cayó en cuenta de la intención del juego y anotó "Me deja al pobre chico colocar el azul si es lo que quiere". Mi padre contestó: "No, yo quiero que descubra las configuraciones, es lo único que se le puede enseñar de matemáticas a este nivel". Si esta conferencia fuese sobre qué es la matemática, ya tendríamos una respuesta: la matemática es la búsqueda de configuraciones.

Quiero señalar otra evidencia de que la matemática es sólo configuraciones. Cuando estuve en la universidad me fascinaba el conglomerado estudiantil. Parecía una mezcla diluida de algunas personas sensibles y una gran masa de personas atolondradas que estudiaban economía doméstica y cosas por el estilo, a la cual pertenecía gran cantidad de chicas. Me sentaba en la cafetería y procuraba enterarme furtivamente de sus conversaciones, tratando de identificar si comentaban algo inteligente. Ya podrán imaginarse mi sorpresa cuando descubrí algo que me pareció tremendo.

Escuché la conversación de dos chicas. Una explicaba que para conseguir una línea recta, por cada unidad que se suba debe avanzarse hacia la derecha cierta cantidad determinada. Este es un principio fundamental de geometría analítica; fue sorprendente, jamás había pensado que la mente femenina pudiese comprender geometría analítica.

Y la chica añadía: «Supón que otra línea se acerca a la primera y que deseamos prever donde se interceptarán. Supongamos que una avanza dos a la derecha por cada unidad que sube y que la otra avanza tres por cada unidad que sube; si inicialmente están separadas veinte...», etc.

Era increíble, preveía correctamente el sitio de la intersección. Más tarde me di cuenta que le estaba explicando a su amiga como tejer medias.

Volvamos a mis experiencias como joven matemático. Cuando mi padre me contó que la razón de la circunferencia a su diámetro es una constante independiente del tamaño del círculo, experimenté una sensación difícil de describir quizás porque no era muy obvio para mí. Ese cociente era una propiedad extraordinaria, el maravilloso número π . Existía un misterio en torno a ese número que en aquel entonces no comprendí muy bien, que lo hacía interesante y que me llevaba a buscarlo por todas partes. Lo menciono para ilustrar una motivación. Lo importante para mí no era el número sino la idea de que existía un misterio, algo maravilloso relacionado con él. Mucho después cuando experimentaba en el laboratorio –bueno era un laboratorio en mi casa, así que no experimentaba sino que jugaba, construyendo radios y otros cacharros–, fui descubriendo en los libros y manuales que existían fórmulas en electricidad para relacionar, por ejemplo, la corriente y la resistencia. Encontré un día la fórmula para la frecuencia de un circuito resonante

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Allí aparecía π , pero ¿dónde estaba el círculo?. Ustedes ríen, pero para mí el asunto era muy serio: π es algo relacionado con círculos y aquí aparecen en un circuito eléctrico.

¿Dónde estaba el círculo?. ¿Será que los que se están riendo saben de dónde sale este π ?

Me enamoré tanto del asunto, pensaba tanto en él que opté por investigarlo. Así caí en cuenta de que las bobinas son circulares. Medio año después, encontré que en las expresiones de la inductancia para bobinas cuadradas también aparecía π , luego no

resultada de las bobinas circulares. Hoy entiendo mejor el asunto: sin embargo en el fondo aún no sé muy bien dónde está el círculo y de dónde viene ese *pi*.

Aún era muy pequeño, no sé cuánto, cuando halaba un carrito con una esferita dentro; de pronto noté algo que corrió a decir a mi padre: "Cuando halo el carrito la bola corre hacia atrás, cuando corro con el carrito y paro, la bola corre hacia adelante, ¿por qué?" ¿Qué contestarían ustedes? Mi padre me dijo: "Eso nadie lo sabe", y añadió: "Es sin embargo general y sucede siempre y a todas las cosas. Lo que se esté moviendo tiende a seguir en movimiento. Si la cosa está quieta, tiende a seguir así. Si miras con atención observarás que la bola no se mueve hacia atrás con respecto al piso, sino hacia adelante, pero no tan rápido como el carrito, de manera que su parte trasera choca con ella. Para la bola es difícil iniciar el movimiento. A tal principio se le denomina inercia". Fui enseguida a comprobar lo que me había dicho. Mi padre estaba estableciendo la diferencia entre lo que sabemos de las cosas y los nombres que damos a ellas.

Respecto de los nombres y las palabras voy a contarles otra anécdota. Como vivíamos en Nueva York, en vacaciones íbamos a las montañas Catskill. Los pobres maridos tenían que trabajar pero regresaban a pasar los fines de semana con su familia. Frecuentemente, entonces, mi padre me llevaba al bosque para aprender cosas sobre la naturaleza. Mis amigos también querían ir pero mi padre se negaba a llevarlos aduciendo que yo era más avanzado. No estoy tratando de decirles cómo enseñar, porque lo que mi padre hacía, lo hacía con un único alumno; si hubiese tenido una clase con más de uno seguramente no hubiese podido hacerlo.

Así pues, en nuestras caminatas por el bosque íbamos solos pero en razón del gran poder de convicción de las madres, los otros padres tuvieron que llevar a sus chicos al bosque y así fue como un domingo todos fuimos a la caminata. Al día siguiente, lunes, cuando jugábamos un muchacho me dijo: "¿Sabes el nombre de ese pájaro que está sobre el trigo?". Yo le dije: "no tengo la más mínima idea"; entonces me respondió "es un tordo de garganta carmelita, no es mucha la ciencia que te enseña tu padre".

Reí para mis adentros, entendía que conocer el nombre no es saber mucho del pájaro. Mi padre ya me había dicho: "Mira ese pájaro, es un tordo carmelito; en Alemania lo llaman *halzenfuzgel* y en China *chung ling*, y aun cuando sepas todos estos nombres no sabes nada

del animal, sólo sabes algo sobre la gente que lo llama así". Hay una gran diferencia entre lo que son las cosas y su nombre.

Aunque interrumpa el relato, voy a decir un par de cosas sobre las palabras y las definiciones. Aunque no son ciencia, deben aprenderse. No estamos hablando sobre qué se debe enseñar sino sobre qué es la ciencia. Convertir pulgadas a centímetros no es ciencia, pero es necesario saberlo. De la misma manera no es arte saber que un lápiz 3B es más suave que uno 2H, pero el profesor de arte debe enseñarlo y un artista debe saberlo (o descubrirlo a su debido tiempo, una vía científica que seguramente no utiliza el profesor de arte). Las palabras son importantes para comunicarnos y se deben enseñar, pero es muy importante saber cuándo estamos enseñando herramientas para la ciencia, como las palabras, y cuándo estamos enseñando ciencia.

Para aclarar más aún mi punto de vista voy a criticar un libro de ciencias que desgraciadamente no es una excepción ya que en otros se encuentran situaciones igualmente criticables. Un libro de primero de primaria comienza la primera lección de una manera desafortunada para enseñar ciencia, que da una idea errónea de lo que ella es. Ilustra un perrito de juguete de cuerda, luego una mano que lo acciona y finalmente al perrito en movimiento. Bajo la última figura se pregunta: "¿Qué lo hace mover?". Luego aparece la foto de un perro verdadero y la misma pregunta, y así mismo después con una lancha de motor, etc. En un principio creí que la idea era que la ciencia tiene aspectos físicos, biológicos y químicos, pero no era esto. La respuesta que aparece en la "guía" del maestro es "la energía lo hace mover".

El concepto de energía es muy sutil y de difícil comprensión. Es decir, no es fácil entender la energía lo suficientemente bien como para utilizar el concepto en forma tan correcta que se pueda deducir algo a partir de él; escapa al nivel de primero de primaria. Esto es equivalente a decirle al niño cosas como "Dios lo hace mover" o "el espíritu lo hace mover", o "la movilidad lo hace mover"; más aún, se podría decir igualmente "la energía lo hace parar".

Veamos otro aspecto. Si se trata de definir energía, el asunto puede invertirse; podemos decir que si algo se mueve posee energía, pero no que lo que lo hace mover es la energía; es una diferencia tan sutil como en aquel enunciado de la inercia. Quizás se puede aclarar más de la siguiente manera: si se pregunta a un niño qué hace que el perro de cuerda se

mueva, debe pensarse en lo que respondería una persona común y corriente; podría ser: "el resorte enrollado trata de desenrollarse, con lo cual acciona el mecanismo". ¡Qué buena forma de iniciar un curso de ciencia!. Desbaratemos el juguete, veamos cómo funciona, observemos el mecanismo, los engranajes, la forma como fue armado, la ingeniosidad de los que diseñan estos y otros juguetes; sería excelente. Pero la respuesta del texto es desafortunada pues pretende enseñar una definición y no enseña nada. Supóngase que un estudiante dijera: "yo no creo que sea la energía lo que lo hace mover". ¿Hacia donde se orientaría la discusión después de esta respuesta?

Lo que considero grave es que en la primera lección se enseñe una fórmula mística para responder preguntas. El libro trae otras semejantes: "la gravedad lo hace caer", "la suela de los zapatos se gasta por la fricción". Decir simplemente que es por la fricción es triste, eso no es ciencia.

Algunas veces mi padre utilizó en sus conversaciones el término energía pero solo después de que yo tenía alguna idea acerca de ésta. Lo que él hubiera hecho con el perrito de juguete para dar la misma lección, habría sido decir: "Se mueve porque el sol brilla". Yo hubiese respondido: "No. ¿Qué tiene que ver en esto el brillo del sol? Se mueve porque yo he enrollado el resorte". "Muy bien, pero ¿por qué has podido moverte para enrollar la cuerda?".

"Me alimento".

"Bien. ¿Qué comes?"

"Plantas"

"Y ¿cómo crecen las plantas?" "Pues porque el sol brilla".

