

El presente libro se centra ya directamente en las posibilidades de las asignaturas Física y Química, para la consecución del enfoque humanista. Para ello, propone un modelo fundamentado tanto para ser implementado en la Física como en la Química, en los temas de la Mecánica Clásica y el Atomismo. Se estructura en dos capítulos varios epígrafes que profundizan en diferentes aspectos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje de ambas asignaturas y del enfoque humanista. Se propone para enriquecer la cultura didáctica y epistemológica de los profesores que imparten estas asignaturas, en función de que logren enseñarlas de manera amena, que motive a los estudiantes y los acerque a una visión humanista y no elitista de las ciencias.



Dr. Jorge Luis Contreras Vidal: Profesor de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Presidente de la Comisión Nacional de la Carrera de Física.



Dr. Sergio Octavio Valle Mijangos: Profesor de la Universidad Mundo Maya, Campus Campeche.



MSc. Lizette Adriana González Gómez: Profesora de la Universidad Mundo Maya, Campus Campeche.



Ing. Edgardo Remo Benvenuto Pérez: Profesor de la Universidad Tecnológica Nacional.



MSc. Xenia Pedraza González: Profesora de la Facultad de Ingeniería en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM).

ISBN: 978-959-7225-74-4

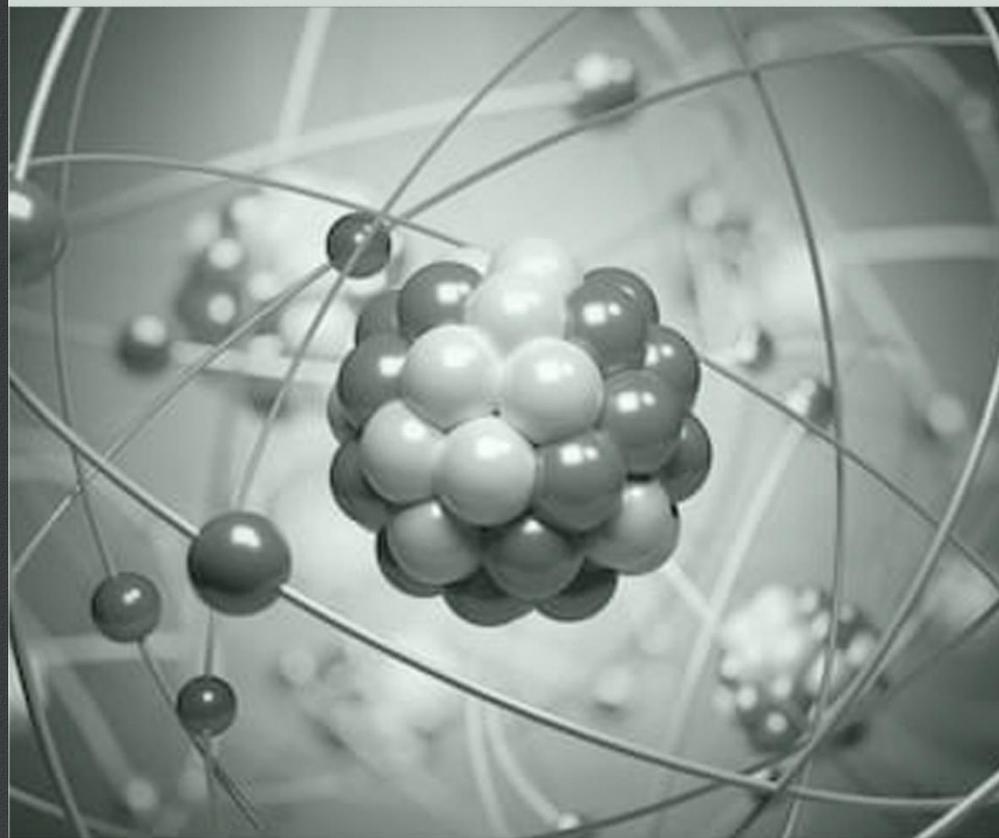


EDACUN

EDITORIAL ACADÉMICA UNIVERSITARIA



LA HUMANÍSTICA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA



LA HUMANÍSTICA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

Jorge Luis Contreras Vidal
Sergio Octavio Valle Mijangos
Lizette Adriana González Gómez
Edgardo Remo Benvenuto Pérez
Xenia Pedraza González

EDITORIAL ACADÉMICA
UNIVERSITARIA



EDITORIAL ACADÉMICA UNIVERSITARIA

LA HUMANÍSTICA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

Jorge Luis Contreras Vidal

Sergio Octavio Valle Mijangos

Lizette Adriana González Gómez

Edgardo Remo Benvenuto Pérez

Xenia Pedraza González



Diseño y Edición: MSc. Osmany Nieves Torres. As.
Corrección: MSc. Ana de la Luz Tirado Benítez. P.A.
Dirección General: Dr. C. Ernan Santiesteban Naranjo. P.T.

© Jorge Luis Contreras Vidal
Sergio Octavio Valle Mijangos
Lizette Adriana González Gómez
Edgardo Remo Benvenuto Pérez
Xenia Pedraza González

© Sobre la presente edición
Editorial Académica Universitaria (Edacun)
978-959-7225-74-4
Editorial Académica Universitaria (Edacun)
Universidad de Las Tunas
Ave. Carlos J. Finlay s/n
Código postal: 75100
Las Tunas, 2020



ÍNDICE

| | |
|---|-----------|
| Concepciones de “científicos” dentro de una mente “intelectual” | 15 |
| Ensayo: Mi visión de los conceptos científicos desde la vida que me rodea | 15 |
| CAPÍTULO I. PROBLEMAS ACTUALES EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA | 21 |
| La Física y la Química, de todas las asignaturas, son dos, de los tres “patitos feos”. ¿Y por qué? | 21 |
| Algunas razones o causas sobre el rechazo de la Física y la Química | 22 |
| El estado del arte en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física | 30 |
| El estado del arte en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química | 34 |
| El reto de enseñar Física y Química. La motivación para aprenderlas | 36 |
| La Física como ciencia | 39 |
| La Química como ciencia | 41 |
| Ideas didácticas transformadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Química | 44 |
| El aprendizaje significativo en los cursos de Física y Química | 47 |
| La Didáctica de la Física y la Química y el modelo educativo por competencias profesionales | 50 |
| Consideraciones en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química | 53 |
| La Teoría de la Omisión y su papel en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química | 56 |
| Dos ejemplos de omisiones en los libros de textos de Física y Química: La ley de la Inercia y el Modelo Atómico de Thomson | 59 |
| CAPÍTULO II. LA HUMANÍSTICA Y LAS CIENCIAS NATURALES, FÍSICA Y QUÍMICA: UNA RELACIÓN SIMBIÓTICA | 63 |
| La humanística en la enseñanza de la Física y la Química | 63 |
| Modelo para ser incluido en las clases de Física, contenido de Mecánica Clásica | 69 |
| Estructura del Modelo | 69 |
| Selección de los contenidos a tratar | 70 |
| Caracterización de cada período histórico donde se desarrollaron los contenidos a tratar | 71 |
| Aspectos más relevantes de la vida y obra de los principales científicos involucrados y desarrollo histórico de los contenidos seleccionados para ser tratados en la MECÁNICA CLÁSICA | 82 |

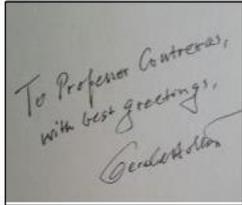
| | |
|---|-----|
| Conociendo a Galileo Galilei..... | 82 |
| Aspectos interesantes de la vida de Galileo..... | 83 |
| El “estado del arte”, respecto a la mecánica, en tiempos de Galileo | 85 |
| Galileo Galilei versus Bacon y Descartes: el método y la experimentación | 87 |
| “Eppur si muove” y la Abjuración de Galileo Galilei..... | 88 |
| Galileo y su “Discurso y demostración matemática, en torno a dos nuevas ciencias”. 90 | |
| El sistema de unidades en la época de Galileo Galilei | 92 |
| Medición del tiempo a lo Galileo Galilei..... | 93 |
| El Movimiento Rectilíneo y Uniforme. La aclaración de Galileo Galilei. | 93 |
| Desarrollo histórico del concepto de velocidad | 94 |
| El movimiento o el reposo, según Aristóteles..... | 95 |
| El principio de relatividad. Galileo y Newton..... | 95 |
| Variación de la Velocidad o Aceleración en los Diálogos de Galileo | 96 |
| El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Galileo vs Aristóteles | 97 |
| Experimentos de Galileo con sus planos inclinados..... | 97 |
| Aceleración en el movimiento de los cuerpos pesados | 98 |
| El movimiento en caída libre. Galileo contra el sentido común y Aristóteles..... | 99 |
| Movimiento con aceleración constante | 101 |
| Los proyectiles y Galileo..... | 102 |
| Conociendo a Newton..... | 105 |
| Aspectos interesantes de la vida de Newton..... | 105 |
| El estado del arte en la Mecánica Clásica en la época de Newton | 107 |
| Newton y sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Una obra excepcional | 109 |
| Isaac Newton y su concepción general de mundo físico | 113 |
| La suma de fuerzas explicadas por Newton..... | 115 |
| El desarrollo histórico de la Ley de la Inercia | 115 |
| La Tercera Ley de Newton..... | 117 |
| Profundizando más sobre las tres leyes de Newton | 117 |
| ¡Y cayó la Manzana! ¡Y nació la gravitación!..... | 120 |
| La gravitación universal de Newton | 120 |
| La Cantidad de Movimiento, un concepto complicado..... | 126 |

| | |
|---|-----|
| La ley de conservación de la cantidad de movimiento..... | 126 |
| La interacción de las ideas científicas ¡Todos para uno y uno para todos! | 127 |
| El trabajo mecánico. Galileo vuelve a la carga | 128 |
| Choques elásticos e inelásticos y la energía cinética | 128 |
| La Ley de Conservación de la Energía. Mayer, Joule y Hemholtz | 129 |
| Joule y el Principio de Conservación de la Energía..... | 130 |
| La paternidad de la Ley de Conservación de la Energía | 130 |
| La fuerza elástica de un enemigo de Newton: Robert Hooke | 131 |
| Las ideas de Newton acerca de la fuerza centrípeta | 132 |
| Un científico también genial: Huygens y el péndulo | 132 |
| El Movimiento Armónico Simple (MAS) desde la perspectiva de Galileo | 133 |
| Otra vez los péndulos, pero ahora con Galileo..... | 134 |
| Los péndulos, la gravedad y el cuadrado de la distancia | 134 |
| Da Vinci, la dualidad del genio pintor-científico | 135 |
| Y parece ser que Galileo sabía de todo. Ahora sobre las ondas mecánicas | 135 |
| La acústica en Newton y la velocidad del sonido | 136 |
| Modelo sobre “La Química del origen de todas las cosas o desde el atomismo filosófico hasta la ciencia cuantitativa y el modelo atómico de J.J. Thomson”. | 136 |
| Selección de los contenidos a tratar | 137 |
| El estado del arte acerca de la estructura de la materia en la Antigüedad | 137 |
| Aspectos más relevantes de la vida y obra de los principales científicos involucrados y desarrollo histórico de los contenidos seleccionados para ser tratados..... | 138 |
| Tales de Mileto (625 A.C- 547 A.C) | 138 |
| Anaximandro de Mileto (610 A.C-546 A.C) | 139 |
| Anaxímenes de Mileto (585 A.C-524 A.C)..... | 140 |
| Heráclito de Efeso (535 A.C-484 A.C)..... | 141 |
| Anaxágoras de Clazomene (500 A.C-428 A.C) | 142 |
| Empédocles de Agrigento (495 A.C- 435 A.C) | 143 |
| Demócrito de Abdera (460 A.C-370 A.C) | 144 |
| Platón (429 A.C- 348 A.C) | 146 |
| Aristóteles de Estagira (384 A.C- 322 A.C) | 146 |

| | |
|---|-----|
| Conociendo a Aristóteles | 147 |
| Aspectos interesantes de la vida de Aristóteles | 148 |
| Epicuro de Samos (340-270 A.C) | 150 |
| Lucrecio Caro (c. 100-50 A.C) | 151 |
| El estado del arte del Atomismo del Siglo XVII | 153 |
| Los elementos químicos | 154 |
| Compuestos, mezclas y la ley de proporciones definidas | 155 |
| Conociendo a John Dalton..... | 157 |
| Aspectos interesantes de la vida de Dalton..... | 158 |
| La formación de moléculas y las ideas de Dalton..... | 160 |
| Ley de las proporciones múltiples | 165 |
| Desde las partículas subatómicas hasta el modelo atómico de Thomson. Los experimentos de Sir William Crookes (1832-1919)..... | 167 |
| Conociendo a Wilhelm Conrad Roentgen | 170 |
| Aspectos interesantes de la vida de Roentgen..... | 171 |
| Roentgen y los rayos x | 171 |
| Los rayos x y la ionización de los gases | 174 |
| Conociendo a Joseph John Thomson | 175 |
| Aspectos interesantes de la vida de Joseph John Thomson | 176 |
| Thomson, los rayos catódicos y su carga negativa | 178 |
| Los rayos Becquerel | 181 |
| Rayos canales | 183 |
| Modelo atómico de Thomson | 185 |
| A manera de epílogo..... | 193 |
| Referencias | |

AGRADECIMIENTOS

Siempre existen personas y obras que nos propician las ideas para crear. Otras nos abren los caminos para que la creación sea posible. La lectura de los libros “Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas” y “Evolución de los conceptos de la Física”, de los autores Gerald Holton y Arnold B. Arons, respectivamente, ambos profesores históricos e ilustres de la Universidad de Harvard, nos iluminaron desde el cielo de las ciencias y sus enseñanzas, nos llenaron de inquietudes para seguir investigando y escribir lo que usted aquí podrá leer.



La comunicación mantenida con el Dr. Gerald Holton, por parte del Dr. Jorge Luis, uno de los autores de este libro, y la generosidad del primero en regalarle y dedicarle el suyo, ya mencionado, fue el motor generador de sueños que se han concretado como realidad palpable en esta obra, lo que es y será siempre agradecido desde el corazón y el alma.

El Rector de la Universidad Mundo Maya, campus Campeche, México, el Mtro. Daniel García Vivas, por su parte, ha permitido el encuentro entre dos culturas algo diferentes, pero muy similares en cuanto al interés por mejorar la educación y los procesos de enseñanza-aprendizaje que en la misma se generan. Desde su juventud, liderazgo educativo, apoyo decidido y visión futurista no impone frenos, solo estimula con la generosidad que lo caracteriza, para que sus profesionales creen y despejen el camino hacia el cumplimiento del Principio de Grandeza, que caracteriza a su Institución. Sin él, los doctores Sergio y Jorge Luis no se hubieran encontrado y esta obra, no hubiera sido posible.

A Gerald Holton, a Arnold B. Arons y al Mtro Daniel, muchas gracias por inspirarnos con sus actitudes e ideas.

PREFACIO

Este libro, escrito por varios profesionales de diferentes universidades y países (Cuba, México, Argentina y Ecuador), tiene, como todas las cuestiones de este mundo, su historia. No hay casualidades en la vida y por ello hemos sido capaces de unirnos, por tener intereses profesionales comunes. Todos, de una manera u otra, trabajamos en aras de lograr un proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Química eficiente y con calidad. Muestra de ello son los artículos y libros escritos dedicados a este tema y el interés desenfrenado por escribir este libro, que viene siendo como el eje integrador de nuestras ideas y un compendio de las mismas.

En octubre de 2018, el Dr. Sergio, profesor de la Universidad Mundo Maya (UMMA), campus Campeche, México, visita la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), ubicada en la ciudad de Santa Clara, Cuba, invitado por el Dr. Jorge Luis, para que impartiera diferentes conferencias sobre temas de interés. La primera de ellas la tituló “Didáctica en el aula de ciencias, teoría y experiencias en instituciones de corte tecnológico en México”, y la ciencia que escogió como referencia fue la Física.

Durante los tres días que duró su estancia en la universidad referenciada, sumado al mes de trabajo que luego desarrolló el Dr. Jorge Luis, en la UMMA, que surgió una amistad profesional y familiar entre ellos y comenzó a gestarse un grupo de ideas acerca de realizar investigaciones y publicaciones de manera conjunta, no solo entre los dos, sino también con otros colegas, tanto de un lado como del otro de nuestras geografías. Entre los “otros colegas”, también de esta propia universidad, se encuentra la MSc. Lizette Adriana la cual ha mostrado un alto interés en las investigaciones en el campo educativo y, en especial, por aquellas que se vinculan al área de las Ciencias Naturales.

De modo similar, ocurrió entre el Ing. Edgardo, la MSc. Xenia y el Dr. Jorge Luis, años atrás, cuando el primero y el tercero se encontraron en un evento científico en la ciudad de Varadero, sede de la excelente playa, conocida a nivel internacional, y ahí, también, se fraguaron ideas en el área de las ciencias para ser desarrolladas en el campo de la Educación, en especial de la Química y la Física. Luego, los tres, se reunieron en la UCLV y de sus intercambios y esfuerzos, surgió la escritura del libro titulado “La Teoría de la Omisión (TOMs) y su papel en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física”. Sobre la TOMs, la MSc Xenia se encuentra realizando actualmente su doctorado en ciencias pedagógicas.

Sí el Ing. Edgardo, fue la inspiración para escribir el libro sobre la TOMs, la conferencia dictada por el Dr. Sergio en la UCLV y sus artículos sobre la enseñanza de la Física y la Química, ha sido la luz y la inspiración, para escribir este libro, unificando las diversas ideas de los autores, a la cual se le suman las escritas en el libro “Las Ciencias Naturales desde las tareas integradoras”, del Dr. Jorge Luis y el Ing. Edgardo.

Hemos decidido sobre el título de esta obra atendiendo a todas aquellas charlas y encuentros en los que los autores han aportado su punto de vista sobre ¿Cómo enseñar Física y Química? Reuniones de trabajo metodológico, reuniones de academia

de profesores, disertaciones, trabajo docente en aula, estudios experimentales, asesorías de tesis, y por qué no, hasta reuniones de café, en las que la inquietud por contestar lo más acertadamente posible la pregunta planteada anteriormente ha generado la inquietud necesaria en nosotros para escribir este libro.

Los autores, estamos seguros que esta obra será de utilidad, tanto para estudiantes, profesores de Física y Química y quienes dirigen instituciones educativas en los distintos niveles educativos, por las reflexiones técnicas, didácticas y pedagógicas que aporta para una mejor enseñanza de las ciencias.

Si de cada diez personas que lo lean, logramos que al menos una se motive por estudiar a estas ciencias, entonces cada palabra escrita aquí, habrá de cobrar un valor inestimable.

Los autores

PRÓLOGO

El libro “LA HUMANÍSTICA EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA”, quizás debió ver la luz mucho antes dado su pertinencia y la necesidad de su estudio y comprensión por aquellos que tenemos la gran responsabilidad de dirigir el proceso de enseñanza aprendizaje de estas ciencias como asignaturas en cualquier escenario, es decir, en la escuela media o incluso en la enseñanza universitaria. Pero alcanza, más que entre ningún otro aspecto, una especial relevancia en la formación de profesores de estas asignaturas.

Quizás para algunos el título parezca contradictorio, humanismo y las llamadas ciencias fuertes, aunque parezca paradójico, no lo es realmente, ya que en algunos ambientes académicos se señala la posibilidad de que las segundas no tienen que ver con la primeras y viceversa.

Pero tal discusión se ha prolongado en el tiempo, así Charles Percy Snow, físico y novelista inglés señala en su conferencia “Las dos culturas y un segundo enfoque” en 1959, que “Son muchos los días que he pasado con científicos las horas de trabajo para salir luego de noche a reunirme con colegas literatos. Y, viviendo entre dichos grupos, se me fue planteando el problema que desde mucho antes de confiarlo al papel había bautizado en mi fuero interno con el nombre de <las dos culturas>. Se trata de dos grupos polarmente antitéticos: los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos. Entre ambos polos, un abismo de incompreensión mutua; algunas veces (especialmente entre los jóvenes) hostilidad y desagrado, pero más que nada falta de entendimiento recíproco. Los científicos creen que los intelectuales literarios carecen por completo de visión anticipadora, que viven singularmente desentendidos de sus hermanos los hombres, que son en un profundo sentido anti-intelectuales, anhelosos de reducir tanto el arte como el pensamiento al momento existencial. Cuando los no científicos oyen hablar de científicos que no han leído nunca una obra importante de la literatura, sueltan una risita entre burlona y compasiva. Los desestiman como especialistas ignorantes. Una o dos veces me he visto provocado y he preguntado, a los no científicos, cuántos de ellos eran capaces de enunciar el segundo principio de la termodinámica. La respuesta fue glacial; fue también negativa. Y sin embargo lo que les preguntaba es más o menos el equivalente científico de <¿Ha leído usted alguna obra de Shakespeare?>”.

Esto demuestra, entre muchas razones, que no enumeramos para no cansar al lector que existe una necesidad manifiesta de acercar <la dos culturas>, como plantea C. P. Snow.

La ciencia escolar o la ciencia como asignatura, como se denominan en el argot de la didáctica de las ciencias, no solo es herramienta para continuar estudios en las ingenierías o en carreras en las ciencias puras y en la docencia, es ante todo vehículo cultural portadora de valores axiológicos y estéticos indiscutibles por la forma en que se construye o por la responsabilidad de los que la elaboran, sino por los valores personales de los científicos, porque ante todo en los descubrimientos en las ciencias está el hombre con sus aciertos y virtudes, pero también con sus reveses con sus

irrealizaciones. Esto hay que revelarlo en las clases de ciencias. La ciencia está impregnada por su tiempo y nunca será neutra.

El libro nos ofrece de manera amena, pero sin perder rigor científico, suficiente información para acercar esas <dos culturas> y enfatizar la necesidad de introducir estas ideas en el proceso de enseñanza aprendizaje con responsabilidad y convencidos de su necesidad, no solo para explotar esta arista <cultural y humanística> de la <Ciencia Escolar>, sino para lograr una actitud favorablemente motivada hacia el estudio de las mismas.

El libro se nos presenta mediante una introducción, dos capítulos y un epílogo, de manera que se hace un recorrido bien estructurado por los temas que contribuyen de una forma u otra a este a la presencia de la humanística en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química. En el primer capítulo, <Problemas actuales en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química>, donde se tratan profusamente elementos de las didácticas específicas de estas ciencias escolares, con la idea vertebradora de contribuir al enfoque humanista, a la vez que aborda elementos de actualidad de estas ciencias como asignaturas y como ciencias. También declara y deja sentado elementos de la Teoría de la Omisión, en el sentido que muchas omisiones atentan contra un enfoque humanista, y contar el rigor histórico que debe ser parte inherente del proceso de enseñanza aprendizaje de las mismas, es decir, de las ciencias como asignaturas referidas

En el segundo capítulo, <La humanística y las ciencias naturales, Física y Química: una relación simbiótica>, se centra ya directamente en los aportes o posibilidades de la Física y la Química, respectivamente, en la consecución del enfoque humanista que se sustenta, pero no se queda ahí, propone un modelo fundamentado tanto para ser implementado en la Física como en la Química, en los temas de la <Mecánica Clásica> y el <Atomismo>.

En este capítulo se profundiza en la Historia de la Física y en la Historia de la Química, respectivamente, donde se muestra ese carácter humanista que se sustenta en todo el texto y que realmente dota de recursos para el logro de tal fin

Por último, a modo de epílogo se hace gala del poder de síntesis y de manera concreta se refieren los elementos esenciales abordados en el libro.

Los invito, o quizás los rete, a leer este libro que bien pudiera redundar positivamente en el enriquecimiento de la cultura didáctica y epistemológica que deben tener los profesores de estas asignaturas, para lograr enseñar las mismas de manera que motive a los estudiantes y los acerque a una visión humanista y no elitista de las ciencias.

Dr. Héctor R. Piñero Páez

Universidad Central Marta Abreu de las
Villas

Dpto. de Ciencias Exactas

INTRODUCCIÓN SOBRE EL ARTE EN LA CIENCIA O LA CIENCIA COMO ARTE

<El espacio de Einstein no está más cerca de la realidad que el cielo de Van Gogh. La gloria de la ciencia no estriba en una verdad más absoluta que la verdad de Bach o Tolstoi sino que está en el acto de la creación misma. Con sus descubrimientos, el hombre de ciencia impone su propio orden al caos, así como el compositor o el pintor impone el suyo: un orden que siempre se refiere a aspectos limitados de la realidad y se basa en el marco de referencias del observador, marco que difiere de un periodo a otro, así como un desnudo de Rembrandt difiere de un desnudo de Manet>.

Arthur Koestler

Existen dos cuestiones universales, al menos, de la que creemos que sabemos todos, una es el amor y la otra la educación. Sin embargo, cada día el mundo se acerca más a su destrucción total. Más guerras, más hambre, más ricos, muchos más pobres, más divorcios, más crímenes y todo ello forma parte del desamor que está reinando y de los modelos educativos que cambian a diario, porque no funcionan unos, o porque es parte de un negocio, hacerlos cambiar.

Si nos consideramos eruditos en el amor, es porque desde que nacemos, lo sentimos por parte de nuestros padres y desde tempranas edades comenzamos a enamorarnos de otros. Nótese que muy pocos seres humanos leen acerca de la <cientificidad> del amor o de las relaciones sexuales, porque no interiorizan que ello es importante, todo lo contrario, <si conozco muy bien algo> para que voy entonces a estudiarlo, es el pensamiento en general.

Por otra parte, si consideramos que sabemos mucho de educación y sus procesos, es porque desde los 4 o 5 años, o quizás antes, ya comienza la educación formal y la misma no termina hasta que se llega a la graduación universitaria, o un poco más allá, aunque la mayoría de los seres humanos en este planeta no transcurren todo el camino, por diferentes razones, que van desde el status económico hasta la deserción escolar, por falta de capacidad intelectual, de interés o motivación, en sentido general.

Los procesos educativos se realizan en locales que, por lo general, se les llaman aulas, escuelas, instituciones y universidades. Mientras se estudia en ellas vemos directivos, decenas de profesores, personal de oficinas y mantenimiento, además de cientos de estudiantes y el tiempo que pasamos dentro de las mismas es extenso, en ocasiones mayor que aquel que transcurrimos en nuestros hogares o en las calles. Claro que, si lo anterior ocurre, pues quién nos va hacer <historias> de la educación, de los procesos de enseñanza-aprendizaje que se desarrollan en las referidas instituciones y de los fracasos y aciertos que pueden existir en las mismas.

En las instituciones educativas, el proceso de enseñanza-aprendizaje se escinde en dos partes fundamentalmente: una dedicada al estudio de las ciencias humanísticas y la otra al de las ciencias naturales y exactas. Las primeras llamadas <ciencias blandas> y las segundas <ciencias duras>. Las <ciencias blandas>, relativamente fáciles de

aprobar, y las <ciencias duras>, todo lo contrario, son un dolor de cabeza enorme para todo aquel que las estudia.

Los profesores de las <ciencias blandas> con una personalidad y manera de actuar, por lo general muy distinta a los profesores de las <ciencias duras>. Quizás el hecho de conocer y dominar una <ciencia dura> hace que este profesor se manifieste diferente al otro de las <ciencias blandas>. El símil vendría siendo como el comportamiento de un hombre fornido, dedicado al ejercicio físico y conocedor de un arte marcial, y el de un hombre con características bien diferentes al primero, ante una situación que conlleve acción corporal para resolver determinado problema de la vida cotidiana.

Lo expresado hasta aquí, ha sido debatido y estudiado, de diferentes formas y el nombre por el cual se le conoce mejor es por el de <las dos culturas>, o sea, una desarrollada por los científicos, <ciencias duras> y la otra por los no científicos, <ciencias blandas>.

En el libro <Las Dos Culturas> de C.P. Snow, con introducción de Stefan Collini, son altamente elocuentes sobre el tema hasta aquí tratado. En el mismo se plantea que los “no científicos...emiten una risita de conmiseración al enterarse de que hay científicos que nunca leyeron ninguna de las grandes obras de la literatura Inglesa. Los desdeñan como especialistas ignorantes. No obstante, su propia ignorancia y especialización son igualmente asombrosas, ...más de una vez participé en reuniones de personas que, de acuerdo con las pautas de la cultura tradicional, son consideradas como sumamente instruidas y que expresaban con considerable deleite su incredulidad ante el analfabetismo de los científicos. En una o dos ocasiones me provocaron y pregunté a los invitados cuántos de ellos podían describir la segunda ley de la termodinámica. La respuesta fue fría; también fue negativa. Sin embargo, yo preguntaba algo que es el equivalente aproximado de: ¿Leyó usted una obra de Shakespeare? Hoy creo que si hubiese hecho una pregunta aún más simple, por ejemplo, < ¿a qué nos referimos cuando hablamos de masa o de aceleración?>, que es el equivalente científico de < ¿sabe leer?>, no más de una de cada diez personas altamente instruidas habría sentido que hablábamos el mismo idioma. De modo que el gran edificio de la física moderna sigue elevándose y la mayoría de las personas más inteligentes del mundo occidental tienen tanta idea sobre él, como la que habrían tenido sus ancestros neolíticos”. (Snow, C.P, 2000. pp. 85-86).

Lo anterior, es generalmente así, a unos les gustan las <letras>, a otros los <números>. Pero la cuestión radica en que la cultura debe ser general para los seres humanos y, lamentablemente no siempre es de este modo, a unos les interesa solamente la <cultura científica> y a otros la <cultura intelectual o de las letras>.

Notemos que a los científicos casi nunca se les llama intelectuales y a los segundos nunca se les denomina científicos. La segunda parte es más o menos lógica, la primera no, si consideramos que en la intelectualidad se incluyen a todos aquellos que tienden a dedicarse a estudiar y reflexionar sobre la realidad, para luego comunicar sus ideas con el interés de influir en ellas.

Esta separación entre <ciencias duras y blandas>, tanto en el plano social como educativo, causa daño y si es en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las mismas, más aún.

Ahora bien, “la preocupación por la divisoria entre las <dos culturas> se remonta esencialmente al siglo XIX, y la forma moderna de esa angustia apenas habría sido inteligible en períodos anteriores”. (Snow, C.P, 2000. p. 8).

“Lo reiterado de la aspiración de ser <el Newton de las ciencias morales> durante la Ilustración da testimonio del prestigio no sólo de la mecánica celeste sino, más en general, del <método experimental>. Pero la expresión también indica que el estudio de los asuntos humanos podía verse como si se situara en un continuum con la comprensión del mundo natural, y el mapa cultural trazado por el gran monumento intelectual de la Ilustración... no representó el conocimiento humano como estructurado en torno de una separación correspondiente a la divisoria posterior entre <las ciencias> y <las humanidades>”. (Snow, C.P, 2000. p.8).

“El surgimiento de la angustia ante la posibilidad de que se produjera una fisura semejante en los tipos de conocimiento, perjudicial tanto para la cultura individual como para el bienestar social, puede fecharse en el período romántico, entre fines del siglo XVIII y principios del siglo XIX. Pero aún en ese momento, la amenaza no se identificaría todavía necesariamente como una incapacidad de comunicarse a través de una divisoria que separaba a los estudiosos de los mundos humano y natural. (Snow, C.P, 2000. p.8).

De acuerdo a Snow, “a fines del siglo XIX, la ciencia no tenía un paladín más temible y elocuente...Huxley, un distinguido naturalista y anatomista comparativo...profesor...con la intención explícita de brindar una educación científica a quienes quisieran seguir una carrera en las manufacturas y el comercio, ...lanzó un desafío a los defensores de la educación clásica tradicional. La ciencia, afirmó, formaba parte de la cultura y ofrecía un riguroso entrenamiento mental, así como hacía un aporte indispensable al bienestar nacional. Por lo tanto, en tonos que se harían familiares en el siglo siguiente, denunció como injustificada y corta de miras la resistencia que los partidarios del programa clásico tradicional oponían a las pretensiones de la educación científica...” (Snow, C.P, 2000. pp. 12-13).

Por su parte, “...Matthew Arnold...el mayor hombre de letras de la Inglaterra victoriana,...inspector de escuelas, de modo que se consideraba que en materia de educación hablaba con una doble autoridad,...cuando acudió a dictar su conferencia Rede de 1882... propuso como tema <La literatura y la ciencia>, y aceptó explícitamente el desafío planteado por el discurso de Huxley. En esencia, su táctica consistió en redefinir los términos hasta hacer prácticamente desaparecer el agudo contraste que éste había trazado entre una educación literaria y una educación científica. Insistió en que la categoría de <literatura> debía englobar no sólo las <belles lettres> sino todos los grandes clásicos, incluidos los <Principia> de Newton y <El origen de las especies> de Darwin. De manera similar, sostuvo que Huxley limitaba la palabra <ciencia> al restringido sentido inglés; el estudio de las lenguas y de la historia

podía formar parte del conocimiento sistemático... Así, Arnold consiguió que le fuera fácil concluir conciliadoramente que la literatura y la ciencia no eran tan completamente disímiles entre sí y que ambas merecían un lugar en una educación refinada. Pero, por debajo de esta muestra de afabilidad, Arnold ofrecía en realidad una resistencia inflexible al intento de Huxley de promoción de la educación científica y degradación de la educación clásica. Por sobre todo, insistía en que una capacitación en las ciencias naturales podía producir un especialista valioso en la práctica, pero que no podría resultar un <hombre instruido>: para ello, la literatura, y especialmente las de la Antigüedad, seguían siendo indispensables”. (Snow, C.P, 2000. pp. 12-13).

“Dos grupos polarizados: en un polo tenemos a los intelectuales literarios, quienes, de paso, mientras nadie miraba tomaron la costumbre de referirse a sí mismos como <intelectuales>, como si no hubiera otros. Recuerdo que una vez, en algún momento de la década del treinta, G. H. Hardy me señaló, con un moderado desconcierto: < ¿Notó cómo se usa hoy la palabra <intelectual>? Parece haber una nueva definición que sin duda no incluye a Rutherford, Eddington, Dirac, Adrian ni a mí. Parece bastante curioso, ¿no lo cree usted?>”. (Snow, C.P, 2000. pp. 75-76).

“Los intelectuales literarios en un polo, y en el otro los científicos, con los físicos como los más representativos. Entre ambos un abismo de incompreensión mutua, a veces (particularmente entre los jóvenes) hostilidad y desagrado, pero sobre todo falta de entendimiento. Cada grupo tiene una curiosa imagen distorsionada del otro. Sus actitudes son tan diferentes que, aun en el plano de la emoción, no pueden encontrar mucho terreno en común. Los no científicos tienden a pensar que los científicos son insolentes y jactanciosos”. (Snow, C.P, 2000. pp. 75-76).

De cierta manera, es así realmente como se plantea en el anterior párrafo. Un ejemplo elocuente de ello es la situación que se da en los profesionales que laboran en las universidades, entre los que se dedican solo a las <ciencias duras> e investigan en las mismas y aquellos que se graduaron en las <ciencias duras>, pero en determinado momento dejaron de investigar en estas como ciencias <puras> y pasaron a investigar y dedicarse al plano educativo, a la didáctica, a la rama de la pedagogía y al perfeccionamiento del proceso de enseñanza-aprendizaje de las mismas.

Los primeros acusan a los segundos de ser unos frustrados, un tanto mediocres, que escogieron el camino de la enseñanza por no quedarles más remedio y los segundos acusan a los primeros de que conocen mucho de la ciencia, pero no saben impartir clases. Si esta situación se da entre profesionales <puros> de las <ciencias duras> y profesionales <impuros> de las <ciencias duras>, que se podría imaginar de la lucha que se establece entre aquellos que se graduaron como profesores de Física o Química y los que se graduaron para ser investigadores en estas mismas ciencias o de la lucha entre los graduados en <ciencias duras>, bajo cualesquiera de las variantes establecidas, contra los profesionales que se dedican a las <ciencias blandas>. Es muy común oír hablar a un físico, o químico decir, <si me gradué de esta ciencia y la domino, fácilmente puedo estudiar y ser muy bueno en cualquier otra profesión>. Aunque, hay una anécdota que relata todo lo contrario. Robert A. Millikan, al final de su

segundo año de estudios, su profesor de griego le pidió que impartiera un curso de física elemental y cuando él contestó que no sabía nada de física en absoluto, la respuesta de su profesor fue, que cualquiera que supiera bien el griego podía enseñar bien la Física. Esta anécdota se repite en este libro, más adelante, en forma de tarea para reflexionar y demuestra que las <ciencias duras> no son siempre tales y que las <ciencias blandas>, tampoco lo son y que todo depende del contexto y de la persona que se enfrente a las mismas.

“Los no científicos tienen la arraigada impresión de que los científicos son superficialmente optimistas e ignoran la condición del hombre. Por su parte, los científicos creen que los intelectuales literarios carecen por completo de previsión, son singularmente indiferentes a sus hermanos y en un sentido profundo anti intelectuales, ansiosos por restringir tanto el arte como el pensamiento al momento existencial”. (Snow, C.P, 2000. pp. 75-76).

Como en todas las cuestiones de la vida existen excepciones de la regla. El caso de Albert Einstein y Sigmund Freud derrumban las ideas anteriores. Einstein fue un investigador como ningún otro, pero por otro lado era un apasionado de la música, tocaba muy bien el violín. También fue profesor y, aunque en un principio no le agradaba mucho, pues se acostumbró a la idea y no lo hacía mal. A lo de investigador, músico y profesor hay que añadir que fue un pacifista por excelencia y que mantenía amistades y relaciones de trabajo con otros profesionales que no se dedicaban a las <ciencias duras>, como es el caso de Freud, quien fue todo un genio en el psicoanálisis.

Por ejemplo, durante la primera guerra mundial, Einstein, expresó: “Desprecio profundamente a quien puede marchar contento tras una música; esa gente tiene cerebro por error, le hubiera bastado con la espina dorsal... ¡Con qué fuerza odio el heroísmo por mandato, el camino del embrutecimiento, el detestable chovinismo! ¡Qué ruín y despreciable me parece la guerra! Antes me dejaría cortar en pedazos que participar en una actividad tan infame...” (Kuznetzov, B. 1990, pp. 241-254).

Einstein no solamente realizaba sus planteamientos de manera individual. También intentaba organizar acciones conjuntas con otros intelectuales y científicos de su época. Por ejemplo, en carta a Paul Ehrenfest, físico y matemático austriaco, le dice que, “en la enloquecida Europa está gestándose algo extraordinario. Esta época muestra a qué lastimera raza de animales pertenecemos. Continúo en silencio las investigaciones y las meditaciones pacíficas, pero estoy embargado por la pena y la repulsa”. (Kuznetzov, B. 1990, pp. 241-254).

En carta a Hendrik Antoon Lorentz, físico y matemático neerlandés plantea que, “si los contactos se rompen (entre científicos de los países beligerantes), esto significará que a los hombres les es necesaria una ficción idiota que los excite al odio mutuo. En una época ésta fue la religión, ahora: el Estado” y en carta a Romain Rolland (escritor francés), se pone a disposición de la organización anti guerrerista Patria Nueva, fundada por éste y en ella agrega que en, “Europa, después de tres siglos de tenso trabajo intelectual, la locura religiosa había sido sustituida por la nacionalista...hay

científicos que se conducen como si se les hubiera amputado el cerebro...hay sustitución de la razón por los instintos zoológicos en los científicos...” (Kuznetzov, B. 1990, pp. 241-254).

Sobre el dilema de la guerra-paz, es interesante destacar la relación surgida entre Einstein y Freud, la cual comenzó en el verano de 1932 cuando bajo los auspicios del Instituto Internacional de Cooperación Intelectual, Einstein inició un debate público con Freud acerca de las causas y solución o <cura> a las guerras. Todo este debate fue a través solo de la correspondencia.

La primera carta oficial de Einstein fue fechada el 30 de Julio del año señalado con anterioridad. El intercambio epistolario entre ambos fue publicado en 1933, bajo el título de < ¿Por qué las Guerras?> En la primera carta, Einstein, le realiza a Freud la siguiente pregunta: “¿Hay algún camino para evitar a la humanidad los estragos de la guerra?” A lo que sigue con el siguiente comentario: “Hay ciertos obstáculos psicológicos cuya presencia puede borrosamente vislumbrar un lego en las ciencias del alma, pero cuyas interrelaciones y vicisitudes es incapaz de imaginar; estoy seguro de que usted podrá sugerir métodos educativos, más o menos ajenos al ámbito de la política, para eliminar esos obstáculos”. (Correo., 1985).

1. “¿Podemos tener una organización supranacional competente para emitir veredictos de autoridad incontestable e imponer el acatamiento absoluto a la ejecución de estos?
2. ¿Cómo es posible que una pequeña camarilla en un país determinado someta al servicio de sus ambiciones la voluntad de la mayoría, para la cual el estado de guerra representa pérdidas y sufrimientos?
3. ¿Cómo es que la clase dominante usa la influencia que tiene sobre las escuelas, la prensa y la iglesia y logra despertar en los hombres tan salvaje entusiasmo hacia la guerra, hasta llevarlos a sacrificar su vida?
4. ¿Es posible controlar la evolución mental del hombre como para ponerlo a salvo de las psicosis del odio y la destructividad?”

Y le termina diciendo a Freud, “sé que en sus escritos podemos hallar respuestas, explícitas o tácitas, a todos los aspectos de este urgente y absorbente problema. Pero sería para todos nosotros un gran servicio que usted expusiese el problema de la paz mundial a la luz de sus descubrimientos más recientes, porque esa exposición podría muy bien marcar el camino para nuevos y fructíferos modos de acción”. (Correo., 1985).

Siguiendo con el análisis de las dos culturas y la unidad que debe existir entre las mismas, Einstein y Freud como ejemplos, para nada la separación, como hoy en día se manifiesta, se puede decir que “el hombre renacentista, no es posible. Pero podemos hacer algo. El principal medio a nuestro alcance es la educación: principalmente, en colegios primarios y secundarios, pero también en facultades y universidades. No hay excusas para dejar que otra generación sea tan enormemente ignorante o tan vacía de entendimiento y comprensión como la nuestra”. (Snow, C.P, 2000. p. 124).

“La curiosidad por el mundo natural y el uso de sistemas simbólicos de pensamiento son dos de las más valiosas y más específicamente humanas de todas las cualidades humanas. Los métodos tradicionales de desarrollo mental las dejaban hambreadas. A la inversa, lo mismo hace la educación científica: hambrea nuestras facultades verbales; da un magnífico espacio al lenguaje de los símbolos, pero no al de las palabras. En ambos lados subestimamos la amplitud de los dones de un ser humano. Empero, si pretendemos siquiera usar <cultura> en su sentido más elaborado, sólo la falta de imaginación o, posiblemente, la rotunda ignorancia, podrían negarla a los científicos. Dicha ignorancia no tiene excusas. A lo largo de una generación se construyó toda una masa de literatura, escrita, de paso, en una de las prosas más bellas de nuestro tiempo, para demostrar los valores intelectuales, estéticos y morales inherentes a la búsqueda de la ciencia...” (Snow, C.P., 2000. p. 126).

Hoy, los libros de texto, dedicados a las ciencias, en especial a la Física y la Química, contienen menos cantidades de páginas y palabras. Las fórmulas, gráficos y tablas colman cada una de las hojas. Los profesores recurren en sus clases, más a las herramientas matemáticas que simplifican el <lenguaje literario>, que a las propias explicaciones abiertas, extensas y profundas que es la vía por excelencia para hacer comprender un fenómeno o hecho como tal.

Cuando un estudiante pregunta, ¿Cuál es la segunda Ley de Newton?, en vez del profesor explicar con ejemplos lo que esta Ley significa y hacer razonar a todos los estudiantes en su conjunto con la magia de la palabra, inmediatamente se dirige a la pizarra y escribe la ecuación matemática de la segunda Ley y recita lo que la misma <dice>. Lo mismo ocurre si a un profesor de Química se le pregunta que es una reacción exotérmica. Mientras menos converse un profesor de las <ciencias duras>, mejor estima que es; mientras más simbología matemática utilice en sus clases, estima que más se acerca a la excelencia en la docencia.

Stephen Hawking, en su libro <Historia del Tiempo>, escribe, que la “ciencia moderna se ha hecho tan técnica que solo un pequeño número de especialistas son capaces de dominar las matemáticas usadas en su descripción. A pesar de ello, las ideas básicas acerca del origen y del destino del universo pueden ser enunciadas sin matemáticas, de tal manera que las personas sin una educación científica las puedan entender...Alguien me dijo que cada ecuación que incluyera en el libro reduciría las ventas a la mitad. Por consiguiente, decidí no poner ninguna en absoluto. Al final, sin embargo, sí que incluí una ecuación, la famosa ecuación de Einstein, $E = mc^2$. Espero que esto no asuste a la mitad de mis potenciales lectores”. (Hawking, S.W., 1992. p.9)

No solo las ideas básicas acerca del origen y del destino del universo pueden ser enunciadas sin matemáticas, en realidad todas las ideas de las <ciencias duras> (Física y Química), pueden expresarse sin estas. De lo anterior escasean los libros de texto de Física y Química. No es realizar el <exorcismo> a estos libros y librarlos del <demonio> de las matemáticas. No, todo lo contrario, es incluir en ellos la matemática, pero solo aquella que realmente se necesita y verbalizar más, explicar más, dar mayor cantidad

de detalles de los fenómenos y origen de los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos.

Si el libro de Hawking estuvo entre los más vendidos durante 237 semanas, y batió el récord de 184 semanas, estando por ello este record registrado en el Libro Guinness de 1998 y, hasta el 2002 se habían vendido 9 millones de copias del mismo, es porque podía leerse sin decodificarlo y disfrutar de su lectura de una manera amena. Si un libro como este, que trata del universo, de su origen y su destino, del principio de incertidumbre, de los agujeros negros y de la unificación de la Física fue y es tan llamativo, fue y es tan leído y comprendido, tratando temas tan complejos, con la inclusión solo de una ecuación matemática, entonces, ¿por qué seguir escribiendo libros de texto sobre Física y Química, tan complejos, tan matematizados y falta de motivaciones, haciendo que éstas dos ciencias sean rechazadas por parte de aquellos que las estudian?

Otro ejemplo elocuente de lo discutido hasta el momento, es el libro <La Física, aventura del pensamiento: el desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos>, escrito por Albert Einstein y Leopold Infeld. El propio título nos dice la complejidad de las ideas que van a ser tratadas en el mismo, sin embargo todas y cada una de ellas son hechas comprender por estos dos notables físicos.

El lenguaje es claro y atractivo y en su prefacio, se puede leer que, “nuestra intención fue, más bien, describir, a grandes rasgos, las tentativas de la mente humana para encontrar una conexión entre el mundo de las ideas y el mundo de los fenómenos. Hemos tratado de mostrar las fuerzas activas que obligan a la ciencia a inventar ideas correspondientes a la realidad de nuestro mundo. Pero la explicación ha tenido que ser sencilla.” (Einstein, A. y Infeld, L. 1961).

En el libro anterior, se destaca el historicismo y el respeto que ambos autores sienten por el mismo. No parafrasean, citan textualmente lo escrito por los científicos, solo luego las comentan. El disfrute al leerlo es similar a cuando se lee el libro <Los Miserables>, del francés Víctor Hugo o <Cien años de soledad>, del Premio Nobel de literatura, Gabriel García Márquez, o cualquier otro libro de la literatura universal.

Si Hawking, Einstein e Infeld, genios de la Física, escriben libros de <ciencias duras>, de manera amena, como toda obra literaria, sencilla y con total rigurosidad científica, sin caer en el populismo de las ciencias, entonces por qué no escribir los libros de texto de Física y Química de una forma similar, para motivar a quien estudia por ellos y lograr realmente un aprendizaje sólido, duradero y único.

La temática hasta aquí tratada, es un problema universal y ha de afectar por igual a todos los países, ya sean avanzados o no en educación, ya sean ricos o pobres.

Gerald Holton, el notable historiador de las ciencias, nos explica en su artículo <What Historians of Science and Science Educators Can Do for One Another> (<Qué pueden hacer el uno por el otro, los historiadores de las ciencias y los educadores o profesores

en ciencias>), que existe un alejamiento relativo entre los historiadores y los profesores, de sus <dos culturas>.

Al respecto, Holton dice que “Propondré algunas respuestas concretas a la pregunta de lo que los historiadores y filósofos de la ciencia y los educadores de la ciencia pueden hacer el uno para el otro, incluidas algunas acciones específicas, así como señalar las formas de identificar aliados efectivos. Pero antes de llegar a esta parte optimista, algunos comentarios están en el orden de las dificultades que enfrentan los dos grupos, los que deberían ayudarse mutuamente...”. (Holton, G., 2003. pp. 603-604).

“Hay grandes diferencias sociológicas y personales entre los estudiosos de la historia o filosofía de la ciencia, por un lado, y personas dedicadas principalmente a la educación científica, por otro lado, diferencias con respecto a la preparación profesional, la preocupación, los sistemas de recompensa, las revistas, las sociedades profesionales, en resumen, por todos esos indicadores que los sociólogos usan para identificar cualquier profesión...Para ser específicos: entre los historiadores de la ciencia, de los cuales solo hay unos pocos miles de profesionales en el mundo, los escritos en sus revistas profesionales son casi por definición del tipo que raramente encontraría su camino en manos de educadores de ciencias...”. (Holton, G., 2003. pp. 603-604).

“En verdad, un departamento de historia de la ciencia o de historia de la filosofía podría ser, en principio, el lugar donde una universidad, por ejemplo, podría convertirse en una verdadera universidad, en el sentido de que los historiadores de la ciencia encuentran fructíferos materiales en prácticamente todos los campos perseguidos en esos otros edificios en el campus, sean en medicina o física, religión o política, psicología o música, artes y arquitectura, o la interacción entre grupos sociales. En resumen, esos educadores de ciencias quienes pueden ser persuadidos para que recurran a la historia y la filosofía de la ciencia, en estas, puede encontrar material fascinante con el que infundir su propia actividad”. (Holton, G., 2003. pp. 603-604).

“Si los historiadores y filósofos de la ciencia, por su parte, se preocupan en gran medida por sus propias tareas, existe una situación simétrica en esa otra cultura, la de los educadores de la ciencia...Pero en cuanto a la historia o la filosofía de la ciencia, la mayoría de los científicos involucrados en la educación científica son esencialmente agnósticos con respecto a la filosofía o la historia, con algunos incluso orgullosamente ignorantes de la filosofía, como fue por ejemplo Richard Feynman, o de la historia de la ciencia, como fue Sam Goudsmit...”. (Holton, G., 2003. pp. 603-604).

“La mayoría de estos científicos no tienen tiempo para decirles a sus estudiantes cómo sucedió todo, y no tienen la capacitación ni la confianza en sí mismos para ir más allá de sus límites profesionales. Además, la oportunidad de infundir educación científica con historia y filosofía de la ciencia se ha reducido drásticamente en los Estados Unidos... Entonces, si una revista que contenga los últimos resultados de investigación sobre la educación científica llega al escritorio de un científico típico; bueno, se lo dejo a su imaginación para completar esa oración”. (Holton, G., 2003. pp. 603-604).

“Por supuesto, hay excepciones como Fred Reiff, Lillian McDermott, Eric Mazur, Jim Rutherford, Dan Goroff y algunos otros, cuyas investigaciones educativas probablemente sean leídas por más de unas pocas personas con batas de laboratorio. Obviamente, parte de nuestro trabajo es en gran medida aumentar la interacción de ese tipo. Pero debería agregar una cosa más... la mayoría de los editores de libros de texto, que en los Estados Unidos están actuando efectivamente como Ministerio de Educación, es muy poco probable que permitan espacio en un texto de ciencia para algo más que una anécdota histórica”. (Holton, G., 2003. pp. 603-604).

Lo escrito por Geral Holton, como reza el dicho, está más claro que el agua, se explica por sí mismo. En este artículo, Holton, da ejemplos de científicos que dedicaron buena parte de su vida a realizar estudios históricos para su utilización en la enseñanza. Uno de ellos es James Bryant Conant (1893 –1978), quien fue químico y presidente de la Universidad de Harvard, desde donde promovió reformas que llevaron a ese centro educativo a un nivel de excelencia en investigación.

Por otra parte, Millikan, del Instituto de Tecnología de California, publicó un libro de texto titulado <Mechanics, Molecular Physics and Heat: A Twelve Weeks' College Course> (<La Mecánica, la Física Molecular y el Calor: Un Curso de Doce Semanas en el Colegio>) para ser utilizado en el curso de Física General en CalTech, una de las universidades más prestigiosas del mundo, poco antes de pasarse trabajando durante ocho años para descubrir la carga del electrón en un aparato digno de quedarse ciego, y verificar la ecuación del efecto fotoeléctrico en un proceso lento. En este libro, “Millikan deja claro que cualquier estudiante debía leer algunos clásicos de la ciencia, tales como <Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze> (<Discurso y demostraciones matemáticas, en torno a dos nuevas ciencias>), escrito por Galileo Galilei, <Philosophiae naturalis Principia Mathematica> (<Principios Matemáticos de la Filosofía Natural>) de Isaac Newton y <On the Equilibrium of Planes and On Floating Bodies> (<Sobre el Equilibrio de Planos y Sobre los Cuerpos Flotantes>) de Arquímedes. Para dar valor a sus alumnos citaba a Maxwell: <Es una gran ventaja para el estudiante de cualquier tema leer la memoria original del mismo, ya que la ciencia es siempre más completamente asimilada cuando se encuentra en su estado naciente>”. (Garritz, A., 2010. p. 266-267). Este mismo consejo, pero en manera de tarea a resolver o investigar, lo da Arnold B. Arons, en su libro <Evolución de los conceptos de la Física>, al final de algunos de los capítulos del mismo.

¿Cómo se escriben, por lo general, los libros de texto sobre la historia de un país?

De manera general, en los libros de historia, se relatan los acontecimientos históricos, casi siempre de forma cronológica, y se destacan los principales hombres involucrados con sus ideas, sus luchas, decisiones y hechos en los cuales sobresalieron de una manera u otra, así como la implicación de los referidos acontecimientos históricos del pasado en la sociedad presente y futura.

¿Cómo deben escribirse los libros de texto que versan sobre las <ciencias duras>, en nuestro caso de Física y de Química?

Deberían escribirse como los libros de historia anteriormente mencionados. En donde se destaque el período histórico donde vivió el científico, sus principales ideas, descubrimientos, decisiones y su actuar en la sociedad. Así, como la evolución histórica de cada concepto, principio, ley, teoría o modelo, a todo lo largo del pasado y sus implicaciones en la ciencia actual y futura.

Al final de todo, la historia de las ciencias es parte de la historia universal. Los científicos no forman parte de un grupo selecto que vive en otro planeta. Ellos conviven con todos los seres humanos y comparten el mismo espacio y tiempo, que aquellos hombres que han hecho historia en lo social, en la política, en el arte y en la tecnología, por solo mencionar algunas esferas de actuación. Por lo tanto, los que escriben libros de texto de Física y Química, deben de tomar en consideración estas ideas y volcarlas en esas páginas de manera tal que su lectura se llegue a disfrutar y la motivación florezca de manera natural, para estudiar esas <ciencias duras>, que hasta hoy asustan y ahuyentan a muchos, a pesar de la belleza innata que las mismas tienen.

Arnold B. Arons, en el prefacio de su libro <Evolución de los conceptos de la Física> (Arons, 1970), escribe que “uno de los criterios del conocimiento y la comprensión, es la capacidad del estudiante para tratar ideas expresadas verbalmente, así como con la solución de problemas”. Pero para lograr lo anterior, los libros deben tener características similares a este escrito por Arnol B. Arons. Por ello lo invitamos a que lo lea, a que disfrute del mismo, no se arrepentirá de hacerlo.

Otro aspecto a reflexionar es que los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos que aparecen en los libros de texto de Física y Química, son, por lo general, parafraseados y en muchos casos no se menciona ni tan siquiera quien los enunció ni en qué libro pueden encontrarse sus escritos originales. La descontextualización y los errores en estos libros, la asumen en muchos casos los profesores también y así es transmitido a los alumnos, creándose una desmotivación total hacia el estudio de las <ciencias duras>, además de la aparición de ideas alternativas, las cuales después de surgidas, son realmente complejas de eliminar.

Cuando se parafrasea lo que otros escriben, se puede caer en una situación embarazosa ya que en ocasiones la idea que se quiere dar es equivocada. Parafrasear es la “imitación del texto original, que se imita sin reproducirlo, empleando para ello otro lenguaje, normalmente más sencillo y práctico” (DEL, 2014). Pero que ha sucedido, que muchas veces la <imitación> no es bien hecha y acarrea errores conceptuales. Otras veces las ideas en los libros son claras y de todas maneras se les realiza la paráfrasis como para hacer <más de uno, lo que escribe de otros>, lo cual no es correcto ni engrandece la <supuesta originalidad>, todo lo contrario.

Si usted quiere leer sobre las obras de Aristóteles, de Dalton o de Hawking, por solo citar tres ejemplos, tome sus libros y léalos directamente, sin el intermediario de la paráfrasis, solo acuda a libros que parafrasean las ideas de los genios, de no entender sus escritos originales, lo cual sería algo muy extraño. Mientras más paráfrasis se realizan de los escritos dedicados a las <ciencias duras y blandas>, más el peligro de la ocurrencia de ideas alternativas, como ya planteamos, y deficiencias en el proceso de

enseñanza-aprendizaje de las mismas. Este problema es típico en la educación, desde hace ya algunos años hasta nuestros días, y entraña serias dificultades.

En este libro, como usted podrá leer en cada uno de los capítulos y epígrafes, no utilizaremos la paráfrasis. Lo que otros autores escriben, con toda claridad, no hay necesidad de parafrasearlo. La originalidad de un libro radica en las ideas que plantea, en el orden que le da a las mismas, en la manera que se integran y se expresan, de forma sencilla, para ser comprendidas y asimiladas.

Estamos seguros, que “los cambios en la educación no resolverán por sí solos nuestros problemas: pero sin ellos ni siquiera advertiremos cuáles son esos problemas. Los cambios educacionales no van a producir milagros. La división de nuestra cultura nos hace más obtusos de lo necesario; podemos reparar las comunicaciones hasta cierto punto, pero...no vamos a producir hombres y mujeres que entiendan nuestro mundo tanto como Piero della Francesca, Pascal o Goethe entendían el suyo. Con buena suerte, sin embargo, podemos educar una gran proporción de nuestras mejores mentes a fin de que no ignoren la experiencia imaginativa, tanto en las artes como en la ciencia, y tampoco las dotes de la ciencia aplicada, el sufrimiento remediable de la mayoría de nuestros semejantes y las responsabilidades que, una vez conocidas, no pueden rechazarse”. (Snow, C.P, 2000. p. 158).

Hay que estudiar e impartir a las <ciencias duras> desde la perspectiva histórica, desde los libros originales, tales como los <Diálogos> de Galileo, La <Física> y <Metafísica> de Aristóteles y los <Principia> de Newton, por solo citar cuatro ejemplos. Los libros anteriores son arte, son de las mejores obras literarias a tomar en consideración, al igual que las obras de Shakespeare y Miguel de Cervantes. En estos libros hay verbo, se establecen debates y reflexiones sobre los descubrimientos. Las ecuaciones, tablas, gráficos, conceptos, principios, leyes, teorías y modelos no salen de la nada, tal como ocurre en muchos de los libros actuales dedicados a las <ciencias duras>. Newton, Einstein, Proust, Dalton, Gauss y todos los demás científicos fueron hijos de su época y de una familia, tuvieron amigos, novias y esposas, al igual que la mayoría de los seres humanos, por lo tanto hay que ver al científico también en su dimensión humana.

Los libros de <ciencias duras> deben <hablar>, deben explicar cada uno de los fenómenos, hacerlos comprender, ver cada uno de ellos desde la perspectiva de las relaciones que se establecen entre los que pertenecen a una ciencia y aquellos que integran las demás, o sea, desde la intradisciplinariedad e interdisciplinariedad, sin intermediar fórmulas, ecuaciones, tablas y gráficos. Solo luego, después que se llegó a interiorizar el fenómeno, deben aparecer las relaciones matemáticas, como complemento de las explicaciones, de la comprensión ya establecida. Es así como se forman las asociaciones significativas en la estructura cognitiva de quien aprende y las herramientas matemáticas dejan de ser tales, para convertirse en letra viva también. Cuando se llega a comprender el fenómeno cualitativamente, entonces las expresiones matemáticas, que lo cuantifican, hablan por sí solas y se hacen entender y comprender de una mejor manera.

Es tan arraigado el hecho de despojar a las <ciencias duras> de la verbalización que la misma significa, que hasta se cometen errores por no hacer <hablar> a las fórmulas y ecuaciones y al análisis que de cada una de ellas debe y tiene que realizarse. Un ejemplo, es la siguiente fórmula, muy conocida en la Física.

$$F = m \cdot a$$

Si la leemos diríamos, que la fuerza que se le aplica a un cuerpo es igual y directamente proporcional al producto de la masa por la aceleración que el cuerpo alcanza. Sin embargo, aquí se comete un error. Fuerza no es igual (=) al producto de la masa por la aceleración del cuerpo; fuerza es idéntico (\equiv), es lo mismo, es exactamente el producto de la masa por la aceleración. Tanto la fuerza, como la masa, como la aceleración, son magnitudes físicas que pueden relacionarse como en este caso.

Entonces la fórmula debe o tiene que escribirse como $F \equiv m \cdot a$ y así debe ser en todas las fórmulas. ¿Cuándo se utiliza el signo =? Cuando se escribe que $F=5N$, porque estamos igualando a una magnitud con el valor que en un momento determinado puede tener.

Otro ejemplo, sería el de la siguiente fórmula, utilizada tanto en la Física como en la Química.

$$E_c = \frac{3}{2} \eta RT$$

Si la leemos diríamos, que la energía cinética de traslación de un gas ideal es igual y directamente proporcional al número de moles del gas (η), a la constante universal (R) de los gases y a la temperatura absoluta del gas (T). Sin embargo, aquí se comete un error, la Energía cinética de traslación de un gas ideal no es igual (=) al producto del número de moles del gas, por la constante universal de los gases, por la temperatura absoluta del gas; Energía cinética de traslación de un gas ideal es idéntico (\equiv), es lo mismo, es exactamente el producto del número de moles del gas, por la constante universal de los gases, por la temperatura absoluta del gas. Tanto la Energía cinética de traslación del gas ideal, como el número de moles del, gas, como la constante universal de los gases, como la temperatura absoluta del gas, son magnitudes que pueden relacionarse como en este caso.

Entonces la fórmula debe o tiene que escribirse como $E_c \equiv 3/2 \eta RT$ y así debe ser en todas las fórmulas. ¿Cuándo se utiliza el signo =? Cuando se escribe que $E_c =5J$, porque estamos igualando a una magnitud con el valor que en un momento determinado puede tener

Le ofrecemos disculpas por ejemplificar con dos fórmulas, cuando quizás con una sola se comprendería la cuestión planteada, pero consideramos que el asunto es tan importante, que la repetición y la insistencia se justifican por sí misma.

Como hemos visto hasta el momento, estudiar e impartir las <ciencias duras>, desde la visión humanística, puede ser la clave para el éxito en las instituciones educativas. Este

libro, tiene como objetivo primordial, destacar lo anterior y motivar a que se haga de esta manera y no de la forma en que se continúa haciendo.

Queremos aclarar, que aunque en este libro existen <Tareas para reflexionar>, no está escrito para que se superen exámenes, todo lo contrario, su único objetivo es fomentar un aprendizaje significativo, haciendo presente a la historia en la que se encuadra a los contenidos que tratamos y las personas que los descubrieron, incluyendo algunas ilustraciones con el solo objetivo de motivar hacia el estudio de la Física y la Química.

Cabe aclarar, casi de último, que entre el término “humanismo” y el “humanístico”, puede existir cierta confusión entre las personas y profesionales de distintas esferas de actuación, como ha existido entre aquellos que han leído el manuscrito de este libro, para recoger de ellos sus comentarios críticos.

El humanismo es un término polisémico sujeto a diversas formas de interpretación y realización. En sentido genérico, se dice humanista a cualquier doctrina que afirme la excelsa dignidad humana, el carácter racional y de fin del hombre, que enfatiza su autonomía, su libertad y su capacidad de transformación de la historia y la sociedad. Es en este sentido en que hacemos alusión a la palabra humanística en este libro, ya que la problemática actual de la formación humanística está suscitada por el impacto de la ciencia y la tecnología, reforzada muchas veces por la mentalidad tecnocrática, el tecnicismo y una fuerte mentalidad pragmática orientada sólo hacia la actividad instrumental. De este modo surge el dualismo educativo: la cultura científica y la cultura humanística.

No debemos seguir con las ideas de dos profesionales diferentes, el de <ciencias duras> y el de <ciencias blandas>, que se disputan la primacía y se critican unos a los otros. También debemos dejar de lado, la creencia de que los libros de <ciencias duras> son mejores mientras más símbolos, fórmulas, tablas, etc. contengan, reiteramos que hay que verbalizar más, hay que recurrir a la historia de las ciencias, en fin, hay que unir, en vez de separar, hay que ser motor impulsor y no obstáculo, hay que dar paso al minotauro por aceptación y no por castigo.

Con lo planteado hasta el momento, ya estamos en condiciones de resumir y declarar los rasgos o factores a tener en consideración para que el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Química, se realice desde la humanística.

1. Que el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Química se lleve a cabo desde la historia de estas ciencias.
2. Que se le otorgue un papel preponderante a la epistemología impregnada en estas ciencias.
3. Que se impartan estas ciencias desde una concepción didáctica nueva, que se atempere al historicismo y a todos los factores que esto conlleva.
4. Que se impartan estas ciencias, teniendo en cuenta una concepción psicológica nueva en cuanto a la motivación.
5. Que se tome en consideración una visión cultural en que la ciencia no solo es herramienta, sino que también es parte de la cultura universal.

Para terminar este epígrafe, solo decir, que en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Química, sus aciertos y desaciertos, así como algunas ideas que deberían ser tomadas en consideración, para ser mejorado y ganar en motivación hacia el estudio de las mismas, es lo que usted se encontrará a partir de este momento. Esperamos que le sean útiles.

Tareas para reflexionar

- a) ¿Cuándo surge el término <científico> y a quién se le atribuye el mismo?
- b) Busque el epistolario entre Freud y Einstein acerca del porqué de las guerras y estudie las respuestas a las preguntas, que el segundo le hace al primero. ¿Cómo usted contestaría a las mismas?
- c) ¿Cuál ciencia surgió primero, Física o Química? ¿Qué relación existe entre las dos?
- d) Investigue sobre científicos que han trabajado tópicos comunes a ambas ciencias.
- e) Lea el libro escrito por Einstein e Infeld, tratado en este epígrafe. Si no le interesa leerlo, al menos vaya página por página y cuente las ecuaciones matemáticas que en el mismo aparece y luego compárelo con el libro de Historia del Tiempo, donde Hawking incluye solo una fórmula física. ¿A qué conclusión llegó?

Concepciones de “científicos” dentro de una mente “intelectual”

Lo que a continuación leerán es un ensayo, que los autores le pidieron hacer a una profesora universitaria graduada de Derecho, sobre la visión que la misma tiene sobre un grupo de conocimientos físicos y químicos, que recibió en algún momento en su vida estudiantil.

Con todo propósito le dimos conceptos que tienen un doble significado, uno en la ciencia y otro en el argot popular, cuestión anterior que se convierte en un dolor de cabeza para aquellos que enseñamos ciencias, porque una cuestión es la que le decimos y tratamos de enseñarles a nuestros estudiantes y otra cuestión es la que posiblemente le quede a estos en su mente o estructura cognitiva.

Note que la autora de este ensayo, no utiliza una ecuación o fórmula física o química y sin embargo, cautiva de la manera en que lo escribe. Ella no es científica y escribe sobre ciencia, lo hace bien y se comprende. Ella rechazaba a las ciencias naturales y exactas y ahora pide conocer más sobre las mismas. El ensayo demuestra como el choque entre las <dos culturas>, puede no ser tal si existe voluntad en hacer las <dos culturas> se fundan en una sola.

Ensayo: Mi visión de los conceptos científicos desde la vida que me rodea

Como toda ciencia, los conocimientos que la Física y la Química nos ha aportado a lo largo de la historia pueden seguir siendo analizados y estudiados con el fin de encontrar aquello que se asemeje más a la verdad, partiendo de la idea que todo en el universo tiende a cambiar. Y es que, por su naturaleza, los seres humanos requieren estar en continua evolución, tanto física como psicológicamente; por el contrario, mantenerse

inmóviles, con una vida sedentaria, conlleva a la rutina, a la pérdida y al fracaso en cualquiera de los ámbitos.

La ciencia ha reconocido que parte de los fenómenos y cuerpos que existen en el universo poseen cualidades únicas que condicionan su funcionamiento y desarrollo, por ende, irrepetibles. Reconocer lo anteriormente dicho le ha permitido realizar estudios profundos, que través de la observación, análisis y comprensión de cada una de sus características, le permitan controlar la aparición y prevención de ciertos sucesos y comportamientos. Es por ello que, en las líneas que se escriben a continuación, desde una perspectiva humanista y subjetiva, carente de dominio de la disciplina y muy particular de la autora, se busca mostrar cómo la energía, la fuerza, la inercia, la masa, el movimiento y el trabajo también poseen un significado más allá de lo que la ciencia nos marca, conceptos que han logrado permear hasta aquella realidad fruto de la reflexión y del ánimo humanos.

En la Física, la Primera Ley de Newton establece que un objeto permanecerá en Reposo o con Movimiento Uniforme Rectilíneo al menos que sobre él actúe una fuerza externa, sin embargo, para el mundo subjetivo, el de los pensamientos, sentimientos y cualidades únicas en los individuos, además de la externa, existe una fuerza que nace de su interior, más potente aún y se llama voluntad. Compuesta de hábitos, programación del pensamiento, disciplina y actitudes, se nutren a partir una necesidad intrínseca del individuo. Así mismo lo escribió Albert Einstein en uno de sus escritos titulado <El Mundo tal y como yo lo veo> o <Mi visión del mundo>, como también es conocido, donde se lee: “No creo en absoluto en la libertad del hombre en un sentido filosófico. Todos actuamos no sólo bajo presión externa sino también en función de la necesidad interna”. (Publicado por primera vez en Forum and Century, vol 84, p. 193-194, el número 13 de la serie "Forum Film actual". Incluido también en Living Philosophies (p. 3-7), Nueva York, Simon & Schuster). (Einstein, A. s/f, p.2)

Sobre esta fuerza que describo, su carácter subjetivo y falta de comprobación la hacen de menos credibilidad para muchas personas y es que falta decir que su validez e importancia radican en el equilibrio y complemento que aporta a la ciencia, esa que de manera concreta y certera nos permite entender y conocer el mundo que nos rodea, que a través del razonamiento crea nuevos saberes para la adaptación del hombre a éste y el mundo futuro.

Si en vez de la Fuerza, vista dentro de la Ley de la Inercia, tomamos la Energía, entonces, de acuerdo con la Real Academia Española (2019), ésta, expresada en Joule, es la capacidad para realizar un trabajo. Así mismo, significa eficacia, poder, virtud para obrar.

En criterio de quien escribe, además de aquella concepción dada por la ciencia y ampliamente conocida por el lector, la energía es el combustible que permite al ser humano realizar sus actividades, en primera instancia con el aporte de los nutrientes al cuerpo humano para sus funciones fisiológicas y en segunda instancia, a través del logro de metas personales, adquisición de nuevos hábitos de comportamiento y vencer obstáculos en la vida, que pueden ir desde cumplir una objetivo académico en el que se

desarrollan habilidades cognitivas y de carácter, un cambio de rutina de alimentación por otra más saludable, hasta vencer un miedo a las alturas o dependencia emocional, en las cuales la convicción y determinación en el individuo marcan la diferencia.

