

35

Fecha de presentación: junio, 2022
Fecha de aceptación: agosto, 2022
Fecha de publicación: noviembre, 2022

ANÁLISIS COMPARATIVO

DE DIFICULTADES DE ESTUDIANTES DE FÍSICA DE LA UNAH CON
COMPREENSIÓN DE ESPECTROS DE EMISIÓN ATÓMICA

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFICULTIES OF PHYSICS STUDENTS AT UNAH WITH UNDERSTANDING ATOMIC EMISSION SPECTRA

María Lizeth Mejía Cruz¹

E-mail: maria.mejia@unah.edu.hn

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0914-7124>

¹Universidad Nacional Autónoma de Honduras. Honduras

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Mejía Cruz, M. L. (2022). Análisis comparativo de dificultades de estudiantes de física de la UNAH con comprensión de espectros de emisión atómica. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(6), 340-349.

RESUMEN

En el proceso de enseñanza aprendizaje de la física son muchos los factores que influyen en lograr una adecuada comprensión de los conceptos abordados por el docente en el salón de clases, en los tópicos relacionados con los espectros de emisión atómica este hecho se pone de manifiesto ya que estudios realizados en el campo de la física educativa, han encontrado que no hay una adecuada asimilación de los conceptos de materia y luz. Varias de las asignaturas del currículum de física tienen que ver con tópicos relacionados con la espectroscopia de emisión atómica, dentro de las cuales se puede mencionar la mecánica cuántica, que tuvo sus orígenes en el intento por querer explicar las líneas espectrales observadas; electromagnetismo y la astronomía entre otras. Para mejorar la instrucción en los cursos universitarios relacionados con tópicos de espectroscopía es necesario evaluar los procesos de aprendizaje de los estudiantes, mediante la aplicación de un test con el objetivo de identificar fortalezas y debilidades. Para dar respuesta a las dificultades encontradas en los estudiantes en la comprensión de los espectros de emisión atómica, es necesario innovar en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Palabras clave: Espectroscopia, espectros, emisión atómica, aprendizaje, dificultades, comprensión, enseñanza, física.

ABSTRACT

In the teaching-learning process of physics many factors influence the achievement of an adequate understanding of the concepts addressed by the teacher in the classroom, in the topics related to atomic emission spectra this fact becomes clear. That studies carried out in the field of educational physics have found that there is no adequate assimilation of the concepts of matter and light. Several of the subjects of the physics curriculum have to do with topics related to atomic emission spectroscopy, among which we can mention quantum mechanics, which had its origins in the attempt to explain the spectral lines observed; Electromagnetism and astronomy among others. To improve instruction in university courses related to topics of spectroscopy is necessary to evaluate the learning processes of students, through the application of a test with the aim of identifying strengths and weaknesses. In order to respond to the difficulties encountered by students in understanding atomic emission spectra, it is necessary to innovate in the teaching and learning processes.

Keywords: spectroscopy, spectra, atomic emission, learning, difficulties, comprehension, teaching, physics.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la comprensión de los estudiantes universitarios sobre los espectros de emisión atómica, permite identificar problemas de razonamiento conceptual en el desarrollo de la espectroscopía atómica, y por consiguiente lograr que se pueda orientar mejor los cursos de física, mediante la identificación de las dificultades que los estudiantes presentan; lo que posibilita que se pueda guiar la instrucción dada por el docente de física y por tanto la relación que el estudiante es capaz de formar al hacer una transición sobre el entendimiento de la luz como una onda electromagnética y la luz como materia compuesta de fotones que excitan el átomo, donde los niveles de energía solo pueden tener ciertos valores discretos y las líneas espectrales resultan del salto del electrón entre estas energías. Es importante investigar como los estudiantes son capaces de realizar la evolución de un modelo conceptual a otro.

Los espectros de emisión atómica son un tópico esencial en la enseñanza de la física, varios de los cursos universitarios tienen sus fundamentos en el entendimiento de la formación de las líneas espectrales, entre los que se puede mencionar, física moderna, mecánica cuántica y varios cursos de astronomía. La espectroscopía de emisión jugó un papel esencial en el surgimiento de la mecánica cuántica y muchos descubrimientos importantes en el campo de la astronomía.

Aunque ya existe mucha investigación sobre la comprensión de los estudiantes de los espectros de emisión atómica, estudios recientes de los grupos de investigación en física educativa de la universidad de Washington en Seattle, USA y la universidad de Zagreb en Croacia muestran que la mayoría de estudiantes universitarios aun después de haber cursado mecánica cuántica, electromagnetismo y óptica, no comprendían en realidad los procesos en que la luz es emitida y absorbida por un átomo excitado.

