

Aprendizaje en la dualidad.

**Melita Luchinetti - Andrés Alvarez. Centro Regional de Profesores del Sur.
Didáctica III – Idioma Español y Física.**

Proyecto de intervención interdisciplinario con foco en el lenguaje.

Los modelos explicativos y el efecto fotoeléctrico.

Fundamentación.

“Y como las palabras son las que conservan y transmiten las ideas, resulta que no se puede perfeccionar la lengua sin perfeccionar la ciencia, ni la ciencia sin la lengua...” Antoine Lavoisier.

En 1905 Einstein explica el efecto fotoeléctrico en un artículo donde supone que la cuantización de la energía propuesta por Planck es una característica universal de la luz y que la energía luminosa se compone de cuantos discretos de energía, en lugar de estar distribuida en el espacio por el que se propaga, como las ondas. Más de cien años después, la enseñanza de la Física en nuestras aulas aún no incluye en forma efectiva las discusiones sobre la naturaleza de la estructura de la materia y la radiación según la física actual. A esto hay que añadir el creciente papel de la óptica en la ciencia y la tecnología moderna: el desarrollo del láser, la fibra óptica, la holografía, etc. Hace (resulta imprescindible) necesario que el estudiante de hoy esté informado sobre los aspectos fundamentales de la luz, su naturaleza y sus aplicaciones.

En los libros de texto y en las propuestas programáticas, el contenido predominante es acerca de la mecánica y la electricidad, esto impide un mejor conocimiento de otras partes de la física como es el estudio de los fenómenos en los que interviene la luz. A esto se agrega la falta de unión entre conceptos y modelos que se explican sobre la luz, de modo que el estudiante no vincula y compara las ideas aprendidas de óptica geométrica, óptica ondulatoria y, sobre todo, las ideas cuánticas acerca de la naturaleza de la luz. Se trata entonces de un tema del cual se ha escrito, investigado y discutido mucho desde los comienzos de la física, pero que apenas se trata en los niveles no universitarios. Esto puede provocar que el estudiante acumule ciertos errores conceptuales, cuya eliminación resulta difícil de lograr. Se debe mencionar a su vez que los propios docentes, debido a un insuficiente conocimiento de la óptica en general originado por la propia formación recibida, pueden incurrir en errores también conceptuales que dificultan aún más el correcto aprendizaje del estudiante.

En muchas ocasiones, quizás por la comodidad que ello supone, se hace énfasis en la representación matemática de las leyes físicas, olvidando describir los conceptos básicos, así como la evolución histórica de los modelos de la ciencia. El desarrollo en el aula de dicha evolución muestra al estudiante el carácter provisorio de los modelos utilizados por la ciencia, provoca el conflicto con sus ideas previas o las ya aprehendidas conforme se avanza en los modelos favoreciendo el entendimiento de conceptos complejos y avanzados, más allá de poseer o no las herramientas matemáticas usuales en el tratamiento tradicional de los mismos.

Es entonces tarea del docente, favorecer la comprensión del estudiante de que los distintos modelos físicos poseen un campo de aplicación acotado, cuyas fronteras las marcan los conceptos empleados en cada una de ellas. Es decir, comprender sus limitaciones, entendiendo que unos no son completamente falsos ni otros completamente verdaderos. Se tiene que contemplar una evolución de estos modelos y teorías, enmarcándolos en la historia de la Física y haciendo hincapié en el hecho de que son "representaciones" de la naturaleza con el fin de explicarla y simplificarla, pero no la naturaleza en sí misma.

Así, el modelo mediante los conceptos de rayo luminoso e índice de refracción explica la reflexión en un espejo o las imágenes formadas por las lentes, pero no es capaz de interpretar los fenómenos de interferencia y difracción de la luz, que necesitan del modelo ondulatorio y del concepto de onda para caracterizar la luz. Por último, el efecto fotoeléctrico o el Compton no tienen cabida dentro de un modelo ondulatorio para la luz, y encuentran explicaciones en el modelo cuántico. Es por esto que, la evolución de los modelos explicativos para el comportamiento de la luz, permite al estudiante analizar directamente una evolución y cambio de conceptos en esta parte de la Física, lo que luego podrá extrapolar a otras ramas de la Física en su aprendizaje de la asignatura.

Es muy habitual creer que se puede conocer de una disciplina, pero no saber comunicar este conocimiento de forma adecuada. Esta separación entre el "conocer" y el "comunicar" conlleva que muchas veces no se crea necesario incentivar al estudiante para que se esfuerce en comunicar sus ideas de forma que se entiendan, por lo que no valorará dicho esfuerzo (Márquez, 2005). El docente entonces debe promover en el aula un buen conocimiento del lenguaje propio de la ciencia, lo que le exige plantear actividades orientadas a este aprendizaje, que ayude al estudiante a percibir que mejorando sus formas de hablar, escribir y leer ciencias mejoran sus conocimientos de ciencia y viceversa. Es vital para esto comprender e incorporar la idea de que aprender ciencias es como aprender otro idioma, ya que cada disciplina tiene su patrón temático y su patrón estructural, además de que leer textos de ciencias es una actividad de por sí compleja a la que se enfrenta el estudiante en su formación (Sanmartí, 2007).

Existe una tendencia generalizada a delegar la responsabilidad en los docentes de Lengua y a pensar que el problema no se encuentra en la forma de enseñar ciencias, sino que es fundamentalmente una responsabilidad del estudiante que se vincula a un lenguaje familiar pobre, a dificultades innatas del individuo, a la falta de atención o al grado de interés o motivación, entre otros factores que habitualmente se atribuyen. Es por esto, y por propia formación, que no se contempla como parte de la práctica cotidiana en el aula el trabajar específicamente con el lenguaje. Si la responsabilidad máxima es de los docentes de Lengua, ¿más horas de clase de esta asignatura repercutirán significativamente en una mejora de la competencia lingüística de los alumnos en la clase de ciencia?

