

 <small>UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL</small>	<b>FORMATO</b>	
	<b>RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE</b>	
<b>Código: FOR020GIB</b>	<b>Versión: 01</b>	
<b>Fecha de Aprobación: 10-10-2012</b>	<b>Página iv de 59</b>	

<b>1. Información General</b>	
<b>Tipo de documento</b>	Trabajo de Grado
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
<b>Título del documento</b>	LOS EFECTOS MECANICOS DE LA LUZ UNA PERSPECTIVA PARA CONSTRUIR UN PENSAMIENTO HACIA LAS TEORÍAS MODERNAS DE LA FÍSICA.
<b>Autor(es)</b>	Rodríguez Rodríguez, Edgar
<b>Director</b>	María Mercedes Ayala Manrique.
<b>Publicación</b>	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional, 2016. 59p.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional.
<b>Palabras Claves</b>	RADIOMETRO, PRESION DE RADIACION, ESTRES TERMICO, CALOR, TRANSPIRACIÓN TÉRMICA, TEMPERATURA Y FENOMENOLÓGIA.

<b>2. Descripción</b>
<p>Este trabajo se centra en el análisis fenomenológico del comportamiento observado en el radiómetro de Crookes. Se basa en la investigación bibliográfica de algunos trabajos experimentales y explicaciones cualitativas en torno al movimiento de la hélice al interior del radiómetro, elaborados por William Crookes y otros pensadores de la época.</p> <p>En segundo lugar, se basa en la actividad experimental desarrollada con una serie de radiómetros artesanales buscando develar los fenómenos involucrados como causantes del movimiento de la hélice. En tercer lugar, incluye la determinación de conceptos claves para la interpretación del comportamiento del radiómetro. Al considerarse lo térmico como el factor preponderante de este comportamiento, se ve la necesidad de articular los fenómenos presentes para dar cuenta de la manera como el radiómetro se comporta cuando un haz de luz incide sobre la hélice.</p> <p>Por último, es pertinente resaltar que la actividad en el aula es un eje directriz de la indagación que se ha realizado en este trabajo. Ello ha exigido que la organización conceptual presentada responda a las necesidades que surjan en el ámbito escolar o que uno como maestro pueda prever y que por lo tanto la construcción de la base conceptual del fenómeno se supedite a esta condición. Esto explica por qué se ha tomado como elemento conceptual central el concepto de calor en relación con el movimiento.</p>

### 3. Fuentes

- Crookes, W. (1879). *Radiant Matter*. Londres: Berkeley, Library of the University of California.
- Einstein A. (1924). Zur Theorie der Radiometerkräfte, notes University of Jerusalem, Israel.
- Harman, P. M. (2002). *The Scientific letters and papers of James Clerk Maxwell, Vol. III, 1874-1879*. USA: Cambridge University Press.
- Holger, M. (2010). Reynolds, Maxwell and radiometer, revisited. *Proceedings of the 14th international heat transfer*. Washington, D.C., USA: ASME.
- Knudsen, M. (1930). Radiometerdruck and akkommodationskoeffizient. *Annalen der physik, Vol. 398, N. 2*, 129-185.
- M. M. Ayala & otros. (2008). *Los procesos de formalización y el papel de la experiencia en la construcción del conocimiento sobre los fenómenos físicos*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional & Universidad de Antioquia.
- Maxwell, C. J. (1879). *On Stresses in rarified gases arising from inequalities in temperature*. London: Philosophical Transactions Royal Society.
- Reynolds, O. (1900-1903). *Scientific papers on mechanical and physical subjects, Vol.1*. London: Cambridge University Press.
- Wess, J. (2010). Crooke's radiometers: A train of thought manifest. *Notes & records of the Royal Society*, 3.
- Woodruff, A. (1968). The radiometer and how it does not work. *The physics teacher, Vol. 6*, 358.

