

**EL ESTUDIO DEL ESPECTRO DE LAS LÁMPARAS HALÓGENAS COMO
ANALOGÍA QUE PERMITA LA DESCRIPCIÓN DEL ESPECTRO
ELECTROMAGNÉTICO DEL SOL.**

UNA PROPUESTA DE AULA PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

DIEGO FONSECA ENCISO

Código: 2009146019

Asesor:

Juan Carlos Orozco Cruz

LÍNEA DE PROFUNDIZACIÓN:

ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

BOGOTÁ D.C

2017


AGRADECIMIENTOS

En primera medida agradezco a mi madre Celmira Enciso la cual fue un motor de lucha para culminar este proyecto de vida. A mi hermana Andrea por su apoyo incondicional, a mi padre Luis Emilio y mis hermanos Luis y Fabián los cuales me incentivan a seguir con mis metas, a mis amigos con su apoyo, en especial Ricardo.


Al profesor Juan Carlos Orozco por su tiempo y dedicación que me brindo a lo largo del semestre, también extendo mis agradecimientos a los profesores del departamento de física por sus enseñanzas. Y la Universidad Pedagógica Nacional por permitir mi proceso de formación.

A mis amigos y compañeros de la universidad que me acompañaron en este proceso de aprendizaje agradezco sus consejos y la dedicación que me brindaron durante estos largos años, en especial a Mónica Constanza Molano, por el apoyo que me brindo durante momentos muy difíciles de mi vida, además ayudarme con mi trabajo de grado en todo momento gracias de todo corazón.

Este trabajo quiero dedicarlo a la memoria Jorge Alberto Aljure Karam compañero y amigo de la Universidad Pedagógica Nacional, el cual me acompañó gran parte de mi proceso de formación, Don Jorgito con mucho cariño para usted.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Educadores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

1. Información General	
Tipo de documento	Trabajo de grado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	El estudio del espectro de las lámparas Halógenas como una analogía que permita la descripción del espectro electromagnético del sol. Una propuesta de aula para la enseñanza de la física
Autor(es)	Fonseca Enciso, Diego
Director	Orozco Cruz, Juan Carlos
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2017. 48 p.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES HISTÓRICOS, REVISIÓN DE DOCUMENTOS ORIGINALES, ENSEÑANZA DE LA CIENCIA, ANALOGÍAS, ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Profesores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

2. Descripción

En este documento se encuentra una contextualización acerca de una propuesta para dar solución a la problemática en torno a la enseñanza del espectro electromagnético, en dos aspectos fundamentales, el primero la enseñanza de las ciencias por medio de analogías que permitan al estudiante facilitar su comprensión y facilitar su proceso de enseñanza.


El segundo aspecto se refiere a la construcción histórica del espectro electromagnético y el surgimiento del análisis por medio de los espectros que son emitidos, pasando por los trabajos de Gustav Kirchhoff, Robert Bunsen y James Clerk Maxwell, que sobresalieron durante el siglo XIX en la formalización del espectro electromagnético. La recontextualización aparece como una herramienta para el diseño y construcción de metodologías para la enseñanza de las ciencias.

Para concluir, se realiza una propuesta de aula encaminada a la construcción de una analogía para explicar el espectro electromagnético por medio de las lámparas halógenas, las cuales permiten realizar un acercamiento al estudiante sobre el fenómeno estudiado a partir del análisis del funcionamiento de un dispositivo que le resulta familiar.

3. Fuentes

Documentos sobre estudios históricos

- Ayala, M. M. (2004). Historia de las ciencias y formación de profesores: un análisis contextual. *Física y cultura*, 94-104.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Educadores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes históricos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. *Física y cultura*, 19-37.
- José Granés, I. M. (1997). del contexto de la producción de conocimientos al contexto de la enseñanza. *revista colombiana de educacion* , 34.

Documentos sobre estudios las analogías


- Díaz, J. A. (2004). El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de Maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 188-205.
- Glynn, S. M. (1994). *Teaching Science with Analogies*. Washington, DC.: National Reading Research Center, Athens, GA.; National Reading Research Center, College Park, MD.
- Gracia, J. J. (2011). *Representaciones y analogías para expresar y comprender las ciencias experimentales*. Medellín : grupo UNIPLURIVERSIDAD Facultad de educación Universidad de Antioquia .
- Jonāne, L. (2015). Analogies in Science Education. *Pedagogika* , 116–125.

Documentos sobre originales

- Kirchhoff, G. (1863). Solar Spectrum, spectra of the chemical elements. *Cambridge: Macmillan*, 1-24.
- R. Bunsen and G. Kirchhoff. (2008). *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen*. *Biblioteca universitaria Heidelberg*, 161–189.
- Maxwell, J. C. (1881). *An Elementary Treatise on Electricity*. Oxford: Oxford.
- Maxwell, J. C. (1990). Letter to Michael Faraday (19 Oct 1861).


Otros Documentos

- Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptual*. México: PEARSON EDUCACIÓN. Ayala, M. M.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Educadores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

(2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. *Proposiciones*, v. 17, n. 1 (49).

- Azar, G. (30 de Septiembre de 2017). *Diseño Curricular. Nueva Escuela Secundaria de la Ciudad de Buenos Aires*. Obtenido de Diseño Curricular. Nueva Escuela Secundaria de la Ciudad de Buenos Aires: http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/nes-co-cs-naturales_w_0.pdf
- Bastian, P. (2001). *Electronica*. Madrid- España : Akal S.A.
- Brubano, S., Brubano, E., & Garcia, C. (2008). *Física General*. Madrid, España : Tébar S.L.
- Corral, M. A. (2003). *La Morada Cosmica Del Hombre* . Mexico: Fonde de Cultura Económica.
- Diana Cruz Garritz, J. .. (1986). *Estrutura Atomica, un enfoque quimico* . Mexico: Fondo Educativo Interamericano .
- Díaz, J. A. (2004). El papel de las analogías en la creatividad de los científicos: la teoría del campo electromagnético de maxwell como caso paradigmático de la historia de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 188-205.
- Glynn, S. M. (1994). *Teaching Science with Analogies*. Washington, DC.: National Reading Research Center, Athens, GA.; National Reading Research Center, College Park, MD.
- Gracia, J. J. (2011). *Representaciones y analogias para expresar y comprender las ciencias experimentales* . Medellín : grupo UNIPLURIVERSUDAD Facultad de educacion Universidad de Antioquia .
- Granés, J. (2005). *Isaac Newton. Obra y contexto una introducción*. Bogotá D.C: Univercidad Nacional.
- Guillén, J. S. (2009). *L. E. Boltzmann: el científico que se adelantó a su tiempo*. México D.F.: Prensa universitaria de zaragoza .
- Hewitt, P. G. (2007). *Fisica conceptual* . Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Revista de Pedagogía</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

- IZQUIERDO, M. (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 62-85 .
- Jonāne, L. (2015). Analogies in Science Education. *Pedagogika* , 116–125.
- José Granés, L. M. (1997). DEL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS AL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA. *Revista Colombiana de Educacion* , 34.
- Kirchhoff, G. (1863). Solar Spectrum, spectra of the chemical elements. *Cambridge: Macmillan*, 1-24.
- Maxwell, J. C. (1881). *An Elementary Treatise on Electricity*. Oxford: Oxford.
- Maxwell, J. C. (1990). Letter to Michael Faraday (19 Oct 1861).
- Medina, J. D. (2015). Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell. *Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell*. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional .
- MEN. (25 de Agosto de 2017). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de Estándares Básicos de Competencias en Ciencias: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Mostacero, E. F. (22 de 11 de 2017). *ministerio de educacion de peru*. Obtenido de ministerio de educacion de peru: <http://www.minedu.gob.pe/normatividad/reglamentos/DCBasicoSecundaria2004.pdf>
- Newton, I. (1666). *Óptica y colores de la luz*. (E. Días Del Castillo, Trad.) Madrid, España: Maestros de la Ciencia.
- Newton, I. (1671). *A new theory of light and colours*.
- Pérez, J. B., Antón, J. L., & Cabrerizo, D. M. (2008). *Física y Química*. Mexico: Editex.
- Press, C. U. (1998). *Destiny or chance, our Solar System and its place in the cosmos*. New

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación al servicio de la sociedad</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	


York : The Press Syndicate Of The University Of Cambridge.

- R.Bunsen and G.Kirchhoff. (2008). *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. Biliteca universitaria Heidelberg*, 161–189.
- Ronald, C. (1979). *Hazañas científicas de nuestro tiempo* . Mexico: Conacyt.
- Schurmann, P. (1946). *Historia de la física*. Buenos Aires : Nova .
- Smit, A. G. (1970). *Radio exploracion del sol* . MEXICO: REVERTE MEXICANA S.A.
- Snyder, E. (1973). *Historia de las ciencias físicas*. Barcelona : Labor .
- Tipler, P. A. (2003). *Física moderna*. España: Reverte S.A.

4. Contenidos

Este trabajo consta de 3 capítulos. El primero está relacionado con al problema de la enseñanza de las ciencias, en particular con cómo se aborda el estudio alrededor del espectro electromagnético. Se establece la contextualización de la problemática a nivel nacional y se relacionan, a manera de antecedentes, distintos trabajos adelantados en los ámbitos institucional, nacional e internacional; además de eso se incluye el objetivo general en el que se basa el problema y los objetivos específicos como pasos guías para concluir el trabajo.

El segundo capítulo consta de la revisión histórica acerca del espectro electromagnético tomando autores del siglo XIX y el impacto que tuvieron en las ciencias para la formalización de explicaciones que daban cuenta del mismo. También, de forma breve, se resalta el uso de las analogías implementadas en la física para facilitar su comprensión.

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Revolution in Education</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	


En el tercer capítulo se realiza una investigación acerca de las analogías, sus características, la forma de emplearse en el aula y la importancia que tienen para las ciencias en su comprensión, presentación y divulgación. Se destaca la utilización de las analogías físicas por Maxwell y la importancia que tuvo esto para el desarrollo de su teoría. Se encuentra una recontextualización del saber de los trabajos de Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen, en la cual se deja ver el trasfondo de la investigación realizada para llegar al análisis espectral. Para finalizar, se elabora una analogía para describir el espectro electromagnético por medio de las lámparas halógenas.

5. Metodología

Para la investigación y elaboración de este trabajo de grado se revisaron, en primera instancia, los textos originales de Kirchhoff y Bunsen para reconstruir los hechos históricos más sobresalientes de los siglos XIX en el estudio del espectro electromagnético, permitiendo tener reflexiones y construcciones de saberes para la conceptualización y explicación del fenómeno a tratar. Esto conlleva a realizar una investigación para efectuar los procesos de enseñanza-aprendizaje por medio de las analogías en la física, como actor principal James Clerk Maxwell en sus trabajos. Lo anterior proporciona criterios para el diseño de una ruta metodológica que da como resultado una propuesta de aula para la enseñanza de las ciencias.

6. Conclusiones

Para concluir este trabajo, se presentan a modo de reflexión final algunos objetivos que se lograron alcanzar a lo largo de la investigación, teniendo en cuenta los procesos de enseñanza-aprendizaje y por medio de los estudios históricos, que a su vez ayudan a promover la enseñanza de las ciencias.


 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Educadores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

Al realizar la revisión y análisis de los textos de física se resalta la utilización de algunos conceptos para la enseñanza del tópico que compete al espectro electromagnético y en parte el análisis espectral. También cabe destacar que algunos libros de texto para bachillerato no tienen en cuenta estos tópicos y es más probable encontrarlos en libros universitarios como lo es Hewitt. Hay otros factores que influyen en una presentación de esta temática y esto se debe a la presentación de los estándares de educación los cuales no manifiestan a profundidad estos temas. No se consideran de importancia para la enseñanza de las ciencias, siendo comparado con los lineamientos de otros países se puede ver la importancia que se le da a las ciencias y las tecnologías a diferencia de Colombia.

El proceso de re-contextualización de saberes (Ayala, 2006), ayudó en gran medida a resaltar la importancia de la construcción histórica y los procesos que se llevaron a cabo más específicamente en la histórica del espectro electromagnético basándose en tres autores: Gustav Kirchhoff, Robert Bunsen y James Clerk Maxwell. Para Kirchhoff y Bunsen fueron fundamentales tres factores que condujeron a la interpretación del espectro y al establecimiento de los principios de la espectroscopia. Primero los trabajos de sus antecesores en los cuales se destacan: a Newton como precursor del espectro, a Fraunhofer por las investigaciones de las líneas del espectro solar y a Herschel por su aporte al infrarrojo. Segundo el aporte a las técnicas de análisis que realizaron al construir el mechero de Bunsen y el espectroscopio tiempo después. Tercero el análisis que le brindó Kirchhoff al comparar los trabajos previos y deducir el análisis espectral, lo cual ayudaría a la búsqueda de nuevos elementos químicos, esto se vio reflejado como un aporte significativo y muy importante para el avance de las ciencias en general (Snyder, 1973).

Por otro parte, James Clark Maxwell brinda dos miradas que resultan importantes para formalizar el trabajo y darle una orientación adecuada. La primera sobre la radiación electromagnética, la cual está formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía, que se manifiestan de distintas maneras como la radiación infrarroja ya descubierta por William Herschel, la luz visible, los rayos X, entre otras. La segunda, sobre el uso y la importancia que le da Maxwell a las analogías para el proceso de enseñanza- aprendizaje y el papel que tienen para el científico, ya que en ellas se encuentra una forma de llevar conocimiento de la forma más sencilla sin dejar atrás lo esencial.

El trabajo realizado permite construir una analogía teniendo en cuenta su importancia para el proceso de enseñanza del espectro electromagnético. Con base en algunos aspectos de este

 UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL <small>Formación de Educadores</small>	FORMATO	
	RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE	
Código: FOR020GIB	Versión: 01	
Fecha de Aprobación: 10-10-2012	Página 1 de 9	

tópico y en parte a su contexto histórico el cual juega un rol importante para incentivar a los estudiantes y dar cuenta de los procesos de investigación que llevaron a cabo los científicos del siglo XIX, se elaboran interpretaciones valiosas para el análisis del espectro y la utilización de las analogías como recurso didáctico y como un tipo especial de comparación que se define por su propósito y por el tipo de información que se relaciona. De esta podemos reflexionar sobre la importancia que se debe dar a las analogías como modelo de aprendizaje para las ciencias y el papel fundamental que juega a la hora de la divulgación de conocimientos científicos.

Elaborado por:	Fonseca Enciso, Diego
Revisado por:	Orozco Cruz, Juan Carlos

Fecha de elaboración del Resumen:	5	12	2017
--	---	----	------

Tabla de Contenidos

CAPÍTULO 1	1
1.1 Introducción	1
1.2 Contextualización	3
1.3.1 General	9
1.3.2 Específicos	10
1.4 Antecedentes	10
1.4.1 Antecedentes disciplinares	10
1.4.1 Antecedentes pedagógicos	11
CAPÍTULO 2	12
Contexto histórico y revisión de libros de texto	12
2.1 Historia del espectro.	12
2.1.1 Primeros análisis del espectro	12
2.1.2 Análisis espectral	15
2.1.3 Espectro Electromagnético.....	17
2.1.4 Contextualización del trabajo de G. Kirchhoff y R. Bunsen.....	18
2.1.5 Reflexiones históricas acerca del espectro electromagnético	21
2.2. Revisión de textos	23
2.3. Lámparas halógenas.....	28
2.3.1 Cómo funcionan las lámparas halógenas	30
CAPÍTULO 3	32
Construcción de la analogía y diseño de la experiencia	32
3.1 Analogía modelo y recurso	32
3.2 Que es una analogía	33
3.3 Las analogías y la física	36

3.3.1 Analogías físicas de Maxwell	37
3.4 Estructura de la analogía.....	39
3.5 Construcción de una analogía para el espectro electromagnético	40
3.6 A modo de reflexión	44
BIBLIOGRAFÍA	46
ANEXOS	49
ANÁLISIS QUÍMICO POR OBSERVACIONES ESPECTRALES G. Kirchhoff y R. Bunsen	49
EN EL ESPECTRO SOLAR Y EL ESPECTRO DE LA ELEMENTOS QUÍMICOS. G. KIKCHHOFF	64

Tabla de Ilustraciones

Figura 1: Cuadro comparativo desde de los tres aspectos que resultan importantes para la formación y la educación científica, habilidades, tópico y CTS	7
Figura 2: Descomposición de un rayo Solar	12
Figura 3: Espectro emitido por el Sol	13
Figura 4: Espectro obtenido de diferentes sustancias, se precia la línea D Fraunhofer	15
Figura 5: esquema del aparato generador de ondas electromagnéticas construidos por Hertz	18
Figura 6: Espectro continuo, espectro de emisión y espectro de absorción	26
Figura 7: Estructura de una lámpara halógena	30
Figura 8: Tomado de Glynn (1994)	33
Figura 9: Tomado de Glynn (1994)	34
Figura 10: Tomado de Glynn (1994)	35
Figura 11: Representación pictórica de la bombilla halógena Vs Sol	42

CAPÍTULO 1

1.1 Introducción

La educación se ha transformando a lo largo de los siglos de muchas maneras, tanto cultural como políticamente, en sus contenidos temáticos y la forma de transmitir el conocimiento científico. En Colombia la educación ha pasado por un proceso de cambio tanto en la política educativa como en la formulación de los currículos, pero este proceso no ha llegado a ser completo, puesto que no se tienen en cuenta herramientas pedagógicas alternativas para la enseñanza de la física. En esta transformación de la educación han surgido diversas problemáticas en la enseñanza de las ciencias, más específicamente en la apropiación de los contenidos relacionados con la física. Fernanda Ostermann y Marco Antonio Moreira plantean la importancia y la necesidad de la enseñanza de la Física moderna en la educación secundaria *“Los estudiantes no tienen contacto con el excitante mundo de la física actual, pues la física que ven no pasa de 1900. Dicha situación es inaceptable en un siglo en el cual ideas revolucionarias han cambiado totalmente la ciencia”* (Moreira & Ostermann, 2000)

El espectro electromagnético es una temática de la física moderna de la cual no ha habido una adecuada enseñanza, por esto surge la necesidad de fomentar herramientas que permitan una ilustración de la misma como lo son las analogías. Estas desarrollan el pensamiento innato del ser humano, pues pensamos de forma comparativa y las analogías permiten asociar conceptos que pueden resultar complejos en relación con una idea que sea más familiar a nuestro entorno. (Jonãne, 2015) Dice *“Las analogías y los modelos analógicos han desempeñado siempre un papel importante en la explicación científica y en el descubrimiento a partir del siglo XVIII y ayudan a los científicos a comprender, presentar y comunicar sobre los fenómenos y la estructura de un mundo natural”*¹ p (117). Las analogías facilitan la comprensión y presentación de las temáticas, de igual forma ayudan a comunicar pensamientos científicos que en muchas ocasiones son complejos para el público no especializado.

¹ Cita original: *Analogies and analogical models have always played an important role in scientific explanation,*

Para este trabajo se propuso una analogía que consiste en la comparación del espectro que emite el sol con un objeto familiar para el estudiante como lo son las lámparas halógenas, también llamadas bombillas halógenas; estas guardan características similares en cuanto a su espectro continuo y ambas son fuentes de radiación, estas facilitan la enseñanza del espectro electromagnético.

Históricamente, el espectro electromagnético ha sido abordado por una variedad de mentes científicas, tratando de darle explicación a tal fenómeno. Este trabajo se basará en los siguientes referentes. William Herschel desarrolló un experimento el cual llamó rayos caloríficos; él hizo pasar un rayo de luz solar a través de un prisma de cristal para generar un espectro “arco iris”, este se forma cuando la luz se divide en los colores que la componen. Luego midió la temperatura de cada color. Para ello Herschel utilizó tres termómetros con bulbos ennegrecidos para absorber mejor el calor. Colocó un bulbo en cada color, mientras que otros fueron colocados más allá del espectro. Al medir las temperaturas de la luz violeta, azul, verde, amarilla, naranja y roja, notó que cada color tenía una temperatura mayor y que la temperatura de los colores del espectro aumentaba al ir del violeta al rojo.

Otros de los referentes son Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen. Ellos recogieron los trabajos acerca del espectro de sus colegas, entre otros los referentes al experimento de Herschel. Kirchhoff estaba interesado por los problemas de la óptica, mientras que Bunsen había trabajado anteriormente en los análisis cualitativos de elementos basados en el color de la llama. Un espectro de franjas de distintos colores (R.Bunsen and G.Kirchhoff, 2008).

Bunsen y Kirchhoff aplicaron las técnicas ópticas de Fraunhofer, estas mejoraban considerablemente la resolución espectral al utilizar una rejilla de difracción, en comparación con la que se obtiene del prisma. El principio es conocido como ley de Kirchhoff de la radiación térmica. (Kirchhoff, 1863)

El último referente es el trabajo de James Clark Maxwell, que se toma en dos aspectos relevantes. El primero sobre a radiación electromagnética, la cual está formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos, que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía. Estas ondas electromagnéticas vibran de forma perpendicular a la dirección de propagación. La radiación electromagnética se puede manifestar de distintas maneras como la radiación infrarroja ya descubierta por William Herschel, la luz visible, los

rayos X, entre otras. En el segundo aspecto que se toma a Maxwell es en el uso y la importancia que le da a las analogías (Medina, 2015), él afirmaba que si se relacionan dos problemas físicos que tienen ciertas similitudes, al resolver uno de ellos podemos darle solución al otro porque al hacer uso de las analogías se establecen relaciones entre las similitudes del fenómeno.

Al hacer uso de los referentes anteriores se pretende realizar una recontextualización de saberes históricos, esta no solo es una herramienta que permite seleccionar materiales, sino que también ayuda al diseño y construcción de una metodología para la enseñanza de las ciencias, como lo es tomar las analogías físicas de Maxwell. Como lo señala (Ayala, 2006)

“Se trata más bien de establecer un diálogo con los autores a través de los escritos analizados, con miras a construir una estructuración particular de la clase de fenómenos abordados y una nueva mirada que permita ver viejos problemas con nuevos ojos (proceder característico de la construcción de formas alternativas de representación). Es, pues, un diálogo y una construcción intencionada que intenta, además, establecer nexos con el “conocimiento común”, dada la perspectiva pedagógica que lo anima.” pág. 8

Desde esta perspectiva se pretende establecer una reconstrucción histórica que permita organizar las experiencias acumuladas a lo largo de los años sobre los saberes científicos además de diálogos que posibiliten mirar un punto de vista en particular del fenómeno de estudio. Es a partir de estos estudios que podemos establecer el objetivo del trabajo en la búsqueda de mejorar los procesos de enseñanza en las aulas, para contribuir a que los estudiantes elaboren una descripción del espectro electromagnético.