No favorece la comprensión de un texto el tipo de preguntas que se plantean en general en una clase de ciencias. Muchas veces se proponen cuestiones o actividades que promueven la lectura literal del texto, por lo que limitándose a reproducir lo que dice el texto el estudiante tiene éxito a la vista del docente, pero no se sabe si el mismo es o no capaz de relacionar lo que él comprende del texto y sus propios conocimientos. Por tanto, se deben plantear actividades que entrenen en

Aprendizaje en la dualidad.

la lectura y la escritura de textos específicos en ciencia, lo que no debe entenderse como leer o escribir repetidas veces lo que se desea que aprenda el estudiante, con el fin de que sea consciente de que está aprendiendo a escribir (y a leer) textos específicos de ciencia.

El proceso de aprendizaje de la ciencia que transita el estudiante constituye también pasar de hablar un lenguaje personal, impreciso y con muchas expresiones del conocimiento cotidiano, donde una misma palabra puede tener varios significados, a utilizar el de la ciencia, mucho menos polisémico. Pero no solo se trata de incorporar un vocabulario nuevo y preciso, sino de que las palabras estén asociadas con ideas y no se puede suponer que el estudiante se apropia de una idea solamente al nombrarla. El docente de ciencia en general no ayuda a comprender los textos específicos de su disciplina, ni a trabajar las habilidades en el lenguaje necesarias para que el estudiante pueda cumplir las consignas que se le plantean (explicar, justificar, discutir, comparar, etc.) pero sí valora y evalúa conforme a sus propias expectativas sobre lo que espera produzca el estudiante. Enseñar ciencia es también enseñar el “idioma” que le es propio, otra variedad de lengua, por lo que se deben diseñar situaciones de lectura y escritura en las que el estudiante pueda construir sus propias ideas y articular su propio discurso (Zuffo, 2018).

Es una falsa dicotomía si se debe o no enseñar Lengua en clase de ciencias en general y de Física en particular. Lo desee o no el docente, su propia práctica en el aula es un modelo de uso y de aprendizaje de la lengua. Parece más acertado que se planteen objetivos que promuevan el aprendizaje del lenguaje que se espera utilice y comprenda el estudiante, explicitándole a este cuáles son, así como qué es lo que se busca con las actividades propuestas, con el fin de hacerlo partícipe y responsable de su propio aprendizaje. Se trata de pasar de pensar el “conocer” y “hablar” como competencias diferenciadas a verlas estrechamente vinculadas.

Dualidad onda - partícula en el horizonte físico del aula y dualidad lenguaje - ciencia en el camino del aprendizaje del estudiante. De dichas dualidades se trata la propuesta de trabajo en el contexto del curso de Física de primer año de bachillerato diversificadodesarrollada a continuación.

Objetivo general del proyecto.

Comparar los modelos corpuscular y ondulatorio para la luz, discutiendo la validez de los mismos para favorecer el aprendizaje del carácter dual de la luz y la comprensión posterior del efecto fotoeléctrico.

Producto final.

Audiovisual de entre tres y siete minutos de duración, a elección entre dos opciones: diálogo e intercambio acerca de la temática o video explicativo, con su respectivo guion pensado y realizado para un público no experto y diverso. Los productos obtenidos serán publicados y

compartidos a través del blog del laboratorio de Física del liceo Pinar I, centro educativo donde se desarrolla el proyecto.

Objetivos.

Objetivos de aprendizaje relativos a contenidos conceptuales de Física.

- Analizar y comprender el carácter provisorio de los modelos en la ciencia.
- Discutir alcances y limitaciones de los modelos corpuscular y ondulatorio de los modelos explicativos para la luz.
- Presentar un modelo de comportamiento dual de la luz, comprendiendo el cambio de paradigma que significa esto.
- Analizar y comprender el efecto fotoeléctrico a partir del desarrollo del proyecto.

Objetivos de aprendizaje relacionados con el lenguaje.

- Desarrollar estrategias de lectura locales y globales, como la defenición, la analogía y la jerarquización de ideas, en relación con la organización semántica de las secuencias típicas de los textos que se leen y escriben en esta disciplina: las explicaciones.
- Desarrollar determinados razonamientos que les permitan a los estudiantes idear un texto que incluya algunas secuencias características de los textos explicativos.

Temporalización.

Se estima que la secuencia de trabajo sea desarrollada en su totalidad durante ocho semanas, concluyendo la misma con la entrega del producto final por parte de los estudiantes.

Secuencia de trabajo.

1. *Actividad disparadora e introductoria.*

a. *Temporalización:* una semana.

b. *Objetivos.*

- i. Introducir al trabajo interdisciplinar entre Idioma Español y Física al estudiante.
- ii. Vincular los contenidos conceptuales con una temática como la filatelia, no demasiado conocida por razones generacionales.
- iii. Elaborar definiciones sobre fenómenos relacionados con la luz, vinculándolas con lo que evidencian los sellos postales.

- c. *Desarrollo.* Conmemorando el año Internacional de la Luz en 2015 muchos países emitieron sellos postales, adjuntándose a continuación alguno de ellos.



- i. ¿Qué fenómenos de la luz o vinculados con la misma aparecen y en qué sellos? Explica brevemente lo que recuerdes de cada uno.