### 4. Contenidos

Se podría decir que este escrito es una narración en la que se sistematiza el proceso de indagación efectuado en torno al movimiento de las aspas del radiómetro producido por la incidencia de luz sobre éstas. Tal indagación fue producto: 1) de la selección y análisis bibliográfico sobre el radiómetro de Crookes, 2) del desarrollo y análisis de prácticas experimentales con radiómetros artesanales y 3) de la reflexión sobre la actividad en el aula en la enseñanza de las ciencias. La indagación y su sistematización llevó a hacer una serie de consideraciones, que además de ser guía del proceso seguido, son conclusiones del mismo; estas consideraciones se pueden clasificar en tres tipos: 1. De corte epistemológico en la medida que se aborda cuestiones como el carácter de la actividad experimental y su relación con la actividad conceptual. 2. De corte *conceptual-disciplinar*; consideraciones que implicaron explicitar fenómenos y conceptos implicados en la interpretación del comportamiento de radiómetro cuando éste se interpreta en conjunto como sistema. Y 3. De corte *conceptual-pedagógico*, dado que la búsqueda de criterios para estructurar la actividad en el aula en la enseñanza de la física, así como de conceptos claves alrededor de los cuales organizarla, de modo que se propicie un papel activo tanto de estudiantes como maestro frente al conocimiento, ha sido un eje directriz de la indagación realizada.

El trabajo de grado se desarrolla en dos capítulos principales: En el capítulo 1, Consideraciones generales sobre el radiómetro de Crookes, se hace una contextualización histórica y pedagógica de la problemática relativa al fenómeno observado en el radiómetro de Crookes, buscando mostrar su relevancia. El capítulo se divide en 2 partes. En la primera parte, basados en la investigación bibliográfica efectuada, se muestra algunos aspectos característicos de trabajos experimentales de William Crookes entre los años de 1873-1879 y la presentación que hace por medio de informes ante la Real Sociedad de Londres acerca de las explicaciones que se producían en torno al fenómeno observado en el radiómetro. Se busca en particular mostrar algunos rasgos del contexto conceptual en el que se dan estas explicaciones. Acudiendo a los trabajos de *Osborne Reynolds*, *James C. Maxwell* y un aporte de *Albert Einstein* en la interpretación del movimiento en el radiómetro, se muestra que la problemática, producto del análisis del comportamiento del radiómetro

es tan compleja que llevó a diversos pensadores de finales del siglo XIX y comienzos del XX a centrarse en su interpretación.

En la segunda parte del primer capítulo se esboza, guiado por una intención pedagógica, una problemática en torno al análisis del comportamiento del radiómetro: la relación entre la actividad conceptual y la actividad experimental en el espacio escolar que permitirá examinar los fenómenos involucrados en el comportamiento del radiómetro por fuera de los cánones establecidos. Para lograrlo se ha basado en una reflexión planteada por diferentes actores en el aula y por ende desde diferentes miradas y roles: 1) como un estudiante en proceso de formación docente; 2) como docente en formación que asume el oficio del experimentador proyectado a su rol pedagógico. 3) como docente que busca hacer de la investigación parte y ente activo de las actividades de reflexión y de experimentación en el aula.

El capítulo 2 está dirigido a construir una base conceptual para la observación e interpretación del comportamiento de la hélice en el radiómetro. Una primera parte está dedicada a la *visualización de los efectos mecánicos de la luz* en una serie de radiómetros elaborados artesanalmente con la intención de avanzar en la construcción del fenómeno involucrado en su funcionamiento; es decir, se coloca el radiómetro en varias situaciones, buscando caracterizar estos efectos, así como elaborar algunas hipótesis y preguntas que resulten de la observación del movimiento de la hélice y de las condiciones en que lo hace (material de las aspas de la hélice, luz incidente, medio en que el radiómetro es ubicado -diferencia de temperatura entre el gas del radiómetro y el medio que lo rodea-). Dos efectos se distinguen principalmente: cambio de sentido de rotación y cambio de curvatura de la superficie de las aspas. De allí se construye una base conceptual dando cuenta del fenómeno implicado. Al considerarse dos posibles causas del comportamiento del radiómetro: 1) la acción directa de la radiación (*rayos de luz*) sobre las aspas de la hélice y 2) los cambios que experimenta el gas contenido en el radiómetro debidos a la acción de la luz (*stress generado en el espacio interior del radiómetro* 3); lo térmico es asumido como el factor preponderante de este comportamiento. Por ello, la *Construcción del concepto de calor en correspondencia al movimiento* es el eje de la base conceptual que se desarrolla animados por una intencionalidad pedagógica. Iniciando con la consideración de una máquina de calor cuyo funcionamiento es similar en cierta forma al del radiómetro se tienen en cuenta los siguientes aspectos: 1) Sobre la percepción del calor: Se distingue entre calor como sensación en el sentido que el calor es lo que experimenta la mano al ser expuesta a la radiación y calor como sustancia o ente con el que se cosifica la causa de las sensaciones calor-frío. 2) *Calor potencial y cinético*: Ubicados en el ámbito de los efectos, sus diferencias evidentes y sus relaciones, en esta parte se hace la correspondiente relación del calor y su equivalencia de energía, de tal modo, que las interpretaciones producidas de nuestra percepción puede tomar la forma de interpretaciones de energía cuando se registra un gradiente de temperatura en la máquina de calor o el radiómetro. 3) *Transferencia del Calor*: Se examina principios que ha de seguir el fenómeno del calor al ser tratado en términos energéticos y con los que se establece límites en la forma como se transfiere el calor. 4) *Transformación del calor, energía térmica en energía mecánica*: Si la transferencia y transformación de energía produce consecuencias observables, estas consecuencias son reales. Por ejemplo, cuando se toca las paredes de la máquina de calor se percibe de cierta manera la energía térmica al experimentar calor y de esta consecuencia se deriva el movimiento de las hélices que representa la energía mecánica del sistema. Se aclara que la energía es una que se puede describir en dos formas principales: potencial y cinética, dado que el fenómeno mecánico, o mejor aún, *la caída de los cuerpos* se suele asumir como la base de las equivalencias energéticas, y que de esta manera se ha organizado el ámbito de lo mecánico.