En este último caso, la energía se obtiene de lo aprendido y aprehendido de las experiencias vividas, también a través de la imitación, la reflexión personal y del grado de necesidad por alcanzar una meta; a más necesidad, más energía. Sus reservas son reabastecidas con un proceso de autoconocimiento, automotivación y observación estratégica del medio en el que habrán de utilizarse. La energía puede verse disminuida ante variables extrañas, como la violencia o el miedo producido por una fuerza mal dirigida, sin embargo, su recuperación puede lograrse a partir de una voluntad consciente y deliberada de lograrlo.

Sus manifestaciones son: inhibición del cansancio, sensación de bienestar y un impulso profundo y constante para el desarrollo de las actividades, dota al individuo de total confianza para la resolución de las vicisitudes futuras, permitiéndole, bajo su efecto, mejor toma de decisiones.

Retomando nuevamente a la Fuerza, de acuerdo a la Real Academia Española (2019), diríamos que es la causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, o de deformarlo.

La Fuerza se manifiesta a partir del movimiento del cuerpo humano o un objeto en contacto con otro, o entre sí. También entendida como el impulso para realizar algo. La Fuerza, para la autora, es la energía y convicción puestas en marcha a partir de un objetivo, es decir, el logro de las metas.

Energía+ convicción+ objetivo+ acción= fuerza

Conocido coloquialmente como empuje, de manera similar a la Física, genera un cambio en el estado de las cosas, ya sea externa o internamente, en su psique, para beneficio o perjuicio de quien la recibe. Se sirve de la energía y representa un concepto más desarrollado toda vez que los demás elementos que la conforman, se agudizan y robustecen a través de la práctica, la prueba y el error; tal como el ejercicio físico y la resistencia desarrollan los músculos, aplicada a la mente y sentimientos del hombre, moldea y fortalece su carácter, haciéndolo capaz de resistir fuertes embates.

Volviendo a la ley de la Inercia, según también la Real Academia Española (2019), se llama así a la propiedad de los cuerpos de mantener su estado en reposo o movimiento, si no son estos cambiados por la acción de la fuerza. Rutina, desidia.

La inactividad produce estancamiento y tal como se mencionó al inicio de este ensayo, contraviene la naturaleza del hombre, quien requiere, para la preservación de su especie, evolucionar a través de cambios constantes. Resulta interesante y pertinente mencionar que, agregado a lo anterior, ese estado de reposo dota de energía al individuo en sus procesos mentales y aquellos en que se involucra la emoción, ya que un ambiente calmo es propicio para la reflexión y autoanálisis, punto de partida en el autoconocimiento y determinación.

Ya que los cuerpos, cualesquiera que sean estos, son dotados de Masa, entonces, según la Real Academia Española (2019), es aquella magnitud física que expresa la cantidad de materia de un cuerpo, medida por la inercia de este, que determina la aceleración producida por una fuerza que actúa sobre él y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo.

Algunos cuerpos que, por su maleabilidad, su fácil manejo, que, al ser comercializados y apreciados con base en su peso, toman ese nombre. Se conoce así a toda mezcla entre polvo y líquido con consistencia espesa y blanda. Un ejemplo de esto en México es la mezcla de maíz molido, producto básico de alimentación en este país con agua, los cuales después de ser amasados, son utilizados para su consumo.

En Derecho, la masa hereditaria es ese todo que el extinto deja voluntaria e involuntariamente a sus herederos; se conoce así al patrimonio, incluidos activos y pasivos, que, en conjunto, podrán pasar a ser propiedad de quien pruebe, ante la autoridad judicial, tener el derecho para ello.

Otra acepción del término masa es la que describe un conjunto de personas o cosas que forman parte de un todo, como la población dentro de una ciudad, de la cual surge el adjetivo masivo, ejemplo: evento masivo, aquel dirigido un gran número de personas.

Todo el conjunto de personas mencionadas, así como todos los cuerpos, poseen Movimiento y este, chequeando nuevamente a la Real Academia Española (2019), es aquel estado de los cuerpos mientras cambian de lugar o de posición.

El movimiento puede darse como una manifestación ideológica o política en la sociedad, así como un cambio en el pensamiento de forma masiva. En cualquier contexto que se emplee, obedece al mismo significado que le ha dado la ciencia. Este concepto inherente al ser humano, ya que como se dijo al inicio de este ensayo, el hombre quiere de cambios para progresar, para desarrollarse, para preservar la especie y sentirse pleno.

Así como el agua estancada, sin movimiento, es caldo de cultivo para hongos y bacterias, así mismo las sociedades sin evolución, actuando bajo una misma rutina, sin nuevas costumbres, ideas, modas y normas que se adecúen a ellas tarde o temprano son plagadas de ideas caducas que las llevan al fracaso total. La misma ciencia se perfecciona a sí misma en busca de la verdad, sabiéndose perfectible, poseedora no de la verdad absoluta, simplemente fiel a aquellos postulados aceptados como ciertos, hasta el día que se demuestre lo contrario.

Continuando con la lógica hasta aquí establecida, los seres humanos poseemos Masa, aplicamos Fuerzas o no las aplican a nosotros, modificando nuestro estado Inercial, caminamos con Energía y siempre estamos en Movimiento, pero también realizamos Trabajo, el cual, de acuerdo a la Real Academia Española (2019), es el Producto de la Fuerza por la distancia que recorre su punto de aplicación o también aquella cosa que es resultado de la actividad humana o la operación de la máquina, herramienta o utensilio que se emplea para algún fin.

Se considera coloquialmente así a toda actividad que requiera un esfuerzo, conlleve un beneficio o no, autónomo o dirigido por causas externas. A continuación menciono algunos ejemplos: puede ser un trabajo académico por escrito, es decir, el resultado de la investigación y redacción por parte del alumno, o el esfuerzo psicológico y emocional empleado para superar la pérdida de un ser querido, también se conoce así la actividad que realizan las máquinas o cualquier cuerpo que emplee energía, fuerza y produzca cambios, como el trabajo de fecundación de un óvulo con el espermatozoide; en fin, podrían mencionarse infinidad de situaciones, lo que prevalece es el cumplimiento de aquella actividad.

El trabajo como un derecho social del ciudadano, originado a partir de una relación contractual o de hecho debe contar con una remuneración, siendo resultado del esfuerzo físico o intelectual en el ejercicio de una profesión u oficio lícitos, poniendo en práctica los conocimientos, habilidades y destrezas sobre una actividad o proceso previamente establecido con un fin. El trabajo dignifica al hombre toda vez que engendra el aprendizaje y desarrollo de valores y principios morales, como la disciplina y la responsabilidad, permite producir bienes y servicios, lo que ayuda a la economía de quien trabaja y del sistema al que pertenece, a la vez que satisface la necesidad humana de evolución y cambio.

Psicológicamente provee al individuo de satisfacción por el logro de objetivos y metas, aprendizaje y dominio de nuevos saberes, evita el ocio y obliga al trabajador a mantener su mente concentrada en la actividad para la cual fue contratado. A través del trabajo se sostienen las familias, núcleo de la sociedad, lo que convierte a quien trabaja honrada y responsablemente, en alguien digno, comprometido con su círculo afectivo y la colectividad.

Así pues, en conclusión, del mismo modo que la Física y la Química median entre el hombre, la naturaleza y el universo de una manera precisa y contundente, interviene también en un ámbito personal e interior de los seres humanos, al conjugar varios de sus elementos para el perfeccionamiento de su carácter y capacidades internas, aquellas que para ser entendidas no se miden, solo se valoran.

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué considera usted del anterior Ensayo?
- b) Cada palabra tiene un significado o un conjunto de ellos de acuerdo al psicólogo Vygotsky, lo cual se ha demostrado en el Ensayo mostrado en este epígrafe. Le proponemos que usted haga también su propio Ensayo con las siguientes palabras o conceptos físicos y químicos: combustible, combustión, respiración y oscilación.
- c) Le gustaría que las clases de ciencias, en especial de Química y Física, se la impartieran trabajando todo el sentido semántico de cada uno de los conceptos. Si o No. ¿Por qué?

- d) Cree usted que existan errores desde el punto de vista de los conceptos científicos involucrados en el Ensayo y desde la concepción de la autora a la hora de relacionarlos con otros aspectos de la vida cotidiana. Si o No. ¿Por qué? ¿Cuáles?

CAPÍTULO I. PROBLEMAS ACTUALES EN EL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA FÍSICA Y LA QUÍMICA

La Física y la Química, de todas las asignaturas, son dos, de los tres “patitos feos”. ¿Y por qué?

A pesar de todos los esfuerzos que se realizan en la Didáctica de la Física y la Química, de los libros, estrategias de enseñanza-aprendizaje y ponencias que se discuten en diferentes espacios, la Física y la Química, como asignaturas, sin duda alguna, son de las más rechazadas por los estudiantes, a cualquier nivel de enseñanza, y a escala internacional. En Cuba, actualmente, ocupan el primer (Física) y tercer (Química) lugar en cuanto a desagrado concierne. El segundo <patito feo> es la Matemática. Desaprobar estas asignaturas es casi normal y se justifica porque las mismas son <ciencias duras>. Los profesores de Física y Química se sienten orgullosos de serlos y constantemente se lo hacen saber a sus estudiantes, para que ellos comprendan que no están frente a un profesor cualquiera, sino frente a uno que domina una ciencia bien complicada y la cual es bien difícil de poder vencer cuando se estudia.

Lo que se obtiene como resultado de los pensamientos anteriores es que cada día existen menos profesores de Física y Química en las escuelas y, los ingenieros, con excepción de los químicos, entre otros, pasan a impartir estas asignaturas, sin estar ellos lo suficientemente capacitados para hacerlo. Este círculo vicioso está haciendo mucho daño a la enseñanza de la Física y la Química y a su aprendizaje. Los físicos y los químicos, están en extinción y hay que mantener a los que quedan y producir mayor cantidad, con pasos apurados, para evitar males mayores.

Los físicos y químicos, que aún se mantienen en las instituciones educativas, tienen la tarea de buscar la manera urgente de reproducirse, haciendo que la Física y la Química sean más atractivas a los ojos de los estudiantes. Permitiendo que la belleza de estas ciencias se muestre en toda su extensión, cuando se le quite el velo que le han puesto por las malas prácticas en su enseñanza y por la innecesaria actitud negativa que los propios profesores le han impuesto.

Este libro, tiene la intención, de ayudar a que estos <patitos feos>, dejen de serlo y se conviertan en el Rey Midas, porque la Física y la Química, son oro y también llevan en sí el amor de todos aquellos que han contribuido y contribuyen a su andamiaje teórico y práctico. Por ellas, existen las redes sociales, los celulares, los automóviles, las baterías, las cremas y lociones para el cuerpo, el perfume, la electricidad en nuestras casas y todas las bondades que las mismas les da a nuestras vidas, entre muchas más generosidades.

Hoy se necesitan Alquimistas que sean capaces de hacer una poción, que al ser tomada, permita ver a la Física y a la Química como lo que son, como dos ciencias increíblemente útiles y necesarias para la vida y el progreso de la humanidad. Por ello hay que estudiarlas con todo el amor que este acto conlleva.

Seamos agradecidos con el beneficio que ambas ciencias nos han dado y estudiemos Física y Química. Impartamos a las mismas con calidad y olvidemos que son <ciencias duras>, inaccesibles. Veamos a la Física y la Química, desde la Humanística que las mismas entrañan, propósito de este libro, y hagámosle honor a quienes por tanto sacrificio en sus investigaciones y resultados trajeron y aún traen el progreso a nuestras vidas. ¡Adelante pues, a leer! Luego, de prisa, a matricularse en las universidades para estudiarla y convertirse en científicos y profesores, dignos de los centros de investigación y de los diferentes niveles educativos.

Tareas para reflexionar

- a) Si en Cuba, la Física hoy en día ocupa el primer lugar en desagrado y la Química, el tercero, ¿qué lugares ocupan las mismas en su país? ¿Cuáles son las razones para que ocupen dichos lugares?
- b) ¿Le gusta a usted la Física? ¿Qué tal la Química? Si o no. ¿Por qué?
- c) Además de las bondades que la Física y la Química nos han traído a nuestras vidas y mencionadas en este epígrafe, ¿Cuáles otras existen?

Algunas razones o causas sobre el rechazo de la Física y la Química

Ciencias como la Física y la Química, son consideradas <ciencias duras>, tanto por aquellos que la investigan, como por aquellos que la enseñan y la estudian, como se ha planteado en los epígrafes anteriores.

Según Valle Mijangos, uno de los autores de este libro, y Álvarez Rivero, “las preguntas centrales que las personas interesadas en educación de las ciencias duras tenemos que responder resultan en obviedad tanto para los químicos, los matemáticos, los físicos entre otras, como para los educadores en general: ¿Qué debemos enseñar? ¿Cómo debemos hacerlo? ¿Cómo alcanzar aprendizajes duraderos y significativos en el estudiante?”. (Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p.6).

Otros autores como Talanquer y Pollard, por su parte plantean que, “el rasgo común entre los currículos de las ciencias duras de todos los tiempos...es su enfoque en la comunicación de conocimientos que los químicos y físicos, por ejemplo, han adquirido sobre diferentes tipos de sistemas. Poco o nada se discute sobre cómo se piensa y se trabaja en la disciplina para resolver problemas de interés para los individuos o sus sociedades; poco se analizan las herramientas prácticas e intelectuales que guían el pensamiento químico en la búsqueda de soluciones a problemas trascendentes en el mundo actual. Podríamos afirmar que el énfasis está en enseñar lo que sabemos y no cómo pensamos”. (cit. por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p.6).

“Esta manera tradicional de conceptualizar los currículos de Química, por citar una de estas ciencias, de alguna manera discrimina la importancia de que los estudiantes comprendan qué tipo de preguntas nos ayudan a responder en este tipo de especialidades y qué maneras de pensar nos permiten encontrar las respuestas, tal como se recomienda en trabajos realizados en las academias nacionales de ciencias y aportaciones de estudiosos acerca de la codificación de las ciencias. La atención de

currículums y por lo tanto de los profesores se centra en las ciencias duras como un conjunto de conocimientos establecidos, en lugar que estas disciplinas sean como una forma de pensar sobre el mundo. Ya que esto es una realidad plasmada en el estado de arte de la didáctica de las ciencias duras, el desarrollo de los currículos debiera de recibir el beneficio de un análisis más cuidadoso de lo que la historia y filosofía de estas disciplinas nos dicen sobre su naturaleza, rescatar reflexiones en su construcción como las siguientes: ¿Qué distingue a la Química de otras disciplinas científicas? ¿Qué preguntas esenciales guían el desarrollo y aplicación del conocimiento químico? ¿Qué dilemas éticos y morales conlleva el hacer Química o el hacer uso de los productos de la Química? Es por tanto razonable proponer que las preguntas: ¿Qué es esto? (Análisis) y ¿Cómo lo hago? (Síntesis) han guiado el trabajo de practicantes de esta disciplina durante cientos de años”. (Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, pp.6-7).

Campanario y Moya, enfatizan, que “para la mayoría de las personas, aprender Química o Física implica desarrollar formas de pensar que les son ajenas y para las cuales carecen de referentes concretos en el mundo que perciben. Muchos de los conceptos e ideas centrales en el pensamiento fisicoquímico moderno sobre la estructura y propiedades de la materia desafían la intuición humana sobre el comportamiento de la naturaleza. Se trata de ideas desarrolladas, analizadas y debatidas a lo largo de cientos de años. Sin embargo, la Química y la Física convencional demanda que los estudiantes las comprendan y apliquen de manera efectiva en unos cuantos meses. Reconocer las dificultades asociadas con el aprendizaje de conceptos, ideas y formas de pensar en las ciencias duras es crucial para diseñar una enseñanza más efectiva”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p. 7).

Ertl, Wright y Talanquer, mencionan que la tarea anterior “puede resultar difícil para los docentes, dada la diversidad de temas que se discuten en cursos tradicionales en estas áreas. El listado de concepciones alternativas, expresadas por estudiantes en cada uno de esos temas es enorme, de acuerdo con resultados de investigación educativa...Sin embargo, una de las tesis que cobra relevancia en este escrito es que la tarea docente podría facilitarse a través del análisis histórico y filosófico de la naturaleza y evolución de las ideas y formas de pensar en esta ciencia...este tipo de investigaciones nos ayudarían a definir las preguntas esenciales que resulta relevante responder, así como algunas estrategias de enseñanza que reflejen de manera más auténtica la naturaleza del pensamiento y trabajo de las ciencias duras. También resultarían de utilidad para comprender y predecir importantes dificultades conceptuales asociadas con el aprendizaje de esta ciencia”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p. 7).

En opinión de Pro Bueno, se “pone de manifiesto la evidente crisis que tiene la enseñanza de las ciencias y, en particular, de la Física y Química en la educación formal. A pesar de todo, se aportan datos interesantes sobre posibles causas de la situación: la reducción paulatina de la carga lectiva en los programas oficiales, la evaluación conjunta de materias sin distinguir las disciplinas científicas que las integran, la promoción del alumnado sin alcanzar los niveles mínimos, la competencia desleal de otras asignaturas, en las que aprobar resulta más fácil o que se han apoyado

políticamente a costa de éstas, el insatisfactorio tratamiento de temas como la emigración o la atención a la diversidad, las deficiencias en los programas de formación inicial del profesorado, etc. Incluso, en relación con los buenos alumnos, se preguntan cómo es posible que tengan un índice de fracaso tan alto en los primeros cursos universitarios o unos rendimientos tan penosos en las Olimpiadas Internacionales de Física y de Química. Desde luego creemos que el problema es complejo y, como tal, las soluciones simplistas suenan a desconocimiento o a osadía.” (Pro Bueno, 2003, p.12).

Pro Bueno, redacta su artículo a partir de haber participado en un evento y por ello continua diciendo, que “así, encontramos que uno de los ponentes propone ampliar de forma descabellada la cantidad de contenidos de Física y Química en el Bachillerato y otro reclama el retorno a lo cuantitativo, lo formal, el conocimiento y el estudio personal frente a lo cualitativo, lo divulgativo, la actitud o la actividad grupal. Da la impresión que, en los temas educativos, las aportaciones de la investigación son inconsistentes o simplemente innecesarias. Hemos de recordar —por si alguno no lo sabe— que, en otros contextos europeos, la situación no es mucho más halagüeña; de hecho, faltan profesores de estas asignaturas, se organizan campañas de captación de alumnos y alumnas para que estudien Física o Química, o se realizan reuniones internacionales para analizar la situación”. (Pro Bueno, 2003, p.12).

Lo escrito por Pro Bueno es muy cierto, es algo que ocurre no solo en Europa. En Cuba, México, Argentina y en el Ecuador, entre otros países, se vive lo mismo. Muchas veces se piensa que hay que incluir más Física y más Química en los libros de texto y, en el caso de ambas, matematizarlas aún más, sin prestarle la debida atención a la desmotivación que las mismas provocan en los estudiantes, frente a su estudio. Ahora bien, ¿qué debe enseñarse en estas disciplinas?

Según Pro Bueno, “para encontrar respuestas fundamentadas a qué enseñar una de las fuentes puede ser la propia historia de la Física y de la Química”, (Pro Bueno, 2003, p.13).

Es muy cierto que la inclusión de la historia de estas ciencias, en el proceso de enseñanza- aprendizaje de las mismas, puede aportar mucho a la motivación hacia su estudio. La historia, ya sea en procesos científicos o sociales, es esencial. Su desconocimiento conlleva a la comisión de errores, una y otra vez.

La historia lleva al pasado y de este se aprende para generar nuevos conocimientos o acciones, que pueden concebir un mejor presente y así lograr vislumbrar un futuro más promisorio. Hay quienes piensan que estudiar historia es una pérdida de tiempo, ya que solo se trata de fechas y ordenamientos cronológicos o de anécdotas y frases interesantes o lindas. La historia de las ciencias enseña y hay que aprender de ella, si queremos ser y formar mejores profesionales, lo cual será demostrado en epígrafes posteriores.

La Historia de las Ciencias, permite llegar a una comprensión más humana y exacta de la naturaleza del conocimiento del cual se trate, ya sea físico, químico, biológico, etc. A través del conocimiento profundo de la misma, se puede llegar a determinar el proceso

mediante el cual se arriba a un concepto, principio, ley, teoría o modelo, con todos los errores y malas interpretaciones que le precedieron, evitando así, mediante la guía adecuada, que los estudiantes transiten por los mismos obstáculos que los científicos encontraron en el camino para concretar objetivamente estos contenidos.

La Historia de las Ciencias enseña, que cada conocimiento científico alcanzado es obra del trabajo de muchos científicos en su conjunto, casi siempre desarrollado en diferentes etapas históricas, lo que demuestra que la ciencia funciona más como una empresa colectiva que como una empresa individual, además, nos enseña también que los científicos trabajan en base tanto a las relaciones intradisciplinarias como interdisciplinarias que se establecen en una misma ciencia, o de esta con las demás, lo que se refleja en los productos tecnológicos, en la cultura general, en la sociedad, en fin, en todas las esferas del conocimiento.

Como la Historia de las Ciencias, la hacen los hombres y mujeres que se dedican a la investigación científica, pues cada conocimiento aportado es un conocimiento humanizado, con todas las complejidades que el mismo entraña, encontrado por la aplicación del método científico, lo que permite extrapolarlo al área de la educación, permitiendo esto el acercamiento a la forma de pensar y de actuar de los científicos, por parte de los estudiantes y profesores, lo cual es una fuente de formación de valores éticos.

Pero no solo se forman valores éticos a través del conocimiento de la Historia de las Ciencias, también se forman los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, de una manera más sólida en la estructura cognitiva de profesores y estudiantes, porque se estudian los mismos y se imparten desde la evolución que cada uno tuvo en el transcurso del tiempo; además, de esta manera se llega a la conformación del Cuadro Físico, Químico, entre otros, del Mundo.

Cuando se estudia la Historia de las Ciencias, se aprende, que cada conocimiento nuevo, para ser aceptado, tiene que ser sometido a la mirada experimental, transcurriendo el camino de la contemplación viva, al pensamiento abstracto y de este a la práctica como criterio de la verdad. También se aprende con la misma, que la obtención de nuevos conocimientos no siempre recorre caminos fáciles, todo lo contrario, porque en ocasiones ha existido lucha y duras controversias, entre concepciones contrarias y entre científicos por la autoría de determinado descubrimiento.

Ahora bien, se aclara que no todos los descubrimientos científicos, con su referida historia, pueden ir a parar a los libros de texto que versan sobre las ciencias, o sobre la Química y la Física, que son las ciencias que estamos trabajando en este libro. Sería demasiado conocimiento a impartir y el tiempo no alcanzaría para ello en los cursos establecidos para ellas, pero ignorarla, como prácticamente se hace, si es un sacrilegio que no debe ser permitido. Hay que seleccionar cuidadosamente y con todo el rigor científico, que aspectos históricos son esenciales y no deben dejar de enseñarse, conociendo a conciencia cuales serán omitidos y el porqué de dichas omisiones. Especial atención se le debe prestar a aquellos que pertenecen al siglo XX y XXI.

Wojtkowiak, González, Pro y Saura, son autores que han trabajado e investigado sobre qué ámbitos de la investigación han sido prioritarios en la Física y la Química a lo largo del siglo XX, lo cual debe ser incluido en los textos de estas ciencias, y al respecto, en relación a la Física, dicen que, “en un resumen obligadamente limitado podemos señalar a: La Teoría de la Relatividad: desmantela la mecánica newtoniana (ningún cuerpo puede superar la velocidad de la luz en el vacío, la masa no es un invariante, puede existir la transformación masa-energía, aparece el espacio de cuatro dimensiones, la contracción espacial y la dilatación espacial) y da respuesta a hechos inexplicables hasta ese momento: la precesión de la órbita de Mercurio, la no curvatura de la propagación de la luz por efectos de la gravedad y el desplazamiento al rojo de la luz que sale de un objeto de una gran masa por su transformación en energía (que facilita la conexión entre los campos gravitatorios y electromagnéticos). La Teoría cuántica: introduce la idea de cambios discontinuos en la materia y, con ello, aparecen otros modelos interpretativos de la materia (modelo atómico, características de las partículas elementales, radioactividad, números cuánticos, teorías del enlace, principio de incertidumbre, ecuación de ondas...). También hace posible el descubrimiento de nuevas partículas (neutrón, positrón, muón, neutrinos, mesón, pión, quarks...) y la creación de grandes proyectos e instalaciones (aceleradores de partículas), respaldados por grandes inversiones económicas. La Astrofísica, gracias al progreso técnico en la construcción de telescopios, se descubren novas y su velocidad de alejamiento y aproximación a la Tierra; también se localizan las enanas blancas y las gigantes rojas, los pulsares, los cuásares, los agujeros negros...; paralelamente a estos avances aparecen las teorías sobre la formación del universo. Con el lanzamiento del primer Sputnik en 1957, la llamada conquista del espacio dejó de ser una especulación literaria; la llegada a la Luna o la construcción de plataformas como la Mir han favorecido inversiones importantes y un gran desarrollo científico y tecnológico. La Electrónica: nacida a comienzos de siglo, se ha impulsado con la aparición de diodos, transistores, circuitos impresos e integrados, sistemas digitales...; paralelamente se han sucedido los estudios sobre materiales (cristales líquidos, superconductores, fibras ópticas...). Todo ello ha hecho posible la creación de aparatos tan familiares como la radio, la televisión, los equipos de música, los teléfonos móviles, los ordenadores”. (Pro Bueno, 2003, pp.13-14).

Respecto a la Química industrial, entonces escriben que., “a lo largo de este siglo, se han producido avances espectaculares en la fabricación de compuestos nitrogenados, polímeros y materiales plásticos, fibras sintéticas, colorantes, y productos farmacéuticos y medicamentos, lo que ha influido en la modernización de la química industrial. Pero, sobre todo, se ha impulsado la investigación en los carburantes (petróleo, gas natural, hidrocarburos etilénicos...), motivada por razones aceptables (el propio desarrollo de la industria) y otras no tanto (consecuencias de conflictos sociales y económicos)”. (Pro Bueno, 2003, pp.13-14).

Y terminan diciendo, que “obviamente, resulta impensable trasladar, sin más, los temas mencionados a estas etapas educativas. Pero, si admitimos que el panorama de nuestras disciplinas ha cambiado en los últimos cincuenta años, cabe preguntarse:

¿Deben cambiar también los conocimientos científicos que se deben compartir con el alumnado en la educación obligatoria?; ¿Debemos seguir enseñando los contenidos de siempre (en los que el profesorado nos sentimos más seguros)?; ¿Responden los programas actuales a las necesidades formativas de los estudiantes que tendrán, como ciudadanos o como científicos, dentro de quince años?”. (Pro Bueno, 2003, pp.13-14).

Hoy en día, el tema de si lo que se estudia en las enseñanzas o educaciones secundaria y preuniversitaria, en las ciencias y, en especial, en la Física y la Química, son en su mayoría conocimientos que van desde la Antigüedad hasta los siglos XVIII, XIX y algunos concernientes hasta la mitad del siglo XX y que deben incluirse los conocimientos más actuales, segunda mitad del siglo XX y lo que va del XXI, es llevado y traído por muchos investigadores en el campo de la didáctica, la pedagogía y hasta por premios nobeles en estas ciencias. De ahí las preguntas que Pro Bueno realiza y a las cuales, los autores del libro, aportaremos una respuesta.

Pregunta: ¿Deben cambiar también los conocimientos científicos que se deben compartir con el alumnado en la educación obligatoria?

Respuesta: No, no deben cambiar totalmente. Solo hay que actualizarlos a través de sus aplicaciones en diferentes esferas de la realidad y destacar como este sistema de conocimientos ha sido capaz de generar y predecir otros. El hecho de que <a Teoría de la Relatividad...desmantela la mecánica newtoniana>, como se ha planteado en el artículo de Pro Bueno, es verdad, pero es bajo la mecánica newtoniana que se explican la mayor parte de todos los fenómenos que nos rodean y por ello las leyes de Newton revisten la importancia que tienen y hay que impartirlas con toda la rigurosidad que las mismas poseen, sobre todo, en las educaciones secundarias y preuniversitarias, donde no se forman físicos, idea que reiteramos a todo lo largo de este libro, sino estudiantes que posean un conocimiento científico general, que luego le sirvan como base a otros estudios universitarios. A decir verdad, a quien es graduado de bachiller y entra a la universidad para estudiar psicología, administración, medicina, derecho, periodismo, informática, entre otras, ya no le interesa el estudio de la Teoría de la Relatividad, porque en esas carreras ese contenido no está incluido, no es para nada relevante. Los conocimientos recibidos y adquiridos, en relación a la Teoría de la Relatividad, pasan a ser parte de la cultura científica y general, del graduado de bachiller y nada más.

Pregunta: ¿Debemos seguir enseñando los contenidos de siempre, en los que el profesorado nos sentimos más seguros?

Respuesta: No, hay que actualizarse siempre y llevarle estas actualizaciones a los estudiantes, pero en la medida que no los atiborremos de conocimientos que no son esenciales para su preparación en las enseñanzas secundaria y preuniversitaria. Pueden incluirse las actualizaciones en forma de tareas investigativas o en orientaciones sobre la visualización de videos científicos que normalmente se proyectan en diferentes canales televisivos y luego ser discutidos los mismos, de manera grupal.

Pregunta: ¿Responden los programas actuales a las necesidades formativas de los estudiantes que tendrán, como ciudadanos o como científicos, dentro de quince años?

Respuesta: Cuando un plan de estudio programa o currículo es diseñado, al día siguiente ya es posible que tengan que elaborarse nuevos planes, programas o currículos, pero ello es imposible hacerlo. Así, que la única forma para trabajar, con la mayor calidad, es realizar constantemente trabajo metodológico entre los profesores, reuniones de academia de profesores de Física y Química, e ir de esta manera, caminando junto al automóvil de la historia que se va escribiendo, día a día, hasta que se diseñen nuevos planes, programas o currículos.

De acuerdo a Pro Bueno y Jiménez, “hay que enseñar conceptos como la velocidad, la corriente eléctrica o el mol, o iniciarles en las leyes de la conservación de la masa, en las reacciones químicas o de propagación de las ondas en los fenómenos de reflexión y refracción... Pero también se deberá dedicar tiempo a enseñar al alumnado a reconocer hechos y fenómenos, a observar, a medir, a analizar situaciones de la vida cotidiana, a realizar predicciones y emitir hipótesis, a inferir conclusiones coherentes con los datos, a identificar ideas en un material escrito o audiovisual, a ser curiosos, a respaldar sus afirmaciones con argumentos, a reconocer la importancia social y científica de los hallazgos, a adquirir hábitos de vida saludables, a disfrutar aprendiendo... En definitiva, cuando hablemos de dificultades de aprendizaje no sólo nos deberíamos referir al ámbito conceptual sino también al procedimental y al actitudinal.” (Pro Bueno, 2003, pp.14-15).

Es interesante destacar, los siguientes aspectos, de acuerdo a Pro Bueno, cuando hace un paralelismo entre los científicos y los estudiantes de la enseñanza obligatoria o general, o sea, a las enseñanzas secundaria y preuniversitaria:

- “Los físicos y los químicos eligen libremente trabajar sobre las ciencias como actividad profesional; los estudiantes, en la educación obligatoria, son obligados a estudiar la Física y la Química.
- Los científicos no son especialistas en todos los ámbitos del conocimiento (aunque fueran contemporáneos, no tenemos noticias de que Ohm supiera mucho de la penicilina, ni Fleming de los conductores lineales); el alumnado debe aprender todas las Ciencias.
- Los científicos dedican todo el día a trabajar sobre tareas similares en un campo muy limitado de la investigación; los estudiantes deben compartir el tiempo de estudio de la Física y la Química con el de materias con las que parecen tener pocos puntos de encuentro.
- Los científicos defienden sus ideas con vehemencia, usando argumentos que han sido fruto de numerosas reflexiones y experiencias; los estudiantes normalmente no se implican tanto en la defensa de sus creencias científicas, <debiendo hacerlo ya que esto sería evidencia de que el estudiante ha apropiado la ciencia y mostraría evidencia también del dominio conceptual y práctico de los conocimientos adquiridos (N/A)>.
- Se supone que los científicos tienen un gran desarrollo intelectual, los estudiantes de estos niveles educativos están creciendo intelectualmente, pero tienen aún unas importantes limitaciones cognitivas”. (Pro Bueno, 2003, p. 15).

Cuando se lee lo que escribe Pro Bueno, en cuanto al paralelismo establecido, queda firme la idea de que tiene la razón absoluta en todo, pero en realidad no es así. Han existido científicos que han dominado más de una ciencia como es el caso de Marie Curie, que dominaba precisamente la Física y la Química; de Thomas Young, que fue médico, físico, egiptólogo y dominaba varios idiomas; y de Aristóteles, cuyo conocimiento fue considerado enciclopédico, como se podrá leer más adelante en este libro, entre muchos otros científicos. Generalizar, casi nunca trae resultados favorables.

Señala Pro Bueno, además, que “se han realizado numerosos trabajos sobre las dificultades concretas que tienen los estudiantes en el aprendizaje de la Física y la Química...Pensamos que estas aportaciones son de gran interés para ser consideradas en la planificación de la enseñanza y en la intervención en el aula. Sin embargo, hay otros problemas en relación con el aprendizaje que parecen obviarse, enseguida vamos a mencionar algunos de ellos.

- Muchas veces nos hemos encontrado con compañeros que tratan de impartir programas sobrecargados de contenidos y que se quejan por no disponer de tiempo suficiente para explicarlos. Sin suficiente tiempo para enseñarlos, ¿Cómo le va a dar tiempo al alumnado a aprenderlo?
- Existe una gran distancia entre la forma de acceder a la información que actualmente tiene el alumnado y la que usamos en el aula (fundamentalmente el libro de texto). Nos olvidamos que, en la edad de nuestros alumnos, no teníamos televisión, internet, consolas y otros adelantos tecnológicos y, por ello, no existían formatos y canales diferentes dentro y fuera del aula. ¿Es que la forma de aprender mediante imágenes es similar a hacerlo con documentos escritos?
- Sabemos que la Física y la Química, sus productos, procesos, y formas de hacer y pensar no han sido fruto de un momento. Cualquier hallazgo ha tenido detrás pequeñas y grandes aportaciones, individuales y colectivas, anónimas y reconocidas, aceptadas y controvertidas, demostradas y especulativas, etc. ¿Nos puede sorprender que nuestros alumnos tengan dificultades para aprenderlos en el tiempo que tenemos?
- Se constata que los conocimientos de Física y de Química cambian no sólo en los productos sino también en los procesos de investigación o en las formas de pensar y actuar, y lo hacen de forma integrada. ¿Por qué se insiste tanto en el contenido declarativo y se le da menos importancia al procesual o a las actitudes? La experimentación, la investigación, la argumentación y la comunicación son componentes consustanciales con la evolución del conocimiento físico y químico”. (Pro Bueno, 2003, pp.15-16).

Se añade a lo anteriormente planteado por Pro Bueno, que los conocimientos que se les hace llegar a los estudiantes de Física y Química, son conocimientos acabados, son así porque tienen que serlo y punto. Cada concepto, principio, ley, teoría o modelo, tiene un desarrollo histórico y nunca debe hablarse del concepto de átomo, sino del desarrollo histórico del concepto átomo y así con todos los demás conceptos, principios, leyes, teorías y modelos.

Cuando se enseña, tomando en consideración lo anterior, entonces queda mejor fijado en la estructura cognitiva de quien aprende dicho concepto, por tomar solo un eslabón del conocimiento. Una pregunta que deben tener siempre presente en su mente los estudiantes es, ¿Por qué es este el concepto, principio, ley, teoría o modelo y no otro? Si el profesor no tiene en cuenta contestar a esta pregunta en cada contenido que enseña, entonces estos serán como cajas negras para los estudiantes y por ello llegan a entender el contenido, pero jamás arriban a comprenderlo.

Hay otra cuestión que es esencial, es el hecho de que un profesor no puede ser cualquier persona, tiene que ser un profesional que se preocupe por su nivel científico en todos los órdenes, que esté excelentemente preparado en los contenidos de la ciencia que enseña y en aquellos contenidos de la pedagogía y didáctica, tanto en la general como en la particular, así como estar pendiente todo el tiempo de las investigaciones que en el campo educativo se realicen. Un profesor tiene que estar consciente que en “la complicada máquina de la educación no hay rueda alguna indiferente, por más pequeña que parezca, todas han de conspirar simultáneamente a la unidad y uniformidad del sistema” (Contreras, 2008, p.36), según manifestó José de la Luz y Caballero, filósofo y educador cubano del siglo XIX.

Tareas para reflexionar

- a) Si usted ha podido leer este epígrafe, sin ayuda de la tecnología, es porque no tiene dificultades o al menos no tan grandes, con su visión. ¿Considera usted que existen conocimientos de Física y Química involucrados en el funcionamiento y mecanismo del ojo humano? De ser así, ¿Cuáles? Si usted considera que no existen conocimientos de estas dos ciencias involucradas en el funcionamiento y mecanismo del ojo humano, entonces se encuentra entre aquellos que no las han estudiado o que rechazan a las mismas. ¿Está de acuerdo con la aseveración anterior? ¿Por qué?
- b) ¿Qué siente o sentía usted cuando el profesor de Física o de Química entraba al aula a impartir sus clases? ¿Qué siente o sentía usted al enfrentarse a un examen de Física o Química? ¿Por qué?
- c) Realice un resumen sobre las causas o razones del rechazo hacia el estudio de la Física y la Química destacadas en este epígrafe. ¿Considera usted que son estas causas o razones las únicas que existen? En el caso de que considere que no, ¿cuáles usted agregaría? Si agrega más causas o razones, le pedimos de favor que nos las envíe a cualquiera de las direcciones de e-mail de los autores de este libro.

El estado del arte en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física

“En los últimos cincuenta años, la preocupación por la enseñanza de las ciencias ha cobrado gran interés, produciéndose aportes muy importantes en el orden de la didáctica de las ciencias. En esta preocupación, han surgido nuevas teorías del aprendizaje, acompañadas de métodos y estrategias innovadoras que deben ser

integradas a la enseñanza de una ciencia experimental como es la Física". (Valle Mijangos, S.O., 2013, p.5).

En el artículo titulado el "Análisis de la enseñanza de la Física en Europa: el fomento de competencias generales en estudiantes universitarios", escrito por Benito Águeda y otros, se confirman los hallazgos localizados por Valle Mijangos, derivados de un estudio del estado del arte con relación a los ambientes de aprendizaje para la enseñanza de la Física y son los siguientes:

- "Más del 80% de los profesores plantean objetivos relacionados con los contenidos técnicos de sus asignaturas.
- Aproximadamente un 40% incluye contenidos relacionados con competencias o habilidades investigadoras y profesionales, y apenas un 5% del total incluye competencias de carácter social.
- En cuanto a los contenidos, predominan aquellos ambientes de aprendizaje que enfatizan el carácter teórico frente a los de carácter práctico (esto es desafortunado para quien aprende ciencias).
- Los profesores hacen amplio uso de la clase magistral a la que normalmente acompañan de sesiones de resolución de problemas, sesiones de laboratorio y tutorías individuales (son escasas las estrategias didácticas relacionadas con el aprendizaje activo).
- Los profesores de Física, que se inician en la docencia, fomentan más las competencias específicas que las generales. La comprensión de fenómenos físicos, la resolución de problemas o las habilidades experimentales y de cálculo numérico, dominan claramente sobre las habilidades comunicativas, personales, de trabajo en equipo, manejo del ordenador o valores éticos". (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.6).

Considerar habilidades blandas en la formación integral de los físicos y químicos promueve profesionales más contextualizados y por tanto más proclives a la solución de los problemas comunes.

En la literatura relevante sobre didáctica de las ciencias, existen otros aspectos dignos de destacar en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física, los cuales se enuncian a continuación:

- "Monk plantea que algunos investigadores identifican la complejidad matemática de la Física como uno de los factores que más inhiben a los alumnos y señalan la rapidez con que los profesores enseñan las representaciones matemáticas del mundo físico, como una de las causas de sus dificultades de comprensión". (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.8). Esta es una de las muchas cuestiones que pueden mencionarse y han sido consideradas acerca del porqué la enseñanza de la Física y la <producción> de físicos, se encuentra en una situación poco favorable. Se hace énfasis en que matematizar la Física de la manera excesiva en la cual se hace, junto a la complejidad de la misma, en los libros de texto, dedicados a los niveles secundarios y preuniversitarios, provoca que los estudiantes se encuentren ante dos ciencias en una, la Matemática y la Física,

ambas dentro de las <ciencias duras>, sin que se tenga en consideración que la enseñanza de la Física en los niveles de enseñanza mencionados son para lograr una preparación general de la misma en los estudiantes y que en estos niveles educativos no se forman físicos, lo cual hemos reiterado, reiteramos y reiteraremos siempre. El nivel matemático profundo de la Física debe ser solo empleado cuando la misma se imparte en la educación superior, en la formación de físicos y de algunos ingenieros.

- “Muñoz-Chápuli, añade, que la característica de las prácticas del profesorado se centra en proporcionar un volumen cada vez mayor de información a los estudiantes, se refuerza la noción de que el ejercicio memorístico a corto plazo es la base del aprendizaje”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.10). Esto es típico encontrarlo en distintos libros de texto de Física dedicados a las educaciones secundarias y preuniversitarias. Por ejemplo, en los mismos se incluyen las demostraciones de cómo llegar a una ecuación determinada, las cuales pueden llenar hasta dos y tres cuartillas y la pregunta es; ¿Para qué? Los estudiantes de secundaria, preuniversitario y aquellos que estudian determinadas ingenierías, de momento, no necesitan este conocimiento. Para los estudiantes de las educaciones básicas los conocimientos de Física les sirven para lograr tener una visión más acabada del mundo en el cual viven y para los ingenieros, la Física es solo una herramienta que les permite resolver problemas en su vida laboral. Las demostraciones matemáticas para arribar a fórmulas, les interesa solo a los físicos, ellos deben dominarlas. Colocarlas en los libros de texto es desperdiciar espacio que puede ser utilizado, por ejemplo, en la inclusión del historicismo, además, estas demostraciones casi nunca se realizan en el aula y de hacerse, jamás son evaluadas.
- “También en las universidades se han señalado, de acuerdo a Ferreyra y González, entre otros, la existencia de grandes dificultades en los estudiantes universitarios para aprender significativamente los conceptos físicos que se les enseñan”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.8). “En este marco, un grupo de especialistas universitarios en el área de la Física realizó un estudio diagnóstico del estado actual de la enseñanza en las universidades argentinas, concluyendo que existía una imperiosa necesidad de mejorar sensiblemente los laboratorios de enseñanza de la Física y sugiriendo que habría que considerar distintos programas (acciones) para mejorar la calidad de la enseñanza de grado y posgrado en estas universidades”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.8)
- “Ferreyra y González, plantean también, que resulta interesante resaltar el bajo rendimiento académico obtenido por los estudiantes. Intentando realizar una descripción más precisa sobre este punto, diversos autores opinan que las materias introductorias no permiten un entendimiento conceptual satisfactorio de la física básica, ya que se registran dificultades en conectar diversas representaciones como gráficos, diagramas, ecuaciones, conceptos básicos y principios, con fenómenos del mundo real. Señalan que el conocimiento que se consigue parece consistir en datos o hechos separados, fórmulas y ecuaciones

organizadas pobremente, lo que les impide retenerlas y usarlas. Consideran además que este conocimiento adquirido es fragmentado y difuso y que los estudiantes rápidamente se sienten abrumados por la acumulación de detalles memorizados, trayendo como consecuencia un inevitable descontento y desinterés”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.10). Comenio, el genial didacta, varios siglos atrás alertaba sobre lo anteriormente planteado, cuando escribió “que se enseñan muy mal las ciencias cuando su enseñanza no va precedida de un vago y general diseño de toda la cultura, pues no hay nadie que pueda ser instruido de tal manera que resulte perfecto en cualquier ciencia particular sin relacionarse con las demás” (cit. por Contreras, 2008, p.24).

Siguiendo a Comenio, debe tomarse en consideración que “el hecho de que exista la unidad material del mundo implica que todos los fenómenos y objetos están en interconexión (asociados, integrados). Las relaciones entre los objetos y fenómenos son objetivas como los objetos y fenómenos mismos. Los objetos y fenómenos no pueden existir al margen de la relación, de la asociación. En la lógica dialéctica, las relaciones (asociaciones) de los conceptos son mostradas como reflejo del mundo objetivo, de ahí que cada concepto estudiado debe ser visto en estrecha asociación con todos aquellos que, de una forma u otra, inciden sobre él para enriquecerlo, para comprenderlo mejor. De lograrse lo anterior, pues se estaría en presencia de una eficiente formación conceptual”. (Contreras, 2008, p.33).

“No hay nada en el mundo, escriben Rosental y Iudin, que no sea forma concreta de la materia, propiedad de ella o manifestación de sus propiedades y correlaciones. La unidad del mundo halla su expresión en la conexión universal de los fenómenos y de los objetos, en el hecho de que en todas las especies de materias se dan atributos universales como el movimiento, espacio y tiempo, la facultad de autodesarrollo, etc., encuentra su expresión en la existencia de leyes dialécticas universales del ser, vigentes en todos los niveles de organización estructural de la materia”. (Contreras, 2008, p.33).

“Por ejemplo, en lo no vivo, todo movimiento va unido a cierto desplazamiento de lugar (movimiento mecánico), ya sea de La Tierra, de los átomos, de las moléculas, de las aguas de los ríos y mares, en las reacciones químicas, etc. En el organismo humano, lo vivo, este movimiento mecánico tiene que ver con el movimiento peristáltico en todo el canal de alimentación, en la inspiración y expiración, en la contracción de los músculos, entre otros muchos ejemplos”. (Contreras, 2008, p.33)

“Las debilidades evidentes en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física han conllevado a que exista, en los últimos años, según Bandiera y Sivitier, una paulatina despoblación de estudiantes en las carreras de Física de diversas universidades de todo el mundo. Como indicadores de esta afirmación pueden tomarse diferentes registros de deserción y abandono en dichas titulaciones y de una fuerte disminución de ingresantes a las mismas”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.8).

En Cuba, sobran los ejemplos sobre la referida “despoblación”. Por citar uno solo, tenemos que en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas hace ya 4 cursos

que no se matriculan estudiantes para estudiar Física en el llamado curso diurno, que es aquel en que los mismos están a tiempo completo estudiando, promovidos directamente desde la enseñanza- preuniversitaria.

Muchos intentos se realizan para lograr captar estudiantes hacia las carreras de Física, pero casi todos son infructuosos, ya que el mal es de raíz y se trabaja solo en la parte frondosa del asunto. Si haciendo ciencia, se conocen las debilidades por las cuales atraviesa el proceso de enseñanza-aprendizaje de las <ciencias duras>, como la Física, entonces por qué no se trabajan sobre ellas para convertirlas en fortalezas. Las campañas que se realizan para captar estudiantes hacia esta carrera, donde se incluyen videos promocionales, montajes callejeros de experimentos impactantes, visitas a laboratorios en las universidades y discursos de personalidades y directivos, son solo parte del maquillaje de la cuestión, que cubre la esencia, pero no resuelve el problema, que cada día que pasa se torna más grave.

Tareas para reflexionar

- a) Si usted ha estudiado Física, ¿Qué aspectos de la misma lo motivaron más y cuáles le causaron rechazo?
- b) ¿Admira o ha admirado usted a sus profesores de Física? Si o no. ¿Por qué?
- c) Piense en un ejemplo, donde se ponga de manifiesto la relación entre los conocimientos físicos, con conocimientos de otras áreas de las ciencias, ya sean naturales, “exactas” o sociales.
- d) ¿La Física tiene incidencia en el arte, por ejemplo, en la pintura y en la música? Si o no. ¿Por qué?
- e) ¿Qué es un holograma? ¿Bajo qué principios físicos funciona el mismo? ¿Cuál es su utilidad fundamental?
- f) ¿Su profesor de Física, le relacionaba los conocimientos físicos que impartía con otros de las demás ciencias? Si o no. ¿Por qué?

El estado del arte en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química

“Como resultado de investigaciones relacionadas con el problema de la enseñanza de la Química Universitaria, Mandolesi, Sandoval y Menghini...han obtenido hallazgos que apuntan directamente al hecho de que los docentes de Química en las universidades y ante la marcada deserción y bajo rendimiento de los alumnos venimos apostando al desafío de mejorar la calidad de la enseñanza. Si hay una ciencia que ha de contribuir a la alfabetización científica de los estudiantes es precisamente la Química, puesto que comprendiéndola se pueden explicar fenómenos absolutamente cotidianos. Los estudiantes de los primeros años de ingeniería se encuentran ante una realidad que ven compleja y con la dificultad de proyectar el marco conceptual y práctico a lo que será su quehacer en un futuro no muy lejano, cuando la realidad es que la Química es una ciencia teórico-experimental y que presenta amplias posibilidades para estimular el desarrollo de la actividad cognitiva de los alumnos de forma creativa”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p. 7-8).

“Un componente relevante del problema es el alto índice de repetición y deserción que sucede en muchas instituciones educativas de nivel superior y en muchos países en las asignaturas de Química. Aunque los métodos de enseñanza especialmente desarrollados para cambiar esta situación sean citados desde hace algún tiempo por diversos autores, entre ellos Harrison y Treagust... los modelos clásicos de enseñanza para las asignaturas de Química, normalmente, vinculan clases teóricas rutinarias, de alta velocidad de presentación de contenido químico, para un público más o menos pasivo”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p. 7-8).

“Como señalan Hoffmann y Lazlo... y coincidentemente es la misma situación con la enseñanza de otras ciencias, los temas son inicialmente introducidos en clases expositivas y complementado a través de demostraciones exploratorias de conceptos y sus aplicaciones, así como por medio de ejercicios extra clase y evaluaciones, que son en su mayoría, pruebas que requieren competencias de resolución de problemas numéricos y descriptivos y memorización de hechos. Este componente no solo representa disminución en la matrícula de las instituciones educativas, sino que tiene impactos colaterales como el acceso a los recursos públicos que son drenados a las instituciones educativas en base a la captación de estudiantes y la amenaza sobre su pertinencia para la solución de la problemática social relacionada con la educación del país”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p.8-9).

“Una última categoría de componente se refiere a la preparación de los profesores de Química. El interés por convertirse en profesor de esta disciplina no es muy alto, al menos, no lo suficiente como para satisfacer las necesidades inmediatas de nuevos profesores de Química. Los cursos de iniciación para el profesorado no solucionan el alejamiento entre teoría y práctica, y los cursos de regularización para el estudiante que ha alcanzado bajo desempeño, tienen dificultades para cambiar las concepciones y considerar mejores estrategias didácticas de los profesores. Los profesores no han considerado que el conocimiento y el aprendizaje conservan un lugar fundamental. Es decir, el conocimiento es, en parte, un producto de la actividad, del contexto y de la cultura en los cuales se desarrollan y se utilizan”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p.8-9).

Abundando en el rol de los profesores, “los profesores de Química no han otorgado la importancia debida a los aspectos contextuales de la adquisición del conocimiento conceptual...Un buen número de estudios sobre áreas concretas de esa ciencia se han centrado en las concepciones que tienen los estudiantes acerca de los conceptos y reglas de la Química...Actualmente, los resultados de investigaciones refieren a una baja comprensión del estudiante en temas de la Química, refieren un escaso dominio de la competencia consignada en los planes y programas de estudio y que no existe una planificación del trabajo docente que pueda servir de guía para obtener mejores resultados de aprendizaje en los estudiantes. Adicionalmente, no se ensayan sistemas innovadores de enseñanza de las ciencias ni es conocida la ganancia de aprendizaje en el estudiante por motivo de las diversas prácticas docentes imperantes, el uso de diversos recursos didácticos o el uso de paradigmas y modelos educativos”. (cit. Por Valle Mijangos y Álvarez Rivero, 2015, p.8-9).

Lo planteado en el epígrafe anterior, sobre las cuestiones que se hacen para captar estudiantes hacia el estudio de la carrera de Física, encaja perfectamente con la captación de estudiantes para estudiar Química. Se trabaja en la parte visible del iceberg, cuando la esencia del mismo está en la parte invisible, en la profundidad del agua.

Tareas para reflexionar

- a) Si usted ha estudiado Química, ¿Qué aspectos de la misma lo motivaron más y cuáles le causaron rechazo?
- b) Piense en un ejemplo, donde se ponga de manifiesto la relación entre los conocimientos químicos y los conocimientos de otras áreas de las ciencias, ya sean naturales, “exactas” o sociales.
- c) ¿La Química puede ser aplicada a otras esferas de la realidad como lo es el arte, por ejemplo, en la pintura y en la actuación? Si o no. ¿Por qué?
- d) ¿Cómo usted cataloga o ha catalogado a sus profesores de Química: aburridos, interesantes, “locos” o a los menos medios “locos”, “pesados” o atractivos?

El reto de enseñar Física y Química. La motivación para aprenderlas

La Química, es considerada una de las ciencias básicas al igual que la Física y la Matemática. La Química es de gran importancia en muchos campos del conocimiento, como la ciencia de materiales, la biología, la farmacia, la medicina, la geología, las ingenierías y la astronomía, entre otras. También la Física es importante en los mismos campos mencionados para la Química, aunque ambas tienen objetos de estudio diferentes.

“La Física, según Barrera, es parte de la vida cotidiana del ser humano. Es una ciencia utilizada en todos los procesos tecnológicos y científicos, por lo que enseñar Física debe incluir un alto componente de motivación tanto para los profesores como para los estudiantes, dentro y fuera de las aulas”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.2).

La Química, por su parte, también forma parte de las diferentes esferas de la realidad en la cual se desarrolla el ser humano y separarla de la Física resulta imposible, ya que ambas estudian cuestiones comunes como es el caso de la Teoría Cinético Molecular, la Termodinámica, los Modelos acerca del átomo, la Radioactividad y todos los fenómenos que se derivan del Núcleo Atómico. Tal es así, que los físicos hablan de la Física Nuclear y los químicos dicen que es Química Nuclear. ¿Quién tendrá la razón?

Tanto la Física, como la Química, explican muchos de los fenómenos que ocurren dentro del organismo humano y el ejemplo más elocuente es el cerebro, el cual opera a partir de sinapsis eléctrica (Física) y sinapsis química (Química), entre las neuronas. La asignatura de Fisiología o Morfofisiología, en las facultades de ciencias médicas, es una de las más complicadas para impartir por parte de los profesores, como de asimilar por los estudiantes, porque para comprenderla hay que dominar dos <ciencias duras>, la Química y la Física. También están ambas ciencias en nuestros hogares, en el

televisor, la radio, el microwave, los jabones, el detergente, los perfumes, entre otros artículos, equipos y utensilios.

La Física y la Química también se unen en la llamada Fisicoquímica o Química Física, que se estudia en las carreras de formación de químicos y en la cual se emplean conceptos físicos y químicos; tomados de la Termodinámica, Electroquímica y Mecánica cuántica y donde se estudian cambios en la temperatura, presión, volumen, calor y trabajo en los sistemas, sólido, líquido y/o gaseoso. Siempre los físicos se han preguntado por qué no estudian Química en su formación, como asignatura de un currículo base, no propio u optativo/electivo, cuando en la historia de las ciencias encontramos científicos que es muy difícil enmarcarlos en si son físicos o químicos, como son los casos de Boyle, Hooke, Rutherford, Bohr, por solo citar algunos de ellos.

Estas dos ciencias, como asignaturas, dentro de las instituciones educativas, tienen un cuerpo de conocimientos enormes y la responsabilidad de enseñarlas adecuadamente es un desafío para los profesores. De acuerdo a cómo la enseñen, así será la motivación para estudiarlas y llegar a comprenderlas.

“Sin duda, las instituciones educativas en las que se imparten cursos de Física, plantea Palo, tratan de alcanzar como meta transitar de un conocimiento común a uno científico, que se muestre sistematizado, verificable y aplicable a los problemas que continuamente un estudiante pudiera enfrentar en el desarrollo de su profesión y la vida diaria. En este sentido, el reto de los profesores es transformar los conocimientos dogmáticos y míticos en un conocimiento verificable que tome en cuenta el avance de la ciencia y la tecnología actuales. Las acciones que llevan al logro de estas metas no son fáciles, ya que traspasar las barreras de la pasividad a la acción, de la mediocridad a la efectividad, del obscurantismo a la claridad, del mecanicismo a la innovación, de la individualidad a la solidaridad y de la repetición a la creación, requieren un constante esfuerzo de quienes facilitan el conocimiento y de quienes aprenden”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.2).

“Los esfuerzos involucrados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física, acota Moreno, aún encierran numerosas dificultades, principalmente las relacionadas al desarrollo de la inteligencia e innovación en el estudiante, dejando honda huella en las actividades encaminadas a la reproducción de saberes y memorización de contenidos”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.3).

“En los últimos años, han surgido o se han vuelto accesibles una gran variedad de tecnologías que están cambiando rápidamente la forma en el que se enseña en todos los niveles educativos. En particular, dice Gil, la introducción de las computadoras, software de simulación, sistemas de adquisición de datos, video y el internet han abierto más oportunidades para que el estudiante aprenda y han favorecido el trabajo de los profesores en la enseñanza de las ciencias técnicas. Es necesario señalar una precaución con relación al impacto de las tecnologías de información y comunicación en la enseñanza de la Física: por si solas no mejoraran en forma automática el logro de competencias en los estudiantes, tampoco se puede dar por hecho que su utilización genera la pericia necesaria en el estudiante para aportar soluciones a los problemas en

contexto. El uso de tecnologías requiere que los profesores impriman una intención pedagógica en su uso, que, de otra forma, pudieran tener un efecto negativo al suponer resultados de aprendizaje traducidos en competencias profesionales”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.3).

En el artículo titulado “La Enseñanza de la Física frente al Nuevo Milenio”, de Villareal y otros, se plantea, muy acertadamente, que, “si revisamos las temáticas que se enseñan actualmente en Física, como asignatura de formación general, podemos asegurar sin temor a equivocarnos, que el mayor peso recae en el período anterior al siglo XIX, llegándose a abordar ciertos asuntos relativos a la primera mitad del siglo XX. Si esta presentación de la Física va acompañada de los tradicionales ejemplos y problemas, podemos decir que nos hemos quedado detenidos en el tiempo y el estudiante o hasta el profesional recién graduado, no físico, se queda atónito ante las imágenes televisivas o noticias periodísticas, relacionadas con la Física Contemporánea y que nunca se le han mencionado en la escuela. Otra arista de este mismo asunto es el bajo interés y motivación por el estudio de la Física en los estudiantes, dada la falta de conexión que los relaciona con la vida diaria y por lo que les resulta poco atractiva”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.4).

Hay que destacar, que después de la primera mitad del siglo XX se teorizaron y fueron descubiertos los quarks, los agujeros negros y el Bosón de Higgs, entre otros, que deben ser incluidos en los textos de Física y Química, dirigidos a la formación de físicos y químicos, o no. En el caso de los que no se forman como químicos o físicos, de manera informativa o en tareas de corte investigativo, al igual que en el caso de la formación de algunos ingenieros.

La actualización debe ser constante, por parte de profesores y alumnos, y no se puede esperar a que los libros se encarguen de recoger todo el caudal de conocimientos teóricos y tecnológicos, desde la Antigüedad hasta el día de hoy. Cuando un libro es editado ya es un libro listo para ser editado nuevamente, con contenidos nuevos, con visiones más avanzadas y así sucesivamente, durante toda la vida, porque el desarrollo no se detiene, no espera por los autores, es en espiral y siempre cuantitativa y cualitativamente superior. Un ejemplo muy positivo de lo anterior es el libro de Física conocido en Cuba como el <Sear-Zemansky>, que ya tiene más de una docena de ediciones y siempre se lee con agrado. Libro muy útil para la Física, principalmente, en las universidades.

Lo planteado con anterioridad por Palo, Moreno, Gil y Villareal, es aplicable en su totalidad a las metas y dificultades que existen en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química. Las cuestiones que afectan a ambas ciencias, como asignaturas, están escritas en los libros y artículos que se dedican a la didáctica de las ciencias, pero la situación crítica en el escenario de las instituciones educativas, con respecto a estas, se mantiene y cada día se agudiza más. Se necesitan más acciones prácticas, ya que de las teóricas hay más que suficientes.

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué diferencia existe entre conocimiento común, dogmático y científico? Ponga ejemplos de cada uno de ellos.
- b) ¿A qué se le conoce como quark, agujero negro y bosón de Higgs?
- c) ¿Por qué se plantea que los quarks, los agujeros negros y el bosón de Higgs pertenecen tanto al campo de estudio de la Física como de la Química?

La Física como ciencia

“La Física estudia lo grande y lo pequeño, lo viejo y lo nuevo. Del átomo a las galaxias, de los circuitos eléctricos a la aerodinámica, la física es una gran parte del mundo que nos rodea”. Así se plantea en el archiconocido <Sear-Zemansky>, por los profesores que imparten Física Universitaria, en Cuba. (Young, Hugh D. y Roger A. Freedman. 2009. p.IX).

La Física es considerada dentro de las ciencias naturales y también se encarga de estudiar las interacciones que ocurren en la naturaleza, como son las gravitatorias, las electromagnéticas y las nucleares. El término proviene del lat. *physica*, y este del gr. τὰ φυσικά, neutro plural de φυσικός, <natural, relativo a la naturaleza>.

En opinión de los profesionales de la Física, esta ciencia “es quizás...la que más ha influenciado de manera significativa en el estudio, comprensión y descripción de los fenómenos de la naturaleza, a través de conceptualizaciones y enunciación de principios, leyes, teorías y modelos, las que luego se han llevado al plano de explicar hechos tecnológicos como en el caso de la máquina de vapor o de desarrollar la tecnología, en conjunto con otras ciencias, a planos cada vez más sofisticados e increíbles, que van desde la construcción de naves espaciales hasta la Nanotecnología. También se integra de forma activa a todos los procesos de la realidad, los cuales abarcan los procesos biológicos, químicos, sociales, así como aquellos involucrados en la vida cotidiana, entre otros”. (Contreras, et.al.2019, p. 1).

Para los practicantes de la Física, “es una ciencia teórica y experimental, con un fuerte basamento matemático, la cual busca que cada hecho pueda ser verificable mediante los experimentos y que mediante la teoría se pueda realizar predicciones futuras. Galileo Galilei es un ejemplo de paradigma que supo en sí mismo combinar el pensamiento teórico, matemático y experimental. En tal sentido, esta ciencia se puede considerar desde sus inicios hasta hoy en día, como una ciencia esencial porque su campo teórico y experimental penetra en todas las esferas del conocimiento humano”. (Contreras, et.al.2019, p. 1).

“En la antigüedad era conocida mayormente como Filosofía Natural y así llegó a ser conocida hasta la época de Newton. Hay que resaltar que Aristóteles la llamó siempre Física y así lo hizo saber en su libro <Física>, el cual abarca estudios y análisis acerca del movimiento y el reposo, la relación entre la Física y la Matemática y la Física y la Astronomía. Asimismo, aborda otras cuestiones como la parte y el todo, la suerte y la casualidad como causas accidentales e indeterminadas, y el modo en que la necesidad

está presente en la naturaleza. Con relación a esta temática, escribe, en su libro <Física>, página 49: <Después de haber determinado los diversos sentidos en que se dice la naturaleza, tenemos que examinar ahora en qué se diferencia el matemático del físico, pues los cuerpos físicos tienen también superficies, volúmenes, longitudes y puntos, de los cuales se ocupa el matemático. Además, ¿es la astronomía distinta de la física o es una parte suya? Porque parece absurdo que se suponga que es tarea propia del físico conocer la esencia del sol y de la luna, pero no sus atributos esenciales, en especial porque quienes se ocupan de la naturaleza manifiestan también interés por la figura de la luna y el sol, e investigan si la tierra y el mundo son esféricos o no>”. (cit. por Contreras, et.al.2019, p. 2).

“En consonancia con lo anterior, en el libro <Física>, página 67, se encuentran principios por los cuales pueden guiarse todas las ciencias para llegar a comprender el mundo natural y social en el que se vive. Al respecto, Aristóteles dice que <... es evidente que hay causas y que son tantas como hemos indicado, pues tantos son los modos en que podemos entender el <por qué> de las cosas (...) y puesto que las causas son cuatro, es tarea propia del físico conocerlas todas, pues para explicar físicamente el <por qué> tendrá que remitirse a todas ellas, esto es, a la materia, a la forma, a lo que hace mover y al fin>”. (cit. por Contreras, et.al.2019, p. 3).

“La obra <Física>, en conclusión, es un compendio de ciencia y filosofía al mismo tiempo. Empédocles, Anaxágoras, Parménides y Demócrito eran considerados físicos por Aristóteles. Los físicos han intentado y logrado, en gran medida, describir los fenómenos naturales. Para ello han penetrado en el micromundo, con el estudio de las partículas fundamentales microscópicas, hasta el macromundo, con el estudio del sistema solar y las galaxias, de manera general.

Muchos sabios y científicos han participado en la construcción de una Física como Ciencia de la Naturaleza, dentro de los cuales pueden nombrarse a Demócrito, Tito Lucrecio Caro, Eratóstenes, Aristarco, Epicuro, Arquímedes, Tolomeo, Aristóteles, Copérnico, Galileo Galilei, Kepler, Tycho Brahe, Isaac Newton, Michael Faraday, Rudolf Clausius, James Clerk Maxwell, Thomas Young, Hendrik Antoon Lorentz, Albert Einstein, Niels Bohr, Max Planck, Werner Heisenberg, Paul Dirac, Richard Feynman y Stephen Hawking, por solo hacer mención de algunos”. (Contreras, et.al.2019, p.3).

“En tal sentido, existen libros que se dedican a mostrar a la Física como ciencia y su impacto en la tecnología, dentro de los cuales se encuentran <Principios Matemáticos de la Filosofía Natural> y <Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias>, escritos por Isaac Newton y Galileo Galilei, respectivamente. Otros libros de Física se pueden encontrar en forma de textos escolares, los cuales se cuentan en cientos o miles de ellos. Estos últimos tienen como objetivo esencial enseñar, a quien la estudia, la manera de explicar los fenómenos y hechos que ocurren en la naturaleza, los cuales se realizan por medio de conceptos, principios, leyes, teorías y modelos diseñados por los físicos”. (Contreras, et.al.2019, p.4).

Tareas para reflexionar

- a) ¿En qué se diferencia y se semeja la Física como ciencia y la Física como disciplina o asignatura?
- b) ¿Cómo se lleva a cabo la transposición didáctica de la Física como ciencia a la Física como asignatura?
- c) Albert Einstein, fue científico y profesor de Física. Investigue y mencione otros hombres o mujeres que hayan cumplido esta dualidad.

La Química como ciencia

La Química, como la Física, es una de las ciencias, que también más ha influenciado de manera significativa en el estudio, comprensión y descripción de los fenómenos de la naturaleza, a través de conceptualizaciones y enunciación de principios, leyes, teorías y modelos. La misma se integra de forma activa a todos los procesos de la realidad, los cuales abarcan los procesos biológicos, físicos, sociales, así como aquellos involucrados en la vida cotidiana, entre otros.

La Química, como la Física, es una ciencia teórica y experimental, pero no posee el fuerte basamento matemático de la segunda, sin embargo también busca que cada hecho pueda ser verificable mediante los experimentos y que mediante la teoría se pueda realizar predicciones futuras. En tal sentido, la Química, se puede considerar, como la Física, desde sus inicios hasta hoy en día, como una ciencia esencial porque su campo teórico y experimental penetra en todas las esferas del conocimiento humano.

A la “palabra griega chemia (o también según las transcripciones chemeia o chymia)...se le puede atribuir ser el antecedente más probable de nuestra palabra <química>. Ese término estaba relacionado con la metalurgia y significaba fusión o colada de un metal, si bien no fue empleado hasta aproximadamente el año 300 d. C. Por esta razón, los escritores del mundo clásico, griegos o romanos, no utilizaron esa palabra; aunque se refiriesen a la química, no tenían una palabra especial para nombrarla. La primera vez que aparece la palabra chemia es en ciertos textos de alquimia de Zósimo...Éste hace referencia a dicha palabra cuando habla del arte sagrado realizado en el templo de Menfis dedicado a Phta, dios egipcio del fuego y del trabajo de los metales”. (Esteban Santos, S. 2002, p.23).

“Este arte sagrado no era otra cosa que alquimia. Sin embargo, el origen de ese término griego no está tampoco muy claro. Para algunos historiadores podría derivar de la palabra copta khem o chamé, que significaba <negro> y se asociaba a la tierra negra de Egipto, en el valle del Nilo, tierra que era utilizada en la Antigüedad en procesos metalúrgicos, en tintes y en farmacia. Incluso a Egipto se le llamó en ciertos momentos Chemia y Chamia (país de Cham o país de esta <tierra negra>). Otros le atribuyen un origen chino, bien de la palabra kim-ya, que significaba <jugo que produce oro>, o bien de chin, término relacionado con el proceso de la transmutación. En definitiva, en ambos casos estaba relacionada con el arte de fabricar oro, y desde China se podría haber extendido hasta los griegos para después ser recibida por los árabes. Estos

últimos antepusieron su artículo <al> a ese término, resultando al Kimiya o alkymia. De aquí proviene la palabra <alquimia>, con la cual se hizo referencia al hacer químico de los siglos IV al XVI, manteniendo esa idea de <arte sagrado>. Ya en el siglo XVI se latinizó esa palabra y empezó a aparecer en los textos de química —o más bien de alquimia— de la época sin el prefijo al-. Así, en los escritos de Paracelso, <Agrícola o Libavius> cada vez son más frecuentes los términos chymia, chymista, chymicus..., de los que derivan las palabras chimie, chimica, chemistry, chemie o química en diferentes idiomas. La palabra alquimia, por su parte, se fue relegando poco a poco para designar las prácticas de carácter esotérico”. (Esteban Santos, S. 2002, p.23).

Dentro de los químicos más destacados se encuentran, Paracelso (1493-1541), Robert Boyle (1627-1691), A. L. Lavoisier (1743-1794), John Dalton (1766-1844), A. Avogadro (1776-1856), August F. Kekulé (1829-1896), Alfred B. Nobel (1833-1896), D. Mendeleiev (1834-1907), Marie Curie (1867-1934), E. Rutherford (1871-1937), Linus Pauling (1901-1994), entre otros.

Es de destacar que varios científicos mencionados en la Química, también lo son en la Física. Es que ambas, han coincidido en la explicación de fenómenos, digamos que comunes, en cuanto al campo de conocimientos que cada una abarca por separados. Un ejemplo de ello es lo concerniente al estudio del átomo y su estructura interna, así como en los fenómenos involucrados y explicados por la teoría cinética molecular y la termodinámica, como ya fue planteado con anterioridad.

“La Química es una de las ciencias más jóvenes. Las Matemáticas, la Física y la Astronomía, tienen una historia que se remonta a miles de años, de la que dan, aún hoy, testimonio vivo, los nombres conocidos de Tales, Pitágoras, Euclides, Arquímedes, Aristarco, Ptolomeo... Los esfuerzos encaminados a la Química, han vagado durante largo tiempo entre errores y extravíos. Mientras que otras ciencias como Medicina y Derecho; desde un principio tuvieron ante los ojos perfectamente claros sus objetivos, por muy variados que hayan podido ser en el curso de los siglos los caminos que habían de llevar a sus fines, en cambio los intentos que paulatinamente desarrollaron la Química durante siglos carecieron de plan y objetivo, o sirvieron para otros fines”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-16).