Lo mismo sucede con el perro y con la gasolina, en la cual la energía de sol es capturada por las plantas y preservada en la tierra. Muchos otros ejemplos terminan con el sol y vemos cómo la misma idea que el texto trata de enseñar se puede exponer en forma motivante: todas las cosas que vemos se mueven, lo hacen porque el sol está brillando. Así se explica entonces la relación de una fuente de energía con otra. Puede que el niño lo niegue y diga: "yo no creo que sea porque el sol brilla". Se iniciaría entonces una discusión, esta es la diferencia, después podría retarlo con las mareas y con lo que hace que la Tierra gire, y nuevamente tendríamos algo misterioso que afrontar.

Esto es sólo un ejemplo de la diferencia entre las definiciones (que son necesarias) y la ciencia. La única objeción en este caso particular es que se trataba de la primera lección; lo que es la energía debe ser tema posterior y no la respuesta a una pregunta tan simple como qué hace que el perro se mueva. A un niño debe responderse como niño que es: ¡Ábrelo y mira dentro!

Durante aquellas caminatas por los bosques aprendí muchas cosas. En vez de enseñarme los nombres de los pájaros mi padre me decía por ejemplo: "Mira, observa que el pájaro siempre pica sus plumas, las pica mucho, ¿qué crees que está picando en ellas?" Contesté que quizás estaban despeinadas y las trataba de peinar. Me dijo: "Bien, ¿cuándo y por qué se despeinarán las plumas?"

"Cuando vuela, cuando camina no lo creo, se despeinarán mientras vuela". A esto me dijo: "Supones entonces que las picarán más cuando acaba de aterrizar que cuando ya lleva un buen tiempo caminando por ahí. Bien, entonces observa". Y observarnos, concluyendo que picaba sus plumas con igual frecuencia, sea que acabase de aterrizar o que ya hubiese caminado por un buen tiempo. Así pues mi suposición era errónea y como no pude aproximarme a la razón de la conducta de los pájaros mi padre me lo explicó. "Lo que pasa es que los pájaros tienen piojos, en sus plumas se forman unas lanillas que son alimento para los piojos y a su vez en las articulaciones de las extremidades de los piojos se secreta una cera de la que se alimenta un ácaro que vive allí mismo. Estos ácaros tienen tanta comida que no logran digerirla completamente y es por esto que de su parte posterior sale un líquido muy rico en azúcar en el cual vive una pequeña criatura la cual . . .".

La información no es correcta, pero el espíritu de ella sí. En primer lugar aprendí algo sobre parasitismo: el uno vive del otro, otros de aquellos, etc.; además, que donde exista una fuente de algo que pueda ingerirse para mantener la vida, alguna forma de vida la utilizará y que cualquier excedente será aprovechado por otro ser.

Lo importante de todo esto es que aun cuando yo no fuese capaz de llegar a la conclusión, las observaciones se convertían en una vivencia extraordinaria con un resultado maravilloso. Sí realmente era maravilloso . . .

Creo que es muy importante si se quiere enseñar a alguien a observar -por lo menos lo que fue para mí- que de la observación pueden resultar cosas maravillosas. Aprendí entonces en qué consistía la ciencia. Se necesitaba paciencia. Si se observa, si se pone mucha

atención, casi siempre se observan cosas fabulosas. Como resultado, siendo ya un hombre maduro trabajé con dedicación en algunos problemas, hora a hora, a veces durante años, a veces por períodos cortos. Hubo muchas equivocaciones, muchas cosas fueron a parar al cesto de la basura, pero de vez en cuando aparecía una perla, una nueva comprensión; esto era algo que me había acostumbrado a esperar de las observaciones desde cuando era un niño. Y esto, porque se me enseñó que las observaciones valían la pena.

Aprendimos muchas otras cosas en el bosque. Veíamos las regularidades, conversábamos sobre distintos temas: el crecimiento de las plantas, cómo buscan los árboles la luz tratando de ir lo más alto posible y cómo consiguen llevar agua hasta las alturas de 10 ó 12 metros, cómo las plantas que crecen muy poco aprovechan los escasos rayos de luz que les llegan, etc.

Un día, luego de ver todas estas cosas, regresamos al bosque y mi padre me dijo: "Hasta el momento sólo hemos visto la mitad del bosque, exactamente la mitad". "¿Cómo así?" Pregunté. Y me dijo "Hemos observado cómo crecen las cosas, pero por cada ejemplo de crecimiento, existe otro decaimiento (muerte); de no ser así, la materia se acabaría. Si los árboles luego de consumir todo lo existente de aire y de tierra no devolvieran al suelo o al ambiente lo que han tomado, no quedaría nada disponible para que otras cosas pudieran crecer. De cada "poquito" de crecimiento debe existir una cantidad exactamente igual de decaimiento.

Después siguieron muchas caminatas por el bosque; rompimos troncos viejos, vimos insectos y observamos el crecimiento de los hongos. Mi padre no pudo mostrarme las bacterias pero sí observamos sus efectos sobre algunas cosas. Contemplé el bosque como un proceso constante de intercambio de materia.

En ocasiones las charlas comenzaban de una manera bien extraña: "Supongamos que llegara un marciano a la Tierra". Un punto de vista interesante para analizar el mundo. Una vez cuando yo jugaba con mis trenes eléctricos me contó que muy lejos una rueda enorme giraba en una caída de agua. De la rueda salen miles de hilos de cobre que se extienden en todas las direcciones. Y al final de ellos otras ruedas pequeñas, como la de mi tren, daban vueltas cuando la rueda grande giraba. Y no había partes móviles que

conectaran la rueda grande con las pequeñas, solamente hierro y cobre. Este era el mundo maravilloso que mi padre me describía.

Podríamos preguntarnos ¿qué obtuvo mi padre de todo esto? Bien, fui a la universidad, luego estudié en Princeton y cuando regresé a casa me dijo: "Yo siempre he querido que me expliquen algo que nunca he entendido; tú has recibido una educación científica y creo que podrás hacerlo". Asentí, y me dijo: "Según entiendo, un átomo emite luz cuando pasa de un estado excitado a uno de menor energía", y comenté "eso es correcto". Él continuó: "la luz es una clase de partícula llamada fotón, creo. Así pues, del átomo sale un fotón cuando pasa de un estado excitado a uno de menor energía y por consiguiente el fotón se debe encontrar en el átomo excitado". "Bueno, no", respondí. "¿Cómo se puede entender entonces que salga un fotón de allí si no estaba?". Reflexioné unos minutos y dije "lo siento, no lo sé, no puedo explicártelo". Fue decepcionante para él, había pasado muchos años tratando de enseñarme cosas y los resultados eran muy pobres.

Pienso que podría definir la ciencia más o menos así: la evolución en este planeta llegó a una etapa en la cual aparecieron animales inteligentes, no me refiero solo a los seres humanos, sino también a animales que juegan y pueden aprender cosas a partir de la experiencia, como los gatos. En esta etapa sin embargo, cada animal aprendería de su experiencia propia. Un desarrollo gradual condujo a que alguna especie pudiese aprender más rápidamente; aun más, que aprendiese de las experiencias de otros, bien sea observándolos o porque otro le enseñase.

Se presentó entonces la posibilidad de que todos aprendiesen, pero que debido a una transmisión ineficiente una generación muriera antes de lograr transmitir a la siguiente lo que lo aprendió. Y entonces apareció la siguiente cuestión: ¿Será posible aprender más rápidamente lo que alguien aprendió por accidente antes de que se olvide, por mala memoria o por la muerte del aprendiz o de los inventores? Quizás llegó entonces una época en la cual, para alguna especie se aumentó la rapidez del aprendizaje en tal medida que sucedió algo completamente nuevo: lo que un animal individual lograba aprender se pasaba a otro y a otro, con una rapidez tal, que la raza en su conjunto no perdía lo aprendido. Se dio entonces la posibilidad de acumulación del conocimiento. Se trata de un enlazamiento temporal. No sé quién lo llamó así por primera vez, el caso es que aquí

estoy ante un conjunto de estos individuos que mientras están sentados, tratan de enlazar experiencias aprendiendo entre sí unos de otros.

El que la raza tuviese memoria, el que existiese una acumulación de conocimientos transmisibles de una generación a otra era un fenómeno nuevo en el mundo. Pero esta situación implicaba un peligro. Así como era posible transmitir ideas provechosas para la raza, también se podían transmitir ideas que no lo eran. Vino entonces una época en la que, a pesar de ser muy lenta la acumulación no era siempre de cosas útiles y prácticas sino de todo tipo de prejuicios y de creencias absurdas y extrañas. Finalmente se descubrió una forma de evitar este mal. Dudar de la veracidad de lo que nos es transmitido del pasado y tratar de determinar *ab initio* nuevamente esas situaciones a partir de la experiencia, en vez de admitir las experiencias del pasado tal como nos llegan. Esto es la ciencia, es el resultado de descubrir que es valioso volver a comprobar lo logrado mediante las experiencias pasadas de la raza. Así lo veo y es mi mejor definición.

Otra cualidad de la ciencia es que nos enseña el valor del pensamiento racional y la importancia de la libertad de pensamiento. Son resultados positivos que provienen de poner en duda la veracidad absoluta de las lecciones. Debemos distinguir, especialmente al enseñar, la ciencia de las formas y procedimientos que se utilizan a veces para desarrollarla. Es muy fácil decir "escribimos, experimentamos, observamos y hacemos esto y lo otro". Esto se puede copiar exactamente. Sin embargo, grandes religiones han desaparecido por contentarse con la forma olvidando el contenido real de las enseñanzas de los maestros. De la misma manera, es posible seguir la forma y llamarla ciencia, pero eso es pseudo ciencia. Estamos padeciendo una especie de tiranía en algunas instituciones que han caído bajo la influencia de consejeros pseudocientíficos.

Tenemos hoy en día muchos estudios sobre la enseñanza en los cuales se detallan observaciones, se hacen listas, estadísticas y cosas por el estilo. Pero no por eso estos estudios constituyen ciencia establecida, conocimiento establecido. Son solamente formas imitativas de la ciencia. El resultado de esta imitación pseudocientífica es producir expertos. Tal vez los maestros aquí presentes que enseñan en el nivel elemental dudan de vez en cuando de los expertos. La ciencia enseña que se debe dudar de los expertos. Podríamos definirla de esta manera. La ciencia es el convencimiento de la ignorancia de los expertos.