## 5. Metodología

La investigación realizada sobre el comportamiento del radiómetro de Crookes ha requerido poner en juego de forma conjunta a la perspectiva fenomenológica en la determinación y caracterización de efectos, a las interpretaciones de tipo cualitativo de lo observado y al análisis bibliográfico de fuentes originales y textos históricos y de física, cruzado todo ello por una intencionalidad pedagógica, con el fin de organizar y darle coherencia a la información lograda que sea base de criterios para orientar la actividad en el aula.

## 6. Conclusiones

Los efectos mecánicos de la luz examinados se constituyeron desde la organización de la actividad experimental y la formalización conceptual realizada con radiómetros artesanales, permitiendo destacar fenómenos involucrados en el interior de estos: 1. La reacción de las superficies debido a la incidencia directa de la radiación sobre ellas, 2. El flujo del gas debido a las diferencias de temperatura generadas por la luz, que nos ha llevado a señalar el carácter térmico del fenómeno. Estos fenómenos se expresan en efectos como: el cambio del sentido de la rotación de la hélice y cambios en la curvatura de las aspas.

El trabajo realizado permitió escoger como concepto clave la relación calor y movimiento, y proponer una vía para tratarlo en el aula (máquina de calor).

De la investigación bibliográfica de corte histórico se concluye que hay diferentes posiciones: 1) La acción directa de la radiación sobre las superficies (presión de radiación-Maxwell y Crookes). Sin embargo este planteamiento no explica el sentido de la rotación y sus cambios. 2) La acción del gas sobre la superficie debido a los cambios experimentados por la incidencia de la luz. Hay dificultades para explicar el comportamiento del radiómetro con un gas muy enrarecido (vacío). 3) La transpiración térmica propuesta por Reynolds que implica hablar de ambas acciones. (Problemas para entender el sentido de rotación en el vacío). 4) Estreses en gases rarificados debido a diferencias de temperatura, planteado por Maxwell.

Producto de la investigación bibliográfica se ha encontrado también que el fenómeno involucrado en el funcionamiento del radiómetro sigue siendo objeto de investigación en el presente siglo.

La intención pedagógica que guía el trabajo es pertinente: abordar contenidos físicos relacionados con el comportamiento del radiómetro, teniendo en cuenta el contexto cultural en que se desarrolla la actividad docente en el aula para apostar a la construcción de conocimiento desde la reflexión docente-estudiante. Se propone, así, ideas a las comunidades educativas con las que se busca promover una formación académica en la que además de establecer una íntima relación entre la actividad experimental y la conceptual lo haga con el entorno cultural en la cual ésta se da.

La perspectiva fenomenológica favorece una actividad del docente en formación e investigador consistente con la intención de direccionarla a motivar al estudiante, y hacer de la enseñanza de la física un cruce de formas de entender diferentes pensamientos que aportan ideas y planteamientos para la comprensión de su entorno físico y construcción de la misma ciencia.

Elaborado por: Estudiante: Rodríguez Rodríguez Edgar

Revisado por: Profesora: María Mercedes Ayala Manrique

Fecha de elaboración del  
Resumen:

17

02

2016