“Se tardó en conocer lo que sería la labor propia de la Química, esto es, la investigación de las propiedades de las sustancias y de sus transformaciones recíprocas. A este punto no se llegó hasta el siglo XVII, época en que surgió la Química propiamente dicha como ciencia autónoma, y a partir de la cual puede reivindicar su propia historia. Más que en otras ciencias, se refleja en la prehistoria y en la historia de la Química el cuadro general de la historia de la cultura. La confusión que se manifiesta en la historia del desarrollo del ser humano se manifiesta repetidamente en este campo, y para su comprensión es necesario ahondar en el modo en que se pudo llegar a las ideas que para las concepciones actuales, son extrañas e incomprensibles”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-16).

“Es necesario observar cómo en el camino del conocimiento, después de múltiples encrucijadas y desviaciones, se convierte finalmente en la gran arteria principal de una

ciencia auténtica. La ciencia da cuerpo en cada etapa al conocimiento que en ella se tiene de los hechos presentados por la naturaleza, y por ello, su estado varía a medidas que progresa el conocimiento; debido a esto, el investigador de la naturaleza ha de saber que el estado en que se encuentra su ciencia en su época no es permanente, que todo se halla en fluencia, que el hoy es sólo un puente entre el ayer y el mañana. Todas estas consideraciones son aplicadas a la Química, teniendo la misma además, el privilegio de que con su desarrollo, promueve directamente el desarrollo industrial, ya que toda su actividad de búsqueda está dada por las exigencias económico-sociales de la época, por lo que, al señalar en la historia se observan, los distintos tipos de sociedad caracterizados por sus formaciones socioeconómicas que la Química como toda ciencia, tiene un determinado nivel, lo que ha apoyado el desarrollo del modo de producción específico de la época”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-16).

“La historia de la sociedad es la historia del desarrollo y la sucesión de formaciones socioeconómicas, y el desarrollo de la Química en cada una de ellas ha tenido sus peculiaridades, habiendo desempeñado la misma un papel no poco importante en cada una de estas formaciones”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-16).

“Los orígenes más inmediatos de la química y de su historia habría que buscarlos más bien en el desarrollo y evolución de la alquimia. Pero es necesario ir aún más lejos, retroceder en el tiempo, hasta lo que puede llamarse química práctica de la Antigüedad, bastante rica desde un punto de vista técnico pero desprovisto de un cuerpo teórico que la sustentara. Además, hay que contar con una contribución importante por parte de la filosofía natural y a veces, incluso, de la ontología o ciencia del ser, puesto que se trata en definitiva del estudio del ser en cuanto a su relación con el mundo en el que está inmerso. Y por supuesto, con las aportaciones importantísimas de la física, con personajes tales como Descartes (1564-1642) o Bacon (1561-1626) que, con sus ideas y su metodología, ayudaron a que éstas fueran incorporadas en el terreno de la química”. (Esteban Santos, S. 2002, p.20).

“Comenzando desde la Prehistoria, pasando por la Antigüedad y por la alquimia medieval, tras un lento desarrollo se alcanza el siglo XVII, en el que con Boyle se introduce ya plenamente el razonamiento en la interpretación de los fenómenos químicos, proceso que culminará en la figura de Lavoisier. Éste protagonizará —aunque con ciertas reservas— el momento de la revolución química. Boyle, por su parte, sería el primer personaje fundamental con el que se inicia esa etapa de transición inmediatamente anterior a la de la revolución química, que podría llamarse <química precientífica>. En cualquier caso, toda la química anterior a Lavoisier está íntimamente ligada muchas veces a la historia de la farmacopea, de la medicina e, incluso, de la biología. Por tanto, es necesario integrar todos esos estudios junto con los de filosofía, alquimia y química práctica. El estudio íntegro de la química se caracteriza, pues, por su marcadísima interdisciplinaridad, hecho que se sigue produciendo como una constante mucho después, a lo largo también del siglo XVIII e, incluso, del XIX, y al contrario de la química de nuestros días, en la que existe una marcada especialización”. (Esteban Santos, S. 2002, p.21).

“La química alcanza su carácter científico mucho después que otras disciplinas, como la física, la astronomía o la fisiología. Éstas fueron gestando su <revolución científica> durante los siglos XVI y XVII para culminar en este último con personajes como Galileo, Copérnico, Kepler, Descartes, Bacon, Newton o Harvey, protagonistas de ese cambio. Sin embargo, en química se produjo con un retraso de más de cien años respecto a la de estas otras ciencias. La causa de ello muy probablemente se deba a la falta de un lenguaje químico común y sistematizado, a la carencia de una clasificación racional y de un criterio de la pureza de las sustancias y, sobre todo, a la gran complejidad de los fenómenos químicos, de sus técnicas y de sus instrumentos. Todo ello impidió que se estableciesen generalizaciones y que sus procesos se sistematizaran, por lo cual tampoco era posible formular una teoría que los justificase racionalmente”. (Esteban Santos, S. 2002, p.22).

Tareas para reflexionar

- a) Haga un listado de los instrumentos y equipos que son utilizados en los trabajos de laboratorio e investigaciones en Química y que son compartidos también por los físicos.
- b) ¿Puede considerarse a Newton, además de físico y matemático, un químico también? ¿Por qué?

Ideas didácticas transformadoras en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y la Química

El Dr. Sergio Valle Mijangos, uno de los autores de este libro, ha trabajado las ideas didácticas que el título del epígrafe expresa. Lo ha plasmado en dos de sus artículos nombrados: <La enseñanza de la Física utilizando el diseño de ambientes de aprendizaje que toman en cuenta cómo aprende la gente ciencias> y en la <Didáctica para la Educación Superior. Alternativas ante la problemática docente en la educación de las ciencias duras>.

De ellos se pueden resumir las siguientes ideas:

“A efectos de la elaboración de una propuesta transformadora de la enseñanza de la Física <o la Química (N/A)>, sería importante articular algunos de los innumerables aportes recientes de la investigación didáctica.

De acuerdo con Valle Mijangos, Woolnough y Menikheim y Ruiz de Eguilaz, a efectos de la elaboración de una propuesta transformadora de la enseñanza de la Física <o la Química (N/A)>, sería importante articular algunos de los innumerables aportes recientes de la investigación didáctica. En opinión son los siguientes:

- a) Simulación de problemas físicos <o químicos, (N/A)> en la computadora
- b) Definición de nuevos entornos de aprendizaje
- c) Escribir y reflexionar sobre lo aprendido
- d) Discursos compartidos entre estudiantes y profesores
- e) Actividades educativas coherentes con un tratamiento científico de las cuestiones

- f) Rol del conocimiento conceptual en la resolución de problemas
- g) Modelo de enseñanza- aprendizaje centrado en la resolución de problemas
- h) Aproximaciones educativas centradas en el estudiante y,
- i) Conexiones entre distintos tipos de actividades de enseñanza”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, pp. 11-12).

Refuerzan la idea de mejorar los ambientes de aprendizaje, la propuesta de Bransford, Brown y Cocking, al plantear que “hay que repensar lo que se enseña, cómo se enseña y cómo se evalúa, de acuerdo a, ya que distintos tipos de aprendizaje requieren el diseño de nuevos métodos de instrucción y nuevas metas educativas requieren cambios en las oportunidades de aprender”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, p. 16). Lo cual es aplicable a la enseñanza tanto de la Química como de la Física.

“Así mismo, los autores exploran el diseño de ambientes de aprendizaje desde cuatro perspectivas que han denominado lentes: lente centrado en quien aprende, lente centrado en el conocimiento, lente centrado en la evaluación y lente centrado en la comunidad. Atendiendo a lo dispuesto por Bransford, Brown y Cocking, en las cuatro lentes antes mencionadas deben coincidir todas las actividades que el profesor diseña para facilitar el conocimiento en sus cursos, esto quiere decir que de acuerdo a estos autores, es altamente recomendable que el profesor deba tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Las condiciones socioeconómicas del alumno, su forma de aprender y sus preconcepciones acerca del tema
- b) Promover su interacción con expertos en el tema <químicos o físicos (N/A)> y con los demás compañeros de clase y utilizar diversas fuentes de información y mediar el aprendizaje utilizando tecnologías.
- c) Facilitar conocimiento pertinente en la disciplina de formación del estudiante y,
- d) Aportar un sistema de evaluación pertinente que le permita obtener evidencia de lo que el alumno sabe durante todo el curso” (Valle Mijangos, S.O., 2013, pp.16-17).

“En la medida en que estas condiciones se presenten en la planeación didáctica del profesor y en la medida en que sean administradas clase a clase, serán un indicio de que los cuatro lentes han sido considerados. De tal forma que para cada tema del curso el profesor debe prever que habrá un conocimiento relevante que facilitar al estudiante y que este conocimiento ya fue reflexionado en cuanto a su importancia para la formación en Física <o Química (N/A)>, que es conocimiento de actualidad. Así mismo, que para lograr la comprensión de ese conocimiento es necesario que el estudiante consulte diversas fuentes de información, que pueden ser libros, artículos, expertos, situaciones fuera de aula o laboratorio, o sus mismos compañeros de clase.

También, Bransford, Brown y Cocking, advierten que el profesor deberá atender a las concepciones previas del estudiante, es decir, qué conocimiento sobre la Física <o Química> ya posee, cómo resuelve los problemas y qué piensa del aula de ciencias, entre otros, como sus condiciones de salud, canales de comunicación y situación económica”. (Valle Mijangos, S.O., 2013, p.17).

Debe destacarse además, que un sistema de evaluación integral es importante. “El profesor debe diseñar un sistema de evaluación en el que convivan diferentes formas de aprender para el estudiante:

- a) Evaluación diagnóstica. El estudiante descubre lo que debe saber y el profesor sabe lo que el estudiante sabe.
- b) Evaluación de pares. El estudiante aprende de sus mismos compañeros de clase y el profesor conoce sobre los conceptos y prácticas que no han quedado comprendidas por el estudiante.
- c) Evaluación de expertos. El estudiante tiene la oportunidad de conocer de los expertos en su disciplina qué es lo que requiere mejorar para pensar y resolver problemas en su contexto.
- d) Evaluación del profesor (Heteroevaluación). El estudiante logra conocer cómo alcanzar el nivel de dominio sobre la competencia del curso y el profesor descubre sus propias áreas de oportunidad en la docencia. (Es pertinente mencionar que las demás evaluaciones del sistema proveen esta misma información).
- e) Evaluación sumaria. Debe proveer evidencia de que el estudiante ha alcanzado completamente el dominio de los temas y es capaz de resolver problemas en contexto, tal como fue incluido entre los propósitos del curso”. (Valle Mijangos, S.O., 2013, p.17).

“Hay otro cuerpo de conocimiento que se necesita abordar, si lo que se desea es mejorar la educación en las ciencias, según Wiggins y Mc Tighe, para hacer más operativa la propuesta de los cuatro lentes dentro y fuera del aula y con lo que el profesor puede mejorar su trabajo pedagógico, esto se refiere al diseño en retrospectiva. La teoría del diseño en retrospectiva apoya la idea de diseñar los temas del curso y sus evaluaciones con la intención de diagnosticar la necesidad de guiar a los estudiantes en una mejor comprensión del curso identificando los temas clave que deben abordarse en esencia durante un curso y a partir de ellos desarrollar los demás contenidos”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, pp.18-19).

“El diseño del curso debe atender primeramente al esfuerzo por facilitar los temas clave, es decir, aquellos temas que el estudiante no puede dejar de dominar porque de otra manera es como si no hubiera sido inscrito en el curso. Estos temas son invocados como la comprensión duradera del curso. Hay otro grupo de temas en un curso que deben ser utilizados como conocimiento indispensable, sin ellos el estudiante no podría resolver los problemas del curso actual y que en esencia se invocan de su memoria, ya que son conocimiento de cursos anteriores. Como tercer y último momento, se inscriben en la planificación del curso aquellos temas en los que el estudiante puede estar solo informado, son temas transversales que retomará en curso posteriores seguramente”. (cit. por Valle Mijangos, S.O., 2013, pp.18-19).

“Otro componente importante consiste en decodificar la disciplina. Las disciplinas poseen un código, este código corresponde a cómo está estructurado el conocimiento en una determinada disciplina y a cómo los expertos piensan, lo que lleva a pensar que

es necesario que el profesor reflexione en cómo piensa la gente que sabe de Física <o Química (N/A)> y cómo se aprende y se resuelven problemas en Física <o Química (N/A)>”. (Valle Mijangos, S.O., 2013, p.19). El estudiante que egresa de cursos con esta consideración, realmente es un físico o químico, ya que todo profesionalista debe poseer precisamente el código de su disciplina, esto es pensar y resolver como lo que es, un físico, químico, abogado, pedagogo.

“Un componente más que apuntala la propuesta, de acuerdo a Fink, es considerar el diseño de un curso para el aprendizaje significativo”. (cit, por Valle Mijangos, S.O., 2013, p.19). “El diseño de un curso forma parte del ambiente de aprendizaje al que está expuesto el estudiante. El profesor debe tomar en cuenta los factores situacionales que impactan el desarrollo del curso, esto es, aspectos relacionados con la condición socioeconómica de los estudiantes, condiciones de infraestructura, disponibilidad de recursos para apoyo a la docencia y el concepto de escuela de nuestros estudiantes, con la intención de partir desde una base que permita un alineamiento entre metas de aprendizaje, actividades de enseñanza y la retroalimentación y evaluación”. (Valle Mijangos, S.O., 2013, p.19).

Alcanzar un aprendizaje significativo genera mayor comprensión de los conocimientos en el estudiante y le permite invocar estos conocimientos para aplicarlos en las soluciones que se le soliciten, además, de poder facilitar la transferencia del conocimiento a diversas aplicaciones

Tareas para reflexionar

- a) Lea detenidamente las siguientes afirmaciones e investigue quién las escribió. Además, piense como el contenido de estas frases fueron o no utilizadas por su profesor de Física: “Determínese lo que el alumno ya sabe y enséñese en consecuencia” y “Un aprendizaje es significativo cuando puede relacionarse, de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe.”
- b) ¿Existe diferencia o no entre las palabras “significado” y “significativo”?
- c) En los estudios realizados por usted ¿cómo se le ha diagnosticado lo que usted conoce o no sobre determinado tema?
- d) “Lo planteado por los diferentes autores en este epígrafe, referente a la Física, puede ser y ha sido contextualizado en su totalidad para el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química, a partir de que ambas ciencias son teóricas-experimentales y tienen en común muchos puntos de contacto y situaciones de fronteras similares. La historia de ambas ciencias y las problemáticas actuales en cuanto a las investigaciones que se desarrollan en las ciencias naturales y la tecnología, así lo demuestran”. Valore la anterior aseveración y diga si está o no de acuerdo con ella y porqué.

El aprendizaje significativo en los cursos de Física y Química

Respecto al aprendizaje significativo y al diseño de un curso de Física o de Química, según Fink, debe destacarse que es una idea valiosa, ya que resolvería muchas

cuestiones a la vez, como es el hecho de la integración de contenidos y así evitar la desfragmentación que normalmente encontramos en los libros de texto, tanto desde el punto de vista intradisciplinario como interdisciplinario. La justificación psicológica de este tipo de aprendizaje viene dada en lo fundamental por Vygotsky, Rubinstein y Ausubel, como a continuación se destaca, en los próximos párrafos, lo cual es necesario conocer por todos los profesores que se dedican al estudio e impartición de la Física o la Química.

Según el Dr. Jorge Luis Contreras, uno de los autores de este libro, “De acuerdo con Vygotsky y Rubinstein, las relaciones asociativas desempeñan una considerable e importante función, pero no son estas solas las que inciden sobre la memoria porque también hay que tomar en consideración las relaciones significativas y según Ausubel, los seres humanos tienden a trabajar más y a estar más motivados cuando las actividades de aprendizaje en las que participan tienen sentido en vez de carecer de él y las pueden recordar y articular con sus propias palabras”. (Contreras, 2008, p. 36-37).

“Para nadie es un secreto que todo sujeto es capaz de estudiar y aprender más eficientemente en la propia medida que esté más motivado para hacerlo y esto lo logra cuando aquello que estudia tiene un sentido, un significado para él y, sin lugar a dudas, todo en la vida lo tiene. De lo anterior es que existen dos términos con similar significado en el argot psicológico que reflejan lo hasta aquí explicado: “anclajes” y “sutura”, el primero corresponde a Ausubel y el segundo a Vygotsky”. (Contreras, 2008, p. 36-37).

“Hasta aquí se puede decir que para retener y grabar en la memoria se necesita asociar significativamente, pero en la realidad no siempre se tienen relaciones significativas, no todos los materiales permiten tal retención y es entonces que lo que se va a aprender (retener, guardar en memoria) a partir de un material se vincula a una unidad estructural. Se entiende por estructura, en este caso, la disposición y relación del material con auxilio de su ritmo, de su disposición simétrica, etc. La clara estructuración y vinculación del material es condición indispensable para una eficaz retención en la memoria”. (Contreras, 2008).

“En las relaciones asociativas, intuitivas y estructurales, según Rubinstein, se manifiesta preponderantemente la importancia del material. Pero la retención y la reproducción no dependen de las conexiones objetivas del material, sino también de la relación, que, con respecto a él, tiene la personalidad, o sea, del acto volitivo”. (Contreras, 2008, p. 36-37).

“Resumiendo, los aspectos anteriores se puede decir que para retener en memoria de una forma eficiente deben de tenerse en consideración, de acuerdo a Rubinstein, los siguientes aspectos:

- numerosas, sistematizadas y variadas asociaciones alrededor del objeto en cuestión.
- que las asociaciones estén llenas de sentido, de significado para el que aprende.

- que el material para aprender tenga una estructura adecuada que facilite la fijación en memoria, que sea importante.
- que el alumno tenga disposición al desarrollo, o sea una actitud y una postura orientada a querer aprender”. (Contreras, 2008, p. 36-37).

Además de lo anteriormente expresado, se añade...”que existen factores personales y sociales que influyen sobre el rendimiento del sistema cognitivo a la hora de realizar una tarea. Algo que también tiene un gran interés para el cognitivismo, es el conjunto de conocimientos previos que cada sistema cognitivo humano posee. Ausubel, Novak, Gowin, entre otros, se encuentran entre los que más han trabajado en esta última cuestión. Para ellos es más fácil aprender un nuevo conocimiento cuando él mismo se relaciona con un conocimiento ya adquirido. De esta manera, por ejemplo, el alumno llega a contar con variadas vías de acceso a esa nueva información y es capaz de construir redes de conocimientos, a partir de pequeñas unidades que se entrelazan entre sí con significados determinados, conformando la estructura cognoscitiva. De no ocurrir lo anterior se vería entonces obligado a recordar hechos aislados sin significado alguno. Cada pequeña unidad que compone la estructura cognitiva tiene su correspondencia cerebral en los circuitos neuronales y su correspondencia mental en las representaciones llamadas esquemas. Se hace necesario resaltar que cada concepto en la mente no es algo simple ni aislado, sino una pequeña estructura que contiene un conjunto de elementos que se interrelacionan, que se enlazan, que se asocian; que estas estructuras son relativamente estables. Que los conocimientos previos vienen representados por esas estructuras y que el aprendizaje significa la modificación de la estructura cognoscitiva por incremento y reestructuración, lo que la convierte en algo dinámico, cambiante. A todo lo planteado se le conoce como aprendizaje significativo”. (Contreras, 2008, p. 30).

En un curso que se desee alcanzar aprendizaje significativo deben estar presentes, entre otros elementos, tareas que integren los conocimientos. Estas tareas motivan al estudiante a investigar para poder resolverlas e integran contenidos de diferentes ciencias y las situaciones que describen suelen darse en la vida cotidiana. Ejemplo de estas pueden ser las siguientes:

- Es común percibir que el agua de una garrafa o tinaja es más fresca que la que se encuentra en una de vidrio. Explica por qué.
- Cuando el té, el café o la leche están muy calientes es común soplar la superficie de esos líquidos para enfriarlos. Explique en base al modelo cinético molecular la razón de este procedimiento.
- Cuando una persona sale de una piscina principalmente en un día con mucho viento por lo general siente frío. Explique ¿Por qué?
- ¿Cómo se explica que los esquimales construyan sus casas con hielo y logran protegerse del frío?
- Usualmente cuando alguien tiene fiebre se le baña o se le ponen compresas sobre la frente con agua fría. a) Explique el por qué. b) ¿Qué compresa será más eficiente para bajar la fiebre: compresas de agua fría o de alcohol? ¿Por qué? c)

Si una persona tiene 38 0C de temperatura ¿Qué valor de temperatura debe tener el agua con que se le bañe para bajarle la fiebre? ¿Por qué?

Estás y otras tareas integradoras, 156 sin resolver y 10 resueltas como ejemplos, pueden encontrarse en el libro “Las Ciencias Naturales desde las Tareas Docentes Integradoras”. (Contreras, 2019^a). No se va a arrepentir de leer dichas tareas e intentar darle solución.

Para terminar con este epígrafe, solo señalar, que a pesar de todo lo que se ha escrito acerca del aprendizaje significativo, lo que más se ha utilizado como estrategia para lograrlo, son los mapas conceptuales de Novak. También Marco Antonio Moreira, discípulo de este último, ha realizado investigaciones sobre otras maneras de medir cómo se relacionan en la estructura cognitiva de quien aprende, los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos. Estos métodos, técnicas, estrategias son los árboles conceptuales, las proposiciones conceptuales, los test de asociaciones numéricas conceptuales y los test de asociaciones escritas conceptuales; estos test procesados luego por las técnicas estadísticas de Análisis Multidimensional y el Análisis Jerárquico de Cluster.

Por último, destacar los trabajos del Dr. Jorge Luis Contreras, quien, para su tesis doctoral, diseñó la matriz de asociaciones significativas conceptuales, el rastreo conceptual, el test de los tipos de asociaciones significativas conceptuales y la red de asociaciones significativas conceptuales, guiado y ayudado por el Dr. Marco Antonio Moreira. (Contreras, 2008).

A pesar de todo lo que se escribe teóricamente en la Didáctica de la Física y de la Química, sobre las diferentes estrategias de enseñanza aprendizaje, sobre el aprendizaje significativo, el aprendizaje por investigación, entre otros, los profesores, de manera general hacen caso omiso a ello y siguen trabajando de acuerdo a su libre albedrío. Por eso, insistimos, en que las acciones teóricas rebasan por mucho a las acciones prácticas, al menos en el campo de la Educación, y así no se logran avances, que valga la redundancia, sean significativos.

Tareas para reflexionar

- a) Existen tres tipos de motivaciones para estudiar, que también se le pueden llamar, pulsión cognitiva, familiar y económica. ¿Bajo cuál de ellas usted ha estudiado o estudia?
- b) Cuando estudiando Física o Química, usted recibió el concepto de electricidad, ¿Utilizaron para ello algún tipo de “anclaje” o “sutura”? ¿Pudiera mencionar cuál?

La Didáctica de la Física y la Química y el modelo educativo por competencias profesionales

De acuerdo al Dr. Sergio Valle, en México, las experiencias identificadas con la enseñanza de estas dos ciencias en las instituciones de educación superior (IES) de corte tecnológico, bajo el modelo educativo por competencias profesionales, se tiene que:

- a) Perfil profesional del docente (otras disciplinas, grado de habilitación, diferencias regionales). Muchas veces el perfil profesional del docente refiere a otras disciplinas en las que no necesariamente la Física o la Química son su principal fortaleza, así como el grado de habilitación y las diferencias regionales que impactan en la aplicación de los conocimientos a problemas reales. En Cuba, Ecuador y Argentina sucede lo mismo. Ante la necesidad de profesores de Física y Química, profesionales de otras disciplinas, ingenieros principalmente, se exceptúan a los ingenieros químicos, van a las aulas a impartir estas ciencias sin tener toda la preparación necesaria para ello, creando en los alumnos rechazo y desmotivación ante la misma. Estos ingenieros recibieron clases de Física y Química en la Universidad, posiblemente también con ingenieros, por lo que los problemas de aprendizaje se van propagando de unos a otros. Se multiplican en vez de restarse.
- b) El profesor reproduce su experiencia de aprendizaje en los alumnos (memoria, evaluación, prácticas docentes de antaño, sin tecnologías, preconcepciones erróneas). Hay profesores de Física y Química, que por su edad, consideran que ya no tienen la capacidad para integrar las tecnologías a sus clases y asisten a impartir las mismas con papeles amarillos por el paso del tiempo, lo cual no es justificable, pero lo hacen. Otros acuden a <técnicas memorísticas> para que sus estudiantes se aprendan las ecuaciones de al menos tres variables y puedan despejar a las mismas sin acudir a los procedimientos matemáticos. Muchos profesores de Física y Química tienen ideas alternativas o preconcepciones erróneas y no se percatan de las mismas, las cuales se las impregnan también a sus estudiantes. Lo peor de todo es que estos errores son encontrados también en los libros de texto. Por ejemplo, “en el libro de texto de Física, décimo grado, que actualmente se utiliza en Cuba, se plantea la definición de movimiento rectilíneo uniforme (MRU) de la siguiente manera: <Un cuerpo se mueve con movimiento rectilíneo uniforme cuando realiza iguales desplazamientos en el transcurso de iguales intervalos de tiempo> y se omite al final de esta <cualquiera que estos sean>. En el libro de los Diálogos sobre dos nuevas ciencias...Galilei enfatiza que a dicha definición hay que agregarle <... cualquiera que estos sean>. De no ser así, la definición estaría incompleta y no se garantizaría con ello que la velocidad, en este tipo de movimiento, sea constante en cada uno de sus puntos a lo largo de todo el trayecto recorrido”. (Contreras, 2019, p.55). También en el libro de Grado 12, que actualmente se utiliza en Cuba, así como en otros libros de diferentes países, el Modelo Atómico de Thomson lo representan en extremo mal, lo cual podrá ser visto en el epígrafe dedicado a la Teoría de la Omisión. En libros de Física y Química de diferentes autores y diferentes países se encuentran errores y concepciones alternativas en cantidades no despreciables.
- c) El estudiante tiene poco acercamiento con expertos en Física y en Química. Los expertos en Física y Química cada día son menos y su lugar es ocupado por docentes de otras disciplinas, en especial los de ingeniería, como se ha

planteado con anterioridad, que lógicamente no tienen la preparación necesaria en la Física ni en la Química como para enseñarlas.

- d) El docente como desarrollador de planificación didáctica y de ambiente de aprendizaje posee poca habilidad, esto es, que los temas pedagógicos no forman parte de la formación de los físicos o químicos como profesores universitarios.

No queremos hacer pensar al lector que la problemática se centra únicamente en los profesores. Los alumnos también contribuyen a la misma y lo que la literatura publicada sobre el tema señala es lo siguiente:

- a) El estudiante no alcanza a superar las deficiencias en matemáticas de niveles educativos anteriores. En Cuba, Argentina y Ecuador sucede exactamente lo mismo y está dado, entre otros factores, porque la misma se imparte con un lenguaje demasiado abstracto y el estudiante no ve en ella la importancia para la vida y su desarrollo profesional futuro.
- b) Sentido común vs conocimiento científico. Este es un aspecto que viene desde la misma infancia y les sucede a todos los niños, los que comienzan a formarse conceptos espontáneos, algunos en el sentido correcto y otros en el sentido contrario a la ciencia. Si no se combaten a tiempo los segundos, pues los mantienen en sus estructuras cognitivas por toda la vida, en gran parte de los casos. Un ejemplo elocuente de ello es la relación que se establece entre fuerza y movimiento. El sentido común dice, que para que exista movimiento en un cuerpo debe de haber una fuerza aplicada sobre el mismo, mientras que el conocimiento científico alega que un cuerpo puede estar en movimiento sin estar aplicado sobre él fuerzas, porque poseen un “ímpetu”, llamado así hace cientos de años, hasta que tomó el nombre de “cantidad de movimiento”. También los niños consideran que al verter sal común, en un vaso con agua, y remover luego la misma con una cuchara, al cabo de cierto tiempo, la sal desaparece y no aprenden la verdad científica de la situación dada hasta que no reciben el conocimiento de las mezclas.
- c) Vocación para aprender Física y Química. Desafortunadamente, ante todos los retos en la enseñanza aprendizaje de la Física y la Química, que se han estado analizando en este libro, encontrar estudiantes con vocación para estudiar estas ciencias pareciera en ocasiones como encontrar una aguja en un pajar. En ocasiones, se encuentran estudiantes con vocación para estudiar estas ciencias, pero no son los suficientes como para abrir la carrera en ese año y entonces se dirigen al estudio de otras especialidades, lo cual es una verdadera lástima.
- d) Aspectos socioeconómicos a que está expuesto todo estudiante. Complejidad en las relaciones familiares, escasez de recursos, condiciones económicas generales adversas para todos, entre otras.
- e) El estudiante se inscribe únicamente si hay campo de trabajo. En Cuba, por ejemplo, el campo de trabajo para ser profesor de ciencias básicas, puede decirse que es demasiado amplio, sin embargo, todos los padres quieren que sus hijos tengan buenos profesores, pero casi ninguno desea que su hijo sea

profesor. Hace ya un buen tiempo que las carreras pedagógicas, en sentido general, son rechazadas por los estudiantes y, en especial, las de Física, Matemática y Química. Pero no solo sucede con las carreras de formación de profesores, también pasa con aquellas que se dedican a la formación de físicos, matemáticos y químicos puros, pero en este caso es el campo de trabajo la limitante y conocen los estudiantes que, de matricularse en las mismas, por lo general terminarán como profesores y esa opción no la aceptan. Hay que replantear el campo de trabajo y dar a conocer todo el espectro de posibilidades para estos profesionistas

Tareas para reflexionar

- a) El inciso d) dedicado tanto a profesores como estudiantes puede ser ampliado utilizando otros ejemplos. Le invitamos a que usted lo haga desde su perspectiva personal.
- b) El sentido común nos dice que los cuerpos más pesados caen con mayor rapidez que los menos pesados. ¿Qué nos dice la ciencia al respecto?
- c) Nuestro sentido común también nos dice que si vertemos agua sobre el fuego, está casi de inmediato logra apagarlo, pero no siempre es así. ¿Por qué?
- d) En la fórmula química del agua existen dos elementos, el oxígeno y el hidrógeno. El primero tiene la virtud de mantener al fuego y el segundo la capacidad de incrementarlo. Entonces, ¿por qué el agua vertida sobre el fuego, por lo general, lo extingue?
- e) Una de las experiencias que realizaron los cosmonautas norteamericanos, entre ellos Neil Armstrong, después de haber alunizado, generó la respuesta al inciso anterior. Describa lo experimentado por ellos en la superficie de la Luna.

Consideraciones en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química

A manera de resumen, podemos decir que hasta el momento se han destacado en el proceso de enseñanza aprendizaje para estas ciencias, las siguientes cuestiones:

1. Las tecnologías y dentro de ellas las computadoras, los software de simulación, sistemas de adquisición de datos, video y el internet pueden ayudar tanto al profesor en sus clases, como al estudiante en aprender de una mejor manera y más motivante la Física y la Química. Ejemplo de ellos lo constituyen el Geogebra, Física Interactiva, el Tracker, Weblab ViewerLite, Rasmol, Chems sketch, Atoms Symbols and Equations, Atoms, Bonding and Structure, Ácidos y Bases, entre otros.
2. Hay que preparar clases y estudiar revisando aquellos libros que se encuentran actualizados en la Física y en la Química, en sus aplicaciones tecnológicas y en sus relaciones con otras ciencias, desde luego, considerando los conceptos verdaderos. Interesante sería estar al tanto de los premios nobeles en Física y Química y discutir acerca del contenido de los mismos. Al respecto, en una entrevista realizada a Gerald Holton, físico y filósofo de las ciencias, por Alicia

Rivera, en Madrid, para el periódico EL PAÍS, el primero de noviembre de 2006, titulada “Los científicos se enamoran de la Física, la Química, las Matemáticas...”, éste declara que “hay que explicar a la sociedad, por ejemplo, que cada vez que se abre una puerta con una célula fotoeléctrica está implicado un artículo teórico que escribió Einstein en 1905 sobre el efecto fotoeléctrico”., por el cual obtuvo el premio Nobel en Física.

3. El surgimiento de nuevas teorías y mejores ambientes de aprendizaje, acompañadas de técnicas, métodos y estrategias innovadoras que deben ser integradas a la enseñanza de una ciencia teórico-experimental como es la Física y la Química.
4. La complejidad matemática de la Física como uno de los factores que más inhiben a los alumnos y señalan la rapidez con que los profesores enseñan las representaciones matemáticas del mundo físico, como una de las causas de sus dificultades de comprensión. La Matemática es una herramienta para la Física y solo en esa medida debe ser utilizada en las clases de esta última. La Física con sus fenómenos naturales y la explicación cualitativa de los mismos, para luego pasar al desarrollo matemático, pero solo el necesario, al menos en las enseñanzas secundaria y preuniversitaria, así como en la preparación de Técnicos Universitarios Superiores. En la Química las complejidades matemáticas son de menor envergadura que en la Física, aunque su efecto sobre el aprendizaje y resultado de las evaluaciones de los alumnos no es despreciable.
5. Que el conocimiento que se consigue parece consistir en datos o hechos separados, fórmulas y ecuaciones también descontextualizadas, lo que les impide retenerlas y usarlas. La integración de las ciencias es esencial para lograr una estructura cognitiva integrada y así poder lograr formaciones conceptuales que puedan consolidarse en una memoria de largo plazo. Tareas integradoras diseñadas por los profesores de Física y Química para que sean resueltas por sus estudiantes, es una buena manera para lograr lo anterior, como también lo son la utilización de formas de docencia como los seminarios y los talleres integradores. La Física y la Química, conectadas al mundo exterior, a todos los tipos de movimientos, al mecánico, al físico, al químico, al biológico y al social, ello es esencial. La utilización del método de los peripatéticos, utilizado por Aristóteles, es muy útil en el afán anterior.



Que el profesor utilice ambientes de aprendizaje no formales (la calle, el barrio, el campo) con sus alumnos y que les pregunte por qué el cielo es azul, por qué se despeina el pelo, por qué el arcoíris tiene colores, por qué iluminan las estrellas, etc. Las respuestas que el profesor logre obtener del estudiante podrán distinguirse de la simple lógica y despertarán el interés y los alumnos logran motivarse.

También pueden utilizarse ambientes de aprendizaje formal, pero no dentro del aula ordinaria, sino en un espacio que simule a un hogar familiar, donde los muebles son

diferentes y el clima que se respire sea de colegas y no de alumnos y profesores. En la foto anterior se muestra un espacio donde se crea un ambiente de aprendizaje para la impartición de clases, en la Universidad Mundo Maya, campus Campeche, México.

1. Los laboratorios de enseñanza de la Física y de la Química, deben ser mejorados y deben ser espacios donde se pueda utilizar la mejor de las tecnologías. Hoy existe la tendencia de trabajar en solitario, en algunos casos, o darle la mayor connotación a los laboratorios y demostraciones virtuales, dejando detrás el trabajo directo con los equipos y utensilios diseñados al respecto. “Cacharrear” en los laboratorios es importante.
2. Trabajar concienzudamente en un sistema de evaluación pertinente que permita obtener evidencia de lo que el alumno sabe durante todo el curso. En este sistema las preguntas orales y la discusión de las respuestas a nivel individual y grupal son muy efectivas.
3. Aplicar test, entrevistas, entre otras, para conocer más acerca de las concepciones previas del estudiante, es decir, qué conocimiento sobre la Física o Química ya posee. La anterior acción está encaminada a considerar el diseño de un curso para el aprendizaje significativo y redireccionar o reafirmar los conceptos claves y base para construir más conocimiento. Como escribió David Ausubel “Determiné lo que el estudiante ya sabe y enséñese en consecuencia”, lo que ya ha sido escrito en un epígrafe anterior.
4. El establecimiento de modelos educativos por competencias o cualquier otro bajo el cual se pueda trabajar concienzudamente y bajo un orden establecido, en el que se definan los resultados de aprendizaje. La bondad del modelo educativo por competencias radica en identificar qué problemas se requiere resolver y en qué contexto.

Además de estas nueve cuestiones, a tomar en consideración, y que se han obtenido a partir de todo un estudio realizado desde la propia experiencia, la pedagogía y la didáctica, los autores agregan dos más que han sido poco utilizadas y cuya connotación no es nada despreciable:

- a) Las omisiones parciales o totales de contenidos en los libros de texto, que conllevan a ideas alternativas y errores conceptuales tanto por parte de estudiantes como de profesores, lo cual atenta lógicamente contra el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias, en especial de la Física y la Química, en todos los niveles educativos.
- b) El valor del historicismo, que logra colocar a los físicos y a los químicos y sus realizaciones científicas en la época en la cual vivieron, en su entorno social, en su vida cotidiana, con sus logros y vicisitudes, en sus escritos originales y no en los parafraseados por otros, en fin, colocar a la Física y la Química, desde la visión humanística. Los siguientes epígrafes tratarán sobre estas dos cuestiones.

Tareas para reflexionar

- a) Juan Amos Comenio, en su <Didáctica Magna>, escribió: “...que casi nunca han sido enseñadas las ciencias de un modo enciclopédico, sino fragmentariamente.

Con lo cual resultaba que ante los ojos de los discípulos aparecían estas enseñanzas como montones de maderos o de sarmientos, en las que nadie advierte la razón en virtud de la cual están unidos.” Amplíe con ejemplos lo planteado por Comenio y diga si en las clases de Física y de Química, por usted recibidas o impartidas, ha sentido el actuar de esta regla de oro.

- b) Investigue quién escribió la siguiente aseveración: “que se enseñan muy mal las ciencias cuando su enseñanza no va precedida de un vago y general diseño de toda la cultura, pues no hay nadie que pueda ser instruido de tal manera que resulte perfecto en cualquier ciencia particular sin relacionarse con las demás” ¿Concuerda usted con este planteamiento? Si o no y por qué.
- c) En la jurisprudencia existe el delito por omisión. ¿Considera usted correcto llamarle “delito didáctico por omisión”, al fenómeno que ocurre en los libros de textos de Física y Química, en el que se dejan de incluir, parcial o totalmente, contenidos esenciales para el aprendizaje de ambas ciencias? De ser así, ¿cuál sería la condena que usted propondría para los autores de esos libros? Le recomendamos leer el epígrafe siguiente y solo después, conteste esta pregunta.

La Teoría de la Omisión y su papel en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física y la Química

La Teoría de la Omisión, ha sido abordada, por tres de los autores de este libro, el Ing. Edgardo Remo, la MSc. Xenia Pedraza y el Dr. Jorge Luis Contreras. A continuación se escriben las principales ideas acerca de lo que la misma trata.

“Al emplear el término de Teoría de la Omisión (TOMs), con énfasis en el término <omisión>, se puede correr el riesgo de que ya este se emplee difusamente con <otro sentido>, por ejemplo, en la teoría penal con aproximación a una forma delictiva, como es el caso del <Delito por Omisión>...Si a pesar de ello se insiste en su empleo es porque en cierta medida la omisión voluntaria o involuntaria de elementos constitutivos de conceptos, principios, leyes, teorías y desarrollos históricos en la física, constituyen no solo <delitos en la formación científica>, sino en las concepciones didácticas y epistemológicas más avanzadas de la enseñanza-aprendizaje de la Física <y la Química (N/A)> en el mundo contemporáneo. De ahí que, en el campo de la didáctica se puede utilizar el término de <delito didáctico por omisión>. Tampoco se estima que se violente la Primera Ley de la Lógica o Ley de la Identidad que, en general, señala que todo concepto o juicio debe ser idéntico a sí mismo. Por tanto, todo concepto es idéntico a sí mismo, aunque sean diversos los contextos y los sentidos que se pretenda utilizar...De esta manera, el sentido que alcanzan los dos términos juntos, teoría y omisión, hace pensar en el análisis sistémico dedicado a qué son, cómo se manifiestan y qué consecuencias tienen las omisiones en el contexto específico del estudio de la Física en cualquier nivel de enseñanza, con énfasis en la formación universitaria”. (Contreras, et.al.2019, pp. 39-40).

“La TOMs propone que la información, conocimientos y conceptos que se desarrollan en los libros de textos no deben ser contradictorios, incoherentes o invalidados por los que se omiten. En muchos temas, el efecto de lo omitido en la información desarrollada

provoca su incomprensión, cambia su significado y/o interpretación, demuestra que el análisis realizado es incorrecto. El concepto de la TOMs se aplica en ejemplos que son fundamentales para aclarar y comprender su significado. En los ejemplos de Física <y Química (N/A)>, un concepto, principio, ley, teoría o modelo se desarrolla desde un estado inicial (EI) en una dirección o secuencia de avance seleccionado, dicho avance es hasta un estado final (EF). En general, un concepto, principio, ley, teoría o modelo no termina en el EF, sino que continúa, o sea el desarrollo estado inicial-estado final es parcial. Los conceptos, principios, leyes y teorías, durante el estado inicial-estado final deben ser coherentes con los omitidos o no desarrollados y enriquecerse en la medida que el desarrollo histórico de estos lo permita. En consonancia con lo expuesto anteriormente, un objetivo fundamental de la TOMs es avisar, destacar, señalar que al abordar un concepto, principio, ley o teoría se deben tener muchas precauciones y que estos aspectos se abordan siempre teniendo en cuenta lo que se omite. Es preciso señalar que durante las actividades y procesos de enseñanza-aprendizaje en el nivel medio y universitario, se han detectado conceptos, principios, leyes, teorías y modelos confusos o incorrectos que constituyen ideas previas de los estudiantes.” (Contreras, et.al.2019, pp. 41-42)

“Se sostiene...que en el análisis realizado de los libros de Física <y Química (N/A)> por los cuales estudian los profesores y estudiantes, se ha podido constatar que existen contenidos esenciales que han sido omitidos, lo cual va en detrimento de la motivación, en el desarrollo de una cultura y educación científica adecuada y en el establecimiento de asociaciones contradictorias en la estructura cognitiva de los estudiantes. La omisión de estos contenidos lleva, por tanto, a que la enseñanza de determinados temas no sea todo lo eficiente que puede ser y que el aprendizaje no alcance la riqueza necesaria que debe poseer. Por ello, es indispensable lograr que los contenidos que se omiten en los libros de física <y Química (N/A)> no hagan que aquellos que se desarrollan en las clases sean contradictorios, incoherentes o invalidados por estos. De lo contrario, dicha situación puede acarrear ideas alternativas, errores conceptuales y confusión en los contenidos recibidos.” (Contreras, et.al.2019, p.45)

“En los planes de estudio para la enseñanza de la Física <y Química (N/A)> a cualquier nivel, incluyendo la formación de físicos <y químicos (N/A)>, se hace necesario hacer una cuidadosa selección de los libros de texto que serán utilizados. Hay que tener en cuenta, no solo su nivel de actualización, sino también el nivel de omisiones que estos puedan tener. En tal sentido, todos los libros de textos de Física <y Química (N/A)> omiten, pero unos lo hacen más que otros. Lo verdaderamente importante es conocer el contenido que se omite, tener los conocimientos sobre ello, así como estudiar y enseñar en consecuencia. Por esta causa, <los autores de este libro tienen (N/A)> la intención de alertar que las omisiones parciales y totales existen, no importa el libro de texto de Física <o Química (N/A)> que sea, y sobre todo señalar que estas son potencialmente peligrosas ya que pueden llevar a la comisión de errores y a perjudiciales interpretaciones de conceptos, principios, leyes y teorías, lo que va en detrimento de la calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física <y la Química (N/A).” (Contreras, et.al.2019, p. 65).

No es que no se omita, es imposible no hacerlo, porque son demasiados los contenidos a tratar en un libro, pero hay que estar consciente de lo que se omite y declararlo. Al respecto, en el prefacio del libro “La física, aventura del pensamiento: el desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos”, escrito por Einstein e Infeld, se lee lo siguiente: “Pero la explicación ha tenido que ser sencilla. Del laberinto de hechos y conceptos hemos tenido que elegir algún camino real que nos pareció más característico y significativo. Ha habido que omitir hechos y teorías que no se han alcanzado por este camino. Nos vimos forzado por nuestro objetivo general a efectuar una selección cuidadosa de hechos e ideas”. (Einstein A. y Infeld L. 1961).

“Por lo general, las omisiones (totales o parciales) que pueden presentarse son:

1. Omisión de una parte en una definición, por considerar que, si esta se estudia completa en el grado o año en cuestión, el alumno no la comprenderá. Siendo éste el principal descuido técnico y didáctico.
2. Omisión del nombre del científico implicado en trabajos, experimentos, etc. que se relatan en el libro de texto.
3. Omisión de fórmulas originales escritas por los científicos, y en su lugar escribir una fórmula similar, a la cual arribó otro científico.
4. Omisión de esquemas o figuras originales en los trabajos de los científicos y sustituirlas por esquemas o figuras incorrectas, debido a una interpretación errónea por parte del autor del libro.
5. Omisión de definiciones originales escritas por los científicos, y en su lugar escribir definiciones parafraseadas por el autor del libro, pero incorrectas.
6. Omisión de contenidos que conllevan a una falsa idea sobre el desarrollo histórico de un concepto, ley, principio, teoría, modelo, entre otros.
7. Omisión del desarrollo histórico de un concepto, principio, ley, teoría o modelo, que conlleva a una incorrecta comprensión de estos aspectos, en su estado acabado o final.
8. Omisión de ideas claves en los conceptos, principios, leyes, teorías o modelos, que solo tienen un valor histórico y que no permiten darles el verdadero valor a estos.
9. Omisión de información y conceptos relacionados sobre un tema que invalida los conocimientos y conceptos desarrollados, por lo tanto, el aprendizaje es incorrecto.
10. Omisión de temas por considerarse que es mejor trabajarlos directamente en el laboratorio o en clases o porque sencillamente se dejan de estudiar por razones desconocidas”. (Contreras, et.al.2019, pp. 66-67)

Queremos destacar, que para orgullo de los autores del libro “La Teoría de la Omisión y su impacto en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física”, el décimo tipo de omisión, fue aportado por el Dr. Gerald Holton, profesor Emérito de la Universidad de Harvard, quien tuvo la delicadeza de leer el manuscrito del libro y darnos sus opiniones sobre el mismo.

“Aunque pueden existir otros tipos de omisiones en los libros de textos, los autores consideran que las citadas anteriormente son las esenciales. En tal sentido, la preparación del profesor es primordial para percatarse de las omisiones y enseñar al estudiante lo correcto. De ahí que, el profesor no debe confiarse solamente del libro por el cual va a realizar la enseñanza; es necesario que sea crítico e insaciable del estudio de los libros de textos que utiliza en sus clases, con ello se ayuda a sí mismo, a sus estudiantes y a los propios autores. En consonancia con lo antes expuesto, los que se dedican a escribir libros de texto de Física <y Química (N/A)> deben tomar en consideración, la omisión de contenidos metacientíficos. La cultura científica de los profesores y estudiantes de Física <y Química (N/A)> depende, en gran medida, de que los libros de textos no solamente contengan los conocimientos básicos de la ciencia en cuestión, sino que también incluyan aspectos relativos a los riesgos, efectos adversos, usos políticos, dilemas éticos o influencias económicas de la investigación científica y el desarrollo de la tecnología, así como la habilidad o capacidad para hacer frente a los objetos tecnológicos de la vida cotidiana”. (Contreras, et.al.2019, pp. 67-68)

Tareas para reflexionar

- a) No solo en la Física se omiten cuestiones, también existen omisiones en todos los ámbitos de la vida, para bien o para mal. Piense detenidamente y busque omisiones en el plano científico, filosófico y social. Haga énfasis en las omisiones cometidas en los libros de Química.
- b) Una de las ironías socráticas fue escribir en una ocasión: “Solo sé que no sé nada”. Analice esta frase y busque el origen de la misma. ¿Qué está omitiendo Sócrates en esa expresión?
- c) Existen omisiones también en otros ámbitos de la vida. De hecho los seres humanos nos pasamos la vida omitiendo cuestiones, por miedo a lastimar o hacer daño a alguien o para salvarnos de determinadas situaciones que se nos presentan. ¿Cree usted que omitir sea mentir?

Dos ejemplos de omisiones en los libros de textos de Física y Química: La ley de la Inercia y el Modelo Atómico de Thomson

Primera Ley de Newton

“La primera Ley de Newton, o Ley de la Inercia, se expresa de variadas formas en diferentes libros de texto a nivel internacional. A continuación, mostramos, respectivamente, algunas de estas maneras escritas por diferentes autores como son los casos de Tippens, Nuñez, Wilson y Buffa, Slisko, Gutierrez, Savéliev e Irodov:

- “Un cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que una fuerza externa no equilibrada actúe sobre él”.
- “El estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme de un cuerpo se mantiene mientras sobre él no actúan otros cuerpos o las acciones de estos se compensan”.

- “En ausencia de la aplicación de una fuerza no equilibrada (...) un cuerpo en reposo permanece en reposo, y un cuerpo en movimiento permanece en movimiento con velocidad constante (rapidez y dirección constantes)”.
- “Sin acciones de otros cuerpos, un cuerpo mantiene su estado de reposo o de movimiento”.
- “Todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo con velocidad constante, mientras no actúa sobre él una fuerza que modifique su estado de reposo o de movimiento”.
- “Todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme mientras otros cuerpos no actúen sobre él y le obliguen a cambiar dicho estado”.
- “Un punto material libre, no sujeto a la acción de ningún otro cuerpo se mueve rectilínea y uniformemente o, como dicen, por inercia con relación a este sistema de referencia (...) la afirmación de que los sistemas inerciales de referencia existen constituyen el contenido de la Primera Ley de la Mecánica Clásica, es decir, del principio de Inercia de Galileo-Newton”. (Contreras, et.al.2019, pp. 63-64).

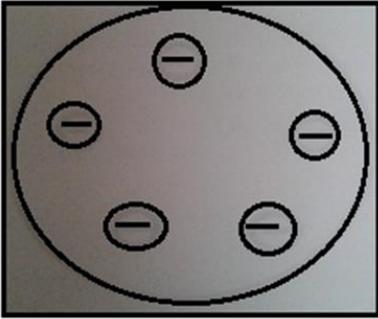
Como se desprende de la lectura de las definiciones citadas anteriormente, ninguna recoge el significado exacto de la Primera Ley escrita por Newton, lo cual desvirtúa la enseñanza y el aprendizaje correcto de esta.

“Isaac Newton escribió su ley de la siguiente manera: <Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, si no es obligado a cambiar dicho estado por fuerzas aplicadas a él>, la cual puede ser encontrada en los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural, donde además escribe que: <Una fuerza aplicada es una acción ejercida sobre un cuerpo a fin de cambiar su estado, ya sea de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta>. En tal sentido, Newton siempre habló de fuerzas aplicadas a cuerpos y no de acciones o impactos de cuerpos sobre otros”. (Contreras, et.al.2019, p. 51).

Entonces, ¿Por qué escribir de tantas maneras distintas la Primera Ley de Newton? ¿Por qué no escribir la Primera Ley de Newton de la manera original en la cual él la escribió? Con esta acción se corre el riesgo de no observar a cabalidad la Primera Ley de la Lógica y de hecho se viola cuando se escribe una ley de diferentes maneras y de forma incorrecta.

Por lo anteriormente expuesto, los autores asumen, que “el verdadero valor de un libro de texto no está en escribir los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos, de acuerdo a como el autor o los autores lo interpreten; el verdadero valor radica en la forma en la cual se organicen los contenidos, en la metodología que se utilice para que estos sean mejor aprendidos por el sujeto, en el respeto hacia los estudios originales, en el cuidado que se tenga para evitar los vacíos históricos y así lograr una adecuada formación de cada contenido tratado. Lo que sucede con la Primera Ley de Newton en los libros de textos de Física, sucede con otros conceptos, principios, leyes, teorías y modelos en las diferentes ramas de la Física.”(Contreras, et.al.2019, pp. 63-65).

Modelo Atómico de Thomson



“Otro ejemplo muy elocuente, es el referido al Modelo del Átomo de Thomson. En el libro del Grado 12 (Sifredo Barrios, C., Hernández Pérez, E., y otros., 1991, p-72), de la enseñanza preuniversitaria en Cuba, se encuentra que la representación esquemática del mismo es la que muestra la figura siguiente:

Representaciones similares, con más o menos colores, en un plano o en tres dimensiones, se encuentran en los siguientes libros:

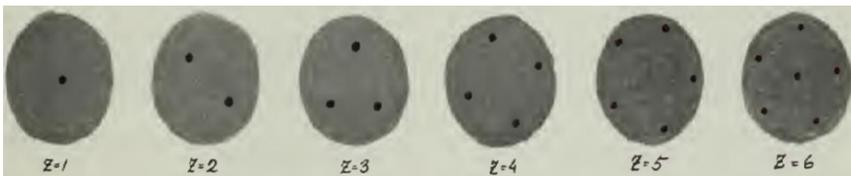
- Física Moderna y Aplicaciones. (Clementi, L.A, 2013)
- Química I. (González Pérez, P y Verónica Uriarte Zambrano, M.C., 2015)
- Introducción a la química general, una guía didáctica. (Fiad, S., 2009)

Todas las representaciones en los libros mencionados son incorrectas, ninguna corresponde con las configuraciones de equilibrio que Thomson realizó para su Modelo del Átomo, basado en cálculos bien precisos. Tampoco, en ninguno de estos libros, se hace referencia a que Thomson hizo disertaciones teóricas sobre lo que debería ocurrir si se bombardeara láminas delgadas compuestas por átomos con estructura de <budín>, con radiaciones α (alfa) y β (beta), lo cual, experimentalmente, realizó E. Rutherford (1871-1937) más tarde con las radiaciones alfa.



Thomson, estudio diferentes configuraciones de electrones dentro de una esfera de densidad uniforme de carga positiva. <Cuando existe solamente un corpúsculo la solución es muy simple: evidentemente el corpúsculo irá hacia el

centro de la esfera [...]. Cuando hay dos corpúsculos dentro de una esfera con electricidad positiva se situarán, cuando estén en equilibrio, en dos puntos A y B en una recta que contiene el centro O de la esfera y tal que $OA=OB=a/2$, donde a es el radio de la esfera [...]. Tres corpúsculos dentro de una esfera estarán en equilibrio estable cuando estén en los vértices de un triángulo equilátero cuyo centro esté en el centro de la esfera y cuyo lado es igual en longitud al radio de la esfera [...].>



En el libro “Project Physics Course. Models of Atoms”, también se muestra la distribución de electrones en el modelo de Thomson, de la

manera en la que el propio Thomson la realizó. El número atómico Z (símbolo convencional que proviene posiblemente de la palabra alemana Zahl que significa número), es el número de protones que determina el elemento químico. En la tabla

periódica de los elementos químicos se ordenan los mismos según la ley de Moseley. Esta posición de los electrones en el modelo de Thomson es porque el átomo es eléctricamente neutro y no polar.” (Contreras, et.al.2019, p. 57-59).

Tareas para reflexionar

- a) Un automóvil se mueve por una carretera y de repente se apaga el motor del mismo. Por la razón anterior el automóvil sigue moviéndose por Inercia hasta que el chofer aplica los frenos. Explique físicamente si la afirmación anterior es correcta o no y explique el por qué.
- b) ¿En qué consiste la inercia acústica? ¿Puede catalogarse a la misma como una inercia mecánica? Explique.
- c) Además del Modelo Atómico de Thomson, ¿Cuáles otros modelos sobre la estructura del átomo se han realizado? Describa uno de ellos.
- d) En ocasiones se dice <estoy caminando por inercia> o <estoy trabajando por inercia>. ¿Es correcto emplear estas expresiones? ¿Tienen algún significado físico estas expresiones?
- e) Existen otros términos que se utilizan en la vida cotidiana y a su vez tienen un significado en la Física y en la Química. Mencione algunos de ellos.
- f) El llamarle “pudin con pasas” al modelo atómico de Thomson puede traer ciertas dificultades a la hora de comprenderlo. ¿Cuáles podrían ser estas?

CAPÍTULO II. LA HUMANÍSTICA Y LAS CIENCIAS NATURALES, FÍSICA Y QUÍMICA: UNA RELACIÓN SIMBIÓTICA

La humanística en la enseñanza de la Física y la Química

Utilizar en la enseñanza de la Física y la Química, según los autores, a su historia, pudiera <ablandar> la misma ante los ojos de los estudiantes, hacerla más <cómoda> y <digerible>, de tal manera que los motive. Esa historia debe incluirse en toda su amplitud, con toda la profundidad y el respeto que la misma merece, para así romper con la simplicidad que muchos libros la incorporan en sus páginas, de lo contrario ocurriría y ocurre lo que I.I. Rabi, premio nobel de Física, señaló bromeando en una ocasión, al decir, que “La historia de la vida de un físico era muy simple. Él nacía, devenía de cierta manera interesado por la Física...; escribe su tesis y obtiene su doctorado; muere. El resto y la parte esencial de su biografía puede ser leída solamente en las revistas científicas.” (H. Stuewer, 1994).

“Entre las investigaciones que abordan a la Física <y a la Química (N/A)> como ciencia y aquellos que la estudian como Física escolar <o Química escolar (N/A)> existen diferencias notables, algunas son lógicas, pero otras no. Por ejemplo, cuando se analizan los textos escolares de Física <y Química (N/A)>, generalmente se percibe que el desarrollo histórico del origen y avance se omiten y que de carácter histórico solo aparecen informaciones sobre los científicos involucrados relativos al país donde nació, fecha de nacimiento y muerte, escritas entre paréntesis después del nombre”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“Los libros de texto escolares de Física <y de Química (N/A)> que más logran el historicismo como principio, son aquellos que profundizan en los datos biográficos y en la numeración de sus descubrimientos científicos, amén de una u otra anécdota descrita para intentar motivar al estudiante, pero nada más. La omisión de los nombres de los científicos, de sus descubrimientos y la manera en que lo realizaron, así como del contexto cultural y social en el cual vivieron y trabajaron es una práctica común a la hora de escribir dichos textos”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“En correspondencia con lo antes expuesto, se señala que entender la Física <o la Química (N/A)> no es tarea difícil, pero comprenderla es algo más complejo. Entender que la velocidad de un movimiento rectilíneo y uniforme depende de las magnitudes desplazamiento y tiempo es algo, en apariencia, trivial, pero comprender por qué son esas dos magnitudes y no otras, es cuestión que conlleva a un pensamiento científico de relativa profundidad y dedicación. Los textos escolares de Física <y de Química (N/A)> normalmente carecen de este tipo de análisis y plantean un concepto, principio, ley o teoría, de forma acabada, con lo que evaden el desarrollo histórico que conllevó a la referida forma. Ello atenta contra la formación correcta de los conceptos, principios, leyes y teorías, y, por lo tanto, de la apropiación adecuada de estos”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“La dificultad de comprender el concepto de velocidad y su relación con las magnitudes básicas espacio y tiempo, viene dada porque la génesis histórica de dichos conceptos

tomó siglos, alrededor de 2.000 años, al pasar por los trabajos de Aristóteles y Filópono, hasta llegar a Galilei y Newton. Ello puede explicar la dificultad en la apropiación por parte de los estudiantes de estas ideas que constituyen el fundamento de la Mecánica a partir del siglo XVII, etapa en la cual Galilei elabora las bases conceptuales de la Mecánica Clásica, desarrollada y ampliada luego por Newton, quien introduce el cálculo diferencial e integral para completar el cuadro mecánico del mundo hasta ese momento. De manera muy parecida ha sucedido con casi todos los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de la Física <y la Química (N/A)> que surgieron en la Antigüedad, como son el concepto de átomo y la Ley de la Inercia". (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

"En consonancia con lo anterior, una forma de llegar a comprender los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de física <y Química (N/A)>, es a través del estudio de los trabajos originales de los científicos. Se aprende profundamente de Mecánica y Astronomía al estudiar los trabajos de Galilei, sobre todo aquellos escritos en forma de diálogos, en los cuales utiliza tres personajes: Salviati, Sagredo y Simplicio, donde se muestra el desarrollo mental y de análisis que él aplicaba para desentrañar los errores de sus predecesores, en especial de Aristóteles, e implantar sus ideas geniales". (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11)

"Quien menciona el análisis de los trabajos de Galilei, hace alusión también a los trabajos de Newton, Rutherford o Einstein, entre muchos otros, que han llevado a la Física hasta el nivel en el que se encuentra en los momentos actuales. De este modo, estudiar la Física <y la Química (N/A)>, al entender y comprender los métodos utilizados por los científicos, sin omitirlos como generalmente se hace, permite comprender mejor los problemas de aprendizaje de los alumnos cuando se enfrentan al estudio de esta. Por ello, hacer ciencia es un proceso complejo y de mucho esfuerzo. Trae tragedias como fueron la muerte de Marie Curie, al contraer anemia aplásica debido a sus investigaciones sobre la radioactividad que la llevó al descubrimiento del Polonio y el Radio; la muerte de Haroutune Krikor Daghljan, físico estadounidense que sufrió envenenamiento por radiación al efectuar experimentos de masa crítica para el Proyecto Manhattan, así como la muerte de Louis Alexander Slotin, físico y químico canadiense, que participó también en el Proyecto Manhattan y quien accidentalmente comenzó una reacción de fisión que liberó un fuerte estallido de radiación, por lo cual muere nueve días después". (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

"Hacer ciencia trae vicisitudes, como la condena que sufrió Giordano Bruno y Galileo Galilei ante la Santa Inquisición y no hacer entrega a Albert Einstein del Premio Nobel por sus trabajos acerca de la relatividad. Hacer ciencia trae triunfos, como los premios nobeles recibidos por descubrimientos transcendentales realizados por científicos como Rutherford y Louis De Broglie. Sin embargo, también trae fracasos, como los intentos de algunos científicos, entre ellos Albert Einstein, para llegar a una Teoría del Campo Unificado, que hasta el momento no se ha encontrado, aunque no se duda que en algún momento se llegue a esta, si se parte del hecho que uno de los principios fundamentales de la dialéctica materialista es el Principio de la Concatenación Universal. Dicho principio plantea que, en el mundo exterior, objetivo, todo está

relacionado y mutuamente condicionado y es, precisamente, la actividad psíquica la que constituye el reflejo de este mundo, por eso contiene no solo las imágenes de los objetos y los fenómenos del mundo exterior, sino el de sus lazos y relaciones”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“Por todos los argumentos anteriores es que la didáctica de las ciencias, en especial de la Física <y la Química (N/A)>, tiene que esmerarse en la búsqueda de métodos eficaces para que la transmisión de los contenidos científicos pueda ser asimilada eficientemente, de ahí que uno de estos métodos es el histórico. La presentación de los contenidos físicos <y químicos (N/A)>, ya elaborados, en los libros de texto escolares, no permite que el estudiante comprenda de forma holística cada concepto, principio, ley, teoría y modelo que estudia, todo lo contrario, se convierte en una máquina de repetición de palabras sin conocer el verdadero significado de estas. El estudiante es capaz de asociar las magnitudes de masa y aceleración con la magnitud fuerza, pero no sabe el significado real de todas ellas en forma de Ley, el por qué son esas magnitudes y no otras”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“Ahora bien, hay que buscar el balance exacto entre contenido científico plasmado en los libros de texto dedicados a la Física <y Química (N/A)> y el desarrollo histórico de estos. En la medida en que se logre este propósito, el estudiante dará mayor relevancia a los contenidos que recibe en clase o simplemente en su autogestión del aprendizaje, pues pequeños detalles que ilustren el escenario histórico donde se realiza un descubrimiento físico <o químico (N/A)> permite trasladarse al estudio e interpretar los sucesos, así como visualizar obstáculos u oportunidades que se pudieran presentar. En tal sentido, el desarrollo histórico es realmente muy amplio y por ello no es posible plasmarlo en toda su vastedad en los libros, sin embargo, no debe omitirse por completo o casi por completo. Hay que plasmarlo en su justa medida, sobre todo en aquellos momentos que requieran la explicación de conceptos, principios, leyes y teorías esenciales. Por esta razón, se necesita establecer una correspondencia entre la didáctica y el desarrollo histórico, de manera tal que tanto el profesor como el estudiante sean capaces de intuir la complejidad de los procesos”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“Existen diversas formas de plasmar el historicismo en los libros de texto de Física <o Química (N/A)>, por ejemplo, se puede tratar explícitamente dentro del texto de un epígrafe o como una pregunta y escribirse como tarea docente al final de un capítulo. También al finalizar una clase, como tarea para la casa, puede orientarse una búsqueda histórica determinada con el objetivo de afianzar un contenido impartido o uno por impartir. Otra manera sería elaborar tareas investigativas de corte histórico para ser realizadas en pequeños grupos de estudiantes. En relación con lo antes expuesto, los hombres dedicados a la ciencia Física <o Química (N/A)> aprecian su historia porque aprenden de ella, razón más que suficiente para ser incluida en los libros de textos. El ejemplo quizás más elocuente es el de Newton, quien después de mantener una correspondencia privada con Hooke, alabó la contribución de este a la óptica y le escribe que <Descartes dio un paso significativo. Usted ha añadido numerosos y nuevos caminos, especialmente al considerar filosóficamente los colores de las láminas

delgadas. Si he ido un poco más lejos, ha sido apoyándome en los hombros de unos gigantes>. La historia de la física <o Química (N/A)> es el gigante sobre el cual tienen que apoyarse los libros de texto dedicados a ella y la didáctica relativa a esta, para poder enseñarla y que sea aprendida de manera significativa”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“No basta con asociar magnitudes físicas <o químicas (N/A)> en ecuaciones matemáticas y presentarlas como dogmas inmutables en los textos, hay que llegar a interiorizar su verdadero significado y ello solo se logra a través del desarrollo histórico que tal concepto, principio, ley, teoría o modelo ha tenido a lo largo del tiempo. Cuando los profesores utilizan la Historia de la Física <o de la Química (N/A)> en sus clases, estas siempre resultan atractivas para los estudiantes, pero no son muchos los que hacen uso de ella y generalmente es porque la desconocen, no cuentan con los materiales necesarios o no tienen toda la preparación necesaria para hacerlo. Es cierto que no siempre pueden encontrarse libros impresos sobre la Historia de la Física <o Química (N/A)> en bibliotecas y librerías y mucho menos libros que contengan los trabajos originales realizados por los científicos, pero en la actualidad, con la ayuda de la Internet, se pueden encontrar algunos de ellos con un poco de empeño”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“En tal sentido, cuando un profesor o estudiante encuentra un artículo o libro escrito por un físico <o químico (N/A)> de etapas anteriores, siente y desarrolla el deseo de aprender más sobre la vida y la época de su autor, incluso puede descubrir qué hombres de ciencia fueron profesores y cuáles discípulos, y con ello comprender la secuencia de los descubrimientos en la Historia de la Física <o Química (N/A)>. Además, se verían identificados con la relación profesor-alumno en la búsqueda de respuestas a interrogantes de la ciencia. En el caso de Albert Einstein, la lectura de sus obras propicia conocer sus principales descubrimientos, cómo pensaba, su amor por la paz, su odio a la guerra, su interés por la música, sus relaciones con las mujeres y amigos, así como su vida íntima y familiar”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

“Conocer de primera mano, a través de la Historia de la Física <o Química (N/A)>, a Einstein y otros investigadores, puede desbaratar la imagen del científico parecido a un extraterrestre, encerrado en su laboratorio, despeinado, loco o cerca de la locura, y sacar a la luz el espíritu de abnegación, perseverancia y sacrificio que estos desarrollan en su afán por descubrir los secretos de la naturaleza. <De manera categórica, los autores de este libro afirmamos (N/A)>, que ningún investigador se desentiende de la historia de su ciencia por el valor que esta tiene para comprenderla y enseñarla mejor”. (Contreras, et.al.2019, pp. 4-11).

Todo lo escrito con anterioridad, respecto al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, es aplicable en su totalidad a este mismo proceso, pero respecto a la Química, por lo cual usted ha podido leer en más de una ocasión la inserción del vocablo Química como Nota del Autor (N/A). Parece ser que estar las dos dentro de las <ciencias duras>, tener varios puntos de contacto, y ser a la vez teóricas experimentales, hacen que transiten por los mismos caminos. No por gusto se

encuentran las dos entre las tres más rechazadas por parte de los estudiantes a nivel internacional.

Una de las maneras de palear las dificultades anteriores es trabajar en los libros de texto que se dedican a ambas ciencias. Los libros de Física y Química, hay que escribirlos de una forma atrayente, que logre atrapar a quien los lea y estudie con ellos.

Galileo, por ejemplo, utilizaba un estilo muy atrayente a la hora de escribir. En carta a un amigo, después de publicar su libro sobre manchas solares en el 1613, le dice: "Escribí en lenguaje familiar porque debo hacer que todos lo puedan leer...me veo inducido a hacer esto al ver cuantos jóvenes son enviados al azar a las universidades para convertirse en médicos, filósofos, etc., en esta forma muchos de ellos se dedican a profesiones para los cuales no son adecuados, mientras que otros hombres que serían adecuados para éstas están dedicados a las obligaciones familiares y otras ocupaciones...Estos últimos están dotados con un sentido común práctico, pero como no pueden leer cosas que para ellos es "griego", están convencidos de que en esos libros grandes se encuentran nuevas cosas de lógica y filosofía y muchas otras cosas que están fuera de su alcance. Ahora, yo quiero que ellos vean que, así como la naturaleza les ha dado, al igual que a los filósofos, ojos con los cuales ver sus obras, en la misma forma les ha dado cerebro capaz de penetrarlas y entenderlas." (cit. por Arons, 1970, p. 70).

Sin duda alguna, es genial la idea de Galileo acerca de la escritura de los libros. La manera en que escribió los suyos, donde la Física y la Astronomía, se funden junto a la humanística, es un ejemplo magnífico de cómo deben ser escritos los libros de ciencias.

Impartir la Física y la Química, desde los libros que solo se dedican a las fórmulas, los gráficos, las tablas y las demostraciones matemáticas, además de los problemas fuera de contexto que se utilizan, en muchos casos, para que sean solucionados por los estudiantes, sin que estos le vean sentido a los mismos, lo que crea es una desmotivación en ellos y un rechazo casi total a estas ciencias que son muy bellas, que se aplican en todas las esferas de la realidad y que cautiva por su magia y porque grandes hombres han formado parte de la mismas, desde Aristóteles hasta Stephen Hawking, pasando por Galileo Galilei, Newton y Maxwell, Dalton, Lavoisier, Proust, por solo mencionar algunos.

La enseñanza de la Física y la Química, deben pasar del formalismo matemático y la descontextualización en cuanto a sus aplicaciones y a su falta de historicismo, a una enseñanza desde la humanística, en donde la historia de la Física y la Química jueguen un papel fundamental. Darle al científico el verdadero papel dentro de su ciencia, dentro del contexto histórico en el cual vivió, con sus amigos, su familia, con sus logros y vicisitudes y con sus aportes. Ellos escribieron libros, por lo general, en un lenguaje claro y conciso, sin embargo, en los libros de Física y Química, encontramos sus conceptos, principios, leyes y teorías parafraseadas, lo cual ha conllevado a errores y a la creación de ideas alternativas, como se ha tratado con anterioridad.

Lo que dijo Newton y Dalton, hay que escribirlo como ellos lo escribieron. El verdadero valor de un libro de ciencias, enfatizamos en ello, no está en la paráfrasis de lo que los científicos plasmaron en sus escritos, sino en la metodología que el mismo utilice para que los estudiantes comprendan mejor la ciencia que estudian.

“Al respecto de lo tratado hasta aquí, De Broglie escribió que <una educación bien cumplida estaría incompleta sin la historia de las ciencias y de las realizaciones científicas>, así como que <la historia de la ciencia no puede dejar de interesar a los naturalistas: el científico encuentra en ella un sin número de lecciones, y enriquecido con su experiencia propia, puede mejor que cualquier otro interpretar estas lecciones con sus conocimientos (...) la Historia de la Ciencia puede darnos indicaciones útiles del método de enseñanza de la ciencia>, <que dicho sea de paso, aportaría un valor didáctico incalculable en la formación de los futuros profesionistas (N/A)>”. (Contreras, et.al.2019, pp. 11-13).