Para resolver esta consigna ten en cuenta:

- el fenómeno de la luz que vas a explicar (por ejemplo, la reflexión, refracción o descomposición de la luz) y en qué consiste, es decir, cómo se define.
- qué sello o sellos se relacionan con ese fenómeno y por qué (es decir, qué evidencias observas que allí se está representando de alguna manera ese fenómeno).

Una posible idea para que elabores la respuesta:

En el sello (en los sellos) _____ puedo observar que _____ y se relaciona con el fenómeno de _____. (Dicho fenómeno) **consiste en** _____. Esto se observa en el sello _____.

Nota: lo que aparece **resaltado** es una expresión que te puede servir para definir el fenómeno de la luz en cuestión. Cuentas con una lista de otras posibles expresiones que puedes utilizar, debes elegir la que te parezca más apropiada para que lo quieras escribir (quizás se te ocurre otra forma que no está contemplada en esta lista, puedes utilizar la que creas más conveniente).

- está constituido por...
- se trata de...
- es considerado...
- sucede cuando...

- ii. *Indica otros aspectos que estén vinculados con la luz que observes en los sellos y que no hayan sido contemplados en la consigna.*

Intervención en el aula: interrogación didáctica con el objetivo de abordar el significado de “sello postal”.

- ¿Qué les parece que es un “sello postal”? ¿Para qué se utilizan? Analizaremos cada una de estas palabras para comprender mejor su significado.
- Además de los sellos postales, ¿qué otros tipos de sellos conocen?, ¿para qué se usan esos otros sellos? (para marcar algo...) Justamente, los sellos postales sirven, en parte, para eso.

Con este fin se realiza una pequeña actividad a continuación, a partir del video adjunto: <https://www.youtube.com/watch?v=GM4BlozPxCw>.

- Actividad de contextualización de la filatelia.

Objetivo: contextualizar el uso de la filatelia para que el estudiante comprenda el sentido de la existencia de los sellos postales.

Se trabaja con el significado de “postal” del diccionario de la Real Academia Española online.

postal

De *posta* y *-al*.

1. adj. Concerniente al ramo de correos. *Servicio postal*.
2. f. Tarjeta **postal** ilustrada por una de sus caras.

[apartado postal](#)
[casilla postal](#)
[código postal](#)
[franquía postal](#)
[giro postal](#)
[objeto postal](#)
[paquete postal](#)
[sello postal](#)
[tarjeta postal](#)

Esta palabra está formada por “posta” y “-al”. ¿Cuál de las dos acepciones del DLE es la más ajustada para comprender el significado de “sello postal”? ¿De qué otra forma puedes explicar el significado de esta acepción, conservando el significado de lo que se está diciendo?

Intervención del docente: justamente, un sello postal sirve para marcar un envío por correo, para certificarlo.

2. **Planteo del proyecto a realizar.**

Se plantea en el aula el tema a trabajar y la modalidad de proyecto, explicitando a los estudiantes cuáles son los objetivos de este tipo de desarrollo, por qué se eligió hacerlo de esta forma y qué lugar ocupará en la evaluación formal, ya que sustituye a la segunda prueba parcial tradicional del curso. Se aclara cuál es el producto final esperado, aclarando que se desarrollarán actividades que permitan comprender el contenido de dicho producto, así como las dos posibles modalidades de texto que podrán presentar. Se explicita también la temporalización aproximada de ocho semanas hasta la entrega del producto final.

Se le solicita a cada grupo de trabajo el uso de un cuaderno de campo, ya sea en formato papel o digital, a fin de registrar lo realizado en cada instancia del proyecto. El mismo debe incluir los textos elaborados y las consignas planteadas en las actividades que aparecen en el proceso de trabajo, ya que las mismas serán utilizadas en la elaboración del producto final. Se establece que se realizarán tres entregas antes del producto final y que cada una de estas deberá ser presentada al docente por uno o dos miembros diferentes del grupo de trabajo, dejando constancia en el propio cuaderno de campo esto en cada una de las instancias.

Se explicitan además los criterios de evaluación a ser aplicados, tanto en el desarrollo del proyecto, como en las sucesivas entregas y en el producto final.

Se procede entonces a desarrollar las dos actividades principales, que al mismo tiempo ejemplifican los posibles tipos de texto a producir por los estudiantes e implican aprendizajes duales en Lengua y Física.

3. Actividad “Diálogo entre dos sabios”.

- a. *Temporalización*: dos semanas.
- b. *Objetivos*.
 - i. Retomar los dos modelos explicativos acerca de la naturaleza de la luz desarrollados anteriormente en el curso de física.
 - ii. Comparar entre sí dichos modelos a partir del diálogo planteado en el texto.
 - iii. Mostrar al estudiante un posible ejemplo de producto final.
 - iv. Comprender por parte de los estudiantes las similitudes y diferencias entre los modelos corpuscular y ondulatorio.
 - v. Elaborar por parte de los estudiantes definiciones y que sean capaces de introducir ejemplificaciones al caracterizar fenómenos relacionados con la luz.
- c. *Desarrollo*. Se procede a la lectura del texto “Diálogo entre dos sabios” (ver anexo).

Intervención en el aula: se presenta el texto, se indica la fuente del mismo y se discute con los estudiantes la dificultad encontrada al leerlo y las actividades que se desarrollarán con el objetivo de comprender el mismo.