Cuando alguien afirma que "la ciencia nos enseña esto y lo otro", está utilizando la palabra incorrectamente. La ciencia no nos enseña nada, nos enseña la experiencia. Si dicen "la ciencia ha mostrado que . . ." hay que preguntar: ¿Cómo lo mostró? ¿Cómo lo encontró la ciencia? ¿Cómo? ¿Qué? ¿Dónde?". En vez de la ciencia ¿no será "este experimento, este efecto muestra que . . .?" Y cualquiera de ustedes, todos ustedes, tienen derecho como cualquier otro a juzgar si se ha llegado a conclusiones razonables a partir de la evidencia (eso sí, hay que ser pacientes y escuchar *todas* las evidencias).

En un campo tan complicado que la verdadera ciencia no ha llegado aún a nada, debemos dejarnos guiar por la sabiduría tradicional, por una especie de decisión de "echar para adelante". Quiero darle confianza al maestro de la base, decirle que debe confiar en sí mismo, en su sentido común y en su inteligencia. Los expertos que lo están dirigiendo pueden estar equivocados.

Creo que estoy arruinando el sistema y que los próximos estudiantes que lleguen a la universidad posiblemente ya no serán tan buenos. Pienso que vivimos en una edad acientífica en la cual casi todo lo que ofrecen las *comunicaciones*, la televisión, las palabras y los libros, es acientífico. Y como consecuencia existe una increíble dosis de tiranía intelectual en nombre de la ciencia.

Finalmente, respecto al enlazamiento temporal debo decir que un hombre no puede vivir más allá de la tumba. Cada generación debe transmitir los descubrimientos que logra a partir de su experiencia, pero debe transmitirlos buscando un equilibrio sutil de respeto e irrespeto, de manera que no descargue sus errores en forma demasiado inflexible sobre la juventud sino que permita la transmisión de la sabiduría acumulada y además la sabiduría que reconoce que lo transmitido podría no ser muy sabio. Es necesario enseñar a aceptar y a rechazar el pasado en una especie de equilibrio que exige gran habilidad. Solamente la ciencia contiene en sí misma la enseñanza del peligro que reside en creer en la infalibilidad de los grandes maestros de las generaciones anteriores.

Anexo 4. Efecto Fotoeléctrico

Einstein logró mostrarle al mundo por primera vez la validez de las hipótesis de Planck al lograr dar una explicación al efecto fotoeléctrico, fenómeno que no había podido ser resuelto con alguna de las teorías Físicas conocidas hasta el momento, empleando el postulado de la cuantización de la energía.

Dicho efecto fue observado por primera vez por Heinrich Hertz en 1887, en sus experimentos sobre la producción y recepción de ondas electromagnéticas, a grandes rasgos su receptor consistía en una bobina, que era capaz de producir una chispa debido a la recepción de ondas electromagnéticas, para lograr una mejor observación de la chispa el encerró el receptor en una caja negra, pero al hacer esto noto que la intensidad de la chispa disminuía a comparación de las pruebas anteriores, y de esta manera pudo encontrar que existía una relación entre la intensidad de la chispa eléctrica y el tipo de luz que hacia incidir sobre su receptor, llegando a la conclusión de que la luz ultravioleta facilitaba el salto de los electrones. Hertz elaboró un artículo donde describió lo que sucedía sin intentar profundizar en la explicación del fenómeno que continuaría sin lograr ser explicado por el momento.

Transcurriría alrededor de una década para que el Físico Británico Joseph John Thomson comenzara a investigar los rayos catódicos, para esto utilizaba una placa encerrada en un tubo de vacío como cátodo exponiéndolo a luz de distintas longitudes de onda, lo que producía un flujo de partículas cargadas negativamente (lo que hoy en día llamamos electrones), Thomson creía que este flujo de partículas cargadas se debía a que el campo magnético de frecuencia variable producía resonancias con el campo eléctrico atómico, y al alcanzar estas una amplitud suficiente eran capaces de desprender un “corpúsculo” subatómico cargado lo que generaba el paso de corriente eléctrica.

Gracias a este experimento Thomson pudo observar que la intensidad de la corriente era proporcional a la intensidad de la luz, y que la radiación de mayor frecuencia lograba la emisión de partículas de mayor energía cinética. Finalmente en 1905 Philipp von Lenard llevo a cabo experimentos en donde intento encontrar la relación que existía entre la frecuencia de la luz incidente en y la energía de las partículas emitidas, esta energía se podía medir al frenar las partículas sometiendo el tubo de rayos catódicos a una diferencia de

potencial conocida, al saber la diferencia de potencial necesaria para frenarlas era posible conocer la energía de las partículas, de esta manera obtuvo como resultado que las partículas emitidas al hacer incidir la luz ultravioleta en el cátodo tenían más energía que las producidas por cualquier radiación electromagnética de menor frecuencia.

Para este punto de la historia el efecto fotoeléctrico ya había sido bien estudiado, se sabía que la radiación electromagnética era capaz de desprender partículas cargadas de la superficie de un metal (esto es a lo que llamamos efecto fotoeléctrico), además por diversos experimentos se conocía que la energía de dichas partículas no dependía de la intensidad de la luz, dependía en su totalidad de la frecuencia de la luz incidente. Sin embargo, las teorías Físicas existentes en ese momento no eran capaces de dar una explicación a lo que sucedía en este fenómeno.

Es en este momento en que Einstein entra en escena, logrando dar una explicación notable sobre dicho fenómeno, no con las teorías cuya valides nadie podía poner en tela de juicio, sino con ayuda de las hipótesis de Planck sobre la cuantización de la energía, utilizando además otra hipótesis que revolucionaria todo el conocimiento que se tenía sobre la luz hasta ese momento. El llegó a la conclusión de que las partículas cargadas eran expelidas del material por la incidencia de fotones, cada fotón les proporcionaba una cantidad de energía E , que estaba directamente relacionada con su frecuencia, la frecuencia de la luz incidente, mediante esta ecuación:

$$E = h \nu$$

Donde h es la constante que Planck introdujo en su hipótesis como un “acto desesperado”, con lo cual se reabrió una discusión que se había cerrado bastante tiempo atrás, y puso sobre la mesa la posibilidad de que la luz no solo fuese una onda sino además pudiera ser al mismo tiempo un corpúsculo, como lo había propuesto Newton.

Anexo 5. Actividad experimental sobre efecto fotoeléctrico

Efecto fotoeléctrico (Cómo descargar un electroscopio sin tocarlo)

Objetivos

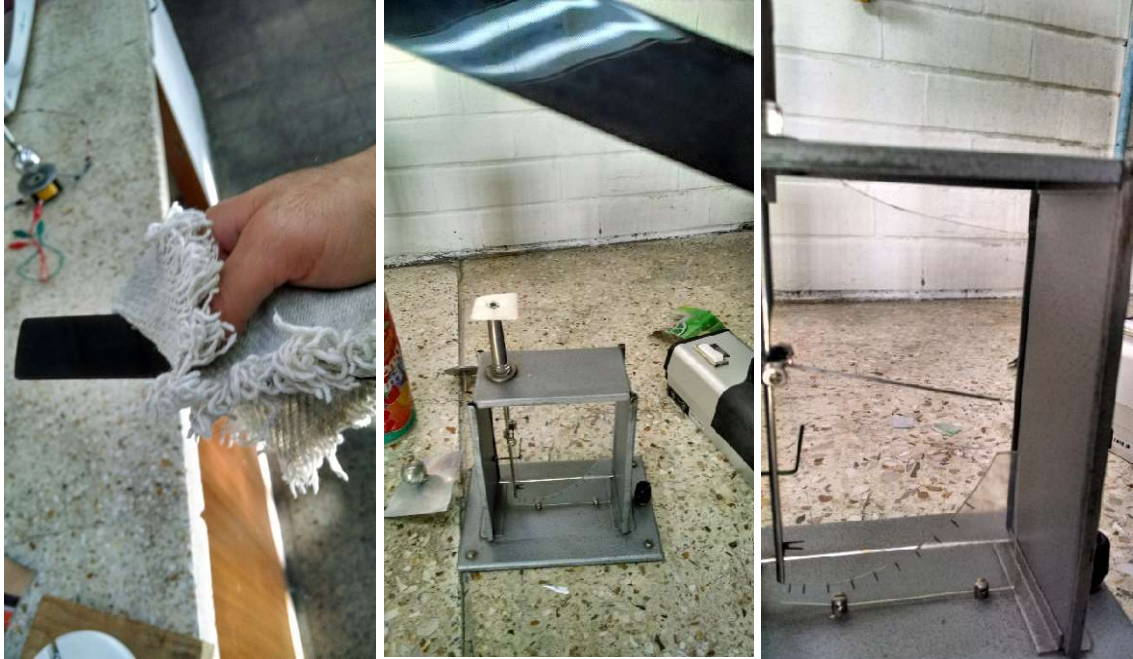
- Que el alumno sea capaz de explicar de manera simple en qué consiste el efecto fotoeléctrico.
- Que conozca la relación de este fenómeno con el comportamiento corpuscular de la luz.

Equipo y materiales

- Electroscopio.
- Algo con que cargar el electroscopio de manera negativa (puede ser desde una regla de plástico, varilla de acrílico y un trozo de franela o piel de conejo hasta un generador Van der Graaf)
- Lámparas de luz roja, amarilla, verde y azul.
- Lámpara de luz ultravioleta.
- Trozo de aluminio (Se puede obtener de una lata).
- Trozo de vidrio grueso.
- Videoprojector.
- Computadora.

Descripción del experimento

1. En primer lugar debemos hacer una descripción grupal y recordar las formas en que se electrizan las cosas, cómo es qué se cargan de manera positiva o negativa.
2. Posteriormente procedemos a cargar el electroscopio (de manera negativa) con el método de nuestra preferencia, en nuestro caso lo hicimos con una franela y una regla.