“Por su parte, Lederman, Premio Nobel de Física 1998, en la conferencia <The Role of Physics in Education>, planteó que <todas las disciplinas deberían dedicar un 20% o 30% a incluir aspectos seleccionados de la historia (...) las historias embebidas en el contenido contribuyen a crear un modo de pensamiento científico>. Por esta causa, descargar en su justa medida el contenido de los programas y libros de texto de Física para integrar historia y contenido, y así alcanzar una mejor comprensión de estos, según nos expresa Lederman, fue visto también con anterioridad por Mach cuando destacó <que la cantidad de materia necesaria para una enseñanza útil (...) es muy pequeña (...) No conozco nada más terrible que las pobres criaturas que han aprendido demasiado (...) Lo que han adquirido es una maraña de pensamiento, demasiado débil para proporcionar soportes seguros, pero lo bastante complicada como para producir confusión>”. (Contreras, et.al.2019, pp. 11-13).

“También el Premio Nobel de Física 1994, Isidor Isaac Rabi, habló en favor de este punto de vista cuando dijo que la Física debe encontrarse en el <núcleo de la educación humanística de nuestro tiempo>, y agregó, que <la ciencia debe enseñarse en cualquier nivel, desde el más bajo a lo más alto, a la manera humanística. Por lo que quiero decir que debe enseñarse con una cierta comprensión histórica, en el sentido de la biografía, la naturaleza de las personas que hicieron esta construcción, los triunfos, las pruebas, las tribulaciones>.” (Contreras, et.al.2019, p. 13).

Han sido precisamente las palabras anteriores de Rabi, las que marcaron el punto de partida para que los autores de este libro se decidieran a escribirlo.

A punto de terminar con este epígrafe, queremos hacer notar, que de acuerdo al Dr Sergio Valle, uno de los autores de este libro, “en todo momento, se debe contestar a las preguntas ¿Cómo aprenden mis estudiantes Física y Química? ¿Cómo lograr a que se motiven por el estudio de las mismas? ¿Cómo generar pericia en el estudiante? ¿Cómo lograr que el estudiante sea competente al grado de poder transferir el conocimiento?” (Valle Mijangos, S.O., 2013, p.19). Los autores esperan que este libro aporte un granito de arena a las respuestas que deben ser dadas.

En los próximos epígrafes, se presenta un modelo a seguir de qué aspectos de la Historia de la Física y la Química, deben ser esgrimidos en las aulas de ciencias que aborden a las mismas, desde la humanística. El modelo ha sido generado a partir de los conocimientos que son tratados en la Mecánica Clásica (Física) y la Teoría Atómica (Química). Tanto la Mecánica Clásica como la Teoría Atómica, son tratadas, por lo general, en los primeros capítulos de estas ciencias. Los tópicos que serán desarrollados en cada uno de los modelos, se asocian uno a los otros, mostrando en síntesis la vida del científico, el estado del arte en la época que le tocó vivir y sus relaciones con los demás, el medio social donde se desarrolló y los principales logros en el ámbito científico. La Humanística es esencial y desde la misma deben enseñarse las ciencias, en opinión de los autores.

El pensamiento humano tiene que recorrer determinado camino. Si les impartimos a los estudiantes los contenidos ya acabados, el camino se trunca desde el mismo principio, deja de ser y por lo tanto no existe cuestionamiento alguno de por qué algo es así y no de otra manera. Solo siguiendo el derrotero de las ciencias, se llega a alcanzar un real desarrollo tanto en el pensamiento lógico como en el creativo y las estructuras cognitivas quedarían mejor formadas y más aptas para enfrentar retos mayores en cuanto al aprendizaje se refiere.

Tareas para reflexionar

- a) ¿Es la Física una Ciencias Natural, Exacta o Humanística? ¿Y la Química? Utilice argumentos, tantos a favor como en contra, para llegar a la respuesta más satisfactoria.
- b) “La Matemática no es una ciencia exacta”. ¿Está usted de acuerdo con la aseveración anterior? Esgrima todos los argumentos posibles para defender o atacar la referida afirmación. Le alertamos que la respuesta no es evidente. Debe de esforzarse mucho para no equivocarse en su respuesta.

Modelo para ser incluido en las clases de Física, contenido de Mecánica Clásica

Este epígrafe se dedica a mostrar un modelo, desde el cual pueda enseñarse la Física desde una visión humanística. Es un material de apoyo a las clases de esta ciencia. El Dr. Jorge Luis Contreras, lo ha puesto a prueba en sus clases y los resultados en las mismas han sido muy halagadores, sobre todo en cuanto al nivel de motivación mostrado por los estudiantes. Algunas de estas ideas han sido escritas por él, en el libro de décimo grado de la enseñanza preuniversitaria en Cuba.

Estructura del Modelo

1. Selección de los contenidos a tratar.
2. Caracterización de cada período histórico donde se desarrollaron los contenidos en cuestión.
3. Aspectos más relevantes de la vida y obra de los principales científicos involucrados. Se profundiza más y se hace un mayor énfasis en aquellos científicos que más aportaron sobre el tema.

4. Desarrollo histórico de los contenidos seleccionados para ser tratados

Selección de los contenidos a tratar

Los contenidos a tratar en este modelo son aquellos que se listan a continuación. Los mismos pertenecen a la Física, en el contenido de Mecánica Clásica:

- Magnitudes físicas.
- Magnitudes vectoriales y escalares
- Movimiento Rectilíneo Uniforme
- Velocidad en el Movimiento Rectilíneo y Uniforme
- Relatividad del movimiento.
- Ecuación de composición de velocidades de Galileo
- Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado
- Relación entre los espacios recorridos y el cuadrado de los tiempos en el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado
- Movimiento en caída libre
- Movimiento de proyectiles
- Las leyes del movimiento mecánico. Primera, segunda y tercera ley de Newton
- Tipos de fuerzas.
- Fuerza elástica. Ley de Hooke
- Fuerza de gravedad
- Fuerza centrípeta
- Ley de gravitación universal
- Los choques o impactos: sus reglas
- Cantidad de movimiento lineal
- Ley de conservación de la cantidad de movimiento lineal
- Energía cinética y potencial
- Ley de conservación y transformación de la energía
- Trabajo mecánico
- Oscilaciones mecánicas. El péndulo y su comportamiento
- Movimiento Armónico Simple
- Ondas mecánicas
- Propagación de las ondas mecánicas en el aire y en el agua.

Antes de entrar en materia, siempre debe hacerse un breve bosquejo de los principales científicos y sus principales logros en la Física, en los diferentes períodos históricos, destacándose las principales características de los mismos, y con ello se gana en curiosidad y motivación por parte de los alumnos.

Caracterización de cada período histórico donde se desarrollaron los contenidos a tratar

De la Edad Antigua

“La ciencia aparece como un componente esencial de la actividad humana y al mismo tiempo como sistema teórico, en Grecia... ¿Por qué precisamente en Grecia?

En primer lugar porque los griegos se desarrollaron como centros del comercio y la artesanía, lo cual propiciaba mucho más la iniciativa y la competencia que la producción agrícola de Babilonia, Egipto, India y China”. (Valdés, R., 1987.p.31).

En el período que se enmarca a la Edad Antigua, “el siglo V antes de Cristo fue el máximo esplendor económico y político social en la antigua Grecia. El sistema esclavista de la producción alcanzó su plena madurez. El trabajo se diferenció y se elevó el papel de los artesanos libres de alta clasificación. El régimen estatal establecido en Atenas, con Pericles, en la segunda mitad del siglo V, constituyó el punto culminante de la democracia posible en una sociedad de tipo esclavista. En este siglo los progresos de la ciencia materialista fueron muy importantes, en especial con los trabajos de Hipócrates de Cos (460 AC – 370 AC) y Demócrito de Abdera (460 AC - 370AC)”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 29-40).

“En el siglo IV, al comenzar la crisis de la polis, se agudiza por un lado, la lucha entre las corrientes ideológicas enemigas, por otra parte, la especialización de la ciencia, que se inició y se prosiguió en la época siguiente, helenística, la cual liberó hasta cierto punto, las investigaciones científico naturales, de la influencia que anteriormente habían ejercido sobre ellas, de una manera directa e inmediata, las escuelas y corrientes filosóficas. En este siglo aparecieron las primeras colectividades científicas de tipo nuevo en las que se combinaba la labor pedagógica con la de investigación. Se trata de la academia de Platón y del liceo de Aristóteles. Ni la Academia ni el Liceo fueron meras escuelas filosóficas, pese a que las orientaciones de tipo filosóficos ponían su sello en las investigaciones que se efectuaban”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 29-40).

“En este siglo se destacaron otros filósofos de la antigua Grecia por sus trabajos en distintas áreas del saber, cómo fueron: Tales de Mileto (623 AC - 540 AC), Anaximandro de Mileto (610 AC - 547 AC), Anaxímenes de Mileto (590 AC – 524 AC), Heráclito de Efeso (535 AC-484 AC), Zenón de Elea (490 AC - 430 AC), quien fue popular por sus aporías, o, paradojas, Demócrito de Abdera (460 AC - 370AC) y Aristóteles de Estagira (384 AC - 322aC)”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 29-40).

“Una de las cuestiones que más preocupaba a los científicos de la Antigüedad era la causa de la unidad y el origen de las cosas. Tales de Mileto suponía que todo provenía del agua...Por él nos ha llegado el conocimiento que tenían los antiguos de la propiedad que tiene el ámbar de atraer otros cuerpos al ser frotado, y la propiedad el imán de atraer el hierro”. (Valdés, R., 1987.p.33).

Anaximandro, discípulo de Tales, consideraba, contrario a Tales, que todo provenía de “una materia indefinida, que la consideraba ilimitada, la llamó ápeiron”. (Valdés, R., 1987.p.33). A él también “se le atribuye...la construcción de relojes solares, de una esfera celeste y de un mapa...Al universo lo imaginaba una esfera en constante movimiento circular, en cuyo centro reposa la Tierra con forma de cilindro”. (Valdés, R., 1987.p.33).

Por su parte Anaxímenes, “declara al aire, protomateria”...Él pensaba “que la Tierra tenía la forma de un disco plano. A diferencia de Anaximandro, que consideraba a las estrellas más cercanas a la Tierra que el Sol, determina el orden verdadero de distribución en el cosmos, de la Luna, el Sol y las estrellas con relación a la Tierra”. (Valdés, R., 1987.pp.33-34).

Otros, como Heráclito de Efeso y Platón, manifestaron ideas diferentes acerca de la estructura de todas las cosas. Pero las ideas mejor consideradas fueron aportadas por Leucipo y Demócrito.

“Demócrito revela vivo interés por el conocimiento de los fenómenos sociales. Su predecesor Leucipo de Mileto, fue el fundador del atomismo en Grecia, el cual expuso el supuesto esencial del materialismo atomista, según el cual todas las cosas se componen de partículas (átomos) diminuto, simple e indivisible y de vacío. En el materialismo de Demócrito, toda diversidad cualitativa de las cosas se explica por diferencias cuantitativas, de los átomos, de sus posiciones y movimientos”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 29-40).

Por su parte, “Aristóteles, creó una doctrina filosófica autónoma, una de las más eminentes filosofías de la antigüedad griega. Fue preceptor de su hijo, Alejandro Magno. No todos los criterios de Aristóteles han llegado hasta nosotros y no todos los que han llegado son escritos por él. Discute y critica varios de los postulados de Platón, de los atomistas, de los pitagóricos y de los primeros materialistas. Aristóteles es el primer filósofo de la antigüedad griega del que se dispone de tratados de lógica sistemáticamente elaborados. Entiende la lógica como la ciencia de la demostración y de las formas del pensar necesarias para el conocimiento. También conoce de Mecánica, Zoología, entre otras cuestiones del saber, el cual puede considerarse enciclopédico”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 29-40).

Mientras unos científicos se convirtieron en clásicos del materialismo y la dialéctica, como Demócrito, Tales y Heráclito, otros se volcaron hacia las ideas idealistas como fue el caso de Pitágoras. “La escuela pitagórica tuvo un carácter reaccionario, sus ideas reflejaban la ideología de la aristocracia reaccionaria de la época y funcionaba como una secta secreta íntimamente ligada a la religión. El rasgo característico de los pitagóricos es el endiosamiento de los números, considerar que estos dirigen al mundo; buscar en las relaciones numéricas secretos y revelaciones misteriosas. No obstante fueron los primeros en introducir la idea acerca de la existencia de leyes naturales expresadas en rigurosas formulaciones matemáticas. Los pitagóricos creían en la esfericidad de la Tierra”. (Valdés, R., 1987.p. 35).

“Durante toda esta época, la Química fue desconocida en su sentido actual. La experiencia diaria aportaba conocimientos diarios de índole química, pero faltaban estudios de carácter sistemático. No existía un conocimiento de la Química como tal, pero la utilizaban de forma rudimentaria al emplear las plantas como colorantes para obtener sustancias medicinales, obtenían bebidas alcohólicas fermentando maíz, y otros usos muy elementales, que significaron la semilla que al fructificar, dio lugar a una de las ciencias que ha prestado gran ayuda al desarrollo de la civilización”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-25).

“La obtención de los metales a partir de los minerales y su ulterior elaboración, constituye el primer grado de una cultura superior. Los primeros metales que se conocieron fueron los que se presentan libres en la naturaleza, como son: el cobre, el oro y la plata”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-25).

“El descubrimiento de las tumbas de los faraones, especialmente la de Tutankamen, ha mostrado con cuánta prodigalidad se empleó el oro en el culto de los muertos. Se conocían aleaciones de oro y plata, que en parte se presentaban en la naturaleza y en parte se obtenían fundiendo juntos ambos metales. Fueron sólo siete los metales conocidos durante la Antigüedad y la Edad Media, además de los tres ya mencionados; se conocieron el estaño, el plomo, el mercurio y el hierro, representando aproximadamente la décima parte de los metales que existen; ellos fueron considerados como símbolos terrenales de los siete cuerpos celestes: el sol, la luna y cinco planetas”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-25).

Tareas para reflexionar

- a) Heráclito de Efeso escribió: “en los mismos ríos entramos y no entramos, pues somos y no somos los mismos”. Interprete este planteamiento e investigue por qué es considerado el padre de la dialéctica.
- b) Zenón de Eleas fue muy conocido por sus paradojas o aporías. Sobre el movimiento, las más conocidas son: Aquiles y la tortuga, la Dicotomía, la de la Flecha y la del Estadio. ¿En qué consisten las mismas? Galileo le dio solución a la de Aquiles y la Tortuga. ¿Cuál fue esta solución?
- c) Conoce usted de algún sistema donde las partes tengan la misma cantidad de elementos que el todo. ¿Cuál es este?
- d) ¿Qué significado tiene la palabra Platón? El amor platónico, ¿tendrá algo que ver con la palabra Platón?

De la Edad Media

“Edad Media, conocida también como Medievo o Medioevo es el Periodo Histórico de la civilización Occidental comprendido entre el siglo V y XV. El periodo comienza convencionalmente en el año 476 con la caída del Imperio Romano de Occidente y su fin en 1492 con el descubrimiento de América o en 1453 con la caída del Imperio de Bizantino, fecha que coincide con la invención de la imprenta (Biblia de Gutenberg) y con el fin de la guerra de los cien años”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 87-134).

“La etapa inicial del medioevo (S. V-XII) fue muy difícil para el pensamiento europeo y en particular para la Europa Occidental, en la cual no existían centros donde con anterioridad se desarrollara la ciencia”. (Valdés, R., 1987.pp.64-65). En esta etapa la “iglesia cristiana iba adquiriendo cada vez mayor influencia, libraba una intensa lucha contra la filosofía, y predicaba el desprecio y el odio hacia las ciencias naturales. En el año 391 el episcopado alejandrino Feófilo organizó la destrucción de la famosa biblioteca de Alejandría, perdiéndose gran parte de los manuscritos. En un decreto especial, el papa Gregorio (540-604) prohibió la lectura de los libros antiguos y las investigaciones en los campos de la matemática y la filosofía. El emperador bizantino Justiniano cerró en el año 529 la última escuela filosófica, en Atenas, expulsando de la ciudad a los filósofos...Las ciencias que permitía la Iglesia en las escuelas eran siete, con el nombre general de <siete artes liberales>; gramática, retórica, dialéctica (lógica elemental), aritmética, geometría, astronomía y música. La Tierra se imaginaba como un pétalo que flota en la superficie del agua, cubierta por una esfera de cuatro pisos en donde debían encontrarse Dios, los ángeles y arcángeles. Jerusalén era considerado el centro del Universo”. (Valdés, R., 1987.p.65).

“La actividad cultural consistió principalmente en la conservación y sistematización del conocimiento del pasado. Se escribieron obras enciclopédicas. Hacia mediados del siglo XI Europa se encontraba en un periodo de evolución desconocido hasta ese momento, el conocimiento europeo experimentaba el crecimiento dinámico de una población ya asentada. Renacieron la vida urbana y el comercio regular a gran escala y se desarrolló una cultura y sociedad que fueron complejas, dinámicas e innovadoras. La iglesia constituyó la más sofisticada institución de gobierno en Europa Occidental. El siglo XIV es uno de los más nefastos de la Historia de la Humanidad, en este siglo tuvo lugar una crisis climática, al disminuir las temperaturas. La gran hambruna (1315-1317) marcó el inicio del siglo, todo esto convertiría a la crisis del siglo XIV en una crisis general a nivel global. Un enemigo peligroso fue la peste que reapareció en el periodo de 1331–1349, traída de algunas galeras genovesas, desapareciendo el 30 por ciento de la población. El arte italiano del siglo XIV es el antecedente más importante del arte del renacimiento. Se desarrolló una cultura donde prevalecieron los grandes intereses, incluso en la iglesia prevalecieron los grandes juristas. Aparecen nuevas materias como la Matemática, la Historia, Geografía, y nuevas disciplinas dentro de estas materias como la Anatomía. Los soberanos discuten el papel del Papa dentro del terreno político”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 87-134). “En este período, las obras de Aristóteles fueron olvidadas, lo mismo que las de otros pensadores de la Antigüedad clásica. Se destacaron en la Física, Juan Filopono (490-566) y Jean Buridan (1300-1358), quienes trabajaron la idea del ímpetu, más conocida hoy como la cantidad de movimiento”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 87-134).

“Los elementos de Empédocles y Aristóteles fueron suplantados en las ennegrecidas cocinas de los alquimistas, bajo la influencia árabe por el mercurio y el azufre como sustancias fundamentales y más tarde se agregó el arsénico. Así, el mercurio con su brillo y densidad, corporificaba el principio metálico, y era el representante de lo <frío y pasivo> de los elementos griegos, tierra y agua, mientras que el azufre representa el

principio de lo combustible, el grupo <caliente y activo>, aire y fuego. Además, el mercurio y el arsénico fueron considerados como principios de lo masculino y el azufre como el principio de lo femenino, y de su enlace debía surgir lo nuevo, luego se añadió la sal como representante de lo incombustible y lo soluble en agua. De esta época de la alquimia datan obras que dan tres maneras de transmutar metales. Toda la época de la alquimia se caracteriza especialmente por este tipo de falsedades, suplantaciones, ocultaciones místicas de la verdadera situación con formas oscuras y misteriosas. Apareció un gran número de obras mágicas alquimistas de cuyos presuntos autores no se sabe nada en concreto.

Aunque en general reinaba la ilusión alquimista, surgieron ya en el siglo XIV algunas voces críticas, y aun se llegó a la prohibición de la alquimia mediante bulas papales, llamándosele a la misma <arte negro>”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp-15-25).

Tareas para reflexionar

- a) Una de las personalidades más destacadas en la Edad Media, fue Guillermo de Ockham. A él se le debe aquello conocido como la “Navaja de Ockham”, un principio muy importante en el desarrollo de las ciencias. ¿En qué se basa dicho principio? Este principio ¿puede o no ser aplicado a la vida? ¿Por qué?

De la Edad del Renacimiento

“El Renacimiento se inicia a finales de la Edad Media como resultado de la nueva concepción Humanista del mundo que marcó el paso entre el Feudalismo y el Capitalismo. Esta época se caracteriza por una ampliación de los horizontes Históricos y Geográficos, este proceso trae consigo no solo cambios económicos, políticos y sociales sino una nueva concepción del hombre, el resquebrajamiento del antiguo régimen feudal se manifiesta en Florencia cuna del Renacimiento. Este período adoptó una nueva visión del mundo, emerge una cultura y una visión del mundo centrada en el hombre. Esta se orienta hacia los valores de la naturaleza”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 135-161).

“Leonardo Da Vinci constituye una de las figuras más importantes de la época. El enorme adelanto del saber en el renacimiento se expresó en descubrimientos de importancia primordial entre los siglos XV y XVII se desarrollaron las matemáticas en Italia y Europa Occidental. En esta época tuvo un significado extraordinario el surgimiento de la ciencia de la naturaleza experimental. Copérnico plantea su teoría sobre el Sistema Heliocéntrico”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 135-161).

“Los hombres del Renacimiento buscaban un punto de apoyo en el pasado para su nueva actitud ante el mundo del presente y del futuro. El considerar la edad media como <siglos de barbarie> que interrumpen la tradición cultural, es una concepción que se remonta al periodo del <alto Renacimiento>, es decir, al siglo XVI. A pesar de todo sería absurdo borrar el límite entre las épocas y aceptar con criterio unilateral, solo el carácter ininterrumpido de la evolución científica haciendo caso omiso de todo lo

cualitativamente nuevo que diferencia el Renacimiento de la Edad Media". (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 135-161).

"Es propio de esta época que muchos sabios se ocuparan de ciencias naturales y de ciencias humanísticas, de suerte que participaban tanto en el estudio filológico de la herencia científica de la Antigüedad como en la asimilación creadora de la misma. En esta época se destacaron otros científicos dados a la relevancia de sus trabajos como fueron, el Matemático Paolo Toscanelli (1397-1482), Filippo Burnelleshi (1377-1446), el cual escribe tratados de óptica aplicada, mecánica y matemáticas". (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962).

"En el campo de la óptica se destacó el italiano Juan Bautista de la Porta (1538-1575). Porta dotó de una lente a la cámara oscura y, sin llegar a comprender la importancia de su invención, la veía como un entretenimiento útil para la obtención de imágenes aumentadas. Sin embargo, el gran valor del descubrimiento consistió en la obtención de una imagen real fuera del ojo humano, lo cual permitiría independizar la óptica de la fisiología...En el campo de la mecánica se destacó...el italiano Benedetti (1530-1590) el cual opone la concepción del ímpetus a la concepción de Aristóteles...Otro importante representante del Renacimiento fue el científico holandés Simón Stevin (1548-1620), el cual, a la rigurosidad de los razonamientos matemáticos une el experimento. A él pertenece la formulación de la regla del paralelogramo para la suma geométrica de las fuerzas...Leonardo da Vinci, Stevin y Benedetti son ejemplos del nuevo hombre de ciencia que gestaba el renacimiento". (Valdés, R., 1987.pp.93-94).

Es en el Renacimiento donde nacen y desarrollan sus ideas hombres tales como Copérnico, Bruno, Galileo, Descartes, Huygens y Newton.

"Copérnico (1473-1543) con su Sistema Heliocéntrico, Giordano Bruno (1550-1600), filósofo y poeta italiano, uno de los más notables propagandista y defensor de la teoría de Copérnico, aunque, contrario a este último que consideraba al Sol como centro del Universo, para él, el Universo no tiene centro, el espacio es infinito y existe una multitud de mundos entre los que el Sol es una estrella más. Rompe con el postulado peripatético de contraponer lo celestial y lo terrenal, y admite la posibilidad de vida y civilizaciones extraterrestres. Por sus ideas es llevado ante la Santa Inquisición en Roma y condenado a morir quemado en la hoguera. En el caso de Galileo Galilei (1564-1642), de origen italiano, conocedor de la artes plásticas, la poesía, la música y un virtuoso de la pluma y el papel. Él trabajo en las ideas de la mecánica, enfrentando con rigor científico las desacertadas ideas de Aristóteles y dedicó gran parte de su vida a demostrar las ideas del Sistema Heliocéntrico. Descartes (1596-1650), Huygens (1629-1695) y Newton (1642-1727) trabajaron en la leyes del movimiento mecánico y fue este último quien las descubre finalmente resumiendo a las mismas en solo tres leyes". (Valdés, R., 1987.pp.95-103).

"En resumen, puede decirse que, durante el Renacimiento, la observación y el método experimental, disponiendo de una nueva base técnica y en una nueva situación ideológica, adquieren especial significado. Las nuevas ideas sobre el universo, como fueron las del heliocentrismo copernicano, idea del espacio isótropo infinito, así como la

revisión de los conceptos de tiempo y movimiento, dieron gran impulso a la dinámica. En esta época los trabajos de Galileo Galilei (1564-1642), Isaac Newton (1642-1727), Robert Hooke (1635-1703), Cristian Huygens (1629-1695), Giordano Bruno (1548-1600), Nicolás Copérnico (1473-1543), Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) y Leonardo Da Vinci (1452-1519), fueron de gran importancia para el desarrollo de la física moderna”. (Grigorian, A.T y Polak, L.S., 1962, pp. 135-161).

Respecto a al desarrollo de la Química, “Paracelso, conocido como el padre de la yatroquímica, fue el cual dejó muchos escritos de la época; él planteaba que todos los procesos vitales son químicos y es posible influir en ellos por medios químicos; fue el que introdujo la palabra Química. Para él las sustancias fundamentales eran las de los alquimistas, el azufre y el mercurio, a las cuales añadió como tercer elemento la sal. El mercurio era para él el principio de la pesantez, de lo líquido y lo volátil; el azufre el principio de la combustión y el calor, y la sal el principio de la estabilidad al fuego y la solubilidad en agua. Estos tres principios constituyen todas las sustancias del reino animal, vegetal y mineral, uniéndose en mezclas variables”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp.15-25).

“Hizo ensayos para obtener de las plantas medicinales, los componentes activos; es de la yatroquímica de la que procede la química farmacéutica. También Paracelso se considera fundador de la toxicología científica. En esta época de la yatroquímica, se obtuvieron y estudiaron muchos compuestos químicos, escribiéndose obras sobre la farmacopea de la época. También se desarrolló la Química de los gases y la Química fisiológica por Van Helmont, el cual hizo ensayos para demostrar la ley de conservación de la materia. A la par de la yatroquímica, se fue desarrollando la Química técnica, la cual abarcaba el campo de la minería, mineralogía y petrografía. Georg Bauer dejó un grandioso tratado de minería, metalurgia y tecnología química, se llegó a un desarrollo superior de la cerámica; se prepararon esmaltes sobre arcilla. Se incursionó en los abonos artificiales en campos de cereales. Entre las personalidades de esta época, se encuentra Johann Rudolph Glauber, al cual se le ha denominado fundador de la industria química, no sólo de la inorgánica, sino del primer rudimento de la orgánica. Obtuvo ácido sulfúrico por diferentes vías, ácido clorhídrico, sulfato de sodio, sulfato de amonio y otras hasta el momento desconocidas. Su laboratorio pasó a ser una pequeña fábrica de preparados químicos, deshidrató y sometió a destilación fraccionada compuestos tales como el vinagre, ácido piroleñoso; preparó sales de ácido acético y obtuvo la acetona y la acroleína, aisló el fenol y el benzol, se perfeccionaron las instalaciones y aparatos de laboratorio y, además, inventó cargas para una especie de granada de gases”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp.15-25).

“La invención de la máquina de vapor y luego del motor de combustión interna, hizo necesario desarrollar y aplicar la teoría del calor; la creación de telares, hornos para cortar metales y otras máquinas, así como medios de transporte modernos, exigió desarrollar y aplicar la mecánica; el invento de generadores de fluido eléctrico y de motores eléctricos requirió desarrollar y aplicar la teoría de la electricidad. La Química no se quedó al margen de estos adelantos, y a mediados del siglo XVII comienza a tomar su verdadera autenticidad, fundamentalmente en las personas de Joachim

Jungius y Robert Boyle. Jungius defendió la teoría corpuscular, precisó el concepto de elemento químico. Boyle (1627-1691), considerado como el verdadero fundador de la auténtica Química, combatió las viejas concepciones alquímicas y yatroquímicas, y se liberó de los prejuicios tradicionales y dio a la Química como ciencia de la naturaleza una base experimental; abogaba por efectuar ensayos, hacer observaciones y no expresar ninguna teoría sin haber comprobado primero los fenómenos relacionados con ella". (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp.15-25).

"Fue en el siglo XVII cuando se descubrió el fósforo como elemento, y Boyle estudió este elemento, así como el proceso de combustión; determinó el peso específico del mercurio, y formuló en 1660 la ley natural de los gases, que dio lugar a la ley de Boyle Mariotte, la cual sigue siendo utilizada en nuestros días". (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp.15-25).

"Es en este siglo cuando se perfecciona la obtención del vidrio utilizando bórax como endurecedor. Se dividió la Química por primera vez en mineral, vegetal y animal. Se prepararon aleaciones de bajo punto de fusión con plomo, estaño y bismuto. A finales del siglo XVII y comienzos del XVIII, se desarrolla la teoría del flogisto por Georg Stahl; él quería hallar una explicación teórica satisfactoria para los procesos de combustión y calcinación de metales, y se apoyaba en la teoría de que en todas las sustancias combustibles existe algo común que se escapa por la acción del calor a la llama, y a este algo que Becher llamó <terra inguis>, Stahl <flogisto>, el cual era la materia ígnea que se halla en todas las sustancias combustibles y en las sustancias que se alteran por el calor, la cual se escapa de los metales al calcinarlos, y se escapa con la llama en la combustión de sustancias orgánicas. Se descubrió el metal noble platino y se estudió el mismo; se introdujo el microscopio en el laboratorio químico y se descubrió el azúcar en la remolacha, llevándose a escala industrial, desarrollándose la industria azucarera en Alemania y demás países europeos; se desarrolló la Química agrícola y la industria de la sosa. Se desarrollaron obras didácticas sobre Química, y se descubrieron los calores latentes de fusión y evaporación. Se aclaró el concepto de calor específico y se determinó la constante de la gravedad terrestre. La química y la física de los gases fue desarrollada por Cavendish caracterizando, por primera vez, el hidrógeno como gas independiente, al cual consideró como hidrato de flogisto, y se percató de la existencia del hidrógeno, el cual fue descubierto más tarde por Daniel Rutherford. Se descubrió el oxígeno por Scheele y por Priestley (1771 y 1774); se desarrolló la Química Analítica; se detectó como se podían diferenciar por su comportamiento químico el hierro dulce, la fundición y el acero; se descubrieron los ácidos orgánicos tartárico, cítrico, málico, gálico, úrico, la glicerina y otros compuestos; se descubrió la capacidad de adsorción del carbón vegetal para los gases. Basándose en los trabajos de Schule sobre el oxígeno, Lavoisier desarrolló su teoría de la oxidación y completó con ella el estudio del oxígeno. En este caso se puede hablar de una verdadera síntesis del descubrimiento, pues no se trataba sólo del hallazgo de una sustancia fundamental hasta entonces desconocida, sino que con ella, Lavoisier explicaba definitivamente el proceso de la oxidación, y sentaba la importancia de la regularidad de las relaciones de peso en todos los procesos químicos, acabando de forma definitiva con la teoría del flogisto. Así abrió

Lavoisier una nueva era para la Química, ahora se había de desarrollar cada vez más la investigación cuantitativa, en la que los conceptos claves eran el peso, el número y la medida. Una vez que J. B. Richter hubo fundado la estequiometría y que en el mismo sentido J. Dalton hizo revivir la antigua atomística, la ciencia química en sus múltiples ramificaciones y en unión con la Física, inició el ascenso al estado actual de su saber y poder”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp.15-25).

Tareas para reflexionar

- a) Leonardo Da Vinci, fue un genio en las ciencias y en las artes. Investigue acerca de sus logros en estas dos aristas de la vida.
- b) Giordano Bruno fue quemado en la hoguera por defender las ideas copernicanas. Ante de oír la sentencia, dictada por los inquisidores, se dice que expreso, que “en sus ojos veo más miedo de dictar la sentencia, que yo de escucharla”. Valore la actitud tomada por Bruno, que fue así convertido en un mártir, y contrástela con aquella asumida por Galileo, ante una situación muy similar. ¿Qué hubiera hecho usted, lo que hizo Bruno o Galileo? ¿Por qué?

De la Edad Contemporánea y no hasta nuestros días

“En el siglo XVIII se continúan los estudios acerca de la afinidad química de los cuerpos y de las velocidades de reacción. Se ordenaron los metales alcalinos y alcalino térreos en una serie aritmética como primer ensayo de un sistema periódico de los elementos, y se comienza a vislumbrar la ley de acción de las masas así como la teoría atómica cuantitativa de Dalton, el cual desarrolló un amplio trabajo en el estudio de los gases, y compuso algunas fórmulas moleculares; también enunció la ley de las proporciones múltiples, cuya exactitud se comprobó mediante el análisis cuantitativo del metano y del etileno. Se descubrieron los metales paladio, rodio, columbio y tantalio”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26)

“Gay Lussac realizó numerosas investigaciones sobre los gases; preparó el ácido yodhídrico, sales de ácido yódico y el ácido yódico libre. Avogadro enunció la ley sobre el número de moléculas de un mol de gases. Se determinaron, de forma más exacta, los pesos atómicos de los elementos. Entre finales del siglo XVIII y principios del XIX, se enriquece la Química con el hallazgo de un gran número de elementos nuevos tales como el uranio, el circonio, estroncio, titanio, cromo, berilio, telurio, cerio, iridio, osmio, litio, silicio y vanadio. Es precisamente a principios del siglo XIX que la electroquímica da notables frutos a la Química, en 1800 Volta inventa la pila eléctrica, la cual fue un invento de gran trascendencia; en este mismo año, William Nicholson logró descomponer el agua en el hidrógeno y oxígeno mediante la corriente eléctrica. Humphrey Davy en este campo hizo descubrimientos que lo convirtieron en esta época en el químico más célebre de Europa. El aisló el sodio y el potasio haciendo pasar corriente eléctrica por los álcalis fundidos, así como otros metales ya conocidos. Se descubrieron una serie de compuestos derivados de los halógenos; se desarrolló la investigación cuantitativa basada en la hipótesis atómica por parte de Berzelius, el cual también desarrolló la notación química y la catálisis. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“El inglés Michael Faraday aportó una contribución muy especial al desarrollo de la electroquímica y de los métodos de investigación cuantitativos. Así pues, el progreso de las ciencias también en el siglo XIX puede ser comprendido, ante todo, como un producto del desarrollo de las fuerzas productivas y la producción en la sociedad burguesa”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“A finales del siglo XIX y principios del XX, la Química general y específicamente la orgánica, tuvieron un gran desarrollo como fueron, la transformación de aldehídos en alcohol y ácido (reacción de Cannizzaro), se obtuvieron las alquilaminas, el ácido tricloroacético; se obtuvo de manera artificial el ácido acético por síntesis a partir de sus elementos, y así se abren las puertas de la síntesis de los ácidos orgánicos. El concepto de valencia, relacionado con las leyes de las proporciones sencillas y múltiples halladas al estudiar los compuestos inorgánicos, se aclaró por completo con el estudio de los compuestos orgánicos. Se estudió el comportamiento del carbono en la estructura de los compuestos orgánicos, estudiándose los enlaces múltiples; se llegó al anillo de benzol de Kekulé; se estudió la isomería de los compuestos no saturados”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“Fisher investigó a fondo los compuestos del grupo del ácido úrico y los alcaloides; se obtuvieron de forma sintética la piridina y la quinolina. Mientras que en los laboratorios de estudios superiores se esclarecía la constitución química de los compuestos orgánicos, paulatinamente se iba desarrollando también la industria química orgánica; descubrió Faraday el benzol; del alquitrán se aislaron varias sustancias de valor; se descubrieron los compuestos azoicos y se abrió un gran campo de síntesis de colorantes azoicos”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“La terapéutica fue enriquecida con numerosas sustancias orgánicas sintéticas como el ácido salicílico y su acetil derivado (aspirina) como antipirético con acción analgésica; la acetanilida con el nombre de antifebrina; los hipnóticos sulfanol, trional y tetranal. En el campo de los explosivos, se realizan importantes progresos; se obtuvo la nitroglicerina, el celuloide, la gelatina explosiva y otros. La utilización del papel cada vez mayor, condujo a la obtención de fibras celulósicas”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“En la Química inorgánica, se perfeccionaron el análisis cuantitativo y cualitativo. El perfeccionamiento de los métodos de investigación analíticos, tuvo como consecuencia el hallazgo de elementos nuevos. La investigación de los procesos químicos acrecentó la necesidad de estudiar más profundamente las propiedades físicas de los elementos y de sus compuestos, y de hallar las leyes físicas que rigen los procesos químicos. En este empeño trabajaron Faraday, Dumas, Berthelot y otros, desarrollándose paulatinamente la Química-Física, hasta convertirse en una ciencia autónoma. En Alemania, este campo fue desarrollado por Ostwald, y así se desarrolló la ley de acción de masas, la teoría de las velocidades de reacción, se explicaron los equilibrios químicos como algo dinámico y no estático, se fundó la termoquímica, se formuló la regla de las fases, se enunció el principio de Lechatelier, se descubrió el estado crítico,

se desarrolló la teoría de solventes, y otros muchos adelantos en el campo de la Química Física”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“Durante la primera mitad del siglo XX, la Química general, Química inorgánica y orgánica tuvieron un gran desarrollo. Entre los hechos significativos tenemos el invento del ultramicroscopio, el cual hizo visible el movimiento browniano de las partículas coloidales. Los experimentos de Svedberg con su ultracentrífuga y los de Jean Perrin, permitieron comprobar la naturaleza corpuscular de la materia. Se mostró la reflexión de los rayos Röntgen en los planos de la red cristalina, y la utilización de estos rayos para la determinación de las redes cristalinas. Se hacen visibles los átomos en 1951 con un microscopio electrónico en su incesante movimiento oscilatorio sobre la pantalla fluorescente; se llega al concepto de reacción en cadena”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“El holandés Kamerlingh-Onnes logró la liquefacción del helio, y describió la superconductividad de los metales en la proximidad del cero absoluto. Se realizan trabajos muy valiosos en el campo de la electroquímica, y en la Química inorgánica se desarrolla la metalurgia moderna y la química de las aleaciones. Se trabajó sobre reacciones químicas de sustancias en el estado sólido”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“I. Laugmuir, premio nobel de Química en 1932, investigó detenidamente la acción de superficie estudiando detalladamente la adsorción y la acción de superficie, catalítica de los cuerpos de contacto, que tienen un papel predominante en la gran industria química. Se llegó a la síntesis industrial del amoníaco con nitrógeno del aire e hidrógeno, y la síntesis industrial de urea a partir de bióxido de carbono y amoníaco. Se logró a la cromatografía y al método de electroforesis”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“En el campo de la radioactividad recién abierto por los esposos Curie, se obtuvieron resultados cada vez más sorprendentes, y en contradicción con las hipótesis químicas y físicas vigentes. Esto inició una revolución en las hipótesis fundamentales sobre la esencia de la materia. El axioma de la invariabilidad de la materia y de la indestructibilidad del átomo hubo de ser abandonado, puesto que se había demostrado experimentalmente que el viejo sueño de los alquimistas sobre la transmutación de los metales, se efectuaba realmente en la naturaleza, sino la transmutación de los metales comunes en oro, sí la desintegración de los elementos radioactivos”. (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

“El modelo atómico propuesto en 1911 por Rutherford, fue transformado en 1913 por Bohr, quien lo relacionó con la teoría cuántica de Planck. La primera desintegración artificial de los elementos fue lograda por Rutherford en 1919, desarrollándose la Física nuclear como campo investigativo especial. Con el espectrógrafo de masas electromagnético inventado en 1919 por Francis William, se pueden comprobar los diferentes isótopos comparativamente. En virtud de las investigaciones atómicas nucleares, fue posible llenar en el sistema periódico los huecos de los cuatro elementos

no encontrados en la naturaleza, los cuales fueron obtenidos artificialmente". (Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R., 2008, pp. 22-26).

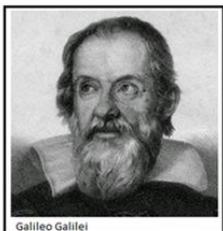
Tareas para reflexionar

- a) En el libro de Isaac Watts titulado <La mejora de la mente>, leída a sus catorce años, Michael Faraday, quien fue un excelente físico y químico, adquirió estos seis constantes principios de su disciplina científica: (Isaac Watts, D.D., 1831)
- Llevar siempre consigo un pequeño bloc con el fin de tomar notas en cualquier momento.
 - Mantener abundante correspondencia.
 - Tener colaboradores con el fin de intercambiar ideas.
 - Evitar las controversias.
 - Verificar todo lo que se dice.
 - No generalizar precipitadamente, hablar y escribir de la forma más precisa posible.

Haga una valoración de estos principios e indique, ¿Cuál de ellos le resulta más útil o interesante? No le colocamos las páginas donde puede encontrar los principios porque lo más importante es leer este libro completo, en especial el <Capítulo 1. General rules for the improvement of knowledge> (>Reglas generales para el mejoramiento del conocimiento>).

Aspectos más relevantes de la vida y obra de los principales científicos involucrados y desarrollo histórico de los contenidos seleccionados para ser tratados en la MECÁNICA CLÁSICA

Conociendo a Galileo Galilei



La Cinemática, en lo esencial, fue desarrollada por el astrónomo, filósofo, ingeniero, matemático y físico italiano Galileo Galilei (1564-1642), quien nació en Pisa. Galileo Galilei, uno de nuestros principales símbolos de la gran lucha de la que surgió la ciencia moderna, nació el año del nacimiento de Shakespeare y la muerte de Miguel Ángel. Sus primeros estudios universitarios se dirigieron a la medicina, pero la lectura de Euclides de Alejandría, matemático y geómetra, y de Arquímedes de Siracusa, físico, ingeniero, inventor, astrónomo y matemático, ambos griegos, lo cautivaron y lo incitaron a dedicarse a las matemáticas y la filosofía natural (Física). Dentro de sus trabajos publicados, los más sobresalientes fueron <Diálogos sobre los dos máximos sistemas del mundo>, en 1632, el cual es un ensayo en el que se debate sobre el movimiento del universo en torno al Sol y <Discurso y demostración matemática, en torno a dos nuevas ciencias>, en 1638, en el que se encuentran estudios sobre la estructura de los materiales, que conforman la exposición de la <ciencia nueva> que hoy llamamos estática y también los estudios sobre el movimiento rectilíneo uniforme y uniformemente acelerado de los cuerpos y la

trayectoria de los proyectiles; en ambas se debate la segunda <ciencia nueva>, hoy llamada dinámica. En los <Diálogos> se utilizan tres personajes: Salviati, Sagredo y Simplicio, donde se muestra el desarrollo mental y de análisis que él aplicaba para desentrañar los errores de sus predecesores, en especial de Aristóteles, e implantar sus ideas geniales. Salviati, quien habla en nombre de Galileo; Simplicio, que cree y sostiene las ideas de Aristóteles y Sagredo, persona bien informada y amigo de Salviati y Simplicio. “El poeta John Milton, quien lo visitó en 1638, escribió, <Ahí fue donde encontré y visité al famoso Galileo, avejentado, prisionero de la Inquisición por pensar sobre la Astronomía en forma diferente a los censores del pensamiento franciscano y dominicos>. Muere Galileo a la edad de 78 años, el 8 de enero de 1642, el año del nacimiento de Isaac Newton”, físico inglés. (cit. por Arons, A.B. 1970, pp.69-70)

Tareas para reflexionar

- a) Hay quienes plantean que Galileo fue el inventor del telescopio. ¿Falso o Verdadero?
- b) Cuando Galileo estudiaba en la Universidad se le conocía como el “Discutidor”. ¿Por qué le llamaban así?
- c) ¿Qué significa la palabra <cinemática>?

Aspectos interesantes de la vida de Galileo

Galileo, se destacó en la ciencia, principalmente, por sus estudios acerca del movimiento y sus refutaciones a las ideas que sobre el mismo tenía Aristóteles. También fue partidario de las ideas de Copérnico sobre el sistema heliocéntrico, demostrando la validez de las mismas a través de los estudios que realizó utilizando el telescopio. Esto último fue causa de disímiles problemas con la Iglesia, cuestión que en detalle podrá leerse más adelante.

De Galileo, puede decirse que “a los 26 años fue nombrado profesor de Matemáticas en la universidad de Pisa y en ella, protestó contra el vestir tradicional en la misma, haciendo circular una sátira poética: <Contra el uso de la toga>. Atacó los puntos de vista de sus colegas, que casi todos fueron, naturalmente, aristotélicos dogmáticos y que, como a menudo sucede con los discípulos, eran rabiosos defensores de las interpretaciones, con frecuencia erróneas, que hacían de los trabajos del maestro”. (Holton, G, 1989^a, pp. 1-11).

“En 1591 murió el padre de Galileo dejando una numerosa familia que sostener. El salario de Galileo en Pisa era inadecuado y, además, su nombramiento, probablemente, no sería renovado al expirar su contrato de tres años, dado el gran número de enemigos que tenía por sus furibundos ataques a los partidarios de Aristóteles. Afortunadamente consiguió un contrato en Padua, donde pasó dieciocho años en un ambiente más cordial y con mejor salario. Marina Gamba le dio tres hijos, pero se separaron en 1610 cuando Galileo volvió a Florencia, en su nativa Toscana”. (Holton, G, 1989^a, pp. 1-11).

“Muchos de los contemporáneos de Galileo rehusaron aceptar la validez científica de sus descubrimientos telescópicos. Después de todo se sabía que con las lentes se podían realizar toda clase de trucos visuales. El único científico que públicamente apoyaba a Galileo en su tiempo fue Kepler, quien escribió un folleto titulado Conversación con el Mensajero celestial, apuntando que los nuevos descubrimientos eran compatibles con sus propias teorías. Habiendo ganado el apoyo del primer astrónomo de Europa, Galileo no podía ser ignorado; sin embargo, ni Galileo y Kepler juntos podían convertir, inmediatamente, al resto del mundo. Un año después de sus descubrimientos, Galileo escribía a Kepler: <Tú eres el primero, quizá el único, que después de una paciente investigación, has dado crédito completo a mis afirmaciones... ¿Qué dirías de los filósofos más importantes a quienes me he ofrecido miles de veces, por propia voluntad, para enseñales mis estudios, y que, con la perezosa obstinación de una serpiente después de comer, nunca han consentido en mirar los planetas, o la Luna, o el telescopio?>”. (Holton, G, 1989^a, pp. 1-11).

Por todo su trabajo y apoyo a las ideas de Copérnico, “Galileo, viejo y enfermo, fue llamado a Roma y confinado durante unos meses. De los expedientes parcialmente aún secretos sabemos que fue juzgado (en ausencia), amenazado con tortura, inducido a juramento de que renunciaba formalmente a la teoría de Copérnico y, finalmente, sentenciado a confinamiento perpetuo. Ninguno de sus amigos en Italia osó defender públicamente a Galileo. Su libro fue incluido en el Índice (donde permaneció junto al de Copérnico y otro de Kepler hasta 1835). En resumen, y -éste es el único punto de interés para nosotros- Galileo constituye un ejemplo para todos los hombres de que la demanda de obediencia espiritual e ideológica lleva consigo la obediencia intelectual y que no hay ciencia libre donde no hay libertad de conciencia. Su famosa abjuración, mandada leer desde los púlpitos en toda Italia y hecha pública como aviso, tiene un aspecto vergonzoso. Pero sin libertad la ciencia no puede florecer largo tiempo. Quizás no fue una coincidencia el hecho de que, después de Galileo, Italia, patria de hombres extraordinarios hasta entonces, produjo muy pocos físicos de talla en los siguientes doscientos años mientras en cualquier parte de Europa surgían en gran número. Para los científicos de hoy esta famosa faceta de la historia de las teorías planetarias no es sólo un episodio del pasado. No pocos profesores y científicos de nuestro tiempo han tenido que enfrentarse con poderosos enemigos de la enseñanza libre y de la investigación de espíritu abierto y levantarse ante aquellos hombres que tenían la fortaleza del intelectual sin doctrinar.” (Holton, G, 1989^a, pp. 1-11).

“La actitud de lucha de Galileo ha llegado a ser completamente aceptable a las autoridades religiosas. Aunque el Vaticano no anunció hasta 1968 que podía ser adecuado revocar su condena en 1633 de las teorías de Galileo (lo que se produjo sólo en 1992) la utilidad científica de su trabajo no se retrasó tanto. Antes de transcurridos cincuenta años de la muerte de Galileo, había aparecido el gran libro de Newton, Principia, integrando tan brillantemente el trabajo de Copérnico, Kepler y Galileo con los principios de la mecánica, que el triunfo de sus ideas fue irrevocable y más importante de lo que ellos mismos pudieron esperar”. (Holton, G, 1989^a, pp. 1-11).

Tareas para reflexionar

- a) Galileo fue genial en el estudio del movimiento mecánico, pero también en la Astronomía. Existen cuatro satélites en nuestro sistema solar que reciben los nombres de Ío, Europa, Ganímedes y Calisto. ¿A qué planeta pertenecen los mismos? ¿Quién los descubrió? ¿Quién los denominó de esta manera? ¿Qué nombres recibieron inicialmente?
- b) Mencione los aportes que Galileo realizó a la Astronomía.

El “estado del arte”, respecto a la mecánica, en tiempos de Galileo

“Galileo expresó en alguna ocasión que prefería <descubrir un solo hecho, por pequeño que sea, a discutir largamente los grandes temas sin descubrir nada en absoluto>.

Cuando nace Galileo (tres días antes de la muerte de Miguel Ángel y el mismo año en que nació William Shakespeare y murió Andrés Vesalio) pervive todavía en Europa la visión medieval del mundo, bajo el férreo control de la Iglesia Católica. Por supuesto, en todo lo concerniente al mundo sobre natural, la autoridad última recaía en la Revelación divina, plasmada en las Sagradas Escrituras y en sus intérpretes. En el caso del conocimiento de la Naturaleza, a partir de Tomás de Aquino (1225-1274), el poderoso pensamiento de Aristóteles (384-322 a. C.) se había constituido en la autoridad suprema. Las ciencias naturales...consistían fundamentalmente en la exposición de la concepción de la Naturaleza por parte de Aristóteles, es decir, su Física”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

“La concepción aristotélica del cosmos y la naturaleza está recogida en los cuatro libros Sobre el Cielo y en los ocho libros de la Física. Para Aristóteles el Universo, que es finito y eterno, está dividido en dos mundos: el sublunar y el supralunar, cada uno con características bien distintas”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

“El mundo sublunar, (donde tienen lugar todos los fenómenos mutables que podemos observar, sometido al cambio y al movimiento), está formado por una mezcla de cuatro sustancias elementales: tierra, agua, aire y fuego. Estas sustancias tienen en distinto grado las cualidades de pesantez (tierra y agua) y ligereza (aire y fuego). Según la proporción en que se encuentren esos cuatro elementos, un cuerpo será más pesado o más ligero. Por naturaleza, los cuerpos pesados tienden a situarse abajo (tanto más rápido cuanto más pesan), mientras que los ligeros tienden a dirigirse arriba. Estos son conceptos e absolutos, y no relativos. En consecuencia, la Tierra, por ser pesada, sólo podía ocupar la posición central del Universo (si no estuviera en el centro, inmediatamente se desplazaría con un movimiento rectilíneo hasta el centro). Cuando un cuerpo alcanza el lugar que le corresponde por su naturaleza, permanece en él en reposo. Sólo por violencia puede cambiar de lugar. Así, el movimiento es un proceso de cambio e interacción del objeto que se desplaza y el medio a través del cual se mueve. El agente que ocasiona el movimiento <forzado> a un móvil (por ejemplo, el arco a una flecha o la mano a una piedra) debe transferir una cierta cualidad al aire en contacto con él, que a su vez transmite ese poder de ser un moviente al siguiente estrato del

aire, y así sucesivamente, conservando el móvil en movimiento hasta que la resistencia del medio la hace decaer progresivamente”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

“Por el contrario, el mundo supralunar o celeste está constituido por una sola sustancia: el éter o quintaesencia, incorruptible, inmutable y eterna. La Tierra, que es una esfera inmóvil, se encuentra en el centro del universo y, alrededor de ella, incrustados en esferas concéntricas transparentes, giran los demás astros y planetas, arrastrados por el giro de las esferas en que se encuentran. Los cuerpos celestes no son graves, no pesan y, por naturaleza se desplazan con un movimiento circular, uniforme y eterno. Tras la última de las esferas, la de las estrellas fijas, no hay nada, ni siquiera espacio vacío, cuya realidad física niega Aristóteles”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

“Aristóteles, como muchos de sus contemporáneos, estaba fascinado por la potencia del método lógico deductivo, que él mismo contribuyó a fundamentar, absolutamente convencido de su capacidad para obtener resultados verdaderos a partir de principios verdaderos. Por ello, una vez fijadas unas verdades autoevidentes de partida (obtenidas usualmente por la observación y la inducción), los resultados obtenidos serán ciertos sin ninguna duda y, por tanto, no hace falta confrontarlos con la realidad. Ciertamente, Aristóteles no explicitó este argumento, y muchas veces (aunque no siempre) intentó justificar sus deducciones apelando a hechos observables concretos. Pero la enorme influencia de Aristóteles en los pensadores posteriores hizo que en muchos casos desdeñaran comprobar sus deducciones por la experimentación. Sólo así se puede explicar la gran cantidad de teorías absurdas sobre distintos aspectos de la realidad, discutidas y aceptadas en los siglos posteriores que, con una simple observación, con más información e instrumentos de medición más precisos que los que disponía Aristóteles, hubieran quedado desechadas”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

“La Teoría del Movimiento de Aristóteles es, posiblemente, la que suscitó más dudas. Uno de los primeros críticos durante la Edad Media fue el teólogo bizantino Juan Filópono (490-566). Distintos pensadores árabes se unieron también a estas las críticas, entre ellos al Biruni (973-1048) y, sobre todo, al Baghdaadi (1080-1165) quien rechazó (a partir de datos observables) la afirmación aristotélica de que una fuerza constante produciría un movimiento uniforme. Ya en el siglo XIV, el filósofo escolástico francés Jean Buridan (1300-1358), desarrolló la teoría del ímpetu como alternativa a la de Aristóteles, que sostiene que el agente transfiere al móvil (y no al aire) una fuerza motriz o ímpetus que le hace moverse, hasta que la resistencia del medio la agota. Por supuesto, según esta descripción, el movimiento forzado no puede tener lugar en el vacío”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

“Hemos destacado sobre todo el <estado del arte> en cuanto a las teorías sobre el movimiento...el aporte fundamental de Galileo es el énfasis en la necesidad de matematizar la ciencia. Frente a las ideas imperantes en su tiempo, Galileo se opone al intento de derivar leyes físicas a partir de principios metafísicos: hay que descubrir los principios o leyes que rigen los fenómenos a partir de las observaciones y después construir modelos matemáticos que permitan calcular, deducir y predecir resultados, que de nuevo hay que contrastar con las observaciones”. (Bombal, 2014, pp. 55-60).

Galileo, sin duda alguna, trabajó su ciencia bajo el método científico y le dio gran importancia a la relación entre la Física y las matemáticas, además del valor que tiene el experimento en el estudio de la realidad.

Tareas para reflexionar

- a) Galileo no inventó el arte del experimento. Otros como el ingeniero y matemático holandés Stevinus de Bruges, también realizó experiencias con objetos cayendo de alturas y bajando y subiendo por planos inclinados. ¿Por qué, entonces, la gran mayoría de los científicos lo consideran como el padre de un método experimental?

Galileo Galilei versus Bacon y Descartes: el método y la experimentación

“Respecto a la experimentación, Viviani...recoge la historia de cómo el joven Galileo, mientras asistía a una misa en la catedral de Pisa, se percató, utilizando los latidos de su propio corazón como cronómetro, de que la duración de cada oscilación de una lámpara que colgaba del techo era siempre la misma, independientemente de la amplitud de la oscilación, algo en lo que nadie antes de él había reparado y abría la posibilidad de usar un péndulo para medir el tiempo”. (Bombal, 2014, p. 60). “Aunque esta historia se considera falsa o dudosa”. (Contreras, et.al.2019, p.15)

“También se cuenta que Galileo, para comprobar que los cuerpos más pesados no caían más rápidamente que los más ligeros, dejó caer desde la torre inclinada de Pisa dos esferas, una de madera y otra de hierro, y aquellos que observaban este experimento pudieron ver que las dos esferas chocaban contra el suelo en el mismo intervalo de tiempo. Al respecto, escribe Holton que <fue alrededor de 1590, mientras Galilei estaba en Pisa, cuando realizó un experimento público sobre las velocidades de pesos desiguales dejados caer desde el famoso Campanile de Pisa, aunque lo más probable es que la historia sea una leyenda>...Más adelante plantea: <... como la anécdota es tan ampliamente conocida y popularmente se admite como un experimento crucial en la historia de la física>”. (Contreras, et.al.2019, pp. 13-15)

“En el caso de que Viviani haya inventado la historia del experimento anterior y que los profesores de Física, como usualmente se hace, hablen de esta para motivar a sus estudiantes, por ello hay que hacerlo bien, sin omitir nada, y realizar un análisis de los documentos originales en los cuales se trate el tema. Un ejemplo de cómo debe efectuarse esta acción, es a través del análisis que hace Holton al escribir que: <... debe observarse -en el escrito de Viviani- que se están comparando las velocidades de cuerpos de igual composición. Aparentemente, en 1590, Galilei creía que los cuerpos de igual densidad caían con la misma velocidad, pero que la velocidad de caída podía, aún, depender de la diferencia de densidad entre el objeto y el medio a través del cual caía. Los escritos de Galilei sobre mecánica durante este periodo indican que aún no había desarrollado la teoría presentada en su trabajo definitivo publicado en 1638. Según el cual todos los cuerpos, cualquiera que fuese su composición, deben caer en el vacío con igual velocidad>. Así, la interpretación de Galilei del famoso experimento

de la Torre inclinada de Pisa, si es que fue realizado en aquel tiempo, no hubiera sido la misma que la más moderna”. (Contreras, et.al.2019, pp. 13-15)

“Galileo Galilei...no fue solamente uno de los más grandes físicos de todas las épocas por sus descubrimientos en esta ciencia, sino más bien el fundador de la física y el creador de su método. Suele atribuirse, especialmente en Inglaterra, este...mérito a su contemporáneo Francisco Bacon, Barón de Verulam (1561-1626), quien en 1620 publicó su célebre libro <Novum Organum>, en que combate los principios de la filosofía aristotélica como fundamento de las investigaciones naturales. Pero el método propuesto por Bacon, que podría denominarse empirismo, difiere fundamentalmente del de Galileo, que es el método de la física. Basta para demostrarlo, el menosprecio de aquél por la matemática, a la que asignaba sólo una importancia secundaria para el estudio de la naturaleza, frente al constante y eficaz empleo que de ellas hacía Galileo. Por otra parte <mejor que hablar sobre el método>, hubiera sido operar con él, como Galileo lo hacía desde muchos años antes de la aparición del libro de Bacon”. (Galilei, G, 1945, pp. 7-9).

“También el celebrado <Discurso del método>, de Descartes (1637), suele considerarse como el fundamento de la ciencia moderna...Descartes intentó el último sistema racionalista y sintético para la investigación de la naturaleza; Galileo fundó el método experimental. Sin contar con que a la publicación del Discurso la obra galileana, de muchos años, estaba ya terminada, aun cuando los <Discorsi e dimostrazioni matematiche intomo a due nuove scienze>, terminados de redactar varios años antes y que fueron el último de sus libros que alcanzó a ver impreso el eminente italiano, aparecieron un año después (1638). En Galileo se aúnan Bacon y Descartes, superándose así la <ceguera> del puro empirismo y los <extravíos del puro racionalismo>; lo cual sólo es completamente verdad si se aclara que la obra científica del primero fue anterior a las publicaciones de los otros dos. No tuvo, pues, Galileo precursores en cuanto al <método>; pero tampoco los tuvo en cuanto a sus descubrimientos sobre Mecánica. Cuando él inició el estudio del movimiento, toda la dinámica conocida y aceptada podía resumirse en algunas frases de la Física de Aristóteles y Galileo debió liberarse de todas estas ideas erróneas y demostrar que lo eran, tarea muy difícil por cuanto ellas parecen fundarse en un gran número de experiencias, desde luego groseras, a saber”. (Galilei, G, 1945, pp. 7-9).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué significa “método”, “empirismo” y “racionalismo”? ¿Qué diferencias y semejanzas usted encuentra entre las tres definiciones?

“Eppur si muove” y la Abjuración de Galileo Galilei



“La historia de la física, por lo general, cuando se utiliza en clases, se hace desde la perspectiva anecdótica y no en pocas ocasiones de manera fatal. Una anécdota muy recurrida en las clases de Física es aquella que cuenta que Galileo, después de haber abjurado ante la Santa Inquisición, donde se retracta de su idea de que la Tierra giraba

alrededor del Sol (Teoría Heliocéntrica), idea defendida en primera instancia por el griego Aristarco de Samos (310 a.C-230 a.C) y luego por el polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) en su libro <Sobre las revoluciones de las esferas celestes>, llegó a exclamar <Eppur si muove>, que en español sería <sin embargo, se mueve>. Quien lee la abjuración podrá percatarse que Galileo, después de la humillación a la que fue sometido, no pudo haber dicho la referida frase porque en ello le iba la vida, que en principio defendía abjurando, la cual en parte se escribe a continuación para mostrar hasta donde los inquisidores fueron capaces de obligar a redimirse de sus ideas a un científico, por demás también religioso y de edad avanzada:

<Yo, Galileo, hijo de Vincenzo Galileo de Florencia, a la edad de 70 años, interrogado personalmente en juicio y postrado ante vosotros, Eminentísimos y Reverendísimos Cardenales, en toda la República Cristiana contra la herética perversidad Inquisidores generales; teniendo ante mi vista los sacrosantos Evangelios, que toco con mi mano, juro que siempre he creído, creo aún y, con la ayuda de Dios, seguiré creyendo todo lo que mantiene, predica y enseña la Santa, Católica y Apostólica Iglesia”. (Contreras, et.al.2019, pp. 15-18).

“Pero, como, después de haber sido jurídicamente intimado para que abandonase la falsa opinión de que el Sol es el centro del mundo y que no se mueve y que la Tierra no es el centro del mundo y se mueve, y que no podía mantener, defender o enseñar de ninguna forma, ni de viva voz ni por escrito, la mencionada falsa doctrina, y después de que se me comunicó que la tal doctrina es contraria a la Sagrada Escritura, escribí y di a la imprenta un libro en el que trato de la mencionada doctrina perniciosa y aporté razones con mucha eficacia a favor de ella sin aportar ninguna solución, soy juzgado por este Santo Oficio vehementemente sospechoso de herejía, es decir, de haber mantenido y creído que el Sol es el centro del mundo e inmóvil, y que la Tierra no es el centro y se mueve. Por lo tanto, como quiero levantar de la mente de las Eminencias y de todos los fieles cristianos esta vehemente sospecha que justamente se ha concebido de mí, con el corazón sincero y fe no fingida, abjuro, maldigo y detesto los mencionados errores y herejías y, en general, de todos y cada uno de los otros errores, herejías y sectas contrarias a la Santa Iglesia. Y juro que en el futuro nunca diré ni afirmaré, de viva voz o por escrito, cosas tales que por ellas se pueda sospechar de mí; y que, si conozco a algún hereje o sospechoso de herejía, lo denunciaré a este Santo Oficio o al Inquisidor u Ordinario del lugar en que me encuentre”.

Qué bueno sería, en vez del “Eppur si muove”, llevado y traído de manera equivocada por los profesores en sus clases, discutir acerca de la actitud de Galileo ante los inquisidores. Hay quienes piensan que Galileo debió enfrentarse a sus inquisidores y hasta dejarse quemar en la hoguera por defender sus ideas, como con anterioridad lo había hecho el astrónomo, filósofo y poeta italiano Giordano Bruno (1548-1600), quien en ningún momento se retractó de sus ideas y en consecuencia es condenado como <hereje, impenitente, contumaz y obstinado> según unos, o por <-apostasía y quebranto de sus votos monásticos> según otros, y a la edad de 52 años, fue quemado en una pira levantada en la Plaza Campo dei Fiori, en Roma, el 17 de febrero del año 1600”. (Contreras, et.al.2019, pp. 15-18).

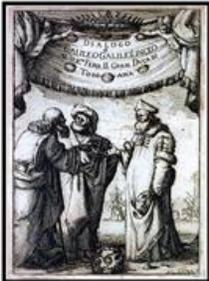
“Sobre la actitud de Galileo, el físico David Brewster escribió que <si solamente hubiera Galileo, añadido el valor del mártir a la sabiduría del hombre de ciencia; si hubiera fulminado con la mirada de sus ojos indignados al concurso de sus jueces; si hubiera levantado sus manos al Cielo e invocado al propio Dios como testigo de la verdad e inmutabilidad de sus opiniones, el fanatismo de sus enemigos se habría visto desarmado y la ciencia se hubiera anotado u triunfo memorable>”.(Contreras, et.al.2019, pp. 15-18).

“Realmente lo escrito por Brewster era una posibilidad, pero existía también el riesgo de que hubiera sido quemado, inclusive junto a su obra, y la ciencia hubiera perdido todo un arsenal de conocimientos descubiertos y descritos por uno de los genios más grandes de la humanidad. Una historia así, rica en matices, no debe ser omitida ni en los libros de textos ni en las clases de física”. (Contreras, et.al.2019, pp. 15-18).

Tareas para reflexionar

- a) Investigue sobre la vida y aportes de Aristarco de Samos, Nicolás Copérnico y Giordano Bruno, en especial sobre sus ideas acerca del sistema heliocéntrico.
- b) ¿Cuál es el significado de la palabra “heliocéntrico”?
- c) El contrapuesto al sistema heliocéntrico es el sistema geocéntrico, defendido por Claudio Ptolomeo. Investigue acerca de la vida y aportes de este científico de la Antigüedad.
- d) ¿Cuál es el significado de la palabra “geocéntrico”?
- e) ¿Con cuál de los dos sistemas anteriores usted simpatiza más y por qué?
- f) Los submarinos utilizan un dispositivo conocido como periscopio para ubicarse por las estrellas. ¿La localización por las estrellas se basa en las ideas heliocéntricas o geocéntricas? ¿Por qué? ¿Cuáles son los principios físicos del dispositivo mencionado?

Galileo y su “Discurso y demostración matemática, en torno a dos nuevas ciencias”.



“Los Diálogos se compone de dos partes que se entremezclan, pero que se distinguen porque una está escrita en latín y no es dialogada, la otra está en italiano, y se desarrolla en forma de diálogo entre tres personajes: Salviati, Sagredo, y Simplicio”. (Galilei, G, 1945, pp. 9-18).

“Tiene lugar en Venecia, según se desprende del comienzo de la Primera Jornada. A propósito de estos tres interlocutores podrían citarse las palabras de Umberto Forti: <Filippo d Averardo Salviati, de quien podríamos decir que representa en el diálogo al mismo Galileo, fue probablemente discípulo de Galileo en Padua. Era hijo de una noble familia florentina y una profunda amistad lo ligaba al Maestro, a quien solía recibir a diario en su Villa del le Selve, que se hizo después famosa por las observaciones astronómicas que Galileo llevó a cabo en ella...> <Giovanfrancesco di Nicolo Sagredo representa en el diálogo a la persona culta, a la mente clara y aguda, pero no especializada en el

estudio de la matemática, y más todavía desconocedora de las ideas y descubrimientos últimos. Por ello lo vemos muchas veces refutando a Simplicio, pero no desde un punto de vista nuevo, sino simplemente haciéndole notar sus contradicciones. Es, en suma, el buen...puesto como juez entre el aristotelismo de Simplicio y el galileísmo de Salviati>. <Sagredo, de noble familia veneciana, fue primero alumno de Galileo en Padua, y después cónsul de la Serenísima República de Venecia...> <Simplicio no representa probablemente una persona real. Es verdad que en el Diálogo repite los argumentos con que el Pontífice solía oponerse a quienes defendían el movimiento de la Tierra, pero sólo la calumnia puede atribuir al gran Físico el propósito de representar en Simplicio a Urbano VIII. Simplicio, homónimo del gran comentarista de Aristóteles, encarna simplemente al empirista y al partidario de la filosofía peripatético escolástica>". (Galilei, G, 1945, pp. 9-18).

"En los Diálogos se incluyen seis jornadas; pero las dos últimas fueron agregadas después de la muerte de Galileo, de acuerdo con notas póstumas; quedaron posiblemente inconclusas y su ordenación es dudosa. Las jornadas <primera> y <segunda>, pueden considerarse como una introducción, pues diversos asuntos que sólo se mencionan en ella serán tratados extensamente en las dos últimas. La jornada segunda se refiere a la resistencia a la ruptura de los sólidos, especialmente cilíndricos. En ella, haciendo caso omiso -como lo dirá después- de <algún profesor de los más estimables que consideraba viles> sus resultados <por depender de fundamentos muy bajos y populares; como si la más admirable y estimada condición de las ciencias demostrativas no fuera salir de principios conocidísimos, entendidos y aceptados por todos>, utiliza observaciones sencillas y la ley de equilibrio de la palanca -de la que expone una demostración propia- para deducir interesantes proposiciones y resolver problemas ilustrativos sobre dicha resistencia". (Galilei, G, 1945, pp. 9-18).

"Las jornadas <tercera> y <cuarta> tratan especialmente de la dinámica. De ellas dijo Lagrange: <Nunca podrán ser suficientemente admiradas; fue necesario un genio extraordinario para producirlas>. Galileo es, además, considerado como el más grande escritor italiano de su siglo. Tuvo también perfecta conciencia de la importancia de su obra. Por eso le hace decir a uno de sus interlocutores al final de la tercera jornada: <Creo, verdaderamente, que así como las pocas propiedades (diré, por ejemplo) del círculo, demostradas en el tercero de los Elementos de Euclides, conducen a innumerables actos más recónditos, así también las producidas y demostradas en este breve tratado, cuando cayera en las manos de otros ingenios especulativos, serían el camino hacia otras, y otras más maravillosas; y es de creer que así sucedería, por la nobleza del asunto sobre todos los otros naturales>". (Galilei, G, 1945, pp. 9-18).

"Galileo no emplea la notación algebraica, entonces desconocida en Europa. Además, sólo utiliza proporciones entre magnitudes, y por eso introduce a menudo en sus raciocinios segmentos auxiliares. La lectura de este libro puede ser altamente instructiva, no sólo para los estudiantes, sino también a los profesores de física. Encontrarán en él modelos de exposición sencilla, en lenguaje llano, de temas científicos; sugerencias y ejemplos didácticamente útiles; problemas y ejercicios adecuados para la enseñanza. Quienes no se dediquen a ésta ampliarán, sin duda, su

cultura con el estudio de uno de los tratados clásicos de la ciencia, y de los pocos que pueden ser comprendidos no siendo especialista”. (Galilei, G, 1945, pp. 9-18).

“A continuación, se muestran los nombres de las cuatro jornadas de la que tratan los diálogos.