1.2 Contextualización

En la transformación de la educación que se ha vivido a lo largo de los siglos en Colombia, han visto un cambio de los estándares de educación, llevando reflexiones y concepciones que en su momento fueron pensadas en países como Estados Unidos, Francia e Italia. Cabe resaltar que son fuentes importantes para el desarrollo de currículos adecuados y de esa misma forma enriquecer las discusiones en torno a propuesta de educación más local. A raíz de esto surgen preguntas de limitaciones en las políticas educativas y que muchas veces no atienden las demandas de una educación culturalmente pertinente y que reconozca los avances científicos y tecnológicos, como como lo son ¿Cómo cambiar las políticas educativas? ¿Cómo lograr que nuestros jóvenes

construyan conocimientos razonables en ciencias? En este orden de ideas (Segura, 2000) afirma: *“las experiencias de aula, o las formas de organización escolares que han propuesto maestros muy cercanos a nosotros, pueden incidir tanto en las políticas como en las reflexiones en educación”* en este sentido, los maestros juegan un rol importante como investigadores en educación y en la formación de los estudiantes, pues son ellos los que conocen los procesos cognitivos de sus estudiantes, por lo tanto es necesario tener en cuenta el contexto donde ubican los saberes que se quiere impartir y más importante aún que en ellos mismos se genere una confianza y capacidad para solucionar problemas; de esta forma se logrará realizar un cambio en la política educativa, construyendo conocimientos razonables en las ciencias.

La educación en ciencias puede llegar a ser un motor que puede impulsar la investigación en ciencias y el desarrollo tecnológico de un país, por lo tanto (Moreira & Ostermann, 2000) afirman: *“Es necesario motivar a los jóvenes para la carrera científica. Son ellos los futuros profesores e investigadores en física. La física moderna y contemporánea es la que más puede influenciar a los estudiantes a elegir física como carrera profesional.”* Es aquí donde surgen preguntas de *¿Qué temáticas de física son convenientes enseñar en los colegios? y ¿Qué temáticas son convenientes para una educación con base en el desarrollo científico y tecnológico del país?* Sin embargo, el Ministerio de Educación Nacional (MEN, 2017) presenta unos estándares y desempeños en cuanto al área de ciencias naturales un tanto superficiales y en muchas ocasiones queda corto en comparación con currículos de otros países como lo son Argentina, Perú y México. Cabe resaltar que en el área de la física algunos contenidos importantes no son llevados al aula por ser muy complejos y que, en muchas ocasiones, carecen de sentido para el estudiante. Esto se debe a la falta de herramientas que se utilizan en el aula para la enseñanza de las ciencias. Además, no se tiene en cuenta aspectos relevantes que dieron origen a lo que se denomina física moderna (Moreira & Ostermann, 2000) afirma que: *“La enseñanza de temas actuales de la física puede contribuir para transmitir a los alumnos una visión más correcta de esa ciencia y de la naturaleza del trabajo científico, superando la visión lineal, netamente acumulativa del desarrollo científico que impregna los libros de texto y las clases de física hoy utilizados”*. En ese sentido la enseñanza del espectro electromagnético y su desarrollo histórico, en especial en la secundaria y media, puede contribuir a mejorar las diferentes habilidades del pensamiento científico, las cuales hacen referencia a las habilidades de razonamiento, en la búsqueda de respuestas del mundo natural, basado en evidencias. Así

también promover en los estudiantes una reflexión científica, es decir, que sean capaces de reconocer sus propios procesos de aprendizaje, además de promover las discusiones en torno a las relaciones que existen entre la ciencia y la tecnología.

La construcción de nuevos estándares de educación debe obedecer a un eje en el que estas habilidades deben desarrollarse por medio de actividades que estimulen el razonamiento y la reflexión con el fin de familiarizar a los estudiantes con el trabajo analítico no experimental y la reconstrucción histórica de conceptos, lo que no exige una práctica de laboratorio convencional. (José Granés, 1997)

Al realizar una revisión de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (MEN, 2017), se puede evidenciar la falta de contenidos respecto a la física moderna y más concretamente los espectros electromagnéticos, a pesar de que son de vital importancia en la física de los siglos XIX y XX. Al realizar un cuadro comparativo donde se presentan los estándares de educación en Colombia, el currículo de otros países latinoamericanos como lo es Argentina, Perú y México, se evidencia una diferencia en cuanto a contenido de física se refiere, comenzando con la solución y planteamiento de problemas en relación a las habilidades, que constituyen una parte esencial de los procesos científicos, utilizando como punto de partida la reflexión y el análisis. (Mostacero, 2017) (Azar, 2017).

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre los estándares de educación colombianos, el currículo argentino, peruano y mexicano, donde se analizan tres dimensiones de orden curricular, en primera instancia está la dimensión disciplinar la cual permite organizar una serie de contenidos en función de actitudes, habilidades y estrategias según lo planteado por cada país; la segunda dimensión que se analiza es la pedagógica, en esta se dan cuenta de los procesos cognitivos y de enseñanza-aprendizaje que se implementan para la enseñanza de las ciencias; para finalizar se toma la dimensión de evaluación y contenido (ejes temáticos) en esta se hace énfasis en la física moderna y encaminado al estudio del espectro electromagnético.

Figura 1: Cuadro comparativo de algunas dimensiones para el análisis de la educación científica en Latinoamérica.

Pais Dimensio	Argentina	Colombia	México	Perú
Dimensión disciplinar	<p>En un enfoque de tipo práctico se privilegia la ciencia como herramienta para un mejor vivir, teniendo como base el saber, saber razonar, saber hacer y saber ser, se organiza la propuesta de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales para el desarrollo de las capacidades personales y sociales que la escuela debe promover, a fin de permitir a los jóvenes participar como miembros plenos de una sociedad que, junto con ellos, recupera y mejora la calidad de vida de todos sus miembros.</p>	<p>En la documentación oficial, referida a la evaluación de aula, ésta es concebida como una fuente de información para conocer el estado de avance que presenta cada uno de los alumnos en relación con los aprendizajes esperados y, además, como parte integrante del proceso de aprendizaje y no sólo como un suceso especial y aislado. Para el segundo ciclo se formula que la evaluación, además de indagar por la construcción y comprensión de los temas, debe explorar la adquisición de habilidades propias del quehacer científico.</p>	<p>Las ciencias naturales constituyen un medio para explicar los fenómenos y procesos naturales, indagar la realidad objetiva, sistemática, contrastada y mejorar la observación, el análisis, la comprensión, el pensamiento crítico, la toma de decisiones y la solución de problemas. De ahí que México privilegie el desarrollo de las estructuras conceptuales de las ciencias, la comprensión de los principios que las rigen y su aplicación hacia el cuidado de la salud y la preservación del medio ambiente.</p>	<p>Mediante la indagación y experimentación se desarrolla el pensamiento creativo. En ese sentido existen diversas estrategias, tales como: el método por el descubrimiento, actividades experimentales, proyectos productivos y tecnológicos, los cuales deben realizarse en condiciones ambientales adecuadas que favorezcan en los estudiantes, partiendo de experiencias de su entorno.</p>
Dimensión pedagógica	<p>El currículo en ciencias naturales “busca erradicar un enciclopedismo reñido con las concepciones modernas de los procesos de enseñanza - aprendizaje y terminar con el estado de deterioro y desactualización de los saberes que deberían obtenerse en la escuela”. (Azar, 2017) El abandono de las concepciones antiguas busca un cambio hacia la construcción activa de las capacidades intelectuales para operar con símbolos, ideas, imágenes, representaciones, conceptos y otras abstracciones que constituyen el campo del SABER y del SABER RAZONAR. También se ha tenido en cuenta el SABER HACER.</p>	<p>La pedagogía activa hace énfasis en la actividad como fuente de conocimientos y del aprendizaje y en el vínculo entre educación y sociedad. La actividad, desde el punto de vista educativo, hay que entenderla desde dos perspectivas: la acción como efecto sobre las cosas, es decir como experiencia física, y la acción como colaboración social, como esfuerzo de grupo, es decir como experiencia social.</p>	<p>La enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales tiene como finalidad la formación de una cultura científica básica que incluya conocimientos, habilidades, actitudes y valores. El logro de esta aspiración requiere necesariamente la participación activa de los educandos que les permita desarrollar habilidades para a observación, el registro, la organización y sistematización de la información, la experimentación, la comparación y la interpretación, así como la formación de actitudes de indagación e interés por la ciencia. Una pedagogía esencialmente participativa.</p>	<p>El lineamiento para esta dimensión está en el enfoque activo -constructivista, pues su enfoque es sociocultural, ya que toma como referente fundamental el contexto donde se desarrolla el proceso educativo y puede ser adecuado a las características de cada comunidad, tomando en cuenta la realidad cultural, étnica y lingüística de cada contexto.</p>
Dimensión evaluativa	<p>Se plantean expectativas de logros para cada uno de los bloques al finalizar el ciclo educativo correspondiente. Los logros van fundamentalmente enfocados hacia el conocimiento y la comprensión de conceptos, teorías, propiedades, funcionamiento y relaciones entre sistemas de las ciencias naturales, dando un lugar importante a la construcción de actitudes sobre el entorno.</p>	<p>La evaluación se concibe como un proceso permanente y continuo que, sin prescindir de las pruebas objetivas, recurre a múltiples procedimientos. Es flexible y abierta, busca analizar en forma global los logros, dificultades, limitaciones y causas que inciden en el proceso de formación, constituyéndose en una guía para orientar el aprendizaje.</p>	<p>De acuerdo con el enfoque de la enseñanza de las ciencias naturales, la evaluación comprende tanto los conocimientos como las habilidades y las actitudes. En el primer caso es muy importante tomar en cuenta que los alumnos avanzan de diferentes maneras en la construcción del conocimiento.</p>	<p>La visión que se presenta en los lineamientos de Perú es aquella que indaga sobre las habilidades del estudiante para usar los conocimientos y resolver situaciones nuevas.</p>
Eje tematico de la fisica (Espectro electromagnetico)	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro electromagnético. • Espectro de emisión de los materiales. • Emisión y absorción de radiación por distintos elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Propagación de la luz y el sonido</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Ley de Boyle. Modelo cinético molecular. • Más allá de Newton • Física moderna y realidad • Relatividad especial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectro electromagnético. • Emisión y absorción de radiaciones.

En cuanto a la dimensión disciplinar, se trata de reconocer aquello que es objeto de enseñanza y que proviene de alguna disciplina académica, las ciencias naturales; de manera general, puede decirse que aquí aparecen los contenidos fundamentales inherentes a las disciplinas de estudio, recontextualizados en el ámbito escolar.

Por otro lado, la dimensión pedagógica es aquella que muestra la manera como se organizan los contenidos disciplinares, lo cual supone categorizaciones a través de las cuales caracterizar las concepciones sobre la escuela y sobre las prácticas pedagógicas.

El análisis de la documentación muestra que no hay límites semánticos fuertes entre cada una de estas designaciones sobre lo que es objeto de la evaluación; por ejemplo, en algunos países se denominan habilidades a lo que en otros se enuncian como competencias. Sin embargo, puede plantearse una clara división entre la evaluación que indaga por contenidos, entendidos como definiciones aisladas, y la evaluación que se interesa por identificar desempeños, habilidades, competencias o logros en los estudiantes.

Por otro lado, se puede evidenciar los contenidos curriculares (ejes temáticos) que presentan algunos países latinoamericanos, donde entre sus contenidos innovadores se incluye la enseñanza de la física moderna y su importancia para el desarrollo científico y tecnológico en estos países.

La construcción de discusiones en torno a las nuevas tendencias educativas nos incentiva a pensar en formas de enseñar el espectro electromagnético como un avance en los estándares de educación y una propuesta para la enseñanza de la física, todo esto bajo la implementación de las analogías como estructura que permitan estimular el razonamiento analógico.

Este razonamiento analógico se entiende como un proceso de relaciones entre diferentes elementos, conceptos, hechos o situaciones. Las analogías han desempeñado siempre un papel importante en la explicación científica. Ayudan a comprender, presentar y comunicar sobre los fenómenos, además de la estructura de un mundo natural (Jonāne, 2015). El papel de las analogías en la ciencia es de vital importancia para el aprendizaje, por lo tanto el docente juega un papel importante en la implementación de dicha estructura, esta resulta útil para el proceso enseñanza-aprendizaje. La problemática que se presenta en este trabajo de grado va encaminada en la presentación de una propuesta para la enseñanza de la física, que permita el abordaje

adecuado de la temática acerca del espectro electromagnético por medio del uso de las lámparas de halogenuros como análogo.

Otra dificultad que se presenta en las instituciones educativas y que en muchos casos no permite que las temáticas propuestas para el año se cumplan, es la organización interna de las diferentes actividades y la limitación en los diferentes elementos que conforman el laboratorio de Física. En el caso de la física moderna que debería ser abordada en grado once como lo evidencia varios libros de texto no se abordan algunas temáticas.

Por otro lado la parte histórica es ignorada por completo, no se tienen en cuenta la importancia del desarrollo histórico de la ciencia para enseñanza, el desarrollo de la física moderna y su importancia para el desarrollo tecnológico de hoy en día, además de dejar de lado el aspecto social-cultural y limitándose a la enseñanza de ecuaciones, principios y teorías, que se rigen por un método establecido que no va más allá de un paso a paso el cual no logra despertar el interés en los estudiantes.

Teniendo en cuenta aspectos de los estándares de educación nacional de Colombia, la tendencia en educación latinoamericana y la implementación de una estructura de razonamiento analógico, nace la pregunta problema; **¿Qué orientaciones para la enseñanza de contenidos de física moderna en la educación media se pueden derivar del uso de la estructura de razonamiento analógico en la descripción del espectro electromagnético?** En particular, **¿cómo estas orientaciones ayudan a familiarizar a los estudiantes de educación media con la descripción del espectro electromagnético a partir de una analogía del sol con lámparas halógenas?**

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Establecer algunas orientaciones para la enseñanza que permitan familiarizar a los estudiantes de educación media con la descripción del espectro electromagnético a partir de una analogía con lámparas halógenas.

1.3.2 Específicos

- Realizar una reconstrucción histórica acerca del espectro electromagnético
- Establecer la importancia del espectro electromagnético por medio de la analogía como una herramienta para enseñanza.
- Elaborar una analogía que permita relacionar el sol con las lámparas halógenas, por medio de su espectro electromagnético.
- Proponer una serie de reflexiones que orienten la enseñanza de contenidos de física moderna con base en el uso de las analogías.

1.4 Antecedentes

A continuación, se hace una breve descripción de los antecedentes disciplinares y pedagógicos más influyentes para la realización del trabajo de grado, teniendo en cuenta datos históricos para el desarrollo del espectro electromagnético y las analogías, los cuales son abordados por algunos autores y resaltan su importancia para el desarrollo de las ciencias en el siglo XIX, a continuación se presentan:

1.4.1 Antecedentes disciplinares

Entre las investigaciones consultadas en primera instancia está **César Cely** (2006) en su trabajo *“Interpretación de la mecánica ondulatoria a partir de analogías físicas”*, el cual plantea un problema de fondo acerca de la interpretación de la mecánica ondulatoria, y como las analogías permiten simplificar conceptos que pueden resultar complejos a la hora de su enseñanza, esto sin dejar atrás las matemáticas como una herramienta de importancia. Lo cual nos permite analizar la analogía física que fue planteada en su trabajo y los modelos analógicos que se utilizaron en el desarrollo del problema abordado.

En segunda instancia esta **Jean Peña** (2007) con el trabajo titulado *“Una organización conceptual desde las líneas espectrales hasta la estructura de la materia”*, se parte desde la definición de la radiación que emiten los cuerpos al ser excitados y la concepción del espectro como una manifestación de la estructura de la materia, esta interpretación es abordada desde la importancia de la espectroscopía como una herramienta de análisis. Este tema engloba algunos precedentes históricos siguiendo una línea argumentativa que justifica las observaciones con la

teoría planteada acerca del espectro. También se resalta la importancia que se le da a la interpretación de conjuntos de líneas espectrales en el desarrollo del modelo atómico.

En tercera instancia está **Alejandra Martínez** (2012) con el trabajo titulado “Los experimentos de Herschel, la construcción histórica, cultural y experimental del fenómeno de la radiación infrarroja, la revisión histórica de los trabajos de Herschel y su aporte en el espectro luminoso.”, realizando una construcción histórica de los trabajos de Herschel y su importancia en el descubrimiento de la radiación infrarroja, además su aporte para la ciencia del siglo XIX. Se pueden destacar los aspectos del experimento de Herschel al medir la temperatura de cada línea de color que es arrojada a pasar un rayo de luz por el prisma, Al medir las temperaturas de la luz violeta, azul, verde, amarilla, naranja y roja, notó que cada color tenía una temperatura mayor y que la temperatura de los colores del espectro aumentaba al ir del violeta al rojo. Después de realizar ese experimento, Herschel decidió medir la temperatura en una zona ubicada un poco más allá de la luz roja del espectro, al parecer desprovista de luz. Este descubrimiento permitió un aporte importante para el espectro ya que incentivo la búsqueda de nuevo conocimiento al respecto.

1.4.1 Antecedentes pedagógicos

Ostermann, Fernanda y Moreira, Marco Antonio (2000). Con el artículo titulado “Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores” este artículo aporta aspectos relevantes del por qué es importante y necesaria la enseñanza de la física moderna, la cual permite tener una mirada más amplia y que puede incentivar a los estudiantes a su estudio, además de presentar una propuesta de la enseñanza de la física moderna en algunos tópicos que se puede recontextualizar para las aulas colombianas.

Julián Martínez. (2015). Con su trabajo “Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell”. De carácter fundamental y esencial para el estudio de la analogías físicas que Maxwell plantea a lo largo de su trabajo sobre la electricidad y el magnetismo, retomando partes históricas y fundamentales para la reconstrucción de conceptos y la importancia de la divulgación de las ciencias por medio de lenguajes más simples, como lo son las analogías, las cuales permiten establecer relaciones entre diferentes elementos, conceptos o fenómenos.

CAPÍTULO 2

Contexto histórico y revisión de libros de texto

2.1 Historia del espectro.

Uno de los fenómenos más estudiados por los científicos del Siglo XVII fue la naturaleza de la luz, su descomposición y sus fuentes luminosas. Una de las fuentes primarias observadas en el día es el Sol mientras que en la noche la luz artificial por medio de velas, que actuaban como una fuente secundaria de luminosidad. Isaac Newton (Newton, 1666), en 1666 dio a conocer uno de sus experimentos clásicos en óptica, en el cual demostró que la luz blanca proveniente del Sol podía ser descompuesta en los diferentes colores del arco iris cuando se le hacía pasar a través de un prisma de vidrio (Newton, 1666), este fenómeno conocido actualmente como refracción de la luz se observa en la **Figura 2**. Llamó *spectrum* (espectro) a la descomposición de la luz Solar en una banda luminosa formada por la sucesión continua de colores primarios y a la combinación de estos en luz blanca.

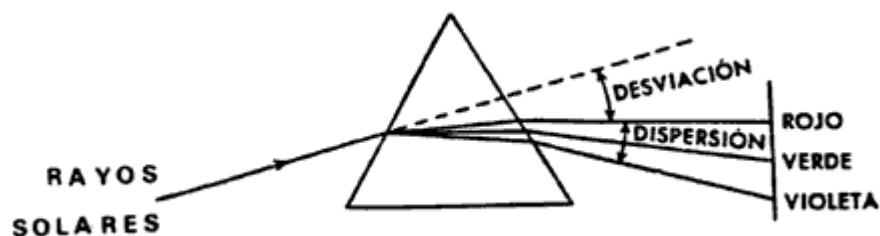


Figura 2: Descomposición de un rayo (Marron, 2017)

2.1.1 Primeros análisis del espectro

Ese fenómeno de la luz fue considerado como una curiosidad científica por casi dos siglos, hasta que Fraunhofer lo retomó en el año de 1814 (Schurmann, 1946), cuando observó al utilizar un espectroscopio (formado por un pequeño telescopio en combinación de un prisma y una rendija metálica cuya finalidad era controlar el paso de la luz del Sol), que el espectro solar mostraba gran número de líneas oscuras distribuidas a lo largo de él, atravesándolo

perpendicularmente como se observa en la **Figura 3**. Esas líneas no eran todas iguales, unas eran gruesas, otras delgadas, y no se encontraban igualmente espaciadas. Aunque Fraunhofer (Schurmann, 1946) no pudo explicar la existencia de esas líneas se dedicó a estudiarlas cuidadosamente, haciendo un mapa detallado de su distribución e indicando las posiciones relativas de más de 700 líneas oscuras. Designó a las nueve más prominentes con letras que iban de la A – K; las del lado rojo del espectro estaban identificadas por las primeras letras de esa serie, mientras que las que ocupaban el lado violeta eran designadas por las últimas letras de la serie.

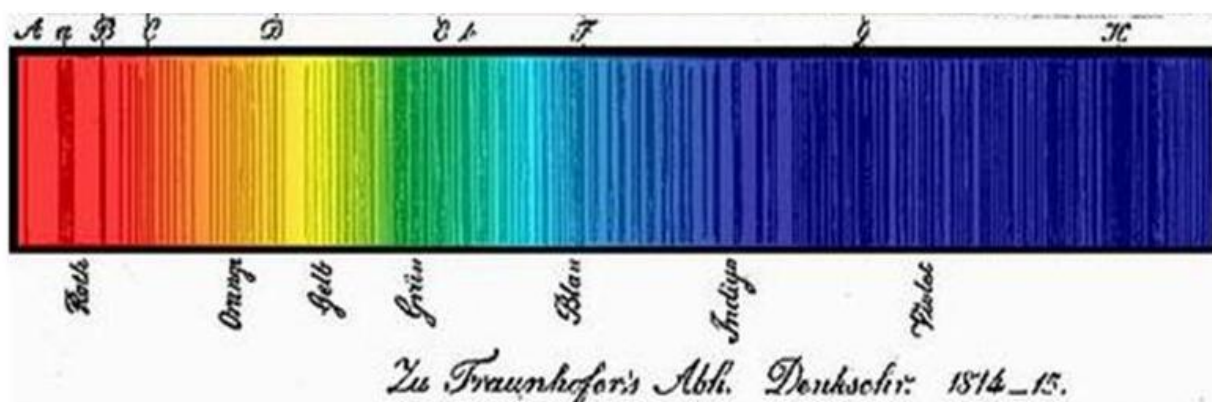


Figura 3: Espectro emitido por el Sol (Marron, 2017)

Después de esos primeros experimentos Fraunhofer (Schurmann, 1946) estudió los espectros de otros astros. Observó el espectro de los Planetas visibles tales como el de: Venus, Marte, Saturno, concluyendo que su espectro era igual al del Sol, lo cual se debía a que estos planetas reflejan la luz solar; lo mismo ocurría con los espectros de otros cuerpos que forman parte del Sistema Planetario. Sin embargo, al estudiar el espectro de Sirio, la estrella más brillante de la bóveda celeste y que hace parte de la constelación del Can Mayor, se dio cuenta de que sus líneas oscuras eran algo diferentes a las que aparecían en el espectro del Sol. Los espectros de otras estrellas también mostraron diferencias.

Otro descubrimiento importante de Fraunhofer fue encontrar que el espectro de algunas fuentes luminosas producidas artificialmente en el laboratorio también mostraba líneas en este caso no oscuras sino brillantes (Corral, 2003) En la mayoría de esos espectros presentaban un par de líneas intensas que además eran muy cercanas entre sí. Su posición correspondía exactamente con una de las líneas oscuras prominentes que con anterioridad había identificado en el espectro solar: la línea D. Fraunhofer tampoco tuvo explicación para este hecho.