3. Posteriormente descargamos el electroscopio al tocarlo, y una vez más hacemos terapia grupal para recordar el motivo por el cual se descarga.
4. Repetimos el mismo procedimiento para cargar el electroscopio y preguntamos a los alumnos si conocen alguna otra manera de descargarlo, pero sin hacer contacto con él. Tomamos todas las ideas que tengan que ver con el uso de la luz.
5. Comenzamos a intentar descargar el electroscopio con una lámpara de luz roja, mientras de fondo y con ayuda de un video proyector tenemos el espectro electromagnético para ubicar la luz roja en éste. Al ver que no sucede nada procedemos a iluminar con una segunda lámpara para incrementar la intensidad de la luz que hacemos incidir en el electroscopio por un periodo considerable de tiempo (un par de minutos).
6. Repetimos el mismo procedimiento con las otras luces.
7. Intentamos descargar el electroscopio con la lámpara de luz ultravioleta, al lograrlo ubicamos nuevamente la luz ultravioleta en el espectro electromagnético.



8. Ahora debemos discutir de manera grupal las similitudes en esta manera de descargar el electroscopio y la tradicional para llegar a la conclusión de que estamos desprendiendo electrones del electroscopio.
9. Ahora que hemos llegado a la conclusión de que los electrones se desprenden debemos relacionar dicho fenómeno con la energía de la radiación electromagnética. En primer lugar con ayuda del espectro electromagnético y en segundo comparando los tiempos de exposición a la luz a los que sometimos al electroscopio. Es muy importante hacer notar que aunque dejemos mucho tiempo el electroscopio expuesto a radiación electromagnética de baja frecuencia no lograremos los mismos resultados que con la radiación ultravioleta, y que de igual manera dicho fenómeno tampoco depende de la intensidad de la fuente luminosa.
10. Una vez que se haya asimilado que las otras lámparas, si vemos la luz como onda, pueden darle a los electrones la misma cantidad de energía que la lámpara de luz ultravioleta exponiendo el electroscopio a dichas lámparas por una mayor cantidad de tiempo o a un mayor número de ellas, y sin embargo no logramos los mismos resultados presentaremos las propiedades corpusculares de la luz.

11. Podemos hacer analogías de lo que sucede con los electrones a situaciones más comunes, haciendo énfasis en que cada fotón le cede su energía a un solo electrón, y que la luz logre o no desprender a los electrones solo dependerá de la energía de cada uno de los fotones (de la frecuencia) y no de todos ellos en conjunto (el tiempo y la intensidad luminosa).

Evaluación

Para evaluar si nuestros objetivos se cumplieron o no pediremos a los alumnos que realicen un esquema sobre lo que sucede en el efecto fotoeléctrico.

Realiza un esquema de lo que sucede en el efecto fotoeléctrico. En primer lugar realiza un esquema de como imaginas que se encuentran los electrones en la superficie del material, lo que sucede cuando la luz ultravioleta incide sobre la placa de metal y lo que le pasa a los electrones después de ello.

Elabora un segundo esquema donde 5 fotones de luz ultravioleta y 5 fotones de luz verde chocan con la placa de metal.

Anexo 6. Lectura “Situación del GT200 en México”

Situación del GT200 en México

Nota que hice llegar a Comunicación Social de la UNAM a través de la unidad de Difusión y Extensión sobre la situación del GT200 en México desde el 19 de junio pasado, a raíz de la resolución del senado de unas semanas antes. Aparentemente, no capturó su interés.

El supuesto detector molecular gt200 en México

El gobierno mexicano ha comprado desde 2005, pero sobre todo desde 2008, cientos de dispositivos llamados 'detectores moleculares gt200' fabricados en Gran Bretaña por Global Technical. De acuerdo a datos del IFAI, se han comprado más de 940 dispositivos y se han pagado más de 340 millones de pesos por ellos. Estos dispositivos, que supuestamente pueden detectar e identificar numerosos explosivos, drogas y sustancias diversas en cantidades de nanogramos y a distancias de cientos y hasta miles de metros, no son más que varitas de zahorí, consistentes en un mango de plástico alrededor del cual puede girar una antena telescópica hacia adonde lo desee su operador. Los dispositivos no tienen sensor alguno, no tienen fuente de poder, no tienen ningún circuito electrónico, y forman parte de una larga familia de aparatos que se ha demostrado son fraudulentos como son el Quadro Tracker, DKL-Lifeguard, Mole, Sniffex, etc. El uso de estos 'detectores' es peligroso y violatorio de los derechos humanos por múltiples motivos. Un falso negativo al buscar explosivos pondría en peligro la vida de miembros de nuestras fuerzas de seguridad mientras que un falso positivo al buscar sustancias ilegales podría arruinar la vida de ciudadanos inocentes. Estos detectores fueron empleados en Irak para detectar bombas; sus fallas y la consecuente pérdida de vidas humanas motivó al gobierno inglés a prohibir su exportación a algunos países y a advertir a otros, como el nuestro, sobre la inutilidad de estos equipos. De acuerdo a documentos oficiales, estos detectores emplean la 'energía electrostática' que genera el cuerpo humano y detectan el 'campo paramagnético y diamagnético que producen las sustancias, los cuales son característicos de su fuente y no interfieren entre sí'. La ficha técnica del equipo está llena de frases como las anteriores, que emplean lenguaje científico pero que no tienen significado o que son simplemente falsas y contradicen el conocimiento contemporáneo. El Estado Mayor de la SEDENA rechazó una oferta de la Academia

Mexicana de Ciencias para desarrollar un protocolo experimental que pudiese poner a prueba la efectividad de los detectores, por considerar que se violaría el contrato de compra con la empresa 'SegTec México'. El 13 de septiembre pasado, la Comisión de Ciencia del Senado me invitó junto con un grupo de Científicos que incluyó a tres miembros del Consejo Consultivo de Ciencias de la Presidencia, a discutir sobre estos detectores. Como resultado de dicha reunión, el 5 de junio pasado la Comisión Permanente del Congreso aprobó un punto de acuerdo exhortando al titular del poder ejecutivo a evaluar la evidencia científica sobre el GT200 apoyándose en su Consejo Consultivo de Ciencias. El dictamen del punto de acuerdo se halla en este documento.

Mi participación en este asunto ha consistido en escribir artículos de periódico para dar a conocer el empleo de este dispositivo en México, ser entrevistado por prensa, radio y televisión, revisar y criticar la ficha técnica de operación del equipo desde el punto de vista científico, diseñar un protocolo y supervisar un experimento con el gt200 (confidencial por ser prueba pericial de un juicio en curso), haber fungido como perito experto en otros dos juicios, uno de los cuales ya se resolvió a favor de un acusado vía el gt200 de transportar drogas y haber presentado ante el Senado la situación del GT200 en México.

Luis Mochán

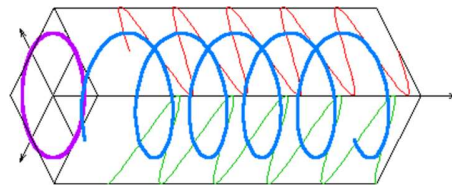
Anexo 8. Experimento “Polarizador de ondas mecánicas”

Polarizador de ondas mecánicas

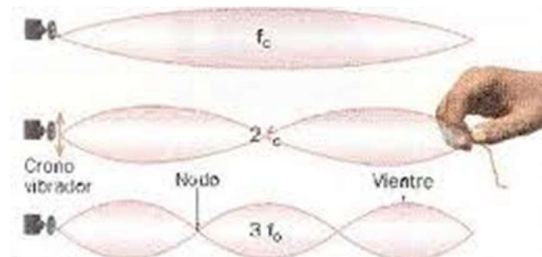
Objetivo: Que el alumno conozca la manera en que podemos filtrar una onda cuya dirección varía en el tiempo.

Introducción

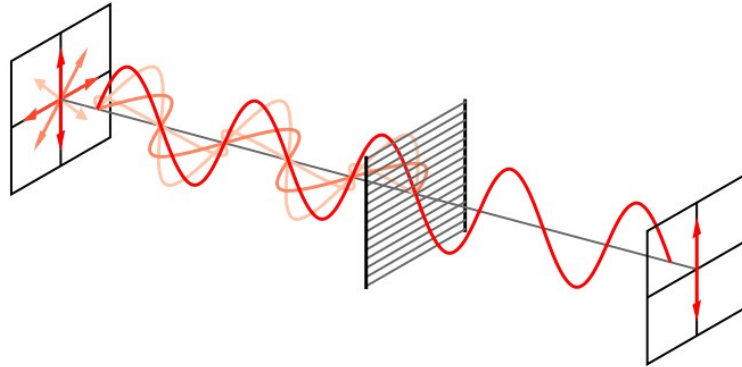
Primero que nada, para polarizar una onda debemos tener una fuente que nos ayude a generar ondas transversales en donde el plano en el que se encuentran vaya cambiando con el tiempo.



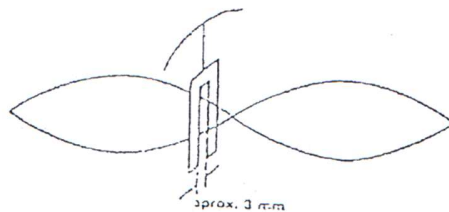
Una onda de éste tipo puede generarse si giramos rápidamente una cuerda, lo cual producirá una onda estacionaria.



A medida que vayamos aumentando la frecuencia con la que la giramos lograremos crear ondas estacionarias del tipo que deseamos. Ahora, polarizar una onda implicara quitar las perturbaciones que se tiene en todas las direcciones excepto una, como se muestra en la siguiente figura:



Para comenzar, podemos colocar un obstáculo con forma de rendija, haciendo que la onda pase a través de él.



Sin embargo hay que tener en cuenta el tamaño del objeto, ya que por ejemplo, si colocamos un polarizador así de delgado en el nodo, no podremos observar nada, es por ello que nuestro polarizador debe tener un tamaño de un orden de magnitud similar a la longitud de nuestra onda.