Estos estudios demuestran que existe un vacío en la comprensión de los tópicos relacionado con los espectros de emisión atómica, bajo el esquema de enseñanza tradicional que persisten aun en los estudiantes con los mejores promedios, este hecho hace evidente la necesidad de investigar sobre este tópico para identificar dificultades e innovar en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Este estudio La investigación se realizó en dos universidades, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras UNAH y la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, el enfoque principal es identificar tanto el nivel de comprensión como dificultades de razonamiento. Es motivada por la necesidad que existe de mejorar la

instrucción dada por el docente en los cursos de física ya que las evaluaciones reportadas no son satisfactorias.

En la Universidad de Zagreb en Croacia y la Universidad de Washington en Seattle los espectros de emisión atómica son un tema al cual se le ha prestado especial interés e investigación, ya que se observa que el estudiante a pesar de estar familiarizado con algunos conceptos como el tratamiento de la luz como una onda electromagnética y la refracción de la misma a distintos ángulos al pasar por un prisma, presenta dificultades de razonamiento conceptual, ya que no cuentan con bases sólidas que permitan explicar o conectar las líneas discretas observadas al excitar un gas y los modelos explicados en el salón de clases.

Los estudiantes no son capaces de vincular las observaciones hechas en el laboratorio y los modelos que describen cómo el electrón solo puede absorber fotones a ciertas frecuencias discretas, y por tanto los niveles de energía son discretos y están cuantizados, la emisión de luz solo puede darse cuando el electrón viaja entre dos niveles distintos. Estas ideas motivan al estudiante a entender por qué cada átomo es descrito por un conjunto único de líneas espectrales de emisión y también por un característico espectro de absorción

¿Qué pasó? ¿Cuál es el problema? ¿Es mi forma de enseñar? ¿Será que no han logrado asimilar las instrucciones conceptuales?, o ¿el estudiante no está preparándose lo suficiente? Son preguntas que surgen al docente, cuando se observan los resultados de las evaluaciones aplicadas a los estudiantes, después de haber cursado una asignatura, por ejemplo, física moderna, y las mismas no son satisfactorias.

Algunos estudios relacionados a la enseñanza de la física dan evidencias a estas interrogantes, es decir, que el estudiante presenta diversos obstáculos epistemológicos aun cuando han cursado una asignatura por la cual ya existen bases conceptuales previas.

En el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física son muchos los factores que influyen en la adecuada comprensión, de los conceptos abordados en clase por el docente. Los resultados en las evaluaciones a los estudiantes a lo largo de muchos años, han puesto en evidencia que la instrucción tradicional ha demostrado ser ineficaz en lograr una verdadera construcción de conocimiento científico.

Por otra parte, también se puede señalar como uno de los factores que influye negativamente en el proceso de enseñanza es la poca motivación que existe en el estudiante hacia tópicos relacionados con la física.

Se ha señalado también que uno de los aspectos que dificultan el interés y la motivación de los estudiantes, es el divorcio aparente entre los modelos abstractos y matematizados de la física y los comportamientos de los fenómenos reales (Salinas, 1993).

El profesor de física debe ser capaz de realizar una conexión entre los modelos matemáticos expuestos en los modelos físicos y los fenómenos reales; el éxito de esta conexión es lo que garantiza la verdadera asimilación de conocimientos, Redish (2003) en su libro *Teaching Physics with the physics suite*, expone una serie de principios cognitivos mediante los cuales se da la formación del conocimiento físico y expresa que: Cualquier modelo de pensamiento es complejo, pensamos en muchas cosas de muchas maneras.

Los estudiantes, como todos los demás, siempre construyen su conocimiento, y lo que depende de la construcción es como lo que les damos interactúa con lo que ya tienen (Redish, 2003).

De acuerdo a estas indagaciones en materia de física educativa, se exhibe la necesidad de hacer innovaciones en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la física.

Construir modelos mentales científicos funcionales no ocurre espontáneamente en la mayoría de los estudiantes. Tienen que llevar a cabo actividades repetidas y variadas que ayudan a construir la coherencia (Redish, 2003).

Mazur (1993) en su libro *Peer Instructions*, expone como las interacciones entre estudiantes pueden influir de manera significativa en la construcción de los modelos mentales y científicos, donde se pone de manifiesto que la instrucción variada puede ser más eficaz que la instrucción tradicional; en este libro se exponen innovaciones educativas en la enseñanza de la física como lo son las preguntas tipo Clicker, donde se tiene la finalidad de abordar las cuestiones conceptuales, y como requisito para poder sondear la adecuada asimilación conceptual, estos deben abarcar un solo concepto.