Habrían de pasar más de 40 años antes de que se entendieran esos hechos. En ese lapso muchos investigadores analizaron los espectros producidos por las estrellas más brillantes, y encontraron que algunas líneas oscuras presentes en ellos coincidían con ciertas líneas de Fraunhofer (Schurmann, 1946).

Por otra parte, en esas fechas los trabajos desarrollados, sobre todo en los laboratorios químicos, comenzaron a mostrar que los espectros podían ser utilizados para identificar diversas sustancias. William Herschel (Snyder, 1973), astrónomo y precursor del análisis espectral, realizó estudios sobre los espectros producidos por diversas sales cuándo éstas eran evaporadas por el fuego. Se dio cuenta que, al quemar diferentes sales, se producían flamas de diferentes colores, y que en algunos casos era posible identificarlas utilizando el análisis de los colores del espectro que producían. Otros de los estudios que sobresalen de Herschel, consistía en pasar un rayo de sol a través de un prisma, que daba como resultado la refracción de la luz, en esta se observan una variedad de colores como los que vio Newton. Herschel estaba interesado en medir la cantidad de calor asociada a cada color resultante de la refracción. Para ello, utilizó termómetros con bulbos ennegrecidos y midió la temperatura de los diversos colores del espectro. Herschel notó que la temperatura aumentaba a medida que pasaba de los componentes azules del espectro.

Después de realizar ese experimento, Herschel decidió medir la temperatura en una zona ubicada un poco más allá de la luz roja del espectro, al parecer desprovista de luz. Para sorpresa descubrió que esta zona tenía la temperatura más alta que las otras. En esta región, donde no había luz visible, descubrió que la temperatura era aún más alta. Herschel razonó que por debajo de la longitud de onda del rojo existía otro tipo de luz que no podía ver y la denominó rayos caloríficos.

Sir William había descubierto una forma de luz o radiación ubicada más allá de la luz roja. Estos “rayos caloríficos” fueron posteriormente denominados rayos infrarrojos o radiación infrarroja. El experimento de Herschel es importante no sólo porque condujo al descubrimiento de los rayos infrarrojos, sino también porque fue la primera vez que se demostró que había formas de luz imposibles de percibir con nuestros propios ojos. (Snyder, 1973).

2.1.2 Análisis espectral

En 1859 Gustav Kirchhoff y Robert Wilhelm Bunsen, (Guillén, 2009) (Snyder, 1973) profesores de física y química, respectivamente, en la universidad alemana de Heidelberg, realizaron experimentos que permitieron, al primero, descubrir las leyes del análisis espectral, que establecen una relación entre la capacidad que tienen los cuerpos de emitir y absorber energía, esto gracias al mechero de Bunsen lo cual le permitió mejorar las condiciones de observación. Estos investigadores hicieron pasar a través de un prisma la luz que se producía en el laboratorio cuando calentaban con una llama un alambre de platino impregnado con sustancias como azufre, magnesio y sodio. (R.Bunsen and G.Kirchhoff, 2008). Kirchhoff se percató de que cada elemento mostraba líneas brillantes características en su espectro como se observa en la **Figura 4**. El sodio, por ejemplo, indefectiblemente mostraba en la parte amarilla de su espectro la presencia de dos líneas muy intensas y prácticamente una al lado de la otra. Además, notó que esas líneas caían exactamente en el mismo lugar que ocupaba la línea D de Fraunhofer en el espectro solar. *“De todas las reacciones espectrales, la del sodio es la más sensible. La línea amarilla Na, la única que muestra el espectro de sodio, coincide con la línea Fraunhofer D y se caracteriza por su límite particularmente nítido y su brillo extraordinario. Si la temperatura de la llama es muy alta y la cantidad de sustancia aplicada es muy grande, aparecen trazas de un espectro continuo en el entorno más cercano de la línea”*. (pág. 7) (R.Bunsen and G.Kirchhoff, 2008)

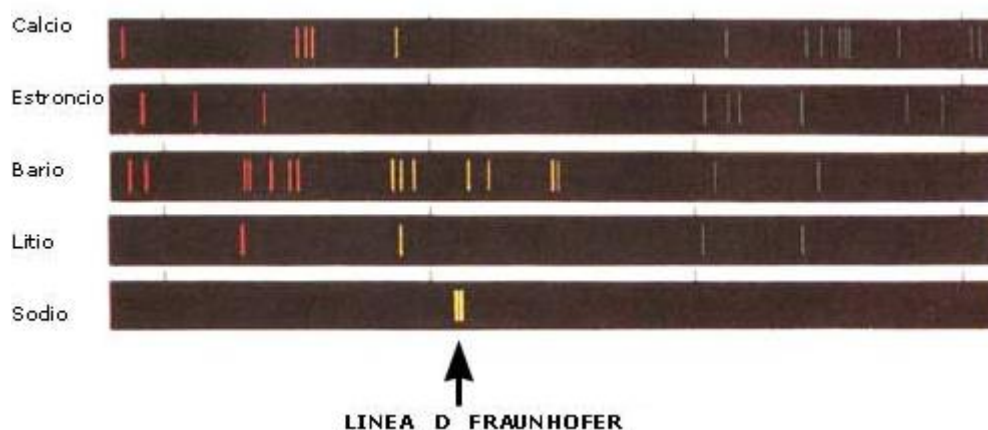


Figura 4: Espectro obtenido de diferentes sustancias, se aprecia la línea D Fraunhofer (Marron, 2017)

Para tratar de explicar este hecho Kirchhoff y Bunsen hicieron pasar luz solar a través de vapores de sodio, y vieron que las dos líneas brillantes desaparecían dejando su lugar una línea

oscura que era precisamente la línea D. Mediante esta experiencia establecieron la correspondencia entre las líneas producidas por el vapor de sodio en el laboratorio y la línea oscura que aparecía en el espectro solar. De este experimento concluyeron que en la atmósfera del Sol había sodio. Poco después Kirchhoff continuó esos experimentos para tratar de identificar otros elementos químicos presentes en el espectro solar. Así, por ejemplo, reemplazó en el laboratorio el sodio por el litio y obtuvo una serie de líneas brillantes diferentes que no pudo hacer corresponder con ninguna de las líneas oscuras ya conocidas del espectro del Sol, de donde infirió que en éste no había litio, o en caso de que lo hubiera, sería muy poco. Siguiendo el mismo procedimiento estableció que el hidrógeno, el magnesio, el calcio, el cobre, el hierro y el cinc estaban presentes en nuestra estrella. Así lo evidencia en su cita (R.Bunsen and G.Kirchhoff, 2008)

“Por un lado, mientras que el análisis espectral, como hemos mostrado anteriormente, proporciona un medio de simplicidad admirable para descubrir las huellas más pequeñas de ciertos elementos en cuerpos terrestres, por otro lado, se abre a la investigación química hasta la fecha áreas cerradas que se extienden más allá de las fronteras de la tierra e incluso de nuestro sistema solar.”(pág. 21)

Kirchhoff, junto a otros investigadores, mostró que la atmósfera del Sol estaba compuesta de gases calientes, cuyos espectros fueron observados previamente en el laboratorio. Así las leyes de Kirchhoff relacionan la naturaleza de la fuente emisora con el tipo de espectro que produce.

1. Un gas caliente, denso y sometido a alta presión, o un objeto sólido produce un espectro continuo, sin líneas espectrales. Este se forma debido a que la fuente emite en todo el rango electromagnético y la intensidad de su emisión varía lentamente con la longitud de onda.
2. Un gas tenue produce luz con líneas espectrales en longitudes de onda discretas que dependen de la composición química del gas.
3. Un objeto sólido a alta temperatura rodeado de un gas tenue a temperaturas inferiores produce luz en un espectro continuo con huecos en longitudes de onda discretas cuyas posiciones dependen de la composición química del gas.²

² Extraído de (R.Bunsen and G.Kirchhoff, 2008)

2.1.3 Espectro Electromagnético

Para comprender mejor el fenómeno del espectro electromagnético que es emitido por el sol se resalta el trabajo que realizó James Clerk Maxwell, en cual expone que ni la electricidad ni el magnetismo existieron nunca aislados, y ofrece una sencilla serie de ecuaciones que vinculan sus diversos fenómenos. También se debe resaltar el uso de las analogías físicas, las cuales ayudaron a dar mejor comprensión de los fenómenos naturales que conciernen a lo eléctrico y magnético, (Maxwell, *An Elementary Treatise on Electricity.*, 1881)

La esencia de la teoría electromagnética que presentaba Maxwell, era que la oscilación de una carga eléctrica produce un campo electromagnético que se extiende a partir de su fuente y hacia afuera a una velocidad constante. Su experiencia experimental arrojó resultados acerca del comportamiento de la luz y podemos evidenciarlo en una carta dirigida a Michel Faraday (Maxwell, *Letter to Michael Faraday* , 1861)

*“Desarrollé las ecuaciones en el campo antes de tener sospecha alguna de la proximidad entre los dos valores de la velocidad de propagación de efectos magnéticos y el de la luz, de forma que creo que tengo motivo para creer que los medios magnético y luminífero son idénticos”*³

Para finalizar Maxwell describe los fenómenos eléctricos y magnéticos dotados de un medio elástico para intentar explicar que se podía transmitir ondas. Y al calcular la velocidad de las ondas transversales a partir del cociente entre las fuerzas eléctricas y magnéticas, a partir de ello encontró el valor próximo de la velocidad de la luz. Podemos evidenciarlo en las últimas líneas de su trabajo *On Physical lines of force*⁴

*“Difícilmente podemos evitar la inferencia de que la Luz consiste de ondulaciones transversales del mismo medio que es la causa de los fenómenos eléctricos y magnéticos.”*⁵

³ This coincidence is not merely numerical. I worked out the formulae in the country, before seeing Webers [sic] number, which is in millimetres, and I think we have now strong reason to believe, whether my theory is a fact or not, that the luminiferous and the electromagnetic medium are one.

⁴ *On Physical Lines of Force* (1862). In W. D. Niven (ed.), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell* (1890), Vol. 1, 500.

⁵ *We can scarcely avoid the inference that light consists in the transverse undulations of the same medium which is the cause of electric and magnetic phenomena.*

Maxwell predijo la existencia de las otras partes que constituyen el espectro electromagnético, que también viajaban a través del espacio a la velocidad de la luz. La aceptación de lo que aún era teoría dependió en gran medida de su descubrimiento. Este tuvo lugar en Karlsruhe, en 1887, gracias a Heinrich Hertz, quien utilizó un circuito eléctrico que primero desarrollaba una carga eléctrica en una esfera metálica y después en la otra esfera metálica. La carga saltaba entre ambas esferas metálicas cada vez que se intensificaba lo suficiente. Según Maxwell, cada oscilación debía poner en marcha una onda electromagnética, que fue detectada por Hertz al idear un circuito cerrado (**Figura 5**) con una abertura. El instrumento funcionó. Las chispas en la primera sección del instrumento correspondían a unas chispas más pequeñas en la segunda sección, y las ondas puestas en marcha por el aparato oscilante creaban una corriente complementaria, aunque más pequeña al receptor. De esta forma se crearon las primeras ondas radioeléctricas o hertzianas hechas por el hombre. Tiempo después se efectuaron un sinnúmero de experimentos que demostraron que dichas ondas eran radiadas a la velocidad de la luz, y que podían reflejarse y refractarse de la misma manera.

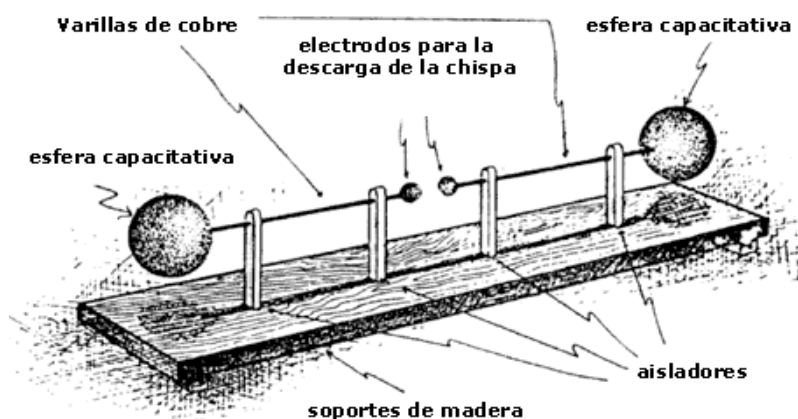


Figura 5: esquema del aparato generador de ondas electromagnéticas construidos por Hertz

2.1.4 Contextualización del trabajo de G. Kirchhoff y R. Bunsen

El análisis del espectro en un sentido más estricto, es decir, el "análisis de los elementos químicos por medio de observaciones espectrales", se debe, a una idea y una sugerencia de Bunsen. Entre las actuaciones más ingeniosas de Bunsen se pueden contar ciertos métodos físicos muy simples de análisis químico cualitativo, es decir la detección y la discriminación de elementos químicos. Una reacción característica de este tipo que él encontró fue la coloración de llamas no luminosas. Cada elemento químico vaporizado o quemado en una llama no luminosa,

por ejemplo, una llama de gas de combustión azul, le imparte una coloración característica definida. En consecuencia, se debería poder reconocer cada sustancia por la luz que emite su vapor incandescente, si nuestros ojos tuvieran el poder de distinguir tantas diferencias de color como sustancias en la naturaleza. Sin embargo, Kirchhoff y Bunsen ayudaron a los ojos descomponiendo la luz de las llamas en sus colores separados por medio de un prisma. Esto da lugar al espectro de la llama. El arcoíris es un espectro natural de la luz, que es producido por la descomposición de la luz solar en un espectro visible, la cual es producida por la refracción, cuando los rayos del sol atraviesan pequeñas gotas de agua contenidas en la atmosfera. Pero el espectro que emiten los cuerpos solidos o líquidos son líneas brillantes Pero este espectro, es decir como los gases incandescentes. El primer espectro consiste en colores conocidos que varían en un camino continuo de uno a otro; el segundo consiste en diferentes líneas brillantes separadas por espacios oscuros, cuyas líneas brillantes no solo tienen colores característicos, sino que se colocan en posiciones particulares y en intervalos definidos. Del mismo modo que reconocemos la constelación por sus configuraciones y diferentes brillos de sus estrellas, distinguimos el espectro de hierro del espectro de cobre por las respectivas distancias y el colorido de sus líneas. Incluso podríamos prescindir de los colores; bastaría con medir por medio de una escala los intervalos entre diferentes líneas para reconocer por medio de las tablas de Kirchhoff y Bunsen el elemento que tenemos ante nosotros. Puede parecer increíble, pero un daltónico podría saber con certeza qué colores emite una llama.

La parte principal del trabajo de Kirchhoff y Bunsen y su principal mérito es la demostración de la validez del método, de saber, cual es la configuración de las líneas depende únicamente de la naturaleza química del vapor incandescente luminoso, no de su temperatura u otros elementos con que se combina y no en la naturaleza de la llama en la que brilla u otras circunstancias. Esto se obtuvo de una prueba experimental cuidadosamente elaborada y, en consecuencia, Bunsen pudo hacer las afirmaciones de que por medio del análisis espectral descubrió un nuevo elemento, porque la sal de un manantial de origen mineral mostraba líneas desconocidas. Hoy en día, el análisis de espectro es el método químico más sensible de descomposición. Y, sin embargo, lo que es aún más sorprendente es el nuevo descubrimiento hecho por Kirchhoff, mediante este método descubierto conjuntamente con Bunsen. Kirchhoff dejó pasar un rayo solar a través de una llama coloreada con sodio y luego a través de un prisma, de modo que el espectro del sol y de la llama coincidían exactamente en el mismo lugar. Era de esperar que la bien conocida línea

amarilla de sodio saliera en el espectro solar; pero fue todo lo contrario lo que tuvo lugar. En el lugar donde la línea brillante debería haberse mostrado, apareció una línea oscura.

Para Kirchhoff, esta reversión de la línea de sodio apareció de inmediato en el más alto grado, y sospechó de inmediato que alguna ley fundamental estaba al acecho allí. El hecho había sido notado por otros (como se demostró después) y por hombres de la más alta fama. Sin embargo, estaba reservado al genio de Kirchhoff detectar y recoger el tesoro de las nuevas verdades que yacían ocultas allí. Ya al día siguiente del experimento, pudo deducir y explicar el fenómeno desde un principio más general que, por extraño que parezca, no pertenecía a la óptica sino a la teoría del calor. A partir de una proposición, muy remota en apariencia, de que el calor pasa solo de un cuerpo de temperatura más alta a uno más bajo y no a la inversa, dedujo, a fuerza de inferencias puramente lógicas, el hecho de la inversión de la línea de sodio. El término medio en el silogismo fue dado por la celebrada ley de Kirchhoff sobre la emisión y absorción de luz y calor por los cuerpos, que dice que todos los cuerpos absorben principalmente esos rayos, esos colores que emiten ellos mismos y que la proporción de la cantidad de luz absorbida y emitida es la misma en todos los cuerpos, por diferentes que sean. Cabe resaltar la diligencia, la capacidad de conclusión, el cuidado y no menos la gran modestia con que Kirchhoff comunica su descubrimiento al mundo: (Kirchhoff, 1863)

“Con motivo de una investigación realizada conjuntamente con Bunsen sobre el espectro de las llamas coloreadas, mediante el cual nos fue posible reconocer la composición cualitativa de agregados complejos mediante la inspección de sus llamas de soplado, realicé algunas observaciones que revelan inesperadamente el origen de las líneas de Fraunhofer, y justifico la inferencia a partir de ellas sobre la constitución material de la atmósfera solar, y quizás de los de las estrellas más brillantes. ” (pág. 4)⁶

Estas palabras muestran que el mismo Kirchhoff hizo la maravillosa aplicación de su ley. Las líneas de Fraunhofer que apunta como es bien sabido a las finas bandas oscuras que surcan el espectro solar, tal como es, incluso sin la ayuda de una llama. La naturaleza de estas líneas fue al principio muy enigmática. El experimento recién descrito de Kirchhoff muestra, sin embargo, que las líneas artificiales de Fraunhofer pueden ser producidas por medio de una llama. Se puede deducir que estas líneas naturales que pueden producirse por cualquier medio artificial, los cuales

⁶ La traducción es hecha por Diego Fonseca y estudiantes de lengua extranjera

son espectros de gas invertidos y que la luz del brillante cuerpo solar ya ha atravesado en algún lugar los gases incandescentes, antes de que llegara a la tierra, lo que indica que los espectros de la atmosfera están invertidos. Sin embargo, podemos ir más allá. Cuando las líneas artificiales coinciden con las líneas de Fraunhofer, como Kirchhoff demostró ser el caso del hierro, el sodio o el níquel, se puede concluir, tomando partido por la investigación conjunta de Kirchhoff y Bunsen, que estos elementos químicos se encuentran en hipotéticos gases incandescentes. El hecho de que el sol consiste en un núcleo líquido y brillante.

2.1.5 Reflexiones históricas acerca del espectro electromagnético

Al contextualizar la idea de espectro electromagnético, la cual se apoyó desde el lado histórico, teniendo en cuenta el aporte de algunos autores respecto a sus interpretaciones y posterior análisis que se le daba al fenómeno. Podemos reconocer tres momentos que son importantes para el desarrollo de la teoría electromagnética, los cuales son; la utilización de un instrumento para conseguir el fenómeno (el prisma), el análisis del espectro emitido por diferentes fuentes lumínicas y posterior teorización por medio de las ecuaciones de Maxwell las cuales predicen otras fuentes de radiación que no son percibidas por el ojo humano. Este momento tiene unas rupturas que son muy marcadas y dejan ver que no existe una continuidad, en el sentido que no seguía un mismo orden de ideas o que una conjetura lleva a la otra. Esta aparente discontinuidad genera que no exista una clara idea de cómo se organizó la idea de espectro electromagnético y la teoría.

A través de los estudios de Newton sobre óptica, los cuales llevaron a hacer pasar un rayo de luz sobre un prisma dando como resultado una banda de colores los cuales llamaría *spectrum*, en relación con el espectro y su nombre que proviene del latín. Partiendo del hecho que el prisma sirve como instrumento para dar cuenta del fenómeno, puesto que sin él no podemos ver una parte del espectro lo que llamamos espectro visible. Con el tiempo surge la necesidad de perfeccionar la forma como se genera el espectro más claro, ya que el que genera el prisma es borroso, para ello se crea una rejilla de difracción la cual permitió observar con más detalle líneas oscuras entre las franjas de colores, estas se clasificaron y dieron un orden de la A la K, esto se realizó para dar una organización a las más de 700 líneas oscuras que encontró Fraunhofer, al quemar sodio (Na) se encontraría con líneas brillantes a lo largo de la banda de colores, sin poder

dar una conclusión del porqué de las líneas oscuras o brillantes. Se puede concluir que fue fundamental la utilización de un instrumento mejorado, lo que fue la rejilla de difracción, pero hizo falta interpretaciones más precisas para entender del todo el fenómeno, a lo que también se le suma que Fraunhofer al observar el espectro proveniente de los planetas tenía el mismo que el del sol, pensando que son iguales los espectro entre ellos, pues no logro explicar que la luz que observa es el reflejo de la luz solar y lo lleva a una interpretación errónea.

Siguiendo con los trabajos que se dejaron años atrás por Fraunhofer, Kirchhoff y Bunsen retoman los estudios del espectro, crearon un nuevo instrumento el mechero que funciona con gas y permite obtener una llama oscura de gran poder calorífico y sin humo. La combinación de la rejilla y este nuevo mechero permitiría una mejor obtención de espectro y un avance para las ciencias físicas como químicas, a este instrumento se le llamaría espectroscopio. Al quemar diferentes sustancias la flama del mechero emitía una luz la cual pasaba por la rejilla dando como resultado un espectro con características diferentes y que solo dependía de la sustancia que se quemaba, esta deducción llevaría a pensar que cada sustancia o elemento tiene su propio patrón de espectro, lo que permitiría descubrir nuevos elementos y la deducción de la las leyes para espectroscopia al analizar el espectro emitido por el sol e interpretar correctamente el significado de las líneas oscuras y brillantes, dando origen a los conceptos de espectro de emisión y absorción, además de deducir como está compuesto el sol. Todos estos análisis dan las primeras señales de cómo puede comportarse la materia al ser expuesta a una fuente calorífica, cabe resaltar que estas dan lugar a interpretaciones más específicas acerca de cómo se comporta la materia en niveles atómicos.

La teoría de Maxwell interpreta cómo se comportan los campos eléctricos y magnéticos y cómo sus ecuaciones dan como resultado la velocidad con la que viaja la luz en el vacío; además, en sus notas deja claro que la luz se comporta como una onda transversal, lo que estaría provisto por un campo eléctrico y magnético. Esta teoría permitió hacer una serie de conclusiones importantes para la física moderna y llegar a una interpretación final del comportamiento de la materia al ser expuesta a una fuente de calor.