Desarrollo

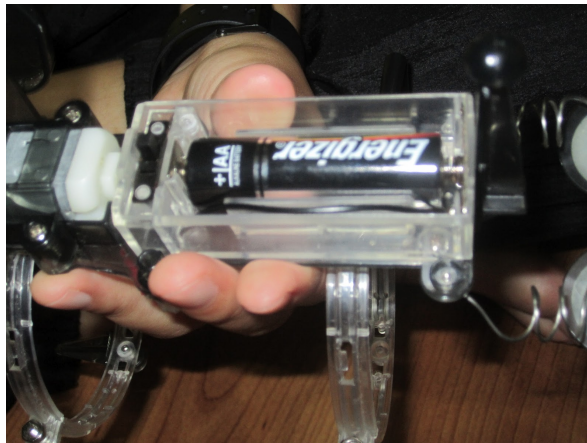
Generador de ondas

Para comenzar describiremos la manera en que haremos nuestro generador de ondas.

1. En primer lugar necesitamos un motor eléctrico con una maza que no esté en equilibrio unida a su eje, esto es algo muy común en los controles de videojuegos para hacerlos vibrar.



2. Unimos el motor a un estuche de baterías



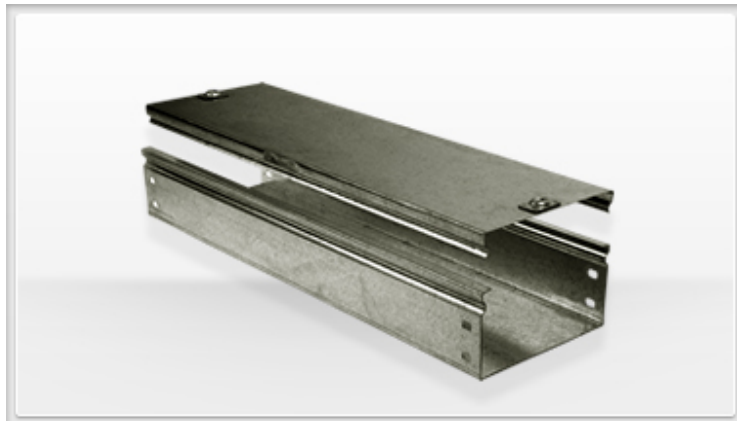
3. Finalmente colgamos todo de un trozo de hilo lo suficientemente resistente para

soportar el peso. Encendemos el motor y variamos el largo del hilo para conseguir una mayor o menor cantidad de nodos.

Construcción del Polarizador

Recuerda que el polarizador debe tener un tamaño de un orden de magnitud similar a la longitud de onda, y debe ser de un ancho menor a la amplitud.

1. Para comenzar haremos una especie de rendija similar a la que se muestra en la imagen de las ondas polarizadas, puede ser de metal, madera, plástico o cualquier material rígido que te resulte fácil de manipular.



2. Varía el ancho del polarizador hasta que impida el movimiento del hilo en más de un sentido, sin que dicho ancho sea tan pequeño que impida el movimiento del hilo en su interior.
3. Hazlo de un largo suficiente para que pueda evitar el movimiento de la onda.

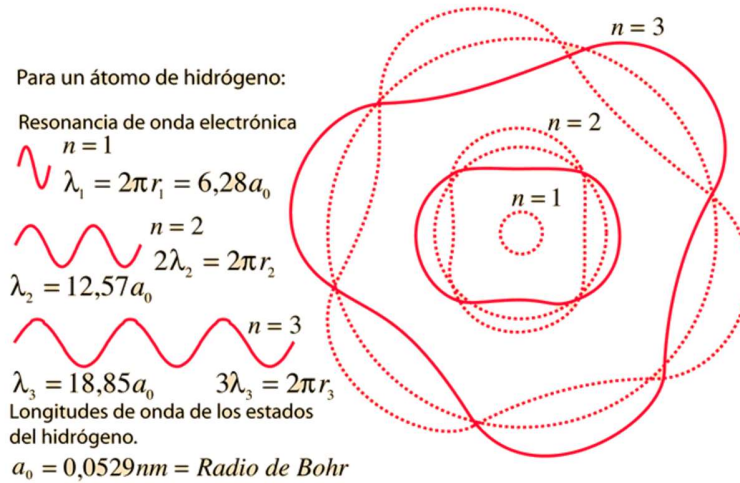
Montaje del experimento.

Finalmente, para poder realizar el experimento nos ayudaremos de algunos instrumentos del laboratorio.

1. Cuando tengas el largo adecuado en la cuerda del generador de ondas fíjalo con ayuda de un soporte universal, y de ser necesario que el generador cuelgue de la mesa.
2. Un poco más abajo con ayuda de unas pinzas y una nuez doble sostén el polarizador, a través del cual debe pasar la cuerda del generador.
3. Enciende el generador y analiza que sucede si cambias de dirección el polarizador.

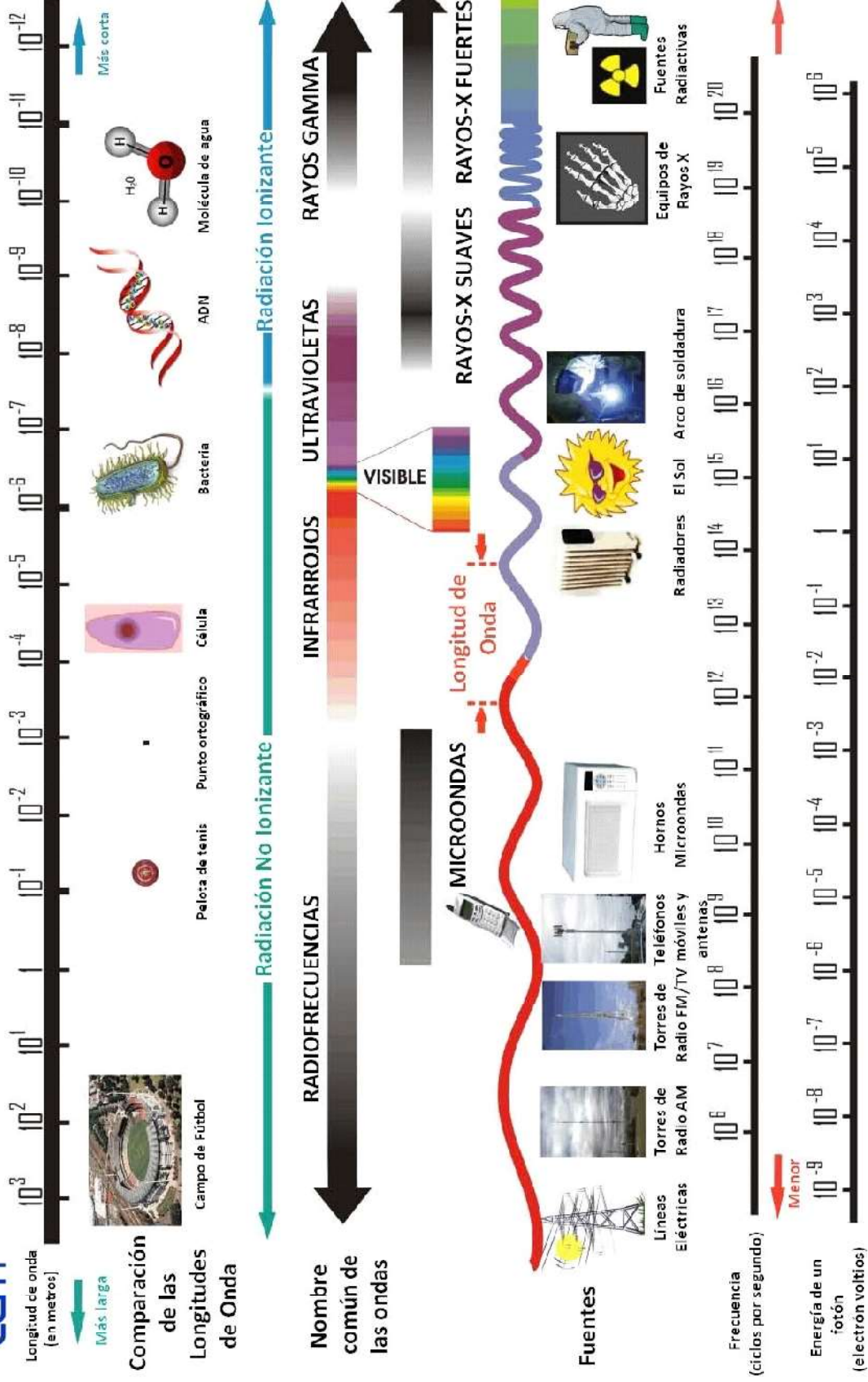
Anexo 9. Material para niveles de energía y modelo atómico de Bohr

Niveles de energía en el modelo atómico de Bohr



Nivel	Electrones $2n^2$	Energía (Un solo electrón) $\frac{Ze^2}{8\pi\epsilon_0 r}$
1	2	-13.6
2	8	-3.4
3	18	-1.511
4	32	-0.850
5	50	-0.544
6	72	-0.378
7	98	-0.288

EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO



Anexo 10. Rubricas para evaluación

Rúbrica para la evaluación del profesor

	Muy Bien	Bien	Aceptable	Insuficiente	Calificación
Interacción con el grupo	Apoyo a todos los alumnos, investigo sus ideas y siempre contribuyo a mejorar la comprensión	Apoyo a algunos de los alumnos, pregunto sobre sus ideas y contribuyo a mejorar el entendimiento, pero no les puso atención a algunas personas	Se limitó a hablar o dar sus ejemplos y apporto algunas ideas a los alumnos	No interactuó con los alumnos	
Claridad al exponer	Comprendí el tema, dio muchos ejemplos y siempre se entendió la idea principal de lo que estábamos viendo	Entendí el tema que estábamos tratando, dio algunos ejemplos, pero su manera de exponer sus ideas era confusa	Se entendían algunas ideas, pero no dio ejemplos que me parecieran cercanos y en ocasiones no fue muy claro	No entendí de lo que se estaba tratando	
Cercanía del tema	Me parece que los ejemplos son cercanos a nuestra vida cotidiana e incluso lo que no lo son me parecen interesantes.	Hay algunos ejemplos que me parecen interesantes, pero se abordan poco.	Hay ejemplos que se relacionan con cosas de la vida diaria pero no son interesantes	El tema es algo totalmente alejado a mi vida cotidiana o a lo que	

				me interesa	
Retroalimentación	Investigó lo que yo sabía del tema y con ello me ayudo a comprender de una mejor manera.	Utilizo lo que yo sabía del tema para darme ejemplos más cercanos o que yo pudiera entender	Pregunto lo que pensaba del tema o sabia del tema, pero creo que no puso la suficiente atención	No se interesó en lo que yo pensaba o sabía sobre el tema	
Generó interés	Me interesó mucho por lo que en la mesa hablamos mucho sobre el tema	Me pareció interesante y platicaba con mis compañeros con cosas relacionadas con el tema, pero en ocasiones perdíamos la atención en el tema	Algunas cosas del tema eran interesantes pero mis compañeros me distraían muy fácilmente	Me era muy fácil distraerme porque el tema no era interesante	

Evaluación del trabajo del equipo:

	Integración con el equipo	Claridad del tema expuesto	Tolerancia	Aportaciones
Alumno 1				
Alumno 2				
Alumno 3				
Alumno 4				

Observaciones sobre mi desempeño en equipo

Cosas que hice, y me hicieron sentir satisfecho:

Cosas que creo que necesito mejorar:

¿Con quién me gustaría trabajar en el próximo equipo?