- i. *En este texto se comparan dos modelos, el corpuscular y el ondulatorio. Lee con atención el texto y subraya las evidencias de que hay dos posturas que se está comparando. ¿Qué significa “evidencias”? Quiere decir que en el texto hay determinadas palabras y expresiones que acompañan las explicaciones sobre diferentes fenómenos y que sirven para expresar las ideas de esos dos modelos o posturas.*
- ii. *Completa el siguiente cuadro de doble entrada con información extraída del texto. Como verás, la idea es que llenes los espacios vacíos con las explicaciones sobre algunos fenómenos relacionados con la luz desde los dos modelos involucrados.*

	Modelo corpuscular	Modelo ondulatorio
Reflexión		
Refracción		

- iii. *Luego de haber completado el cuadro, elige uno de los fenómenos y redacta un párrafo comparando la explicación proporcionada por ambos*

modelos. Para escribir esto, necesitarás usar algunas palabras llamadas conectores y también expresiones que se usan con la misma función. Los conectores sirven para unir y establecer determinadas relaciones entre oraciones o enunciados de un mismo párrafo.

Aquí tienes un “banco de conectores”; puedes elegir y usar el o los que te parezcan más apropiados.

como	pero en contraste con
sin embargo	perosi comparamos
por el contrario	a diferencia de
en cambio	de todos modos
de igual modo	en contraposición con

Justificar luego de forma breve la razón que te llevó a elegir ese o esos conectores.

- iv. Este texto es la simulación de un diálogo entre dos personas, una es adepta a la teoría de Newton y la otra a la de Huygens. En el siguiente fragmento se exponen las generalidades de ambas teorías: “Newton afirma que la luz es de carácter corpuscular, Huygens, que es de carácter ondulatorio”. Como sabes, ambas concepciones acerca de la luz son diferentes.
 - a. *Reescribe el fragmento sustituyendo los signos de puntuación resaltados por palabras que puedan ir en su lugar. Debes tener en cuenta el hecho de que el contraste entre ambas concepciones se mantenga y se evidencie en el nuevo texto que realices.*
 - b. *Ahora compara ambas escrituras, la que propuesta originalmente y la que acabas de escribir. ¿Qué diferencias observas? ¿Qué palabras utilizas para sustituir los signos de puntuación y por qué? Escribe una explicación que incluya las respuestas a estas preguntas.*
- v. *Subraya en el texto las palabras o expresiones que refieren a la naturaleza de la luz según Newton y cópiala en tu cuaderno.*

(El estudiante debería escribir: La luz consiste en pequeñísimos corpúsculos que salen del cuerpo luminoso y cruzan el espacio a una velocidad fantástica).

- a. *Explica cómo te diste cuenta que lo escrito trata acerca de la naturaleza de la luz según Newton.*
- b. *Vamos a observar con atención la caracterización de luz que estamos trabajando. Para ello deberás localizar las respuestas a las preguntas propuestas a continuación y subrayarlas con el mismo color de cada pregunta.*

¿Qué palabras nombran al objeto de conocimiento que se quiere caracterizar?

¿Qué verbo se utiliza para caracterizar a la luz?

¿Qué palabras expresan la caracterización de la luz según ese modelo?

c. *La caracterización de un fenómeno.*

Siguiendo este modelo, escribe la caracterización de la reflexión según el modelo ondulatorio. Puedes cambiar el verbo o la locución usando otra que te parezca más apropiada (recuerda que puedes volver a la primera actividad de la secuencia donde tienes más opciones para elegir).

Aclaración: esta caracterización que vas a escribir, constituye una parte del texto que elaboren como producto final. Sea cual sea el texto que decidan producir, deberá incluir como fragmento, esta explicación de la reflexión de la luz. En tu cuaderno de campo, destaca de alguna forma este texto para que te sea más sencillo ubicarlo ya que será un insumo importante a la hora de construir el texto que elaborarás al finalizar el proyecto.

vi. *Desde los modelos corpuscular y ondulatorio, en el texto se tratan tres fenómenos luminosos, ¿cuáles son?*

- a. Como te habrás dado cuenta, en algunos temas hay más puntos de discrepancia que en otros. Durante la exposición de las teorías, los personajes utilizan algunas maneras para explicar los fenómenos luminosos tratados para que el lector pueda comprender mejor el fenómeno explicado.

Vamos a detenernos ahora en la explicación de “reflexión de la luz”.

Lee el texto y completa los espacios vacíos.

N: “...los corpúsculos chocan contra un espejo y se reflejan en él según las leyes de choque, **que bien se pueden ver** _____ (en una mesa de billar) ...”

H: “...cuando una onda luminosa llega al espejo, se refleja en él, **tal como** _____ (las ondas del agua lo hacen en los bordes del estanque) ...”

- b. *Ahora vamos a detenernos en las expresiones destacadas con sombreado ¿Para qué crees que se utilizan?*

Aquí tienes una lista de expresiones similares que también se podrían haber utilizado. *Prueba cambiar las palabras que están sombreadas y reescribe todo lo que sea necesario para que los fragmentos conserven su sentido.*

Así como... como sucede también con... del mismo modo que...
--

- c. *Las analogías.*

Estas formas de explicar con las que acaban de trabajar se denominan “analogías” y sirven para relacionar dos fenómenos que pertenecen a ámbitos diferentes. Consiste en reformular conceptualmente, es decir, en decir de otra forma, pero de una manera más familiar o conocida, un determinado fenómeno. El objetivo es que, quien lea, pueda representarse con mayor claridad el concepto que se está explicando.

Piensa y responde: ¿qué fenómenos son los que se están poniendo en relación?

Elige uno de estos fenómenos de la luz: “refracción” o “descomposición de la luz” y explícalo formulando una analogía. Recuerda que debes vincular el concepto propio de la Física con una “imagen” más conocida utilizando alguna de las expresiones que hemos trabajado.