Podemos llegar a concluir tres cosas fundamentales para el desarrollo de este fenómeno y que dan como resultado una de las bases para la física moderna. Primero la curiosidad por la naturaleza de la luz, pues fue de vital importancia fijarse en este fenómeno y comprender por la

luz se comporta de esa forma al pasar por un medio como el prisma. Segundo la implementación de mejores técnicas para la obtención del espectro y las constantes mejoras a los instrumentos los cuales permitieron mejores análisis y por lo tanto condujeron a conclusiones más acertadas y, ya para finalizar, la teoría electromagnética la cual permite relacionar la interacción de la radiación electromagnética con la materia, permitiendo complementarla con el análisis de Kirchhoff y Bunsen respecto a las líneas de emisión y absorción de energía; de igual modo también da para pensar como son los saltos de energía en el átomo y nuevos modelos de los átomos para el siglo XX.

2.2. Revisión de textos

En esta parte del capítulo se presenta una revisión de los conceptos que son relevantes en la enseñanza del espectro electromagnético que aparecen en cinco textos de física. A partir de ellos se logra plasmar algunos ejemplos de la forma en que estos contenidos de la física son tratados para efectos de su enseñanza. La descripción se hace a partir de una serie de preguntas que no son ajenas a los estudiantes y cómo los textos de física pretenden resolverlas.

En primera instancia la pregunta es; ¿Qué es el espectro electromagnético? Dando respuesta el texto lo menciona así:

Se denomina espectro visible al conjunto de colores en que se puede descomponer una fuente luminosa al interactuar con un medio dispersor. El espectro electromagnético se caracteriza por contener las longitudes de onda de todas las radiaciones, se extiende desde las bajas frecuencias (extremo de la onda larga) hasta los rayos gamma (extremo de la onda corta), que cubren longitudes de onda de entre miles de kilómetros y fracciones tan pequeñas como las del tamaño de un átomo.

El comportamiento de la radiación electromagnética depende de su longitud de onda. Las frecuencias más altas tienen longitudes de onda más cortas, y las frecuencias inferiores tienen longitudes de onda más largas. (Pérez, Antón, & Cabrerizo, 2008) Cuando la radiación electromagnética interacciona con átomos y moléculas, su comportamiento también depende de la cantidad de energía por cuanto que transporta.

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

Otra pregunta es ¿Cómo se clasifica del espectro electromagnético?

Dando respuesta el texto lo menciona así:

El espectro electromagnético se ha clasificado de acuerdo a las ondas electromagnéticas detectadas de frecuencia baja las cuales son consideradas como ondas de radio de muy baja frecuencia, seguidas de las microondas, más allá están las ondas infrarrojas, que a menudo se llaman “ondas caloríficas”. Todavía más adelante está la luz visible, que forma menos de la millonésima parte del 1% del espectro electromagnético medido. La luz de frecuencia mínima que podemos ver es la roja. Las frecuencias máximas de la luz visible tienen casi el doble de la frecuencia del rojo y son violetas. Las frecuencias todavía mayores son del ultravioleta. Esas ondas de mayor frecuencia son las que causan quemaduras al asolearse. Las frecuencias mayores que el ultravioleta se extienden hasta las regiones de los rayos X y los rayos gamma. No hay límites definidos entre las regiones lo que permite que se traslapen entre sí. El espectro electromagnético se divide en las siguientes regiones (Hewitt, 2007):

- **Espectro visible:** Constituido por la luz blanca que a su vez se encuentra formada por la combinación de ondas que tienen energías semejantes sin que alguna predomine sobre las otras. Está comprendida por su longitud de onda entre 400 nm y 700 nm. Las frecuencias más bajas de la luz visible (longitud de onda larga) se perciben como rojas y las de más alta frecuencia (longitud corta) aparecen violetas.
- **Espectro infrarrojo:** Fue descubierta por el astrónomo William Herschel (1738-1822) en 1.800, al medir una zona más caliente ubicada más allá de la zona roja del espectro visible. La radiación infrarroja se localiza en el espectro 780 nm a 50000 nm. Toda molécula que tenga una temperatura superior al cero absoluto (-273° K) emite rayos infrarrojos y su cantidad está directamente relacionada con la temperatura del objeto.
- **Espectro microondas:** La región de las microondas se encuentra entre 3 nm a 1 nm medidos en su longitud de onda. Heinrich Hertz (1857-1894), en el año de 1.887, consiguió detectar ondas de radio que tenían una longitud del orden de un metro.

- **Rayos X:** En 1895 Wilhelm Röntgen inventó una máquina que producía radiación electromagnética con una longitud de onda menor a 10 nm, al no conocer su naturaleza las bautizó como X.
- **Radiación Ultravioleta:** La luz ultravioleta cubre el intervalo de 4 nm a 400 nm. Este tipo de onda se usa en aplicaciones del campo de la medicina.
- **Rayos Gamma:** La radiación gamma es un tipo de radiación electromagnética producida generalmente por elementos radioactivos o procesos subatómicos como la aniquilación de un par positrón-electrón. Se localizan en la parte del espectro que tiene las longitudes de onda más pequeñas entre 10 nm y 0.01 nm.

¿Qué es el espectro de emisión y absorción?

Al analizar el espectro electromagnético se presentan dos formas: La primera hace referencia a un espectro continuo que se caracteriza porque sus colores aparecen dispuestos uno a continuación de los otros mientras que el segundo hace referencia a los espectros discontinuos que se caracterizan por que sus colores se hallan separados por espacios oscuros. Se pueden obtener dos tipos de espectros: de emisión o de absorción:

- El **espectro de emisión** se encuentra formado por una serie de radiaciones diversamente coloreadas, emitida por lo cuerpo luminosos. Son producidos por los gases, líquidos y sólidos, que debido a sus elevadas temperaturas se encuentran en estado de emisión térmica, o por cualquier otro medio (eléctrico) que posea átomos o moléculas excitadas.
- Los **espectros de absorción** son los que se producen cuando se interpone entre una fuente luminosa y un elemento dispersor, un medio (gas, líquido, sólido transparente) que absorbe determinadas radiaciones o longitudes de onda.

Un espectro continuo puede lograrse haciendo incidir la luz de una lámpara ordinaria sobre cualquier tipo de espectroscopio como se observa en la **Figura 6**.

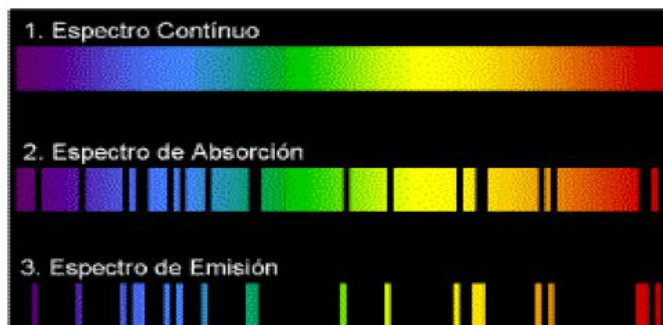


Figura 6: Espectro continuo, espectro de emisión y espectro de absorción

El hecho de que los gases y vapores enrarecidos den lugar a espectros discontinuos de rayas, se explica en virtud de la libertad que tiene los átomos para realizar sus vibraciones libremente (Brubano, Brubano, & Garcia, 2008), a esto se le conoce como espectros atómicos. Si en los gases enrarecidos se aumenta la presión, el camino libre de las moléculas es mucho menor, por tanto, el choque entre las moléculas es más frecuente, dando lugar a vibraciones forzadas, razón por la cual las rayas empiezan a ensancharse dando lugar a la formación de bandas. En realidad, los espectros de banda son espectros moleculares.

En los líquidos, sólidos y gases a gran presión, el espectro continuo se explica en razón de que las vibraciones forzadas que tiene lugar, son de todos los periodos y por lo tanto generarían radiación en todas las frecuencias desde las comprendidas del infrarrojo hasta el ultravioleta, por lo cual se obtendrá un espectro continuo (Hewitt, 2007).

¿Qué es espectro electromagnético del sol?

El sol al ser una fuente luminosa presenta un espectro electromagnético el cual puede ser analizado desde los espectros de absorción y emisión de los diferentes elementos que los conforman, esto debido a los procesos involucrados en la transmisión de la energía desde el núcleo del Sol hasta su superficie. La radiación solar presenta diversos niveles de intensidad; es decir algunas partículas energéticas logran atravesar las diferentes capas del Sol sin colisionar con otras partículas, por lo que al salir a la superficie dan lugar a radiaciones de elevada intensidad mientras que otras partículas sufren una gran cantidad de colisiones y transformaciones, perdiendo de esa manera gran parte de su energía lo que al salir a la superficie es radiación de baja intensidad. Entre ambos extremos (radiación de alta intensidad – radiación de

baja intensidad) se encuentran la emisión de radiación en todas las magnitudes posibles (Hewitt, 2007).

La intensidad de las distintas manifestaciones de la radiación solar se mide mediante dos parámetros básicos, los cuales guardan una relación inversamente proporcional entre sí: la longitud y la frecuencia de onda. Así, las radiaciones más potentes presentan las mayores frecuencias a menores longitudes de onda, mientras que las más débiles se caracterizan por sus bajas frecuencias a mayores longitudes de onda. A partir de esos parámetros se puede clasificar el espectro electromagnético del Sol mediante una banda continua que empieza con los rayos cósmicos, hasta las ondas de radiofrecuencia, los cuales son presentados a continuación:

- **Rayos cósmicos:** Los rayos cósmicos, representan la manifestación de energía más alta conocida hasta ahora, son un tipo de radiación denominada corpuscular, es decir, que en realidad no está conformada por ondas electromagnéticas sino por el flujo de partículas subatómicas (electrones, protones, neutrinos y núcleos atómicos, principalmente) que se desplazan en el espacio a velocidades cercanas a la de la luz. El sol emite rayos cósmicos relativamente débiles, generalmente asociados con fenómenos como las llamaradas solares, mientras que los rayos cósmicos de mayor energía se consideran provenientes del espacio exterior. Aun no existe certeza sobre los elementos o fenómenos estelares que generan estos últimos.
- **Rayos Gama:** Los rayos gama, constituidos por fotones de altísima energía, representan el tipo de radiación propiamente electromagnética más poderosa. Sus longitudes de onda se consideran inferiores a los 10 picómetros (pm). La gran mayoría de los rayos gama provienen del sol y del espacio exterior. Estos rayos son absorbidos por la alta atmósfera antes de que lleguen a la superficie terrestre.
- **Rayos X:** Los rayos X también están conformados por fotones, aunque de menor intensidad. Estos incluyen un rango de radiaciones electromagnéticas con longitudes de 10 picómetros (pm) a 10 nanómetros nm . Los rayos X provenientes del sol y el espacio exterior también son interceptados en su gran mayoría por la alta atmósfera.
- **Radiación ultravioleta:** La radiación ultravioleta (UV) comprende longitudes de onda entre 10 nm y 380 nm. Esta radiación es causante de problemas de piel a una larga exposición de tiempo, también genera e broceado en la piel.

- **Espectro visible:** La radiación solar nos proporciona el espectro visible más limpio y eficiente. Aunque desde hace más de 100 años somos capaces de producir luz de manera artificial (sin contar la luz generada por el fuego).
- **Radiación infrarroja:** En un experimento realizado en 1800 por Herschel en el cual empleó un prisma de vidrio para dispersar la luz del Sol. A continuación, midió la temperatura de cada color de la luz visible y anotó las diferencias. Para su sorpresa encontró que cuando colocaba el termómetro más allá del rojo, en una región donde aparentemente no había luz, el termómetro indicaba una temperatura alta. El infrarrojo es básicamente radiación caliente. La radiación infrarroja carga información acerca de la distribución de la temperatura de los objetos estudiados, en este caso el Sol. Su longitud de onda esta comprendía entre 780 nm a 50000 nm.
- **Microondas:** Las microondas emitidas por el Sol, es una radiación de baja temperatura que llega a la superficie de la Tierra desde el espacio. Arno Penzias y Robert W. Wilson fueron los primeros en detectarla y darla a conocer en 1965.esta también puede generarse de forma artificial. Su longitud de onda esta comprendía entre 3 nm a 1 nm.
- **Ondas de radiofrecuencia:** Aproximadamente el 40% de la energía emitida por el Sol está en la porción visible del espectro y 50% en el infrarrojo; casi todo el resto está en el ultravioleta. La emisión continua de rayos X y de ondas de radio del Sol es sumamente baja y sólo aumenta esporádicamente debido a la ocurrencia de ciertos eventos solares explosivos.

La clasificación electromagnética para el Sol fue tomada del siguiente libro: (Smit, 1970)

Los conceptos que se abordaron anteriormente, son una herramienta bastante útil en el aula de clase y son expuestos para facilitar el entendimiento acerca del espectro electromagnético. Estos conceptos son tomados de libros de física universitarios. (Tipler, 2003)

2.3. Lámparas halógenas

Las lámparas o también hoy en día llamadas bombillas son dispositivos que transforman energía eléctrica en energía lumínica, pero no siempre fue de este modo puesto que la energía eléctrica es una novedad del siglo XX. Antes se iluminaba en la noche por medio de velas, en muchas ocasiones se ponían vidrios alrededor de las velas, los cuales tenían la misión de reflejar

e irisar la luz, dando gran cantidad de matices y la sensación de aumentar la luz total emitida por las velas.

Al quemar un líquido oleoso por medio de mechas, de esta combustión surge una llama, que permitía iluminar mejor, este proceso químico de la combustión pierde importancia siglos después para dar lugar a las bombillas eléctricas, también llamadas lámparas incandescentes, las cuales funciona mediante el calentamiento de un filamento metálico, en concreto de wolframio, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica. Con el paso del tiempo estas lámparas incandescentes se dejaron de producirse por su alto consumo de energía.

Esta lámpara juega un papel importante para construir la analogía que se pretende abordar en este trabajo de grado, ya que en ellas reside una fuente de radiación térmica y un espectro continuo dependiendo de las características de estas. para la construcción de la propuesta de aula y más específicamente las lámparas halógenas las cuales son una variante de la lámpara incandescente, en la que el gas inerte⁷ se sustituye por un gas halógeno⁸ y el vidrio por un compuesto de cuarzo, que soporta mucho mejor el calor (lo que permite lámparas de tamaño mucho menor, para potencias altas) el filamento y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil (Bastian, 2001). Estas lámparas se pueden clasificar según sus características principales y el uso que se le puede dar. Además cada lámpara emite un espectro en específico, dependiendo de sus características el cual puede variar desde una radiación infrarroja, pasando por el espectro visible, hasta el ultravioleta de baja intensidad, como se observa en la **Figura 8**; eso dependerá del gas halógeno que contenga, de su presión interna y de su intensidad de voltaje, a continuación se describirán características de las lámpara halógenas, tomadas de (Bastian, 2001):

- **Lámpara incandescente halógena de Tungsteno:** Las lámparas incandescentes halógenas de tungsteno, tienen un funcionamiento similar al de las lámparas incandescentes normales, con la salvedad de que el halógeno incorporado en la ampolla ayuda a conservar el filamento.
- **Lámpara de sodio de Baja Presión:** Existe una gran similitud entre el trabajo de una lámpara de sodio de baja presión y una lámpara de mercurio de baja presión. Mientras

⁷ Un gas inerte es un gas que no cambia bajo determinadas condiciones

⁸ químico electronegativo capaz de formar sales haloideas al combinarse con un metal: el flúor, el cloro, el bromo, el yodo y el ástato son halógenos.

que, en la última, la luz se produce al convertir la radiación ultravioleta de la descarga del mercurio en radiación visible, la radiación visible de la lámpara de sodio de baja presión se produce por la descarga de sodio. La lámpara producirá una luz de color amarillo.

- **Lámpara de sodio de Alta Presión:** La diferencia de presiones del sodio en el tubo de descarga es la principal y más sustancial variación con respecto a las lámparas anteriores.
- **Lámpara de mercurio de Baja Presión:** Estas lámparas son de descarga de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga.
- **Lámparas de mercurio de Alta presión:** En estas lámparas la descarga se produce en un tubo que contiene una pequeña cantidad de mercurio y un relleno de gas inerte para asistir al encendido. Una parte de la radiación de la descarga ocurre en la región visible del espectro como luz, pero una parte también se emite en la región ultravioleta. Cubriendo la superficie interior de la ampolla exterior, con un polvo fluorescente que convierte esta radiación ultravioleta en radiación visible.
- **Lámpara de Halogenuros Metálicos:** Las lámparas de mercurio halogenuro son de construcción similar a las de mercurio de alta presión. La diferencia principal entre estos dos tipos, es que el tubo de descarga de la primera, contiene una cantidad de haluros metálicos además del mercurio.

2.3.1 Cómo funcionan las lámparas halógenas

El principio de funcionamiento de una lámpara halógena es similar al de una lámpara incandescente común (Bombillas). En los dos tipos de lámpara la incandescencia que produce la luz clara y brillante, se basa en la altísima temperatura de calentamiento que alcanza el filamento.

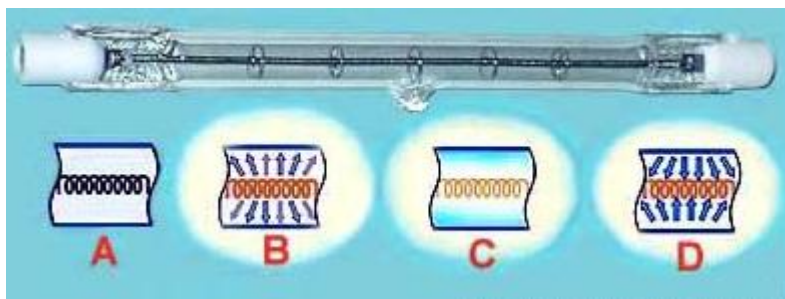


Figura 7: Estructura de una lámpara halógena

Al observar la **Figura 8** se obtiene lo siguiente: **A.** Filamento de tungsteno apagado. **B.** Filamento encendido. La alta temperatura que presenta provoca la vaporación en forma de vapor de tungsteno. **C.** El vapor desprendido, cuando toca la superficie. Interior del cristal de cuarzo, se combina con el gas halógeno que contiene la cápsula o el tubo en su. Interior y se convierte en halogenuro de tungsteno. **D.** El halogenuro formado tiende a fluir en dirección al Filamento, donde la alta temperatura que éste presenta lo convierte de nuevo en metal tungsteno. Como resultado el filamento se reconstruye liberando gas halógeno durante ese proceso, permitiendo que continúe efectuándose el denominado "ciclo del halógeno".

Una lámpara halógena produce un espectro continuo de la luz, de igual forma lo describe la ley de Kirchhoff: Un objeto sólido a alta temperatura rodeado de un gas tenue a temperaturas inferiores produce luz en un espectro continuo con huecos en longitudes de onda discretas cuyas posiciones dependen de la composición química del gas.⁹

En la lámpara de cuarzo, cuando el filamento alcanza la temperatura más alta que puede soportar y comienza el proceso de evaporación, los átomos de tungsteno se gasifican y se expanden buscando la superficie interior de la cápsula de cristal de cuarzo. Al llegar a la superficie del cristal, la temperatura del gas desciende a unos 800 °C (1 472 °F) aproximadamente.

Bajo esas circunstancias los átomos del tungsteno reaccionan espontáneamente con el gas halógeno y se transforma en otro gas conocido como halogenuro de tungsteno. Inmediatamente el nuevo gas que se ha formado tiende a retornar hacia el centro de la lámpara donde se encuentra situado el filamento deteriorado.

Debido a que el halogenuro de tungsteno es un gas inestable, cuando sus moléculas reciben directamente el calor del filamento, se descomponen en forma de tungsteno metálico, que se deposita como tal en el filamento y lo reconstruye. Este proceso permite al filamento reciclarse y aportar mucho más tiempo de vida útil entre 3 mil y 10 mil horas, según el tipo de lámpara halógena (Bastian, 2001) en comparación con las mil horas de explotación que permite una lámpara incandescente común. Todo este proceso llamado "ciclo del halógeno" se mantiene ininterrumpidamente durante todo el tiempo que la lámpara permanece encendida.

⁹ Extraído de (R.Bunsen and G.Kirchhoff, 2008)

CAPÍTULO 3

Construcción de la analogía y diseño de la experiencia

3.1 Analogía modelo y recurso

Los estudiantes suelen encontrar dificultad en la comprensión de los conceptos científicos, esto es debe a que la educación tiene falencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje, asimismo suelen creer que la relación entre el concepto y el fenómeno son naturales e inmutables. Cabe resaltar la importancia del lenguaje científico, este con la intención de que el estudiante comprenda y entienda el origen de las ideas científicas, sus procesos de construcción y su dinámica interna (Díaz, 2004).

Una de las bases del éxito del proceso de enseñanza-aprendizaje en ciencias puede radicar en saber relacionar suficientemente los conceptos y contenidos abstractos con la realidad concreta y cotidiana. En las ciencias cognitivas se sabe que apropiarse de cualquier aspecto de la realidad supone representárselo, es decir, construir un modelo mental de esa realidad (Izquierdo, 1999). El modelo está presente en nuestra vida cotidiana, científica y escolar, y facilita la comprensión y el entendimiento de los mensajes que se reciben desde los diferentes campos. Especial importancia adquieren, en este contexto de la Didáctica de las Ciencias.

Se aprende ciencia cuando ese modelo mental, también denominado estructuras de razonamiento analógico, va transformándose en diferentes habilidades del pensamiento científico, las cuales hacen referencia a las habilidades de formulación de preguntas, observación, descripción, elaboración de hipótesis y argumentación, todo esto enmarcado en la búsqueda de

respuestas al mundo natural, basado en evidencias. Así también promover en los estudiantes una reflexión científica, es decir, que sean capaces de reconocer sus propios procesos de aprendizaje, y a partir de las interacciones sociales. La comunidad científica posee herramientas poderosas para la divulgación de las ciencias, utilizando las analogías, las cuales permiten ayudar a comprender, presentar y comunicar sobre los fenómenos.

Los modelos científicos suelen tener un nivel de abstracción alto debido al, también alto, grado de formalización. Este hecho hace que, muchas veces, el estudiante encuentre dificultad en la comprensión de los conceptos científicos. Aprender ciencias requiere, por tanto, reconstruir en el aula los conceptos científicos (José Granés, 1997). Las analogías pueden posibilitar esta construcción, ya que favorecen la visualización de los conceptos científicos, conceptos que en la mayoría de los casos son complejos. La analogía en el campo educativo obedece, por tanto, a un intento más de modelizar en aras del aprendizaje. Puede considerarse como un recurso didáctico en los procesos de enseñanza-aprendizaje.