La orientación de la enseñanza en el aula de física es un proceso muy versátil ya que nos encontramos generalmente con distintos tipos de estudiantes, que suelen responder a diferentes patrones de asociación en la creación de conocimiento científico; la misma está vinculada directamente con los principios que definen el comportamiento de los alumnos; tener en cuenta esta importante implicación ayudara a orientar mejor la instrucción como docentes de física.

La importancia de la espectroscopía radica en que cada sustancia y elemento emite un espectro característico y

único, lo cual la hace una herramienta importante en la identificación de sustancias, así como en el estudio de la estructura atómica ya que brinda información acerca de los niveles de energía que están íntimamente relacionados con la estructura interna; para perseguir tal fin es importante el registro de la energía cuando la radiación electromagnética interactúa con la materia, en este sentido son de especial interés dos fenómenos: la emisión y absorción de energía por los átomos y moléculas.

La espectroscopia representa un tópico importante en la enseñanza de asignaturas como física moderna, mecánica cuántica y astronomía; esto se debe a que los espectros de emisión atómica ayudan al estudiante a hacer la transición en el razonamiento, del entendimiento de la luz como una onda y como una partícula; es por ello que es preciso identificar dificultades en los estudiantes con los espectros de emisión atómica.

En los últimos años se ha medido el impacto que tiene la investigación en física educativa en el diseño de la instrucción de los cursos de física, donde se ha observado una marcada tendencia a volver los conceptos más accesibles al estudiante cuando la manera de presentar los contenidos es variada y diversificada, esto debido a que las formas en que se lleva a cabo el razonamiento del alumno, es también muy diversa.

Según Ivanjek et al., (2015) los estudiantes carecen de una comprensión funcional para ser capaces de relacionar las líneas espectrales discretas a niveles de energía atómica; aun después de la instrucción.

En el campo de la astronomía esta dificultad también se ve reflejada; de los muchos temas que pueden ser enseñadas en un curso de introducción a la astronomía, la naturaleza de la luz y el espectro electromagnético es de lejos el tema más universalmente cubierto. Sin embargo, para sorpresa y decepción de los instructores, muchos estudiantes tienen dificultades para comprender conceptos fundamentales subyacentes relacionados con la luz, como la radiación de cuerpo negro, la ley de Wien, la ley de Stefan-Boltzmann, y la naturaleza y causas de la emisión y absorción (Bardar, 2006).

M. Bardar (2005) enfatiza en la necesidad de instrumentos de evaluación que permitan medir la comprensión conceptual y el éxito de las intervenciones innovadoras. La comprensión de los conceptos de luz y espectroscopia se probaron en astronomía mediante el uso del inventario de luz y espectroscopia, donde se hace énfasis en un punto importante; la luz es el soporte fundamental de información astronómica. Características espectrales sirven como las "huellas digitales" del universo, revelando la temperatura, la composición elemental, y el movimiento

relativo, junto con muchas otras importantes propiedades de los objetos en el cosmos (Bardar, 2006).

Se debe reconocer que los métodos de enseñanza y las formas variadas de presentar la instrucción por el docente, pueden hacer la diferencia entre un aprendizaje significativo en el estudiante. Los profesores deben ser capaces de guiar a otros en su aprendizaje y por lo tanto deben tener un grado relativamente alto de acercamiento con el material; ya que, los estudiantes a menudo no reconocen el papel fundamental de los razonamientos, ni entienden lo que constituye una explicación en la física (Ivanjek, 2015).

Los resultados sugieren que la instrucción a través de conferencia tradicional, libro de texto, y la tarea no es suficiente para ayudar incluso a muchos de los mejores estudiantes en un curso de introducción a desarrollar la capacidad de relacionar los espectros atómicos a las transiciones entre niveles de energía atómica (Ivanjek, 2015).

También es importante hacer énfasis en que, la capacidad de razonamiento de los estudiantes en es un proceso que toma su tiempo, se debe utilizar los modelos adecuados para no forzar los mismos. De acuerdo a esto las innovaciones en el currículo representan un pilar fundamental en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los espectros de emisión atómica (Ivanjek, 2015).

MATERIALES Y MÉTODOS

Contexto Instruccional

Los datos presentados en esta investigación fueron tomados de dos poblaciones de estudiantes, los estudiantes de la facultad de ciencias naturales, de la asignatura de física moderna de la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán, y los estudiantes avanzados de la Maestría en Física de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras de la Facultad de Ciencias quienes se encontraban cursando la signatura de Física Cuántica.