Recordatorio: este es el segundo fragmento que deberán incluir en el texto del producto final y también debes destacarlo en tu cuaderno de campo.

4. Actividad Video explicativo “El Experimento de la Doble Rendija”.

- a. *Temporalización:* dos semanas.
- b. *Objetivos.*
 - i. Comparar mediante otro recurso los modelos explicativos abordados hasta el momento.
 - ii. Reforzar la noción de las limitaciones de cada modelo (corpuscular y ondulatorio) por separado.

- iii. Introducir conceptos generales de física cuántica y del comportamiento dual de la luz que favorezcan la comprensión del efecto fotoeléctrico.
 - iv. Promover la comprensión de la organización general de la explicación del video.
 - v. Reflexionar sobre las observaciones realizadas frente a los dos experimentos (con ondas y con partículas) y compararlas.
- c. *Desarrollo.* Se procede a visualizar el video “El experimento de la doble rendija”:
<https://youtu.be/9X0jN3sz3sI>

Intervención en el aula: se presenta el texto audiovisual y se discute con los estudiantes la creciente dificultad en el transcurso del video, así como los objetivos que se persiguen con las actividades a desarrollar a partir del mismo.

- i. *Completa el esquema adjunto con las observaciones correspondientes en cada caso.*

Experimento con partículas (o bolitas de masa)	Experimento con ondas
Una ranura:	Una ranura:
Dos ranuras:	Dos ranuras:

- ii. El siguiente fragmento aparece en el video, posteriormente a la explicación de lo que sucede con estos dos experimentos:

“Así pues, cuando lanzamos algo, es decir, materia, a través de dos ranuras, obtenemos esto: dos franjas de golpes; pero con ondas el resultado es un patrón de interferencias con muchas franjas.”

Este enunciado aparece en el video luego de las observaciones realizadas a partir de los dos experimentos.

- a. *¿Por qué crees que no aparece al comienzo del video, a modo de introducción?, ¿Qué explicaciones previas son necesarias para comprender mejor este enunciado?*
- b. *¿Por qué expresión podrías cambiar “Así pues”, con la condición de que el sentido de lo que se está diciendo se conserve?*

- c. *¿Por qué se utiliza la palabra “pero” en una parte del enunciado?*
- iii. Luego de este enunciado, el personaje dice: “¡Muy bien! De momento... Vamos a ponernos cuánticos”.
- a. *¿Por qué crees que dice eso?*
- b. *¿Qué significa “vamos a ponernos cuánticos”?*
- c. *¿Cómo se relaciona con el experimento en el que utiliza el cañón de electrones?*

Para responder las consignas anteriores ten en cuenta lo siguiente:

Un quantum o cuanto es la menor cantidad de energía que puede transmitirse en cualquier longitud de onda. Considerado el creador de la teoría cuántica, el físico alemán Max Planck enunció que **la radiación electromagnética se emite en unidades discretas de energía denominadas quantum o cuantos.** Para la física clásica se podía emitir cualquier cantidad de energía sin importar su valor, los cuantos o unidades de radiación son tan pequeños que la radiación parece entonces continua.

Intervención en el aula: Efecto fotoeléctrico.

A partir de la última actividad realizada en el aula, que acerca a los estudiantes a conceptos cuánticos y la dualidad onda partícula, se introduce el fenómeno del efecto fotoeléctrico por parte del docente. *Se trata de un ejemplo de interacción entre radiación y materia que consiste en la emisión de electrones por parte de un metal al incidir sobre su superficie una haz de luz.* Se retoma en el aula las características de dicha radiación luminosa tratadas antes en el curso, en particular la frecuencia o longitud de onda, asociando estas con la expulsión o no de electrones de la superficie. Se visualizan en clase los videos adjuntos, donde se muestran experimentos asociados con este fenómeno, como cierre del proyecto planteado y con el fin de cerrar el curso trabajando sobre el mismo.

Se pide a los estudiantes luego de la visualización de los videos seleccionados y de la intervención del docente que expresen de forma oral lo que comprendieron del efecto fotoeléctrico, discutiéndose en clase los distintos aportes y registrando esto en el cuaderno de campo para ser utilizado como insumo del producto a presentar.

Videos a visualizar y discutir en clase:

<https://www.youtube.com/watch?v=z-3XaXCvjZw&feature=youtu.be>

https://www.youtube.com/watch?v=v-1zjdUTu0o&feature=emb_title

5. Elección de audiovisual.

Finalizadas las actividades anteriores los estudiantes en grupos comunican la elección del formato del audiovisual dentro de las opciones propuestas. Se establecen en cada grupo de trabajo los recursos tecnológicos con los que cuentan, el posible aporte del docente al desarrollo del proyecto en ese aspecto en particular y el uso del cuaderno de campo como herramienta colectiva de registro del proceso de aprendizaje.

Además, se establece que el producto final debe ser contextualizado. Por ejemplo, si se trata de un diálogo, establecer entre qué personajes se lleva a cabo, en qué situación y con qué finalidad. En cualquier caso, que el diálogo establecido o el video explicativo realizado, no sean artificiales ni copias de los ejemplos vistos en clase, sino que contengan elementos trabajados en las consignas desarrolladas y al mismo tiempo cierta dosis de creatividad.

6. Entregas intermedias.

Se solicita una entrega intermedia como mínimo (máximo dos) en las siguientes tres semanas. Dichas entregas deben incluir un esbozo o borrador del guion para el texto audiovisual a realizar, registrándose observaciones, correcciones y sugerencias por parte del docente en el cuaderno de campo de cada grupo.