3.2 Que es una analogía

Una analogía es una comparación de una idea, una cosa o un proceso con otro que es diferente en cuanto a las características que tiene cada uno. Una analogía es dibujada identificando las semejanzas entre dos conceptos. De esta manera, las ideas pueden ser transferidas de un concepto familiar al individuo a uno desconocido. El concepto familiar se llama el análogo y el desconocido el objetivo. Tanto el análogo como el objetivo tienen características (también llamadas atributos). Si el análogo y el objetivo comparten rasgos similares, se puede establecer por comparación de atributos o características una analogía entre ellos. La representación de una



analogía puede verse en la siguiente la **Figura 10**

Figura 8: Tomado de Glynn (1994)

Podemos encontrar varios ejemplos de analogías, que son utilizadas en libros de texto de física, lo cuales contienen una gran cantidad de ellas que pueden ser utilizadas para la enseñanza, tomaremos uno para explicar el modelo atómico de Bohr. Esta analogía es de forma figurativa y tiene como función la representación pictórica, en ella la librería, que es el concepto familiar, es el análogo y el modelo de Bohr del átomo es el objetivo. Se explica de la siguiente manera bajo el criterio Shawn Glynn en su artículo “*Teaching science with analogies*” Glynn (1994): Según el modelo de Bohr, los electrones en un átomo no giran alrededor del núcleo de una manera aleatoria. En su lugar, los electrones se mueven en caminos. Cada trayectoria está a cierta distancia del núcleo. Al comparar el modelo de Bohr, a una librería, entre cada entrepaño está a cierta distancia del suelo, cada trayectoria está a cierta distancia del núcleo. Además, la distancia entre un camino y el siguiente no es la misma para cada trayecto, en los entrepaños las distancias no son iguales entre sí. Los caminos que los electrones envuelven al núcleo se llaman niveles de energía. Los electrones se encuentran en los niveles de energía, al igual que los libros que se encuentran en los entrepaños. **Figura 9**

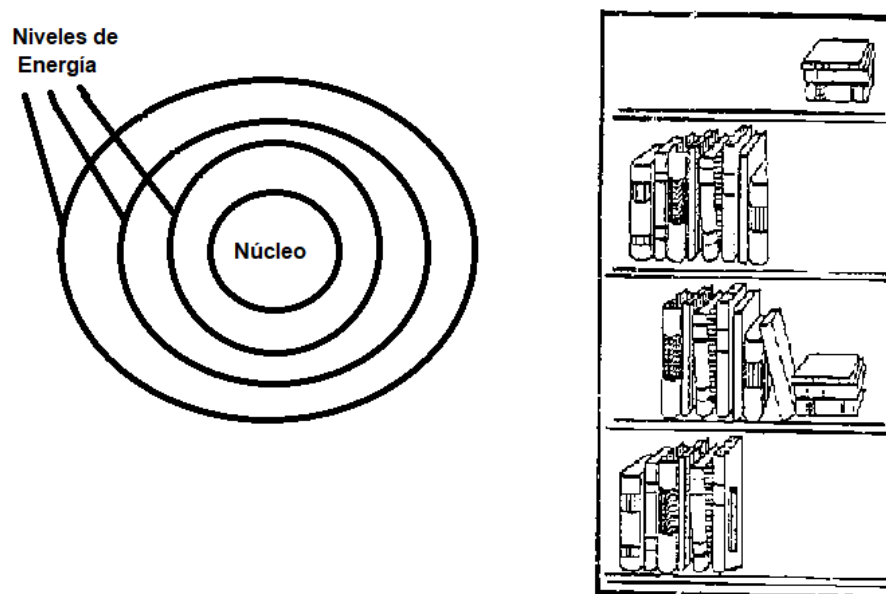


Figura 9: Tomado de Glynn (1994)

Para dar más certeza a la analogía que se va a abordar, podemos realizar un cuadro el cual contiene desde el concepto general está un concepto más simple, pero de igual importancia; esta, su vez, ayuda a organizar las ideas de los estudiantes.

Análogo	Comparado	Objetivo
---------	-----------	----------

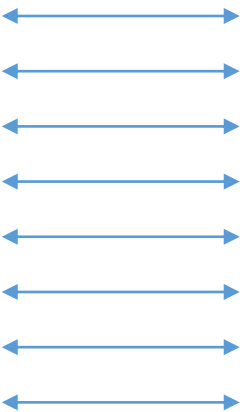
	con	
<ul style="list-style-type: none"> • Librería • Libros • Numero de libros por entrepaños • Entrepaños • Numero de entrepaños • Distancia de entrepaños • Piso 		<ul style="list-style-type: none"> • Modelo atómico de Bohr • Electrones • Numero de electrones por nivel • • Niveles de energía • Numero de niveles de energía • Distancia entre niveles • Núcleo

Figura 10: Tomado de Glynn (1994)

Una analogía puede ser dibujada en esta caso la librería y el átomo porque comparten las características similares las cuales se notan en la **Figura 9**; Mientras que la lista de características del maestro, es a veces suficiente para que una analogía sea dibujada, las asignaciones gráficas o pictóricas adicionales son deseables porque activan el proceso cognitivo de la representación por medio de imágenes mentales, lo que ayuda a los estudiantes a formar mejores representaciones de la analogía. La **Figura 10** muestra la analogía en forma visual.

A modo de conclusión (Glynn, 1994) afirma “*Ninguna analogía coincide con el objetivo perfectamente. Cada analogía se rompe en algún momento y no hay dos análogos que sean iguales. Cada análogo tiene sus características correspondientes y no correspondientes, y algunos serán mejores para algunos propósitos que otros. Por estas razones, los profesores deben tratar de sugerir varios análogos a los estudiantes*” pág. (15). Las analogías que son utilizadas con frecuencia por los maestros deben generar habilidades de pensamientos que les permitan elaborar procesos cognitivos que permitan construir relaciones entre lo que ya conocen y lo que están por conocer. Para manipular las analogías de manera efectiva es importante tener presente qué es exactamente una analogía y como puede ayudar en el aprendizaje.

3.3 Las analogías y la física

Razonar por similitudes es una de las mayores fuentes para el desarrollo de las teorías físicas. Las analogías y los modelos analógicos han desempeñado siempre un papel importante en la explicación científica y en el descubrimiento a partir del siglo XVIII y ayudan a los científicos a comprender, presentar y comunicar sobre los fenómenos y la estructura de un mundo natural. El papel esencial de las analogías en la ciencia puede ser resaltado por varios ejemplos históricos: Boyle imaginó las partículas de gas elásticas como los resortes en espiral móviles, Huygens usó ondas de agua para teorizar que la luz era ondulada, Carnot comparó los motores térmicos con cascadas, la ley de Coulomb es similar con Ley de la gravitación de Newton, Ernest Rutherford produjo un modelo atómico que explicaba los resultados experimentales que lograron mejores que analogías competidoras, como el modelo de "puddín de ciruela". Esta analogía se utiliza a menudo para comunicar un modelo atómico introductorio a los estudiantes. Una pregunta clave para las ciencias sería si los estudiantes pueden emplear estas mismas habilidades analógicas de manera razonable y repetida para comprender un nuevo fenómeno. En la formulación de una teoría de fenómenos eléctricos, James Clerk Maxwell afirmó: *"En lugar de utilizar la analogía del calor, se supone que un fluido cuyas propiedades están totalmente a nuestra disposición, es el vehículo del razonamiento matemático... Las ideas matemáticas obtenidas del fluido se aplican entonces a varias partes de la ciencia eléctrica"* (Jonāne, 2015) pág. (117).

Una analogía en física no es sólo una comparación entre diferentes dominios: es un tipo especial de comparación que se define por su propósito y por el tipo de información que se relaciona. Según (Glynn, 1994) *"una analogía es un mapeo del conocimiento de un dominio (la base) a otro (objetivo), lo que transmite que un sistema de relaciones que contiene entre los objetos de base también se mantiene entre los objetos de destino"* pág. (118). El propósito de la analogía es la estructura la cual relaciona la transferencia de conocimiento de un dominio conocido, o familiar, a un dominio menos conocido. Tanto el análogo como el objetivo tienen rasgos similares. Por lo tanto, la fuerza de una analogía reside en una serie de características del dominio, el análogo, el objetivo y el sistema de información que sirve como puente transmisor.

Una comparación sistemática, verbal o visualmente como se puede evidenciar en las **Figuras 9 y 10**, las cuales presentan unas características tanto del análogo como el del objetivo. A estas características tanto del analógico y el objetivo se denomina cartografía. Utilizar la analogía es

completar un mapeo de una estructura a otra, a esta se llama mapeo de estructura donde $K \rightarrow G$, K es el dominio base o también se le llama análogo y G es el dominio objetivo, podemos plantear el siguiente ejemplo K es el sistema solar y G es modelo atómico de Rutherford, este comparte características en cuanto al que en el centro está el sol y alrededor los planetas, en el modelo atómico de Rutherford pasa lo mismo en el centro está el núcleo y alrededor los electrones, por lo tanto puede ser interesante como estrategia de aula para la implementación de distintos fenómenos.

3.3.1 Analogías físicas de Maxwell

Maxwell, en el siglo XIX, en su trabajo el tratado elemental sobre la electricidad, propone en su primer capítulo titulado descripción del fenómeno, en este hace alusión al uso de las analogías y experimentos Maxwell (1881). Estas ideas del uso de las analogías no tienen que ver con características específicas acerca de la teoría electromagnética, de igual medida tampoco compensa la comprensión absoluta de dicha teoría, más bien ayuda al lector a comprender aspectos relevantes de la estructura en la que Maxwell presenta sus ideas, no las presenta para un público en específico. Trató de dirigirlo a un público más abierto en general, en gran medida a personas que se inician en las ciencias físicas, aquellas que desean adquirir las más simples ideas acerca de esta área del conocimiento. A continuación, se presentan algunas citas donde se refleja la importancia que le daba a las analogías para el estudio de los fenómenos físicos.

Maxwell expone que las analogías deben darse un valor importante a la hora de la construcción de las teorías, esto no es un acto casual y sin sentido, el resalta la importancia para la comprensión, así lo señala Maxwell y lo expone de esta forma Maxwell (1881) (pág. 53)

*“En muchos casos las relaciones en dos problemas físicos diferentes tienen cierta similitud la cual nos permite, cuando hemos resuelto uno de estos problemas, hacer uso de nuestra solución para resolver el otro. La similitud que constituye la analogía no se da entre los fenómenos en sí mismos, sino entre las relaciones de los fenómenos.”*¹⁰

Maxwell no solo usó las analogías, sino que reconoció su gran importancia para el desarrollo de su teoría electromagnética de campo. Su mente ingeniosa dio lugar para utilizar la analogía del calor, se supone que un fluido cuyas propiedades están totalmente a nuestra disposición, Como ya

¹⁰ In many cases the relations of the phenomena in two different physical questions have a certain similarity which enables us, when we have solved one of these questions, to make use of our solution in answering the other. The similarity which constitutes the analogy is not between the phenomena themselves, but between the relations of these phenomena

se señaló, las ideas matemáticas obtenidas del fluido se aplican entonces a varias partes de la ciencia eléctrica, para mostrar similitudes con la electricidad. Maxwell (1881) Pág. (51)

“No deben concluir por una similitud parcial de algunas de las relaciones entre el fenómeno del calor y la electricidad que hay alguna similitud física real entre las causas del fenómeno. La similitud es una similitud entre las relaciones, no una similitud entre las cosas relacionadas.”¹¹

El poder del trabajo de Maxwell descansa sobre su formalización matemática de la teoría, relacionando los hechos experimentales sobre la electricidad y el magnetismo con una mirada de las analogías como recurso para su comprensión y siempre manteniendo el componente figurativo de las analogías. Además, logró incluir las analogías en la propagación de la luz y la radiación en general.

A modo de conclusión Maxwell se resalta la importancia de la educación y formación respecto a la enseñanza de las ciencias, además de hacer una advertencia de la experiencia tanto sensorial como experimental y la parte teórica, pues estas comportan una íntima relación que no se debe ignorar. (Medina, 2015) Así lo pone en manifiesto Maxwell (1881)

“Cuando seamos capaces de emplear en la educación científica no sólo la atención entrenada del estudiante, y su familiaridad con los símbolos, sino también la agudeza de su ojo, la rapidez de su oído, la delicadeza de su tacto, y la destreza de sus dedos, extenderemos nuestra influencia no únicamente a una clase de hombres que no son aficionados a frías abstracciones, y podremos abrir de una vez todas las puertas del conocimiento, asegurándonos así la asociación de doctrinas de la ciencia con estas sensaciones elementales que forman el trasfondo oscuro de todos nuestros pensamientos consientes y que proporcionan vivacidad y ayuda a ideas que, cuando se presentan como meros términos abstractos, son idóneas para desvanecerse totalmente de la memoria.”¹²

¹¹ We must not conclude from the partial similarity of some of the relations of the phenomena of heat and electricity that there is any real physical similarity between the causes of these phenomena. The similarity is a similarity between relations, not a similarity between the things related.

¹² When we shall be able to employ in scientific education, not only the trained attention of the student, and his familiarity with symbols, but the keenness of his eyes, the quickness of his ear, the delicacy of his touch, and the adroitness of his fingers, we shall not only extend our influence over a class of men who are not found of cold abstractions, but, by opening at once all the gateways of knowledge, we shall ensure the association of the doctrines of science with those elementary sensations which form the obscure background of all our conscious thoughts, and which lend a vividness and relief to ideas, which, when presented as mere abstract terms, are apt to fade entirely from the memory

3.4 Estructura de la analogía

Uno de los modelos más usados en la enseñanza de las ciencias es el modelo analógico o las analogías, se considera que los elementos que la constituyen son: el objetivo, la trama y el análogo. El tópico o dominio, trata de los contenidos (conceptuales, procedimentales y/o actitudinales) que se pretenden enseñar, es decir, el conocimiento o conjunto de conocimientos de la materia en estudio. La trama o relaciones también llamado mapeo, es el conjunto de relaciones que se establecen para comparar características o atributos similares de determinadas partes del análogo y con las del tópico. El análogo es el núcleo central de la analogía que representa el mensaje. (Gracia, 2011) Afirman que *“las relaciones entre el tópico y el análogo son importante en el aprendizaje, especialmente en situaciones donde la persona que tiene que comprender la analogía tiene una estructura relativamente diferente para la comprensión del análogo”*. En las analogías cuando no se ha cuidado la identificación correcta de los tributos del análogo, se puede producir relaciones no deseadas, que puede llevar al estudiante a entorpecer el proceso de aprendizaje. Encontrar las relaciones correctas con el pensamiento del emisor, puede llevar a entender el mensaje correcto que se intenta introducir con la analogía. Por ejemplo, al decir "Miguel es como un elefante", nos puede estar indicando o que Miguel es muy obeso o por el contrario que tiene una buena memoria. Y si es esto último lo que pretendíamos, probablemente el alumno desconoce la memoria de los elefantes.

Así pues, una analogía es una propuesta representativa, dotada de una estructura interna coherente, que enlaza algunos conocimientos (conceptos, principios, fórmulas, etc.) en un esquema de relaciones entre características similares de esa representación. El uso de la analogía en la enseñanza-aprendizaje de conocimientos nuevos debe dirigirse a generar estructuras de razonamiento analógico en el que se involucran varios procesos mentales:

- El proceso de recuperar el análogo, es decir, la información relevante en el ámbito del análogo que queremos sea transferido al ámbito del tópico.
- El proceso de descripción de semejanzas entre el análogo y el tópico.
- El proceso de extrapolación al tópico de la información más relevante que contiene el análogo.

3.5 Construcción de una analogía para el espectro electromagnético

Las analogías como se describen en este capítulo puede resultar en gran medida como puente facilitador de aprendizaje, teniendo en cuenta el desarrollo cuidadoso y pertinente, al elaborarla. Por tal motivo se pretende realizar una propuesta de una descripción del espectro electromagnético, empleando las analogías como puente conductor de conocimiento, el cual puede permitir la transferencia de conocimiento de forma más sencilla y de igual modo facilitador del aprendizaje del estudiante.

Para la construcción de la analogía se establece en primera medida que el análogo es la lámpara halógena y el objetivo o tópico que es el sol, Lo que se pretende con esta sección del trabajo es describir y comparar el espectro de las lámparas halógenas y el espectro que emite el sol, utilizando el siguiente planteamiento, 1) Proceso de recuperación de información relevante (análogo); 2) Proceso de descripción de semejanzas entre el análogo y el objetivo (tópico o tema); 3) proceso de inferir del objetivo la información más relevante que contiene el análogo. En este orden de ideas se da inicio a la propuesta.

1) Las primeras fuentes de luz durante la noche fueron las lámparas incandescentes, las cuales brindaban una iluminación baja y mucho calor, en este sentido ese calor era más que radiación térmica. Este se obtenía de dos maneras una por medio de la combustión continua de una sustancia ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas. La segunda es pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las bombillas corrientes. Tanto de una forma como de otra, obtenemos luz y calor (ya sea calentando las moléculas de aire o por radiaciones infrarrojas).

Todas nuestras principales fuentes de iluminación siempre han sido térmicas, por ejemplo el sol, una fogata o tal vez como se dijo en párrafo anterior las lámparas incandescentes, a esta última también se le da el nombre de bombilla. Todo tiene una relación en común o una característica, bien pues se basan en la teoría de la radiación del cuerpo negro, la cual indica que un cuerpo, por el simple hecho de tener temperatura, emite luz.

Ahora al hacer un paréntesis para hablar acerca de la temperatura de color, el cual hace referencia al color de la fuente luminosa. Esta “valor” coincide con la temperatura a la que un

cuerpo negro tiene una apariencia de color similar a la de la fuente considerada. Esto se debe a que sus espectros electromagnéticos respectivos tienen una distribución espectral similar. Por lo tanto, la de las bombillas halógenas es más similares a la del sol, ya que en ellas su temperatura alcanza entre 2000 K y 3000 K, en comparación con la que emite el sol que son alrededor de 5700K

Al definir el espectro electromagnético podemos decir que es un conjunto de radiaciones la cuales son emitidas en diferentes longitudes de ondas y que dependen en gran medida de la fuente que la emite, además de estos muestran una banda de colores continua, lo que se llamaría espectro continuo, también una buena parte de estas radiaciones caerán en la zona visible del espectro y obtendremos luz.

2) A continuación se presentan algunas similitudes entre el análogo y el tópico

1. Una bombilla halógena produce luz y calor (radiación térmica) al igual que el Sol
2. La bombilla halógena toma colores similares a los que tomaría el sol,
3. la bombilla halógena emite una parte de radiación electromagnética desde el infrarrojo profundo (que se alcanza con temperaturas bajas) hasta los colores fríos, llegando en este caso hasta el violeta
4. Ambos presentan un espectro continuo
5. Por medio del espectro de las lámparas halógenas se puede conocer una fuente similar (el sol)



Figura 11: Representación pictórica de la bombilla halógena Vs Sol

3) Para finalizar podemos establecer algunas ideas que darán más claridad a la analogía y ver a profundidad el alcance de la analogía y sus limitaciones en todo caso.

Primero: se establece la bombilla halógena y el Sol, son cuerpos emisores de luz y radiación térmica en todo caso, el sol en mayor medida que la bombilla¹³

Segundo: Se basan en la teoría de la radiación del cuerpo negro, la cual indica que un cuerpo, por el simple hecho de tener radiación térmica, emite luz.

Tercero: La bombilla halógena al tener un filamento de tungsteno y un gas inerte en este caso un halogenuro, el tungsteno evaporado durante el funcionamiento normal de la lámpara a elevadas temperaturas reacciona con los halógenos formando halogenuros de tungsteno en estado gaseoso. Al compararlo con la ley de Kirchhoff del análisis espectral dice que un objeto sólido a alta temperatura rodeado de un gas tenue (halogenuro en este caso) a temperatura inferior produce luz en un espectro continuo y con huecos en longitudes de onda discretas, espectro similares al producido por el Sol.

Por lo tanto, se logra aproximar al estudiante a un vivencia del funcionamiento de una bombilla de halógeno y un acercamiento con el del sol, también cabe resaltar que el análogo logra explicar el espectro continuo más sin embargo no se logra explicar en todo su esplendor todas las radiaciones que no emitidas por el Sol con solo un bombilla.

¹³ Se establece que la bombilla es sinónimo de lámpara

Para finalizar esta sección se realiza un cuadro comparativo donde sugieren algunas actividades que se pueden trabajar con los estudiantes a forma de propuesta, con el ánimo de orientar las diferentes actividades para el desarrollo de la temática de la física moderna, en especial los espectros como base de la física moderna.

A continuación se presenta el cuadro comparativo:

Eje temático	Actividad propuesta
<ul style="list-style-type: none"> ► Espectro Continuo 	<p>Elaboración de un espectroscopio con un CD y una caja con una ranura, la cual permita pasar solo un haz de luz, los maestros ampliarán la experiencia con otras fuentes luminosas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ► Radiación Infrarroja 	<p>Reproducción del experimento de Herschel, en la cual mide la temperatura de cada franja de color, para sorpresa de él la zona más cerca al rojo es la más dotada de calor.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ► Líneas Espectrales 	<p>Elaboración de la rejilla de difracción por medio del programa AutoCAD para demostrar las líneas oscuras en una fuente emisora.</p>
<ul style="list-style-type: none"> ► Kirchhoff – Bunsen el espectroscopio 	<p>La utilización de las leyes Kirchhoff – Bunsen por medio de un espectroscopio elaborado previamente con la rejilla de difracción y un mechero de bunsen.</p>

3.6 A modo de reflexión

Para concluir este trabajo, se presentan a modo de reflexión final algunos objetivos que se lograron alcanzar a lo largo de la investigación, teniendo en cuenta los procesos de enseñanza-aprendizaje y por medio de los estudios históricos, que a su vez ayudan a promover la enseñanza de las ciencias.

Al realizar la investigación y análisis de los textos de física se resalta la utilización de algunos conceptos para la enseñanza del tópico que compete al espectro electromagnético y en parte el análisis espectral, también cabe destacar que en algunos libros de texto para bachillerato no tienen en cuenta estos tópicos y es más probable encontrarlos en libros universitarios como lo es Hewitt. También hay otros factores que influyen en una presentación de esta temática tan simple y esto se debe a presentación de los estándares de educación en los cuales no manifiestan a profundidad estos temas y no se considera de importancia para la enseñanza de las ciencias, siendo comparado con otros lineamientos de otros países se puede ver la importancia que se le da a la ciencias y las tecnologías a diferencia de Colombia.

El proceso de recontextualización de saberes (Ayala, 2006), ayudó en gran medida a resaltar la importancia de la construcción histórica y los procesos que se llevaron a cabo más específicamente en la histórica del espectro electromagnético basándose en tres autores principalmente, estos fueron Gustav Kirchhoff, Robert Bunsen y James Clerk Maxwell. Para Kirchhoff y Bunsen fueron fundamentales tres factores a tener en cuenta que condujeron a la interpretación del espectro y los principios de la espectroscopia, primero los trabajos de sus antecesores en los cuales se destacan a Newton como precursor del espectro, Fraunhofer por las investigación de las líneas del espectro solar y Herschel por su aporte al infrarrojo, entre otros que también aportaron a esta investigación; segundo el aporte que le realizaron al construir el mechero de Bunsen y espectroscopio tiempo después; tercero el análisis que le brindo Kirchhoff al comparar los trabajos previos y deducir el análisis espectral, la cual ayudaría a la búsqueda de nuevos elementos químicos, esto se vio reflejado como un aporte significativo y muy importante para el avance de las ciencias en general (Snyder, 1973).