Rubrica para la evaluación del trabajo en equipo

	Muy Bien	Bien	Aceptable	Insuficiente
Integración con el equipo	Apoyo a todos los compañeros, intercambió ideas y siempre contribuyo a mejorar el trabajo	Apoyo a algunos de los compañeros, intercambió ideas y contribuyo a mejorar el trabajo, pero no fue igual con todos	Se limitó a hacer su parte del trabajo y apporto algunas ideas a los demás	No interactuó con los compañeros
Claridad del tema expuesto	Entendió el tema, dio muchos ejemplos y siempre se entendió la idea principal de lo que estaba diciendo	Parecía entender el tema, dio algunos ejemplos, pero en ocasiones su manera de exponer sus ideas era confusa	Tenía idea de lo que había leído, pero no dio ejemplos y en ocasiones no fue muy claro	Aparentemente no lo había leído o no entendió
Tolerancia	Escucho las ideas de los demás y trato de encontrar la mejor idea de entre todas las posturas	Escucho las ideas de los demás, e intento dialogar para convencer al equipo de que su postura es la más apropiada (aunque no lo fuera)	Escucho las ideas de los demás, sin embargo, los comentarios no parecieron influir en su postura ante los temas en discusión	No escucho las ideas de los demás
Aportaciones	Fueron vastas o importantes en la mayoría de las ocasiones y	Fueron pocas, pero se relacionaban con varios de los temas de los demás compañeros.	Fueron pocas y principalmente en relación con su parte del tema.	Se mantuvo todo el tiempo en silencio o dio aportaciones sin relación a

	siempre en relación varios temas.			ninguno de los temas
--	--------------------------------------	--	--	-------------------------

Evidencias

Examen diagnóstico

Los trabajos de los alumnos mostrados en esta sección dejan ver la dificultad de los alumnos para representar un átomo de Litio, además de no saber o no creer que los electrones tengan propiedades de onda, de igual manera podemos darnos cuenta que relacionan la edad de las estrellas con la edad y no con su temperatura.

Nombre: Magaña Pazillos Elsa Marlen

Grupo: 444 A

Selecciona **las respuestas** que consideres correctas.

1. Al escuchar el término "mecánica cuántica" ¿con cuáles de las siguientes palabras lo relacionas?

- | | | | |
|------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| a) Medicina | <u>b) Energía</u> | c) Viajes en el tiempo | d) Átomos |
| e) Ciencia | f) Medicina alternativa | g) Fotones | h) Electricidad |
| <u>j) Física</u> | j) Partículas | k) Aburrido | l) Cosas muy pequeñas |
| m) Temperatura | <u>n) Fuerza</u> | <u>ñ) Genios</u> | o) Ciencia Ficción |

2. La Física es una ciencia que:

- a) Describe a la naturaleza.
- b) Funciona bien para algunos fenómenos simples pero no se utiliza en cosas más complejas.
- c) Describe todo el universo de manera aproximada.
- d) Nos predice el comportamiento de los fenómenos con cierta probabilidad de que suceda.

3. La radiación electromagnética:

- a) Siempre es peligrosa para el ser humano.
- b) Se produce cuando una partícula cargada se acelera.
- c) Es un término que se utiliza en lugar de ondas electromagnéticas.
- d) Se produce cuando hay una diferencia de potencial.

4. A que te suena la expresión "cuantización de la energía"

- a) A que se determina la cantidad de energía.
- b) A que repartimos la energía de un sistema entre sus componentes.
- c) A que la energía de un sistema solo puede tomar ciertos valores.
- d) A que la energía de un sistema solo puede cambiar en ciertos valores.

5. Son fuentes de energía renovable:

- a) El viento.
- b) Las mareas.
- c) Los volcanes.
- d) El sol.

6. El efecto fotoeléctrico ha ayudado a desarrollar.

- a) Cámaras fotográficas digitales.
- b) Televisores de LEDs.
- c) Memorias de computadora.
- d) Satélites.

7. Podemos obtener energía del sol con las fotoceldas gracias a que:

- a) La energía del sol eleva la temperatura de las fotoceldas que transforman el calor en energía eléctrica.
- b) La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que son capturadas por la fotocelda que solo aprovecha la parte del campo eléctrico.
- c) La energía del sol excita a los electrones del material y cuando comienzan a vibrar chocan entre sí generando una corriente eléctrica.
- d) La luz de cierta frecuencia le proporciona la energía necesaria a los electrones para desprenderse del material y generar una corriente.

8. Característica de una onda relacionada con el color:

- a) Longitud de onda.
- b) Amplitud.
- c) Frecuencia.
- d) Velocidad de propagación.

9. Propiedades de una onda:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Periodo.
- g) Tiempo.

10.- Propiedades de una partícula:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Periodo.
- g) Tiempo.

11. Fenómeno que sólo se presenta en las ondas:

- a) Reflexión.
- b) Desplazamiento.
- c) Propagación de energía.
- d) Interferencia
- e) Difracción.

12. La luz:

- a) Se comporta como una onda electromagnética.
- b) Se comporta como si estuviese constituida por partículas.
- c) En algunas ocasiones puede comportarse como onda y en otras como partículas.
- d) No se comporta ni como onda ni como partícula.

13. Si las ondas tienen propiedades de partícula entonces:

- a) Las partículas deben tener propiedades de onda.
- b) Las ondas y las partículas son lo mismo.
- c) En las ondas se transporta materia.
- d) Podemos asociar cantidad de movimiento y energía a una onda.

14. ¿Crees que un electrón tenga propiedades de onda?:

- a) Si
- b) No
- c) No sé

15. Los niveles atómicos que viste en tu clase de química se deben a:

- a) Los electrones chocan cuando están cerca del núcleo y son arrojados más lejos.
- b) El electrón se comporta como onda y solo caben ondas enteras en cada nivel.
- c) Existen unos círculos alrededor del átomo donde solo cabe cierto número de electrones.
- d) El espacio para acomodar los átomos es más pequeño entre más cerca del núcleo están.

16. ¿Un electrón puede estar girando todo el tiempo alrededor del átomo?

- a) No, ya que perdería energía en forma de radiación electromagnética.
- b) Sí, de hecho eso es lo que sucede en todo momento en los átomos.
- c) No, el núcleo lo atrae hacia él.
- d) Sí, pero solo cuando lo hace dentro de los orbitales y no puede salir de ellos.

17. ¿Cómo es posible saber de qué están hechas las cosas?

- a) Podemos saber de qué están hechas debido a la manera en que reaccionan cuando las exponemos a alguna sustancia química.
- b) Podemos saber de algunas si conocemos su temperatura al cambiar de un estado a otro, de sólido a líquido por ejemplo.
- c) Cada átomo tiene una huella digital que podemos ver al darle energía hasta que comience a emitir radiación electromagnética.
- d) Existen máquinas que detectan las moléculas que desprenden los materiales y nos dicen de que están constituidos.

18. El color de la luz que nos proporciona un foco depende de:

- a) El gas que contiene la bombilla.
- b) La potencia en Watts que marca el foco.
- c) La frecuencia de la corriente eléctrica de nuestros hogares.
- d) Si está conectado en serie o en paralelo con el resto de los focos.

19. ¿Todas las estrellas son del mismo color?

- a) Sí, emiten luz del mismo color que nuestro sol.
- b) No, depende de la edad que tengan.
- c) Sí, pero como están lejos la luz es menos intensa.
- d) No, depende de su temperatura.

20. Realiza un esquema de un átomo de Litio en su estado base, otro esquema más de un isótopo del mismo átomo y finalmente un tercer esquema del átomo de Litio pero en un estado excitado (con mayor energía).

Nombre: Paloma Valeria Luna Marcos

Grupo: 444A

Selecciona **las respuestas** que consideres correctas.

1. Al escuchar el término "mecánica cuántica" ¿con cuáles de las siguientes palabras lo relacionas?

- | | | | |
|--------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| a) <u>Medicina</u> | b) <u>Energía</u> | c) Viajes en el tiempo | d) Átomos |
| e) <u>Ciencia</u> | f) Medicina alternativa | g) <u>Fotones</u> | h) Electricidad |
| i) <u>Física</u> | j) <u>Partículas</u> | k) Aburrido | l) Cosas muy pequeñas |
| m) Temperatura | n) <u>Fuerza</u> | ñ) Genios | o) Ciencia Ficción |

2. La Física es una ciencia que:

- a) Describe a la naturaleza.
- b) Funciona bien para algunos fenómenos simples pero no se utiliza en cosas más complejas.
- c) Describe todo el universo de manera aproximada.
- d) Nos predice el comportamiento de los fenómenos con cierta probabilidad de que suceda.

3. La radiación electromagnética:

- a) Siempre es peligrosa para el ser humano.
- b) Se produce cuando una partícula cargada se acelera.
- c) Es un término que se utiliza en lugar de ondas electromagnéticas.
- d) Se produce cuando hay una diferencia de potencial.