Los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán se encontraban cursando la asignatura de Física Moderna, la cual comprende los contenidos de relatividad especial, óptica y física cuántica y mecánica cuántica; como previo requisito a la misma los estudiantes tuvieron que haber aprobado los cursos de Física I, el cual cubre lo referente a mecánica clásica desde un nivel básico; Física II donde se abordan los contenidos de movimiento oscilatorio y termodinámica y Física III cubre electromagnetismo.

Los cursos anteriormente descritos consisten de dos partes: cinco horas semanales de clases magistrales y tres

horas de instrucción de laboratorio, las asignaturas previas a estas lo constituyen las matemáticas introductorias, pre cálculo y calculo; lo que forma toda la formación previa del estudiante antes de cursar física moderna.

En el área de formación en física cabe mencionar que los alumnos no reciben un curso de mecánica intermedia antes de cursar Física Moderna, lo cual puede generar falta de madurez mental, que puede influir en el entendimiento y razonamiento conceptual de los estudiantes en el tema de espectros de emisión atómica.

Los estudiantes de la maestría en física de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, se encontraban cursando la asignatura de Física Cuántica, donde se abordan tópicos relacionados con el átomo de hidrogeno; este grupo de alumnos previo al curso de Física Cuántica tenían que haber aprobado un curso propedéutico de Física Moderna donde la temática abarca lo referente a los espectros de emisión atómica y los experimentos y acontecimientos que sirvieron para el surgimiento de la Mecánica Cuántica.

Además de estos cursos los estudiantes de maestría en física previo al curso de Mecánica Cuántica tienen que haber aprobado los siguientes cursos: Mecánica Clásica I y II; Electromagnetismo I y II, Análisis Aplicado I y II y Métodos Matemáticos para la física.

Estos estudiantes tienen una formación de pregrado más diversificada ya que provienen de diferentes áreas del conocimiento, donde se puede mencionar ingenierías, licenciatura en física, licenciatura en ciencias naturales, licenciatura en matemáticas. Estas carreras comprenden al menos un curso de Física General I que abarca Mecánica Clásica y un curso de Física General II donde se abordan los conceptos de ondas, termodinámica, electromagnetismo y óptica; además de toda la formación de los estudiantes previo a estos cursos en el área de matemáticas básicas y calculo.

METODOLOGÍA

En este estudio se utilizaron dos métodos de investigación: observación de los estudiantes y la aplicación de un cuestionario de preguntas escritas, la finalidad de estos métodos era tener un panorama claro en cuanto a la forma en que los estudiantes asimilan la temática, y por tanto determinar el nivel de comprensión de los estudiantes física en los conceptos relacionados con la formación de las líneas espectrales y la emisión de energía de un átomo excitado, esto nos permite identificar dificultades en el razonamiento de los estudiantes con el objetivo de implementar un enfoque diferente en el proceso de

enseñanza y aprendizaje de la física; los métodos mencionados se describen a continuación:

Observación de los estudiantes

Antes de la aplicación del cuestionario de preguntas escritas se observó a los estudiantes de pregrado en una práctica de laboratorio relacionada con la emisión de luz de un átomo excitado, y otra práctica de laboratorio relacionada con la difracción de la luz como parte de la temática de la asignatura de física moderna. A los estudiantes de maestría se les observó en una práctica de laboratorio relacionada con emisión de luz de gases atómicos. Estas observaciones permitieron hacer una primera aproximación de las dificultades que presentaban los estudiantes con el tratamiento de la luz proveniente de un átomo excitado y la formación de las líneas espectrales.

Cuestionario de preguntas escritas

El cuestionario de preguntas escritas fue subministrado a los estudiantes después de haberlos observado en su práctica de laboratorio. Este fue tomado de la investigación realizada por Ivanjek (2012) en la universidad de Zagreb en Croacia y la universidad de Washington en Seattle.

El cuestionario consiste de seis preguntas, dos basadas en un montaje experimental donde se les pregunta a los estudiantes sobre el papel que desempeñan los componentes de tal montaje, un prisma, una rendija de difracción, una fuente de luz y una pantalla en la formación de un espectro discreto y continuo; las cuatro restantes tratan sobre el proceso de formación de las líneas espectrales producto del entendimiento de la cuantización de la energía del átomo y las transiciones del electrón entre dos niveles energéticos, también se aborda en estas preguntas la relación entre la longitud de onda, frecuencia, energía y líneas espectrales.