Por otro parte James Clark Maxwell, brinda dos miradas que resultan importantes para formalizar el trabajo y darle una orientación adecuada. La primera sobre la radiación electromagnética, la cual está formada por la combinación de campos eléctricos y magnéticos,

que se propagan a través del espacio en forma de ondas portadoras de energía, que se manifiestan de distintas maneras como la radiación infrarroja ya descubierta por William Herschel, la luz visible, los rayos X, entre otras. La segunda mirada es como toma Maxwell en el uso y la importancia que le da a las analogías, para el proceso de enseñanza- aprendizaje y el papel que tiene para el científico, ya que en ellos se encuentra una forma de llevar conocimiento de la forma más sencilla sin dejar atrás lo esencia.

Por otra parte, el trabajo realizado permite construir una analogía teniendo en cuenta la importancia de esta para el proceso de enseñanza del espectro electromagnético. Con base en algunos aspectos de este tópico y en parte a su lado histórico el cual juega un rol importante para incentivar a los estudiantes y darse cuenta de los procesos de investigación que llevaron a cabo los científicos del siglo XIX, dando como resultado interpretaciones valiosas para el análisis del espectro y la utilización de las analogías como recurso didáctico y como un tipo especial de comparación que se define por su propósito y por el tipo de información que se relaciona. De esta podemos reflexionar en gran medida y de forma un tanto general, la importancia que se debe dar a las analogías como modelo de aprendizaje para las ciencias y el papel fundamental que juega a la hora de la divulgación de conocimientos científicos.

Cabe resaltar el papel que juega la tecnología que hoy en día para el aprendizaje en el aula, también en gran medida la relación que existe entre la ciencia y la tecnología, pues nos permite obtener diferentes entornos de aprendizaje basados en primera medida en contenidos de la física y con otras disciplinas, por ejemplo la relación de la física y la química por medio de análisis espectral, este juega un papel importante para el desarrollo histórico de las ciencias y el desarrollo teórico en ambos campos, por lo tanto permite un contexto de aprendizaje más amplio y enriquecedor para el estudiantado.

Para finalizar se quiere resaltar la importancia que juega el maestro en el aula y la orientación que le da a los contenidos curriculares para la enseñanza de las ciencias, esto son importantes si se quiere avanzar en gran medida en temas como la enseñanza de la física moderna, en este trabajo se encuentra una metodología la cual permite establecer relaciones entre contenidos y su entorno físico, hoy en día para el aprendizaje del estudiantado juega un rol importante para enseñanza le por medio de analogías, como se evidencia en los trabajos de Maxwell que es una forma de pensar he interpretar fenómenos físicos teniendo en cuenta el razonamiento analógico.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala, M. M. (2006). Los análisis histórico-críticos y la recontextualización de saberes científicos. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1 (49).
- Azar, G. (30 de Septiembre de 2017). *Diseño Curricular. Nueva Escuela Secundaria de la Ciudad de Buenos Aires*. Obtenido de Diseño Curricular. Nueva Escuela Secundaria de la Ciudad de Buenos Aires: http://www.buenosaires.gob.ar/sites/gcaba/files/nes-co-cs-naturales_w_0.pdf
- Aragón, M., M. Bonat, J. Cervera, J. Mateos, J. Oliva. 1997. "Las analogías como estrategia didáctica en la enseñanza de la física y de la química". *Enseñanza de las Ciencias*, número extra, V Congreso.
- Bastian, P. (2001). *Electronica*. Madrid- España : Akal S.A.
- Black, D. y J. Solomon. 1987. "Can Pupils Use Taught Analogies for Electric Current?". *School and Science Review*, vol. 69.
- Black, M. 1966. *Modelos y metáforas*. Madrid, Editorial Tecnos.
- Bloom, J. 1992. "Contextual Flexibility: Learning and Change from Cognitive, Sociocultural, and Physical Context Perspectives". *The History and Philosophy of Science in Science Education*, vol. 1, Kingston, Editorial S. Hills.
- Brown, D. y Clement, J. 1989. "Overcoming Misconceptions Via Analogical Reasoning: Abstract Transfer versus Explanatory Model Construction". *Instructional Science*.
- Brubano, S., Brubano, E., & Garcia, C. (2008). *Física General*. Madrid, España : Tébar S.L.
- Corral, M. A. (2003). *La Morada Cosmica Del Hombre* . Mexico: Fonde de Cultura Económica.
- Chen, Z. 1995. "Analogical Transfer: From Schematic Pictures to Problem Solving". *Memory & Cognition*, vol. 23.
- Clement, J. 1989. "Learning Via Model Construction and Criticism". *Handbook of Creativity*, Nueva York, Editorial Plenum Press.
- Diana Cruz Garritz, J. .. (1986). *Estrutura Atomica, un enfoque quimico* . Mexico: Fondo Educativo Interamericano .

- Díaz, J. A. (2004). EL PAPEL DE LAS ANALOGÍAS EN LA CREATIVIDAD DE LOS CIENTÍFICOS: LA TEORÍA DEL CAMPO ELECTROMAGNÉTICO DE MAXWELL COMO CASO PARADIGMÁTICO DE LA HISTORIA DE LAS CIENCIAS. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 188-205.
- Glynn, S. M. (1994). *Teaching Science with Analogies*. Washington, DC.: National Reading Research Center, Athens, GA.; National Reading Research Center, College Park, MD.
- Gracia, J. J. (2011). *Representaciones y analogías para expresar y comprender las ciencias experimentales*. Medellín : grupo UNIPLURIVERSUDAD Facultad de educación Universidad de Antioquia .
- Granés, J. (2005). *Isaac Newton. Obra y contexto una introducción*. Bogotá D.C: Univercidad Nacional.
- Carey, S. y R. Evans. 1989). "An Experiment is when you try it and see if it Works: A Study of Grade 7 Students' Understanding of the Construction of Scientific Knowledge". *International Journal of Science Education*, vol. 11.
- Guillén, J. S. (2009). *L. E. Boltzmann: el científico que se adelantó a su tiempo*. México D.F.: Prensa universitaria de zaragoza .
- Hewitt, P. G. (2007). *Física conceptul* . Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- IZQUIERDO, M. (1999). Aportación de un modelo cognitivo de ciencia a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 62-85 .
- Jonāne, L. (2015). Analogies in Science Education. *Pedagogika* , 116–125.
- José Granés, L. M. (1997). DEL CONTEXTO DE LA PRODUCCIÓN DE CONOCIMIENTOS AL CONTEXTO DE LA ENSEÑANZA. *Revista Colombiana de Educacion* , 34.
- Kirchhoff, G. (1863). Solar Spectrum, spectra of the chemical elements. *Cambridge: Macmillan*, 1-24.
- Maxwell, J. C. (1881). *An Elementary Treatise on Electricity*. Oxford: Oxford.
- Maxwell, J. C. (1990). Letter to Michael Faraday (19 Oct 1861).

- Medina, J. D. (2015). Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell. *Recontextualización sobre una recontextualización: Una revisión de la enseñanza del electromagnetismo en torno a los trabajos de Maxwell*. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional .
- MEN. (25 de Agosto de 2017). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias*. Recuperado el 25 de Agosto de 2015, de Estándares Básicos de Competencias en Ciencias: http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/articles-81033_archivo_pdf.pdf
- Mostacero, E. F. (22 de 11 de 2017). *ministerio de educacion de peru*. Obtenido de ministerio de educacion de peru: <http://www.minedu.gob.pe/normatividad/reglamentos/DCBasicoSecundaria2004.pdf>
- Newton, I. (1666). *Óptica y colores de la luz*. (E. Días Del Castillo, Trad.) Madrid, España: Maestros de la Ciencia.
- Newton, I. (1671). *A new theory of light and colours*.
- Pérez, J. B., Antón, J. L., & Cabrerizo, D. M. (2008). *Física y Química*. Mexico: Editex.
- Press, C. U. (1998). *Destiny or chance, our Solar System and its place in the cosmos*. New York : The Press Syndicate Of The University Of Cambridge.
- R.Bunsen and G.Kirchhoff. (2008). Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen. *Biliteca universitaria Heidelberg*, 161–189.
- Ronald, C. (1979). *Hazañas científicas de nuestro tiempo* . Mexico: Conacyt.
- Schurmann, P. (1946). *Historia de la física*. Buenos Aires : Nova .
- Smit, A. G. (1970). *Radio exploracion del sol* . MEXICO: REVERTE MEXICANA S.A.
- Snyder, E. (1973). *Historia de las ciencias físicas*. Barcelona : Labor .
- Tipler, P. A. (2003). *Física moderna*. España: Reverte S.A.

ANEXOS

ANÁLISIS QUÍMICO POR OBSERVACIONES ESPECTRALES G. Kirchhoff y R.

Bunsen

Se sabe que algunas sustancias tienen la propiedad, cuando son llevadas a una llama, en cuyo espectro causan la aparición de ciertas líneas brillantes. Uno puede basar estas líneas en un método de análisis cualitativo que expande en gran medida el campo de las reacciones químicas y resuelve problemas previamente inaccesibles. En primer lugar, nos limitamos a desarrollar este método para los metales alcalinos y alcalinotérreos y a explicar su valor en una serie de ejemplos.

Las líneas mencionadas anteriormente son todas más claras, a mayor temperatura y menor luminosidad de la llama. Las lámparas de gas especificado por uno de nosotros proporciona una llama de muy alta temperatura y muy poca luminosidad; por lo tanto, preferiblemente es adecuado para experimentos en las líneas de luz propias de estas sustancias

En la placa V [s. Fig. 2] muestra los espectros que proporciona la llama cuando los compuestos de cloro de potasio, sodio, litio, estroncio, calcio y bario se muestran lo más puros posible. El espectro solar se adjunta para facilitar la orientación.

El compuesto de potasio utilizado para los experimentos se preparó por calcinación de ácido clórico, que se había recristalizado previamente de seis a ocho veces.

El cloruro de sodio estaba compuesto de carbonato de soda puro y ácido clorhídrico, y también se purificó mediante éter mediante recristalización repetida.

La sal de litio se purificó por catorce veces de precipitación con carbonato de amoníaco.

El compuesto de calcio se sintetizó a partir de un mármol posiblemente puro, que se había disuelto en ácido clorhídrico. A partir de la solución de esta solución, mediante precipitación fraccional con carbonato de amoníaco, se precipitó carbonato de cal en dos porciones, de las cuales solo el último precipitado se transformó en nitrato de cal. La sal de calcio resultante se disuelve repetidamente en alcohol absoluto, y finalmente, después de que el alcohol se haya redistribuido y precipitado con carbonato de amoníaco por ácido clorhídrico, se convierte en el compuesto de cloro.

Para mantener el cloro butirina pura, repetidamente extrajimos lo acostumbrado del compuesto. Frotándolo e hirviéndolo con menos alcohol absoluto. El por lo tanto extraído, libre de alcohol, Residuo resuelto en agua se fraccionó en dos porciones encontrado " caídas, sólo el segundo disuelto en ácido clorhídrico y bario cloruro obtenido se purificó adicionalmente por recristalización repetida. Con el fin de ganar el estroncio cloro preferiblemente puro, el compuesto acostumbrado se recristalizó repetidamente a partir de alcohol, se fraccionaron en dos porciones con un carbonato de amoníaco precipitó la segunda precipitación se disuelve en ácido nítrico y la sal nitrato por frotamiento junto y hervir con alcohol liberado de los últimos restos de lima. A partir del producto así purificado, finalmente, mediante precipitación con amoníaco carbónico y disolución del precipitado en ácido clorhídrico, se obtuvo el cloruro de estroncio. Todas estas limpiezas se llevaron a cabo en platino, en la medida de lo posible.

En la figura I tabla VI [s. La Fig. 1] muestra el aparato del que generalmente utilizamos para observar los Espectros.

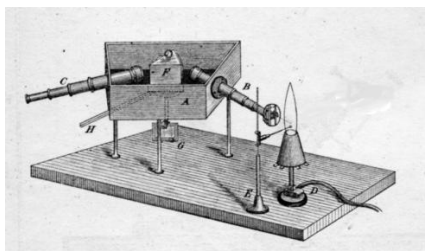


Figura 1:

A es una caja negra interna cuyo fondo tiene la forma de un trapecio y que descansa sobre tres pies; las dos paredes laterales oblicuas, que forman un ángulo de aproximadamente 58° , llevan los dos pequeños telescopios B y C. Las lentes oculares del primero se retiran y reemplazan por una placa en la que se forma un espacio formado por dos bordes de corte de latón ubicado en el punto focal de la lente del objetivo. Delante de la columna, la lámpara D se encuentra de modo que el borde de su llama es golpeado por el eje del tubo B. Un poco más abajo del punto donde el eje se junta con el dobladillo, entra el extremo de un alambre de platino muy fino doblado en una pequeña junta teórica sostenida por el portador E; En este punto se funde una perla del compuesto de cloro examinado y deshidratado. Entre los objetivos de los telescopios B y C se encuentra un prisma hueco F de ángulo de refracción de 60° , lleno de disulfuro de carbono. El prisma descansa sobre una placa de latón, que puede girar alrededor de un eje vertical. Este eje lleva en su extremo inferior el espejo G y encima el brazo H, que sirve como un asa para girar el prisma y el espejo. Un pequeño telescopio se dirige contra el espejo, mostrando al ojo que mira a través de él el reflejo de una escala horizontal configurada a una distancia corta. Al girar el prisma, puede pasar todo el espectro de la llama en el hilo vertical del telescopio C y traer cualquier punto del espectro con este hilo para cubrir. Cada punto del espectro corresponde a una lectura que debe hacerse en la escala. Si el espectro es muy débil, el hilo del telescopio C se ilumina con la ayuda de una lente, que arroja una parte de los rayos que emanan de una lámpara a través de una pequeña abertura, que está montada lateralmente en el tubo excéntrico del telescopio C.

En la tabla V. [s. Hemos comparado los espectros producidos con los compuestos de cloro puro antes mencionados con los obtenidos cuando las llamas de bromuros, yoduros, hidróxidos, sulfúrico y carbonato de los metales correspondientes son llamas traer:

A la llama de azufre, disulfuro de carbono, alcohol hidratado, en la llama no luminosa del gas luminoso, en la llama del gas de monóxido de carbono, en la llama de hidrógeno y la llama de oxígeno-hidrógeno.

En este estudio exhaustivo y que consume mucho tiempo, cuyos detalles creemos aprobar, se ha encontrado que la variedad de los compuestos en los que se han aplicado los metales, la variedad de procesos químicos en las llamas individuales y la tremenda diferencia de temperatura de los últimos no ejerce ninguna influencia sobre la posición de las líneas espectrales correspondientes a los metales individuales.

La importancia de las diferencias de temperatura mencionadas se puede ver en el siguiente análisis.

Se obtiene una estimación de temperatura de una llama con la ayuda de la ecuación

$$t = \sum gw / \sum ps ,$$

En la que t es la temperatura de la llama en cuestión, g es el peso de una de las sustancias que queman oxígeno, w es el calor de combustión de la misma, p es el peso y s es la W específica Significa uno de los productos de combustión.

Si se toma el calor de combustión del azufre a 2240° C, Disulfuro de carbono a 3400 ° C, Hidrógeno hasta 34462, El gas de mina a 13063, el monóxido de carbono 2403 y establece según REGNAULT el calor específico a presión constante:

Para ácido sulfuroso = 0,1553, para el ácido carbónico = 0,2184, nitrógeno = 0.2440, Vapor de agua = 0.4750, De aquí en adelante encontrará la temperatura:

La llama de azufre 1820° C, llama de disulfuro de carbono 2195, llama de llama de gas 2350, llama de dióxido de carbono 3042, llama de hidrógeno en el aire 3259, llama de gas de oxígeno 8061.

Resulta que cuanto mayor es la temperatura del mismo compuesto de metal, más intenso es el espectro en una de estas llamas. De los compuestos del mismo metal, en una llama, ese da la mayor intensidad de luz, que tiene una mayor volatilidad.

Para dar una prueba más de que cada uno de los metales mencionados varias veces siempre da lugar a las mismas líneas brillantes en el espectro, hemos comparado los espectros dibujados con aquellos que mantienen una chispa eléctrica, que entre los electrodos hechos de esos metales existir, salta.

Pequeños trozos de potasio, sodio, litio, estroncio y calcio se unen a hilos de platino finas y parejas, de modo sellados en tubos de vidrio, que fueron separados por un hueco de 1 a 2 mm uno de otro y los hilos penetrado en la pared de vidrio. Cada uno de estos tubos se colocó en frente de la brecha del instrumento espectral: con la ayuda de un aparato de inducción Ruhmkorf'schen dejamos entre dichas piezas metálicas eléctrico chispas saltar y se compara el espectro de la misma con el espectro de una llama de gas, en el que se acomoda el compuesto de cloro del metal correspondiente. La llama estaba detrás del tubo de vidrio. Al colocar el aparato del cuerpo de la fama alternativamente dentro y fuera de la acción, fue fácil convencer, sin medida, con peculiaridad, que en el brillante espectro de la chispa, las líneas brillantes de los espectros de la llama no se imprimieron. Además de estas, había otras líneas brillantes en el espectro de la chispa, algunas de las cuales deben atribuirse a la presencia de metales extraños en los electrodos, y otra al nitrógeno que llenaba los tubos después de que el oxígeno había oxidado parte de los electrodos.

Parece indudable a partir de entonces que las líneas brillantes de los espectros dibujados pueden considerarse una indicación segura de la presencia de los metales en cuestión. Pueden servir como reactivos por medio de los cuales estas sustancias se pueden detectar de forma más nítida, más rápida y en cantidades menores que con cualquier otro solvente analítico.

Los espectros se muestran están relacionados con el caso de que la brecha es tan amplio que sólo el claramente perceptible por las líneas oscuras del espectro solar, que la ampliación del

telescopio de observación es una voluminosas bajas (alrededor de cuatro veces) y la intensidad luminosa. Estas condiciones nos parecen las más ventajosas cuando se trata de realizar un análisis químico mediante observaciones espectrales. La vista de los espectros puede ser muy diferente en otras condiciones. Si se aumenta la pureza del espectro, muchas de las líneas dibujadas como líneas simples se dividen en varias, la línea de sodio λ . En dos; si se aumenta la intensidad de la luz, aparecen nuevas líneas en varios de los espectros dibujados, y las relaciones de brillo de las anteriores se vuelven diferentes. En general, a medida que aumenta el nivel, el brillo de una línea más oscura aumenta más rápido que el de una línea más brillante, pero de una manera que no lo supera. Un claro ejemplo de esto lo proporcionan las dos líneas de litio. Hemos observado solo una excepción a esta regla, concretamente con la línea Ba η , que es imperceptible a baja intensidad de luz, mientras que Ba γ aparece muy claramente, y es mucho más brillante que esto a una intensidad de luz alta. Este hecho nos parece importante y lo someteremos a una investigación más a fondo.

Las propiedades de los espectros individuales, cuyo conocimiento es de importancia práctica, se debatirán ahora con mayor detalle, y se enfatizarán las ventajas que ofrece el método químico analítico basado en ellas.

SODIO.

De todas las reacciones espectrales, la del sodio es la más sensible. La línea amarilla Na α , la única que muestra el espectro de sodio, coincide con la línea D de Fraunhofer y se distingue por su límite particularmente nítido y su brillo extraordinario. Si la temperatura de la llama es muy alta y la cantidad de sustancia aplicada es muy grande, aparecen trazas de un espectro continuo en el entorno más cercano de la línea. Ya en sí mismas las líneas muy débiles de otras sustancias que caen cerca de él aparecen aún más debilitadas y, por lo tanto, no pocas veces se vuelven visibles solo cuando la reacción de sodio comienza a extinguirse.

La reacción es más evidente en los compuestos de oxígeno, cloro, yodo y bromo en las sales de sulfato y carbonato. Pero incluso en las sales silíceas, bóricas, fosfóricas y otras resistentes al fuego, no falta.

Swan ya llamó la atención sobre la pequeña cantidad de solución salina, que claramente puede traer la línea de sodio.

El siguiente experimento muestra que la química no tiene una sola reacción, que incluso podría ser remotamente comparada con este análisis espectral de sodio en sensibilidad. Nos fracasó en un mogli encerado alejado de los sitios de nuestro rincón del aparato de la sala de observación, que tiene aproximadamente 60 metros cúbicos de aire, 3 miligramos de cloro-soda con azúcar de la leche, mientras que la luz apagada se observó antes de la brecha. Después de unos pocos minutos, la llama, que era de color amarillento pálido, dio una línea de sodio fuerte, que desapareció por completo después de 10 minutos. Puede calcularse fácilmente a partir del peso de la sal de sodio ahumada y del aire contenido en la sala, que en una parte en peso de esta última no se puede suspender ni siquiera $1 / 2.000.000$ partes en peso de hidróxido de sodio. Dado que la reacción se puede observar en un tiempo de un segundo con toda la comodidad, pero en este momento, después de la entrada y la composición de los gases de la llama, solo alrededor de 50 CC. o 0.0647 Grm. El aire que contiene menos de $1 / 200,000,000$ de la sal de sodio en la cual la llama resplandece, parece que el ojo puede reconocer aún menos de $1/3000000$

miligramos de la sal de sodio con la mayor claridad. Con tal sensibilidad de la reacción se vuelve comprensible que raramente en el aire atmosférico brillante una reacción distinta de sodio esté ausente. La tierra está cubierta en más de dos tercios de su superficie con una solución salina, que es inoportunamente transformada en polvo de agua por la espuma del océano, que cae demasiado lejos. Las gotas de agua de mar que vienen de esta manera a la atmósfera, se evaporan y dejan salina que contenía motas, mientras que un tamaño cambiante, pero parece que rara vez falta agregación de la atmósfera, y son quizá destinados a pequeños organismos, las sales que eliminan la planta y los animales más grandes del suelo. Esta salinidad del aire, que es fácilmente demostrable por análisis espectral, merece atención en otro aspecto. Si a saber, qué tan bien puede dudar de no más ahora, las influencias catalíticas están mediando la propagación miasmático de enfermedades, como una sustancia antiséptica, tal como cloruro de sodio, incluso en pequeñas cantidades infinitamente improbables sin impacto significativo en tales precedentes en estar en el aire. Será fácil ver a partir de observaciones espectrales prolongadas diarias si los cambios en la intensidad de la línea espectral $\text{Na } \alpha$ producidos por los compuestos de sodio atmosféricos están de alguna manera relacionados con la apariencia y dirección de enfermedades endémicas.

En la sensibilidad inaudita de esta reacción de soda es al mismo tiempo la razón para buscar, que todos los objetos expuestos al aire después de un tiempo de calentamiento en la llama muestren la línea de sodio, y que tenga éxito solo unos pocos compuestos, incluso si son diez o más veces El agua, que entró en contacto solo con el humo de platino, se recristaliza, eliminando la última traza de la línea $\text{Na } \alpha$. Un alambre de platino peludo, que se ha liberado de cada traza de soda por lixiviación, muestra la reacción más claramente una vez que ha estado expuesto al aire durante varias horas. No menos muestra el polvo, que se instala en las habitaciones desde el aire, de modo que z. Por ejemplo, tocar un libro bien elegido es suficiente para producir el destello más feroz de la línea $\text{Na } \alpha$ a varios pasos de distancia

LITIO.