4. A que te suena la expresión "cuantización de la energía"

- a) A que se determina la cantidad de energía.
- b) A que repartimos la energía de un sistema entre sus componentes.
- c) A que la energía de un sistema solo puede tomar ciertos valores.
- d) A que la energía de un sistema solo puede cambiar en ciertos valores.

5. Son fuentes de energía renovable:

- a) El viento.
- b) Las mareas.
- c) Los volcanes.
- d) El sol.

6. El efecto fotoeléctrico ha ayudado a desarrollar.

- a) Cámaras fotográficas digitales.
- b) Televisores de LEDs.
- c) Memorias de computadora.
- d) Satélites.

7. Podemos obtener energía del sol con las fotoceldas gracias a que:

- a) La energía del sol eleva la temperatura de las fotoceldas que transforman el calor en energía eléctrica.
- b) La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que son capturadas por la fotocelda que solo aprovecha la parte del campo eléctrico.
- c) La energía del sol excita a los electrones del material y cuando comienzan a vibrar chocan entre sí generando una corriente eléctrica.
- d) La luz de cierta frecuencia le proporciona la energía necesaria a los electrones para desprenderse del material y generar una corriente.

8. Característica de una onda relacionada con el color:

- a) Longitud de onda.
- b) Amplitud.
- c) Frecuencia.
- d) Velocidad de propagación.

9. Propiedades de una onda:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Período.
- g) Tiempo.

10.- Propiedades de una partícula:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Período.
- g) Tiempo.

11. Fenómeno que sólo se presenta en las ondas:

- a) Reflexión.
- b) Desplazamiento.
- c) Propagación de energía.
- d) Interferencia
- e) Difracción.

12. La luz:

- a) Se comporta como una onda electromagnética.
- b) Se comporta como si estuviese constituida por partículas.
- c) En algunas ocasiones puede comportarse como onda y en otras como partículas.
- d) No se comporta ni como onda ni como partícula.

13. Si las ondas tienen propiedades de partícula entonces:

- a) Las partículas deben tener propiedades de onda.
- b) Las ondas y las partículas son lo mismo.
- c) En las ondas se transporta materia.
- d) Podemos asociar cantidad de movimiento y energía a una onda.

14. ¿Crees que un electrón tenga propiedades de onda?:

- a) Sí
- b) No
- c) No sé

15. Los niveles atómicos que viste en tu clase de química se deben a:

- a) Los electrones chocan cuando están cerca del núcleo y son arrojados más lejos.
- b) El electrón se comporta como onda y solo caben ondas enteras en cada nivel.
- c) Existen unos círculos alrededor del átomo donde solo cabe cierto número de electrones.
- d) El espacio para acomodar los átomos es más pequeño entre más cerca del núcleo están.

16. ¿Un electrón puede estar girando todo el tiempo alrededor del átomo?

- a) No, ya que perdería energía en forma de radiación electromagnética.
- b) Sí, de hecho eso es lo que sucede en todo momento en los átomos.
- c) No, el núcleo lo atrae hacia él.
- d) Sí, pero solo cuando lo hace dentro de los orbitales y no puede salir de ellos.

17. ¿Cómo es posible saber de qué están hechas las cosas?

- a) Podemos saber de qué están hechas debido a la manera en que reaccionan cuando las exponemos a alguna sustancia química.
- b) Podemos saber de algunas si conocemos su temperatura al cambiar de un estado a otro, de sólido a líquido por ejemplo.
- c) Cada átomo tiene una huella digital que podemos ver al darle energía hasta que comience a emitir radiación electromagnética.
- d) Existen máquinas que detectan las moléculas que desprenden los materiales y nos dicen de que están constituidos.

18. El color de la luz que nos proporciona un foco depende de:

- a) El gas que contiene la bombilla.
- b) La potencia en Watts que marca el foco.
- c) La frecuencia de la corriente eléctrica de nuestros hogares.
- d) Si está conectado en serie o en paralelo con el resto de los focos.

19. ¿Todas las estrellas son del mismo color?

- a) Sí, emiten luz del mismo color que nuestro sol.
- b) No, depende de la edad que tengan.
- c) Sí, pero como están lejos la luz es menos intensa.
- d) No, depende de su temperatura.

20. Realiza un esquema de un átomo de Litio en su estado base, otro esquema más de un isótopo del mismo átomo y finalmente un tercer esquema del átomo de Litio pero en un estado excitado (con mayor energía).

Segunda aplicación del examen diagnóstico

Elegí el siguiente examen ya que me pareció interesante hacer notar que pese a todo lo realizado durante las 6 sesiones, al final de cuentas no considera que los electrones puedan tener un comportamiento de onda, sin embargo, me parece importante hacer notar que existió un avance en cuanto a la representación de los átomos, y el que ahora relaciona el color de una estrella con su temperatura.

Nombre: Hugacsa Aguilas Elba Maslen

Grupo: 4449

Selecciona **las respuestas** que consideres correctas.

1. Al escuchar el término "mecánica cuántica" ¿con cuáles de las siguientes palabras lo relacionas?

- | | | | |
|------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| a) Medicina | b) <u>Energía</u> | c) Viajes en el tiempo | d) <u>Átomos</u> |
| e) Ciencia | f) Medicina alternativa | g) <u>Fotones</u> | h) Electricidad |
| i) <u>Física</u> | j) <u>Partículas</u> | k) Aburrido | l) Cosas muy pequeñas |
| m) Temperatura | n) Fuerza | ñ) Genios | o) Ciencia Ficción |

2. La Física es una ciencia que:

- a) Describe a la naturaleza.
- b) Funciona bien para algunos fenómenos simples pero no se utiliza en cosas más complejas.
- c) Describe todo el universo de manera aproximada.
- d) Nos predice el comportamiento de los fenómenos con cierta probabilidad de que suceda.

3. La radiación electromagnética:

- a) Siempre es peligrosa para el ser humano.
- b) Se produce cuando una partícula cargada se acelera.
- c) Es un término que se utiliza en lugar de ondas electromagnéticas.
- d) Se produce cuando hay una diferencia de potencial.

4. A que te suena la expresión "cuantización de la energía"

- a) A que se determina la cantidad de energía.
- b) A que repartimos la energía de un sistema entre sus componentes.
- c) A que la energía de un sistema solo puede tomar ciertos valores.
- d) A que la energía de un sistema solo puede cambiar en ciertos valores.

5. Son fuentes de energía renovable:

- a) El viento.
- b) Las mareas.
- c) Los volcanes.
- d) El sol.

6. El efecto fotoeléctrico ha ayudado a desarrollar.

- a) Cámaras fotográficas digitales.
- b) Televisores de LEDs.
- c) Memorias de computadora.
- d) Satélites.

7. Podemos obtener energía del sol con las fotoceldas gracias a que:

- a) La energía del sol eleva la temperatura de las fotoceldas que transforman el calor en energía eléctrica.
- b) La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que son capturadas por la fotocelda que solo aprovecha la parte del campo eléctrico.
- c) La energía del sol excita a los electrones del material y cuando comienzan a vibrar chocan entre sí generando una corriente eléctrica.
- d) La luz de cierta frecuencia le proporciona la energía necesaria a los electrones para desprenderse del material y generar una corriente.

8. Característica de una onda relacionada con el color:

- a) Longitud de onda.
- b) Amplitud.
- c) Frecuencia.
- d) Velocidad de propagación.

9. Propiedades de una onda:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Periodo.
- g) Tiempo.

10.- Propiedades de una partícula:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Periodo.
- g) Tiempo.

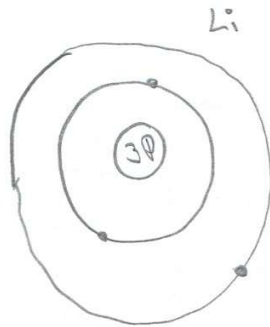
11. Fenómeno que sólo se presenta en las ondas:

- a) Reflexión.
- b) Desplazamiento.
- c) Propagación de energía.
- d) Interferencia
- e) Difracción.

19. ¿Todas las estrellas son del mismo color?

- a) Sí, emiten luz del mismo color que nuestro sol.
- b) No, depende de la edad que tengan.
- c) Sí, pero como están lejos la luz es menos intensa.
- d) No, depende de su temperatura.

20. Realiza un esquema de un átomo de Litio en su estado base, otro esquema más de un isotopo del mismo átomo y finalmente un tercer esquema del átomo de Litio pero en un estado excitado (con mayor energía).



El siguiente examen me pareció interesante, ya que el avance en cuanto a la representación de los átomos fue bastante notorio, además reconocer que los electrones pueden tener un comportamiento ondulatorio y relacionar el brillo de las estrellas con su temperatura, lo cual me lleva a creer que ha asimilado algunas nociones de la radiación de cuerpo negro.

Nombre: Paloma Valeria Luna Mares

Grupo: 444

Selecciona **las respuestas** que consideres correctas.

1. Al escuchar el término "mecánica cuántica" ¿con cuáles de las siguientes palabras lo relacionas?

- | | | | |
|-------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------|
| a) Medicina | b) Energía | c) Viajes en el tiempo | <u>d) Átomos</u> |
| <u>e) Ciencia</u> | f) Medicina alternativa | <u>g) Fotones</u> | h) Electricidad |
| <u>i) Física</u> | <u>j) Partículas</u> | k) Aburrido | <u>l) Cosas muy pequeñas</u> |
| m) Temperatura | n) Fuerza | ñ) Genios | o) Ciencia Ficción |

2. La Física es una ciencia que:

- a) Describe a la naturaleza.
- b) Funciona bien para algunos fenómenos simples pero no se utiliza en cosas más complejas.
- c) Describe todo el universo de manera aproximada.
- d) Nos predice el comportamiento de los fenómenos con cierta probabilidad de que suceda.

3. La radiación electromagnética:

- a) Siempre es peligrosa para el ser humano.
- b) Se produce cuando una partícula cargada se acelera.
- c) Es un término que se utiliza en lugar de ondas electromagnéticas.
- d) Se produce cuando hay una diferencia de potencial.