Fue aplicado a los estudiantes de la Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán de la carrera de ciencias naturales, los cuales se encontraban cursando la asignatura de Física Moderna, y los estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras de la maestría en física durante el periodo de la asignatura de Física Cuántica, se empleó de manera individual donde se puso de manifiesto el razonamiento de los mismos en cuanto a la manera en cómo las líneas del espectro son formadas y cuál es la relación de estas con los niveles de energía del átomo, después de que los mismos habían abordado de manera conceptual y experimentado con una práctica de laboratorio la temática relacionada con los espectros de emisión atómica y el tratamiento de la luz proveniente de un átomo excitado.

Este cuestionario admitió medir el razonamiento conceptual de los estudiantes sobre la espectroscopía de emisión atómica e identificar dificultades que permitirán mejorar la instrucción dada por el docente en el salón de clases.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la observación de los estudiantes en su práctica de laboratorio se puso de manifiesto que ellos no estaban tan interesados en intentar explicar la formación de las líneas espectrales sino más bien en el espectáculo de colores que se podía observar a través de la rendija de difracción.

El cuestionario de preguntas escritas mostro de manera palpable las dificultades que presentan los estudiantes con el tratamiento de los espectros de emisión atómica, el cual se describe a continuación.

Pregunta 1

En la pregunta 1 se les presento a los estudiantes un boceto experimental que consistía en una fuente de luz, una máscara con una sola rendija de anchura ajustable un prisma de vidrio y una pantalla, se les mostro el espectro continuo que resultaba de esta fuente de luz. Se presentó una lista de posibles cambios en el montaje y se preguntó cuál de los cambios podría dar como resultado un espectro discreto en lugar del espectro continuo que se muestra, y se pidió a los estudiantes que explicaran porque habían seleccionado una de las opciones o que explicaran su razonamiento.

La opción correcta era sustituir la bombilla por una fuente diferente de luz, por ejemplo, una lámpara de un gas atómico excitado, o una lámpara de mercurio, ya que esta produciría un espectro asociado solo a ciertas transiciones energéticas.

El 20 % y 25 % de los estudiantes de licenciatura y maestría respectivamente, contestaron correctamente a la pregunta 1, sin embargo, la explicación de porqué seleccionaron esta opción, no presento argumentos correctos y solidos que avalaran su respuesta; por tanto se observa que aunque seleccionaron correctamente la respuesta las dificultades persisten.

Pregunta 2

En la pregunta 2 se les presento a los estudiantes una figura que consistía en un espectro discreto de una fuente de luz de descarga de gas, el espectro se obtiene mediante el uso de un sistema de una sola rendija y prisma de vidrio. En esta pregunta se les pedía a los estudiantes que seleccionaran una de las opciones que se presentan

contestando la pregunta de ¿qué pasaría si se elimina el prisma? La respuesta correcta a la pregunta 2 es que las líneas se vuelven más estrechamente espaciadas, esto debido a que el prisma no es el responsable de producir el espectro discreto, sino se utiliza para que la luz proveniente de la fuente se disperse de una forma más limpia y conseguir una resolución del espectro mucho mayor.

Ningún estudiante de licenciatura contesto correctamente esta pregunta y solo un 33.33% de los estudiantes de maestría contesto correctamente.

Las dificultades identificadas relacionadas con la pregunta 1 y 2 se analizan de acuerdo a las diferentes opciones que se les brindo a los estudiantes con el propósito de identificar como trataban el papel que desempeña cada uno de los componentes del montaje experimental con la formación de los espectros, y cuál es el significado de un espectro discreto y continuo. En la pregunta 1 se presentó una lista de posibles cambios en el montaje y se preguntó cuál de los cambios podría dar como resultado un espectro discreto en lugar del espectro continuo, en la 2 se preguntó a los estudiantes que pasaría si se retira el prisma.

En la pregunta 2 se confirman las dificultades encontradas en la pregunta 1, en relación a la función que desempeña el prisma en la difracción de la luz y la formación de los espectros, los estudiantes tal como lo mostraron los resultados de la pregunta 1 asocian al prisma como el responsable de producir el espectro, sin embargo, en esta pregunta se comprueba que los alumnos no están conscientes de lo que significa las palabras discreto y continuo.

1. El montaje experimental de la derecha consiste en una fuente de luz (una bombilla ordinaria de luz incandescente), una máscara con una sola rendija de anchura ajustable, un prisma de vidrio, y una pantalla. La pantalla está lejos del prisma. Cuando la lámpara está encendida, un espectro continuo aparece en la pantalla como se muestra.

¿Cuál de los cambios en la configuración que están por debajo podría resultar en un discreto, en lugar de un espectro continuo?