El resplandor brillante de los compuestos de litio da dos líneas bien definidas, un amarillo Li muy parecido y una línea roja y brillante $\text{Li } \alpha$. En términos de seguridad y sensibilidad, esta reacción también supera a todas las conocidas previamente en química analítica. La reacción de sodio, sin embargo, es algo menos sensible, quizás solo porque el ojo es más sensible a los rayos amarillos que al rojo. Por deflagración de 9 miligramos El ácido carbónico de litio, con un gran exceso de lactosa y potasa de cloro en los aproximadamente 60 metros cúbicos de aire de la habitación, ya era claramente visible. El ojo, por lo tanto, puede detectar incluso menos de $9/1000000$ de un miligramo de litio carbonatado con la mayor nitidez, como se muestra en una cuenta similar anterior. 0,05 gm. La misma sal se evaporó de la manera mencionada, el aire de la misma habitación dio la capacidad de producir la línea $\text{Li } \alpha$ durante más de una hora.

Los compuestos de oxígeno, cloro, yodo y bromo son los más adecuados para detectar litio. Pero también el carbonato, el ácido sulfúrico e incluso la sal del ácido fosfórico son casi tan adecuados para este propósito. Los fósiles que contienen litio, como triphyllin, triphan, petalite, lepidolite, solo necesitan mantenerse en la llama para dar fácilmente la línea $\text{Li } \alpha$ en el brillo más intenso. De esta manera, el litio en algunos feldespatos, z. B. en orthoclase de Baveno, detectar de inmediato. La línea entonces solo se muestra por unos momentos, justo después de que la muestra ha sido introducida en la llama. Por lo tanto, la mica de Altenberg y Penig, como libre de

litio en el otro mica mano de Miask, Aschaffenburg, Modum, Bengala, Pennsylvania demostró tener contenido de litio etc. Cuando se produce sólo un extremadamente pequeño contenido de litio en silicatos de origen natural, la misma observación directa escapa. Consideración sucede en tales casos, la mejor de la siguiente manera: digerir y se evapora una pequeña cantidad de aproximadamente sustancia probada con ácido fluorhídrico o fluoruro de amonio, un poco de ácido sulfúrico se evapora a través de los residuos se y tira de la masa seca con alcohol absoluto. La solución alcohólica evaporada a sequedad se extrae de nuevo con alcohol, y el líquido así obtenido se evapora en un plato de vidrio plano. El enfoque, que permanece aquí; se pueden juntar fácilmente usando un cuchillo de radar y llevarlo al alambre de platino en la llama. 1/10 miligramos por lo general lo suficiente para el experimento. Otros compuestos que silicato, en el que uno quiere descubrir el óxido de litio últimas trazas, se transforman en sales de ácido sulfúrico y luego se tratan de la misma solamente por evaporación con ácido sulfúrico o cualquier otra forma.

Mediante este procedimiento, es fácil poner en duda el hecho inesperado de que el litio es una de las sustancias más comúnmente distribuidas en la naturaleza. Lo mismo podría demostrarse con la mayor facilidad, incluso en 40 centímetros cúbicos de agua de mar, que está por debajo de 39o 14' de longitud oeste y 41o 41' de longitud norte. Ancho en el Océano Atlántico fue recogido. Las cenizas de Fucoideen (Kelp), que son conducidas desde la Corriente del Golfo a las costas escocesas, contenían vestigios considerables de ella. Extensas ortoclasas y cuarzos del granito de Odenwald, que hemos examinado, fueron litiónicos. Un agua potable muy pura de un pozo en la ladera occidental granítica del valle de Neckar en Schlierbach cerca de Heidelberg contenía litio, mientras que la fuente de la arenisca colorida, que alimenta el suministro de agua del laboratorio químico local, estaba libre de ella. El agua mineral, en la que difícilmente se puede detectar el litio en 1 litro por el método analítico habitual, a menudo muestra la línea $Li \alpha$, si uno solo trae una gota de ella sobre un alambre de platino en la llama. Todos nosotros examinamos la ceniza de Odenwald de la madera, que crece en el suelo de granito, así como la potasa comercial rusa y otra que contiene Litio. Incluso en las cenizas de tabaco, hojas de vino, las uvas, y Rebholzes y en las cenizas de la cosecha, que se dibujan en el valle del Rin en Waghausel, Deidesheim y Heidelberg en suelo no granítica, Litio sólo falta tan poco como en el Leche de los animales alimentados con esos cultivos

Apenas es necesario señalar que una mezcla de sales volátiles de sodio y litio, además de la reacción del sodio, muestra que el litio tiene una nitidez y nitidez marcadamente reducidas. La línea roja de este último todavía es claramente visible a través de una pequeña perla que se trae a la llama, si esta perla contiene solo 1/1000 de sal de litio, y el ojo para la llama no es más que la luz amarilla del sodio sin ningún rastro de color rojizo percibe. Debido a la mayor humedad de las sales de litio, la reacción de sodio generalmente dura un poco más. Por lo tanto, cuando se trata de la detección de trazas muy pequeñas de litio junto a la soda, la perla de prueba se debe empujar hacia la llama mientras ya se está mirando a través del telescopio. La línea de litio se observa a menudo solo por unos momentos debajo de los primeros productos que maldicen.

Cuando la extracción técnica de los compuestos de litio implica la selección de la materia prima que se utilizará y el hallazgo de un método de presentación adecuado, el análisis espectral mantiene un recurso de valor inestimable. Entonces es suficiente para z. Por ejemplo, para vaporizar solo una gota en la llama de varias licores madres de Sool y para observar a través del telescopio, para convencerse inmediatamente de que en muchas de estas presiones salinas se da

un material litogénico rico y previamente ignorado. En el transcurso de la presentación, se puede seguir directamente cualquier pérdida de litio en los subproductos y precipitados, y así buscar fácilmente métodos de presentación más convenientes que los que se han utilizado hasta ahora.

POTASIO.

Los compuestos de potasio volátiles dan a la llama un espectro continuo muy extenso, que muestra solo dos líneas características; el $K\alpha$ en el extremo rojo que bordea los rayos ultra rojos, que cae exactamente en la línea oscura A de la mancha solar, el otro $K\beta$ ancho en Violeta después del otro extremo del espectro también corresponde a una línea Fraunhofer. Una línea muy débil que coincide con la línea B de Fraunhofer, que todavía es visible pero solo a la llama más intensa, no es muy característica. La línea azul es bastante débil, pero es casi tan buena como la línea roja para la detección de potasio. La posición de las dos líneas, cerca de los dos límites de los rayos perceptibles al ojo, hace que la reacción sea menos sensible. Solo se hizo visible en el aire de nuestra habitación cuando quemamos 1 gramo de potasa clorada mezclada con lactosa. Por lo tanto, puede ser el ojo de esta manera solo alrededor de 1/1000 miligramos. La potasa de ácido clórico aún es visible.

El hidrato de potasio y todos los compuestos de potasio con ácidos volátiles muestran la reacción sin excepción. Por otro lado, el silicato de potasio y las sales similares estables al fuego solo lo producen cuando el contenido de potasa es muy predominante. Si el contenido de potasa es menor, el cordón de prueba solo se puede mezclar con un poco de carbonato de soda para resaltar las líneas características. La presencia de sales de sodio, por lo tanto, no previene la reacción y tiene poco efecto sobre su sensibilidad. Orthoclasa, sanidina y adular se distinguen fácilmente de albita, oligoclasa, labrador y anortita. Con el fin de detectar rastros de potasio cada vez más pequeños, solo es necesario debilitar los silicatos con un gran exceso de flúor-amonio en una tapa de platino y llevar el residuo del alambre de platino a la llama. De esta forma uno encuentra que casi todos los silicatos son de potasio. Las sales de litio simplemente no molestaron la reacción. Entonces es suficiente para z. Por ejemplo, para mantener el tocón de ceniza de un cigarro en la llama frente a la brecha, con el fin de sacar inmediatamente la línea amarilla de sodio y los dos rojos de potasio y litio, que este último metal en los bolsillos de tabaco casi nunca falta.

ESTRONCIO.

Los espectros de las tierras alcalinas son muy inferiores en simplicidad a los de los álcalis. El de estroncio se caracteriza especialmente por la ausencia de franjas verdes. Ocho líneas en él son muy excelentes, seis rojas, una naranja y una azul. La línea naranja $Sr \alpha$, que se encuentra cerca de la línea de sodio hacia Roth, las dos líneas rojas $Sr \beta$, $Sr \gamma$ y finalmente la línea azul $Sr \delta$ son las más importantes en términos de su posición e intensidad. Para probar la sensibilidad de la reacción, calentamos rápidamente un cloruro acuoso de sal de estroncio de salinidad conocida en una copa de platino sobre una llama grande hasta que el agua se había evaporado y la cubierta comenzaba a brillar. La sal decrepitó en partículas microscópicas que se elevaron a la atmósfera en forma de un humo blanco. Un pesaje de la presión de sal en el caparazón mostró que de esta manera 0.077 grm, estroncio de cloro en forma de un polvo fino en el 77000 Grm. el aire prevaleciente de la habitación había pasado. Después de que el aire de la habitación se

confundiera uniformemente mediante un paraguas que se había instalado y movido rápidamente, las líneas características del espectro de estroncio ya estaban muy desarrolladas. Después de estos experimentos, es posible aplicar la cantidad aún detectable de clorostrita a 6/100000 de miligramo.

El compuesto de cloro y los otros compuestos halógenos de estroncio dan la reacción más claramente. El hidrato de estroncianita y la tierra de estroncio carbonatada los muestran mucho más débiles; ácido sulfúrico aún más débil; los compuestos con menos ácidos resistentes al fuego, o nada en absoluto. El cordón de prueba primero se lleva a la llama por sí mismo y luego después de humedecerlo con ácido clorhídrico. Si uno tiene que asumir ácido sulfúrico en la perla, que dejen de ser humedecido con ácido clorhídrico durante unos momentos en la parte de la reducción de la llama con el fin de que otros la sal de sulfato en el compuesto de azufre ácido clorhídrico descomponible. Para la detección de estroncio en compuestos con sílice, ácido fosfórico, ácido bórico u otros ácidos no combustibles El procedimiento es el más adecuado para él siguiente manera: Se utiliza para el desbloqueo de la muestra con carbonato de sodio, en lugar de un crisol de platino, una espiral cónica del alambre de platino. Lo mismo se hace incandescente en la llama y se sumerge en deshidratado, polvo fino, carbonato de sosa, que cuando sea posible todavía contiene tanta agua que la cantidad necesaria de sal permanece ya que cuelga en la inmersión inicial en ella. En esta espiral de la fusión deja mucho más rápido que en un crisol de platino lograr porque para ser masa calentada de platino sólo es ligera y para fundir la sal viene con la llama en contacto inmediato. Si usted tiene el ser digerida, sustancia en polvo bien por medio de una pequeña pala de platino en el líquido brillante sosa registrado y conseguir algunos minutos en brillar por lo que necesita golpes con su punta orientada hacia arriba espiral sólo en el borde de la placa de la lámpara al contenido de los mismos en la forma para obtener una gran bola de enfriamiento en el plato. La bola se cubre con un trozo de papel de escribir y se tritura mediante una cuchilla elástica, que también se utiliza después de retirar el papel para triturar aún más la masa en el polvo más fino. Esto se *zusammengenhaut* al borde de algo *Abwärts* placa inclinada, se vierte cuidadosamente con agua caliente deja que fluya a través de suaves *Herneigen* vaivén de la placa sobre la sustancia *auf*ten dejado atrás y hacia adelante, y finalmente el decantado por encima del líquido sobrenadante del sedimento. Es fácil extraer las sales solubles calentando alternativamente la placa repitiendo esta operación varias veces, sin romper el sedimento y perder cantidades considerables de él. Si se utiliza una solución salina en lugar del agua, la operación es aún más fácil y segura. El residuo contiene el estroncio como el carbonato de sal, del cual algunas décimas de miligramo del alambre de platino, humedecido con un poco de ácido clorhídrico, producen la reacción más intensa. Es posible de esta manera, sin crisol de platino realizar sin mortero sin *Digerirschale* y sin embudo y filtrar todas las operaciones necesarias de desbloqueo, fresado, galopa *Irens* y lavado a cabo en unos pocos minutos.

La reacción del potasio y el sodio no se ve alterada por la presencia de estroncio. La reacción de litio, además de las tres mencionadas, se produce con total claridad, si la cantidad de litio no es demasiado baja en comparación con la del estroncio. La línea de litio $Li\alpha$ aparece entonces como una franja estrecha, intensamente roja, claramente delineada en el fondo rojo débil de la amplia franja de estroncio $Sr\beta$.

CALCIO.

A primera vista, el espectro de calcio se puede distinguir de los cuatro espectros considerados hasta ahora porque contiene en verde una línea extremadamente característica e intensa, Ca β . En segundo lugar, no menos característico que también es la línea naranja muy intenso Ca se puede utilizar α , que es considerablemente más al extremo rojo del espectro fuera de la α línea de Na y la línea naranja de estroncio α Sr, por la quema de una mezcla de cloruro de calcio, clorato de potasio y El azúcar en la leche produce un humo cuya reacción es de aproximadamente la misma sensibilidad que el humo de cloro estroncio producido en las mismas condiciones. A partir de este experimento, se encontró que todavía se pueden detectar fácilmente 6/1000000 miligramos de cloruro de calcio y con total certeza. Solo los compuestos de calcio, que son volátiles en la llama, muestran la reacción, y cuanto más claros son, más claros son. El cloro, el calcio, el yodo calcio y el bromuro de calcio se encuentran en la parte superior de esta lista. La cal sulfurada da el Espectro solo después de que ha comenzado a volverse básico, pero luego muy brillante y duradero. Asimismo, la reacción del carbonato de cal se desarrolla más claramente después de que el ácido carbónico ha escapado.

Los compuestos de calcio con ácidos resistentes al fuego se comportan indiferentemente en la llama; son atacados por el ácido clorhídrico, a continuación, la reacción vamos a obtener de la siguiente manera: Se trae algunos miligramos o incluso sólo unas pocas décimas de miligramo de sustancia finamente pulverizado llamada a la oreja platino plana golpeado ligeramente humedecido en la pequeña parte de la llama hasta que el polvo sin La fusión se malgasta. Si se permite que caiga una gota de ácido clorhídrico en el oído, permanece en su mayor parte en él. Si uno empuja esta gota frente al espacio del aparato espectral hacia la parte más caliente de la llama, se evapora, como consecuencia del fenómeno de Leidenfrost, sin entrar en ebullición. Si uno mira, mientras que las gotas se evapora a través del telescopio, por lo tanto aparece en el momento en que las últimas porciones de líquido que se transforma en vapor, un espectro de calcio formando lustre que sólo parpadea durante un momento en un bajo contenido en cal, con cantidades más sustanciales de cal pero más o menos largo en curso.

Solo en los silicatos atacados por ácido clorhídrico se puede encontrar la cal de esta manera; en no atacable por el ácido clorhídrico, silicatos será logrado La lista mejor como sigue: celebrada Algunos miligramos a prueba de, en la mejor sustancia pulverizada medio gramo zerflossenem fluoruro de amonio se añadió a una tapa de crisol superficial de platino con aproximadamente y la tapa en la llama hasta después de La contaminación de flúor-amonio se ilumina. La solución de sal en la cubierta se humedece con 1 a 2 gotas de ácido sulfúrico, y el exceso se elimina calentándolo de nuevo sobre la llama. Si el ahora que consiste en sulfatos enfoque raspó juntos en la cubierta con una uña o una espátula y aproximadamente un miligramo de que por medio del alambre colocado en la llama, se obtiene cuando es Ka, Na y Li presente, inicialmente, las reacciones características de estos tres Cuerpo al lado o después del otro. Si la cal y el estroncio aún están presentes, sus espectros generalmente aparecen un poco más tarde, después de que el Ka, el Na y el Li hayan sido maldecidos. Cuando el contenido de calcio o estroncio es muy bajo, la reacción de estos metales no tiene lugar; Pero se obtienen inmediatamente dejando caer el alambre tratado con ácido clorhídrico durante unos momentos en la cámara de reducción de la llama y devolviéndola a la llama.

Todas estas muestras, calentadas por sí mismas o con ácido clorhídrico, o tratamiento con flúor-amonio solo, o con ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, dan al mineralogista, y aún más al geoglosario, varias de las marcas más fáciles, y muchas sustancias que ocurren en la naturaleza, y

especialmente Determinar los minerales, que son tan similares entre sí, a partir de los silicatos dobles calcáreos, con la certeza que de otro modo sería poco alcanzable en el caso de los análisis abundantes y lentos en un material abundante en abundancia. Algunos ejemplos lo mostrarán mejor.

1. Una gota de agua de mar maldita en el alambre de platino muestra una fuerte reacción con el sodio, y después de que la sal se ha empapado, una débil reacción de calcio, que en momentos se vuelve muy intensa como resultado de mojar el alambre con ácido clorhídrico. Tratando unos pocos decigramos de residuos de agua de mar de la manera indicada con litio con ácido sulfúrico y alcohol, es fácil obtener la reacción de potasio y litio. La presencia de estroncio en el agua de mar se puede detectar mejor en las esteras de las calderas de los barcos de vapor. Después de la filtración y disolución, la solución filtrada de ácido clorhídrico deja, en la menor cantidad posible de alcohol, un tinte amarillento nublado de cloruro férrico básico, que se deposita después de unos días y puede recogerse en un filtro pequeño y lavarse con alcohol. El filtro quemado en un fino alambre de platino brinda, además de las líneas de calcio, un espectro de estroncio completo e intenso

2. El agua Sool a menudo ya muestra directamente las reacciones de potasio, sodio, litio, calcio y estroncio. Trae z. B. una gota de agua mineral Durkheimer o Kreuznacher en la llama, obtenemos las líneas Na α , Li α , Ca α y Ca β . Si uno usa una gota de su licor madre en lugar del agua soñolienta, se crean las mismas líneas con el brillo más intenso. A medida que el cloruro de soda y el clorito de litio se evaporan, y el calcio del calcio se vuelve más básico, las líneas características del espectro de estroncio se desarrollan gradualmente, y gradualmente se vuelven más y más brillantes en su totalidad. Por lo tanto, con la simple vista de una sola gota, maldita en la llama, se obtiene en unos momentos el análisis completo de una mezcla de cinco sustancias.

3. El tocón de ceniza de un cigarro humedecido con un poco de HCl y mantenido en la llama, da las líneas Na α , Ka α , Li α , Ca α , Ca β .

4. Kaliglas de un tubo de combustión se trató con Na α y Ka α clorhídrico, con flúor y ácido sulfúrico, Ca α , Ca β y trazas de Li α .

5. La ortoclasa de Baveno da por sí misma o con ácido clorhídrico solo Na α junto con trazas de Ka α y Li α , con flúor amónico y ácido sulfúrico las líneas intensivas Na α , Ka α y algunas débiles Li α . Después de que los constituyentes tan probados han sido obstruidos, llevados a la llama con HCl, la muestra proporciona solo un destello apenas distinguible de las líneas Ca α y Ca β . El residuo, que después de estas pruebas se aplicó al alambre de platino, muestra la coloración característica de la arcilla, que se humedece y trata con nitrato de oxiclora cobalto. Si añadimos la conocida reacción sobre sílice, de estas pruebas, que pueden llevarse a cabo en pocos minutos, se deduce que la ortoclasa de Baveno contiene tierra de sílice, arcilla, potasa, con restos de soda, lima y litio, así como todos los rastros de baritina y La tierra de estroncio falta en ella

6. Adular vom Gotthard se comportó de manera muy parecida a la ortoclasa de Baveno, excepto que la reacción de litio fue completa, la reacción de calcio casi completamente ausente.

7. Labradorit de St. Paul da solo la línea de sodio Na α , pero no el espectro de calcio. El humedecido con una muestra de ácido clorhídrico pero trae las líneas de calcio Ca α y Ca β muy

brillantes. En la muestra con flúor amónico, uno todavía recibe una reacción de potasio débil y rastros de litio apenas perceptibles.

8. La labradorita de la diorita de bolas de Córcega también actuó, excepto que no había rastros de la reacción de litio.

9. Mosandrit de Brevig y Tscheffkinit de Ilmengebirge dio solo la reacción de sodio para el tratamiento con ácido clorhídrico, pero las líneas de calcio Ca α y Ca β .

10. Melinophane de Lamoe dio solo Na α para sí mismo, pero con Ca + Ca, Ca β y Li α .

11. Scheelite y sphene, cuando se tratan con ácido clorhídrico, producen una reacción muy intensa al calcio.

12. Si se encuentran pequeñas cantidades de estroncio junto al calcio, es mejor elegir la línea Sr δ para detectar la primera. Con la ayuda de lo mismo, es fácil detectar un bajo contenido de estroncio en muchas calizas neptunianas. Na α , Li α , Ka α , especialmente Li α , ya aparecen en la llama cuando la piedra caliza comienza a brillar. Transformadas por ácido clorhídrico en cloruro de calcio y llevadas a la llama en esta forma, estas rocas dan las mismas líneas y, además, a menudo aún con suficiente claridad la línea Sr δ . Pero aparece solo por un corto tiempo, ya que se desarrolla gradualmente como resultado de los procesos de evaporación en la llama, y tiende a aparecer más claramente justo antes de la palpación del espectro calcáreo

Na α , Li α , Ka α , Ca α , Ca β , Sr δ se encontraron en las siguientes calizas: Silurkalk de Kugelbad cerca de Praga, Wellenkalk (caliza de concha) de Rohrbach cerca de Heidelberg, Liaskalk de Maisch en Baden, tiza de Inglaterra. Las siguientes calizas mostraron solo las líneas Na α , Li α , Ka α , Ca α , Ca β , sin la línea azul de estroncio: mármol de Auerbach del granito, cal de Devon de Gerolstein en el Eifel, cal de Planitz en Sajonia, Zechstein de Nordhausen am Harz, Jurakalk vom Streitberg en Franconia

Ya se puede ver a partir de estos pocos experimentos que los análisis espectrales más extensos y cuidadosos de los contenidos de litio, potasio, sodio y estroncio de diversas calcificaciones con respecto a la secuencia de edad y su distribución local son de gran interés geológico y quizás a conclusiones inesperadas Acerca de la naturaleza de los antiguos océanos y cuencas marinas, en la que tuvo lugar la formación de esas montañas de piedra caliza.

BARIO.

El espectro bario es el más complicado entre los espectros de los metales, incluso a primera vista a través de las líneas verdes Ba α y Ba β , que superan a todas las demás en intensidad, aparecen primero en reacción débil y finalmente desaparecen nuevamente. Ba γ es menos sensible, pero aún se considera como una línea característica. La extensión relativamente grande del espectro es la razón por la cual la reacción espectral de los compuestos de barita es algo menos sensible que la de los cuerpos previamente considerados. 0.3 Grm. Chloroboron barite con lactosa quemada en nuestra habitación, después de que el aire se había mezclado homogéneamente por medio de un paraguas estirado, durante mucho tiempo en la línea más clara

Ba α . Por lo tanto, se puede concluir a partir de uno de los cálculos similares realizados en el caso del sodio que por la reacción se indica con claridad, incluso por debajo de 1/1000 miligramos.