4. A que te suena la expresión "cuantización de la energía"

- a) A que se determina la cantidad de energía.
- b) A que repartimos la energía de un sistema entre sus componentes.
- c) A que la energía de un sistema solo puede tomar ciertos valores.
- d) A que la energía de un sistema solo puede cambiar en ciertos valores.

5. Son fuentes de energía renovable:

- a) El viento.
- b) Las mareas.
- c) Los volcanes.
- d) El sol.

6. El efecto fotoeléctrico ha ayudado a desarrollar.

- a) Cámaras fotográficas digitales.
- b) Televisores de LEDs.
- c) Memorias de computadora.
- d) Satélites.

7. Podemos obtener energía del sol con las fotoceldas gracias a que:

- a) La energía del sol eleva la temperatura de las fotoceldas que transforman el calor en energía eléctrica.
- b) La luz está compuesta por ondas electromagnéticas que son capturadas por la fotocelda que solo aprovecha la parte del campo eléctrico.
- c) La energía del sol excita a los electrones del material y cuando comienzan a vibrar chocan entre sí generando una corriente eléctrica.
- d) La luz de cierta frecuencia le proporciona la energía necesaria a los electrones para desprenderse del material y generar una corriente.

8. Característica de una onda relacionada con el color:

- a) Longitud de onda.
- b) Amplitud.
- c) Frecuencia.
- d) Velocidad de propagación.

9. Propiedades de una onda:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Periodo.
- g) Tiempo.

10.- Propiedades de una partícula:

- a) Velocidad de propagación.
- b) Masa inercial.
- c) Energía.
- d) Color.
- e) Longitud de onda.
- f) Periodo.
- g) Tiempo.

11. Fenómeno que sólo se presenta en las ondas:

- a) Reflexión.
- b) Desplazamiento.
- c) Propagación de energía.
- d) Interferencia.
- e) Difracción.

Paloma Valeria Luna Mares.

12. La luz:

- a) Se comporta como una onda electromagnética.
- b) Se comporta como si estuviese constituida por partículas.
- c) En algunas ocasiones puede comportarse como onda y en otras como partículas.
- d) No se comporta ni como onda ni como partícula.

13. Si las ondas tienen propiedades de partícula entonces:

- a) Las partículas deben tener propiedades de onda.
- b) Las ondas y las partículas son lo mismo.
- c) En las ondas se transporta materia.
- d) Podemos asociar cantidad de movimiento y energía a una onda.

14. ¿Crees que un electrón tenga propiedades de onda?:

- a) Sí
- b) No
- c) No sé

15. Los niveles atómicos que viste en tu clase de química se deben a:

- a) Los electrones chocan cuando están cerca del núcleo y son arrojados más lejos.
- b) El electrón se comporta como onda y solo caben ondas enteras en cada nivel.
- c) Existen unos círculos alrededor del átomo donde solo cabe cierto número de electrones.
- d) El espacio para acomodar los átomos es más pequeño entre más cerca del núcleo están.

16. ¿Un electrón puede estar girando todo el tiempo alrededor del átomo?

- a) No, ya que perdería energía en forma de radiación electromagnética.
- b) Sí, de hecho eso es lo que sucede en todo momento en los átomos.
- c) No, el núcleo lo atrae hacia él.
- d) Sí, pero solo cuando lo hace dentro de los orbitales y no puede salir de ellos.

17. ¿Cómo es posible saber de qué están hechas las cosas?

- a) Podemos saber de qué están hechas debido a la manera en que reaccionan cuando las exponemos a alguna sustancia química.
- b) Podemos saber de algunas si conocemos su temperatura al cambiar de un estado a otro, de sólido a líquido por ejemplo.
- c) Cada átomo tiene una huella digital que podemos ver al darle energía hasta que comience a emitir radiación electromagnética.
- d) Existen máquinas que detectan las moléculas que desprenden los materiales y nos dicen de que están constituidos.

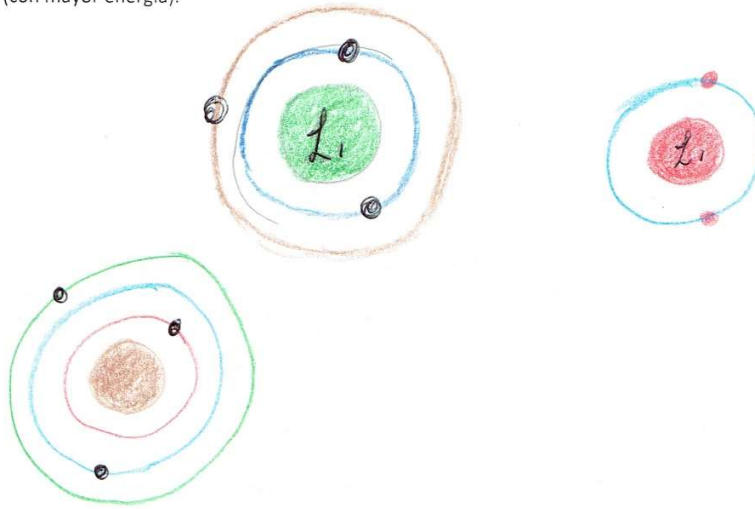
18. El color de la luz que nos proporciona un foco depende de:

- a) El gas que contiene la bombilla.
- b) La potencia en Watts que marca el foco.
- c) La frecuencia de la corriente eléctrica de nuestros hogares.
- d) Si está conectado en serie o en paralelo con el resto de los focos.

19. ¿Todas las estrellas son del mismo color?

- a) Sí, emiten luz del mismo color que nuestro sol.
- b) No, depende de la edad que tengan.
- c) Sí, pero como están lejos la luz es menos intensa.
- d) No, depende de su temperatura.

20. Realiza un esquema de un átomo de Litio en su estado base, otro esquema más de un isótopo del mismo átomo y finalmente un tercer esquema del átomo de Litio pero en un estado excitado (con mayor energía).



En general me alegra mencionar que en la gran mayoría de los alumnos existió un avance en cuanto a la representación de los átomos.

Evaluaciones de los alumnos

	Muy Bien	Bien	Aceptable	Insuficiente	Calificación
Interacción con el grupo	Apoyo a todos los alumnos, investigo sus ideas y siempre contribuyo a mejorar la comprensión	Apoyo a algunos de los alumnos, pregunto sobre sus ideas y contribuyo a mejorar el entendimiento, pero no le puse atención a algunas personas	Se limitó a hablar o dar sus ejemplos y aportó algunas ideas a los alumnos	No interactuó con los alumnos	Muy Bien
Claridad al exponer	Comprendí el tema, dió muchos ejemplos y siempre se entendió la idea principal de lo que estábamos viendo	Entendí el tema que estábamos tratando, dió algunos ejemplos pero su manera de exponer sus ideas era confusa	Se entendían algunas ideas, pero no dió ejemplos que me parecieran cercanos y en ocasiones no fue muy claro	No entendí de lo que se estaba tratando	Bien
Cercanía del tema	Me parece que los ejemplos son cercanos a nuestra vida cotidiana e incluso lo que no lo son me parecen interesantes.	Hay algunos ejemplos que me parecen interesantes pero se abordan poco.	Hay ejemplos que se relacionan con cosas de la vida diaria pero no son interesantes	El tema es algo totalmente alejado a mi vida cotidiana o a lo que me interesa	Bien
Retroalimentación	Investigó lo que yo sabía del tema y con ello me ayudo a comprender de una mejor manera.	Utilizo lo que yo sabía del tema para darme ejemplos más cercanos o que yo pudiera entender	Pregunto lo que pensaba del tema o sabía del tema, pero creo que no puso la suficiente atención	No se interesó en lo que yo pensaba o sabía sobre el tema	Bien
Generó interés	Me interesó mucho por lo que en la mesa hablamos mucho sobre el tema	Me pareció interesante y platicaba con mis compañeros con cosas relacionadas con el tema pero en ocasiones perdíamos la atención en el tema	Algunas cosas del tema eran interesantes pero mis compañeros me distraían muy fácilmente	Me era muy fácil distraerme porque el tema no era interesante	Bien

	Muy Bien	Bien	Aceptable	Insuficiente	Calificación
Interacción con el grupo	Apoyo a todos los alumnos, investigo sus ideas y siempre contribuyo a mejorar la comprensión	Apoyo a algunos de los alumnos, pregunto sobre sus ideas y contribuyo a mejorar el entendimiento, pero no le puse atención a algunas personas	Se limité a hablar o dar sus ejemplos y aporté algunas ideas a los alumnos	No interactué con los alumnos	Muy Bien
Claridad al exponer	Comprendí el tema, dió muchos ejemplos y siempre se entendió la idea principal de lo que estábamos viendo	Entendí el tema que estábamos tratando, dió algunos ejemplos pero su manera de exponer sus ideas era confusa	Se entendían algunas ideas, pero no dió ejemplos que me parecieran cercanos y en ocasiones no fue muy claro	No entendí de lo que se estaba tratando	Muy Bien
Cercanía del tema	Me parece que los ejemplos son cercanos a nuestra vida cotidiana e incluso lo que no lo son me parecen interesantes.	Hay algunos ejemplos que me parecen interesantes pero se abordan poco.	Hay ejemplos que se relacionan con cosas de la vida diaria pero no son interesantes	El tema es algo totalmente alejado a mi vida cotidiana o a lo que me interesa	Muy Bien
Retroalimentación	Investigó lo que yo sabía del tema y con ello me ayudo a comprender de una mejor manera.	Utilizo lo que yo sabía del tema para darme ejemplos más cercanos o que yo pudiera entender	Pregunto lo que pensaba del tema o sabía del tema, pero creo que no puso la suficiente atención	No se interesó en lo que yo pensaba o sabía sobre el tema	Bien
Generó interés	Me interesó mucho por lo que en la mesa hablamos mucho sobre el tema	Me pareció interesante y platicaba con mis compañeros con cosas relacionadas con el tema pero en ocasiones perdíamos la atención en el tema	Algunas cosas del tema eran interesantes pero mis compañeros me distraían muy fácilmente	Me era muy fácil distraerme porque el tema no era interesante	Muy Bien