- A. Cambio de la anchura de la ranura. Explique.
- B. Sustitución del prisma por una rejilla óptica. Explique.
- C. Sustitución de la bombilla por un tipo diferente de fuente. Explique.
- D. Cambio de la distancia del prisma de la pantalla. Explique.
- E. Extracción del prisma. Explique.

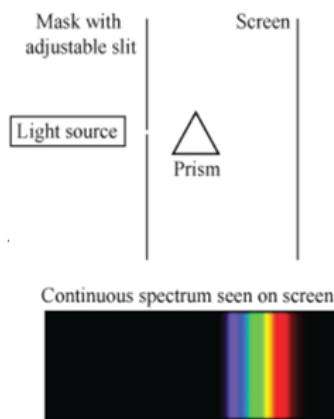


Figura 1: Pregunta 1

Fuente: Elaboración propia

Las dificultades encontradas se describen a continuación:

1. Reconocer el prisma como si este fuera el responsable de producir el espectro continuo y no la naturaleza de la fuente de luz
2. Asociación de la distancia del prisma y la pantalla con la longitud de onda.
3. Confusión de los patrones de difracción con las líneas espectrales.

4. Asociación de la fuente de gas ionizado con los espectros de emisión atómica.

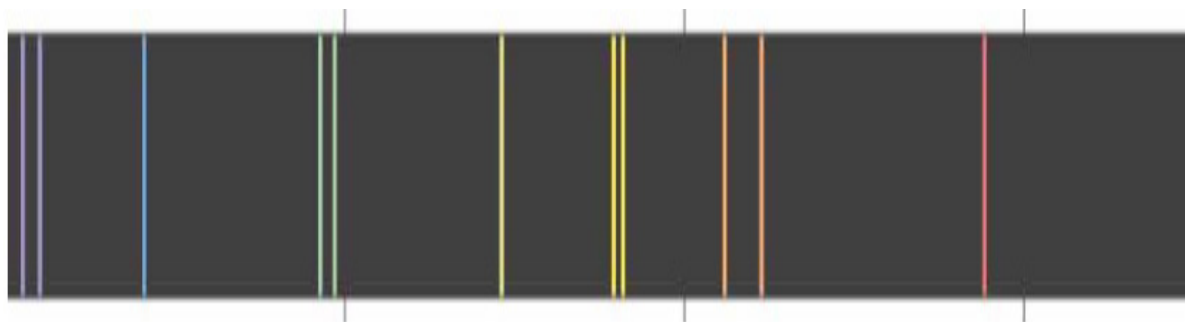


Figura 2: espectro utilizado en las preguntas 2, 3, 4 y 5

Fuente: Elaboración propia

Pregunta 3

En la pregunta 3 se les presento a los estudiantes un diagrama con los cuatro niveles de energía más bajos de un átomo, donde el primer nivel de energía representa el estado base y los siguientes corresponden a estados excitados para el átomo. En esta pregunta se pidió a los estudiantes que calcularan el número de líneas espectrales que podían obtenerse de estos cuatro niveles.

Un 0% de los estudiantes de licenciatura contesto correctamente esta pregunta y un 16.67% en el nivel de maestría.

Las dificultades encontradas en la pregunta 3 de acuerdo a los resultados obtenidos nos demuestran que los estudiantes poseen una variedad de ideas incorrectas acerca de la formación de los espectros de emisión atómica. A continuación, se describen las dificultades más comunes identificadas en los estudiantes.

1. Asociación de las transiciones energéticas solo con el estado base.
2. Asociación de cada línea del espectro con un nivel de energía del átomo.

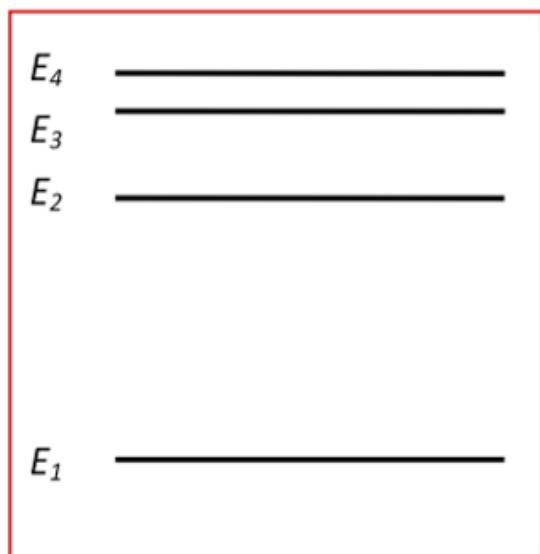


Figura 3: Diagrama de niveles de energía de un átomo en particular, utilizado en la pregunta 3

Fuente: Elaboración propia

Pregunta 4

En la pregunta 4 se proporcionó a los estudiantes un diagrama que mostraba la parte visible del espectro de un gas en particular, donde la longitud de onda aumenta hacia la derecha. Se les preguntaba Cual línea o líneas corresponde a una transición entre los niveles de energía más cercanos. En el nivel de licenciatura ningún estudiante respondió correctamente, mientras que el nivel de maestría solo un 8.33% contesto correctamente.