Jornada primera: En torno a la coherencia de las partes en los cuerpos sólidos

Jornada segunda: En torno a la resistencia: de los sólidos a la fractura

Jornada tercera: En torno de los movimientos locales

Jornada cuarta: En la cual continúa el discurso sobre los movimientos locales”. (Galilei, G, 1945, pp. 9-18).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Por qué considera usted que las ideas acerca del estudio del movimiento y sus trabajos sobre los sistemas geocéntricos y heliocéntricos, Galileo las escribió en forma de Diálogos?
- b) En “Los orígenes de la Ciencias Moderna”, Herbert Butterfield escribe: “De todos los obstáculos intelectuales a que se ha enfrentado la mente humana y a los que ha vencido en los últimos mil quinientos años, el que me parece que ha sido más sorprendente en su carácter y el más estupendo por el alcance de sus consecuencias es el que se relaciona con el problema del movimiento”. (cit. por Arons, A.B. 1970, p.21). ¿Coincide usted con él? Argumente con varias razones el porqué de su respuesta.
- c) El movimiento es inherente a todos los cuerpos y sistemas del universo, pero ¿cuál es la causa? Algunos contestarán que no hay causa, que es así porque sí, pero ¿es tan sencillo considerar la respuesta anterior? Partamos del hecho de que desde que nacemos vemos que todo tiene una causa. Reflexione sobre esta pregunta y más de un dolor de cabeza tendrá, sin embargo su pensamiento se hará más inquisidor y sólido.

El sistema de unidades en la época de Galileo Galilei

El sistema inglés de unidades y el sistema internacional de las mismas son los más conocidos hoy en día, a la hora de realizar mediciones de las diferentes magnitudes utilizadas en las ciencias. En Cuba, conviven los dos sistemas. Lo mismo compramos productos en libras que en kilogramos. También medimos en metros y en pulgadas o pies. Sin embargo, en la época de Galileo, las unidades eran muy distintas, como a continuación podrá leerse.

Galileo, escribe en sus Diálogos: “...en un tablón de madera de unos doce codos de longitud, y de ancho, en un sentido, medio codo, y en el otro tres dedos... elevado sobre la horizontal uno de sus extremos, una braza o dos...para medir con toda exactitud el tiempo, en el cual jamás se encontraba una diferencia ni siquiera de la décima parte de una pulsación...”. (Galilei, G, 1945, p. 241).

Tareas para reflexionar

- a) Investigue que significa codo, dedos, braza, como medidas de longitud y qué significa pulsación como medida de tiempo. ¿Qué relación guardan las mismas con aquellas magnitudes establecidas por el Sistema Internacional de Unidades?

Medición del tiempo a lo Galileo Galilei

A continuación, mostramos como lo describe él en su libro <Diálogos acerca de Dos Nuevas Ciencias>, a la hora de los trabajos realizados con los planos inclinados. Los personajes que intervienen en los Diálogos (Sagredo, Salviati y Simplicio) se describen en el siguiente capítulo. Salviati: “Para la medida del tiempo, teníamos un gran cubo de agua puesto en alto, el que por una finísima espita que tenía soldada en el fondo derramaba un hilillo de agua que íbamos recogiendo en un vasito, durante todo el tiempo que la bola descendía por el canal o por algunas de sus partes. Las pequeñas cantidades de agua, recogidas de este modo, eran pesadas de tiempo en tiempo con una sensibilísima balanza, de modo que las diferencias y las proporciones de sus pesos, nos daban las diferencias y las proporciones de los tiempos; y esto con tal exactitud, que como ya lo he dicho, tales operaciones repetidas muchísimas veces, jamás se diferenciaban de un modo apreciable.” (Galilei, G, 1945, p. 242).

Tareas para reflexionar

- a) Investigue acerca de la historia de los diferentes relojes utilizados a lo largo del desarrollo de nuestra humanidad.
- b) Intente usted realizar el experimento descrito por Galileo en este epígrafe y describa luego sus resultados.
- c) ¿Es creíble la realización del experimento descrito por Galileo y de los resultados obtenidos por él, si hoy se cuenta con cronómetros súper exactos en la medición del tiempo y aun así se cometen errores en las mediciones de esta magnitud? Si o no y porqué.

El Movimiento Rectilíneo y Uniforme. La aclaración de Galileo Galilei.

Un caso muy interesante de como los científicos someten a revisión los conocimientos formulados, incluso, por ellos mismos, es el siguiente:

Galileo Galilei, en el libro de los <Diálogos>, en la Jornada tercera, dedicada a los movimientos locales, escribe: “Acerca del movimiento uniforme tenemos necesidad de una sola definición, que yo enunciaré del modo siguiente: DEFINICIÓN: Entiendo por movimiento uniforme aquel cuyos espacios, recorridos por un móvil en cualesquiera tiempos iguales, son entre sí iguales”. A la cual le sigue la siguiente ADVERTENCIA “Me ha parecido bien añadir a la antigua definición (que llama simplemente movimiento uniforme, a aquel en que espacios iguales son recorridos en tiempos iguales) el vocablo "cualquiera ~ o sea en tiempos cualesquiera iguales; porque puede suceder que el móvil recorra espacios iguales durante tiempos iguales, y que sin embargo no sean

iguales los espacios recorridos durante algunas fracciones más pequeñas, aunque entre sí iguales, de esos mismos tiempos.” (Galilei, G, 1945, p. 214).

Tareas para reflexionar

- a) Compare la definición dada por Galileo, con la que se encuentra en su libro de texto, probablemente parafraseada por el autor del mismo.

Desarrollo histórico del concepto de velocidad

Los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos en las ciencias, nunca salen de la nada y es poco probable que se consideren correctos desde su mismo primer inicio. Todos, o casi todos, recorren un largo camino en su andar hasta que llegan a formularse de la manera correcta y más acabada. La velocidad es uno de estos conceptos, cuyo desarrollo histórico recorrió varios siglos, como a continuación mostramos.

“La expresión de velocidad tiene sus antecedentes en los trabajos de Aristóteles (394-322 AC) y Filopono (490-566), quienes consideraban las magnitudes de fuerza y resistencia, en vez de las magnitudes trabajadas por Galileo y que son las que estudiarás en este libro. Para Aristóteles la velocidad de un objeto era igual a la relación entre la fuerza que se le aplicaba a un cuerpo y la resistencia que el medio le ofrecía. Algebraicamente esto sería: $V=F/R$. Una dificultad primaria de esta expresión es el hecho de que, si la resistencia se hace cero, pues entonces la velocidad tiende hacia el infinito, lo cual nunca ocurre. Para evitar esta dificultad, Aristóteles plantea que la resistencia solo puede ser cero en el vacío y que la naturaleza no lo permite porque lo aborrece, de esta manera se aferra a la idea del <horror vacui>. Otra dificultad es la referida a la magnitud fuerza. Después de lanzado un objeto, la fuerza que se utilizó para hacerlo deja de actuar inmediatamente, entonces qué fuerza mantiene al objeto en movimiento. Según Aristóteles, <los proyectiles se mueven, aunque lo que los impulsó no esté ya en contacto con ellos, o bien por antiperístasis, como suponen algunos, o bien porque el aire que ha sido empujado los empuja con un movimiento más rápido que el que los desplaza hacia su lugar propio>”. (Contreras, et.al.2019, pp. 48-50).

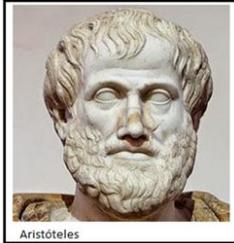
“Por su parte Filópono planteó que la velocidad de un objeto era igual a la diferencia entre la fuerza y la resistencia ($V=F-R$), evitando así la dificultad del vacío (resistencia cero) con la que se enfrentó Aristóteles y de la tendencia hacia el infinito de la velocidad. Sobre el hecho de la fuerza, Filópono sugiere que, al lanzar un objeto, éste es dotado de una propiedad que lo mantiene en movimiento, o sea, no es necesario que el cuerpo colisione con otro o sobre el mismo actué una fuerza que lo mantenga en ese estado. A esta propiedad que lo mantiene en movimiento se le llamó ímpetu. (Contreras, et.al.2019, pp. 48-50).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué significa “antiperístasis” y en qué sentido lo utilizó Aristóteles en este escrito? ¿Con cuál de las tres expresiones de velocidad te sientes más

identificado: $V=S/t$; $V=F/R$ o $V=F-R$? ¿Por qué? ¿Cuál de ellas te parece más lógica y cuál más absurda?

El movimiento o el reposo, según Aristóteles



Para Aristóteles el estado natural de los cuerpos era el reposo, no el movimiento. Esto es lo que nuestro sentido común nos dice. Por mucho que se mueva un cuerpo, siempre terminará reposando en algún lugar. Considerar que el estado natural de los cuerpos es el movimiento, conlleva un nivel de abstracción al cual no pudo llegar este ingenioso sabio, el cual tampoco se caracterizó por la experimentación, sino por las interpretaciones de los fenómenos y hechos a partir, solamente, de la contemplación viva.

Aristóteles, al respecto, escribió: “Todos los cuerpos se mueven y reposan naturalmente y por restricción. Un cuerpo se mueve naturalmente al lugar donde descansa sin restricción, y descansa sin restricción en aquel lugar donde se mueve en forma natural. Se mueve por restricción al lugar en el cual reposa por restricción... Además, si cierto movimiento es provocado, entonces su opuesto es natural.” (cit. por Arons, 1970, p. 67).

Tareas para reflexionar

- a) Para Aristóteles, el estado natural de los cuerpos es el reposo, no el movimiento. ¿Qué piensa usted, el reposo es absoluto o es relativo? ¿Ponga ejemplos que afirmen o refuten una de las dos posibilidades o a las dos al mismo tiempo?
- b) En ocasiones los médicos indican hacer reposo absoluto a un paciente. ¿Es apropiado utilizar este término? Si o no. ¿Por qué?

El principio de relatividad. Galileo y Newton

Galileo Galilei, realizó trabajos donde se vislumbra su idea acerca del principio de la relatividad del movimiento. Este principio fue formulado por él en 1638 y lo describe de la manera siguiente:

“Encerraos con un amigo en la cabina principal bajo la cubierta de un barco grande, y llevad con vosotros moscas, mariposas, y otros pequeños animales voladores... colgad una botella que se vacíe gota a gota en un amplio recipiente colocado por debajo de la misma... haced que el barco vaya con la velocidad que queráis, siempre que el movimiento sea uniforme y no haya fluctuaciones en un sentido u otro.... Las gotas caerán... en el recipiente inferior sin desviarse a la popa, aunque el barco haya avanzado mientras las gotas están en el aire... las mariposas y las moscas seguirán su vuelo por igual hacia cada lado, y no sucederá que se concentren en la popa, como si cansaran de seguir el curso del barco...” (cit. por Kuznetzov, B., 1981, pp.180-182).

Este mismo Principio de la Relatividad fue escrito por Newton, años después, en sus <Principia>, al decir que “Los movimientos relativos de los cuerpos contenido en un espacio cualquiera son los mismos, ya sea este espacio inmóvil o que mueva

uniformemente a lo largo de una línea recta sin rotación”. (cit. por Kuznetzov, B., 1981, p. 182).

Tareas para reflexionar

- a) Compare estos ejemplos anteriores de Galileo con los que su profesor le ha puesto en sus clases cuando desarrolló este tema y con aquellos que aparecen en su libro de texto.
- b) Lo genial del planteamiento de Galileo acerca del Principio de la Relatividad es que fue un experimento mental. Busque usted una manera de hacer un experimento real donde se manifieste este mismo Principio.

Variación de la Velocidad o Aceleración en los Diálogos de Galileo

Conocido y enunciado el movimiento rectilíneo y uniforme, Galileo se dispone entonces a definir otro tipo de movimiento, pero esta vez con aceleración constante.

Salviati: “Las propiedades que pertenecen al movimiento uniforme han sido discutidas...pero falta considerar el movimiento acelerado. Y primero que todo parece aconsejable encontrar y explicar una definición que mejor se ajuste a los fenómenos naturales. Pues cualquiera un tipo arbitrario de movimiento y discutir sus propiedades...; pero hemos decidido considerar los fenómenos de los cuerpos que caen con una aceleración tal como ocurre realmente en la naturaleza y hacer que esta definición del movimiento acelerado presente las características esenciales de los movimientos acelerados...Finalmente, en la investigación del movimiento naturalmente acelerado fuimos conducidos de la mano, por decirlo así, en seguir el hábito y costumbre de la naturaleza misma, en todos sus otros procesos diversos, empleando solamente aquellos medios que son más comunes, simples y sencillos”. (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

“...Si ahora examinamos el asunto cuidadosamente, no encontramos adición o incremento más simple que aquel que se repite a sí mismo siempre en la misma forma. Esto lo comprendemos fácilmente cuando consideramos la íntima relación entre tiempo y movimiento; pues, así como...llamamos a un movimiento uniforme cuando distancias iguales son recorridas durante intervalos iguales, en la misma forma también podemos...imaginarnos un movimiento igualmente uniforme y continuamente acelerado cuando durante cualquier intervalo semejante, se le dan iguales incrementos de velocidad...”(Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

A lo que Sagredo comenta: “Aunque yo no puedo ofrecer objeción racional alguna a ésta o en realidad a cualquier otra definición, ideada por cualquier autor quienquiera que fuese, ya que todas las definiciones son arbitrarias, puedo, sin embargo, permitirme, sin ofender, dudar si tal definición como la anterior, establecida de una manera abstracta, corresponde y describe es clase de movimiento acelerado que encontramos en la naturaleza en el caso de cuerpos que caen libremente...Cómo lo veo hasta ahora, la definición podría haberse establecido un poco más claramente quizá sin cambiar la idea fundamental, a saber, el movimiento uniformemente acelerado

es tal que su velocidad aumenta en proporción al espacio recorrido; de manera que, por ejemplo, la velocidad adquirida por un cuerpo que cae cuatro codos sería el doble que la adquirida en caer dos codos y ésta última sería el doble que la adquirida en el primer codo...”. (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

Concepción de Sagredo incorrecta, lo que plantea es una idea aristoteliana, al considerar que la variación de velocidad se relaciona con la variación del espacio recorrido y no a la variación del tiempo. Con evidencia experimental Galileo demuestra que la variación de velocidad se relaciona con la variación del tiempo.

Tareas para reflexionar

- a) Exprese en términos algebraicos lo discutido aquí por los tres interlocutores. Tanto la idea dada por Aristóteles como la sugerida por Salviati.

El movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Galileo vs Aristóteles

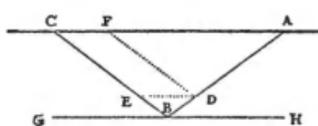
Salviati, Sagredo y Simplicio discuten un manuscrito, en los <Diálogos>, de a quien ellos llaman <nuestro académico>, quien no es más que el propio Galileo. En esa discusión llegan a definir qué es un movimiento uniformemente acelerado.

“...llamamos a un movimiento uniforme cuando distancias iguales son recorridas durante intervalos iguales, en la misma forma también podemos...imaginarnos un movimiento igualmente uniforme y continuamente acelerado cuando, durante cualquier intervalo semejante, se le dan iguales incrementos de velocidad...”. (Galilei, G, 1945, p. 222).

Tareas para reflexionar

- a) La idea anterior se contrapone a la que sostenía Aristóteles, que no era más que considerar al movimiento uniformemente acelerado como aquel en que <su velocidad aumenta en proporción al espacio recorrido>, según argumenta Sagredo. O sea, que para Galileo sería matemáticamente: $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ y para Aristóteles la expresión sería: $a = \frac{\Delta V}{\Delta S}$ ¿Por qué la idea de Aristóteles está errada?

Experimentos de Galileo con sus planos inclinados



La figura muestra el esbozo geométrico que realizó Galileo para un cuerpo que se mueve por un plano inclinado descendente (AB), uno ascendente (BC) y uno horizontal (GH).

En el libro de los <Diálogos>, Salviati describe los experimentos realizados con el plano inclinado, para demostrar que el movimiento gravitacionalmente gobernado sobre un plano inclinado era uniformemente acelerado. Galileo ya anticipaba que tal movimiento es así solamente en un límite ideal en el cual el roce contra el plano y la resistencia del aire son eliminados.

“Se tomó un tablón de madera, alrededor de 12 codos de largo, medio codo de ancho y tres dedos de grueso; sobre su borde se hizo un canal con un poco más de un dedo de anchura; habiendo hecho este surco recto, liso y pulido, y habiéndolo forrado con pergamino, también tan liso y pulido cómo fue posible, hicimos rodar a lo largo de él, una pelota de bronce, dura, lisa y muy redonda. Habiendo colocado esta tabla en una posición inclinada...rodamos la pelota a lo largo del canal, anotando... el tiempo requerido para hacer el descenso...siempre encontramos que los espacios recorridos eran entre sí como el cuadrado de los tiempos, y esto era verdad para todas las inclinaciones del plano.” (cit. por Arons, 1970, p. 72)

Tareas para reflexionar

- a) Como tarea para su casa, construya un plano inclinado como el descrito por Galileo, utilizando los materiales que esté a su alcance y repita el experimento. Compruebe si sus resultados se comparan con los obtenidos por este notable científico.

Aceleración en el movimiento de los cuerpos pesados

Después de discusiones de la definición de aceleración y de las velocidades instantáneas de los cuerpos en caída libre, Sagredo argumenta:

“De estas consideraciones me parece que podemos obtener una solución correcta del problema discutido por los filósofos, a saber, ¿qué causa la aceleración en el movimiento de los cuerpos pesados?”

Salviati aclara entonces:

“El presente no parece ser el momento apropiado para investigar la causa de la aceleración del movimiento natural respecto a la cual varias opiniones han sido expresadas por diversos filósofos, algunos explicándola por la atracción hacia el centro, otros por la repulsión entre las partes muy pequeñas del cuerpo, mientras que algunos más la atribuyen a cierto esfuerzo en el medio que se encuentra alrededor y que se cierra detrás del cuerpo que cae y que lo empuja de una de sus posiciones a otra. Ahora, todas estas fantasías y otras también, deben ser examinadas; pero realmente no vale la pena. Por el momento, el propósito de nuestro autor es simplemente investigar y demostrar algunas de las propiedades del movimiento acelerado (cualquiera que sea la causa de esta aceleración...y si encontramos que las propiedades del movimiento acelerado...se cumplen en los cuerpos que caen libremente, podemos concluir que la supuesta definición incluye tal movimiento de cuerpos que caen...” (cit. por Arons, 1970, p. 71)

Aquí ya Galileo rechaza el movimiento aristotélico para dar una explicación completa de todos los aspectos del movimiento de caída desde el principio de la investigación.

Tareas para reflexionar

- a) Salviati expresa que, <cualquiera que sea la causa de esta aceleración>, pero no se dedica a estudiarla ni a realizar ningún tipo de hipótesis acerca de ellos. ¿Para usted cuál es la causa de esta aceleración?

El movimiento en caída libre. Galileo contra el sentido común y Aristóteles

Aquí se discute un tema delicado y difícil de comprender. Solo una mente como la de Galileo podía llegar a tales conclusiones. En la actualidad todavía muchos piensan como Aristóteles. Aunque usted no lo crea, no solo hay Aristóteles entre los estudiantes, también entre los profesores.

Salviati: “Dudo mucho que Aristóteles pruebe alguna vez por experimento si es cierto que dos piedras, una que pesa diez veces más que la otra, si se deja caer en el mismo instante desde una altura de, digamos, 100 codos, diferirían tanto en velocidad que cuando el más pesado había llegado al suelo, el otro no habría caído más de 10 codos.” (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Simplicio: “Su lenguaje indicaría que había intentado el experimento, porque dice: Vemos el más pesado; ahora la palabra ver muestra que él había hecho el experimento.” (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Sagredo: “Pero, yo, Simplicio, que he hecho la prueba, puedo asegurarte que una bala de cañón que pesa una o doscientas libras, o incluso más, no llegará al suelo más de un tramo [mano-anchura] por delante de una bala de mosquete que pesa solo media libra, siempre y cuando ambas caigan desde una altura de 200 codos”. (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Aquí, tal vez, uno podría haber esperado encontrar un informe detallado sobre un experimento realizado por Galileo o uno de sus colegas. En cambio, Galileo utiliza un <experimento mental>, un análisis de lo que sucedería en un experimento imaginario para arrojar dudas sobre la teoría del movimiento de Aristóteles:

Salviati: “Pero, incluso sin más experimentos, es posible demostrar claramente, por medio de un argumento breve y concluyente, que un cuerpo más pesado no se mueve más rápido que uno más ligero, siempre que ambos cuerpos sean del mismo material y, en resumen, como los mencionados por Aristóteles. Pero dime, Simplicio, si admites que cada cuerpo que cae adquiere una velocidad definida, fijada por la naturaleza, una velocidad que no se puede aumentar o disminuir excepto mediante el uso de la violencia o la resistencia.”

Simplicio: “No puede haber ninguna duda, pero que un mismo cuerpo que se mueve en un solo medio tiene una velocidad fija que está determinada por la naturaleza y que no puede aumentarse sino mediante la adición de ímpetu o disminuirse, excepto por alguna resistencia que la retrase.” (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Salviati: “Si tomamos dos cuerpos cuyas velocidades naturales son diferentes, está claro que al unir los dos, el más rápido será retrasado en parte por el más lento, y el

más rápido será acelerado por el más rápido. ¿No estás de acuerdo conmigo en esta opinión?

Simplicio: “Sin dudas tienes razón.” (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Salviati: “Pero si esto es cierto, y si una piedra grande se mueve con una velocidad de, digamos, ocho, mientras que una más pequeña se mueve con una velocidad de cuatro, entonces cuando estén unidas, el sistema se moverá con una velocidad inferior a ocho; pero las dos piedras cuando se unen forman una piedra más grande que la que antes se movía con una velocidad de ocho. Por lo tanto, el cuerpo más pesado se mueve con menos velocidad que el más ligero; un efecto que es contrario a tu suposición. Así se ve cómo, asumiendo que el cuerpo más pesado se mueve más rápido que el más ligero, deduzco que el cuerpo más pesado se mueve más lentamente”. (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Simplicio: “Estoy en el mar...Esto es, de hecho, más allá de mi comprensión.” (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Simplicio retrocede en confusión cuando Salviati muestra que la teoría aristotélica de la caída es autocontradictoria. Pero mientras Simplicio no puede refutar la lógica de Galileo, sus propios ojos le dicen que un objeto pesado cae más rápido que un objeto ligero

Simplicio: “Su discusión es realmente admirable; sin embargo, no encuentro fácil creer que una munición cae tan rápidamente como una bala de cañón”. (Galilei, G, 1945, pp. 96-99).

Salviati: “Por qué no decir un grano de arena tan rápidamente como una piedra de molino? Pero, Simplicio, confío en que no seguirá el ejemplo de muchos otros quienes desvían la discusión de su principal intento y se fijan sobre alguna aseveración mía que carece de un ápice de verdad y, bajo esto, esconden la falla de otra que es tan grande como el cable de un barco. Aristóteles dice que una esfera de hierro de 100 libras cayendo desde una altura de 100 codos alcanza el suelo antes que una esfera de una libra haya caído un solo codo. Yo digo que ellas llegan al mismo tiempo. Usted encuentra, al hacer el experimento, que la más grande sobrepasa a la más pequeña por la anchura de dos dedos...ahora, usted no escondería detrás de estos dos dedos los noventa y nueve codos de Aristóteles, ni mencionaría mi pequeño error y al mismo tiempo pasar por alto en silencio su gran error”. (Galilei, G, 1945, pp. 96-99)

En el ataque de Galileo contra la cosmología aristotélica, pocos detalles eran realmente nuevos. Sin embargo, su enfoque y sus hallazgos juntos proporcionaron la primera presentación coherente de la ciencia del movimiento. Galileo se dio cuenta de que, de todos los movimientos observables en la naturaleza, el movimiento de caída libre es la clave para la comprensión de todos los movimientos de todos los cuerpos. Decidir cuál es el fenómeno clave para estudiar es el verdadero don del genio. Pero Galileo también es, en muchos sentidos, lo cual es típico de los científicos en general. Su enfoque del problema del movimiento hace un buen <caso> para ser utilizado en las siguientes

secciones como una oportunidad para discutir estrategias de investigación que todavía se usan en la ciencia.

Estas son algunas de las razones por las que estudiamos en detalle el ataque de Galileo al problema de la caída libre. El mismo Galileo reconoció otra razón: que el estudio del movimiento que él propuso fue solo la fase inicial de un poderoso campo de descubrimiento:

"Mi propósito es establecer una ciencia muy nueva que se ocupe de un tema muy antiguo. En la naturaleza, tal vez no haya nada más antiguo que el movimiento, respecto del cual los libros escritos por filósofos no son pocos ni pequeños; sin embargo, he descubierto algunas propiedades que vale la pena conocer que hasta ahora no se han observado ni demostrado. Se han realizado algunas observaciones superficiales, como, por ejemplo, que el movimiento natural de un cuerpo pesado que cae se acelera continuamente; pero hasta qué punto esta aceleración ocurre aún no se ha anunciado.

Otros hechos, no pocos en cantidad o menos vale la pena saber que he tenido éxito en probar; y, lo que considero más importante, se ha abierto a esta vasta y excelente ciencia, de la cual mi trabajo es solo el comienzo, formas y medios por los cuales otras mentes más agudas que la mía explorarán sus remotas regiones ". (Galilei, G, 1945, p. 213)

Tareas para reflexionar

- a) Idee un experimento donde usted demuestre que todos los cuerpos caen con la misma aceleración y por ello llegan de la misma manera al suelo.
- b) Como algo bien interesante para investigar, sería el hecho de salir a la calle y preguntar a todo aquel que se encuentre más o menos conocido, si los cuerpos más pesados caen primero que los menos pesados o todos caen y llegan al suelo por igual. Esto podría dar una idea de si priman los Aristóteles por encima de los Galileos o al revés.

Movimiento con aceleración constante

Salviati: "Pasamos ahora a...movimiento naturalmente acelerado, tal como en general lo experimentan los pesados cuerpos que caen...en la investigación del movimiento naturalmente acelerado nos llevaron... en el seguimiento del hábito y costumbre de la naturaleza misma, en todos sus diversos otros procesos, para emplear solo aquellos medios que son más común, simple y fácil. . . Cuando, por lo tanto, observo una piedra inicialmente en reposo cayendo desde una posición elevada y continuamente adquiriendo nuevos incrementos de velocidad, ¿por qué no debería creer que tales aumentos tengan lugar de una manera que es extremadamente simple y bastante obvio para todos? Sí, ahora que examinamos el asunto cuidadosamente no encontramos ninguna adición o incremento más simple que el que se repite siempre de la misma manera. Esto lo entendemos fácilmente cuando consideramos la relación íntima entre tiempo y movimiento; porque, así como la uniformidad de movimiento es definido por y

concebido a través de tiempos iguales e iguales espacios, por lo que también podemos, de manera similar, a través de iguales intervalos de tiempo, concebir adiciones de velocidad como teniendo lugar sin complicaciones. . .” (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

“De ahí la definición de movimiento que estamos a punto de discutir puede ser declarado de la siguiente manera: Se dice que un movimiento es uniformemente acelerado cuando, comenzando desde el reposo, adquiere durante el mismo intervalo de tiempo, incrementos iguales de velocidad”. (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

Sagredo: “Aunque no puedo ofrecer ninguna objeción racional a esto o de hecho a cualquier otra definición ideada por cualquier autor cualquiera, dado que todas las definiciones son arbitrarias, sin embargo, se puede permitir que sin defensa se dude si una definición como la anterior, establecida en una manera abstracta, corresponde y describe que tipo de movimiento acelerado nos encontramos en la naturaleza en el caso de cuerpos que caen libremente...” (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

El propio Galileo era consciente del valor de los resultados y los métodos de su trabajo pionero. Concluyó su tratamiento de movimiento acelerado al poner las siguientes palabras en la boca de los comentaristas en su libro:

Salviati: “... podemos decir que la puerta ahora está abierta, por primera vez, a un nuevo método plagado de numerosos y resultados maravillosos que en los años futuros obtendrán la atención de otras mentes.” (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

Sagredo: “Realmente lo creo. . . los principios que son expuesto en este pequeño tratado, cuando sea tomado por mentes especulativas, conducirán a otro resultado más notable; y se debe creer que así será...”

Durante este largo y laborioso día, he disfrutado de estos simples teoremas más que de sus pruebas, muchas de las cuales, para su comprensión completa, requieren más de una hora...Si tú quieres ser lo suficientemente bueno para dejar el libro en mis manos...después de que tengamos leer la porción restante que trata con el movimiento de proyectiles; y esto si es agradable para usted lo tomaremos mañana.”

Salviati: “No dejaré de estar contigo.” (Galilei, G, 1945, pp. 221-223).

Tareas para reflexionar

- a) A qué se refiere Salviati cuando plantea <a un nuevo método plagado de numerosos y resultados maravillosos...> ¿Cuál es ese método?

Los proyectiles y Galileo

Los proyectiles han sido utilizados, sobre todo, en las guerras, desde la Antigüedad hasta la fecha. Para su lanzamiento han sido creados diferentes dispositivos como los arcos para lanzar flechas, las cerbatanas para disparar dardos, los cañones y las pistolas para lanzar balas, las catapultas para lanzar rocas y las hondas para tirar piedras, entre muchos otros. Sin embargo, un estudio científico acerca de cómo funcionan los mismos y cuál puede resultar más eficiente o no, no fue realizado hasta la

Llegada de Galileo Galilei, al menos respecto a los proyectiles lanzados por los cañones. Sobre este aspecto puede leerse a continuación.

Salviati: “En las páginas precedentes hemos discutido las propiedades del movimiento uniforme y del movimiento naturalmente acelerado...Ahora me propongo establecer aquellas propiedades que pertenecen a un cuerpo cuyo movimiento está compuesto de otros dos movimientos, a saber, uno uniforme y uno naturalmente acelerado...Este es el tipo de movimiento que puede observarse en un proyectil en movimiento; su origen lo concibo como sigue: imaginemos cualquier partícula proyectada a lo largo de un plano horizontal sin fricción...Esta partícula se moverá a lo largo de este mismo plano con un movimiento que es uniforme y perpetuo, siempre y cuando el plano no tenga límites. Pero si el plano está limitado y elevado, entonces la partícula en movimiento, la que imaginamos que es pesada, adquirirá, al pasar sobre el borde del plano, además de su movimiento uniforme y perpetuo previo, una tendencia hacia abajo debida a su propio peso; de manera que el movimiento resultante...está compuesto de uno que es uniforme y horizontal y de otro que es vertical y uniformemente acelerado”. (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

Sagredo: “El eje de la parábola a lo largo del cual imaginamos el movimiento natural de un cuerpo que cae es perpendicular a una superficie horizontal y termina en el centro de la Tierra y como la parábola se debía más y más de su eje, ningún proyectil puede nunca alcanzar el centro de la Tierra o, si lo hace, como parece necesario, entonces la trayectoria del proyectil debe transformarse en alguna otra curva muy diferente a la parábola”. (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

Simplicio: “A estas dificultades, yo puedo añadir otras. Una de estas es que suponemos el plano horizontal, que no se inclina ni hacia arriba ni hacia abajo, representado por una recta...conforme se parte de la mitad de la recta y se va hacia cualquier extremo, se aleja más y más del centro de la Tierra y está, por tanto, yendo constantemente hacia arriba. Por consiguiente, se sigue que el movimiento no, puede permanecer un uniforme para una distancia cualquiera, sino que debe disminuir continuamente. Además, no veo cómo es posible evitar la resistencia del medio que debe destruir la uniformidad del movimiento horizontal y cambiar la ley de la aceleración. Estas diversas dificultades hacen que sea altamente improbable que un resultado obtenido de tal hipótesis tan poco confiable sea verdadero en la práctica”. (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

Salviati: “Todas estas dificultades y objeciones que usted propone están tan bien fundadas...que estoy presto a admitirlas, lo cual realmente creo que nuestro autor también haría. Concedo...que ni el movimiento horizontal es uniforme ni que la aceleración natural está en la razón supuesta, ni la trayectoria del proyectil es una parábola...En su Mecánica, Arquímedes da por hecho que el brazo de una balanza es una recta, cada punto del cual es equidistante del centro (de la Tierra), y que las cuerdas de las cuales cuerpos pesados están suspendidos son paralelas entre sí. Algunos consideran permisible esta suposición, porque en la práctica, nuestros instrumentos y las distancias involucradas son tan pequeñas en comparación con la

enorme distancia al centro de la Tierra, que podemos considerar un minuto de arco de un círculo máximo como una recta y podemos considerar las perpendiculares bajadas de sus extremos como paralelas. Pues sí en la práctica real uno tuviera que considerar tales cantidades pequeñas, sería necesario antes de todo criticar a los arquitectos, quienes presumen que, por el uso de la plomad, levantan altas torres con lados paralelos...” (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

“Cuando deseamos aplicar nuestras conclusiones probadas a distancias las cuales, aunque finitas, son muy grandes, es necesario para nosotros inferir...qué corrección va a hacerse...El alcance de nuestros proyectiles...nunca excederá cuatro de aquellas millas de las cuales muchos miles nos separan del centro de la Tierra y como estas trayectorias terminan sobre la superficie de la Tierra, solamente cambios muy ligeros pueden tener lugar en su figura parabólica...Por lo que respecta a la perturbación resultante de la resistencia del medio, ésta es más considerable y no se somete, debido a sus muchas formas, a leyes fijas y a una descripción exacta. Así, si consideramos solamente la resistencia que el aire ofrece a los movimientos estudiados por nosotros, veremos que los perturba todos en una infinita variedad de manera correspondiendo a la infinita variedad en la forma, paso y velocidad de los proyectiles...” (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

“De estas propiedades...infinitas en número...no es posible dar una descripción exacta; por tanto, a fin de manejar este asunto de una manera científica, es necesario apartarse de estas dificultades y, habiendo descubierto y demostrado los teoremas en el caso de no haber resistencia, usarlos y aplicarlos con tales limitaciones como la experiencia enseñará”. (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

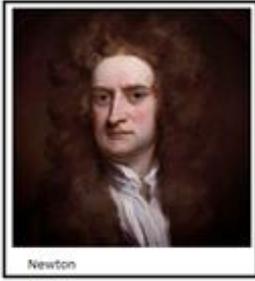
Sagredo: “La fuerza de las demostraciones rigurosas tales como las que ocurren en matemáticas me llena de admiración y encanto. De los relatos dados por cañoneros, ya sabía sobre el hecho de que, en el uso de cañones y morteros, el máximo alcance...se logra cuando la elevación es de 45o...; pero entender por qué sucede esto sobrepasa la simple información obtenida por el testimonio de otros o incluso por la experimentación repetida”. (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

Salviati: “Lo que dice es verdad. El conocimiento de un solo hecho adquirido a través del descubrimiento de sus causas prepara a la mente para entender y determinar otros hechos sin necesidad de recurrir al experimento precisamente como es el caso presente, donde por argumentación solamente el Autor prueba con certeza que el alcance máximo ocurre cuando la elevación es de 45o. Entonces él demuestra lo que quizá nunca ha sido observado en la experiencia, a saber, que, de otros disparos, aquellos que exceden o son menores de 45o por cantidades iguales tienen alcances iguales...” (Galilei, G, 1945, pp. 337-341).

Tareas para reflexionar

- a) En ocasiones la ciencia se adelanta a la tecnología y en otras es al revés. Busque ejemplos donde se evidencie lo anterior.

Conociendo a Newton



Isaac Newton, nació el día de navidad de 1642, el mismo año en que falleció Galileo Galilei. Como Galileo, a Newton le gustaba construir y experimentar con aparatos mecánicos, además de poseer una fuerte inclinación hacia las matemáticas. A los 24 años de edad, calladamente, había hecho importantes descubrimientos en las matemáticas, la óptica, la mecánica y la gravitación. En 1687 Newton se estableció como uno de los más grandes pensadores de la Historia, a partir de la publicación de su libro <Principios Matemáticos de la Filosofía Natural>, conocido también como los <Principia>. “En 1699 fue nombrado Jefe de la Casa de la Moneda, en parte debido a su gran interés y gran conocimiento sobre la química de los metales que parece ayudado a restablecer la alterada moneda del país” (Arons, A.B. 1970, p.328). Aquí se encargó de controlar la acuñación de las nuevas monedas, que venían a sustituir a las anteriores, talladas a mano y fácilmente falsificables. Su dedicación fue absoluta y tan perfeccionista con ella como con sus experimentos científicos, como atestigua el centenar largo de falsificadores detenidos. “En 1689 y 1701 representó a su universidad en el Parlamento. Fue hecho caballero en 1705. Desde 1703 hasta su muerte fue presidente de la Real Sociedad. Fue enterrado en la Abadía de Westminster”. (Arons, A.B. 1970, p.328).

Tareas para reflexionar

- a) Investigue sobre los aportes realizado por Newton al frente de la Casa de la Moneda.
- b) Numere las principales acciones, que en la actualidad se realizan, para evitar que el dinero sea falsificado o al menos pueda verificarse la falsificación de una manera no muy compleja.
- c) En su opinión, ¿quién fue más grande para la ciencia: Newton o Galileo?

Aspectos interesantes de la vida de Newton

Newton fue un genio, ello no lo duda nadie, “sin embargo, con respecto a sus cualidades humanas los pareceres, aún siguen siendo bastante concordantes... así Whiston, su sucesor en la cátedra Lucasiana, decía de él: <Uno de los temperamentos más temerosos, cautelosos y suspicaces que he conocido nunca>. Más demoledor todavía es el siguiente comentario de Aldous Huxley: <Si desarrolláramos una raza de Isaac Newton, esto no sería progreso. Pues el precio que tuvo que pagar Newton por ser un intelecto supremo fue que era incapaz de amistad, amor, paternidad y muchas otras cosas deseables. Como hombre fue un fracaso; como monstruo fue soberbio>” (Trigo Aranda, V (s/f), pp. 65)

Los anteriores comentarios son realizados a partir de las disputas y la manera en que Newton trató a los que llegó a considerar sus enemigos en el ámbito científico, en especial con Leibniz y Hooke. En carta a Hooke, con quien tuvo fuertes contradicciones, pero al cual halagó en otras ocasiones, escribió que, <no hay nada que desee evitar

más en cuestiones de filosofía que la discusión, y ningún tipo de discusión más que la impresa> (Holton, G., 1989a) y, en correspondencia privada, como ya fue señalado con anterioridad le dice que, <usted ha añadido numerosos y nuevos caminos, especialmente al considerar filosóficamente los colores de las láminas delgadas. Si he ido un poco más lejos, ha sido apoyándome en los hombros de unos gigantes> (Holton, G., 1989a). Por otra parte, son célebres las disputas entre los partidarios de Newton y Leibniz para dilucidar cuál de ambos había creado el cálculo diferencial y cuál era un vulgar plagiador. Eso fue lo que sucedió con Newton y Leibniz y hay que destacar que la notación de éste último era mucho más cómoda que la de Newton, razón por la cual ha sobrevivido hasta nuestros días

El envanecimiento, por otra parte, no fue uno de sus defectos. Ya siendo mayor escribió: “No sé lo que pueda parecer al mundo, pero, para mí mismo, sólo he sido como un niño jugando a la orilla del mar, divirtiéndome al encontrar una concha más hermosa que de costumbre, mientras que el gran océano de la verdad permanece sin descubrir ante mí” (Trigo Aranda, V (s/f), p. 65)

Newton alcanzó tal renombre por sus trabajos, que sucedió a su maestro como profesor de matemáticas. Dio conferencias y publicó sus artículos en Royal Society, particularmente sobre óptica. Pero su Teoría acerca de la luz y los colores, cuando se publicaron en 1672, le envolvieron en tan amargas controversias con sus rivales, que tímido e introvertido, resolvió no publicar ninguna otra cosa. Como Bertand Russell decía: <Si Newton hubiese encontrado el tipo de oposición que soportó Galileo, es probable que nunca hubiera publicado una línea>. (Holton, G, 1989, p. 4)

En 1684 ya eran conocidas las leyes de Kepler y se suponía que la fuerza de atracción seguía una ley de cuadrados inversos... pero nadie todavía lo había conseguido demostrar. El astrónomo Edmond Halley solicitó ayuda a Newton y el comentario de éste lo dejó completamente asombrado: <Lo he sabido desde hace años, pero si me da unos días encontraré la forma de demostrarlo”... Tres meses tardó en enviarle el manuscrito <De motu corporum in gyrum>. Sólo nueve páginas donde probó que la órbita de los planetas alrededor de Sol era elíptica y que se cumple la ley de cuadrados inversos>. (Trigo Aranda, V (s/f), p. 70).

“Ante la insistencia de sus amigos y colegas, especialmente Halley, Newton emprendió la tarea de estructurar sus trabajos y darles una cierta unidad. Para ayudarle a elaborar su obra maestra, los <Principia>, contrató a un pariente lejano, Humphrey Newton, a modo de secretario durante cinco años (de 1684 a 1689)...de hecho, el manuscrito de los <Principia> está escrito por Humphrey. Su ritmo de trabajo fue frenético, durmiendo sólo 4 o 5 horas diarias, y así en abril de 1686 pudo presentar en la Royal Society el primer libro de <Philosophiae naturalis principia mathematica> (<Principios naturales de la filosofía natural>), abreviadamente conocido por los <Principia>. Escrito directamente en latín, para que fuese comprensible a toda la comunidad científica, obtuvo enseguida un merecido reconocimiento”. (Trigo Aranda, V (s/f), p. 70).

“En 1693 sufrió una crisis mental de proporciones notables, sin motivo aparente. Hay especialistas que lo achacan al desgaste sufrido por la redacción de los Principia, pero

tampoco sería nada extraño que fuese una consecuencia de la ingestión de algunos productos tóxicos en experimentos alquimistas. Lo cierto es que tardó casi dos años en superar la crisis y ya nunca más alcanzó los niveles de genialidad, aunque su fama siguió siendo enorme”. (Trigo Aranda, V (s/f), p. 72).

“Al recuperarse y hasta su muerte, acaecida treinta y cinco años después, no realizó nuevos descubrimientos importantes, dedicándose a sus primitivos estudios sobre el calor y la óptica, y cada vez más, a la teología y la alquimia. Durante aquellos años recibió honores en abundancia”. (Holton, G, 1989, p.4)

Tareas para reflexionar

- a) Estudie la biografía completa de Newton y escriba las razones por las cuales usted considera que él llegó a comportarse como si padeciera de un trastorno bipolar.
- b) Newton, tenía la costumbre de anotar absolutamente todo cuanto se le ocurría. En uno de sus escritos en 1662, se puede leer lo siguiente: <Threatening my father and mother Smith to burn them and the house over them> (<Amenazando a mi padre y madre Smith de quemarlos dentro de la casa>). ¿Por qué usted considera que Newton, llegó a expresarse de esta manera tan cruel acerca de su padrastro, el reverendo Barnabas Smith y de su madre Hannah Ayscough?
- c) Como ya fue desarrollado en este epígrafe, Aldous Huxley, escribió acerca de Newton: “Si desarrolláramos una raza de Isaac Newton, esto no sería progreso. Pues el precio que tuvo que pagar Newton por ser un intelecto supremo fue que era incapaz de amistad, amor, paternidad y muchas otras cosas deseables. Como hombre fue un fracaso; como monstruo fue soberbio”. Este escrito es avalado en parte por las ideas que Newton expresa en el inciso c, acerca de lo que en alguna ocasión tuvo en mente hacerles a sus padres. Indague sobre otras razones que acrediten el porqué de las opiniones expresadas por Huxley.
- d) Desvaloriza la actitud agresiva tomada por Newton en contra de algunos de sus colegas, la obra científica creada por él.
- e) Los genios, por lo general son personas complicadas en cuanto a su carácter y personalidad se refiere. ¿Por qué usted cree que es así?

El estado del arte en la Mecánica Clásica en la época de Newton

“Entre la muerte de Galileo y la publicación de los <Principia>...transcurrieron apenas cuarenta y cuatro años; sin embargo, en tan breve intervalo tuvo lugar un cambio sorprendente en el ambiente intelectual de la ciencia. Por una parte, la <Nueva Filosofía> de la ciencia experimental había llegado a ser un instrumento respetado y respetable en manos de grandes e ingeniosos investigadores; y, por otra, esta nueva actitud es responsable de una lluvia espléndida de invenciones, descubrimientos y teorías. Incluso una lista muy abreviada de éstos, que cubriese menos de la mitad del siglo XVII y sólo las ciencias físicas, bastaría para justificar el nombre de <siglo de los genios>: los trabajos sobre vacío y neumática de Torricelli, Pascal, von Goericke, Boyle y Mariotte; el gran estudio de Descartes sobre Geometría analítica y óptica; los trabajos

de Huygens en Astronomía y sobre la fuerza centrípeta; su perfeccionamiento del reloj de péndulo y su libro sobre la luz; el establecimiento de las leyes del choque por John Wallis, Christopher Wren y Christian Huygens; el trabajo de Newton sobre óptica, incluyendo la interpretación del espectro solar, y su invención del cálculo casi simultáneamente con Leibnitz; la apertura del famoso observatorio de Greenwich; y el trabajo de Hooke, incluyendo la elasticidad. Los hombres de ciencia ya no estaban aislados. Aunque no podemos suponer que súbitamente todos los científicos tuvieran un espíritu moderno, la verdad es que los partidarios de la Nueva Filosofía eran muchos y crecientes en número. Se habían formado sociedades científicas en Italia, Inglaterra y Francia, entre ellas la Royal Society de Londres, fundada en 1662". (Holton, G, 1989, pp. 1-3)

"Los miembros de la Royal Society tenían reuniones regulares, se trabajaba, se discutía, se escribía copiosamente y, algunas veces, había controversias fructíferas. Como grupo, solicitaban apoyo para su trabajo, combatían los ataques de los antagonistas, y tenían amplia lectura las publicaciones científicas. La ciencia había llegado a ser una actividad bien definida, fuerte e internacional. ¿Qué había detrás de este repentino florecimiento? Incluso para dar una contestación parcial, que nos llevaría lejos de la propia ciencia, habríamos de examinar el cuadro total de resurgimiento social y político y los cambios económicos que tuvieron lugar en los siglos XVI y XVII. Una causa de este resurgimiento fue que, tanto los artesanos como los hombres adinerados y con mucho tiempo libre, comenzaron a interesarse por la ciencia, unos, para perfeccionar sus métodos y productos, los otros como nuevo pasatiempo". (Holton, G, 1989, pp. 1-3).

"Pero ni la necesidad de la ciencia ni la disposición de dinero y tiempo ni la presencia de empresas y organizaciones explican por sí solos tal florecimiento. Ingredientes aún más importantes fueron los hombres hábiles, los problemas bien formulados y las buenas herramientas matemáticas y experimentales...Algunos como Newton, encontraron libertad para trabajar incluso en universidades aún dominadas por la escolástica medieval. Otros, como Wren y Hooke, encontraron tiempo para proseguir la investigación científica a pesar de su profesión activa en otros campos como la Arquitectura, si no tenían, como Robert Boyle, la ventaja inicial de una riqueza heredada. Problemas bien formulados, habían quedado claros recientemente en los escritos de Galileo y otros. Fue Galileo, por encima de todos, quien había dirigido la atención hacia el fructífero lenguaje de la Ciencia y quien había presentado una manera nueva de observar el mundo de los hechos y los experimentos. Mientras el énfasis que Francis Bacon hacía acerca de la observación y la inducción era aplaudido por muchos, especialmente en la Royal Society, Galileo había ya demostrado la fertilidad de hipótesis atrevidas combinadas con la deducción matemática. Su desprecio por la introspección estéril y servidumbre ciega al dogma tuvo eco en todos los campos de la ciencia. Y la vieja pregunta de Platón: <¿Qué hipótesis de movimientos uniformes y ordenados puede explicar los movimientos aparentes de los planetas?>, había perdido su significado original en la nueva ciencia; la nueva preocupación se manifiesta por lo que puede llamarse los dos problemas más críticos de la física del siglo XVII; <¿qué

fuerzas actúan sobre los planetas para explicar las trayectorias observadas?> y <¿cómo han de explicarse los efectos observados de la gravitación terrestre ahora que la doctrina aristotélica ha fallado?>”. (Holton, G, 1989, pp. 1-3)

“Se habían creado también buenos instrumentos de trabajo, tanto matemáticos como experimentales. Las matemáticas encontraban ahora amplia aplicación en la física, fertilizándose mutuamente los dos campos y dando ricas cosechas; los mismos hombres (Descartes, Newton y Leibnitz) hacían descubrimientos importantes en ambos campos. La geometría analítica y el cálculo son parte del rico legado del siglo XVII y todavía útiles a la ciencia, aunque muchas teorías científicas de aquel siglo han sido superadas. El telescopio, el microscopio y la bomba de vacío abrieron vastos y nuevos dominios a los científicos, y la necesidad de medidas más exactas de los fenómenos estudiados estimularon la invención de otros dispositivos ingeniosos, iniciando así la colaboración entre el científico y el instrumentista, que ha llegado a ser típica de la ciencia moderna”. (Holton, G, 1989, pp. 1-3)

“Para entender las razones del espectacular crecimiento de la ciencia después de Galileo, basta considerar, simplemente, que la ciencia tiene un potencial de crecimiento explosivo en cuanto se dan las condiciones necesarias para ello. Estas condiciones estaban establecidas en tiempos de Galileo: Por fin había muchos hombres con aptitudes similares trabajando en los mismos campos, con posibilidad de comunicarse libremente, y tenían mejor acceso a los descubrimientos de sus predecesores, en parte por el arte, relativamente joven, de la imprenta. Estaban ya cansados de los razonamientos cualitativos y comenzaban a interesarse más y más en los métodos cuantitativos...Esta fue, desde el punto de vista de la ciencia, la nueva era en la que vivió Newton”. (Holton, G, 1989, pp. 1-3)

Tareas para reflexionar

- a) La ciencia ha desarrollado un caudal enorme de conocimientos y estos han sido utilizados con dobles fines. Uno de ellos para crear cosas útiles y el otro para hacer cosas que pueden llegar a destruir a nuestra propia humanidad. Busque ejemplos que corroboren la anterior afirmación.
- b) Realice una tabla comparativa donde se vislumbren los aportes a las ciencias, más significativos, de Newton y Galileo.

Newton y sus Principios Matemáticos de la Filosofía Natural. Una obra excepcional



Libro original escrito por Newton, donde se pueden ver las correcciones realizadas por el propio autor.

Todas las ideas que Newton tenía fueron expresadas en el libro, los <Principios Matemáticos de la Filosofía Natural>, entiéndase por Filosofía Natural a la Física.

<Philosophiae Naturalis Principia Mathematica> es uno de los más importantes libros, en la historia de la física. Editado en 1687 y aceptado casi incondicionalmente de manera inmediata, lo que le permitió a Isaac Newton, gozar en vida de una

extraordinaria popularidad, no sólo en los ámbitos académicos, sino incluso en los políticos.

En el prefacio original de su trabajo, Newton plantea:

“Como los antiguos (según nos dice Pappus) estimaban a la ciencia de la mecánica como de máxima importancia en la investigación de las cosas naturales, y los modernos, rechazando formas sustanciales y cualidades ocultas, han tratado de sujetar los fenómenos de la naturaleza a las leyes de la matemática, en este tratado he cultivado las matemáticas en cuanto están relacionadas a la filosofía...pues toda la carga de la filosofía me parece consistir en esto; de los fenómenos de los movimientos investigar (inducir) las fuerzas de la naturaleza, y entonces de estas fuerzas demostrar (deducir) los otros fenómenos y hacia este fin están dirigidas las proposiciones generales del primero y segundo Libros. En el tercer libro doy un ejemplo de esto en la explicación del sistema del universo; pues por las proposiciones demostradas matemáticamente en los libros anteriores, en el tercero derivó, a partir de los fenómenos celestes, las fuerzas de gravedad con las cuales los cuerpos tienden hacia el Sol y los diversos planetas. Entonces, a partir de las fuerzas, por otras proposiciones que también son matemáticas, deduzco los movimientos de los planetas, los cometas, la Luna y el mar (mareas)...”

Se aclara que cuando se habla de la filosofía, en realidad se está refiriendo a la ciencia física.

La obra empieza con un conjunto de definiciones en las que se establecen conceptos tales como masa, cantidad de movimiento y fuerza centrípeta, entre otros. A continuación, en un "Escolio" se explican los conceptos de lugar, espacio, tiempo y movimiento absolutos, diferenciándolos de los relativos. Newton señala la distinción entre absoluto y relativo, verdadero y aparente, matemático y común.

Es de interés saber que Newton apenas hace uso explícito del concepto de cantidades absolutas, porque, como dice correctamente, <las partes de ese espacio inmóvil (absoluto), en el cual esos movimientos se llevan a cabo, de ningún modo, caen bajo la observación de nuestros sentidos>.

Inmediatamente y con sólo una discusión superficial de cada una de ellas, aparecen las leyes de movimiento, enunciadas de manera axiomática.

Finalmente, antes de entrar al Libro Primero <El Movimiento de los Cuerpos>, Newton plantea seis corolarios en los que, entre otras cosas, trata sobre el carácter vectorial de las fuerzas, velocidad, la cantidad de movimiento y el centro común de gravedad.

En algún lugar posterior habla sobre “las reglas del razonamiento en la filosofía” o “REGLAS PARA FILOSOFAR”. (Arons, 1970, p. 325)

A estas reglas hace referencia en varios momentos, sobre todo cuando trata el tema de la gravitación universal en el libro tercero. Originalmente las reglas dicen:

REGLA PRIMERA

“No deben admitirse más causas de las cosas naturales que aquellas que sean verdaderas y suficientes para explicar sus fenómenos.”

“Ya dicen los filósofos: la naturaleza nada hace en vano, y vano sería hacer mediante mucho lo que se puede hacer mediante poco. Pues la Naturaleza es simple y no derrocha en superfluas causas de las cosas.”

REGLA II

“Por ello, en tanto que sea posible, hay que asignar las mismas causas a los efectos naturales del mismo género.”

“Como en el caso de la respiración en el hombre y en el animal; de la caída de las piedras en Europa y en América; de la luz en el fuego de la cocina y en el Sol; de la reflexión de la luz en la Tierra y en los planetas.”

REGLA III

“Han de considerarse cualidades de todos los cuerpos aquellas que no pueden aumentar ni disminuir y que afectan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos.”

“Pues las cualidades de los cuerpos sólo mediante experimentos se esclarecen, y por lo mismo se han de establecer como generales cuantas cuadran generalmente con los experimentos; y aquellas que no pueden disminuir, tampoco pueden ser suprimidas. Ciertamente no hay que fantasear temerariamente sueños en contra de la seguridad de los experimentos, ni alejarse de la analogía de la naturaleza, toda vez que ella suele ser simple y congruente consigo misma. La extensión de los cuerpos no se nos revela si no es por los sentidos, y no se siente por todos, pero como concierne a todos los sensibles, se atribuye universalmente. Experimentamos que muchos cuerpos son duros. Pero la dureza del todo se origina de la dureza de las partes, y de aquí concluimos con razón que son duras las partículas indivisas no sólo de los cuerpos que sentimos sino también las de todos los demás. Que todos los cuerpos son impenetrables lo inferimos no de la razón, sino de la sensación. Los cuerpos que manejamos resultan ser impenetrables, y de aquí concluimos que la impenetrabilidad es una propiedad de todos los cuerpos. Inferimos que todos los cuerpos son móviles y perseveran en reposo o en movimiento gracias a ciertas fuerzas (que llamamos fuerzas de inercia) a partir de estas propiedades de los cuerpos observados. La extensión, la dureza, la impenetrabilidad, la movilidad y la fuerza de inercia del todo surgen de la extensión, dureza, impenetrabilidad, movilidad y fuerza de inercia de las partes: y de ahí concluimos que todas las partes mínimas de todos los cuerpos son extensas, duras, impenetrables, móviles y dotadas de fuerza de inercia. Y este es el fundamento de toda la filosofía. Además, hemos visto por los fenómenos, que las partes divididas de los cuerpos y contiguas entre sí pueden separarse unas de otras y que las partes indivisas pueden dividirse con la razón en partes menores es cierto por la matemática. En cambio, si esas partes distinguidas matemáticamente, pero no divididas todavía,

podieran dividirse y separarse unas de otras mediante fuerzas naturales, es cosa incierta. Pero, aunque solamente constase por un solo experimento que una partícula indivisa sufriese una división al romper un cuerpo duro y sólido, concluiremos, en virtud de esta regla, que no sólo serían separables las partes divididas, sino también que las indivisas podrían ser divididas hasta el infinito. Finalmente, si mediante experimentos y observaciones astronómicas consta universalmente que todos los cuerpos alrededor de la Tierra gravitan hacia ella, y esto según la cantidad de materia contenida en cada uno, que la Luna gravita hacia la Tierra según su cantidad de materia, y viceversa que nuestro mar gravita hacia la Luna, que todos los planetas gravitan mutuamente entre sí y que la gravedad de los cometas hacia el Sol es similar, habrá que decir, en virtud de esta regla, que todos los cuerpos gravitan entre sí. E incluso será más fuerte el argumento sobre la gravedad universal a partir de los fenómenos, que sobre la impenetrabilidad de los cuerpos: ya que de ésta no tenemos ninguna experiencia en los cuerpos celestes y tampoco observación alguna. Sin embargo, no afirmo en absoluto que la gravedad sea esencial a los cuerpos. Por fuerza ínsita entiendo solamente la fuerza de inercia. Esta es inmutable. La gravedad disminuye al alejarse de la Tierra”.

REGLA IV

“Las proposiciones obtenidas por inducción a partir de los fenómenos, pese a las hipótesis contrarias, han de ser tenidas, en filosofía experimental, por verdaderas exacta o muy aproximadamente, hasta que aparezcan otros fenómenos que las hagan o más exactas o expuestas a excepciones. Debe hacerse esto para evitar que el argumento de inducción sea suprimido por las hipótesis”. (Newton. I, 1687, pp. 463-65).

De manera más explícita puede decirse que de las reglas, la primera se le conoce como el Principio de la Parsimonia, la segunda y la tercera, Principios de Unidad y la cuarta es una creencia sin la cual no se puede usar el proceso de la lógica.

Aunque en unos de los epígrafes anteriores, habíamos afirmado que no se utilizaría la paráfrasis, ahora la utilizaremos con las Reglas originalmente escritas y citadas arriba. Si lo hacemos es para hacer notar como se puede parafrasear, pero de la mejor de las maneras. Estas Reglas, como leerán a continuación, han sido muy genialmente parafraseadas por Arnold B. Arons, escritas más sintéticamente, para su mejor comprensión y aprendizaje:

1. “La naturaleza es esencialmente simple; por tanto, no debemos introducir más hipótesis de las que sean suficientes y necesarias para la explicación de los hechos observados. <La naturaleza no hace nada en vano, y mientras más vano sea menos servirá>. Algo muy similar escribió Galileo: <La naturaleza no hace por medio de muchas cosas, aquello que puede hacerse con pocas>”.
2. “Hasta donde es posible, a efectos semejantes debe asignárseles la misma causa; por ejemplo: <el descenso de piedras en Europa y en América; la reflexión de la luz en la Tierra y en los planetas>”.
3. “Las propiedades comunes a todos aquellos cuerpos que se encuentran dentro del alcance de nuestros experimentos van a suponerse como pertenecientes a

todos los cuerpos en general; por ejemplo, extensión, movilidad, inercia, efecto gravitacional de la Tierra sobre la Luna, así como sobre una piedra”.

4. “Las proposiciones en la ciencia, obtenidas por una amplia inducción van a considerarse como exacta o aproximadamente verdaderas, hasta que los fenómenos o los experimentos muestren que pueden corregirse o están sujetas a excepciones”. (Arons, 1970, pp. 325-326)

“En los Libros Primero y Segundo <El movimiento de los Cuerpos> (En medios resistentes), Newton tratará <... todo lo relativo a la gravedad, levedad, elasticidad, resistencia de los fluidos y fuerzas por el estilo, ya sean de atracción o de repulsión... >, que representan los principios matemáticos en filosofía, ya que <... toda la dificultad de la filosofía parece consistir en que, a partir de los fenómenos del movimiento, investiguemos las fuerzas de la naturaleza y después desde estas fuerzas demostremos el resto de los fenómenos>.

Una vez sentados los principios matemáticos, en el Libro Tercero <El Sistema del Mundo> (En tratamiento matemático), Newton plantea la explicación del sistema del mundo, en el que <... a partir de los fenómenos celestes, por medio de proposiciones demostradas matemáticamente en los libros anteriores, se deducen las fuerzas de la gravedad por las que los cuerpos tienden hacia el Sol y a cada uno de los planetas>”. (Newton. I, 1687, p. 66)

Los Principia terminan con un Escolio General en donde, entre otras cosas, Newton señala que <Tan elegante combinación de Sol, planetas y cometas sólo puede tener origen en la inteligencia y poder de un ente inteligente y poderoso>. (Newton. I, 1687, p. 587)

Tareas para reflexionar

- a) Argumente con más ejemplos cada una de las cuatro reglas para filosofar. ¿Son aplicables estas reglas a la vida en cada una de sus manifestaciones?
- b) Cuando Newton expresa que, "Tan elegante combinación de Sol, planetas y cometas sólo puede tener origen en la inteligencia y poder de un ente inteligente y poderoso", se afilia a la creación por parte de un Dios. ¿Usted cree en la creación o en la evolución? De razones a favor y en contra, tanto de la evolución como de la creación. Demuestre que usted es una persona de mente abierta a la hora de dar la respuesta.

Isaac Newton y su concepción general de mundo físico

La concepción general del mundo físico que Newton tenía era la de un mundo material, compuesto de partículas duras e indestructibles, los átomos, que tenían las características de las cualidades primarias. Además, Newton añadió una nueva cualidad primaria a los cuerpos, medible matemáticamente: la fuerza de la inercia, Aunque los átomos se interpretan de un modo matemático, en realidad, para Newton, debido al peso de su empirismo, son los elementos más pequeños de los que están compuestos los objetos sensibles. No tenemos para ello nada más que recordar parte

de sus palabras en el extenso comentario que hace en los <Principia>, Libro tercero. Sobre el <SISTEMA DEL MUNDO>, al enunciar las <REGLAS PARA FILOSOFAR>, en particular en la <REGLA III>, que dice:

“Han de considerarse cualidades de todos los cuerpos aquellas que no pueden aumentar ni disminuir y que afectan a todos los cuerpos sobre los cuales es posible hacer experimentos.”

Luego entonces escribe:

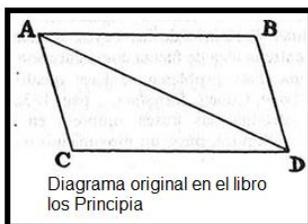
“La extensión de los cuerpos no se nos revela si no es por los sentidos, y no se siente por todos, pero como concierne a todos los sensibles, se atribuye universalmente. Experimentamos que muchos cuerpos son duros. Pero la dureza del todo se origina de la dureza de las partes, y de aquí concluimos con razón que son duras las partículas indivisas no sólo de los cuerpos que sentimos sino también las de todos los demás. Que todos los cuerpos son impenetrables lo inferimos no de la razón, sino de la sensación. Los cuerpos que manejamos resultan ser impenetrables, y de aquí concluimos que la impenetrabilidad es una propiedad de todos los cuerpos. Inferimos que todos los cuerpos son móviles y perseveran en reposo o en movimiento gracias a ciertas fuerzas (que llamamos fuerzas de inercia) a partir de estas propiedades de los cuerpos observados. La extensión, la dureza, la impenetrabilidad, la movilidad y la fuerza de inercia del todo surgen de la extensión, dureza, impenetrabilidad, movilidad y fuerza de inercia de las partes: y de ahí concluimos que todas las partes mínimas de todos los cuerpos son extensas, duras, impenetrables, móviles y dotadas de fuerza de inercia. Y este es el fundamento de toda la filosofía. Además, hemos visto por los fenómenos, que las partes divididas de los cuerpos y contiguas entre sí pueden separarse unas de otras y que las partes indivisas pueden dividirse con la razón en partes menores es cierto por la matemática. En cambio, si esas partes distinguidas matemáticamente, pero no divididas todavía, pudieran dividirse y separarse unas de otras mediante fuerzas naturales, es cosa incierta. Pero, aunque solamente constase por un solo experimento que una partícula indivisa sufriese una división al romper un cuerpo duro y sólido, concluiríamos, en virtud de esta regla, que no sólo serían separables las partes divididas, sino también que las indivisas podrían ser divididas hasta el infinito.” (Newton. I, 1687, pp. 463-464)

El mundo físico es, pues, un mundo material de objetos sensibles con unas cualidades que, además, pueden expresarse matemáticamente. Así lo manifiesta Newton también en la Óptica: <Opticks>, Libro III:

“Tras considerar todas estas cosas, me parece muy probable que Dios haya creado desde el comienzo la materia en forma de partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y móviles, con tales tamaños y figuras, con tales otras propiedades y en una proporción tal al espacio que resulten lo más apropiadas al fin para el que fueron creadas. Estas partículas primitivas, al ser sólidas, son incomparablemente más duras que cualesquiera cuerpos porosos formados a partir de ellas. Tan duras, incluso, como para no gastarse ni romperse nunca en pedazos, pues ningún poder ordinario es capaz de dividir lo que el mismo Dios ha hecho uno en la primera creación. En tanto en cuanto

las partículas permanezcan enteras, pueden formar cuerpos de una y la misma naturaleza y textura en todo momento. Sin embargo, si se gastasen o rompiesen en pedazos, la naturaleza de las cosas que de ella depende habría de cambiar. El agua o la tierra formadas de viejas partículas gastadas o de fragmentos de partículas no habrían de presentar la misma naturaleza y textura que el agua y la tierra formada desde el principio con partículas enteras. Por consiguiente, puesto que la naturaleza ha de ser perdurable, los cambios de las cosas corpóreas han de ser atribuidos exclusivamente a las diversas separaciones y nuevas asociaciones de los movimientos de estas partículas permanentes, al ser rompibles los cuerpos sólidos, no en el medio de dichas partículas, sino allí donde se juntan, tocándose en unos pocos puntos solamente.” (Pérez Hernández. C, 1998, p. 191)

Tareas para reflexionar



a) Para Newton el mundo era material y todo estaba compuesto por los átomos. La idea primaria de la materialidad del mundo la dio la Demócrito, ya que fue el primero en escribir sobre estas partículas. Dedique tiempo a pensar cómo Demócrito llegó a tal idea y escriba todas las hipótesis que le vengan a su mente.

La suma de fuerzas explicadas por Newton

En su libro los Principia, Newton escribe sobre la aplicación de dos fuerzas sobre un cuerpo y el movimiento de éste como resultado de dichas aplicaciones: “Si un cuerpo, en un tiempo dado, con la sola fuerza M impresa en el punto A es transportado con movimiento uniforme de A a B y con la sola fuerza N impresa en el mismo punto es transportado de A a C, complétese el paralelogramo ABDC y con ambas fuerzas el cuerpo será transportado en el mismo tiempo en diagonal de A a D.” (Newton. I, 1687, p. 95)

Tareas para reflexionar

a) Note que Newton, sin usar el cálculo vectorial, el cual no existía en su época, llega a un diagrama similar, como si se hubiera utilizado la regla del paralelogramo para sumar vectores. Aplique lo que conoce sobre cálculo vectorial a lo escrito por Newton.

El desarrollo histórico de la Ley de la Inercia

“En sus trabajos con los planos inclinados, Galileo llega a definir la ley de la inercia de la siguiente manera:

<Es necesario considerar, además, que el grado de velocidad cualquiera que sea el que se dé en el móvil, está por su propia naturaleza indeleblemente impreso en él, con tal que se eliminen todas las causas externas de aceleración o retardación, lo que sólo acontece en el plano horizontal; porque en los planos en declive descendente ya existe

una causa de mayor aceleración, y en los en rampa ascendente de retardación; de donde se sigue que el movimiento en el plano horizontal es también eterno, porque si es uniforme no se debilita ni disminuye ni mucho menos se extingue>.

Pero esta definición no es el único antecedente a la ley enunciada por Newton, existen otras definiciones que se muestran a continuación:

René Descartes (1596-1650): <Cada uno de los cuerpos permanece en el mismo estado hasta donde es posible y cambia su estado solamente por impacto con otros cuerpos. Cada cuerpo tiende a continuar su movimiento en línea recta, no una curva, y todo movimiento curvilíneo es movimiento bajo alguna constricción>.

Cristian Huygens (1629-1695): <Un cuerpo en movimiento tiende a moverse en línea recta con la misma velocidad en tanto no encuentre un obstáculo>.

Además de las mencionadas, se encuentran ideas sobre la inercia en los trabajos de Demócrito, Aristóteles, Filópono, Buridan y Benedetti.

Newton, originalmente la enuncio de la siguiente manera: <Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, si no es obligado a cambiar dicho estado por fuerzas aplicadas a él”, la cual puede ser encontrada en los Principios Matemáticos de la Filosofía Natural (1687), después de la definición IV donde plantea que “Una fuerza aplicada es una acción ejercida sobre un cuerpo a fin de cambiar su estado, ya sea de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta>. (Contreras, et.al.2019, pp. 51-53).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Por qué las leyes enunciadas por Huygens y Descartes no se aceptaron como la ley de la inercia y el mérito le pertenece a Newton? ¿Qué hay de incorrecto en la ley enunciada por Galileo que no le permitió ser el <dueño> de la misma? ¡Cuidado!, la respuesta a esta pregunta no es tan sencilla. Si quieres contestarla exitosamente consulta <Diálogos acerca de Dos Nuevas Ciencias>, que puedes descargar de Internet, consultar en una biblioteca o comprar en alguna librería.
- b) En el libro escrito por Albert Einstein y Leopold Infeld titulado <La física, aventura del pensamiento: el desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la cuantos>, se puede leer que: <...la Ley de la Inercia no puede inferirse directamente de la experiencia, sino mediante una especulación del pensamiento, coherente con lo observado. El experimento ideal no podrá jamás realizarse, a pesar de que nos conduce a un entendimiento profundo de las experiencia reales>. (Einstein, A. y Infeld, L.1961. p-7) ¿Qué se quiere decir en esta aseveración? Aporte con suficientes argumentos la veracidad o no, de lo expresado por estos dos físicos.

¿ $F = m \cdot a$, es la segunda ley de Newton?

- c) “La expresión de $F=m \cdot a$, no fue escrita por Newton, ya que él no estableció la segunda ley en términos de fuerza, masa y aceleración, sino en función de otras magnitudes como el impulso y la cantidad de movimiento. La expresión $F=m \cdot a$,

fue introducida durante el siglo XVIII por el matemático MacLaurin (1698-1746) y por los Bernoulli (J. 1667-1748 y D.1700-1782) y L. Euler (1707-1783), a la cual llegaron partiendo de procedimientos matemáticos llamados integración y derivación, aplicados a la ecuación original de la segunda ley escrita por Newton". (Contreras, et.al.2019, pp. 56-57).

Tareas para reflexionar

- a) Deténgase aquí, no siga leyendo, e investigue como Newton escribió originalmente la segunda ley del movimiento que lleva su nombre.

La Tercera Ley de Newton

Todos los conceptos y leyes que se han trabajado hasta aquí han tenido una historia previa de desarrollo y discusión. Pero hasta hoy los historiadores no pueden encontrar precedentes para la tercera ley, ni existe indicación explícita de la misma en ninguno de los propios escritos de Newton antes de los <Principia>. En este libro, él escribe:

L EY III: "Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas."

A lo que continúa: "El que empuja o atrae a otro es empujado o atraído por el otro en la misma medida. Si alguien oprime una piedra con el dedo, también su dedo es oprimido por la piedra. Si un caballo arrastra una piedra atada con una soga, el caballo es retroarrastrado (por así decirlo) igualmente, pues la soga estirada en ambas direcciones y con el propio impulso de contraerse tirará del caballo hacia la piedra y de la piedra hacia el caballo y tanto se opondrá al progreso de uno cuanto ayude al avance del otro." (Newton. I, 1687, pp. 94-95)

Tareas para reflexionar

- a) Arnold B. Arons, en su libro <Evolución de los conceptos de la Física>, escribió: <La Ley III es engañosamente simple en su enunciado y excesivamente poderosa en su aplicación"> ¿Por qué crees que planteó lo anterior? Te recomendamos lo siguiente, cada vez que resuelvas problemas de Física relacionados con planos, ya sean horizontales o inclinados, siempre piensa en cómo están las tres leyes de Newton aplicadas en los mismos.