Chlorbaryum, Brombaryum, Odbaryum, Fluorbaryum, Baryta Dehydrate, Carbónico y Sulfuro de bario son los más excelentes de la reacción, y por lo tanto pueden ser reconocidos por calentamiento directo en la llama.

Los silicatos susceptibles al ácido clorhídrico, que contiene barita, también dan la reacción cuando se introducen en la llama con una gota de ácido clorhídrico, como se indica en la cal. Entonces z. B. Barytharmotom tratado de esta manera, la línea Ca α y Ca β además de las líneas Ba α y Ba β

Los compuestos de barita con ácidos no combustibles que se comportan con y sin ácido clorhídrico en la llama indiferente, uno incluye la mayoría de la manera cuando estroncio especificado con carbonato de sodio y pruft el carbonato de bario así obtenido. Si en tales compuestos Ca, Ba y Sr se presentan juntos en cantidades muy desiguales, las sales de ácido carbonato obtenidas por digestión se disuelven en una gota de ácido nítrico y la cal se elimina del residuo evaporado por el alcohol. El residuo contiene barita y estroncio, que, si no son demasiado desiguales, se reconocen fácilmente uno al lado del otro. Si se trata de una cuestión todavía perceptible el último para detectar rastros de Sr o Ba, de manera que se convierte residuo por ignición con cloruro de amonio en los compuestos de cloro, el cloro es estroncio ausdenen por el alcohol en el hinlanglich concentró para detectar la forma de ligeramente fuera iniciado. no son individuales entre las sustancias detectadas presente en infinitamente pequeñas cantidades, por lo que todas estas distinciones vorgangige son bastante unnothig como el siguiente experimento muestra que una mezcla de cloruro de sodio, cloruro de potasio, cloruro de litio, cloruro de calcio, estroncio cloro y de bario, que a partir de cada una de estas seis sustancias como máximo 1 / 10 miligramos fueron llevados a la llama y observados. Primero, el Na Na amarillo intenso apareció en el fondo de un espectro continuo débil. A medida que esta comenzó a palidecer, el intenso litio línea roja claramente definida Li desarrolló α y más allá de ella, incluso más lejos de la línea de sodio el más apagado línea de potasio Ka α , sin embargo, las líneas de bario Ba α y Ba β en su posición característica y el matiz peculiar salió de la manera más clara. Por reenviar los compuestos de potasio, litio y bario gradualmente verfluchtigten, palidecía o desaparecido sus líneas de nuevo gradualmente en orden, hasta unos pocos minutos de las líneas cada vez superpuestas de calcio y estroncio, como si una imagen de niebla de, las líneas Ca α , β Ca y α Sr, Sr β , γ Sr y Sr delta resaltados con todo agudo en su forma característica, sombra y la ubicación, y luego a su vez pálido y sólo después de un tiempo muy largo de nuevo ganzlich a desaparecer.

La ausencia de una o más de estas partes es inmediatamente evidente en estas observaciones por la ausencia de sus líneas asociadas.

Para aquellos que conocen los espectros individuales de la intuición repetida, no se requiere una medida exacta, las líneas individuales no; Su color, su posición mutua, su forma peculiar y sombreado, las gradaciones de su esplendor, son características que son perfectamente suficientes incluso para la orientación no prohibida para asegurar. Estas características deben compararse con las características distintivas que encontramos en los precipitados utilizados como agentes de reacción, que son extremadamente diferentes en apariencia. Como se considera un carácter de

precipitación que es gelatinosa, pulveriforme, KASIG, granulada o cristalina, por lo que las líneas espectrales muestran su comportamiento eigenthümliches por el brusco define uno de su Randern, el otro, ya sea por uno o ambos lados ya sea lavado de manera similar o diferente, o como algunos se ven más anchos, otros más estrechos. Y cómo la utilizamos únicamente los precipitados que todavía vienen a la menor dilución grande posible caída de la sustancia a un primer plano, como un medio de detección, también se utiliza en el análisis espectral para este propósito sólo aquellas líneas que para su producción la cantidad de sustancias menos y no requiere una temperatura demasiado alta. En relación con tales características, por lo tanto, ambos métodos son bastante similares. Por otro lado, a la vista de los fenómenos de color utilizados como agentes de reacción, el análisis espectral conserva una propiedad que debe garantizarle una ventaja sobre cualquier otro método analítico. Entre los precipitados utilizados para detectar sustancias, la mayoría aparecen blancos y solo unos pocos son de color. La coloración de este último es poco constante, y varía en los más variados grados, según la forma más densa o más dividida de la precipitación. A menudo, incluso la mezcla más pequeña de una sustancia extraña es suficiente para borrar una coloración característica irreconocible. Por lo tanto, las diferencias de color más finas de precipitación ya no se consideran como características químicas. En el análisis espectral, por otro lado, las rayas de colores no se ven afectadas por esas influencias extrañas y no se modifican por la mezcla de otras sustancias. Los lugares que ocupan en el Espectro causan una propiedad química que es tan inmutable y de naturaleza fundamental como el peso atómico de las sustancias, y por lo tanto pueden determinarse con una precisión casi astronómica. Pero lo que le da al método espectral-analítico un significado muy especial es el hecho de que empuja los límites a los cuales las características químicas de la materia hasta ahora son casi ilimitadas. Nos promete la información más valiosa sobre la distribución y disposición de las sustancias en las formaciones geológicas. Los pocos experimentos que contiene este documento conducen a la conclusión inesperada de que no solo se debe pagar el potasio, sino también el sodio, pero también el litio y el estroncio, aunque solo en pequeñas cantidades, pero generalmente se utilizan sustancias de nuestra tierra.

Para el descubrimiento de elementos aún no descubiertos, el análisis espectral iba a adquirir una importancia no menos importante. Porque si hay sustancias que están tan escasamente distribuidas en la naturaleza, que los medios de análisis anteriores nos dejan en el curso de su identificación y separación, podemos esperar agregar muchas de tales sustancias en cantidad, por la simple consideración de sus espectros de llamas. Reconocer y determinar, lo que elude cualquier percepción química de la manera habitual. Ya hemos tenido la oportunidad de convencernos de que realmente existen elementos previamente desconocidos. Creemos que recorta a resultados indudables del método analítico espectral, ya establecidos con seguridad völliger la pretensión de ser capaz de que, además de la de potasio, sodio y litio es un cuarto de los rendimientos de metal del grupo alcalino angehöriges, lo que da un espectro igualmente característico y simple como El litio es un metal que muestra solo dos líneas con nuestro aparato espectral, un azul débil que casi colapsa con la línea de estroncio Sr δ , y otro azul que se encuentra un poco más lejos hacia el extremo violeta del espectro y en intensidad y fuerte del límite con los concursos de línea de litio.

Proporciona un lado, el análisis espectral, como hemos mostrado en lo anterior consideramos un medio de simplicidad bewunderungswürdiger es descubrir las más pequeñas trazas de ciertos elementos en la tierra Korpern, se abre la otra investigación química de una hasta entonces zona completamente cerrada que mucho más allá de las fronteras la tierra, incluso nuestro sistema

solar, se extiende. Dado que es suficiente en el método analítico en cuestión para ver el gas brillante cuyo análisis está involucrado, parece razonable suponer que también es aplicable a la atmósfera del sol y las estrellas fijas más brillantes. Pero aquí necesita una modificación debido a la luz emitida por los núcleos de estos cuerpos del mundo. En su ensayo: "Sobre la relación entre las emisiones y el. Uno de nosotros ha demostrado por consideraciones teóricas que el espectro de un gas brillante se invierte, es decir, la capacidad de absorción de calor y luz del cuerpo. h. que las líneas brillantes se vuelven oscuras, cuando detrás de ellas se trae una fuente de luz de intensidad suficiente, que en sí misma da un espectro continuo. De esto se puede concluir que el espectro solar con sus líneas oscuras no es más que la inversión del espectro que la atmósfera del sol mostraría por sí misma. De acuerdo con esto, el análisis químico de la atmósfera solar requiere solamente la búsqueda de aquellas sustancias que, cuando son llevadas a una llama, dan lugar a líneas brillantes que coinciden con las líneas oscuras del espectro solar.

Los siguientes experimentos se citan como evidencia experimental del teorema derivado teóricamente mencionado: La línea roja brillante en el espectro de una llama de gas, en la que se ha traído una perla de clorito, se convierte en negro, si uno tiene luz solar completa a través del. Deja ir la llama. Si la perla de clorito de litio es reemplazada por la de cloruro de sodio, la doble línea oscura D (que coincide con la línea de sodio brillante) aparece en la región espectral del sol con una claridad inusual. En el espectro de la luz de Drumond, la doble línea oscura D aparece cuando sus rayos pasan a través de la llama del alcohol acuoso al que se ha traído el cloruro de sodio.

Nos parece no sin interés recibir aún más afirmaciones de esa peculiar proposición teórica. Hemos logrado hacerlo a través de los experimentos que ahora describiremos.

Hicimos un grueso alambre de platino que brillaba en una llama y lo trajo una corriente eléctrica cerca de su punto de fusión. El cable dio un espectro brillante sin ningún rastro de líneas claras u oscuras. Si una llama de alcohol muy acuoso, en la cual se disolvió la sal, fue llevada entre el cable y el espacio del aparato, entonces la línea oscura D se volvió muy clara.

En el espectro de un cable de platino, que brilla solo con una llama, la línea oscura D puede producirse sujetando un tubo de ensayo frente al cual una pequeña cantidad de amalgama de sodio ha sido llevada al fondo y calentándola hasta que hierva. Este experimento es importante porque muestra que muy por debajo del calor, el vapor de sodio ejerce su acción absorbente exactamente en el mismo lugar del espectro, a las temperaturas más altas que podemos producir y las que tienen lugar en la atmósfera solar.

Tuvimos éxito en revertir las líneas más brillantes de los espectros de Ka, Sr, Ca, Ba mediante el uso de la luz solar y mezclas de las sales de ácido clorhídrico de estos metales con lactosa. Delante de la columna del aparato se instaló un pequeño barranco de hierro; En esta mezcla se trajo, se pasó la luz solar completa a lo largo del canal, y la mezcla se encendió lateralmente mediante un alambre brillante. El telescopio se configuró con la intersección de sus hilos oblicuos en la línea brillante de los espectros de llamas, cuya reversibilidad debía verificarse; el observador concentró su atención en juzgar si, en el momento de la deflagración, aparecía una línea oscura que cruzaba la intersección de la cruz. De esta manera, fue muy fácil, con una mezcla adecuada de la mezcla en combustión, probar la reversibilidad de las líneas Ba α y Ba β y

la línea $K\alpha\beta$. El último de estos coincide con una de las líneas más claras pero oscuras del espectro solar no indicado por Fraunhofer; En el momento de desactivar la sal de potasa, esta línea aparece mucho más claramente que de costumbre.

Para ver de la manera descrita la inversión de las líneas brillantes de los espectros del estroncio, el cloruro de estroncio debe secarse con sumo cuidado; Un rastro de humedad hace que las partículas de sal que se escupieron durante la deflagración golpeen la llama, vaporizando los rayos del sol y revelando el espectro de estroncio positivo.

En este ensayo nos hemos limitado a examinar los espectros de los metales de los álcalis y las tierras alcalinas, y solo en la medida necesaria para el análisis de la materia terrestre. Nos reservamos el derecho de dar a estas investigaciones la extensión adicional que sea deseable en relación con el análisis de los cuerpos terrestres y el análisis de las atmósferas de las estrellas.

Heidelberg, abril de 1860

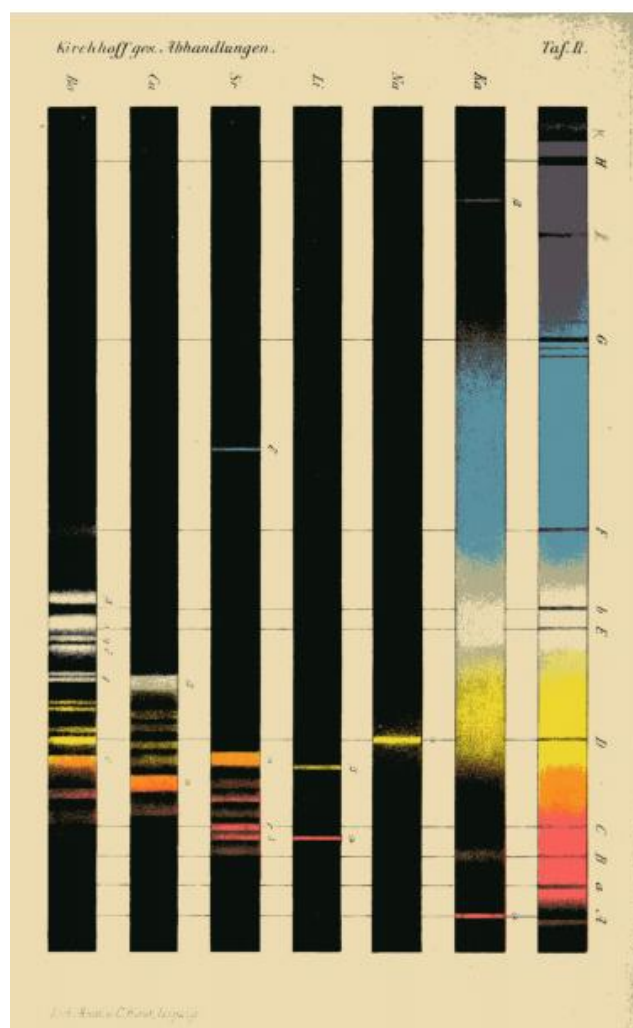


Figura 2: Espectros

EN EL ESPECTRO SOLAR Y EL ESPECTRO DE LA ELEMENTOS QUÍMICOS. G.

KIKCHHOFF

SEGUNDA PARTE.

Un conocimiento preciso de las líneas brillantes que ocurren en el espectro de un gas incandescente se obtiene mejor mediante una comparación directa de tales líneas con las líneas fijas en el espectro solar. Si a los rayos del sol se les permite caer a través de la mitad del corte en el aparato espectral, mientras que la luz del gas incandescente pasa a través de la otra mitad, el espectro solar, con sus líneas oscuras acompañantes, forma una escala: La delicadeza y el carácter inalterable, por los cuales es inigualable. Por tanto, para evitar que la mayor cantidad de estas líneas se mezclen entre sí y por ende desaparezcan, a causa de su amplitud extremadamente pequeña y del muy ligero espacio que las separa, es necesario obtener mediante el uso de muchos prismas y un telescopio de alto poder de magnificación, los cuales permiten obtener el espectro de longitud más largo y de manera muy pura, de manera que con este instrumento sean fácilmente distinguibles. Con tales instrumentos, cada una de las finas líneas solares oscuras pueden ser fácilmente distinguidas de otras marcas en una ordinaria escala dividida, tan característicos y variables son los cluster difiriendo en ancho, tinte y arreglo, dentro de los cuales las líneas se agrupan. El espectro solar puede, por tanto, ser usado en lugar de una escala común si nosotros podemos tener éxito en denominar tales oscuras líneas. Esto puede ser hecho por medios de un dibujo del espectro solar para el cuál una escala arbitraria es ligada. El dibujo solo necesita ser cercanamente correcto tal que, cuando sea comparado con el espectro mismo, las líneas individuales puedan de este modo ser reconocidas. La comparación del espectro de los gases incandescentes con el espectro solar posee, sin embargo, un valor más allá de comprobar la posición exacta de estas líneas brillantes; esto nos produce un conocimiento de la composición de la atmósfera solar.

Las líneas brillantes de ciertos elementos químicos coinciden con las líneas oscuras del espectro solar, y, a partir de una teoría avanzada por mí, esto resulta en que estos elementos están presentes en la atmósfera solar en un estado gaseoso. In la primera parte de este trabajo yo he publicado un dibujo que creía que respondía al propósito requerido, y en el cual las líneas brillantes de algunos elementos químicos son seguramente representadas. Este dibujo, sin embargo, incluye solo tales porciones del espectro solar, tendiendo entre la línea D, por un lado, y una posición un poco más allá de la línea F en el otro. Estas porciones del espectro son interesantes en la medida de lo posible, como son esas las cuales pueden ser más precisamente observadas, teniendo en cuenta que son las porciones más brillantes del espectro solar y del espectro de la mayoría de gases brillantes. Todavía, en las porciones azul, amarilla y roja del espectro, como se examinó por mi aparato, el brillo fue suficientemente grande para permitir un muy considerable grado de precisión en las observaciones. Por lo tanto, mi intención original fue mapear la entera parte del espectro que yace entre las líneas A y G; yo fui entonces obligado a restringir mis observaciones a la porción del espectro publicado en la parte 1 de este trabajo, pero yo me propuse que mi pupilo, Mr k. Hofmann, pudiera continuar mi investigación la cual yo fui incapaz de completar. Mr Hofmann ha empleado exactamente el mismo aparato y métodos los cuales yo he descrito en la primera parte de esta publicación; a veces, sin embargo, en sus exámenes del espectro de la chispa eléctrica, él fue agradecido, reconociendo una ligera cantidad de luz, para reemplazar el telescopio de magnificación de 40x por otro de 20x. Los resultados de sus observaciones son dados en placas I. a, y III., arregladas de la misma manera en que las mías fueron arregladas, en placas I. y II.; la placa I. a representa el espectro desde A hasta D, la placa III inicia en el punto donde la placa II termina, y se extiende tan lejos como G. En adición a estos elementos cuyo espectro yo ya he examinado, Mr Hofmann ha investigado el espectro de los siguientes metales: Potasio, rubidio, litio, cerio, lantano, didimio (nombre antiguo con el que se conocía la mezcla de neodimio y praseodimio), platino, paladio y una aleación de iridio y rutenio. Las líneas pertenecen a estos metales, los cuales aparecen en las placas I. a y II., son catalogadas en el Apéndice; y en estos, también en el dibujo, tres grados de brillo son representados, el número 3 denota el mayor y el número 1 el menor en grado de brillo. Como en los anteriores dibujos, solo la más llamativa de las líneas es aquí reproducida, una completa delineación de las líneas no está fue intentada. El espectro del potasio no pudo ser obtenido de la misma manera que el espectro de los metales alcalinos, si el cloruro, borato o sulfato de potasio,

es inducido a partir de electrodos, nuevas líneas no aparecieron; si los electrodos por si mismos fueron hechos de potasio metálico, las líneas de potasio se representaron en la placa I.a tal y como fueron vistas, pero estas fueron muy tenues que solo dos prismas pudieron ser usados con el fin de encontrar su posición en el espectro solar, y la intensidad de la luz solar tuvo que ser disminuida por la interposición de vidrios muy oscuros. La línea K. a, es mejor vista cuando una llama de gas no luminosa es empleada en vez de una chispa eléctrica. En nuestra primera biografía de análisis espectral, Bunsen y yo representamos esta línea en nuestros dibujos como una sola línea coincidente con la línea A de Fraunhofer. Esto de hecho siempre parecer ser el caso cuando este espectro es examinado bajo ligero poder de magnificación el cuál es el más conveniente para el objeto que nosotros teníamos a la vista, pero, cuando observamos con el poder usando en la preparación de estos dibujos, la línea roja del potasio resulta ser una doble línea cada una de cuyas partes son menos refrangibles que la línea A. Esta ya ha sido mostrada por Debray, Grandeau y Ptoscoe, que esta es una línea doble; y Morren ha observado que esta es menos refrangible que A, cerca de B yace otra línea doble en el espectro del potasio, pero ninguna de estas líneas es coincidente con B. Concerniente al espectro del lantano y el didimio yo puedo remarcar que la sal de lantano usada para experimentos contenía didimio, y la sal de didimio contenía lantano; por lo tanto, el espectro parecer ser al menos idéntico. Una porción de las dos sales fue traída a los dos pares de electrodos, y una simultánea chispa pasó a través de cada par; la luz de una chispa pasó a través de una mitad del corte, la luz de la otra chispa pasó a través de la otra mitad. Esta comparación de dos espectros, los cuales fueron en consecuencia fue posible reproducirlos, mostraron que ciertas líneas fueron más brillantes en uno de los espectros, y otras líneas fueron más brillantes en el otro espectro. En algunos casos la diferencia en brillo fue tan grande que el origen de las líneas pudo ser distinguido con certeza, mientras que en otros casos tal discriminación no fue posible; estos últimos son marcados (La Di) en la tabla. Estas observaciones adicionales no han producido alguna nueva información respecto a los constituyentes de la atmósfera solar, estos han, sin embargo, confirmado los resultados en previas examinaciones. Un gran número de líneas de hierro ocurren en las porciones amarillas y azules del espectro, y todas estas son coincidentes con las bien definidas líneas Fraunhofer; la misma remarcación aplica para todas las líneas del calcio. La probabilidad de que el níquel sea visible en la atmosfera ha crecido en gran medida por las numerosas coincidencias, lo cual Mr. Hofmann ha notado, entre las líneas brillantes del níquel, y las líneas oscuras del espectro solar. La pregunta

de si el cobalto es visible, no ha recibido alguna cercana explicación, tal como con algunas líneas de cobalto entre C y D y entre F y G son coincidentes con las líneas Fraunhofer, mientras que otras, igualmente brillantes, no tienen alguna línea solar coincidente. Nuevas coincidencias vistas en el espectro de bario, cobre y zinc con las líneas oscuras solares, confirman la presencia de estos elementos en la atmosfera solar. Mr. Hofmann también ha observado unas pocas coincidencias en el espectro del estroncio y el cadmio, pero su número es demasiado pequeño para garantizar la conclusión de que estos metales estén presentes. Los otros elementos químicos que fueron examinados no parecen ser visibles en la atmosfera solar. Esto es también el caso con del potasio. Hubo, de hecho, finas líneas de Fraunhofer situadas cerca de las líneas rojas del potasio, pero el brillo de las últimas fue muy tenue para hacer posible determinar si estas coinciden o no, con alguna de las líneas oscuras solares. Mr. Hofmann seguramente ha prestado atención a la examinación de las líneas atmosféricas descubiertas por Sir David Brewster. La localidad en la cual la observación tuvo que ser realizada fue, sin embargo, no muy bien adaptada para el propósito de estas observaciones, puesto que la luz solar desaparecía cuando el sol alcanzaba el horizonte. Aún a finales de septiembre, a las 4:56, p.m. Mr. Hofmann observó un gran número de líneas oscuras, las cuales fueron por mucho más intensas entonces, de lo que estas hayan sido al mediodía, y por ende surge, total o parcialmente de la atmósfera terrestre. Estas líneas son catalogadas en el Apéndice. Es interesante notar que, entre estas, las líneas 972.1, 977.4, 977.7 y 982.0 acontecieron, lo cual es coincidente con líneas notablemente brillantes que aparecen en el espectro de la chispa eléctrica cuando se le permite pasar por el aire.

(VER IMÁGENES ANEXAS EN EL ARTICULO ORIGINAL)