Una de las dificultades enfrentadas en la pregunta 4, concuerdan con los resultados obtenidos en la pregunta 3, los estudiantes asocian cada línea espectral con cada uno de los niveles de energía del átomo.

Por otro lado, también se pueden explicar los resultados a esta pregunta, relacionados con la interpretación por parte de los estudiantes, de que la energía de cada color hf del espectro, corresponde a un nivel energético en el átomo y no debida a la transición en entre dos niveles diferentes.

Pregunta 5

En la pregunta 5 se preguntó cuál era el número mínimo de niveles de energía que produciría el espectro mostrado, los resultados de la pregunta 5 ponen en evidencia que los estudiantes tienen serias dificultades con la comprensión de los espectros de emisión atómica, ya que el mayor número de estudiantes de maestría no supo que responder. De igual manera que en la pregunta 3 los estudiantes asocian cada nivel de energía del átomo con una línea espectral.

En el nivel de licenciatura ningún estudiante contesto correctamente la pregunta, En el nivel de maestría 8,33 % contesto correctamente la pregunta que se requieren al menos 6 niveles de energía para producir 11 líneas espectrales.

Pregunta 6

En la pregunta 6 se les presento a los estudiantes un conjunto de opciones y se preguntó cuál de ellas describe mejor el proceso de formación de las líneas espectrales.

Los resultados obtenidos en la pregunta 6 muestran que los estudiantes tienen conceptos erróneos acerca de la formación de los espectros de emisión atómica. Los estudiantes de licenciatura un 40% contesto correctamente la opción B, En el nivel de maestría 41,67% contesto correctamente.

Las dificultades encontradas en esta pregunta demuestran que los estudiantes tienen una serie de confusión de conceptos, estas dificultades se describen a continuación:

1. Reconocer que el fotón es quien realiza la transición entre los niveles de energía y no el electrón.
2. Reconocer que los niveles de energía son los que realizan la transición y no el electrón.

El mayor porcentaje de estudiantes de maestría y un porcentaje alto de licenciatura selecciono la opción C, los alumnos reconocen que el fotón es quien viaja entre los niveles de energía y no que este fotón o cuanto de luz es absorbido por un electrón que orbita el núcleo y realiza la transición entre un nivel bajo y un nivel más alto, al volver a su estado original este electrón emite el fotón absorbido y esto da como resultados los espectros de emisión atómica.

6. ¿Cuál de las siguientes opciones describe mejor el proceso de formación de las líneas espectrales?

Se forman líneas espectrales cuando:

- A. Un átomo emite un electrón y se hace más estable.
- B. Un electrón salta entre los niveles de energía en un átomo y emite un fotón.
- C. Un fotón cae entre los niveles de energía que emiten diferentes longitudes de onda de la luz.
- D. Un átomo absorbe un fotón.
- E. Un nivel de energía cae al nivel de energía directamente debajo de él y emite un fotón.

Figura 4: Pregunta 6

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta un cuadro resumen con el porcentaje de aciertos de los estudiantes a cada de las preguntas antes planteadas en el nivel de licenciatura y maestría respectivamente.

Tabla 1: porcentaje de aciertos en las preguntas 1, 2, 3, 4,5 y 6

Pregunta	Estudiantes de licenciatura	Estudiantes de Maestría
Pregunta 1	20%	25%
Pregunta 2	0%	33.33%
Pregunta 3	0%	16.67%
Pregunta 4	0%	8.33%
Pregunta 5	0%	8.33%
Pregunta 6	40%	41.67%

Fuente: Elaboración propia

Análisis comparativo

En la Universidad de Zagreb en Croacia y la Universidad de Washington en Seattle los espectros de emisión atómica son un tema al cual se le ha prestado especial interés e investigación, ya que se observa que el estudiante a pesar de estar familiarizado con algunos conceptos como el tratamiento de la luz como una onda electromagnética y la refracción de la misma a distintos ángulos al pasar por un prisma, presenta dificultades de razonamiento conceptual, ya que no cuentan con bases sólidas que permitan explicar o conectar las líneas discretas observadas al excitar un gas y los modelos explicados en el salón de clases.