Los textos que los estudiantes vayan escribiendo durante el desarrollo de la secuencia constituyen fragmentos del producto final. Además, el resto de las actividades pensadas tienen el propósito de que constituyan herramientas para seguir elaborando el texto.

Por tanto, la/s entrega/s intermedia/s deberá/n incluir:

- Conectores que evidencian la comparación entre los modelos (indicar algunos mediante el subrayado).
- Caracterización de la reflexión de la luz según el modelo ondulatorio.
- Explicación de un fenómeno de la luz (refracción o descomposición de la luz) formulando una analogía.

7. Entrega, presentación y circulación del producto final.

Se solicita la presentación de cada audiovisual a los docentes y al resto del grupo en su totalidad. La circulación del mismo se realiza a través del blog del laboratorio de Física del liceo, por medio del ayudante preparador a cargo del mismo.

8. **Actividad de reflexión sobre el texto producido.**

Se plantea a los estudiantes una vez finalizada la elaboración del proyecto.

Durante este proyecto ustedes han trabajado mucho en la elaboración de un texto. En cada instancia reflexionaron sobre fenómenos de la luz, desde el punto de vista de la Física; y también hicieron un importante trabajo con el lenguaje.

La reflexión de los diferentes aspectos de un texto es una parte esencial del trabajo que están haciendo, valorar el texto que construyeron juntos es muy importante. Además, estamos seguros de que luego de hacer esta reflexión que les proponemos, que consiste en tomar distancia del texto y repensar algunas cuestiones, lograrán visualizar más y mejor el gran trabajo que han hecho y los aprendizajes logrados durante el proceso.

- i. *Elaboren una lista con las ideas o conceptos de Física que hayan mencionado o abordado.*
- ii. *Nombren un aspecto del texto que les resulte pertinente desde el punto de vista del avance del conocimiento en Física. Expliquen brevemente por qué.*
 - a. *En el caso de que hayan elaborado un texto explicativo: ¿cómo se presenta la voz que da cuenta de los fenómenos que se están explicando?, ¿con qué elementos audiovisuales se relaciona la voz del personaje o narrador? (es decir, ¿existen determinadas imágenes o sonidos que se vinculen con la voz que expone los temas?), ¿desde qué lugar se posiciona para explicar o exponer esos conocimientos científicos?*
 - b. *Si decidieron producir un texto basado en el diálogo de personajes: ¿quiénes son los personajes que están dialogando?, ¿por qué eligieron esos personajes? Fundamenten la selección de estos personajes en relación con los fenómenos de la ciencia que están tratando en el texto.*
- iii. *Piensen sobre la estructura general del texto y acerca de los contenidos de Física tratados, ¿cómo están organizados?, ¿decidieron presentar los temas teniendo en cuenta una determinada progresión u organización?, ¿qué aspecto o apartado del texto les parece que está bien logrado?*
- iv. *¿Qué palabras o conectores evidencian que hay contraste de ideas?*
- v. *Busquen una analogía utilizada: ¿qué fenómenos pusieron en relación para producirla? ¿Les parece que la analogía resulta clara para entender el concepto que explicaron con ella?*

Evaluación.

Será formativa durante todo el proceso de aprendizaje y realización del proyecto, compartiendo los criterios establecidos a continuación con los estudiantes, como fue mencionado al inicio.

- Participación activa y adecuada de cada estudiante, así como trabajo colectivo del grupo, durante el desarrollo total del proyecto. Esto incluye:
 - Actividades propuestas en el aula.
 - Presentación de cada una de las entregas intermedias.
 - Registro y utilización del cuaderno de campo.
 - Realización, participación y presentación del producto final.
- En cuanto al producto final:
 - Es creativo se encuentra contextualizado según las pautas previamente establecidas.
 - Participan del mismo todos los integrantes del grupo.
 - Es coherente en su desarrollo con respecto al alcance y las limitaciones de los modelos explicativos.
 - Demuestra entendimiento del grupo sobre el desarrollo histórico y el carácter provisorio de los modelos explicativos.
 - Muestra comprensión del cambio conceptual que significó la aparición de la física cuántica.
- Criterios específicos desde la lengua:
 - Demuestra comprensión acerca de cómo están elaborados los textos explicativos y la comparación de modelos que expresan a través del lenguaje.
 - Denota comprensión y producción de las formas de definir conceptos o fenómenos.
 - Se utilizan correctamente conectores para evidenciar la comparación entre los modelos.
 - Incluye producción de ejemplificaciones, incorporando estas en las explicaciones.

Anexo.

Texto: "Diálogo entre dos sabios".

Época: mediados de 1700.

Personajes: **N**, adepto de la teoría corpuscular de la luz de Newton.

H, adepto de la teoría ondulatoria de Huygens.

N.- En verdad no se por qué se obstinan tanto en formular otra hipótesis acerca de la naturaleza de la luz. La de Newton es clara y terminante: la luz consiste en pequeñísimos corpúsculos que salen del cuerpo luminoso y cruzan el espacio a una velocidad fantástica.

H.- No es obstinación, Newton afirma que la luz es de carácter corpuscular. Huygens, que es de carácter ondulatorio. Ambas teorías están bien fundamentadas, y no se trata de decidirse por la más "simpática", sino por la explique mejor todos los fenómenos luminosos.

N.- Completamente de acuerdo; esgrimiendo cada uno su teoría, analicemos una por una las distintas cuestiones y llegaremos a una conclusión satisfactoria.

H.- Pues comienza, ¿cómo explicas la reflexión de la luz?

N.- Muy sencillamente: los corpúsculos chocan contra un espejo y se reflejan en él según las leyes del choque, que bien se pueden ver en una mesa de billar...