Profundizando más sobre las tres leyes de Newton

En el libro los <Principia>, Newton, sobre la inercia, dice:

Ley primera, "Todo cuerpo continúa en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, si no es obligado a cambiar dicho estado por fuerzas aplicadas a él." (Newton. I, 1687, p. 94).

Y entonces agrega:

“Los proyectiles perseveran en sus movimientos a no ser en cuanto son retardados por la resistencia del aire y son empujados hacia abajo por la gravedad. Una rueda, cuyas partes en cohesión continuamente se retraen de los movimientos rectilíneos, no cesa de dar vueltas sino en tanto en que el aire la frena. Los cuerpos más grandes de los cometas y de los planetas conservan por más tiempo sus movimientos, tanto de avance como de rotación, realizados en espacios menos resistentes”. (Newton. I, 1687, p. 94).

Antes de llegar a enunciar la Ley I o Ley de la Inercia escribe la Definición IV:

“Una fuerza aplicada es una acción ejercida sobre un cuerpo a fin de cambiar su estado, ya sea de reposo, o de movimiento uniforme en una línea recta.” (Newton. I, 1687, p. 85).

Y entonces agrega:

“Consiste esta fuerza en la sola acción y no permanece en el cuerpo después de ella, pues el cuerpo permanece en el nuevo estado únicamente por inercia. La fuerza impresa tiene diferentes orígenes, tales como un golpe, una presión, la fuerza centrípeta”. (Newton. I, 1687, p. 85).

Dentro de las acciones que desvían a los cuerpos, escribe Newton, está “aquella fuerza, sea lo que sea, por medio de la cual los planetas son continuamente sacados de movimientos rectilíneos, que de otra forma seguirían, y puestos a girar en órbitas curvilíneas”.

Respecto a la Segunda ley, Newton declara que:

“El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza motora aplicada; y es hecho en la dirección de la línea recta en la cual la fuerza es aplicada.” (Newton. I, 1687, p. 94).

A lo que agrega:

“Si una fuerza cualquiera produce un movimiento dado, doblada producirá el doble y triplicada el triple, tanto si se aplica de una sola vez como si se aplica gradual y sucesivamente. Este movimiento (dado que se determina siempre en la misma dirección que la fuerza motriz) si el cuerpo se movía antes, o bien se añade sumándose a él, o se resta si es contrario, o se añade oblicuamente, si es oblicuo, y se compone con él según ambas determinaciones”. (Newton. I, 1687, p. 94).

En una definición VIII anterior dice:

“La cantidad de movimiento de una...fuerza es la medida de la misma, proporcional al movimiento que genera en un tiempo dado”. (Arons, 1970, p. 391)

“Newton imaginaba repetidos golpes fuertes sobre un cuerpo, causando así cambios en el movimiento o variaciones en la cantidad de movimiento del referido cuerpo. En un caso de continuo, Newton imagina que los golpes vienen cada vez más juntos produciendo variaciones de la cantidad de movimiento más pequeñas y de ahí trabaja con el límite aritmético-geométrico y su cálculo”. (Arons, 1970, p. 391).

Lo que se lee a continuación es un ejemplo de lo planteado con anterioridad.

“Cuando un cuerpo está cayendo, la fuerza uniforme de su gravedad que actúa igualmente, imprime, en iguales intervalos de tiempo, fuerzas iguales sobre ese cuerpo, y, por tanto, genera toda una velocidad proporcional al tiempo”. (Arons, 1970, p. 391).

“Cuando Newton habla de fuerza motora, se refiere al impulso neto. Al paso del tiempo, entonces Newton comienza a referirse al término fuerza como hoy es utilizado.

$$I_{\text{neto}} = \int_{t_1}^{t_2} F_{\text{neto}}(t) dt = \Delta(mv)$$

Durante el siglo XVIII el matemático McLaurin, Johann Bernoulli, Daniel Bernoulli y Leonhard Euler, llegaron a que $F_{\text{neto}} = ma$, como un sistema de ecuaciones diferenciales:

$$F_x = ma_x = m \frac{d^2x}{dt^2}, \text{ y así con el eje } y, \text{ el eje } z \dots \text{”}. \text{ (Arons, 1970. p. 391).}$$

Sobre la Tercera Ley podemos leer que Newton, a partir de la interacción dinámica entre los cuerpos, la enuncia en los *<Principia>*, la que establece que:

“Con toda acción ocurre siempre una reacción igual y contraria: O sea, las acciones mutuas de dos cuerpos siempre son iguales y dirigidas en direcciones opuestas.” (Newton. I, 1687, p. 95).

Esta ley no tiene precedentes, como si la tuvo la primera ley.

En un escolio que sigue al enunciado de las leyes se encuentra que:

“El que empuja o atrae a otro es empujado o atraído por el otro en la misma medida. Si alguien oprime una piedra con el dedo, también su dedo es oprimido por la piedra. Si un caballo arrastra una piedra atada con una sogá, el caballo es retroarrastrado (por así decirlo) igualmente, pues la sogá estirada en ambas direcciones y con el propio impulso de contraerse tirará del caballo hacia la piedra y de la piedra hacia el caballo y tanto se opondrá al progreso de uno cuanto ayude al avance del otro. Si un cuerpo cualquiera golpeando sobre otro cuerpo cambiara el movimiento de éste de algún modo con su propia fuerza, él mismo a la vez sufrirá el mismo cambio en su propio movimiento y en sentido contrario por la fuerza del otro cuerpo (por la igualdad de la presión mutua). A tales acciones son iguales los cambios de movimientos, no de velocidades, y siempre que se trate de cuerpos no fijados por otra parte. Igualmente, los cambios de velocidad en sentido contrario, puesto que los movimientos cambian igualmente, son inversamente proporcionales a los cuerpos. Se cumple esta ley también para las atracciones como se comprobará en un escolio próximo.” (Newton. I, 1687, p. 95).

“En atracciones, yo demuestro brevemente el asunto en esta forma. Supongamos que un obstáculo es interpuesto para evitar el encuentro de dos cuerpos cualesquiera A y B que se atraen mutuamente: entonces si uno de los cuerpos como A, es más atraído hacia el otro cuerpo B, que el otro cuerpo B lo es hacia el primer cuerpo A, el obstáculo será más fuertemente afectado por la presión del cuerpo A que por la presión del

cuerpo B, y, por tanto, no permanecerá en equilibrio: sino que presión más fuerte prevalecerá y hará que el sistema de los dos cuerpos, junto con el obstáculo, se mueva directamente hacia las partes en las cuales se encuentra B; y en los espacios libres, ir hacia el infinito con un movimiento continuamente acelerado; lo cual es absurdo y contrario a la primera ley...Hice el experimento con la piedra imantada, y el hierro. Si estos son colocados aparte en recipientes apropiados, son puestos a flotar cerca uno del otro en agua en reposo, ninguno de ellos empujará al otro; sino que, siendo igualmente atraídos, cada uno sostendrá la presión del otro y descansarán, por fin, en equilibrio.” (Newton. I, 1687, pp. 94-95; Arons, A.B., 1970, pp-165-166)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Cómo es posible que una persona se hunda en un pantano, si la acción que ejerce sobre la superficie de éste, recibe una reacción igual de parte de dicha superficie sobre ella?

¡Y cayó la Manzana! ¡Y nació la gravitación!



Una de las mejores autoridades sobre esta historia es una biografía de Newton escrita por su amigo Stukely, en 1752, en donde cuenta que:

“El tiempo era cálido, fuimos al jardín y tomamos té, bajo la sombra de unos manzanos, solo él y yo. Entre otras cuestiones, él me dijo que fue justamente en la misma situación cuando por vez primera se le ocurrió el concepto de la gravitación. Fue con ocasión de la caída de una manzana, cuando él estaba sentado con espíritu contemplativo. Por qué debería siempre una manzana descender perpendicularmente hacia el suelo, pensó para sí mismo. Por qué la manzana no iría hacia los lados o hacia arriba, sino constantemente hacia el centro de la Tierra.” (Holton, G, 1989)

Tareas para reflexionar

- a) Las manzanas siempre han caído perpendicularmente hacia el suelo, por los siglos de los siglos, al igual que caen todos los frutos y hojas de los árboles y objetos que lanzamos hacia arriba. De lo anterior, todos los seres humanos han sido conscientes ¿Por qué nadie antes que Newton reparó en el tema de la fuerza de gravitación universal y llegó a las mismas conclusiones que él?
- b) ¿Qué opina usted, los científicos descubren o solo describen lo que sucede en el universo?

La gravitación universal de Newton

Hooke publicó en 1674, 12 años antes de la aparición de los <Principia>, un libro conocido como <An Attempt to Prove the Motion of the Earth by Observations> (<Un Intento para Probar el Movimiento de la Tierra por Observaciones>). En este libro se plantea correctamente el problema del movimiento planetario. Sus suposiciones eran:

“En primer lugar, que todos los cuerpos celestes, tengan una atracción o poder gravitatorio hacia sus propios centros, por lo que atraen no solo sus propias partes, y evitan que salgan volando de ellas, como podemos observar que la Tierra hace, sino que también lo hacen atrayendo a todos los otros cuerpos celestes que están dentro de la esfera de su actividad... La segunda suposición es esta. Que todos los cuerpos que se pongan en un movimiento directo y simple continuarán avanzando en línea recta, hasta que estén por otros poderes efectivos desviados y doblados en un movimiento, describiendo un círculo, línea curva. La tercera suposición es que estos poderes atractivos son tanto más poderosos... cuanto más cerca está el cuerpo de sus propios centros”.

Con lo anterior, Hooke intuye el fenómeno gravitacional y se adelanta a Newton en cuanto a la ley de la Inercia. Pero Hooke no habla de fuerzas centrífugas y su descripción de la fuerza de atracción solo es cualitativa.

En el libro primero de los <Principia>, Newton escribe:

PROPOSICIÓN III. TEOREMA III (Newton. I, 1687, p.123).

“Todo cuerpo que, unido por un radio al centro de otro cuerpo que se mueve de cualquier modo, describe alrededor de dicho centro áreas proporcionales a los tiempos es urgido por una fuerza compuesta de la fuerza centrípeta tendente a ese otro cuerpo y de toda la fuerza aceleratriz con la que es urgido ese otro cuerpo”.

En la PROPOSICIÓN II. TEOREMA II, enfatiza: (Newton. I, 1687, p. 471).

“Las fuerzas por las cuales los planetas primarios son continuamente desviados de movimientos rectilíneos y retenidos en sus órbitas se dirigen hacia el Sol y son inversamente como los cuadrados de las distancias al centro del mismo”.

Y, en la PROPOSICIÓN III. TEOREMA III, aclara que: (Newton. I, 1687, p. 471).

“La fuerza con la cual la Luna es retenida en su órbita se dirige hacia la Tierra y es inversamente como el cuadrado de la distancia de los lugares al centro de la Tierra”.

A lo que posteriormente sigue con la PROPOSICIÓN IV. TEOREMA IV

“La Luna gravita hacia la Tierra y es continuamente desviada del movimiento rectilíneo y retenida en su órbita por la fuerza de la gravedad”. (Newton. I, 1687, p. 472).

Luego generaliza el fenómeno dado entre la Tierra y la Luna en la PROPOSICIÓN V. TEOREMA V (Newton. I, 1687, p.474).

“Los planetas circunjoviales gravitan hacia Júpiter, los circunsaturnales hacia Saturno, y los circunsolares hacia el Sol, y por la fuerza de su gravedad son continuamente desviados de movimientos rectilíneos y retenidos en órbitas curvilíneas. Pues las revoluciones de los planetas circunjoviales en torno a Júpiter, de los circunsaturnales en torno a Saturno, y de Mercurio, Venus y el resto de los circunsolares en torno al Sol son fenómenos del mismo género que la revolución de la Luna en torno a la Tierra; y por ello (por la Regla II) dependen de causas del mismo género: sobre todo si se ha

demostrado que las fuerzas, de las cuales dependen dichas revoluciones, se dirigen hacia los centros de Júpiter, Saturno y el Sol, y al apartarse de Júpiter, Saturno y el Sol decrecen con la misma ley y proporción con la que la fuerza de la gravedad decrece al alejarse de la Tierra”. (Newton. I, 1687, pp. 474-476).

Y en el COROLARIO 1, destaca que: “Luego la gravedad se da en todos los planetas. Pues nadie duda de que Venus, Mercurio y los demás planetas sean cuerpos del mismo género que Júpiter y Saturno. Y puesto que por la Tercera Ley del movimiento toda atracción es mutua, Júpiter gravitará hacia todos sus satélites, Saturno hacia los suyos, la Tierra hacia la Luna, y el Sol hacia todos los planetas primarios”. (Newton. I, 1687, pp. 474-476).

Mientras dice en el COROLARIO 2: “La gravedad que se dirige hacia cada planeta es inversamente proporcional al cuadrado de las distancias de los lugares al centro del planeta”.

A lo que le sigue el COROLARIO 3: “Todos los planetas gravitan entre sí, por los Corolarios 1 y 2. Y de aquí que Júpiter y Saturno en la proximidad de su conjunción, atrayéndose mutuamente, perturben sus movimientos sensiblemente, el Sol perturbe los movimientos lunares, el Sol y la Luna perturben nuestros mares, como se explicará más adelante”. (Newton. I, 1687, pp. 474-476).

En el ESCOLIO entonces explica

“Hemos llamado hasta aquí centrípeta a la fuerza por la que los cuerpos celestes son retenidos en sus órbitas. Ahora ya consta que es la gravedad, y por ello la llamaremos en lo sucesivo gravedad. Pues la causa de aquella fuerza centrípeta por la que la Luna es retenida en órbita debe ser extendida a todos los planetas por las Reglas I, II y IV”. (Newton. I, 1687, pp. 474-476).

Para escribir en el COROLARIO 5 que: “La fuerza de la gravedad es de distinta naturaleza que la fuerza magnética. Pues la atracción magnética no es como la materia atraída. Unos cuerpos son más atraídos, otros menos, muchos no lo son. Y la fuerza magnética en uno y el mismo cuerpo pueden aumentar y disminuir y es bastante mayor a veces respecto a la cantidad de materia que la fuerza de la gravedad, y al alejarse del imán decrece en una razón de la distancia no cuadrada sino casi cúbica, en cuanto he podido comprobar con algunos experimentos un tanto rudimentarios”. (Newton. I, 1687, pp. 474-476)

Para concluir en la PROPOSICIÓN VII. TEOREMA VII que:

“La gravedad ocurre en todos los cuerpos y es proporcional a la cantidad de materia existente en cada uno. Hemos probado ya que todos los planetas gravitan entre sí, y también que la gravedad hacia cada uno de ellos considerado individualmente es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde cada lugar al centro del planeta. De lo cual se sigue que...la gravedad hacia todos es proporcional a la materia existente en ellos”. (Newton. I, 1687, p. 478).

Al final del <Libro Tercero> de los <Principia>, escribe:

“Hasta aquí he expuesto los fenómenos de los cielos y de nuestro mar por la fuerza de la gravedad, pero todavía no he asignado causa a la gravedad. Efectivamente esta fuerza surge de alguna causa que penetra hasta los centros del Sol y de los planetas sin disminución de la fuerza; y la cual actúa, no según la cantidad de las superficies de las partículas hacia las cuales actúa (como suelen hacer las causas mecánicas) sino según la cantidad de materia sólida; y cuya acción se extiende por todas partes hasta distancias inmensas, decreciendo siempre como el cuadrado de las distancias. La gravedad hacia el Sol se compone de las gravedades hacia cada una de las partículas del Sol, y separándose del Sol decrece exactamente en razón del cuadrado de las distancias hasta más allá de la órbita de Saturno, como se evidencia por el reposo de los afelios de los planetas, y hasta los últimos afelios de los cometas, si semejantes afelios están en reposo. Pero no he podido todavía deducir a partir de los fenómenos la razón de estas propiedades de la gravedad y yo no imagino hipótesis. Pues, lo que no se deduce de los fenómenos, ha de ser llamado Hipotesis; y las hipótesis, bien metafísicas, bien físicas, o de cualidades ocultas, o mecánicas, no tienen lugar dentro de la Filosofía experimental. En esta filosofía las proposiciones se deducen de los fenómenos, y se convierten en generales por inducción. Así, la impenetrabilidad, la movilidad, el ímpetu de los cuerpos y las leyes de los movimientos y de la gravedad, llegaron a ser esclarecidas. Y bastante es que la gravedad exista de hecho y actúe según las leyes expuestas por nosotros y sea suficiente para todos los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar”. (Newton. I, 1687, p. 588).

“Bien podríamos ahora añadir algo de cierto espíritu sutilísimo que atraviesa todos los cuerpos gruesos y permanece latente en ellos; por cuya fuerza y acciones las partículas de los cuerpos se atraen entre ellas a las mínimas distancias y una vez que están contiguas permanecen unidas; y los cuerpos eléctricos actúan a distancias mayores, tanto repeliendo como atrayendo a los corpúsculos vecinos; y la luz se emite, se refleja, se refracta e inflexiona y calienta a los cuerpos; y toda sensación es excitada, y los miembros de los animales se mueven a voluntad, a saber mediante las vibraciones de ese espíritu propagadas por los filamentos sólidos de los nervios desde los órganos externos de los sentidos hasta el cerebro y desde el cerebro hacia los músculos. Pero esto no puede exponerse en pocas palabras; y tampoco está disponible un número suficiente de experimentos mediante los cuales deben determinarse y mostrarse exactamente las leyes de las acciones de este espíritu.” (Newton. I, 1687, p. 588).

Newton, en su libro <Opticks: or, a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light. Also two treatises of the species and magnitude of curvilinear figures>, que traducido al español es: <Óptica: o, un tratado de las reflexiones, refracciones, inflexiones y colores de la luz. También dos tratados de la especie y la magnitud de las figuras curvilíneas>, publicado en 1704, muestra su desacuerdo con la invención de algún medio o principio sin fundamentación científica:

“...Y los aristotelianos dieron el nombre de cualidades ocultas no para manifestar cualidades, sino solamente a aquellas cualidades que ellos suponían que se

encontraban escondidas en los cuerpos y que eran causas desconocidas de efectos manifiestos. Tal como serían las causas de la gravedad, y de las atracciones eléctricas y magnéticas, y de las fermentaciones, si supusiéramos que las fuerzas o acciones se originan de cualidades desconocidas a nosotros e incapaces de ser descubiertas y hacerse manifiestas, Tales cualidades ocultas ponen una barrera a la mejora de la filosofía natural, y por tanto, a últimos años han sido rechazadas. Decirnos que toda especie de cosa está dotada con una cualidad específica oculta, por la cual actúa y produce efectos manifiestos, no es decirnos nada. Pero derivar dos o tres principios generales de movimiento a partir de los fenómenos, y después decirnos cómo las propiedades y las acciones de todas las cosas corpóreas se siguen de estos principios, sería un paso muy grande en la filosofía, aunque las causas de esos principios aún no fueran descubiertas: Y, por tanto, me abstengo de proponer los principios de movimiento antes mencionados, siendo de carácter muy general, y dejo por encontrar sus causas". (cit. por Arons, 1970. pp. 353-354).

“Buscar el por qué un cuerpo es atraído o repelido por otro es una cuestión que en las mentes científicas siempre se trata de dar respuestas. La teoría de los vórtices de Descartes fue generalmente aceptada en los tiempos de Newton, porque daba una idea de un universo lleno de remolinos, de corpúsculos materiales cuya acción entre sí y los planetas era el simple contacto físico. Por su parte Newton tuvo que pasar el resto de su vida con un sistema menos atractivo que el presentado por Descartes y por ello refutaba una y otra vez la introducción de implicaciones metafísicas en la ley de gravitación universal. Una y otra vez Newton declaró que no era capaz ni quería <adjudicar causas naturales> a la gravitación. Al igual que sus contemporáneos creía que algún agente material sería encontrado para explicar la acción a distancia". (Arons, 1970. pp. 354-355).

La búsqueda de tal medio fue larga y los argumentos poderosos. Al final del libro III de los <Principia>, Newton expuso sus comentarios a veces mal interpretados:

“Pero hasta aquí no he podido descubrir la causa de esas propiedades de la gravedad a partir de los fenómenos (observación y experimentación), y no propongo hipótesis...Para nosotros es suficiente que la gravedad realmente exista y actúe de acuerdo a las leyes que hemos explicado, y que abundantemente sirve para explicar todos los movimientos de los cuerpos celestes y de nuestro mar”. (cit. por Arons, 1970. p.353)

En <Opticks>, editada por primera vez en 1704, diecisiete años posteriores a la aparición de la primera edición de los Principia, y publicada en inglés, Newton da la idea de que podía existir un éter omnipresente, cuando escribe:

Opticks III. “Pregunta.18. Si en dos grandes vasos cilíndricos de vidrio invertidos, se suspenden dos pequeños termómetros que no toquen los recipientes, y el aire se extrae de uno de estos recipientes, y estos recipientes así preparados se llevan de un lugar frío a un lugar cálido; el Termómetro en el recipiente al vacío se calentará tanto, y casi tan pronto como el Termómetro que no está en el vacío. Y cuando los recipientes

vuelvan al lugar frío, el termómetro al vacío crecerá frío casi tan pronto como el otro termómetro. ¿No es el calor de la cálida habitación transportado a través del vacío por las vibraciones de un medio mucho más sutil que el aire, que una vez que se extrajo el aire, permaneció en el vacío? ¿Y no es este Medio lo mismo que el Medio por el cual la Luz es refractada y reflejada, y por cuyas Vibraciones la Luz comunica Calor a los Cuerpos...? ¿Y las Vibraciones de este Medio en Cuerpos calientes no contribuyen a la intensidad y duración de su Calor? ¿Y los Cuerpos calientes no comunican su Calor a los fríos contiguos, por las Vibraciones de este Medio propagadas de ellos a los fríos? ¿Y no es este Medium excesivamente más elástico y activo? ¿Y no está presente fácilmente en todos los Cuerpos? ¿Y no es (por su fuerza elástica) expandida a través de todos los Cielos?” (Arons, 1970. p.355; Newton, I. 1952. P.348)

Su rechazo a proponer, en ausencia de indicios experimentales, un mecanismo por medio del cual pasara de un cuerpo a otro el efecto de la gravedad no significa que permita el error opuesto, cual es despachar la cuestión inventando un cierto principio de gravedad innato en la materia, que habría satisfecho a un erudito medieval.

Esto se pone de manifiesto en una carta que escribió al teólogo Richard Bentley cuando éste estaba preparando una conferencia popular sobre las teorías de Newton y pedía que le aclarase algunas implicaciones. Newton le escribió:

“Es inconcebible, que la materia bruta inanimada, sin la mediación de algo más, que no sea material, influya y afecte a otra materia sin contactó mutuo; como debe ser si la gravitación en el sentido de Epicuro (antiguo filósofo atomista griego) es esencial e inherente a la materia Y ésta es una razón por la cual yo deseaba que usted no me atribuyera la gravedad innata. Una gravedad innata, inherente y esencial a la materia, de modo que cualquier cuerpo pueda actuar sobre otro a distancia, a través del vacío, sin la mediación de algo más, a través de lo cual pueda conducirse la acción y la fuerza, es para mí un absurdo tan grande que no creo exista un hombre que con facultad de pensamiento sobre materias filosóficas pueda creer en ello. La gravedad debe estar causada por un agente que actúa constantemente según ciertas leyes, pero el hecho de que este agente sea material o inmaterial, lo dejo a la consideración de mis lectores” (Holton, G., 1952. P. 245)

Con el predicador Richard Bentley, mantuvo Newton una estrecha relación, al cual le dirigió varias cartas “sobre las verdades de las Escrituras, sus comentarios a las profecías de David, su exégesis del Apocalipsis de San Juan, donde entre otras afirmaciones anuncia el fin del poder temporal de los papas para el año 2060...En su correspondencia con Bentley Newton hace interesantes especulaciones cosmológicas acerca de la infinitud del Universo. Afirma que el Universo debe ser infinito para no colapsarse gravitacionalmente. Esta aseveración da origen posteriormente a la paradoja de Olbers”. (Maza Sancho, J. 2016. p.7)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué es la gravedad? ¿Por qué la gravedad produce solo atracción? ¿Qué medio o partícula existe entre dos cuerpos para que sean atraídos por la gravedad?
- b) Consulte el libro <Opticks>, escrito por Newton, y busque todas las preguntas que se hacen en el mismo y las respuestas que Newton les va dando a cada una de ellas. Lo anterior le ayudará a sumergirse en el campo de la investigación.
- c) ¿A qué se le denomina <paradoja de Olbers>?

La Cantidad de Movimiento, un concepto complicado

Newton, en el libro los <Principia>, escribe: “La cantidad de materia es la medida de la misma originada de su densidad y volumen conjuntamente.”, a lo que sigue: “El aire dos veces más denso, en también doble espacio, es cuádruple, en triple espacio, séxtuple.” Más adelante nos dice: “La cantidad de movimiento es la medida del mismo obtenida de la velocidad y de la cantidad de materia conjuntamente”. (Newton. I, 1687, p. 84)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué entiende usted por cantidad de materia? La cantidad de movimiento surge para justificar que todos los cuerpos siempre están en constante movimiento. ¿Considera usted simple esta justificante?
- b) Newton escribe que: <La cantidad de materia es la medida de la misma originada de su densidad y volumen conjuntamente.>, a lo que sigue: <El aire dos veces más denso, es también doble espacio, es cuádruple, en triple espacio, séxtuple.> ¿Qué quiso decir Newton en esta última idea? ¿Puedes demostrarlo matemáticamente?

La ley de conservación de la cantidad de movimiento

Muchos científicos anteriores a Newton se dieron cuenta, como dijo Huyghens en 1668 “que, la cantidad de movimiento de dos cuerpos, puede ser aumentada o disminuida por su choque, pero la misma cantidad, hacia la misma parte, queda después de sustraer la cantidad del movimiento contrario”. Como es lógico aquí es conservado el momento en una colisión. Pero es Newton quien mejor expresa la referida ley, como se ve a continuación. (cit. por Arons, 1970, p. 380)

En el libro los <Principia>, Newton escribe el significado de la ley de conservación de la cantidad de movimiento: “La cantidad de movimiento que se obtiene tomando la suma de los movimientos hechos en una dirección y la diferencia de los realizados en sentido contrario, no cambia por la acción de los cuerpos entre sí.”

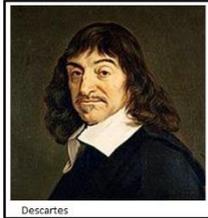
A lo que le sigue: “Puesto que una acción y su reacción contraria son iguales por la Ley III y, por la Ley II, producen en los movimientos cambios iguales en dirección contraria. Por tanto, si los movimientos ocurren hacia la misma dirección, lo que se añade al cuerpo que se separa se detrae del movimiento del cuerpo que le sigue, de tal modo que la suma permanece igual que al principio. Y si los cuerpos van al encuentro será

igual la cantidad detraída de cada móvil y, por ende, la diferencia de los movimientos en sentido opuesto permanecerá constante.” (Newton. I, 1687, p. 98)

Tareas para reflexionar

- a) Debes notar, como en la Naturaleza no existen fenómenos, expresados en conceptos, principios, leyes, modelos y teorías, aislados, todo lo contrario, se encuentran en una estrecha concatenación. Señala de lo anterior, es el párrafo donde Newton hace referencia a la ley de conservación de la cantidad de movimiento en unidad inseparable con la segunda y tercera ley del movimiento, también enunciadas por él. ¿Podieras destacar otros ejemplos que muestren la referida concatenación universal de los fenómenos en lo estudiado hasta aquí?
- b) En el campo de la filosofía existe el principio de concatenación universal de los fenómenos. Profundice en el mismo, consultando la bibliografía adecuada para este fin.

La interacción de las ideas científicas ¡Todos para uno y uno para todos!



“Galileo veía el progreso en la dinámica a través del estudio de los cambios del movimiento que ocurrían en las colisiones entre partículas. Descartes estudió las colisiones y publicó como leyes del movimiento una lista de reglas que eran obedecidas por cuerpos en colisión. Cuando en 1668, la Real Sociedad de Londres, pidió proposiciones definitivas de las leyes del movimiento y de <llevar a un solo punto de vista lo que aquellos excelentes hombres, Galileo, Descartes...y otros habían inventado>, fueron presentados trabajos por Wallis, Wren y Huygens. Cada uno presentó reglas para las colisiones, dadas las masas y las velocidades iniciales de las partículas. Wallis y Huygens se percataron que la cantidad de movimiento lineal tenía propiedades vectoriales y que se conservaba en las colisiones. Ninguno de los trabajos presentados fueron considerados las leyes del movimiento, ya que para tener un dominio general y amplio de la Física del movimiento había que definir y trabajar con la magnitud fuerza (acción), que es la que cambia el estado del movimiento. Fue Newton, el que define fuerza, y es quien establece los <axiomas sobre las leyes del movimiento>, con un significado completamente diferente de las reglas de las colisiones”. (Arons, 1970, p. 145).

Por otro lado, en el <Essai sur les machines en général> (1782) de Lazare Carnot aparece el concepto de trabajo con el nombre de momento de actividad y fuerza viva. La introducción del trabajo en el sentido actual fue realizada por un grupo de ingenieros franceses entre los que figuran H. Navier (1785-1836), G. Coriolis (1792-1843) y J.-V. Poncelet (1788-1867). El nombre de trabajo fue propuesto por Poncelet en <Introduction à la mécanique industrielle> (1829). El tratado de Coriolis <Du calcul de l'effet des machines data> de 1829. Allí aparece por primera vez la formulación del principio de conservación de las fuerzas vivas (energía cinética) en términos de trabajo. Coriolis redefine la fuerza viva (energía cinética) como $\frac{1}{2}mV^2$ para que el trabajo sea igual a la variación de dicha fuerza (energía cinética).

Tareas para reflexionar

- ¿Qué significa para usted la palabra trabajo? No piense mucho, ni consulte documento alguno para dar su respuesta, solamente de la espontáneamente.
- En el descubrimiento de cada concepto, principio, ley, teoría y modelo, existe un camino largo evolutivo donde las leyes de la dialéctica materialista se pone de manifiesto. Estas leyes son la ley de la negación de la negación; la ley de la unidad y lucha de contrarios y la ley de la transición de los cambios cualitativos en cuantitativos y viceversa. Tome la evolución, por ejemplo, de un determinado concepto y explique cómo las tres leyes mencionadas se aplican en este proceso evolutivo.

El trabajo mecánico. Galileo vuelve a la carga

En los <Diálogos>, Salviati expresa: “Pero decidme, amigos: el mazo que dejado caer sobre una estaca, desde una altura de cuatro codos, la hinca en tierra, digamos cuatro dedos, si viniera de una altura de dos codos la clavaría mucho menos, y menos todavía si viniera de la altura de un codo, y menos todavía si viniera de la altura de un palmo...” Como puede interpretarse del párrafo anterior, Galileo plantea la proporcionalidad entre la distancia que se hunde la estaca y la velocidad del cuerpo que cae. De esta manera, Galileo anticipa una forma de medir el trabajo mecánico a partir de sus efectos. (Galilei, G, 1945, pp. 224-225)

Tareas para reflexionar

- ¿Qué otras maneras de medir el trabajo mecánico usted pudiera aportar?
- ¿Qué significado(s) tiene la palabra trabajo para usted?
- ¿Por qué los científicos asumieron palabras de la vida cotidiana para nombrar magnitudes en la ciencia en la cual trabajaron? ¿Trae esta situación dificultades en el aprendizaje por parte de aquellos que estudian estas ciencias? ¿Conoce usted de palabras que fueron creadas para ser utilizadas en el argot científico y que hayan sido extrapoladas al lenguaje cotidiano? ¿Cuáles?

Choques elásticos e inelásticos y la energía cinética



“Al resumir sus reglas sobre el impacto, en 1668, Huygens incluyó la siguiente proposición:

<La suma de los productos resultantes de multiplicar la masa de cada cuerpo duro por el cuadrado de su velocidad, es la misma antes y después del choque>. En esta proposición se expone el principio de conservación de la energía cinética en los choques elásticos

Los choques inelásticos fueron analizados por J. Wallis (1616-1703), que diferenció los cuerpos perfectamente duros, de los blandos. Cuando se refiere a estos últimos, afirma que: <un cuerpo blando es el que se deforma en un choque de tal manera que pierde su forma original... parte de la fuerza se utiliza para deformarlos>. Las palabras anteriores indican que Wallis reconoce que una parte de la fuerza viva (energía

cinética) del cuerpo incidente se utiliza para deformar el cuerpo blando, es decir, la fuerza viva (energía cinética) no se conserva en un choque inelástico

Por su parte Leibniz encontró la misma cantidad, mV^2 , en otras líneas de investigación y en 1695, le dio el nombre de vis viva o <fuerza viva>. La proposición de Huygens es un reconocimiento de la conservación de la vis viva en ciertas colisiones ideales. Así, para la colisión entre dos cuerpos quedaría que” (Arons, 1970, p. 406):

$$maVa_1 + mbVb_1 = maVa_2 + mbVb_2 \quad (1) \text{ y}$$

$$maV^2a_1 + mbV^2b_1 = maV^2a_2 + mbV^2b_2 \quad (2) \text{ (Arons, 1970, p. 406).}$$

Tareas para reflexionar

- a) Las dos relaciones matemáticas anteriores son totalmente independientes una de la otra, la primera es una ecuación vectorial y la segunda es una ecuación escalar. Existen colisiones ideales y reales. Ponga ejemplos de estas últimas y diga si se conserva o no la energía cinética en ellas.
- b) Diderot, escribió en la Encyclopédie, acerca de Leibniz: "Quizás nunca haya un hombre que haya leído tanto, estudiado tanto, meditado más y escrito más que Leibniz... Lo que ha elaborado sobre el mundo, sobre Dios, la naturaleza y el alma es de la más sublime elocuencia. Si sus ideas hubiesen sido expresadas con el olfato de Platón, el filósofo de Leipzig no cedería en nada al filósofo de Atenas". Sin embargo momento de fallecer Leibniz, su reputación estaba en declive. Investigue cómo un hombre como Leibniz, que hizo aportes a la metafísica, epistemología, lógica, filosofía de la religión, así como en la matemática, física, geología, jurisprudencia e historia, pudo pasar de la gloria y la admiración a casi el olvido y rechazo de sus ideas.

La Ley de Conservación de la Energía. Mayer, Joule y Hemholtz

La Ley de Conservación y Transformación de la Energía descubierta en el siglo XIX fue el resultado del aporte de tres científicos que trabajaron en la teoría de la equivalencia entre el calor y la energía. Robert Mayer (1814-1878), James P. Joule (1818-1889) y Herman Hemholtz (1821-1894).

Mayer presentó numerosos ejemplos de conversión de <fuerzas> (energías) y de su indestructibilidad, hasta generalizar los resultados en la primera formulación escrita del principio de conservación de las <fuerzas> (energías). Según sus palabras: "... podemos decir que las causas son cuantitativamente indestructibles y cualitativamente convertibles... Las <fuerzas> (energías) son, por tanto, entidades indestructibles y convertibles... En innumerables casos vemos que el movimiento cesa sin haber causado otro movimiento o el levantamiento de un peso; pero una fuerza (energía) una vez en existencia no puede ser aniquilada, puede solamente cambiar su forma y la cuestión aparece, ¿qué otras formas es capaz de tomar la fuerza, con las cuales nos hemos familiarizado como con la fuerza de caída (energía potencial) y de movimiento (energía cinética)." (cit. por Arons, 1970, p. 454)

Tareas para reflexionar

- a) Investigue, cuáles fueron los aportes de Hemholtz a la Ley tratada en este epígrafe.
- b) ¿Tiene algo que ver el término energía estudiado en este epígrafe con el de <energía positiva> que se habla en el argot cotidiano?

Joule y el Principio de Conservación de la Energía

En Conferencia impartida en Manchester en 1847, Joule afirmó:

“Nosotros hemos demostrado, sin embargo, que el calor puede ser convertido en fuerza viviente (energía cinética) y en atracción a través del espacio (energía potencial)..”

“El movimiento del aire que llamamos <viento> resulta principalmente del intenso calor de la zona tórrida comparada con la temperatura de las zonas templada y fría. Aquí tenemos un ejemplo de calor que se convierte en la fuerza viviente de las corrientes de aire. Estas corrientes de aire, en su progreso a través del mar, levantan sus olas y empujan los barcos; mientras que al pasar por tierra agitan los árboles y perturban toda brizna de hierba. Las olas por su violento movimiento, los barcos por su paso a través de un medio resistente, y los árboles por el frotamiento de sus ramas y la fricción de sus hojas contra ellas mismas y el aire, todas y cada una de ellas generan un calor equivalente a la disminución de la fuerza viviente del aire que ocasionan. El calor así restituido puede nuevamente contribuir a producir nuevas corrientes de aire y en esta forma los fenómenos pueden ser repetidos en sucesión y variedad sin fin...En realidad, los fenómenos de la naturaleza, ya sean mecánicos, químicos o vitales, consisten casi completamente en una conversión continua de atracción a través del espacio, fuerza viviente y calor de una a otra. En esta forma se mantiene el orden en el universo, nada es destruido, nada es perdido para siempre, sino que toda la maquinaria, complicada como es, trabaja suave y armoniosamente...”. (cit. por Arons, 1970, pp. 458-459)

Tareas para reflexionar

- a) Escriba un ejemplo que se manifieste en la naturaleza, similar al escrito por Joule, donde se refleje la Ley de Conservación de la Energía.

La paternidad de la Ley de Conservación de la Energía



Robert Mayer

La paternidad de la Ley de Conservación de la Energía generó discrepancias fuertes entre Mayer y Joule, aunque finalmente se le dio el crédito al primero.



Joule escribe: "...Parece que Mayer se precipitó en publicar sus teorías con el propósito expreso de asegurarse la prioridad. No esperó a poder apoyarlas con hechos. Mi marcha, por el contrario, fue publicar solamente las teorías que había comprobado experimentalmente antes de presentarlas al público científico, bien convencido de la verdad de la observación...". (Holton, G., 1989c)



Helmholtz, defendiendo a Mayer, escribe: "...Pero la fama del descubrimiento pertenece a aquel que halló la nueva idea; la investigación experimental representa un logro mucho más mecánico. Tampoco puede pedirse que el inventor de una idea tenga la obligación de efectuar la segunda parte de la empresa. De ser esto así, habría que despedir a la mayor parte de los físicos matemáticos." (Holton, G., 1989c)

Tareas para reflexionar

- a) Lo anterior se ha dado más de una vez en la historia de las ciencias y es un ejemplo de rivalidad, una por la prioridad y otra por los méritos relativos del experimentador y el teórico. Investigue sobre otros casos en las ciencias donde los "mosqueteros científicos" se batan en duelos entre ellos mismos para alcanzar el premio por sus esfuerzos.

La fuerza elástica de un enemigo de Newton: Robert Hooke



En 1678 Robert Hooke escribió:

"La teoría de los resortes, aunque intentada por diversos matemáticos eminentes de esta época, hasta ahora no ha sido publicada por ninguno. Han pasado casi dieciocho años desde que yo la encontré, pero decidiendo aplicarla a algún caso particular, omití su publicación..."

Tómese una cantidad de alambre de sección uniforme, ya sea de acero, hierro o latón y enrédese tal alambre sobre un cilindro formando una hélice de la longitud o número de vueltas que se desee, después fórmense lazos con los extremos, de uno de los cuales debe suspenderse esta bobina sobre un clavo y el otro sostenga el peso con el que se hubiese distendido, y, colgando varias pesas, obsérvese exactamente a qué longitud cada una de las pesas lo extiende más allá de la longitud que su propio peso lo extiende y se encontrará que si una onza, o una libra o cierto peso lo extendió una línea, o una pulgada, o cierta longitud, entonces dos onzas, dos libras o dos pesas lo extenderán dos líneas, dos pulgadas o dos longitudes; y tres onzas, libras o pesas, tres líneas, pulgadas o longitudes y así

sucesivamente. Y esta es la regla o ley de la naturaleza, sobre la cual todas las formas de movimiento de resorte o restitución proceden, ya sea de enrarecimiento, extensión, o condensación y compresión.” (cit. por Arons, 1970, p. 188)

En el mismo trabajo en el cual Robert Hooke describió la ley de la fuerza en el estiramiento elástico de un resorte helicoidal, también describió la ley de la fuerza asociada a la torsión elástica de un alambre en tensión y de un resorte helicoidal tal como el que se usa en un reloj. Hooke demostró experimentalmente que el desplazamiento angular a partir de la posición en reposo era proporcional al momento de la fuerza aplicada; $T(\theta) = k\theta$, en correspondencia directa con la ley de la fuerza lineal $F(x) = kx$. Diseñe un experimento donde usted pueda demostrar la ley de la fuerza lineal.

Tareas para reflexionar

- a) Los resortes y las fuerzas elásticas se ponen de manifiesto en diferentes ramas del saber. ¿Cómo se manifiestan los mismos en el organismo humano?

Las ideas de Newton acerca de la fuerza centrípeta

Newton en su libro los <Principia> escribe:

DEFINICIÓN V

“La fuerza centrípeta es aquella en virtud de la cual los cuerpos son atraídos, empujados, o de algún modo tienden hacia un punto como a un centro”.

“De esta clase es la gravedad por la que los cuerpos tienden al centro de la Tierra; el magnetismo por el que el hierro tiende hacia el imán; y la fuerza, cualquiera que sea, por la que constantemente los planetas se ven apartados de las trayectorias rectilíneas y se ven obligados a permanecer girando en líneas curvas. Una piedra volteada en una honda intenta escapar de la mano del hondero y su intento hace estirarse la honda y más cuanto más rápidamente gira, y en cuanto se suelta se aleja. Llamo centrípeta a la fuerza contraria al mencionado intento; por ella, la honda retiene constantemente la piedra hacia la mano y la mantiene en el círculo, y, por tanto, se dirige hacia la mano o hacia el centro del círculo. Igual ocurre con todos los cuerpos que giran en círculo”. (Newton. I, 1687, p. 85)

Tareas para reflexionar

- a) Investigue sobre equipos o dispositivos donde se evidencia la acción de la fuerza centrípeta.

Un científico también genial: Huygens y el péndulo



Huygens escribió en su libro <Horologium oscillatorum>, que un péndulo “...es un mecanismo un tanto <sorprendente>: hay una aceleración de la gravedad, el péndulo <pesa>, viene atraído por el

centro de la Tierra, pero también hay una fuerza centrípeta, el esfuerzo de alejarlo del centro que es un efecto que se tiene en todo movimiento circular como el producido en la Tierra que gira alrededor de su eje. En el caso particular del péndulo las dos fuerzas son la gravitación y la vis ínsita, la fuerza de inercia. Por otro lado, el razonamiento hace que la energía del péndulo se disipe y suba, en cada oscilación, menos. Es decir, el razonamiento provoca que la elongación disminuya, lo que trae como consecuencia que el periodo cambie”. (De Lorenzo, J. 2009. p.64).

También, en *Horologium oscillatorium* Huygens detecta una posible fuente de error en los relojes de péndulo y propone soluciones. En sus propias palabras: “El péndulo simple no puede ser considerado como una medida del tiempo segura y uniforme, porque las oscilaciones amplias tardan más tiempo que las de menor amplitud; con ayuda de la geometría he encontrado un método, hasta ahora desconocido, de suspender el péndulo; pues he investigado la curvatura de una determinada curva que se presta admirablemente para lograr la deseada uniformidad. Una vez que hube aplicado esta forma de suspensión a los relojes, su marcha se hizo tan pareja y segura, que después de numerosas experiencias sobre la tierra y sobre el agua, es indudable que estos relojes ofrecen la mayor seguridad a la astronomía y a la navegación. La línea mencionada es la misma que describe en el aire un clavo sujeto a una rueda cuando ésta avanza girando; los matemáticos la denominan cicloide, y ha sido cuidadosamente estudiada porque posee muchas otras propiedades; pero yo la he estudiado por su aplicación a la medida del tiempo ya mencionada, que descubrí mientras la estudiaba con interés puramente científico, sin sospechar el resultado”. (Tomé López, C., 2015).

Tareas para reflexionar

- a) Ponga ejemplos de péndulos en diferentes esferas de la realidad como el descrito por Huygens.

El Movimiento Armónico Simple (MAS) desde la perspectiva de Galileo

Tal vez la primera referencia del M.A.S. la hallamos en el ejemplo de Galileo de una bala de cañón que atraviesa la tierra. En su <Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo Ptolemaico y Copernicano>, Galileo nos dice:

“Me parece que, a partir de ahí (razonando con bastante propiedad), se puede creer que, si el globo terrestre estuviese perforado por el centro, una bala de cañón que descendiera por tal pozo hasta el centro adquiriría tal grado de velocidad que, una vez atravesado el centro, la impelería hacia arriba por un espacio igual de caída, decreciendo progresivamente la velocidad más allá del centro con disminuciones similares a los incrementos adquiridos al descender. Y creo que el tiempo que tardaría en este segundo movimiento ascendente sería igual al tiempo de caída”. (Galilei, G. s/f. p.197).

Tareas para reflexionar

- a) Aquí encontramos ya la fuerza restitución y el cambio en la velocidad que caracterizan a un movimiento armónico simple. ¿Explique físicamente porqué ocurre lo descrito por Galileo en el párrafo anterior? ¿Contaba Galileo con la física necesaria para explicar por qué sucede lo que él predijo?

Otra vez los péndulos, pero ahora con Galileo

Salviati, en los diálogos, se refiere al comportamiento de los péndulos.

“Porque...separado el péndulo de plomo, cincuenta grados de la perpendicular y dejado desde allí en libertad; oscila, y pasando casi otros cincuenta grados más allá de la vertical, describe un arco de casi cien grados; y volviendo de por sí mismo hacia atrás, describe otro arco un poco menor, y continuando sus oscilaciones, después de haber cumplido un gran número de ellas, termina por quedar quieto. Todas y cada una de estas oscilaciones se cumplen en sendos tiempos iguales, tanto la de noventa grados, como la de cincuenta, la de veinte, la de diez, y la de cuatro. De modo que, en consecuencia, la velocidad del móvil va siempre disminuyendo, puesto que en tiempos iguales va recorriendo sucesivamente arcos cada vez menores. Algo semejante, y aun podríamos decir idéntico, efectúa el corcho pendiente de un hilo de igual longitud, con la única diferencia de que se reduce a la quietud durante menor número de oscilaciones, por ser menos apto, debido a su ligereza, para vencer el obstáculo del aire. No obstante, todas sus oscilaciones, grandes y pequeñas, se cumplen en tiempos iguales entre sí e iguales también a los tiempos de las oscilaciones del plomo”. (Galilei, G, 1945, p. 122).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué conclusiones, acerca de este tipo de movimiento oscilatorio, puedes sacar al terminar de leer este escrito?

Los péndulos, la gravedad y el cuadrado de la distancia

“Robert Hooke, en 1666, propone que la fuerza de gravedad se podría determinar mediante el movimiento de un péndulo y que se podía controlar mediante relojes de péndulo la variación que sufre la gravedad con la altura; el atraso de los relojes indicaría la sospechada disminución de la atracción, y en 1674 presenta en su ensayo <An attempt to prove the motion of earth>, las tres premisas de su sistema del mundo y la tercera dice que, las fuerzas atractivas son tanto más poderosas cuanto más próximos a sus centros están los cuerpos sobre los que actúan. Como lo muestra esta última premisa, en 1674 Hooke no poseía aún la ley del cuadrado de la distancia, pero cinco años más tarde, sin que se sepa por qué camino, logró formularla como lo evidencia una carta que dirige en enero de 1680 a Newton”. (Maza Sancho, J. 2016. p.11)

Tareas para reflexionar

- a) Entre Newton y Hooke existieron grandes controversias desde el punto de vista ético. Investigue y mencione otras controversias éticas entre científicos de cualquier rama del saber.

Da Vinci, la dualidad del genio pintor-científico



Da Vinci

Leonardo da Vinci, siglo XV, escribió sobre las ondas del agua.

“A menudo sucede que la onda escapa del sitio de su creación, mientras que el agua no; como las ondas que se forman en un campo de trigo por efecto del viento, donde las vemos correr a través del campo mientras las espigas permanecen en su lugar.” (Vaz, P., s/f)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué se puede deducir de este comentario realizado por Da Vinci? ¿Bajo qué método científico llegó Da Vinci a la aseveración anterior?

Y parece ser que Galileo sabía de todo. Ahora sobre las ondas mecánicas

En el <Primer Día de Las Dos Nuevas Ciencias>, Salviati, relaciona la acción de producir un sonido con la de producir simultáneamente ondas sobre la superficie del agua:

Al respecto dice, “Que se difunde ampliamente la ondulación del medio en tomo al cuerpo resonante, se ve claramente al hacer resonar una copa llena de agua, frotando con la yema del dedo sobre el borcellar; porque veremos al agua contenida ondear en orden regularísimo. Mejor todavía se podrá observar el mismo efecto, posando el pie de la copa en el fondo de alguna vasija grande, llena con agua hasta el borcellar de la copa; porque, si como antes, la hacemos resonar rozándola con un dedo, se verá que las ondulaciones del agua se propagan a gran distancia en tomo a la copa, con gran velocidad y regularidad. Yo mismo, en varias ocasiones, he podido observar que, haciendo resonar del modo indicado una copa bastante grande y casi llena de agua, al principio se formaban las ondas en el agua con extraordinaria uniformidad, y si por casualidad el tono de la copa saltaba una octava más alto, en el mismo instante podía ver cómo cada una de dichas ondas se dividía en dos; hecho que demuestra claramente que la frecuencia de la octava es doble”. (Galilei, G, 1945, pp. 136-137).

Tareas para reflexionar

- a) Intente hacer usted lo que describe Galileo aquí y entonces será el ayudante de un genio. Investigue y cite usted mismo lo escrito en este epígrafe. Haga un estudio más profundo de este tema del sonido y la transmisión de ondas en los <Diálogos>.

La acústica en Newton y la velocidad del sonido

En el libro <Principia>, Newton muestra su interés por la mecánica de las vibraciones en un medio elástico y esto lo lleva al dominio de la acústica. Reconoce que las vibraciones sonoras son longitudinales y plantea la primera fórmula para la velocidad del sonido, que encuentra proporcional a la raíz cuadrada del cociente de la elasticidad (presión) por la densidad del aire. Esta fue la primera aproximación teórica que se dio para la velocidad real del sonido (que en condiciones normales de temperatura fija esa velocidad en 300 metros por segundo), la segunda aproximación no apareció hasta comienzos del siglo XIX. En este libro escribe que:

“Todo cuerpo vibrante en un medio elástico propagará el movimiento de sus pulsaciones en directo hacia todas partes; en cambio, en un medio no elástico, excitará un movimiento circular”. (Newton. I, 1687, pp. 346-347).

“Por cuanto que las partes del cuerpo vibrante que van y vienen alternativamente, con su ida urgirán y empujarán a las partes del medio que están inmediatas a ellas, y al urgirías las presionarán y las condensarán; y después con su retorno dejarán a las partes presionadas retroceder y expandirse. Por tanto, las partes del medio próximas al cuerpo vibrante irán y regresarán alternativamente, a la par de las partes del dicho cuerpo vibrante: y por la misma razón que las partes de este cuerpo agitaban a estas partes del medio, éstas a su vez perturbadas por vibraciones semejantes agitarán a las partes inmediatas a ellas, y éstas agitadas igualmente agitarán a las siguientes y así, sucesivamente, hasta el infinito”. (Newton. I, 1687, pp. 346-347).

“Que el medio no sea elástico: puesto que sus partes presionadas por las partes vibrantes del cuerpo vibrante no pueden condensarse, el movimiento se propagará instantáneamente hacia las partes donde el medio cede con facilidad, es decir, a las partes que el cuerpo vibrante dejase vacías tras él por el otro lado”. (Newton. I, 1687, pp. 346-347).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Cuál es la velocidad del sonido en los distintos medios que usted conoce?
- b) ¿Podría usted oír música en la Luna? Si o no. ¿Por qué?

Modelo sobre “La Química del origen de todas las cosas o desde el atomismo filosófico hasta la ciencia cuantitativa y el modelo atómico de J.J. Thomson”.

En el desarrollo de este modelo se siguen las mismas ideas que el anteriormente mostrado de la Mecánica Clásica

1. Selección de los contenidos a tratar
2. Caracterización de cada período histórico donde se desarrollaron los contenidos a tratar
3. Aspectos más relevantes de la vida y obra de los principales científicos involucrados
4. Desarrollo histórico de los contenidos seleccionados para ser tratados

Como es lógico, no se caracterizan los períodos nuevamente porque estos son los mismos para cualquier tema que se quiera tratar.

Selección de los contenidos a tratar

1. El Atomismo en la Antigüedad
2. El Atomismo en el siglo XVII
3. Concepto de elementos
4. Ley de las proporciones definidas
5. Postulados de Dalton
6. Regla de máxima sencillez
7. Símbolos y notaciones
8. Ley de las proporciones múltiples
9. Roentgen y los rayos x
10. Thomson, los rayos catódicos y su carga negativa
11. Los rayos Becquerel
12. Rayos canales
13. Modelo atómico de Thomson

El átomo, sin duda alguna, es el concepto, desde el cual surge todo, ya sea vivo o no. Es el componente esencial, primario, en todo el Universo y darse cuenta de su existencia fue todo un reto para los sabios de la Antigüedad. Esta partícula iguala todas las diferencias que los seres humanos hemos interpuesto en la sociedad. No importa si usted es blanco, negro, mestizo, rico o pobre; sencillamente usted está compuesto por átomos como todos los demás.

Para llegar a la idea del átomo se tomaron en consideración diferentes trabajos desarrollados por Tales, Anaximandro, Anaxímedes, Heráclito, Anaxágoras, Empédocles, Demócrito, Platón, Aristóteles, Epicuro y Lucrecio. Hay dos grupos de teorías sobre los principios de las cosas: unas suponen una materia primordial única (Tales, Anaxímenes, Heráclito, Platón), otras una multiplicidad latente en una mezcla primordial (Anaximandro, Empédocles, Anaxágoras). De esta manera se cubriría el tópico del atomismo en la Antigüedad.

En el mismo orden que les hemos dado a los filósofos anteriores, se abordarán los referidos trabajos, a continuación:

El estado del arte acerca de la estructura de la materia en la Antigüedad

Es en el mundo griego antiguo, dónde primeramente el hombre se cuestiona la idea de universo, de naturaleza y de su composición, intentando encontrar una respuesta a estas cuestiones por medio del razonamiento. Y también es aquí donde surge la noción de elemento, aunque con un sentido muy distinto del que le damos actualmente.

En la cultura griega sus pensadores intentaron encontrar una explicación al mundo y a la vida, lo que les condujo a formular una teoría sobre la materia con la que justificar sus cambios y propiedades y que también sirviera para ordenar y clasificar las distintas sustancias de la naturaleza. Estos son a grandes rasgos los fundamentos de la filosofía

de la naturaleza o filosofía natural, que fue desarrollándose en el tiempo y dio lugar a diversas escuelas o corrientes.

“Motivados por un deseo de reducir la multiplicidad y el evidente desorden de la naturaleza a la sencillez y a la comprensibilidad, tratando de imaginar cómo los fenómenos que trascendían sus sentidos podrían estar operando, los primeros filósofos griegos se hicieron preguntas tales como: ¿qué es la materia?”. (Arons, 1970. pp. 697-698)

Una respuesta a la anterior interrogante se encuentra en “la concepción de los cuatro elementos primordiales cualitativamente diferentes: tierra, agua, aire y fuego, cuya composición, en diferentes proporciones condujo a la formación de otras sustancias materiales”. (Arons, 1970. pp. 697-698). En estas ideas trabajaron Tales, Anaxímenes, Anaximandro, entre otros.

“Una tradición radicalmente diferente se originó con Leucipo y fue elaborada con considerable detalle lógico por Demócrito, quien imaginó que toda la sustancia estaba compuesta de entidades indivisibles o <átomos>. Suponía que los átomos eran cualitativamente idénticos y distinguibles uno de otro solamente en las propiedades geométricas de forma y tamaño. Cualquier objeto evidente a los sentidos está compuesto de muchos átomos, siendo los átomos, por separados, tan pequeños que van más allá del sentido de la percepción. Para hacer comprensibles los cambios, Demócrito se basó en el concepto del movimiento local y propuso que el cambio en una cosa está basado en el cambio de la posición entre los átomos”. (Arons, 1970. pp. 697-698)

“Obligados por la creencia de que un sistema sensato de filosofía podría aliviar, al menos en parte, la miseria humana, liberando a los hombres de miedos supersticiosos, Epicuro y Lucrecio incorporaron el atomismo de Demócrito en un sistema de ética, un esquema moral y religioso en el cual la naturaleza, libre de los presagios y tabúes de las religiones organizadas de la época, debía ser aceptada en su majestad y belleza, sin atribuciones gratuitas de venganza y capricho”. (Arons, 1970. pp. 697-698)

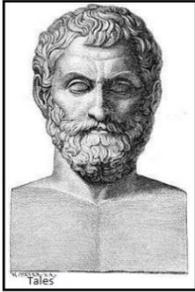
“Pero aunque ni Epicuro ni Lucrecio negaron la existencia de los Dioses, la teoría de Demócrito era esencialmente ateísta en carácter porque su argumento básico evitaba la necesidad de un Dios como creador y moldeador de la sustancia y el cambio”. (Arons, 1970. pp. 697-698).

Tareas para reflexionar

- a) ¿Por qué tomar como elementos unificadores en la naturaleza a la tierra, el agua, aire y el fuego y no a un tipo de animal, por solo citar un ejemplo?

Aspectos más relevantes de la vida y obra de los principales científicos involucrados y desarrollo histórico de los contenidos seleccionados para ser tratados

Tales de Mileto (625 A.C- 547 A.C)



Sostuvo que el agua era el elemento primero y que formaba parte de todo lo existente. “La mayoría de los primeros filósofos consideró que los principios de todas las cosas eran solo los que tienen aspecto material... En cuanto al número y a la forma de tal principio, no todos dicen lo mismo, si no que Tales, el iniciador de este tipo de filosofía, afirma que es el agua, por lo que también declaró que la tierra está sobre el agua. Concibió tal vez esta suposición por ver que el alimento de todas las cosas es húmedo y porque de lo húmedo nace del propio calor y por él vive. Y es que aquello de lo que nacen es el principio de todas las cosas. Por eso concibió tal suposición, además de porque las semillas de todas las cosas tienen naturaleza húmeda y el agua es el principio de la naturaleza para las cosas húmedas.” (Aristóteles. s/f. p.7; Rosental, M., y P. Ludin, 1985. p.446)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué significa Estigia y que relación guarda ésta con las ideas de Tales aquí expresadas?
- b) A Tales de Mileto, en la tradición clásica se le denominaba uno de los siete sabios. ¿Cuáles eran los otros seis?

Anaximandro de Mileto (610 A.C-546 A.C)



“Anaximandro de Mileto, hijo de Praxiades, que fue sucesor y discípulo de Tales, dijo que el principio y elemento de todas las cosas existentes era el ápeiron [indefinido o infinito], y fue el primero que introdujo este nombre de «principio». Afirma que éste no es agua ni ningún otro de los denominados elementos, sino alguna otra naturaleza ápeiron, a partir de la cual se generan todos los cielos y los mundos que hay en ellos. Ahora bien, a partir de donde hay generación para las cosas, hacia allí también se produce la destrucción, «según la necesidad; en efecto, se pagan mutuamente culpa y retribución por su injusticia, de acuerdo con la disposición del tiempo», hablando así de estas cosas en términos más bien poéticos”. (Fernández Cepedal, J. M. 2006. p.3).

“Su pensamiento se centra en que el principio de todas las cosas (arché) es ápeiron (sin límites, sin definición), es decir, lo indefinido, lo indeterminado. Este ápeiron es inmortal e indestructible, ingénito e imperecedero, pero que de él se engendran todas las cosas. Todo sale y todo vuelve al ápeiron según un ciclo necesario. De él se separan las sustancias opuestas entre sí en el mundo y, cuando prevalece la una sobre la otra, se produce una reacción que restablece el equilibrio según la necesidad, pues se pagan mutua pena y retribución por su injusticia según la disposición del tiempo”.

“La respuesta dada por Anaximandro a la cuestión del arché puede considerarse un paso adelante respecto a Tales... El arché es ahora lo ápeiron (de a: partícula privativa; y peras: <límite, perímetro>), es decir, lo indeterminado, lo ilimitado, que es precisamente, según hemos dicho, el concepto de lo que vamos buscando. Lo que es

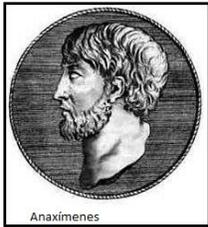
principio de determinación de toda realidad ha de ser indeterminado, y precisamente ápeiron designa de manera abstracta esta cualidad. Lo ápeiron es eterno, siempre activo y semoviente. Esta sustancia, que Anaximandro concibe como algo material, es «lo divino» que da origen a todo”.

“Arché o arjé, que significa <fuente>, <principio> u <origen>) es un concepto fundamental en la filosofía de la antigua Grecia que significaba el comienzo del universo o el primer elemento de todas las cosas, la razón primordial, originaria”. (Wikipedia; Rosental, M., y P. Ludin, 1985- p. 14)

Tareas para reflexionar

- a) De acuerdo a las ideas de Anaximandro, ¿cómo puede ser considerado un filósofo materialista o idealista? ¿Por qué?
- b) Acerca de nuestro planeta Tierra escribió: “Su forma, es circular, redonda, semejante a una columna de piedra; nosotros nos movemos en una de sus superficies planas, pues hay otra antípoda”. Dibuje a la Tierra de acuerdo a la descripción que nos da Anaximandro en este escrito. ¿Pueden considerarse sus ideas avanzadas o no para su época?

Anaxímenes de Mileto (585 A.C-524 A.C)



“Fue discípulo de Tales y de Anaximandro, coincidiendo con él en que el principio de todas las cosas (y también el substrato que permanece invariable ante todos los cambios y el fin, o <telos> al que todo vuelve) es infinito; aunque, a diferencia del ápeiron de su mentor, nos habla de un elemento concreto: el aire. Esta sustancia, afirmaba, se transforma en las demás cosas a través de la rarefacción y la condensación”.

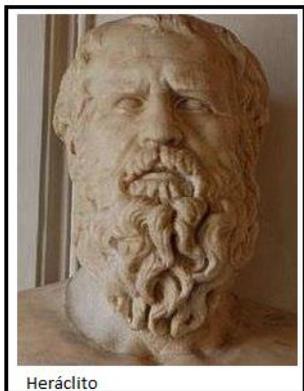
“Se opone a Anaximandro y a Tales de Mileto en cuanto a la determinación del primer principio o <arjé> que Anaxímenes considera ser el aire...Anaxímenes nos ofrece un mecanismo de explicación de la generación de las cosas a partir de otro elemento distinto de ellas: ese mecanismo de generación se apoya en las nociones de <condensación> y <rarefacción>. Por condensación del aire, dice Anaxímenes, se forman las nubes; si las nubes se condensan se forma el agua; la condensación del agua da lugar a la constitución del hielo de la tierra; y la condensación de la tierra da lugar a la constitución de las piedras y los minerales; el proceso inverso lo representa la rarefacción: piedra, tierra, agua, nubes, aire y, por último la rarefacción del aire produciría el fuego” . (Wikipedia; Rosental, M., y P. Ludin, 1985. p.14).

Tareas para reflexionar

- a) En su concepción, la Tierra es plana y flota, pero no ya sobre el agua, como quería Tales, sino en el aire; sostuvo también que los astros no se mueven bajo la Tierra sino en torno a ella. Compare esta concepción de Anaxímenes

con la que tenía Anaximandro. ¿Con cuál de las dos concepciones usted se siente más identificado? ¿Por qué?

Heráclito de Efeso (535 A.C-484 A.C)



“Heráclito afirma que el fundamento de todo está en el cambio incesante. El ente deviene y todo se transforma en un proceso de continuo nacimiento y destrucción al que nada escapa. Es común incluir a Heráclito entre los primeros filósofos físicos, como los llamó Aristóteles, que pensaban que el mundo procedía de un principio natural (como el agua para Tales de Mileto, el aire para Anaxímenes y el ápeiron para Anaximandro), y este error de clasificación se debe a que, para Heráclito, este principio es el fuego, lo cual no debe leerse en un sentido literal, pues es una metáfora como, a su vez, lo eran para Tales y Anaxímenes”.

“El principio del fuego refiere al movimiento y cambio constante en el que se encuentra el mundo. Esta permanente movilidad se fundamenta en una estructura de contrarios. La contradicción está en el origen de todas las cosas”.

“Apenas tenemos noticias sobre su vida. Apodado <el Oscuro> por el carácter enigmático de sus afirmaciones, conoció el pensamiento de los filósofos de Mileto y el de Pitágoras”.

“El principio del universo es el fuego, como ya fue planteado, eterno y encendiéndose o apagándose según cierto orden y medida: <Este mundo (...) no lo ha creado ningún hombre o dios; siempre fue, es y será fuego eternamente vivo>. Tanto las cosas individuales como el universo entero salen del fuego y vuelven a él, perecen en fuego, en una especie de conflagración universal, para luego volver a renacer”.

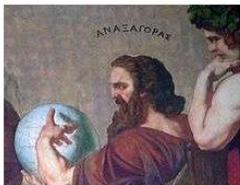
“Afirmó radicalmente que todo cambia y nada permanece; el universo es un continuo devenir en el que nada es idéntico consigo mismo porque todo está sometido a continuas transformaciones”.

“Para Heráclito, la ley que rige el universo es la <lucha de contrarios>, pues en sus extremos los contrarios se funden en una sola cosa. Esto significa que la realidad tiene una estructura contradictoria. Todas las cosas surgen de la contradicción y la discordia. Pero la contradicción engendra armonía: <Lo contrario llega a concordar, y de las discordias surge la más hermosa armonía>. La armonía que caracteriza al universo no es una armonía estática, sino dinámica: un <equilibrio dinámico de tensiones entre contrarios>, una armonía tensa, como en el arco o la lira, aunque difícil de comprender para los hombres. De este modo anticipó con acierto lo que será conocido después como pensamiento dialéctico”. (Wikipedia; Rosental, M., y P. Ludin, 1985. p.213).

Tareas para reflexionar

- a) Heráclito escribió: <no es posible introducirse dos veces en el mismo río, tocar dos veces una sustancia mortal en el mismo estado, dado que por el ímpetu y la velocidad de los cambios se dispersa y vuelve a reunirse, viene y desaparece>. Interprete esta aseveración destacando el valor que para la dialéctica tiene lo escrito por él.
- b) “Los términos <aire>, <agua>, <tierra> y <fuego>, podrían cambiarse por los cuatro estados de agregación de la sustancia: <gas>, <líquido>, <sólido> y <plasma>. ¿Cree usted que estaban muy equivocados los antiguos griegos en sus concepciones acerca del origen de todas las cosas? Piense siempre en el tránsito de un estado de agregación de la sustancia a otro.

Anaxágoras de Clazomene (500 A.C-428 A.C)



Anaxágoras

“Para explicar la pluralidad de objetos en el mundo dotados de cualidades diferentes, recurre a la suposición de que todas las cosas estarían formadas por partículas elementales, que llama con el nombre de <semillas> (spermata, en griego). Más tarde Aristóteles llama a estas partículas con el nombre de homeomerías (partes semejantes). <Homeomerías>, tá homoiomeré, serían para Anaxágoras, según Aristóteles, las partes semejantes de que están hechas las cosas, semejantes a cada cosa y semejantes entre sí. Mientras que para Empédocles un cuerpo por división se resuelve en los cuatro elementos, para Anaxágoras por más que se lo divida siempre se encontrará partes semejantes, es decir los elementos son partes semejantes”.

“Ahora bien, aunque consagrada por la tradición doxográfica posterior (en la que se usa homoiomérea, término utilizado por primera vez en Epicuro), la palabra homoiomerés no aparece en los fragmentos de Anaxágoras, y es probable que fuera una invención de Aristóteles. La idea, no la palabra, se encuentra en PLATÓN. La palabra usada por Anaxágoras es más bien spérmata, para designar las «semillas» de las cosas, inicialmente confundidas en el caos primordial. Esta doctrina, tal como la presenta Aristóteles, parece estar en colisión con la sentencia de Anaximandro: <en todo hay una parte de todo>”. (Aristóteles, 1995, pp. 22-23)

Para Anaxágoras, en el principio fue la Mezcla, migma, luego vino el Nous como principio ordenador.

“Según Aristóteles, Anaxágoras concibe el nous como origen del universo y causa de la existencia, pero a la vez trata de explicarse y llama a encontrar las cosas cotidianas de lo que ocurre en el mundo. Por otro lado, hizo formar parte de su explicación de la realidad al concepto de nous, inteligencia, la cual, siendo un «fluido» extremadamente sutil, se filtra por entre los recovecos de la materia, a la que anima con su movimiento. El nous penetra algunas cosas y otras no, con lo que se explica, siguiendo a Anaxágoras, la existencia de objetos animados e inertes. El Nous (Entendimiento,

Inteligencia, Espíritu) es el <principio de movimiento>, el que le da el impulso inicial a la Esfera, la causa que imprimió a toda esa masa inerte un movimiento en forma de remolino. El Noûs es algo separado, distinto, de la masa de semillas; nada lo limita y es completamente autónomo; lo conoce todo y tiene el máximo poder. Es la cosa más sutil y pura de todas”.

“Fue el primero en exponer la idea de dios como principio rector del universo. Aportó elementos para una concepción del universo como resultado de una inteligencia que actúa conforme a fines, y por eso el resultado de todos los procesos naturales es siempre la obtención de la máxima perfección, belleza y armonía. A Platón y Aristóteles les entusiasmó mucho la idea de una «Inteligencia universal», pero les decepcionó el que Anaxágoras limitara su actividad a poner en marcha la Esfera, imprimiéndole un movimiento rotatorio, sin hacerle intervenir después para nada, puesto que ya son fuerzas de carácter mecánico las que explicarán todos los procesos físicos. En el Fedón puede encontrarse la discrepancia de Platón respecto a las ideas de Anaxágoras, respecto a la búsqueda de las causas materiales emprendida por Anaxágoras”. (Wikipedia; Rosental, M., y P. Ludin, 1985. p.14).

Tareas para reflexionar

- a) Argumente las siguientes ideas de Anaxágoras: <El Espíritu gobierna todas las cosas que tienen vida, tanto las más grandes como las más pequeñas. El Espíritu gobernó también toda la rotación, de tal manera que comenzó a girar en el comienzo...Esta rotación hizo separarse las cosas. Lo denso se separa de lo raro, lo cálido de lo frío, lo brillante de lo tenebroso y lo seco de lo húmedo. Hay muchas porciones de muchas cosas, pero ninguna está separada ni dividida completamente de la otra, salvo el Espíritu>. ¿Concuerda usted con estas ideas o no?

Empédocles de Agrigento (495 A.C- 435 A.C)



“Lo consideraban mago y profeta. Fue un médico famoso e intervino activamente en favor de la democracia. Su muerte está rodeada de leyenda: según algunos discípulos suyos, fue arrebatado al cielo y convertido en dios; otra leyenda asegura que se arrojó al Etna para purificarse por el fuego y penetrar en el seno de la Tierra. Escribió dos poemas: Sobre la naturaleza y Purificaciones. En el primero se encuentra la idea de la estructura de todo lo que existe, al escribir que: <pues unas veces creció para ser uno, de múltiple que era, otra, por el contrario, de uno que era se disoció para ser múltiple: fuego, agua, tierra y la enorme altura del aire...>.”