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en la Universidad de Zagreb en Croacia y la Universidad de Washington en Seattle.

Tabla 2: porcentaje de aciertos en las preguntas 1,2,3,4,5 y 6 en la universidad de Washington y Zagreb en Croacia.

Pregunta	UW (Spring)	UW (Winter)	UW (Honor)	CRO (Intro)	CRO (Juniors)
Pregunta 1	53%	60%		45%	
Pregunta 2	12%			36%	5%
Pregunta 3	55%				
Pregunta 4	20%	15%	30%	10%	35%
Pregunta 5	30%	20%	45%	15%	50%
Pregunta 6	65%				

Fuente: Elaboración propia

Los resultados muestran que las dificultades persisten, ya que el porcentaje de aciertos en los estudiantes de la Universidad de Washington y la Universidad de Zagreb en Croacia, son bajos y comparables con los resultados obtenidos en las universidades de Honduras en el nivel de licenciatura y posgrado, se puede observar que las diferencias en los sistemas educativos y los idiomas no tienen un impacto significativo en los resultados obtenidos.

CONCLUSIONES

El propósito de esta investigación se enfocó en la identificación de dificultades comúnmente presentadas por los estudiantes con la comprensión de los espectros de emisión atómica. Uno de los objetivos planteados para lograr tal propósito era conocer el nivel de comprensión de los estudiantes en el tema de espectros de emisión atómica, la aplicación de un cuestionario de preguntas escritas puso de manifiesto que los estudiantes no tienen bases sólidas que permitan explicar cómo los espectros son formados mediante las transiciones de un electrón entre dos niveles de energía.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que la enseñanza tradicional resulta ser ineficaz en la formación de bases sólidas conceptuales que permitan describir el proceso de formación de las líneas espectrales, y la evolución del pensamiento entre el entendimiento de la luz como una onda electromagnética y el modelo en el cual la luz está formada por fotones o cuantos de luz. Este hecho es evidente ya que el cuestionario de preguntas escritas fue suministrado a los estudiantes después de la instrucción dada por el docente y posterior a la realización de una práctica de laboratorio relacionada con los espectros de emisión atómica y las líneas espectrales.

El cuestionario de preguntas escritas además de que permitió identificar el nivel de comprensión y las dificultades que presentan los estudiantes, nos permitió comparar los resultados obtenidos con los reportados por las universidades de Zagreb en Croacia y Washington en Seattle. Los resultados muestran que la mayoría de los estudiantes presentan dificultades con el tratamiento de las líneas espectrales, y que las dificultades persisten sin importar el sistema educativo, el idioma y el nivel.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ivanjek L., Shaffer P. S., McDermot L. C., Planinic M. & Veza D. (2015). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory.I. Identifying student difficulties with atomic emission spectra. American Journal of Physics, 83(1), 84-90.

- Ivanjek L., Shaffer P. S., McDermot L. C., Planinic M., & Veza D. (2015). Research as a guide for curriculum development: An example from introductory spectroscopy. II. Addressing student difficulties with atomic emission spectra. *American Journal of Physics*, 83(2), 171-178.
- Ivanjek L. (2012). An investigation of conceptual understanding of atomic spectra among university students. (Tesis Doctoral) University of Zagreb.
- Bardar E. M., Prather E. E., Brecher K. & Slater T. F. (2006). The Need for a Light and Spectroscopy Concept Inventory for Assessing Innovations in Introductory Astronomy Survey Courses. *Astronomy Education Review*, 4(2), 20-27.
- Lee S. Students' understanding of spectra (2002). (Tesis Doctoral), Kansas State University.
- Bardar E. M., Prather E. E., Brecher K. & Slater T. F. (2007). Development and Validation of the Light and Spectroscopy Concept Inventory. *Astronomy Education Review*, 5(2), 103-113.
- Salinas J. & Colombo L. (1993). Epistemología e historia de la física en la formación de profesores de física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 15 (1), 100-109.
- Redish E. F. (2003). *Teaching Physics with the Physics Suite*. John Wiley and Sons, Inc.
- Mazur E. (1997). *Peer Instruction*. Prentice Hall, Inc.
- Bardar E. M. (2006). *Light and Spectroscopy Concept Inventory*.
- Zollman, D. (2016). Oersted Lecture 2014: Physics education research and teaching modern Modern Physics. *American Journal of Physics*, 84(8), 573-580.
- Tobochnik, J. (2017). The changing face of physics and the students who take physics. *American Journal of Physics* 85 (6).