H.- Pues la teoría de Huygens también es sencilla y coherente: cuando la onda luminosa llega al espejo, se refleja en él, tal como las ondas del agua lo hacen en los bordes de un estanque, cosa que, debes concederme, se advierte con igual facilidad que en tu ejemplo de la mesa del billar...Ambas teorías explican satisfactoriamente la reflexión; pero en el fenómeno de la refracción...

N.- (Interrumpiéndolo con vehemencia): Ah! En cuanto a ese punto, no puedes dejar de convenir conmigo en que la explicación corpuscular es admirable...

H.-...Lo que no impide que pueda ser falsa...

N.- Permíteme que te haga una síntesis, y te ruego que me señales el punto débil...; si puedes hallar uno !

H.- Comienza...

N.- Cuando un rayo de luz pasa de un medio a otro más refringente, como del aire al agua, se acerca a la normal. Descompón el vector velocidad del corpúsculo en dos direcciones: una, paralela a la superficie; otra, normal a ella. Hazlo cuando el corpúsculo está aún en el aire, y cuando está ya en el agua. La velocidad de la partícula en el aire es v_1 , y sus componentes v'_1 y v''_1 . La velocidad del corpúsculo en el agua es v_2 , mayor que v_1 ...

H.- Afirmación totalmente gratuita, pues no puedes probarlo...

N.- Espera. La velocidad de la luz en el agua es v_2 , y sus componentes son v'_2 y v''_2 . No existe razón alguna para que la componente tangencial haya variado, de modo que $v'_1 = v'_2$. Y advierte ahora que la única manera de que el rayo se acerque a la normal, es que la componente v''_2 sea mayor que v''_1 , lo que, a su vez, exige que la velocidad en el agua sea mayor que en el aire.

¿Puedes objetar algo?

H.- Que es la única manera de explicarlo, dices bien... cuando se ha partido de la base de que la luz está constituida por corpúsculos.

N.- Conozco la explicación ondulatoria de la refracción, y...

H.- Permíteme, una síntesis de la explicación ondulatoria de la refracción, y señala puntos débiles... ¡si puedes!

N.- De acuerdo.

H.- La luz se propaga con mayor velocidad en el aire que en el agua, y...

N.- Afirmación totalmente gratuita.

H.- Espera y verás la solidez de mi argumentación. Imagina el frente de una onda que llega a la superficie del agua. Limitémosla, para mayor sencillez al trozo A B. Admite que cuando A llega a la superficie, a B le falta un segundo para llegar, lo que significa que el segmento B B' representa la velocidad de la luz en el aire.

N.- Lo admito; no hay inconveniente en ello.

H.- Cuando haya transcurrido un segundo, la onda habrá penetrado íntegramente en el agua. El punto A se hallará en A', y el segmento A A' representará la velocidad de la luz en el agua. Y advierte que, como el rayo se acerca a la normal al penetrar en el agua, resultará AA' menor que BB', es decir, que el fenómeno de la refracción exige que las ondas luminosas se propaguen con mayor velocidad en el aire que en el agua. ¿Tienes alguna objeción que formular?

N.- Todo es correcto desde el punto de vista lógico pero el punto de partida, la naturaleza ondulatoria de la luz, no puedes demostrármelo.

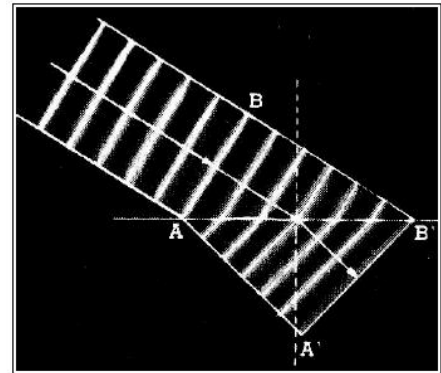
H.- Concuérda conmigo en que hasta ahora tanto la teoría de Newton como la de Huygens explican satisfactoriamente los hechos físicos de la reflexión y refracción. Pero hemos llegado a un punto decisivo: para explicar la refracción de la luz, la teoría corpuscular exige que la velocidad de la luz sea mayor en el agua que en el aire. Y para explicar el mismo fenómeno, la teoría ondulatoria exige que sea mayor la velocidad en el aire.

N.- Es de lamentar que aún no se haya podido medir la velocidad de la luz, pues esa sería una experiencia crucial.

H.- Así es: cuando se la pueda medir en el aire y en el agua, se tendrá una prueba decisiva sobre cuál de las dos teorías es la correcta. Pero, mientras tanto, permíteme que te pregunte algo fundamental: ¿cómo explica tu maestro el fenómeno - por él mismo descubierto- de la descomposición de la luz blanca en los colores del espectro?

N.- Pues, a cada color le atribuye una clase de corpúsculo de distinto tamaño, y la luz blanca sería una mezcla homogénea de ellos; la separación de los colores en el prisma se produce porque los corpúsculos más grandes, al ser atraídos con más fuerza por la materia de que está hecho el prisma se desvían más que los más chicos.

H.- Acordarás conmigo que esta explicación no es ya tan sencilla como las anteriores: no sólo se requiere que la luz esté formada por corpúsculos, sino que además hay que admitir que hay tantas clases de corpúsculos como colores- Mira en cambio, como en la teoría ondulatoria el fenómeno de la dispersión luminosa se explica muy simplemente: es



bien sabido que los sonidos se diferencian entre sí por el número de vibraciones; a la nota musical sol, por ejemplo, le corresponde un número de vibraciones distinto que a la nota re. Yo imagino que lo mismo pasa con los colores, y que al rojo, por ejemplo, le corresponde más vibraciones que al violeta. La luz blanca es una mezcla de todas esas vibraciones, algo así como el sonido que se obtendría tocando simultáneamente todas las notas de la escala musical. En el prisma se produce la separación de los colores, porque cada color viaja con una velocidad diferente, y ...