“Coincide con Parménides en describir la realidad como una esfera. Pero Empédocles sostiene que en el mundo hay movimiento y pluralidad de seres, porque, en su interior, la esfera contiene cuatro elementos mezclados que son las raíces de todas las cosas: fuego, aire, tierra y agua. Parece como si Empédocles hubiese recogido los principios

aportados por cada filósofo anterior: de Tales, el agua; de Anaxímenes, el aire; de Heráclito, el fuego; y él añade la tierra. Cada uno de esos elementos es eterno e imperecedero, pero al mezclarse entre sí originan la enorme diversidad de seres que conocemos. Los cambios y alteraciones que se producen no son más que combinaciones de los elementos primitivos, debido a dos fuerzas cósmicas: al Amor y el Odio. Tales fuerzas rigen también el comportamiento del ser humano, por lo que Empédocles tiene una visión <trágica> de la existencia. A esta teoría de las cuatro raíces, Aristóteles más tarde las llamó elementos”. (Wikipedia; Aristóteles, 1995, pp. 22-23; Rosental, M., y P. Ludin, 1985. p.136).

Tareas para reflexionar

- a) A partir de la siguiente aseveración de Empédocles, diga si al mismo se le puede considerar materialista o idealista. “Estos elementos nunca cesan de estar en movimiento. En ocasiones se unen bajo la influencia del Amor, y de este modo todo deviene lo Uno; otras veces se disgregan por la fuerza hostil del Odio...y tienen una vida inestable”.

Demócrito de Abdera (460 A.C-370 A.C)



“Cuesta discernir los elementos aportados por Demócrito y las ideas atribuibles a Leucipo. Aunque Demócrito escribió unos 52 libros sobre Física, Matemática y Música -según Trasilo, su compilador-, todos se perdieron. Sólo nos han llegado algunos fragmentos sobre Ética, como referencias incluidas en las obras de Aristóteles, quien lo cita para atacar su doctrina y de Epicuro y Lucrecio, quienes adoptaron la doctrina y la hicieron básica para sus respectivas filosofías”.

“Demócrito imaginó que toda sustancia estaba compuesta de entidades indivisibles “átomos”... Suponía que los átomos cualitativamente idénticos y distinguibles uno de otro solamente en las propiedades geométricas de forma y tamaño...Para hacer comprensibles los cambios, Demócrito se basó en el concepto de movimiento local y propuso que el cambio en una cosa está basado en el cambio de posición de los átomos. Se imaginó el movimiento como una propiedad intrínseca del átomo y a fin de que los átomos pudieran ser entidades separadas y también tener espacio en donde moverse, supuso la existencia de un vacío. <Por convención existe lo dulce; por convención existe lo amargo; por convención existe el calor y por convención existe el frío. Pero en la realidad existen los átomos y el vacío>”. (Arons, 1970, pp. 697-698)

Según Aristóteles, “tiene que haber necesariamente o un principio o muchos. Si sólo hay uno, tendrá que ser inmóvil... o estar en movimiento, como afirman los físicos, algunos de los cuales dicen que el primer principio es Aire, otros que Agua. Pero si hay muchos, tendrán que ser o finitos o infinitos. Si son finitos y más de uno, entonces será dos o tres o cuatro o cualquier otro número. Y si son infinitos, entonces o pertenecerán a un único género, diferenciándose sólo en la figura, como afirma Demócrito, o serán diferentes o incluso contrarios en especie”. “Para Demócrito la materia de los átomos es una en especie, aunque éstos sean infinitos en número y forma. Si se refiere aquí a

Demócrito, estos <contrarios> serían lo lleno y lo vacío, el ser y el no-ser, o bien los contrarios en posición, figura y orden”. (Aristóteles, 1995, pp. 12-13)

“También Demócrito habla de lo lleno y lo vacío, entendiéndolos, respectivamente, como el ser y el no-ser, y habla asimismo de diferencias de posición, figura y orden, los cuales serían los géneros de los contrarios: así, de la posición, lo alto y lo bajo, lo interior y lo posterior; de la figura, la angular y lo no angular, lo recto y lo circular.” (Aristóteles, 1995, p. 25)

“En resumen, puede plantearse que la esencia de la <doctrina> de Demócrito se reduce a seis principios:

1. De la nada, nada aparece. Nada que no exista puede ser destruido. Todos los cambios suceden gracias a la unión y separación de las partes.
2. Nada se realiza casualmente, sino que todo se realiza por algún fundamento y por necesidad.
3. No existe nada excepto los átomos y el espacio puro, todo lo demás es solamente criterio.
4. Los átomos son infinitos por su cantidad e infinitamente diversos por su forma.
5. La diferencia entre las cosas sucede por la variedad de sus átomos en cantidad, magnitud, forma y orden; no existe una diferencia cualitativa entre los átomos. En el átomo no hay ningún estado interno, ellos actúan uno sobre otro solo mediante la presión y el choque.
6. El alma se compone de átomos finos, lisos y redondos, semejantes a los átomos de fuego. Estos átomos son más móviles y sus movimientos al penetrar en el cuerpo predicen todos los fenómenos de la vida.

Esta doctrina materialista de Demócrito, se convirtió en la base de las ciencias naturales actuales y su idea del espacio vacío infinito surgió por los éxitos de la geometría. Según Demócrito, los átomos de una línea eran puntos, los átomos de una superficie eran líneas. Así se formó el concepto acerca del espacio.” (Daniushenkov y Corona, 1991, pp.19-20)

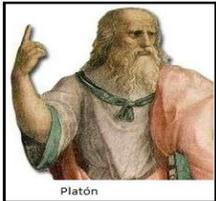
Es importante destacar, que “los átomos se concebían como permanentes e indestructibles; sus combinaciones y movimientos podían producir una infinita variedad: la Tierra, las estrellas y los seres humanos. Se pensaba que el alma consistía de átomos más sutiles, muy móviles, redondos y pulidos. Los pensamientos que atraviesan la mente son movimientos de los átomos componentes...reflejando las actitudes de su época, Dante coloca a Demócrito entre los antiguos sabios en el primer círculo del infierno y se refiere a él como uno que adjudica el mundo al azar. Hasta bien entrado el siglo XVII el atomismo, a los ojos de los estudiosos y de los filósofos, connotaba una creencia materialista y atea”. (Arons, 1970, p. 698).

Tareas para reflexionar

- a) Para Demócrito, toda forma de conocimiento se reduce al tacto o contacto. Los objetos emanan átomos que viajan por el vacío y, al chocar con los órganos de nuestros sentidos, producen el conocimiento. Pero esto no

significa que captemos las cosas tal como realmente son, pues cada uno capta de manera peculiar las cualidades de las cosas que nos transmiten los átomos. ¿Cree usted que es así la transmisión del conocimiento? ¿En qué considera usted que tenga razón Demócrito y en qué no?

Platón (429 A.C- 348 A.C)

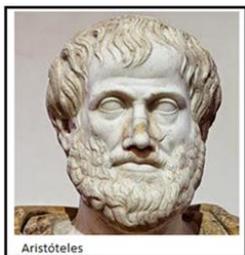


Según Aristóteles, “Platón concibió la generación de todas las cosas a partir de dos principios: el Uno como forma, y lo Grande y lo Pequeño como materia. Algunos establecen que el Uno es el cuerpo subyacente —bien uno de los tres elementos o bien otro más denso que el fuego pero más ligero que el aire—, del que se generan todas las demás cosas, que se hacen múltiples por rarefacción y condensación. Ahora lo raro y lo denso son contrarios y, tomados en general, son el exceso y el defecto, como lo son lo Grande y lo Pequeño de los que habla Platón, salvo que él hace de éstos la materia y del Uno la forma, mientras que ellos hacen del Uno la materia subyacente y de los contrarios las diferencias o formas”. (Aristóteles, 1995, pp. 22-23)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué significa Uno, en el anterior escrito de Aristóteles sobre las ideas de Platón? Para contestar a esta pregunta puede consultar la obra *Metafísica*, escrita por Aristóteles.
- b) ¿En qué podemos decir que coincidían Platón y Aristóteles y en que se diferenciaban el uno del otro, en cuanto a la ciencia se refiere?

Aristóteles de Estagira (384 A.C- 322 A.C)



El filósofo griego Aristóteles destacó el significado de arjé como aquello que no necesita de ninguna otra cosa para existir, solo de sí mismo, es decir, como el elemento o principio de una cosa que, a pesar de ser indemostrable e intangible en sí misma, ofrece las condiciones de posibilidad de esa cosa. En su obra “*Física*”, realiza varias reflexiones sobre el principio de las cosas, que diferentes sabios como Tales, Anaxímenes, entre otros, plantearon en sus escritos.

Él escribe que, “como afirman los que dicen que el Todo es una única naturaleza, tal como el agua o el fuego o algo parecido entre ambos. Y parece que es más bien algo intermedio, porque el fuego, la tierra, el aire y el agua están ya entretnejidos de contrarios. De ahí que no carezcan de razón los que ponen como substrato algo distinto de éstos, especialmente los que ponen el aire, porque el aire presenta menos diferencias sensibles que los otros principios; y después del aire, el agua. Todos, sin embargo, consideran esa Unidad como configurada por contrarios, tales como la densidad y la rareza...” (Aristóteles, 1995, p. 30)

“Tiene que haber necesariamente o un principio o muchos. Si sólo hay uno, tendrá que ser inmóvil, como dicen Parménides y Meliso, o estar en movimiento, como afirman los físicos, algunos de los cuales dicen que el primer principio es Aire, otros que Agua. Pero si hay muchos, tendrán que ser o finitos o infinitos. Si son finitos y más de uno, entonces será dos o tres o cuatro o cualquier otro número. Y si son infinitos, entonces o pertenecerán a un único género, diferenciándose sólo en la figura, como afirma Demócrito, o serán diferentes o incluso contrarios en especie.” (Aristóteles, 1995, p. 11)

“En cuanto a los físicos, éstos hablan de dos maneras. Algunos establecen que el Uno es el cuerpo subyacente —bien uno de los tres elementos o bien otro más denso que el fuego, pero más ligero que el aire, del que se generan todas las demás cosas, que se hacen múltiples por rarefacción y condensación.” (Aristóteles, 1995, p. 22)

“Otros afirman que los contrarios están contenidos en el Uno y emergen de él por separación, como Anaximandro y también cuantos dicen que los entes son uno y múltiples, como Empédocles y Anaxágoras, pues para éstos las cosas emergen de la Mezcla por separación. Aunque los dos últimos difieren entre sí: para el primero hay cambios cíclicos, para el segundo cambios únicos; para el segundo hay infinitas de partículas semejantes y sus contrarias, mientras que el primero sólo admite los llamados «elementos».” (Aristóteles, 1995, pp. 22-23)

“Aristóteles creía que los elementos consistían de partículas últimas o mínimas, pero en su filosofía teleológica, construida alrededor de nociones universales vagas de las formas y cualidades, no encontró necesario elaborar las propiedades y el comportamiento de las partículas como Demócrito y los epicúreos se vieron forzados a hacer y rechazó el concepto de vacío y, por tanto, de la esencial separación de las partículas.” (Arons, 1970, p. 699)

Debe recordarse que cuando se trató el desarrollo histórico del concepto de velocidad, en este libro, se mencionó el <horror vacui> de Aristóteles.

Debemos aclarar que la palabra <Elemento> es un vocablo latino de origen incierto. Los griegos no lo utilizaron, según Isaac Asimov, pero es tan importante en la química moderna que no hay manera de evitar su empleo, incluso al referirse a Grecia.

Tareas para reflexionar

- a) Además de los cuatro elementos hasta aquí mencionados, Aristóteles añade un quinto, al que denominó como el éter, reservado para los cuerpos celestes. ¿Qué significa el éter para Aristóteles?

Conociendo a Aristóteles

“Aristóteles (384 A. C.- 322 A. C.), fue un polímata: filósofo, lógico y científico de la Antigua Grecia cuyas ideas han ejercido una enorme influencia sobre la historia intelectual de Occidente por más de dos milenios”.

“Su padre, Nicómaco, fue médico del rey Amintas III de Macedonia, hecho que explica su relación con la corte real de Macedonia, que tendría una importante influencia en su vida.

En 367 a. C., cuando Aristóteles tenía 17 años, su padre murió y su tutor Proxeno de Atarneo lo envió a Atenas, por entonces un importante centro intelectual del mundo griego, para que estudiase en la Academia de Platón. Allí permaneció por veinte años”.

“Fue tutor del joven Alejandro de 343 a 340 cuando este último subió al trono de Filipo. En el 335 funda una nueva escuela en Atenas, el Liceo (llamado así por estar situado dentro de un recinto dedicado al dios Apolo Licio). El filósofo fue el formador intelectual de Alejandro Magno, y le inculcó sus conocimientos en la etapa adolescente por más de dos años. Se considera que esas enseñanzas fueron elementos decisivos para los objetivos que se propuso Alejandro”.

“A diferencia de la Academia, el Liceo no era una escuela privada y muchas de las clases eran públicas y gratuitas. A lo largo de su vida Aristóteles reunió una vasta biblioteca y una cantidad de seguidores e investigadores, conocidos como los peripatéticos, llamados así por la costumbre que tenían de discutir caminando. La mayoría de los trabajos de Aristóteles que se conservan son de este período”.

“Para Aristóteles la realidad se encuentra en la Física, en formas, procesos, cualidades que nunca pudieron ser descritos completamente en términos de las verdades, precisas y abstractas de las matemáticas. En esta forma estaba de acuerdo con Platón sobre la inaplicabilidad de la matemática a la Física, pero difería respecto a la razón. Los escritos de Aristóteles son enciclopédicos. Los mismos cubrieron la lógica, mecánica, física, astronomía, meteorología, botánica, zoología, psicología, ética, economía, política, metafísica y literatura”. (Arons., 1970; Wikipedia).

Tareas para reflexionar

- a) Para Aristóteles el agua y la tierra estaban dotados de “gravedad”, una tendencia innata de moverse hacia el centro del universo; el fuego y el aire estaban dotados de “ingravidez”, una tendencia a alejarse del centro. ¿La “gravedad” y la “ingravidez” de la que habla Aristóteles se refiere a una propiedad intrínseca de cuerpos particulares o a una interacción entre los mismos?

Aspectos interesantes de la vida de Aristóteles

“Aristóteles fue un escritor fecundo, su reputación literaria se mantuvo bien alto en la antigüedad; pero por una curiosa casualidad, sus obras, escritas por lo general para la circulación y en las que se basaba su nombradía, a excepción de unos pocos fragmentos conservados en otros autores, han perecido totalmente. Al parecer no eran sino diálogos elaborados siguiendo el antecedente platónico y en los que trataba temas filosóficos en forma adecuada para un público ya ilustrado al respecto. Lo que ha quedado es un conjunto de materiales destinados simplemente al estudio y la

investigación de la Escuela, incluyendo algunas lecciones cuidadas pero abstrusas, junto a algunas observaciones ya sistematizadas y numerosas listas de cuestiones a solucionar. El grado de perfección literaria varía mucho en las diferentes obras y aun en las diversas partes de una y la misma investigación”. (Leofric Stocks, J. 1999. pp. 10-15)

“Las que han perdurado se clasifican naturalmente de acuerdo a los temas que tratan:

- I. <Lógica>. Un número de tratados de desigual valor, pero que contienen en la teoría del silogismo demostrativo una de las mayores contribuciones del aristotelismo a la sabiduría del mundo.
- II. <La teoría de la materia y del movimiento>. En cuatro obras (<Physica>, <De coelo>, <De generatione et corruptione>, <Meteorologica>), donde se dilucida la estructura del universo físico y los diversos movimientos y cambios de sus partes. Tanto los principios como los métodos.
- III. <La teoría de la vida>. Figura en <De anima>, donde, con los tratados menores vinculados al tema, Aristóteles expone la naturaleza del alma como principio de la vida dominador de la materia orgánica.
- IV. <El mundo animal>. Los cuatro tratados sobre los animales forman el mayor conjunto homogéneo de todo el corpus aristotélico. Esta es también la parte menos teórica de toda la obra, y de todos los trabajos de Aristóteles son éstos los que están más cerca del espíritu científico moderno. Han gustado a muchos de los naturalistas posteriores; así por ejemplo, Darwin en una de sus cartas decía a este respecto: <Linneo y Cuvier han sido mis dos dioses, aunque en muy distinta manera; sin embargo, no eran más que discípulos del viejo Aristóteles}>.
- V. <El hombre y sus obras>. Bajo este encabezamiento figuran, primero, las dos obras de Aristóteles que ejercieron mayor influencia en el mundo moderno: la <Ética> y la <Política>. Ambos libros adolecen de cierta falta de unidad y secuencia, pero aunque los comentarios se acumulan sobre los comentarios y las críticas están siempre dispuestas para una nueva disección, ambas obras conservan su inagotable frescura y sugestividad, tanto para el estudioso de la vida griega, para el filósofo ético y político, como para el simple hombre de negocios. En segundo lugar, junto a estas grandes obras deben ser mencionadas: la <Retórica>, que no goza actualmente de mucho favor, no obstante haber sido antiguamente muy conocida por los amantes de los clásicos, y la <Poética>, donde se expone la teoría del Drama Ático y que ha tenido probablemente más influencia que cualquier otro trabajo simplemente teórico sobre el ejercicio y la crítica literaria en las letras modernas. En el campo de los estudios sobre Política se le reconoce a Aristóteles la virtud de haber compuesto o reunido una serie de tratados sobre las constituciones de las principales ciudades griegas. De estas series sólo se ha conservado un tratado, el de <La Constitución de Atenas>.
- VI. <Metafísica>. Este título, que figura a la cabeza de uno de los más extensos tratados aristotélicos, y cuyo nombre fue impuesto por sus sucesores para designar aquellas discusiones que el mismo Aristóteles llamaba <Teología> o

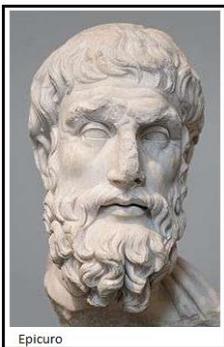
<Filosofía Primera>, abarca temas relativos a la naturaleza última del Ser y a la naturaleza del Ser último. La obra, tal como ha llegado a nosotros, no es un tratado que observe una rigurosa unidad, pero en su mayor parte está referido directamente a este propósito. Gran parte de la Metafísica aristotélica, en el moderno sentido del término, está expuesta en otros tratados, especialmente en <Physica>”.

“La mera enumeración de todo esto es por sí misma impresionante. Pero si se tienen en cuenta dos hechos: primero, que se han perdido todas las obras que Aristóteles escribiera para un público muy vasto; segundo, que las que se han conservado están expuestas con una concisión que hace que con frecuencia una sentencia aparezca como equivalente a un párrafo, y un párrafo a un capítulo, uno llega a asombrarse más aún de la fertilidad del genio aristotélico. Su mente, en alto grado productiva, quizás pudiera disculparle de esa ausencia de unidad y carencia de definición; pero de ningún modo puede serle inculpada a Aristóteles semejante defeción. No hay autor que haya escrito con mayor escrúpulo por la exactitud o con mayor rigor y consistencia, sin olvidar que dio término a toda esa obra a la edad de sesenta y dos años, cuando su Liceo sólo contaba con doce de vida”. (Leofric Stocks, J. 1999. pp. 10-15).

Tareas para reflexionar

- a) Aristóteles escribió prácticamente de todo y también se equivocó en muchas cosas. Lo mismo sucedió con muchas de las ideas de Platón. Los dos, trataron de lograr sintetizar toda la experiencia cualitativa de los seres humanos que existía en la Antigüedad. Sobre todo para Aristóteles la filosofía significaba <admiración>, o sea, admirar a la naturaleza y al ser humano. Esta admiración, fue la que causó interrogantes que ya no podían ser resueltos por los viejos esquemas religiosos y míticos y ellos, principalmente, intentaron darle respuestas <más científicas>. Hoy en día casi que ignoramos sus trabajos y hasta hay quien pueda reírse de sus ideas por considerarlas tontas. ¿Podieran reírse de nuestras ideas científicas y nuestros avances tecnológicos, los habitantes de este planeta dentro de varios siglos? Piense bien y detenidamente para dar su respuesta.

Epicuro de Samos (340-270 A.C)



Epicuro

“Epicuro (340-270 A.C) y el poeta romano Lucrecio (c. 100-50 A.C) incorporaron el atomismo de Demócrito en un sistema de ética, un esquema moral y religioso en el cual la naturaleza, libre de los presagios y tabúes de las religiones organizadas de la época, debía ser aceptada en su majestad y belleza, sin atribuciones gratuitas de venganza y capricho” (Arons, 1970, p. 698)

“Según la Física de Epicuro, toda la realidad está formada por dos elementos fundamentales. De un lado los átomos, que tienen forma, extensión y peso, y de otro el vacío, que no es sino el espacio en el

cual se mueven esos átomos. Las distintas cosas que hay en el mundo son fruto de las distintas combinaciones de átomos. El ser humano, de la misma forma, no es sino un compuesto de átomos. Incluso el alma está formada por un tipo especial de átomos, más sutiles que los que forman el cuerpo, pero no por ello deja el alma de ser material. Debido a ello, cuando el cuerpo muere, el alma muere con él. Con respecto a la totalidad de la realidad Epicuro afirma que ésta, como los átomos que la forman, es eterna. No hay un origen a partir del caos o un momento inicial. Tal y como leemos en la Carta a Heródoto: <Desde luego, el todo fue siempre tal como ahora es, y siempre será igual>. Esta concepción atomista procede de Demócrito, pero Epicuro modifica la filosofía de aquél en aspectos importantes, pues no acepta el determinismo que el atomismo conllevaba en su forma original. Por ello, introduce un elemento de azar en el movimiento de los átomos, llamado clinamen, una desviación de los átomos en su caída en el vacío, es decir, una desviación de la cadena de las causas y efectos, con lo que la libertad queda asegurada y se anticipa a la evolución. Este interés por parte de Epicuro en salvaguardar la libertad es fruto de la consideración de la ética como la culminación de todo el sistema filosófico al cual se han de subordinar las restantes partes. Estas son importantes tan sólo en la medida en que son necesarias para la ética, tercera y última división de la filosofía”. (Wikipedia)

Para Epicuro los “átomos se moverían a causa de su gravedad, al caer en el vacío, y no lo harían de forma predeterminada, sino que irían cambiando en su movimiento; es decir, se moverían al azar. En su caída podrían sufrir de repente un viraje o desviación, lo que hacía posible que se combinaran unos con otros...Las desviaciones de los átomos al caer en el vacío y combinarse entre sí representaban, en realidad, la voluntad libre del hombre. El mundo sería finito y, en definitiva, una combinación de átomos, producto del azar, y no habría una separación del alma y el cuerpo, por lo que el alma no sería inmortal. Con todo esto lo que pretendía esta doctrina era despojar a la naturaleza de lo terrorífico en un mundo como el de aquella época, lleno de religiones mistericas. Y así, ya que no habría que temer ni a los dioses ni a la muerte. De todos los escritos de Epicuro, unos trescientos, queda muy poco. Sus ideas son conocidas a través del texto del latino Lucrecio, De Rerum natura (aprox.55a.C.), que recoge sus teorías”. (Esteban Santos, S., 2002, p.47)

Tareas para reflexionar

- a) ¿Qué relación existe entre la “teoría del clinamen” y el “primer motor inmóvil”? Aquí se unen las ideas de Epicuro, Lucrecio y Aristóteles.

Lucrecio Caro (c. 100-50 A.C)



Se hace aquí, un resumen de las principales atomísticas de Lucrecio, en su libro sobre <La Naturaleza de las Cosas>.

<LIBRO PRIMERO>

En el <Libro Primero> se encuentra el siguiente escrito de Lucrecio: “Invocación a la diosa Venus. Creación y transformación de los átomos,

naturaleza del alma; necesidad de vencer el temor a los dioses y a la muerte. Los átomos son compactos, eternos e indivisibles. El espacio y la materia son infinitos. El poeta como salud del alma, capaz de eliminar el miedo y los desbordes emocionales.” (Lucrecio, 1918, p. 2)

“¿Qué diferencia habrá de un cuerpo grande Al cuerpo más pequeño? Suponiendo Que el todo es infinito, sin embargo, De partes infinitas igualmente Se compondrán los átomos más breves: Mas como la razón no lo comprenda, Convencido es preciso que confieses Que los simples corpúsculos terminan La división y solidez eterna. Si la naturaleza creadora No acostumbra a reducir los seres Á sus mínimas partes, no podría Rehacer unos de otros, destruidos: Pues siendo todavía divisibles, No podría enlazarse la materia, Ni tener pesadez, ni ser chocada, Ni encontrarse con otro ni moverse...” (Lucrecio, 1918, p. 17)

“Tampoco debes dar la misma forma a los átomos fétidos que vienen De un cadáver quemado, a los que exhalan En el teatro aromas de Cilicia, Y los olores del páncreo unguento Que embalsama los templos de los dioses. Ni los bellos colores se componen De los mismos principios, si recrean La vista, ó si la punzan de manera Que nos hacen llorar, ó la torcemos, Por ser horribles y de hedionda forma: Luego todos los cuerpos que recrean Y halagan los sentidos son formados De los átomos finos; y al contrario, Los cuerpos que son ásperos, molestos, De elementos más rudos é imperfectos.” (Lucrecio, 1918, p. 17)

“¿No se forma La luz, acaso, de átomos más finos Que los que forman a las aguas bellas? Se cuele en un instante por el filtro El vino, y el aceite gota a gota; Porque éste se compone de principios Más densos, más unidos y enlazados, Con tanta prontitud no se separa, Pasando lentamente por el filtro.” (Lucrecio, 1918, p. 39)

“Por las distintas formas de los átomos. Deben los cuerpos duros y compactos Tener unos principios más curvados, Más unidos, ramosos y enlazados...” (Lucrecio, 1918, p. 40)

“No debes admirarte cuando veas Cuerpos a un tiempo fluidos y amargos, Como el agua del mar, pues se componen De unos átomos lisos y redondos Los fluidos, mezclándose con ellos Punzantes elementos, causadores De dolor: sin embargo, no es preciso Sujetarlos por medio de corchetes; Basta que sean redondos y escabrosos...” (Lucrecio, 1918, p. 41)

Tareas para reflexionar

- a) Los científicos siempre buscan explicaciones para todos los fenómenos que ocurren en las diferentes esferas de la realidad. En el caso de la estructura interna de los cuerpos, vivos o no vivos, muchas ideas surgieron, como se ha visto con anterioridad. Ideas que fueron desde el agua hasta el mismísimo átomo. Como usted sabe, en el átomo hay electrones (carga negativa) y protones (carga positiva). ¿En qué grado afectaría a la Naturaleza, si es que la

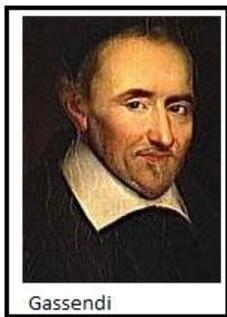
afecta, el considerar que el electrón tiene carga positiva y el protón carga negativa?

- b) Aristóteles fue un hombre que cometió varios errores en sus explicaciones sobre diferentes fenómenos en la Naturaleza. Considera usted que por ello no deba ser considerado sabio. ¿Por qué?

El estado del arte del Atomismo del Siglo XVII

No es hasta el siglo XVII que se vuelve a retomar las ideas atomísticas desarrolladas en la Antigüedad.

En este siglo, vemos como “Descartes, quien como los aristotélicos se negaba a aceptar la concepción de un vacío absoluto, poblaba su totalidad con partículas de igual tamaño en constante movimiento circular. El rozamiento de las partículas entre sí generaba finas partículas esféricas y llenaba los intersticios con materia cada vez más fina, materia dividida. Estas dos clases de sutiles partículas proporcionaba un vacío relativo para una tercera clase de partículas menos finas, más lentas y que poseían una inercia apreciable y que, en agregación, presentaban las propiedades de la materia.” (Arons, 1970, p. 699)



Por otro lado, “en 1649...Peter Gassendi (1592-1665) publicó un tratado que abarcaba la doctrina epicúrea de los átomos...asegurando que los átomos no eran eternos, sino creados por Dios.” (Arons, 1970, p. 699)

Gassendi, al respecto, escribe, “en la misma forma en que las letras son los elementos de la escritura y de las letras son formadas las primeras sílabas, y entonces sucesivamente las palabras, frases y discursos, los átomos también son los elementos de todas las cosas.

A partir de los átomos se juntan las moléculas más pequeñas, primero y después sucesivamente otras algo más grandes, otras más grandes aún, los cuerpos más finos y primitivos y finalmente los cuerpos más grandes.” (cit. por Arons, 1970, p. 699).

“Gassendi, es conocido por haber tratado de reconciliar el atomismo de Epicuro con el pensamiento cristiano, sustituyendo los átomos infinitos, eternos y semovientes de Epicuro por un número finito de átomos creados e impulsados por Dios. Entre sus convicciones encontramos las siguientes: La materia está formada por partículas indivisibles o átomos e Imaginó a los átomos diminutos y compactos, de tamaños diferentes. Fue adversario del cartesianismo (mantuvo relación epistolar con Descartes, acusándole de cometer errores y presentándole sus objeciones) y del aristotelismo escolástico (consideraba que los silogismos no servían para probar nada). Resucitó el atomismo materialista de Epicuro y Lucrecio. Entre sus obras destacan Anotaciones al décimo libro de Diógenes Laercio y, sobre todo, Disquisición metafísica (<Sintagma philosophicum>, 1658), un extenso tratado atomista que contiene una sección de lógica (<Institutio lógica>) donde Gassendi explica cómo forma la mente los universales a partir de los singulares sensibles por unión o separación”. (Wikipedia)

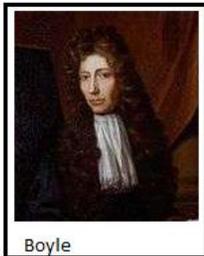
Newton, también toma parte en el asunto de los átomos y su libro “Opticks”, escribió:

“Me parece probable que Dios en el principio formó la materia en partículas sólidas, masivas, duras, impenetrables y movibles, de tales formas y tamaños y con tales otras propiedades y en tal proporción respecto al espacio, que la mayoría conducía al fin para el cual las formó; y que estas partículas primitivas siendo sólidas, son incomparablemente más duras que cualesquiera cuerpos porosos compuestos por ellas; aún tan completamente duras, que nunca se desgastan o rompen en pedazos; no habiendo potencia ordinaria capaz de dividir lo que el mismo Dios hizo en la primera creación... Y, por tanto, esa naturaleza puede ser perdurable, los cambios de las cosas corpóreas deben colocarse solamente en las varias separaciones y nuevas asociaciones de estas partículas permanentes...Ahora, con la ayuda de estos principios, todas las cosas materiales parecen haber estado compuestas de las partículas duras y sólidas anteriormente mencionadas, asociadas variadamente en la primera creación por el consejo de un agente inteligente. Pues él fue el que las creó para ponerlas en orden. Y si así lo hizo, no es filosófico buscar otro origen del universo, o de pretender que podría resultar de un caos por las simples leyes de la naturaleza: aunque habiendo sido formado una vez puede continuar por aquellas leyes durante muchas edades”. (cit. por Arons, 1970, p. 700).

Tareas para reflexionar

- a) Como fue escrito con antelación, Gassendi, es conocido por haber tratado de reconciliar el atomismo de Epicuro con el pensamiento cristiano y Newton hizo algo muy similar. ¿El hecho de hacer ciencia desde la perspectiva de la religión afecta en algo el resultado a obtener a través de las investigaciones? ¿Qué opina usted acerca del dilema <Ciencia o Religión>? Para usted, ¿cómo surgió el mundo, por <evolución> o por <creación>?

Los elementos químicos

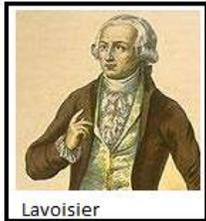


Robert Boyle (1627-1691), por su parte, va más allá de la concepción de los átomos y comienza a conceptualizar a los elementos, al escribir acerca de cómo reconocer, identificar y nombrar una sustancia material, cuando escribe que: “Si usted le pregunta a un hombre lo que es el oro, si él no le puede mostrar una pieza de oro...se lo describirá usted como un cuerpo que es extremadamente pesado, muy maleable y dúctil, fundible y, sin embargo, constante en el fuego y de un color amarillento; y si le ofrece cambiárselo por una pieza de latón, el rehusará y...le dirá, que aunque un latón tenga un color parecido, no están pesado, ni tan maleable, ni resistirá como el oro el máximo embate del fuego, o resistirá el agua fuerte. Y si le pregunta a los hombres lo que se entiende por un rubí, o el nitro o una perla, ellos le darán respuestas semejantes...” (cit. por Arons, 1970, p. 700)

“La identificación de las sustancias químicas requirió mediciones físicas cada vez más precisa de pesos, volúmenes y temperaturas...densidades, puntos de fusión y ebullición...”.

En el 1661, Robert Boyle (1627-1691) escribió en el <Sceptical Chymist>:

“...Yo ahora, quiero dar a entender por elementos...ciertos cuerpos primitivos y simples, o perfectamente no mezclados; los cuales, no estando compuestos de otros cuerpos, o de algún otro, son los ingredientes de los cuales todos aquellos cuerpos perfectamente mezclados están inmediatamente compuestos y en los cuales finalmente se descomponen...” (cit. por Arons, 1970, p. 701)



Años después, Lavoisier (1743-1794), mejora el concepto de elemento al escribir: “...si, por el termino elemento, queremos expresar aquellos átomos simples indivisibles de los cuales está compuesta la materia, es extremadamente probable que no sepamos nada sobre ellos; pero, si aplicamos el termino elementos o cuerpos elementales para expresar nuestra idea del último punto al cual el análisis químico es capaz de alcanzar, debemos admitir, como elementos, todas las sustancias a las cuales seamos capaces, por cualesquiera medios, de reducir los cuerpos por descomposición. No porque estamos autorizados a afirmar que estas sustancias que consideramos tan simples que no puedan que no puedan estar compuestas de dos, o aún un número mayor de elementos; pero, como estos elementos no pueden ser separados, o más bien como hasta aquí no hemos descubierto los medios para separarlos, ellos actúan con respecto a nosotros como simples sustancias y nunca deberemos suponerlas compuestas hasta que el experimento y la observación lo hayan demostrado”. (cit. por Arons, 1970, pp. 700-702)

Bajo esta definición de Lavoisier, ya podían clasificarse como elementos el cobre, zinc, hierro, plomo, estaño y el mercurio. Como sustancias, el azufre y el carbono y los gases llamados oxígeno, nitrógeno e hidrógeno. La lista también incluía al fluido calórico, luego refutado como tal, y otro número de sustancias como la sal, cal, sosa y potasa que no pueden descomponerse por medios químicos ordinarios y que aguardaron hasta el descubrimiento de la electrolisis para ser identificados como compuestos.

Tareas para reflexionar

Los símbolos modernos para representar los elementos químicos se deben a Berzelius, ¿Bajo qué criterios se basó él para hacerlo?

Compuestos, mezclas y la ley de proporciones definidas



“Siguiendo con la línea de pensamiento hasta aquí desarrollada, se destaca que Proust “desarrollo la evidencia numérica para demostrar que, en muchas sustancias, los elementos constituyentes están siempre presentes en peso en una razón fija o en una proporción definida y usó esta propiedad para definir lo que podría llamarse un “verdadero compuesto” en oposición a la “mezcla” ordinaria.” (Arons, 1970, p. 702)

Proust (1754-1826), entonces dice, “...un compuesto...es un producto privilegiado al cual la naturaleza le asigna razones fijas; es, en resumen, un ente que la

naturaleza nunca crea aun cuando ocurre a través de la intervención del hombre, en otra forma que con su balanza en la mano... Reconozcamos que las propiedades de los verdaderos compuestos son invariables como lo es la razón de sus constituyentes. Entre polo y polo, ellos se encuentran idénticos en estos dos respectos; su apariencia puede variar debido a la manera de agregación, pero sus propiedades químicas nunca. Hasta ahora no se han observado diferencias entre los óxidos de hierro del Sur y los del Norte. El cinabrio de Japón está constituido de acuerdo a las mismas razones que el de España. La plata no se oxida o muriatiza en forma diferente en el muriático del Perú que en el de Siberia... Si encontramos imposible hacer una onza de ácido nítrico, un óxido, un sulfuro, una gota de agua, en razones diferentes a aquellas que la naturaleza les ha asignado desde la eternidad, debemos reconocer que existe una balanza la cual... regula incluso en nuestros laboratorios las razones de los compuestos." (cit. por Arons, 1970, pp. 702-703)

Se aclara, que, en términos modernos, muriático, es el ácido clorhídrico.

Opuesto a las ideas de Proust, C. L. Berthollet (1748-1822), señaló, que existen "numerosas sustancias en las cuales el cambio químico parecía que ocurría en proporciones continuamente variables hasta cierto valor máximo constante. Por ejemplo, el azúcar y la sal se disuelven en el agua en proporciones continuamente variables, hasta que se obtiene la saturación; el oxígeno parece que se combina con el cobre en proporciones variables, formando una serie indefinida de óxidos de color progresivamente variable." (cit. por Arons, 1970, p. 703)

A lo anterior, Proust respondió, "La atracción que hace que el azúcar se disuelva en el agua puede o no ser la misma que hace que una cantidad fija de carbono y de hidrógeno reaccionen con otra cantidad de oxígeno para formar el azúcar de nuestras plantas, pero lo que si vemos claramente es que estas dos clases de atracciones son tan diferentes en sus resultados que es imposible confundirlas." (cit. por Arons, 1970, p. 703)

Esta controversia entre estos dos grandes químicos llevó a que se aclarara la distinción conceptual entre mezclas y los verdaderos compuestos químicos. Por supuesto, Proust fue el ganador y a lo descubierto por él se le conoce como ley de las proporciones definidas.

Tareas para reflexionar

- a) Louis-Joseph Proust fue también profesor y, como dato curioso, hay que señalar que ejerció tal función precisamente en España, donde enseñó química (entre 1777 y 1807) en Vergara, Segovia y Madrid. Era el reinado de Carlos IV y en aquella época había una gran preocupación por la química en España, debido fundamentalmente al hecho de los riquísimos yacimientos de minerales de las colonias americanas, razón por la que Proust fue llamado para que contribuyera al desarrollo de la química española. En cuanto a Claude-Louis Berthollet (1748-1822) fue profesor de química en París y colaborador de Lavoisier sobre todo en la elaboración de la nueva

nomenclatura. Sin embargo, en su labor de profesor no fue muy brillante, debido más que nada a sus pocas dotes como comunicador. A pesar de ello, tuvo importantes discípulos y ayudantes —entre los que se encontraba Gay Lussac— a los que siempre orientó y ayudó muchísimo. Pero tal vez por lo que se recuerde más sea por la controversia que mantuvo con Proust. ¿Qué otras características, además de la de buen comunicador, debe tener un profesor de Química y Física? ¿Cuáles otros científicos dedicados a la Física y la Química, han sido profesores y han tenido éxito en esta profesión? ¿Qué otros científicos dedicados a la Física y la Química, han sido más recordados por sus controversias que por sus aportes a la ciencia?

Conociendo a John Dalton



“John Dalton nació en Eaglesfield (Inglaterra) el 6 de septiembre de 1766, en el seno de una humilde familia cuáquera. Se aclara que aquellos pertenecientes a la Sociedad Religiosa de los Amigos, generalmente conocida como los cuáqueros o amigos, es una comunidad religiosa disidente fundada en Inglaterra por George Fox (1624–1691)”.

“Este último aspecto, el religioso, es muy importante y probablemente una de las causas finales de su trayectoria científica. Los miembros de la sociedad cuáquera rechazaban la enseñanza oficial, pero tenían un sistema educativo propio que resultaba mejor, sumamente cuidado y estructurado. Dalton estudió así tanto disciplinas de tipo humanístico —griego, latín, francés y filosofía, por ejemplo—, como ciencias y matemáticas”.

“Su padre era tejedor y su madre una campesina. John recibió su educación primaria de la mano de su propio padre y de John Fletcher, el maestro de la escuela cuáquera de Eaglesfield. También Elihu Robinson, un adinerado cuáquero, apasionado de la meteorología y que se fabricaba sus propios instrumentos, se convirtió en el mentor de Dalton y fue una rica fuente de estimulación mental para el muchacho en matemáticas y ciencia, especialmente en meteorología. La jubilación de Fletcher en 1778, cuando Dalton contaba con tan solo 12 años, convirtió a este último en un prematuro maestro de escuela. Desde muy joven se interesó por la filosofía natural de Newton, por la geometría y también por la meteorología. Pero, ante todo, era un gran docente y en realidad continuó con esa actividad toda su vida”.

“Hacia 1790 parece que barajó la posibilidad de dedicarse al estudio de leyes o medicina, pero no fue apoyado por su familia y finalmente, se marchó a Manchester donde fue contratado como profesor de matemáticas y filosofía natural (ciencias naturales) en el New College, un centro creado por los presbiterianos para dar educación primaria a futuros alumnos de Oxford y Cambridge”.

“También en Manchester conoció al que después fuera un físico notable, James Prescott Joule, al que daba clases particulares, labor que cuando dejó el New College

compaginaba con su trabajo como asesor industrial y con sus actividades en investigación científica.

Allí pasó el resto de su vida ejerciendo como profesor y más tarde también como tutor privado, enseñando matemáticas y física para sufragar sus experimentos. Dalton poseía una gran iniciativa y tenacidad y a pesar de ser “un experimentador algo tosco” (como le llamo Davy) poseía sin embargo una visión preclara para la elaboración de modelos teóricos que permitiesen explicar los hechos experimentales. Resulta difícil de creer que a pesar de disponer de materiales de laboratorio caseros y más bien rudos, que proporcionaban datos no demasiado precisos, mediante sus experimentos y observaciones Dalton obtenía la suficiente información para poder vislumbrar las pistas que le conducían hacia las respuestas correctas, lo cual sólo puede interpretarse desde una mente visionaria y una intuición prodigiosa”.

“En 1787 Dalton comenzó una serie de estudios meteorológicos que continuó durante 57 años, acumulando un total de 200.000 observaciones y medidas. La pasión de Dalton por la meteorología le llevó a estudiar un gran número de fenómenos y a desarrollar y perfeccionar la instrumentación necesaria para realizar sus mediciones diarias de temperatura, presión atmosférica y pluviometría, siendo el primero en demostrar que la lluvia se produce por un descenso de temperatura y no por un cambio de la presión atmosférica”.

“A lo largo de su vida recibió el reconocimiento del mundo científico, como lo demuestran los títulos honoríficos concedidos por algunas universidades (como Oxford y Edimburgo) y el reconocimiento póstumo del mismo gobierno de su país, en plena época victoriana. Muere el 27 de Julio de 1844”. (Esteban Santos, S., 2002; Wikipedia)

Tareas para reflexionar

- a) Dalton escribió, “el intentar concebir el número de partículas en un gas es algo así como si intentásemos concebir el número de estrellas en el universo... pero si tomamos un volumen dado de cualquier gas, nos parece que si hacemos las divisiones muy pequeñas, el número de partículas debe ser finito lo mismo que en un espacio dado del universo el número de estrellas y planetas no puede ser infinito”. Esta forma de pensar de Dalton es muy típica en la manera de pensar en un científico y de hacer ciencia. ¿Qué nombre recibe la misma?

Aspectos interesantes de la vida de Dalton

“Como se conoce, Dalton fue un devoto admirador de Newton y por ello siempre estuvo profundamente impresionado con el éxito de este último, al explicar la mecánica terrestre y celestial en términos de fuerzas entre partículas y muy influido por el atomismo newtoniano. Esta admiración e influencia la obtuvo a través de la lectura de los <Principia> de Newton, de donde conoció las teorías de éste, así como las de Boyle y de Boerhaave”.

“Esta formación es muy importante a la hora de comprender su labor científica, lo mismo que su interés por la meteorología. La primera investigación científica de Dalton estaba relacionada con la atmósfera. Hizo numerosas investigaciones meteorológicas y publicó un libro sobre esta materia en 1793. Esta última le llevó a estudiar el aire y su composición y a analizar todas leyes de los gases sobre su comportamiento físico (ley de Boyle y ley de la dilatación de los gases)”.

“Su interés en la atmósfera lo condujo a una cuestión que también había sido hecha por Priestley y es: ¿por qué en la atmósfera verticalmente homogénea, de manera que muestras de diferentes altitudes muestran las mismas proporciones de vapor de agua, nitrógeno y oxígeno? Era bien conocido que estos tres gases, cuando puros tenían densidades marcadamente diferentes, aumentando en el orden dado. ¿Por qué no se separan los fluidos como el aceite del agua, consistiendo la atmósfera de una capa inferior de oxígeno, seguida por una capa de nitrógeno, con una capa de vapor de agua flotando en la parte superior?”

“Debido a que el vapor de agua de la atmósfera se precipitaba como lluvia o se condensaba como rocío, pensó que ese vapor de agua se hallaría disperso entre las demás partículas de aire. Esto le llevó a opinar, contrariamente a muchos otros científicos, que igualmente todos los otros gases atmosféricos estarían mezclados y no se combinarían químicamente entre sí. Imaginó que las partículas de esos gases — oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono y vapor de agua— no se combinaban porque entre ellas habría unas fuertes repulsiones, debidas a su vez a una especie de envoltura de calor que rodeaba a esas partículas. Se trataba del calórico, concepto manifestado ya anteriormente por Lavoisier. Estas ideas y sus trabajos experimentales le condujeron a enunciar la ley de Dalton o ley de las presiones parciales de los gases: en las mezclas de gases todos los constituyentes se comportan como si cada uno estuviera solo ocupando todo el espacio que ocupa esa mezcla, con lo que la presión total de la misma es la suma de las presiones parciales de cada uno de esos gases. Con esta ley explicaba también por qué los gases del aire no se estratificaban en orden de densidades, sino que constituían una mezcla homogénea”.

“El interés por el tamaño de las partículas va a ser una cuestión fundamental en las ideas de Dalton para su teoría atómica: le lleva a determinar los pesos relativos de las partículas de los gases—es decir, comparados con otro peso tomado como unidad— porque con ese dato y el de la densidad llegaba fácilmente a obtener el tamaño. Es decir, Dalton introduce la idea de átomos con peso. Por otra parte, el 21 de octubre de 1803 da una conferencia ante la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester, uniendo estas ideas a las que le llevarían a enunciar poco después —en 1804— la ley de las proporciones múltiples. Ésta es una fecha memorable, ya que desarrolla brevemente las bases de su teoría atómica. Intenta dar una explicación a todas esas observaciones recurriendo a la teoría atómica. Pero no en el sentido del «átomo» de los griegos ni en el de la «partícula» de Boyle: ese algo que antes se llamaba átomo o partícula sin concretar lo que era, va a tener ahora un sentido mucho más preciso”.

“Dalton parte de tres premisas: 1. Toda la materia estaba compuesta por átomos sólidos, indivisibles e incompresibles, rodeados por una atmósfera de calor. 2. Los átomos eran indestructibles, por lo que conservaban su identidad en cualquier reacción química. Así justificaba la ley de conservación de la masa y la de los elementos. 3. Los átomos de cada elemento eran iguales entre sí, pero diferentes a los de los demás elementos.

Habría así tantos átomos como elementos. Con ello proporcionaba un modelo que también justificaba la ley de la composición constante de las combinaciones químicas y además la ley de las proporciones múltiples, porque para Dalton las reacciones químicas se interpretarían como:

<Una reorganización de los átomos en unas nuevas agrupaciones, o moléculas, sin que los átomos sufriesen ninguna alteración>.

“Los átomos ya eran algo real, y no sólo un ente teórico, puesto que tenían un peso que podía calcularse experimentalmente. Los átomos de los epicúreos estaban constituidos por el mismo tipo de materia, aunque con distinta forma. Ahora los átomos de cada elemento eran diferentes. Comenzó así a calcular pesos atómicos, publicando su primera tabla con los pesos atómicos relativos de seis elementos en 1805, en una memoria de la Sociedad Literaria y Filosófica de Manchester”. (Esteban Santos, S., 2002; Arons, A.B., 1970).

Tareas para reflexionar

- a) Dalton estimaba que el aire – en contra de la creencia del momento – estaba formado por un 80 % de Nitrógeno y un 20 % de Oxígeno, y que no era un elemento por sí mismo. ¿Las anteriores proporciones son exactamente así para el aire? Si o No. ¿Por qué? ¿Por qué el aire no es un elemento químico?

La formación de moléculas y las ideas de Dalton

Entre los seguidores de la ley anteriormente planteada se encontraba John Dalton (1766-1844) quien, entre 1803 y 1807, realizó trabajos sobre la teoría atómica y sus resultados los escribió en su libro <A New System of Chemical Philosophy>, en 1808.

“Fue su interés por la controversia entre Proust y Berthollet la que concitó su atención sobre la naturaleza de las partículas que forman la materia. La hipótesis de que todos los átomos de un mismo elemento son iguales en peso, forma, etc., rondaba aparentemente en la cabeza de Dalton ya en 1802, pues comenzó a trabajar en su laboratorio tratando de relacionar masas de combinación. Si todas las partículas últimas, como él las llamaba, de un mismo elemento tienen el mismo peso y si cuando los elementos se combinan para formar un compuesto lo hace una relación numérica definida, la composición de la sustancia resultante debe ser constante. De allí que más adelante escribiría”: (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“... Las opiniones a que me refiero en particular son las de Berthollet sobre las leyes de la afinidad química, como son que la afinidad química es proporcional a la masa y

que en todas las uniones químicas existen grados insensibles en las proporciones de los principios constituyentes. La inconsistencia de estas opiniones, tanto con la razón como con la observación, pienso que no pueden dejar de llamar la atención de cualquiera que adquiera una visión apropiada de los fenómenos....” (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“En octubre de 1803, el germen de la Teoría Atómica bullía en la cabeza de Dalton aunque no le podía dar la forma científica adecuada para presentarla en sociedad. El 21 de ese mes lee ante el auditorio de la <Philosophical Society> de Manchester el artículo <Sobre la Absorción de los gases por el agua y otros líquidos> donde corrobora los experimentos de William Henry y que hoy se conoce como <Ley de Henry> y establece lo que hoy se conoce como “Ley de las presiones parciales”. (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“En este artículo recurre a la hipótesis <de la acción independiente de los fluidos elásticos al ser mezclados> y del comportamiento de los gases como un conjunto de partículas en movimiento. Afirma que:

“... Todos los gases que penetran en el agua y otros líquidos por medio de una presión, están mezclados mecánicamente con el líquido y no combinados químicamente con él... Los gases mezclados de esta manera con el agua, etc., retienen la elasticidad o poder repulsivo entre sus propias partículas exactamente lo mismo en el agua que fuera de ella, no interviene el agua ni tiene mayor influencia al respecto que el mero vacío ...Una partícula de gas que presione sobre la superficie del agua es semejante a una única bala que presiona sobre la cumbre de una pila de balas de base cuadrada ...” Aquí subyace la concepción mecánico - cinética de que los gases están formados por partículas en movimiento y vacío”. (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

Finalmente comenta:

“... la mayor dificultad concerniente a la hipótesis mecánica surge de que los diferentes gases cumplen leyes diferentes ¿Por qué el agua no admite el mismo volumen de cualquier clase de gas? He considerado debidamente esta cuestión, y aunque no puedo darme todavía por satisfecho estoy casi persuadido de que la circunstancia depende del peso y número de las partículas últimas de los diferentes gases: son menos absorbibles aquellas cuyas partículas son simples y más livianas y las otras son tanto más a medida que aumentan en peso y complejidad. Una investigación sobre los pesos relativos de las partículas últimas de los cuerpos es un tema, que yo sepa, enteramente nuevo: he estado últimamente realizando esta investigación con éxito notable. El fundamento de ella no tiene cabida en este escrito, solamente incluiré los resultados que parezcan confirmados por mis experimentos...” (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“Curiosamente, el conocimiento de los principios de la Teoría Atómica de Dalton no se debió a su autor sino a Thomas Thomson (1773 - 1852) quien en 1807, en la tercera edición de su libro <A System of Chemistry> expuso las suposiciones que se deben efectuar respecto de la composición de las sustancias para deducir a partir de los

análisis cuantitativos de las mismas los pesos atómicos de los elementos”. (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“En 1808, cinco años después de aquella lectura en la <Philosophical Society> Dalton publica su teoría en el Volumen I de la primera edición de <A New System of Chemical Philosophy>. Tanto su austero espíritu cuáquero como la meticulosidad de los experimentos con que intentó corroborar sus hipótesis fueron los responsables de esa demora. De esa edición rescatamos los siguientes párrafos que sintetizan los postulados de la teoría y algunas de sus hipótesis auxiliares”. (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“El preguntarse si las partículas últimas de un cuerpo, tal como el agua, son todas semejantes, esto es, de la misma forma, peso, reviste bastante importancia. De lo que conocemos, no tenemos razón para suponer alguna diversidad en estos aspectos: si ella existe en el agua, debe existir igualmente en los elementos que constituyen el agua; a saber hidrógeno y oxígeno. Ahora bien, es casi imposible concebir como los agregados de partículas diferentes pueden ser tan uniformemente iguales. Si algunas de las partículas de agua fuese más pesada que las otras y si alguna porción del líquido estuviera, en alguna ocasión, constituida principalmente por estas partículas más pesadas, debe suponerse que esto afectará al peso específico de la masa, circunstancia no conocida. Por lo tanto, podemos concluir que las partículas últimas de todos los cuerpos homogéneos son perfectamente iguales en peso, forma, etc., En otras palabras, cada partícula de agua es igual a toda otra partícula de agua, cada partícula de hidrógeno es igual a toda otra partícula de hidrógeno, etc.,...” (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“...Cuando un cuerpo existe en estado elástico, sus partículas últimas están separadas una de otra por una distancia mayor que cualquier otro estado. Cada partícula ocupa el centro de una esfera relativamente grande y sostiene su posición manteniendo a todas las demás... a una distancia considerable. El intentar concebir el número de partículas en un gas es algo así como si intentásemos concebir el número de estrellas en el universo... pero si tomamos un volumen dado de cualquier gas, nos parece que si hacemos las divisiones muy pequeñas el número de partículas debe ser finito lo mismo que en un espacio dado del universo el número de estrellas y de planetas no puede ser infinito”. (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

“ ... Uno de los grandes objetos de este trabajo es mostrar la importancia y la ventaja de asegurar los pesos relativos de las partículas últimas, tanto de los cuerpos simples como de los compuestos, el número de partículas simples elementales que constituyen una partícula compuesta y el número de partículas menos compuestas que entran en la formación de una más compuesta”. (Katz, M., 2011. Pp. 89-91)

Sus ideas básicas se escriben a continuación:

“La materia, aunque divisible en grado extremo, sin embargo, no es infinitamente divisible. Es decir, debe haber cierto punto más allá del cual no podemos continuar en la división de la materia...He escogido la palabra átomo para designar estas últimas

partículas... Si algunas partículas de agua fueran más pesadas que otras, si una porción de líquido en cualquier ocasión estuviera constituida principalmente de estas partículas más pesadas, debe suponerse que se observarían variaciones en la densidad de diferentes muestras de agua, una circunstancia no conocida. Observaciones semejantes pueden hacerse en otras sustancias. Por tanto, que las últimas partículas de todos los cuerpos homogéneos son perfectamente iguales en peso, figura, etc. En otras palabras, cada partícula de agua es igual que cualquier otra partícula de agua; cada partícula de hidrógeno es igual que cualquier otra partícula de hidrógeno, etc... El análisis químico y la síntesis no van más allá de la separación de las partículas entre sí y a su reunión. Ninguna creación o destrucción nuevas de la materia se encuentra dentro del alcance del agente químico. Podríamos intentar introducir un nuevo planeta en el sistema solar, o aniquilar alguno que ya existiera, como crear o destruir una partícula de hidrógeno. Todos los cambios que podemos producir consisten en separar partículas que están en un estado de cohesión o combinación y uniendo aquellas que previamente se hallaban a una distancia..."

"En todas las investigaciones químicas, ha sido considerado justamente un objeto importante al, asegurarse de los pesos relativos de los elementos simples que constituyen un compuesto. Pero desafortunadamente la búsqueda ha terminado aquí; mientras que de los pesos relativos en la masa, los pesos relativos de las partículas últimas o átomos de los cuerpos podrían haber sido inferidos de los cuales su número y peso aparecería en varios otros compuestos a fin de ayudar y guiar investigaciones futuras y corregir sus resultados... Ahora es un gran objetivo de este trabajo demostrar la importancia y ventaja de asegurarse de los pesos relativos de las partículas últimas, tanto de cuerpos simples como compuestos y del número de partículas elementales simples (átomos) las cuales constituyen una partícula compuesta (molécula)..." (Arons, 1970, pp. 705-706).

Ahora bien, Dalton va más allá en cuanto a formación de moléculas en base a los átomos y trabaja en el modelo atómico-molecular, respondiendo a la pregunta: ¿es posible inferir las fórmulas de los compuestos (número de átomos de cada elemento en la molécula) de los datos químicos disponibles?

"Si existen dos elementos, A y B, que están dispuestos a combinarse, el siguiente es el orden en el cual las combinaciones pueden tener lugar, principiando con la más simple, a saber,

1 átomo de A + 1 átomo de B = 1 (molécula) de C, binaria (compuesto AB)

1 átomo de A + 2 átomos de B = 1 (molécula) de D, ternaria (compuesto AB₂)

2 átomos de A + 1 átomo de B = 1 (molécula) de E, ternaria (compuesto A₂B), etc."

Luego realiza una hipótesis:

“Las siguientes reglas generales pueden ser adoptadas como guías en todas nuestras investigaciones respecto a la síntesis química:

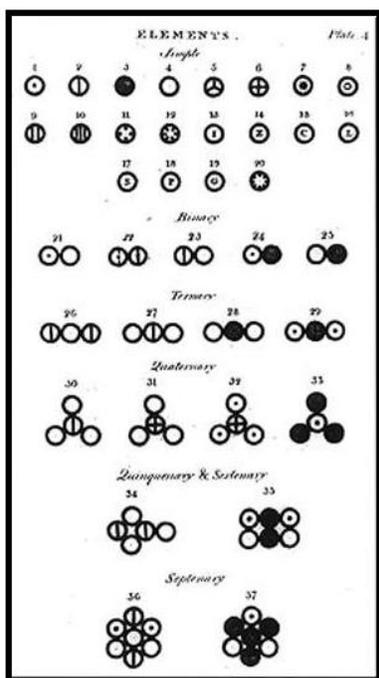
Primero: cuando solamente una combinación de dos elementos puede ser obtenida, debe suponerse que es la binaria, excepto que cierta causa haga aparecer lo contrario.

Segundo: cuando dos combinaciones son observadas, debe suponerse que deben ser una, binaria y otra, ternaria.

Tercero: cuando tres combinaciones son obtenidas, podemos esperar que una sea binaria y las otras dos ternarias...”

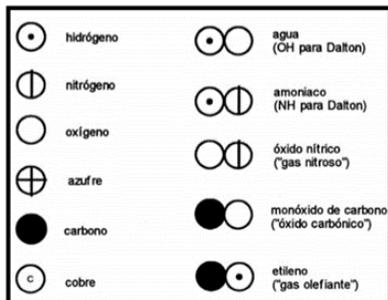
“De la aplicación de estas reglas a los hechos químicos ya bien confirmados, deducimos las siguientes conclusiones: que el agua es un compuesto binario (HO) del hidrógeno y el oxígeno y los pesos relativos de los dos átomos elementales son 1:7, aproximadamente; que el amoníaco es un compuesto binario (NH) de hidrógeno y nitrógeno...y los pesos relativos de los dos átomos son: 1:5, aproximadamente...que el óxido carbónico es un compuesto binario (CO), consistente de un átomo de carbón y uno de oxígeno, pesando juntos aproximadamente 12; que el ácido carbónico es un compuesto ternario...consistente de un átomo de carbón y dos de oxígeno (CO₂), juntos pesando 19...En todos estos casos los pesos están expresados en átomos de hidrógeno cada uno de los cuales está denotado por la unidad...” (Arons, 1970, pp. 707-708)

Lo anterior, escrito por Dalton, se le conoce como regla de la máxima sencillez, la cual es rechazada en la actualidad. Aunque el adivinó algunas fórmulas correctamente, muchas de sus suposiciones estaban equivocadas; por ejemplo, el agua y el amoníaco, no son compuestos binarios. Pero el trabajo de Dalton sirvió de base a otros más atinados, como siempre ha ocurrido en la historia de las ciencias.



Dalton introdujo”... un sistema de notación para los elementos, compuestos y reacciones. Representó átomos de elementos por círculos con varios símbolos (tales como puntos, líneas y letras) dentro; las moléculas de compuestos eran indicadas por agrupamientos apropiados de los círculos”. (Arons, 1970, p. 709).

“Estos símbolos tenían un significado muy diferente al de los símbolos de los alquimistas, que representaban las sustancias sin hacer distinción de los elementos integrantes. Lavoisier en su trabajo sobre la nomenclatura química había señalado la necesidad de un cambio en este sentido. Dalton llegó a simbolizar 20 elementos y 17 compuestos” (Esteban Santos, S. 2002, p.136), algunos de ellos son mostrados en este diagrama donde se representan 11 de los símbolos mencionados.



“Con su nueva nomenclatura, Dalton pretendía hacer que la expresión de una reacción química fuese algo mucho más cómodo, ya que permitía visualizarla. Pero por otra parte implicaba bastante dificultad a los tipógrafos a la hora de imprimir esos símbolos y, además, iban resultando confusos a medida que se iban descubriendo nuevos elementos. Por ello, surgió otro tipo de símbolos que si bien tenían el mismo significado de fondo, de forma eran muy distintos. Fueron ideados por uno de los

químicos de mayor trascendencia, no sólo en el siglo XIX, sino en toda la historia de la química, Berzelius”. (Esteban Santos, S. 2002, p.136).

Tareas para reflexionar

- “Que parte de la imagen que otros llaman rojo me parece poco más que una sombra o defecto de luz. Después de eso, el naranja, amarillo y verde parecen un color que desciende bastante uniformemente de un intenso color amarillo hasta uno poco frecuente, creando lo que podría llamar diferentes tonos de amarillo” Lo anterior fue escrito por alguien que sufría de daltonismo. ¿Qué es el daltonismo, una enfermedad o un defecto de la visión? ¿En qué consiste el mismo y por qué lleva ese nombre?
- Si el radio de un átomo fuera 10 000 veces más grande que el que realmente tiene, ¿qué usted cree que sucedería en nuestro planeta Tierra?

Ley de las proporciones múltiples

EL modelo atómico de Dalton le condujo a examinar los datos ya disponibles en una manera diferente.

“En muchos experimentos se había constatado que, muy frecuentemente, dos elementos al combinarse daban lugar no sólo a un compuesto, sino a dos o incluso más compuestos diferentes. Dalton trabajó intensamente en esta dirección y analizó ponderalmente estos procesos, con lo que llegó a enunciar en 1804 la ley de las proporciones múltiples. Según ésta las masas de un mismo elemento que se combinan con una masa fija de otro para dar compuestos diferentes, guardan entre sí una relación de números sencillos”. (Esteban Santos, S. 2002, p.129).

“Dalton señaló que no siempre deberían esperarse razones de exactamente 2:1 al comparar pares de compuestos, sino que podrían observarse razones tales como 3:1, 4:1, 3:2, 4:3, etc., es decir, razones de números enteros, pequeños. A esta regularidad se le conoce como la <ley de proporciones múltiples>”. (Arons, 1970, p. 711).

“Antes de la teoría de Dalton, no se les había ocurrido a los químicos examinar los datos de composición en esta forma. Los hechos estaban ahí, pero no podían hablar por sí mismos. Como señala L. K. Nash, <No conociendo lo que debía verse, distraídos por una fórmula de cálculo de porcentaje que ocultaba la armonía interna de sus datos, distraídos por resultados que solamente se aproximaban a los valores correctos, Proust

y su contemporáneos tuvieron los datos críticos en sus manos y no vieron el significado de lo que conocían. Con la llegada de la teoría atómica de Dalton, los nuevos conocimientos que animó produjeron un desarrollo notable del punto de vista empírico. Se les dijo lo que debían buscar y cómo hacerlo y, admirablemente, ahí se encontraba”. (Arons, 1970, p. 712).

“La predicción de Dalton de la ley de las proporciones múltiples fue un poderoso estímulo para seguir la investigación. Con un mejor análisis y un conocimiento de lo que había de buscar, pronto se buscaron numerosos ejemplos adicionales, proporcionando un firme apoyo a la ley y un triunfo mayor para la nueva teoría”. (Arons, 1970, p. 712).

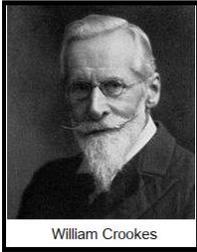
“La ley de las proporciones múltiples, escribió Berzelius a Dalton en 1812, es un misterio, excepto por la hipótesis atómica y hasta donde yo he sido capaz de juzgar, todos los resultados hasta ahora obtenidos han contribuido a justificar la hipótesis”. Y Dalton, contestando a Berzelius, comentaba, “Ella (la ley de proporciones múltiples) aparece como las razones místicas de Kepler las cuales Newton elucidó tan felizmente”. (Arons, 1970, p. 712).

“El objetivo fundamental de Dalton era sistematizar los aspectos cuantitativos de la Química, haciendo posibles cálculos y predicciones...Él sabía que su tabla (de masas atómicas relativas) contenía errores y contradicciones, porque se encontró con varias inconsistencias que no podían adjudicarse a errores en los análisis gravimétricos de que disponía. No consideró que la regla de máxima sencillez estuviera libre de toda sospecha, sobre lo que comentó: <Después de todo, debe permitirse la posibilidad de que el agua sea un compuesto ternario. En este caso, si dos átomos de hidrógeno se unen con uno de oxígeno debe pesar 14 veces más que uno de hidrógeno...>”. (Arons, 1970, p. 715).

Tareas para reflexionar

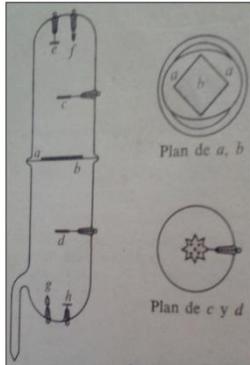
- a) La ley de las proporciones múltiples afirma que cuando dos elementos se combinan para originar distintos compuestos, dada una cantidad fija de uno de ellos, las diferentes cantidades del otro que se combinan con dicha cantidad fija para dar como producto los compuestos, están en relación de números enteros sencillos. Así, por ejemplo, hay dos óxidos de cobre, el CuO y el Cu_2O , que tienen un 79,89 % y un 88,82 % de cobre, respectivamente, y que equivalen a 3,973 gramos de cobre por gramo de oxígeno en el primer caso y 7,945 gramos de cobre por gramo de oxígeno en el segundo. La relación entre ambas cantidades es de 1:2 como se expresa actualmente con las fórmulas de los compuestos derivados de la teoría atómica. Encuentre otros ejemplos como el anterior y así podrá aprender más sólidamente esta ley.

Desde las partículas subatómicas hasta el modelo atómico de Thomson. Los experimentos de Sir William Crookes (1832-1919)

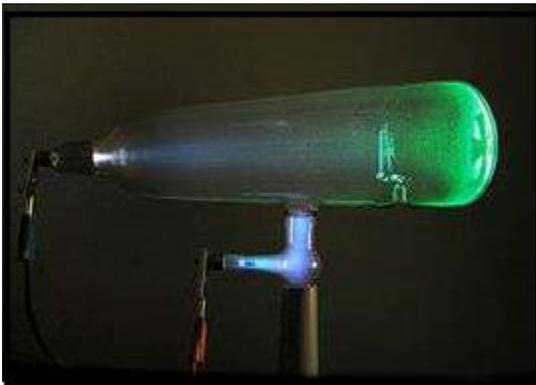


William Crookes

En una conferencia llevada a cabo en el año 1879...Crookes...resumió todo el conocimiento experimental disponible respecto al comportamiento de los rayos catódicos. Gran parte del trabajo descrito fue hecho en su propio laboratorio..." (Arons, 1970., p.773)

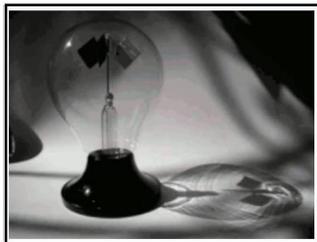
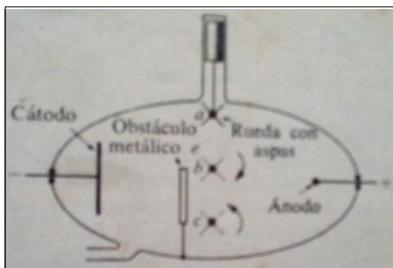


Crookes reportó sobre...la formación de sombras en un tubo construido como se muestra...". (Arons, 1970., p.773) a continuación: "Dentro del tubo se construyeron dos tipos de electrodos: electrodos planos en forma de disco e y h y electrodos puntiagudos f y g. En ab se encontraba fijo un pedazo de vidrio de uranio que actuaba como pantalla, presentando un resplandor verdoso bajo la incidencia de los rayos catódicos. Placas metálicas de varias formas (estrellas, rectángulos o discos con perforaciones en ellas) podían ser montadas en c o d. Crookes reportó que los objetos colocados en c proyectaban sombras bien definidas sobre la pantalla cuando el cátodo era el disco plano denotado por e y que las sombras eran difusas cuando el cátodo era el electrodo puntiagudo f.



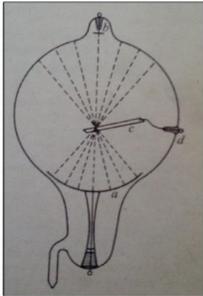
En estos experimentos el ánodo era g o h. Crookes interpretó estos resultados como indicación de que los rayos catódicos emanan sobre líneas rectas perpendiculares a la superficie del cátodo y subsecuentemente diseño otros experimentos basados sobre esta idea. Se descubrió que la forma geométrica y la localización del ánodo no tenían efecto observable sobre el haz catódico o sobre la sombra producida. Invertiendo la polaridad y haciendo g o h el cátodo, hacía que la pantalla

ab brillara, pero la sombra era la del obstáculo d, el obstáculo c ya no interceptaba el haz delante de la pantalla". (Arons, 1970., p.774).



"En otro experimento, Crookes demostró que los rayos catódicos podían producir efectos mecánicos. Una pequeña rueda con aspas, (escribe Crookes, N/A), <de 8 milímetros de diámetro, dotada de aspas de mica

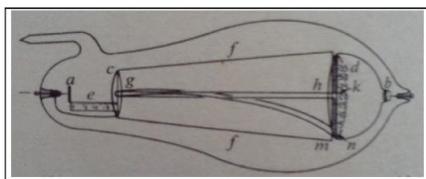
transparente...y cuidadosamente apoyada en una copa de vidrio y la punta de una aguja> era suspendida dentro del tubo por medio de fibras flexibles. La rueda con aspas podía colocarse en varias posiciones dentro y fuera de la sombra proyectada por una placa metálica e...Cuando la rueda se encontraba fuera de la sombra, expuesta al haz sin obstrucciones en la posición a, no giraba. En las posiciones b y c, con algunas de las aspas dentro de la sombra y otras expuestas al haz, la rueda giraba en la dirección mostrada por las flechas”. (Arons, 1970., p.774).