N.- No prosigas; en primer lugar, porque para comprobar lo que afirmas deberíamos conocer las velocidades de propagación de cada color, y eso no se ha hecho aún; y en segundo lugar, porque aunque admitiera que en este aspecto la teoría de Huygens es más elegante que la de Newton. Te formularé reparos tan decisivos a otros aspectos de la teoría ondulatoria, que no tendrás más remedio que reconocer nuestra derrota.

H.- Veámoslo.

N.- En primer lugar, si la luz fuera un fenómeno ondulatorio, en ciertas condiciones deberían producirse fenómenos de interferencia, como acontece con las ondas sonoras y las formadas en la superficie de los líquidos. ¿Te imaginas algo tan ridículo como aceptar que “en ciertas condiciones” (te dejo elegir las que quieras...), una habitación alumbrada por una linterna quede en penumbras... al encender otra linterna?-

H.- Confieso que me pusiste en apuros. Pero el hecho de que todavía no se haya observado interferencia con la luz, no significa que el fenómeno no exista. Por otra parte, no hay porqué esperar que sea tan simple como dices: “una linterna que anula a otra linterna”. Como lo sostiene mi maestro, las ondas de la luz son muchísimo más chicas que las ondas sonoras, por lo cual no debe extrañarnos que la interferencia luminosa sea algo muy difícil de observar –

N.- Hay aún otras objeciones: si la luz se propagara en forma de ondas, no siempre lo haría en línea recta. Lo diré con palabras del mismo Newton:” si la luz consistiera totalmente en una presión, o en un movimiento propagado instantáneamente o progresivamente, se encorvaría en la sombra ; pues en un fluido, una presión o un movimiento no puede propagarse en línea recta más allá del obstáculo que detiene una parte del movimiento: hay inflexión y dispersión hacia todos los lados en el medio en reposo situado más allá del obstáculo... una campana o un cañón puede ser oído detrás de la colina que intercepta la vista del cuerpo sonoro; y los sonidos se propagan también a través de tubos encorvados, mientras que jamás se ve a la luz seguir rutas tortuosas ni desviarse hacia las sombras ... ”. En otras palabras: si la luz fuera un movimiento ondulatorio, debería observarse, como en todo movimiento ondulatorio, el fenómeno de difracción.

H.- Como en la interferencia, creo que la difracción luminosa es de difícil observación, debido a la pequeñez de la onda de la luz. De todas maneras, reconozco que aún faltan esas decisivas pruebas experimentales para afirmar la teoría de Huygens, pero sin duda llegará el día en que se las encuentre.

Extraído de Maiztegui, A., Sábato, J., (1966). Introducción a la Física. 6ª. Edición. Buenos Aires, Kapeluz.

Bibliografía consultada.

- Ballesta, M., Flores, E., Sguilla, S. (2011). *Análisis histórico epistemológico de la concepción de “naturaleza de la luz” aplicado a los cursos de Física en: Interacciones en Formación de Educadores en Ciencia y Física*, compilado por Prof. Mag. G. Klein, Montevideo: ANEP – CFE.
- Beléndez, A., Pascual, I., Rosado, L. (1989). La enseñanza de los modelos sobre la naturaleza de la luz. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, nº3, págs. 271-276. Recuperado de: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v7n3/02124521v7n3p271.pdf>
- Escorihuela R., Caballer M. J. (1997). El profesor de ciencias también es profesor de lengua. *Revista Alambique de Didáctica de las ciencias experimentales*, nº12, págs. 43-50.
- Fernández P., González E., Matarredona J. (2005). De los corpúsculos de luz al efecto fotoeléctrico. Una propuesta didáctica con base en la discusión de modelos. *Revista de enseñanza de la física*, vol. 18, nº1, págs. 69-80. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4087595>
- Maiztegui, A., Sábato, J. (6ª. Edición). (1966). *Introducción a la Física*. Buenos Aires. Argentina. Editorial Kapeluz.
- Márquez, C. (2005). Aprender ciencias a través del lenguaje. *Revista Educar*, nº33, págs. 27-38. Recuperado de: https://gent.uab.cat/conxitamarquez/sites/gent.uab.cat/conxitamarquez/files/Aprender%20ciencias%20a%20traves%20del%20lenguaje_0.pdf
- Resnick, R., Halliday, D., Krane, K. (4ª. Edición). (1993). *Física Vol. 2*. México D.F. México. Compañía editorial continental.
- Sanmartí N. (2007). *Hablar, leer y escribir para aprender ciencia en: La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*, coordinado por Teodoro Álvarez Angulo, Pilar Fernández Martínez, Madrid: MEC. Recuperado de: https://pdfs.semanticscholar.org/8f7b/0f0be719eccfd422d9ae4b5cbe9439b17063.pdf?_ga=2.198086767.1314437680.1596310041-1928877533.1596310041
- Torre, E. (1993). La conciencia lingüística en el texto científico. *Revista Philologia Hispalensis*, vol. 8, págs. 81-86. Recuperado de: https://institucional.us.es/revistas/philologia/8/art_6.pdf
- Zuffo, L. (2018). *Leer y escribir para aprender Ciencias Naturales en: Leer y escribir en las áreas del conocimiento*, coordinado por Elina Rostán. Montevideo. Camus Ediciones.