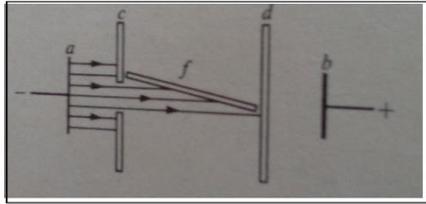
“Observando lo que él pensó que era evidencia de efectos de calentamiento en ciertos experimentos, Crookes concibió la idea de concentrar o enfocar el haz catódico usando un electrodo curvo en lugar de uno plano, basando su idea en la observación previa de que los rayos catódicos parecen emanar a lo largo de rectas normales a la superficie del cátodo: (escribe Crookes, N/A) <Una copa aproximadamente hemisférica de aluminio pulido a...forma un electrodo dentro del bulbo y un pequeño disco de aluminio b forma el otro electrodo. En c una tira de platino es sostenida por un alambre que pasa a través del vidrio, formando otro electrodo en d. La punta de la tira de platino es llevada al centro de curvatura y el conjunto es evacuado hasta un punto muy alto. Al encender primero la fuente de alto voltaje, siendo la copa el cátodo, la tira de platino se ponía a vibrar muy rápidamente. Esta pronto se detenía y el platino rápidamente se calentaba hasta el blanco y se habría fundido si yo no hubiera detenido la acción de la bobina. Los mismos fenómenos de ignición se llevan a cabo si la tira misma de platino es el ánodo”. (Arons, 1970., p.775).

Pero Crookes va aún más lejos en sus experimentos y “habiendo observado que la presencia de un imán causaba una deflexión de la posición de la región fluorescente sobre el vidrio opuesto al cátodo...diseño un tubo para mostrar y estudiar este efecto más claramente”. (Arons, 1970., p.776).

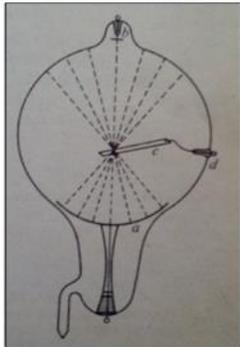
Él “hizo visible la trayectoria de un haz angosto de rayos catódicos permitiendo que el haz incidiera sobre la pantalla f orientada diagonalmente, quedando una porción del haz sin interceptar y formando una mancha en k sobre la pantalla d. En la presencia de un campo magnético dirigido hacia el plano del papel, se observaba que el haz era desviado hacia abajo. El haz, sin embargo, no es apreciablemente más ancho bajo estas circunstancias y la mancha originalmente en k sobre la pantalla d es desplazada hacia abajo hasta n con un cambio muy ligero en el tamaño, o elongación en la dirección vertical”. (Arons, 1970., p.776).



“En ausencia del campo magnético, el angosto haz formado por la perforación en c es visible debido a la fluorescencia a lo largo de la banda gh y provoca un punto fluorescente sobre la pantalla en k. Cuando el campo magnético está dirigido hacia el plano del papel, el haz se desvía hacia abajo de manera que forma la banda fluorescente gm y el punto en n”. (Arons, 1970., p.776).



Aquí se muestra una “vista superior de la construcción del bulbo; c es una placa de aluminio con una perforación cerca del centro; f es una pantalla vertical de mica cubierta con un polvo fluorescente. La pantalla corta diagonalmente al haz que sale por la perforación en c. Otra pantalla fluorescente está colocada en d”. (Arons, 1970., p.776).



En otro “experimento con un tubo que tenía un cátodo curvo semejante al mostrado en la figura, Crookes usó un imán para desviar el punto de enfoque de los rayos hasta que caía sobre el lado del tubo: <Para asegurarme-escribe Crookes- si se desarrollaba calor aquí, lo toqué con el dedo e inmediatamente se me formó una ampolla. La mancha donde estaba el foco estaba casi al rojo>. Él “estaba...convencido de que los rayos catódicos consistían de partículas cargadas disparadas desde el cátodo. Todas sus descripciones, comentarios e interpretaciones de los experimentos están en realidad basados sobre esta idea”. (Arons, 1970., p.776).

Por ejemplo, cuando él discute “los experimentos con sombras proyectadas por objetos metálicos comenta: <La definición de las sombras, cuando son proyectadas desde un electrodo ancho prueba que están formadas por partículas. Si la proyección desde el polo negativo hubiera radiado en todas direcciones, en la forma en que la luz radia desde un disco luminoso, las sombras no estarían perfectamente definidas, sino que estarían rodeadas por una penumbra. Siendo, sin embargo, partículas materiales proyectadas en el mismo estado eléctrico, no se cruzan entre sí, sino que viajan sobre trayectorias ligeramente divergentes, dando sombras definidas sin penumbras>”. (Arons, 1970., pp.776-77).

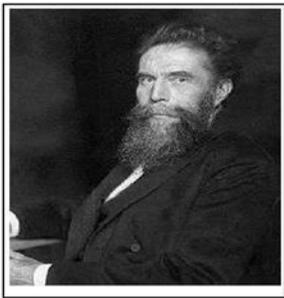
Tareas para reflexionar

- a) William Crookes fue químico de formación, pero investigó tanto en química como en física. Se interesó por la ciencia pura y aplicada; por los problemas económicos teóricos y prácticos; la investigación psiquiátrica; e incluso el espiritismo. ¿Cómo puede ser posible que en una mente científica como la de Crookes, que estudian los fenómenos materiales y objetivos, existiera espacio para un fenómeno como el espiritismo, que pertenece al mundo del idealismo y que muchos consideran pseudociencia?
- b) Eventualmente Crookes abandonó su tentativa de convencer a sus hermanos científicos sobre el más allá. Pero nunca se retiró o modificó sus opiniones durante su larga carrera científica subsecuente. En una entrevista publicada en “The International Psychic Gazette en 1917” dijo: “Nunca he tenido ninguna ocasión para cambiar mi pensamiento al respecto del tema. Estoy perfectamente satisfecho con lo dicho en los primeros días. Es bastante verdadero que una conexión ha sido establecida entre este mundo y el siguiente”. Muestre sus opiniones al respecto.

- c) Conoce usted de otros científicos que han compartido los dos campos, el materialismo y el idealismo, en sus vidas como seres humanos. ¿Puede esta doble condición interferir en los resultados obtenidos a través de la investigación científica? Si o No. ¿Por qué?
- d) Se muestran fotos de diferentes tubos utilizados por Crookes en sus investigaciones. Investigue para que puede servir cada uno de ellos.



Conociendo a Wilhelm Conrad Roentgen



“Nació el 27 de marzo de 1845 en Lennep (Alemania). Sus padres eran: Friederich C. Röntgen y Charlotte Röntgen. En 1848 se mudó con su familia a Appeldoorn (Holanda).

En 1862 inició sus estudios en la Escuela Técnica de Utrecht. Fue expulsado de esa institución, falsamente acusado de haberle hecho una caricatura a un profesor. En 1865 inició estudios en la Escuela Politécnica de Zurich. En 1868 recibió el diploma de Ingeniero Mecánico. Trabajó sobre gases al lado de Kundt. Recibió su doctorado de Filosofía en la Universidad de Zurich en 1869”. (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.152).

Zurich en 1869”. (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.152).

“En 1872 se casó con Arma Bertha Ludwing. Fue rechazado para trabajar en la Universidad de Wurzburg por no tener una satisfactoria educación formal. Trabajó siete años como docente en la Universidad de Estrasburgo, al lado de Kundt. En 1879 fue nombrado Profesor de Física en la Universidad de Giessen y en ese año demostró la "Corriente de Röntgen" (dieléctricos). En 1888 fue nombrado Profesor de Física y Director del Instituto de Física de la Universidad de Wurzburg y en 1849 fue Rector de esa institución”. (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.152).

“En 1895, a la edad de 50 años, descubrió los rayos X. Recibió múltiples condecoraciones, como la Medalla de Oro Rumford de la Real Sociedad de Londres, la Medalla Elliot-Cresson del Instituto Franklin de Filadelfia, y la Medalla Bamard, concedida por la Universidad de Columbia por recomendación de la Academia Americana de Ciencias. En 1900 fue Profesor de Física de la Universidad de Munich y Director del Nuevo Instituto de Física. En 1901 fue Premio Nobel de Física. Recibió la Orden Real del Mérito de la Corona Bávara. Se levantaron bustos y monumentos en su

honor. Lenard se declaró su enemigo, al no ser premiado con el Nobel. En 1920 se retiró del cargo de Profesor de Física y en 1923 murió en Munich". (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.152).

Tareas para reflexionar

- a) Roentgen donó la recompensa monetaria del Premio Nobel a su universidad. También rechazó registrar cualquier patente relacionada a su descubrimiento por razones éticas. Tampoco quiso que los rayos llevaran su nombre. ¿Qué nos dicen las actitudes anteriores de Roentgen acerca de su personalidad y actitud ante la vida? ¿Investigue si otros "científicos o intelectuales" han realizado acciones similares a Roentgen?

Aspectos interesantes de la vida de Roentgen

Con el descubrimiento de los rayos x, "Roentgen se encontró en el candelero de las noticias. Le llovían los premios, honores y pedidos, pero cada vez le resultaba más difícil mantener su cronograma habitual de trabajo en el laboratorio. Por ello, terminó aislándose no solo del público, sino también de sus colegas... Sin embargo, la creciente fama también tuvo su lado oscuro: la discusión sobre quién descubrió primero los rayos lo persiguió hasta la vejez. Dado que los rayos x habían existido siempre y él fue simplemente la primera persona que los percibió y estudió, algunos investigadores le reclamaban la autoría". (Busch, U. 2016., p.4)

"El 31 de octubre de 1919 falleció su esposa... entonces... se retiró de la docencia y se dedicó a pensar en su última voluntad y testamento. Sus publicaciones científicas y la medalla de Premio Nobel iban a ser legadas a la Universidad de Würzburg, pero la recopilación de sus notas y documentos personales debían ser quemados para proteger su privacidad. Desde el punto de vista político se sentía más cerca de la monarquía que de la democracia, surgida a partir de la revolución, pero a eso se sumaba la devaluación de su fortuna por la inflamación desmedida de los primeros años de la República de Weimar". (Busch, U. 2016., pp.4-5)

Tareas para reflexionar

- a) La Universidad de Wurzburg le otorgó a Roentgen el grado honorario de Doctor en Medicina. También en su honor recibe tal nombre la unidad de medida de la exposición a la radiación, establecida en 1928. Aunque las aplicaciones de los rayos x en la medicina son las más conocidas, existen otras en diferentes campos del saber. Mencione algunas de estas.

Roentgen y los rayos x

"En diciembre de 1895... Roentgen (1845-1923)... había observado que una pantalla de papel cubierto con un material fluorescente sensible (platinocianuro de bario) brillaba intensamente en un cuarto oscuro cuando era colocada a distancias tan grandes como dos metros de un tubo de rayos catódicos operando bajo una gran diferencia de

potencial. ¡La fluorescencia era observada cuando el tubo estaba perfectamente cubierto con un cartón negro!”. (Arons, 1970., p.778).

‘ ‘No había revelado nada a nadie sobre mi trabajo. Le dije a mi mujer que estaba haciendo algo que haría que la gente, cuando se enterara, dijera: <Röntgen ha perdido la cabeza>, le contó Wilhelm Conrad Roentgen a Ludwig Zehnder el 15 de enero de 1896. (Busch, U. 2016., p.3)



“La observación inicial...fue accidental, pero...hizo una cuidadosa secuencia de experimentos diseñados para determinar la naturaleza del nuevo fenómeno. Demostró que la intensidad del resplandor podía variarse colocando diferentes objetos entre el tubo y la pantalla fluorescente y concluyó que rayos de cierto tipo emanaban del tubo. Encontró que la película fotográfica era sensible a los rayos. Reportó que objetos tales como papel, madera, placas de hule y láminas delgadas de aluminio, opacos todos a la luz ordinaria, atenuaban solo ligeramente o nada los rayos descubiertos. Encontró que plomo de un grosor de 1,5mm era virtualmente opaco a los rayos y principió a usar el plomo como escudo para bloquear los rayos y proteger las placas fotográficas hasta que deseaba exponerlas”. (Arons, 1970., p.778).

Sobre sus trabajos Roentgen escribió que “si se sostiene la mano entre la descarga del tubo y la pantalla, la sombra más oscura de los huesos se ve dentro de la sombra ligeramente oscura de la mano”. (Arons, 1970., p.778). La foto tomada por Roentgen, muestra la mano de su esposa, expuesta a los rayos x, donde se destacan los anillos que llevaba puesto en esos momentos.

“Röntgen envió copias de sus trabajos y ejemplos impresos de las radiografías que había tomado, a diferentes reconocidos físicos, muchos de los cuales tenía como amigos. El profesor Franz Serafin Exner, de Viena, amigo de Röntgen desde los días del bachillerato en Zurich, recibió uno de los paquetes de año nuevo y mostró las fotografías en una pequeña reunión de científicos. Uno de los asistentes, el profesor Ernst Lecher de Praga, le solicitó a Exner quedarse con los impresos hasta la mañana siguiente. Lecher, a su vez, se los mostró a su padre, Z. Lecher, quien era editor de la <La Prensa> de Viena. Dándose cuenta del enorme valor histórico de la noticia, Lecher preparó un artículo del revolucionario descubrimiento por el <Profesor de Wurzburg>, para la edición de la mañana siguiente. En medio de la urgencia por cumplir con la edición, el editor escribió mal el nombre de Roentgen y el descubrimiento de <Routgen> resonó a través del mundo. Lecher percibió que <biólogos y médicos, especialmente los cirujanos, se iban a interesar en los rayos porque ellos podrían abrir nuevas posibilidades diagnósticas>”. (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.151).

“La noticia fue rápidamente copiada por otros periódicos y, en la tarde del 6 de enero de 1896, fue enviada por cable de Londres a todos los países civilizados del mundo, en los siguientes términos: <El ruido de alarma no distrae la atención del maravilloso triunfo de la ciencia que es reportado desde Viena. Se anuncia que el profesor Routgen

de la Universidad de Wurzburg ha descubierto una luz, la que para el propósito de la fotografía puede penetrar madera, carne, ropa y muchas otras substancias orgánicas. El profesor ha logrado fotografiar pesas metálicas contenidas en un estuche de madera, también la mano de un hombre mostrando sólo los huesos, siendo la carne invisible>”. (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.151).

“De la noche a la mañana, Röntgen se convirtió en el centro de los elogios internacionales, condena y curiosidad. De todo el mundo llegaron cartas de felicitación e incredulidad, así como informe de duplicación de los experimentos originales y unos pocos de fracasos. Indudablemente, si no hubiera sido por las muchas fotografías de manos que se hicieron rápidamente después que el anuncio fuera publicado, el descubrimiento hubiera podido quedar guardado por algún tiempo en el olvido relativo de los laboratorios de física”. (Ulloa Guerrero, L.H., 1995, p.151).

“Roentgen mostró que los rayos x no eran refractados por prismas de varios materiales y señaló que, por tanto, sería imposible enfocarlos por medio de lentes...Una cuestión importante era si los rayos catódicos y los rayos x eran la misma o diferentes manifestaciones...Roentgen señaló que Lenard había demostrado que los rayos catódicos penetraban solamente uno o dos centímetros en el aire a la presión atmosférica, mientras que los rayos x penetran varios metros”. (Arons, 1970., p.778).

Sobre esta última cuestión, agrega Roentgen que “otra diferencia y una muy importante, entre el comportamiento de los rayos catódicos y los rayos x se encuentra en el hecho de que no he tenido éxito, a pesar de muchos intentos, de obtener una desviación de los rayos x por medio de un imán, aún en campos muy intensos...De acuerdo con experimentos diseñados para probar la cuestión, es cierto que la mancha brillante sobre la pared del tubo de descargas la cual fluoresce al máximo puede ser considerada como el centro principal a partir del cual radian los rayos x en todas direcciones...Si los rayos catódicos dentro del tubo son deflectados por medio de un imán, se observa que los rayos x proceden de otro punto, a saber, a partir de aquel que es el nuevo extremo de los rayos catódicos...Por esta razón, los rayos x, que es imposible desviar, no pueden ser los rayos catódicos simplemente transmitidos o reflejados sin cambio alguno por la pared del cristal...Por tanto, llego a la conclusión de que los rayos x no son idénticos a los rayos catódicos, sino que son producidos por los rayos catódicos en la pared de vidrio del aparato de descarga. Esta producción no ocurre solamente en el vidrio, sino que, como he podido observar en un aparato encerrado por una placa de aluminio de 2mm de espesor, también ocurre en este metal. Otras sustancias van a ser examinadas posteriormente”. (Arons, 1970., pp.778-79).

“En estudios posteriores, se confirmó que, de alguna manera desconocida, los rayos X eran producidos por el impacto de los rayos catódicos sobre diferentes materiales. Los tres tipos de radiación: rayos catódicos, rayos canales y rayos X, estaban evidentemente relacionados entre sí, y el impacto producido por los descubrimientos de Roentgen actuaría como el disparador de una serie de investigaciones que finalmente permitirían entender el origen de estos extraños efectos, dando nacimiento a la física

atómica, y conduciendo en apenas unos pocos meses a otro descubrimiento aún más sensacional, los rayos Becquerel”. (Barrachina, R. O. s/f, pp. 3-4)

Tareas para reflexionar



a) La radiografía muestra los pulmones de un paciente. Investigue y conteste si, ¿está bien el paciente o padece de alguna enfermedad o deficiencia pulmonar? ¿Por qué?



b) Wilhelm Conrad Röntgen, también puede escribirse Roentgen, fue el primer premio Nobel de Física, en 1901, por su descubrimiento de los rayos x. ¿Cuáles han sido los restantes premios nobeles en Física desde esa fecha hasta el presente? ¿Por qué al premio se le denomina Nobel?

Los rayos x y la ionización de los gases

“Previamente al descubrimiento de los rayos x, no había sido posible estudiar la conductividad de los gases en una forma controlada y reproducible...Entre otras cosas, pronto se demostró que el orden de magnitud de la carga eléctrica llevada por los iones en la conducción gaseosa era la misma que la observada en la electrólisis, a saber, alrededor de 10^5 coulomb”. (Arons, 1970, p. 780).



“...Millikan al escribir la historia de estos eventos resumió los nuevos conceptos y la gran cantidad de nuevas preguntas:

Millikan plantea que “Hasta el momento el único tipo de ionización conocido era el observado en la solución, y aquí siempre es alguna molécula compuesta, como el cloruro de sodio..., la que se divide espontáneamente en un ion de sodio positivamente cargado y en un ion de cloro negativamente cargado. Pero la ionización producida en los gases por los rayos x era de un tipo totalmente diferente, pues era observable en gases puros como nitrógeno y oxígeno, o aún en gases monoatómicos como el argón y el helio. Claramente, entonces, aún el átomo neutro de una sustancia monoatómica debe poseer pequeñas cargas eléctricas como constituyentes. Aquí estaba la primera evidencia directa 1) de que un átomo es una estructura compleja y 2) que en su formación entran cargas eléctricas. Con este descubrimiento, debido directamente al uso de un nuevo agente, los rayos x, el átomo como una parte indivisible había desaparecido y principió la era de los constituyentes del átomo...Los físicos principiaron inmediatamente a buscar

diligentemente y a encontrar respuestas por lo menos parciales a preguntas como estás:

1. ¿Cuáles son las masas de los constituyentes de los átomos liberados por los rayos x y agentes semejantes?
2. ¿Cuáles son los valores de las cargas que llevan estos constituyentes?
3. ¿Cuántos constituyentes existen?
4. ¿Qué tan grandes son; es decir, que volúmenes ocupan?
5. ¿Cuáles son sus relaciones con la emisión y absorción de ondas de luz y de calor; es decir, de radiación electromagnética?
6. ¿Todos los átomos poseen elementos constituyentes semejantes?...". (Arons, 1970, p. 781).

Tareas para reflexionar

- a) Recorra a sus conocimientos sobre Química y Física e intente darle respuestas a las 6 preguntas realizadas por Millikan, que con anterioridad fueron escritas.
- b) Robert A. Millikan en una ocasión escribió que: "Al final de mi segundo año...mi profesor de griego...me pidió que impartiera...el curso de física elemental durante el próximo curso. A mi contestación diciendo que no sabía nada de física en absoluto, su respuesta fue <cualquiera que sepa bien Griego puede enseñar Físicas>. <Sin problemas —dije yo— tendrá que afrontar las consecuencias, pero lo intentaré y veremos lo que puedo hacer>. Entonces me compré el texto Elementos de Física de Avery, y dediqué parte de las vacaciones de verano de 1889 en casa, intentando dominar la materia...Dudo si alguna vez enseñé mejor Físicas en mi vida que en mi primer curso en 1889. Estaba tan profundamente interesado en adquirir más conocimiento del necesario para las clases que ellos pudieron contagiarse de mi propio interés y entusiasmo". (Wikipedia). ¿Qué le dice a usted acerca de la personalidad de Millikan, lo relatado por él mismo con anterioridad?
- c) En Wikipedia se plantea, que "El entusiasmo de Millikan por la educación continuó a lo largo de toda su carrera, y fue coautor de un serie influyente y popular de textos que se adelantaban a su tiempo en muchos aspectos. En comparación con los otros libros de la época, que trataban el tema más en la forma en que fue pensado por los físicos. También incluyeron muchos problemas que incluían preguntas conceptuales, en lugar de requerir a los alumnos que simplemente introdujeran números en la fórmulas". ¿Qué otros científicos han escrito libros con las características que Millikan le introducía a los escritos por él?
- d) ¿Por qué trabajos le fue otorgado a Millikan el Premio Nobel de Física?

Conociendo a Joseph John Thomson



“Nació en Mánchester, Inglaterra, 18 de diciembre de 1856 - Cambridge, Inglaterra, 30 de agosto de 1940) fue un científico británico, descubridor del electrón, de los isótopos e inventor del

espectrómetro de masa. En 1906 fue galardonado con el Premio Nobel de Física”. (Wikipedia)

“Fue hijo de un editor y vendedor de libros. Principió el estudio de la ingeniería en Manchester, pero sus intereses rápidamente se dirigieron hacia las matemáticas y la física. A la edad de 19 años, con la ayuda de una beca, entró al Trinity College en Cambridge, en donde se distinguió en sus estudios sobre matemáticas. Después de recibir su grado, entró al laboratorio Cavendish, al cual Maxwell influyó en su fundación, trabajando bajo las órdenes de Lord Rayleigh, quien sucedió a Maxwell como director. En su trabajo teórico inicial Thomson llevó a cabo varias extensiones importantes de la teoría electromagnética de Maxwell. Principió a hacer experimentos sobre descargas en gases en 1886 y su hijo comenta, <...durante casi 50 años después raramente estuvo sin hacer un trabajo sobre descargas en gases en una u otra forma>”. (Arons, 1970, p. 781).

“En 1890 se casó con Rose Elizabeth Paget, hija de sir Edward George Paget, médico, entonces Regius Profesor de Medicina (Regius Professor of Physic) en Cambridge. Con ella, fue padre de un hijo, George Paget Thomson, y una hija, Joan Paget Thomson. Su hijo se convirtió en un destacado físico, quien a su vez fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1937 por demostrar las propiedades de tipo ondulatorio de los electrones”. (Wikipedia)

“En 1894, a la edad de 28 años, Thomson sucedió a Rayleigh como director del Laboratorio de Cavendish, el cual, bajo su guía, llegó a ser el más importante centro del mundo en la investigación de la física atómica y más tarde de la física nuclear. Entre los hombres que estudiaron y trabajaron bajo la influencia de Thomson se encontraban Rutherford, C.T.R. Wilson, Aston, Geiger, Chadwick, Bohr, G.P. Thomson, el hijo de J.J.Thomson y ganador del Premio Nobel por su propio esfuerzo y muchos otros...”.(Arons, 1970, p. 782).

Thomson recibió el Premio Nobel de física en 1906 y más tarde ocho de sus alumnos recibieron el premio Nobel. Renunció a la dirección del Laboratorio de Cavendish en 1919 y fue director del Trinity College desde 1918 hasta su muerte a la edad de 84 años en 1940”

Tareas de aprendizaje

- a) Investigue cuáles fueron los ocho alumnos de Thomson que también recibieron un premio Nobel.
- b) ¿Por cuál descubrimiento le fue otorgado el premio Nobel de Física al hijo de J.J, Thomson y con quien fue compartido el mismo?

Aspectos interesantes de la vida de Joseph John Thomson

A finales del siglo XIX, después del famoso hallazgo del pararrayos por Benjamin Franklin, hecho con una cometa y una llave, la electricidad era actora central en muchos experimentos, aunque todavía se desconocía su naturaleza.



En relación con los rayos catódicos, entre 1893 y 1897, al científico inglés Joseph John Thomson se le ocurrió una forma de determinar su naturaleza

La foto muestra a Thomson trabajando con los tubos de rayos catódicos y realizando experimentos bajo los cuales descubrió al electrón en 1887. “A principios de 1897 Thomson efectuó una serie de experimentos cuyos resultados fueron publicados extensamente en la revista *Philosophical Magazine*. Entre los aspectos resaltantes del artículo de Thomson están: 1) establece que los experimentos tienen como objetivos, específicamente, lograr alguna información en cuanto a la naturaleza de los rayos catódicos; 2) describe la controversia con respecto a la naturaleza de los rayos catódicos y se muestra inclinado a favor de la teoría de partículas; 3) explica la razón por la cual Hertz no pudo obtener una desviación de los rayos catódicos electrostáticamente, debido a que ésta podía ser obtenida solamente cuando el vacío era muy bueno, aspecto que no había sido tomado en cuenta por Hertz; 4) resume las propiedades de los rayos catódicos y señala un aspecto fundamental de sus experimentos: los rayos catódicos son los mismos, cualquiera que sea el gas a través del cual las descargas pasan, y concluye: <Cuando los rayos catódicos transportan una carga, son desviados por una fuerza magnética en la misma forma que esta fuerza pudiera actuar sobre un cuerpo electrificado negativamente moviéndose a lo largo de la trayectoria de estos rayos, no puedo ver escapatoria a la conclusión de que ellos son cargas de electricidad negativa transportadas por partículas de materia...>”. (Páez, Y; Castro Machado, R; Rodríguez, M.A; Niaz, M; 2004. p.2).

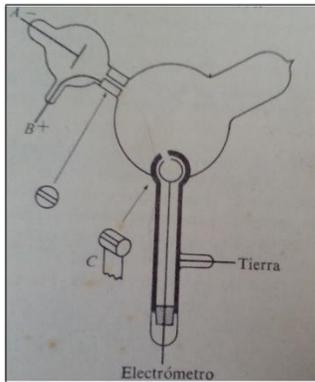
Tareas de aprendizaje

- a) Entre los experimentalistas alemanes, Philipp Lenard, estaba amargado por no haber sido él quien descubrió la radiación Roentgen ni el electrón antes de que lo hicieran Roentgen y J.J. Thomson, a pesar de que había trabajado durante mucho tiempo con los rayos catódicos y que, como él pensaba, había dejado la mesa servida para que otros se llevaran los éxitos. El descontento de Lenard no desapareció cuando obtuvo el premio Nobel en 1905, el año anterior al de Thomson, por sus trabajos con los rayos catódicos. Además de las discrepancias que Lenard sostuvo con Roentgen y Thomson, con qué otros científicos él se vio implicado en discusiones.
- b) “También se recuerda a Lenard por ser un nacionalista radical que despreciaba a los físicos ingleses al considerar que habían robado sus ideas de los alemanes. Durante el régimen nazi fue el impulsor de la idea de una física alemana, ignorando, las en su opinión, falsas ideas de la "física judía", encarnadas fundamentalmente en las ideas de Einstein y su "fraude judío" de la teoría de la relatividad. Fue consejero de Hitler, llegando a ser el principal dirigente de la "física aria". Fue expulsado de la Universidad de Heidelberg por las tropas de ocupación aliadas en 1945. Murió dos años después” (Wikipedia). No solo Lenard fue partidario de las ideas hitlerianas. Investigue acerca de otros

científicos que mantuvieron una actitud similar a Lenard en el sentido de la política nazista.

Thomson, los rayos catódicos y su carga negativa

“En 1897 Thomson hizo un ataque dirigido a la cuestión de la naturaleza de los rayos catódicos...Refiriéndose a las hipótesis en conflicto, la corpuscular y la ondulatoria, Thomson reveló algunos de los factores que guiaron su pensamiento: <La teoría de la partícula cargada tiene, para propósitos de investigación, una gran ventaja sobre la teoría del éter, ya que es definida y sus consecuencias pueden ser predichas; con la teoría del éter es imposible predecir lo que sucederá bajo cualesquiera circunstancias dadas, ya que en esta teoría estamos tratando con fenómenos, hasta ahora no observados, en el éter, de cuyas leyes somos ignorantes. Los siguientes experimentos fueron hechos para probar algunas de las consecuencias de la teoría de la partícula cargada”. (Arons, 1970. p. 782)

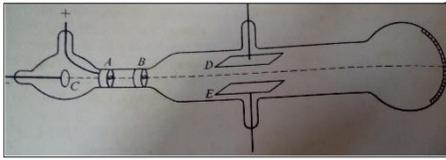


Thomson, con un bulbo como el que se muestra en la figura, experimentó para “demostrar que los rayos catódicos continúan transportando carga negativa aun cuando sean desviados de su trayectoria original. Cuando el tubo era encendido, el electrómetro no mostraba carga; cuando el haz catódico era desviado magnéticamente de manera que entrara a la copa, el electrómetro indicaba la colección de carga negativa. <Este experimento demuestra, escribió Thomson, que no importa cómo debemos y desviemos los rayos catódicos por medio de fuerzas magnéticas, la carga negativa sigue la misma trayectoria que los rayos y esta carga negativa está indisolublemente relacionada con los rayos catódicos>”. (Arons, 1970. p.783)

“Después Thomson atacó otro problema determinante: <Una objeción dirigida muy generalmente contra el punto de vista de que los rayos catódicos son partículas cargadas negativamente, es que hasta la fecha ninguna desviación de los rayos ha sido observada bajo la acción de una pequeña fuerza electrostática...Hertz hizo que los rayos se desplazaran entre dos placas metálicas paralelas colocadas dentro del tubo de descarga, pero encontró que no eran desviados cuando las placas eran conectadas con una batería de acumuladores; repitiendo este experimento, al principio obtuve el mismo resultado, pero experimentos subsecuentes demostraron que la ausencia de desviación se debe a la conductividad dada al gas enrarecido por los rayos catódicos. Al medir esta conductividad se encontró que disminuía muy rápidamente conforme se aumentaba el vacío; parecía que al hacer el experimento de Hertz con vacíos muy altos podría haber la oportunidad de detectar la desviación de los rayos catódicos por medio de una fuerza electrostática>”. (Arons, 1970. p. 783).

Thomson “se dio cuenta de que los rayos catódicos, así como los rayos x, inducía la conductividad en los gases y estaba bien preparado para suponer las posibles consecuencias. Como sucedió, técnicas de vacío recién desarrolladas hicieron posible

que él probara sus ideas alcanzando un vacío suficientemente alto para suprimir la conductividad”.



Thomson describe uno de sus experimentos de la siguiente manera “Los rayos del cátodo C pasan a través de una rendija en el ánodo A, el cual es un tapón metálico que embona perfectamente dentro del tubo y que está conectado a tierra; después de pasar a través de una segunda rendija en otro tapón

metálico B conectado a tierra, viajan entre dos placas para lelas de aluminio de aproximadamente cinco milímetros de largo y dos de ancho y separadas una distancia de 1,5 cm; después inciden sobre el extremo del tubo y producen un punto fluorescente angosto bien definido. Una escala fijada sobre el exterior del tubo sirve para medir la desviación de ese punto”. (Arons, 1970. p. 784).

“A altos vacíos los rayos eran desviados cuando las dos placas de aluminio se conectaban con una batería de pequeños acumuladores; los rayos bajaban cuando la placa superior estaba conectada con el polo negativo de la batería, el inferior con el positivo y subían cuando las conexiones eran invertidas. La desviación era proporcional a la diferencia de potencial entre las placas y pude detectar la desviación cuando la diferencia de potencial era tan pequeña como dos volts”. (Arons, 1970. p. 784).

“Solamente cuando el vacío era bueno es cuando tenía lugar la desviación, pero que la ausencia de desviación es debida a la conductividad del medio se demuestra por lo que ocurre cuando el vacío apenas ha alcanzado la etapa en la cual la desviación comienza. En esta etapa hay una desviación de los rayos cuando las placas son conectadas primero con las terminales de la batería, pero si se mantiene esta conexión el punto de fluorescencia regresa gradualmente a su posición inicial sin desviarse. Esto es exactamente lo que sucedería si el espacio entre las placas fuera un conductor, aunque uno muy malo, pues entonces los iones positivos y negativos entre las placas se difundirían lentamente hasta que la placa positiva quedara cubierta con una capa de iones negativos, la placa negativa con positivos; en esta forma la intensidad eléctrica entre las placas desaparecería y los rayos catódicos quedarían libres de la fuerza electrostática”. (Arons, 1970. p. 785).

“Como los rayos catódicos llevan una carga de electricidad negativa, son desviados por una fuerza electrostática como si estuvieran negativamente cargados y sobre ellos actuaría una fuerza magnética en la misma forma en que esta fuerza actuaría sobre un cuerpo cargado negativamente moviéndose a los largo de la trayectoria de estos rayos. No puedo escapar a la conclusión de que son cargas de electricidad llevadas por partículas de materia”. (Arons, 1970. p. 785).

La profunda intuición de Thomson lo condujo a un experimento que se sumaba significativamente a la evidencia cualitativa respecto a la naturaleza de los rayos catódicos, pero el también vio en este experimento otra posibilidad; una posibilidad que hace su nombre inmortal dentro de la física experimental: <La cuestión inmediatamente

aparece; ¿qué son estas partículas? ¿Son átomos o moléculas, o materia en un estado de subdivisión aún más fino? Para arrojar alguna luz sobre este punto, he hecho una serie de medidas de la razón de la masa de estas partículas a la carga portada por ellas>”. (Arons, 1970. p. 785).

“Thomson hizo mediciones de la razón de carga a masa del haz catódico en tubos con electrodos de diferentes metales (aluminio, platino, hierro) y con diferentes gases (aire, hidrógeno, dióxido de carbono) presentes inicialmente y permaneciendo en pequeñas cantidades después de haberse el hecho el vacío...Thomson llegó a la conclusión de que las partículas cargadas negativamente tienen la misma razón de carga a masa en todos los haces catódicos independientemente del material del electrodo y del gas que se encontraba alrededor y que, posiblemente, se encontraría que todas las partículas tendrían la misma carga y la misma masa cuando llegara a ser posible determinar estas dos propiedades separadamente, en esta consideración, Thomson denotó la carga de las partículas por un símbolo en particular, e , en lugar de usar un símbolo general para una cantidad arbitraria de carga...Mediciones más precisas confirman completamente la conclusión de Thomson respecto a la constancia de e/m en diferentes tubos con diferentes gases y electrodos. Se ha establecido que hasta tres cifras significativas:

$e/m = 1,76 \times 10^{11} \text{ coul/kg}$, que es aproximadamente el doble del valor originalmente reportado por Thomson...Thomson creyó que la naturaleza particular de los rayos catódicos estaba completamente demostrada y excluía cualquier posibilidad de una interpretación ondulatoria”. (Arons, 1970. pp. 788-89).

Tareas de aprendizaje

- a) Pieter Zeeman y H. A. Lorentz compartieron el premio Nobel de Física en 1902, por su trabajo sobre la influencia del magnetismo sobre la radiación electromagnética. Zeeman, en relación a los trabajos de Lorentz, escribe: “...se considera que en todos los cuerpos, ocurren pequeñas entidades cargadas con electricidad, que todos los procesos eléctricos deben ser referidos al equilibrio o movimiento de estas partículas cargadas y que las ondulaciones de la luz son causadas por vibraciones de estas partículas. Me parece que en el campo magnético, las fuerzas que actúan directamente sobre las partículas son suficientes para la explicación de los fenómenos (el efecto del campo magnético al provocar el ensanchamiento de las líneas D del sodio)...El profesor Lorentz, a quien comuniqué mi idea, fue suficientemente amable para demostrarme cómo el movimiento de las partículas cargadas podría ser calculado y sugirió además que si la aplicación de la teoría era correcta seguiría que la magnitud del efecto conduciría a la determinación de la razón de la carga eléctrica que lleva la partícula a su masa. Podemos designar la razón e/m ...”. (Arons, 1970. pp. 791). ¿El cálculo realizado por Zeeman sobre la relación e/m fue o no correcto? ¿Qué valor obtuvo él realmente?

Los rayos Becquerel

En una conferencia dictada poco antes de su muerte en 1937, Ernest Rutherford describió el impacto producido por el descubrimiento de Roentgen en los siguientes términos: “Pocos de ustedes pueden posiblemente darse cuenta de la enorme sensación producida por el descubrimiento de los rayos X por Roentgen en diciembre de 1895. Interesó no solamente al científico, sino también al hombre común, quien estaba excitado por la idea de ver su propio interior y sus huesos. Todos los laboratorios del mundo sacaron sus viejos tubos de Crookes para producir rayos X...”. (cit. por Barrachina, R. O. s/f, p. 4)

Y luego continuaba describiendo los pasos que llevaron a otro sensacional descubrimiento:

“Estos antiguos tubos de Crookes mostraron que los rayos catódicos tienen el poder de causar una fosforescencia brillante en un gran número de sustancias y también se observó que los rayos X parecían venir de los puntos sobre los cuales aquellos insidían. Esto llevó a pensar que los rayos X podrían estar relacionados en alguna forma con la fosforescencia. Quizás esas sustancias fosforescentes podrían emitir rayos X. Un número de investigadores en el continente hizo experimentos sobre este asunto, entre otros Henri Becquerel de París. Esto ocurría a los dos meses del anuncio del descubrimiento de Roentgen. Su padre, un profesor, también había estado muy interesado en la fosforescencia, particularmente en medir su duración. Y también había estado interesado en las propiedades poco comunes mostradas por los compuestos de uranio. Henri Becquerel ayudaba en el trabajo a su padre y quince años antes, en 1880, se había divertido haciendo unos cristales del doble sulfato de uranio y potasio, los cuales brillaban en forma hermosa cuando eran expuestos a la luz”. (cit. por Barrachina, R. O. s/f, p. 4)

A lo que agrega Rutherford, “En su búsqueda de una relación entre la fosforescencia y los rayos X, Becquerel colocó un número de sustancias fosforescentes, envueltas en papel negro, sobre una placa fotográfica, pero sus resultados fueron enteramente negativos. Entonces se le ocurrió probar con cristales de una sal de uranio. Primero los expuso a la (luz solar) para hacerlos fosforecer y luego los envolvió en papel negro y los colocó sobre una placa fotográfica. Después de una exposición de varias horas, al revelarse la placa, se observó un marcado efecto fotográfico. El experimento se repitió con un delgado trozo de cristal colocado entre la sal de uranio y la placa fotográfica a fin de cortar los efectos debidos a posibles vapores, pero nuevamente se obtuvo el efecto fotográfico”. (cit. por Barrachina, R. O. s/f, p. 4)

Y termina diciendo Rutherford, “Al principio, Becquerel supuso que la emisión de rayos que podían penetrar el papel negro estaba relacionada en alguna forma con la fosforescencia, pero más tarde demostró que los efectos eran igualmente marcados si la sal de uranio se hubiese mantenido previamente en la oscuridad por varias semanas, de manera que no hubiera señal de fosforescencia. Más tarde demostró que todas las sales de uranio, o incluso el metal mismo, tienen el poder de producir radiación que

penetra el papel negro. En esta forma, él descubrió el fenómeno que hoy en día llamamos radioactividad”. (cit. por Barrachina, R. O. s/f, p. 4)

“Los efectos fotográficos observados por Henri Becquerel, aunque más débiles, eran similares a los producidos por los rayos X, y por lo tanto supuso que la radiación del uranio consistía de rayos X débiles. Esta errónea suposición hizo que al principio los rayos Becquerel despertaran poco interés, y que toda la atención se centrara en los rayos X más intensos producidos por la descarga de los tubos catódicos”. (Barrachina, R. O. s/f, pp. 4-5)

“Era obvio que Thomson, después de los descubrimientos de Röntgen y Becquerel, le daría a su joven asistente (Rutherford N/A) la tarea de estudiar la radiación Becquerel. En 1899 Rutherford pudo informar lo siguiente: <Hay por lo menos dos tipos diferentes de radiación: una que se absorbe fácilmente y que para simplificar denominaremos radiación α , y otra que tiene mayor capacidad de penetración que denominaremos radiación β >”. (Lindell, B., 2012, p. 88).

“En 1898, Rutherford...llevó a cabo un experimento en el cual colocaba capas sucesivas de hojas de papel de aluminio sobre una capa de un compuesto de un compuesto de uranio en polvo extendido sobre la placa de un condensador. Un electrómetro conectado al condensador mostraba la rapidez de decaimiento de la carga sobre el condensador conforme la radiación del uranio ionizaba el aire entre las placas. Encontró que la ionización disminuía marcadamente con las primeras capas de hojas de aluminio y después muy lentamente con la superposición de capas adicionales. Estos resultados le llevaron a la conclusión de que la radiación del uranio era compleja y consistía de dos componentes: una, capaz de penetrar solamente unos cuantos centímetros de aire o unas cuantas capas de hojas de aluminio y la otra capaz de penetrar distancias más grandes ya sea en el aire o en el aluminio. Reportando estos resultados a principios de 1899, Rutherford sugirió que las dos radiaciones fueran designadas como α y β , respectivamente. Cuando otro investigador (Villard en Francia en 1900) más tarde descubrió una tercera componente; aún más penetrante, siguió la nomenclatura de Rutherford y la llamó radiación γ ”. (Arons, 1970. p. 806).

La cuestión implicada es clara: ¿son estos diversos rayos manifestaciones físicas enteramente nuevas o están relacionadas con entidades o fenómenos físicos ya conocidos? Como se podría anticipar, los primeros experimentos fueron enfocados a la determinación de la influencia de campos eléctricos y magnéticos sobre los rayos...En 1899 Becquerel demostró que parte de la radiación del radio era desviada por campos eléctricos y magnéticos en la misma forma que se esperaría de partículas cargadas negativamente. Usando la técnica de Thomson de campos eléctricos y magnéticos cruzados, demostró que estos rayos presentaban la misma razón de carga a masa que los rayos catódicos, pero con velocidades considerablemente superiores. Esta componente de la radiación que rápidamente identificaba con los rayos β de Rutherford y en esta forma los rayos β (o, más precisamente, las partículas β) vinieron a identificarse como electrones. Esta identificación, sin embargo, no da cuenta del origen de los electrones en el material radiactivo más que el descubrimiento inicial de

Thomson daba cuenta del origen o la fuente de las partículas en el tubo de rayos catódicos. La investigación en este punto estaba aún concentrada sobre la cuestión más restringida de la identidad o la naturaleza física de los rayos; las cuestiones respecto a su origen formarían el tema de una investigación posterior”. (Arons, 1970. p. 806).

“Al principio se reportó que los rayos α y los γ no eran desviados por campos eléctricos y magnéticos. Esto, en realidad, resultó ser correcto para los rayos γ ; como los rayos x y la luz no son desviados por los más intensos campos. Finalmente, se demostró que los rayos x y los rayos γ eran radiación electromagnética, al igual que la luz, pero de mayor frecuencia y de menor longitud de onda. Rutherford demostró, sin embargo, en 1903 que los intentos de desviar los rayos α habían fallado porque los campos usados en los primeros experimentos habían sido muy débiles...Trabajando con grandes electroimanes, Rutherford demostró que los rayos α eran desviados como si estuvieran positivamente cargados y usando la técnica de Thomson de los campos cruzados, obtuvo una razón de carga a masa de los mismos”. (Arons, 1970. p. 806-807).

Estas ideas de Rutherford anteriormente destacadas y otras, lo llevaron a escribir, junto a Soddy, que: “...Está bien establecido que la radiactividad es función del átomo y no de la molécula...Como la radiactividad es un fenómeno atómico y simultáneamente está acompañada por cambios químicos en los cuales son producidos nuevos tipos de materia, estos cambios deben estar ocurriendo dentro del átomo y los elementos radiactivos deben estar sufriendo una transformación espontánea...La radiactividad puede, por tanto, ser considerada como una manifestación de cambio químico subatómico..”. (Arons, 1970. p. 806-807).

Tareas para reflexionar

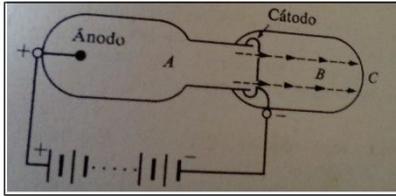
- a) ¿A qué se le llamó en cierta ocasión los “Rayos N”? ¿Quién los llamó así?
¿Por qué se le conoció a este tipo de historia como un resultado de la ciencia patológica?

Rayos canales

“El 27 de Julio de 1886, pocos años después de la presentación realizada por Crookes, Helmholtz envió a la Academia de Berlín un trabajo realizado en el laboratorio de Postdam por un antiguo estudiante suyo, Eugen Goldstein. En este trabajo, Goldstein daba a conocer el descubrimiento de una nueva forma de radiación. Para ello había diseñado un tubo vidrio con dos compartimientos separados por un disco metálico circular con perforaciones.

Una de las cámaras era un tubo de rayos catódicos convencional, con el disco perforado haciendo las veces de cátodo. Goldstein encontró que la descarga catódica en dicho compartimiento estaba acompañada por el paso de algún tipo de <rayos> a través de las perforaciones hacia la otra cámara. De alguna manera estos rayos se hacían visibles por el resplandor del gas residual y solo se observaban si el cátodo

estaba perforado. Por lo tanto, y a causa de su aparente relación con las perforaciones o <canales> del cátodo, Goldstein denominó a esta radiación <Kanalstrahlen> o rayos canales. Sus intentos de desviar estos rayos con campos eléctricos o magnéticos no tuvieron éxito. Este era un efecto tanto o más incomprensible y evidentemente secundario frente al de la descarga catódica. Por ello se le prestó muy poca atención”. (Barrachina, R. O. s/f, pp. 1-2).



“Cuando el disco catódico está perforado con agujeros o <canales>, una descarga de rayos catódicos en la cámara A está acompañada por la aparición de rayos que salen de cada perforación del cátodo hacia la cámara B. Estos rayos se hacen visibles por el brillo del gas a lo largo de sus trayectorias en la cámara B. En un vacío suficientemente alto, los rayos penetran al extremo del tubo de cristal y excitan una fluorescencia en C”. (Arons, 1970, p.829).

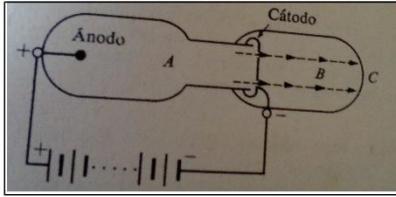
“En su libro Recuerdos y reflexiones, el físico inglés J. J. Thomson escribió la siguiente semblanza de Eugen Goldstein:

“Entre los visitantes extranjeros (al congreso de la Asociación Británica en Winnipeg 1909) debo mencionar especialmente al Dr. E. Goldstein de Berlín, uno de los primeros investigadores de la descarga de electricidad en gases y quien, en el curso de investigaciones que se extendieron por más de cincuenta años, descubrió muchos y muy importantes fenómenos. Era estudiante de Helmholtz y trabajó primero en el Laboratorio de Física de Berlín y más tarde en el Observatorio de Postdam. Su primer trabajo fue publicado en 1874 y fue seguido por una rápida sucesión de otros, cada uno conteniendo descubrimientos interesantes. Por estos descubrimientos recibió la medalla Hughes de la Real Sociedad en 1908. Murió en 1930 a la edad de ochenta años”. (Barrachina, R. O. s/f, pp. 1-2)

“En 1886 aún no había una manera clara de imaginar o comprender los fenómenos de descarga primaria y, como podría esperarse se le puso poca atención al efecto incomprensible de Goldstein. Por 1897, sin embargo, con la demostración de Perrin y Thomson de que los rayos catódicos transportaban carga negativa, con los primeros resultados cuantitativos de Thomson apoyando el punto de vista de que los rayos catódicos consistían de partículas negativamente cargadas de masa subatómica, se hizo posible la formulación de hipótesis sobre la naturaleza de los rayos canales. En 1898, poco después del impacto de Thomson, Wilhelm Wien publicó un trabajo...dedicado al problema, donde plantea que, <Después que se demostró que la carga de los rayos catódicos era negativa, me vino la idea de que los rayos canales observados por Goldstein, los cuales no pueden ser desviados apreciablemente por imanes ordinarios y que avanzan en sentido inverso a través de un cátodo perforado, podrían llevar carga positiva>”. (Arons, 1970; p. 829).

Wien supuso que los intentos anteriores de observar la desviación eléctrica y magnética de los rayos canales pudieron no haber utilizado campos suficientemente intensos.

También estaba preocupado por el hecho de que efectos eléctricos o magnéticos intensos aplicados a la cámara B podrían perturbar o alterar los efectos que ocurrían en el tubo de descarga A.



Aisló el tubo A de tal influencia, rodeándolo con una pesada capa de hierro, una de cuyas placas formaba el cátodo. Wien, al respecto escribe que, <Pude observar la desviación electrostática de una manera simple. Un agujero de dos milímetros de diámetro se hizo en el cátodo...Cuando el vacío era suficiente, de la perforación

salía un haz de rayos canales que producían un punto de fluorescencia, del bien conocido color amarillo verdoso, sobre el vidrio de la pared a una distancia de nueve centímetros de la placa...Este haz de rayos pasaba entre las dos placas de un condensador colocado dentro de la cámara B y era desviado cuando se aplicaba a las placas una diferencia de potencial de 2000 volts...Lo desviado alcanzó seis milímetros. El haz fue atraído por el electrodo negativo>”. (Arons, 1970; p. 830).

Wien, “aplicando la técnica de Thomson de campos eléctricos y magnéticos cruzados...obtuvo valores promedio del orden de magnitud de la razón de carga a masa... $q/m \sim 3 \cdot 10^6$ coul/kg...” (Arons, 1970; p. 830).

Tareas para reflexionar

- Wilhelm Carl Werner Otto Fritz Franz Wien, físico alemán, en 1893 logró combinar la formulación de Maxwell con las leyes de la termodinámica para tratar de explicar la emisividad del llamado cuerpo negro. ¿A qué se le conoce como cuerpo negro? En el 1911 fue galardonado con el Premio Nobel de Física, ¿bajo qué descubrimiento?

Modelo atómico de Thomson

Para llegar a conocer en detalles el Modelo Atómico de Thomson, nada mejor que analizar los trabajos de Charles Baily y Arnold B. Arons. Del primero, <Early Atomic Models—From Mechanical to Quantum (1904-1913)>, que en español sería: <Los Primeros Modelos Atómicos-Desde los Mecánicos hasta el Cuántico (1904-1913)> y del segundo <Evolución de los conceptos de la Física>. A continuación hacemos un resumen de las principales ideas desarrolladas en ambos trabajos.

“La introducción al ensayo de Maxwell de 1857, <Sobre la estabilidad del movimiento de los Anillos de Saturno>, contiene una declaración concisa del tema central de su análisis, pero también el de todo un programa de investigación por venir en modelos mecánicos del átomo. Maxwell escribe que, <Habiendo encontrado una solución particular de las ecuaciones de movimiento de cualquier sistema material, para determinar si una leve alteración del movimiento indicado por la solución causaría una pequeña variación periódica, o una total alteración del movimiento>”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“El comité de premios de ese año había preguntado si la estabilidad a largo plazo de Saturno los anillos podrían explicarse sobre principios dinámicos, bajo el supuesto de que eran ya sea sólido, líquido o compuesto de partículas. En respuesta a este desafío, Maxwell ejerció simultáneamente una serie de técnicas matemáticas (en particular, análisis de Fourier y mecánica Lagrangiana) para mostrar primero que un anillo uniformemente sólido sería dinámicamente inestable, y que un anillo líquido debe finalmente romperse en gotas desconectadas”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“La posibilidad restante era que los anillos estuvieran compuestos por componentes independientes partículas (ya sean sólidas o líquidas), cada una moviéndose bajo la influencia gravitacional de la masa central, así como la de todas las otras partículas en órbita... Si el movimiento de las partículas debía ser permanente, las soluciones a estos conjuntos de las ecuaciones diferenciales tendrían que ser todas sinusoidales (las partículas oscilarían sobre sus posiciones de equilibrio); soluciones exponenciales correspondieron al anillo rompiéndose en pedazos. Esto impuso restricciones básicas en las propiedades del sistema, la mayoría notablemente, la masa del cuerpo central tendría que ser sustancialmente mayor que la suma de las masas en órbita”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

En otra ocasión, “el comité había pedido una <investigación general de la acción uno sobre otro de dos vórtices cercanos en un fluido incompresible perfecto>, un tema que fue de interés para los físicos matemáticos, particularmente desde que Maxwell había descrito las líneas de fuerza de Faraday en términos de vórtices en un medio electromagnético 6 La simplicidad fundamental de las ideas más recientes de Kelvin apeló a J. J. Thomson, que todas las diversas propiedades de los materiales podrían ser explicado en términos de la dinámica de los vórtices etéreos”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

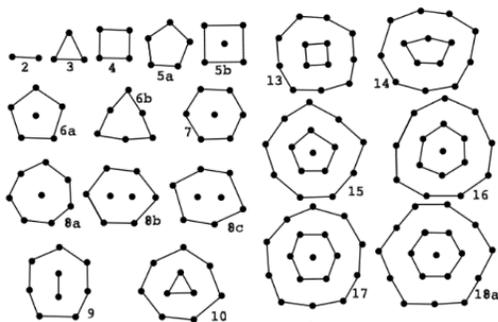
De acuerdo a Thomson, "Las ecuaciones que determinaron este movimiento eran conocidas por las leyes de la hidrodinámica, de modo que si la teoría fuera cierta, la solución del problema del universo se reduciría a la solución de ciertas ecuaciones diferenciales, y sería enteramente una cuestión de desarrollar métodos matemáticos lo suficientemente potentes para lidiar con lo que sin duda serían complejas distribuciones del movimiento de vórtices en el fluido. [...] La investigación...involucró un análisis matemático largo y complicado y tomó mucho tiempo...Sin embargo, obtuve algunos resultados e ideas interesantes que encontré valiosas en relación con la teoría de la estructura del átomo...". (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“Las dos primeras partes del ensayo de Thomson trataron las matemáticas que describen un solo vórtice en un fluido ideal, y luego dos vórtices separados por una distancia grande en comparación con sus radios, que solo podrían haber sido suficientes para satisfacer la requisitos del comité. La tercera y cuarta parte desarrolló una comprensible teoría integral de los vórtices en los átomos, donde Thomson consideró por primera vez la interacción de dos vórtices en proximidad cercana, encontrando que un movimiento uniforme estable era posible cuando ellos eran de igual magnitud en cuanto a fuerza aplicada y giraban en torno a un centro común. Para tres o

más vórtices idénticos, todos dispuestos en un plano a intervalos regulares alrededor de la circunferencia de un círculo (dejó en claro que esto no era la configuración más general), cualquier pequeña perturbación podría hacer que se ejecuten de manera estable oscilaciones sobre sus posiciones de equilibrio, pero solo si hubo menos de siete de ellos. Thomson calculó los períodos de estas oscilaciones para cada caso, y demostró que el sistema sería dinámicamente inestable si hubiera más de seis vórtices en un anillo”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“Más allá de la conveniencia matemática, la elección de Thomson de trabajar con vórtices distribuidos simétricamente podrían estar motivados físicamente con una analogía para las disposiciones estáticas de los imanes flotantes bajo la influencia de una fuerza central, así reportado por Alfred Mayer en 1878. Mayer había pegado agujas magnetizadas en pedazos de corcho con los extremos del sur apuntando hacia arriba, de modo que todos estaban mutuamente repelidos, pero cada uno atraído hacia el extremo norte de un imán de barra colocado en el centro”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“Esta combinación de empujar y tirar hizo que las agujas flotantes se reorganizaran en polígonos regulares, al igual que los vórtices de Thomson. Con $n = 5$, dos arreglos estáticos fueron posibles: un pentágono [5a] y un cuadrado con una aguja en el centro [5b]; pero solo el pentágono era estable frente a perturbaciones externas. Anillos estáticos de seis, siete y más eran posibles con agujas interiores adicionales, que se establecieron en patrones estables a medida que aumentaron sus números (es decir, la configuración para 5a podría formar el núcleo de $n = 14$, mientras que 5b no podría)...Mayer pensó que estas reglas simples podrían proporcionar una idea de varias propiedades moleculares (como la alotropía y el isomerismo), pero era el futuro Señor Kelvin, quien primero hizo la conexión entre las configuraciones estáticas de los imanes y aquellos para átomos de vórtices en un estado de equilibrio mecánico”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).



La figura muestra las “disposiciones estáticas para $n = 2 - 20$ agujas magnéticas flotantes (todas con sus polos sur orientados verticalmente), bajo la influencia atractiva de un imán de barra central. Si múltiples configuraciones estáticas fueron posibles para una n dada, solo aquellas denotadas por una “a” fueron estables contra las perturbaciones”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“J. J. Thomson también usó su modelo de vórtice para explicar la combinación química de los elementos, asociando el número de vórtices primarios en un átomo con su valencia (cada vórtice primario podría ser reemplazado por un subsistema estable de vórtices secundarios, si la fuerza neta del subsistema es igual a la fuerza de las otras primarias) Por lo tanto, un átomo que contiene dos vórtices (una díada) podría combinarse con dos átomos que tienen cada uno un vórtice único (una mónada), para formar un átomo estable con dos primarias (cada una un subsistema de dos vórtices

secundarios). La combinación miriada de mónadas, díadas, tríadas, etc. eran innumerables, pero limitadas por un requisito de que los vórtices se dividan en primarios de igual fuerza, y que no haya más de seis en un anillo. En este último hallazgo, Thomson afirmó que también estaba de acuerdo con los hechos químicos, ya que no se conocían compuestos gaseosos de un elemento combinados con más de seis átomos de otro". (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

Ya considerada la teoría corpuscular de la materia, Thomson escribe que, "Después de varias consideraciones sobre los experimentos me parece que no se puede escapar de las siguientes conclusiones: (1) Que los átomos no son indivisibles, porque partículas electrificadas negativamente pueden ser separadas de ellos por la acción de fuerzas eléctricas, impacto de átomos moviéndose con rapidez, luz ultravioleta o calor. (2) Que estas partículas son todas de la misma masa, y llevan la misma carga de electricidad negativa de cualquier clase de átomo que ellas puedan ser derivadas, y son constituyentes de todos los átomos. (3) Que la masa de estas partículas es menor que una milésima parte de un átomo de hidrógeno". (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

"Convencido de que estos corpúsculos eran componentes universales de la materia, Thomson decidió relacionar lo que ya sabía sobre los átomos de vórtice para unir sistemas de cargas discretas. Volvió a llamar la atención sobre los imanes de Mayer, afirmando que la periodicidad en las configuraciones de anillos concéntricos sugirió una analogía con la periodicidad en las propiedades químicas y espectrales de los elementos; pero en 1897 todavía tenía que proponer algo más que una imagen cualitativa de los átomos corpusculares. Al tener la misma carga, un sistema de corpúsculos dinámicamente estable sería imposible sin algún tipo de carga positiva compensatoria para mantener todos juntos (como el imán de barra de Mayer para las agujas). Incapaz de explicar la neutralidad eléctrica de un átomo como manifestación de su carga negativa constituyente, Thomson no tuvo más remedio que inventar una mancha hipotética de carga atómica positiva, que comparó (crudamente) con <un líquido con una cierta cantidad de cohesión, suficiente para evitar que vuele en pedazos bajo su propia repulsión>. Thomson nunca creyó en la verdad literal de sus analogías mecánicas, y prefirió desestimar cualquier interpretación física de esta <electrificación positiva>". (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

"Se propusieron partículas subatómicas cargadas positivamente, pero nunca se observaron. Goldstein había descubierto rayos cargados positivamente durante los experimentos de cátodos informados en 1886, pero solo se conocían en ese momento como el tener una relación carga-masa similar al hidrógeno ionizado...No fue sino hasta después de que se desarrolló el concepto de isotopía que los físicos pudieron identificar estos <rayos positivos> como tritio ionizado individualmente (un isótopo de hidrógeno, con un protón y dos neutrones), y no triatómico hidrógeno (como lo propuso Thomson en 1913)". (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

"Independientemente de si se suponía que la carga positiva tenía alguna sustancia (o incluso realidad), las ecuaciones que derivó en 1904 describieron el periódico movimiento de corpúsculos en una región del espacio cargada positivamente, y no

contenía términos de amortiguación viscosa, lo que significa que los electrones eran libres de moverse alrededor de su átomo sin resistencia. El modelo dinámico de Thomson, por lo tanto, podría verse como una generalización del átomo expuesto por Kelvin en un artículo de 1902, donde él saca a la luz, la <teoría de la electricidad de un fluido> de Franz Aepinus (1724–1802). Como describió Kelvin, Aepinus propuso la existencia de un sistema fluido eléctrico cargado negativamente que impregnaba todo el espacio y fluía libremente <entre los átomos de materia ponderable>. Las distribuciones de carga negativa (y positiva) podrían verse así como regiones del espacio con un exceso (o deficiencia) de este fluido ideal. La propuesta de Kelvin era que tal fluido podría estar compuesto de una multitud de pequeños, "átomos de electricidad" negativamente cargados que se movían sin resistencia dentro de átomos esféricos positivamente cargados". (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“El objetivo de Kelvin era deducir las configuraciones espaciales de cargas puntuales negativas en un estado de equilibrio estático dentro de un átomo cargado positivamente. Dos de sus suposiciones explícitas fueron que: (A) los átomos con carga positiva se repelen entre sí de acuerdo con una ley del cuadrado inverso (de acuerdo con los descubrimientos de Cavendish y Coulomb); y (B) las partículas cargadas negativamente dentro de un átomo son atraídas a su centro por una fuerza que es directamente proporcional a su distancia radial. Una aplicación directa de la ley de Gauss demostraría que en el interior el campo de este átomo solo podría estar radialmente hacia afuera y aumentar linealmente si la carga positiva era esféricamente simétrica y uniformemente distribuida”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

“El modelo de Kelvin era estático, pero Thomson estaba interesado en la estabilidad dinámica de los corpúsculos atómicos que ejecutan el movimiento orbital, lo cual lo motivó físicamente al sugerir una conexión con la radiactividad:

<... supongamos que los átomos de una sustancia, como los átomos de sustancias radiactivas, estaban continuamente emitiendo corpúsculos; la velocidad de los corpúsculos considerados, sin embargo, eran insuficientes para llevarlos fuera del átomo, de modo que los corpúsculos describían órbitas alrededor del centro del átomo ...>”.

“En 1903, Thomson había investigado rigurosamente los campos electromagnéticos producidos mediante un sistema de cargas en rotación constante, dispuesto en un plano a intervalos iguales alrededor de un anillo (pero en ausencia de una carga positiva). Esto se hizo explícitamente en anticipación del trabajo futuro, y sus resultados tendrían implicaciones importantes para la estabilidad radiactiva de sus átomos”. (Baily, C. s/f. pp. 6-10).

Resumiendo todas las ideas de Thomson, en cuanto a su modelo atómico, puede decirse que, “con el descubrimiento del electrón y el conocimiento de que casi la totalidad de la masa de un átomo debe estar asociada con la porción cargada positivamente, fue posible inventar y probar modelos de estructura atómica; uno de los primeros que publicó numerosos trabajos en este campo, fue J.J. Thomson. En

conferencia dadas en Yale en 1903 y en la Royal Institution en 1906, Thomson resumió algunas de sus ideas: <Hemos visto que si producimos los corpúsculos (electrón N/A) por medio de rayos catódico, luz ultravioleta, o de metales incandescentes y cualesquiera que sean los metales o gases presentes, siempre obtenemos la misma clase de corpúsculos. Como corpúsculos semejantes en todo respecto pueden ser obtenidos a partir de agentes y materiales muy diferentes y como la masa de los corpúsculos es menor que la de cualquier átomo conocido, vemos que el corpúsculo debe ser un constituyente del átomo de muchas diferentes sustancias...

Así, nos vemos confrontados con la idea de que los átomos de los elementos químicos están compuestos por sistemas más simples, una idea que en varias formas ha sido propuesta por más de un químico. Así, Proust en 1815 expuso el punto de vista de que los átomos de todos los elementos químicos están compuestos de átomos de hidrógeno; si esto fuera así, los pesos en combinación de todos los elementos, en la suposición de que no hay pérdida de peso cuando los átomos de hidrógeno se combinaran para formar el átomo de algún otro elemento, serían enteros; un resultado que no está de acuerdo con lo observado. Para evitar esta discrepancia, Dumas sugirió que el átomo primordial podría no ser el átomo de hidrógeno, sino un átomo más pequeño que tuviera solamente la mitad o un cuarto de la masa del átomo de hidrógeno. Un mayor apoyo fue dado a la idea de la naturaleza compleja del átomo por el descubrimiento por Newlands y Mendeleev de lo que se conoce como la ley periódica... Mayor evidencia en la misma dirección es suministrada por la semejanza en la estructura de los espectros de elementos dentro del mismo grupo en la serie periódica, una semejanza que el trabajo reciente sobre la existencia en espectros de series de líneas cuyas frecuencias están relacionadas por relaciones numéricas definidas ha hecho mucho para enfatizar y establecer...

El fenómeno de la radiactividad... lleva el argumento más lejos aún, pues parece haber buenas razones para creer que la radiactividad se debe a cambios que ocurren dentro de los átomos de las sustancias radiactivas. Si esto es así, debemos encarar el problema de la constitución del átomo y ver si podemos imaginar un modelo que tenga en él la potencialidad de explicar las notables propiedades mostradas por las sustancias radiactivas. Puede en esta forma no ser superfluo considerar la posibilidad de la existencia de corpúsculos en el problema de la constitución del átomo y aunque el modelo del átomo al cual nos vemos dirigidos por estas consideraciones es muy crudo e imperfecto, puede quizá ser de utilidad sugiriendo líneas de investigación que probablemente nos proporcionen información sobre la constitución del átomo>". (Arons, 1970; pp. 843-844).

"A partir de datos sobre el grado al cual un angosto haz de electrones es dispersado por su paso a través de una lámina metálica muy delgada y de datos sobre la dispersión de la luz visible y los rayos x por gases, Thomson y otros investigadores contemporáneos, notablemente Barkla, había estimado que el número de electrones en un solo átomo debía ser aproximadamente la mitad de la masa atómica relativa. Thomson delineó sus conjeturas cuantitativamente: <La forma en la cual ocurre la electricidad positiva dentro del átomo es en la actualidad un asunto sobre el cual

tenemos muy poca información. Ningún cuerpo electrizado positivamente ha sido encontrado aún con una masa menor que la de un átomo de hidrógeno. Todos los sistemas electrizados positivamente en los gases a bajas presiones parecen átomos, los cuales neutros en su estado normal, han quedado positivamente cargados por la pérdida de un corpúsculo. A falta del conocimiento exacto de la forma en la cual ocurre la electricidad positiva dentro del átomo, consideraremos un caso en el cual la electricidad positiva está distribuida en la forma más conveniente para el cálculo matemático; es decir, cuando ocurre como una esfera de densidad uniforme a través de la cual están distribuidos los corpúsculos.

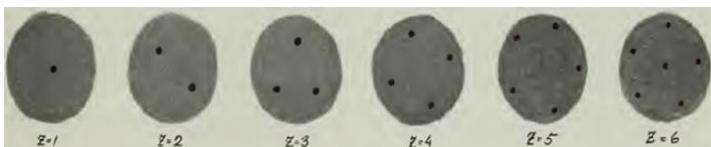
La electricidad positiva atrae los corpúsculos hacia el centro de la esfera, mientras que su repulsión mutua los aleja de él; cuando están en equilibrio, estarán distribuidos de manera tal que la atracción de la electrificación positiva está balanceada por la repulsión de los otros corpúsculos.

Consideremos ahora el problema de cómo 1, 2, 3..., n corpúsculos se distribuirían si fueran colocados dentro de una esfera con electricidad positiva de densidad uniforme, siendo la carga negativa total sobre los corpúsculos equivalentes a la carga positiva en la esfera. Cuando existe solamente un corpúsculo irá al centro de la esfera...

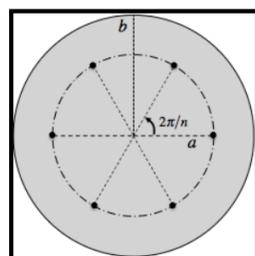


Quando hay dos corpúsculos dentro de una esfera con electricidad positiva se situarán, cuando estén en equilibrio, en dos puntos A y B en una recta que contiene el centro O de la esfera y tal que $OA=OB=a/2$, donde a es el radio de la esfera [...].

Tres corpúsculos dentro de una esfera estarán en equilibrio estable cuando estén en los vértices de un triángulo equilátero cuyo centro esté en el centro de la esfera y cuyo lado es igual en longitud al radio de la esfera [...]>". (Arons, 1970; p. 844-845).



En el libro "Project Physics Course. Models of Atoms", también se muestra la distribución de electrones en el modelo de Thomson, de la manera en la que el propio Thomson la realizó. El número atómico Z (símbolo convencional que proviene posiblemente de la palabra alemana Zahl que significa número), es el número de protones que determina el elemento químico. En la tabla periódica de los elementos químicos se ordenan los mismos según la ley de Moseley. Esta posición de los electrones en el modelo de Thomson es porque el átomo es eléctricamente neutro y no polar." (Contreras, et.al.2019, p. 57-59).



“El átomo dinámico inicialmente propuesto por Thomson en marzo de 1904 consistía de una esfera uniforme de carga positiva y un solo anillo de corpúsculos de carga negativa dispuestos simétricamente...Sus cálculos se dedicaron a anillos con menos de siete cargas, similar a los imanes de Mayer y las partículas de los

anillos de Saturno... el movimiento de cada carga se regía solo por su acción electrostática hacia el centro de la esfera, y por la repulsión de cada uno de los otras cargas negativas. La figura muestra el diagrama del modelo atómico de Thomson de 1904. Una esfera uniforme de carga positiva (región sombreada, de radio b) contiene n cargas puntuales negativas dispuestas en intervalos iguales alrededor de un círculo (de radio a). El radio $a / b = 0.6726$ para un anillo estático de $n = 6$ cargas". (Baily, C. s/f. p. 13). Thomson continuó refiriéndose a las cargas atómicas negativas como "corpúsculos"...y para muchos años después George Stoney afirmó en 1894 haber acuñado el término electrón". (Baily, C. s/f. p. 13).

"Thomson continuó...examinando los patrones de equilibrio formados conforme más electrones eran colocados dentro del glóbulo positivo. Encontró que ciertos patrones tendían a volver a formarse y repetirse al ir aumentando el número de electrones y en esta forma indicó un posible camino hacia la explicación del sistema periódico. También obtuvo, sobre la base de este modelo atómico, explicaciones cualitativas muy ingeniosas de la reacción química, de la formación de moléculas y de la desintegración radiactiva. Habiendo usado datos sobre la dispersión de electrones, la luz y los rayos x al desarrollar su modelo atómico, Thomson era profundamente sensible al hecho de que un estudio cuantitativo mejorado sobre la dispersión podría dar mejor y más detallada información sobre la estructura atómica. En 1910 publicó un análisis teórico de la dispersión de partículas α y β que debería esperarse cuando tales partículas pasaran a través de láminas delgadas compuestas por átomos que tuvieran la estructura de <budín> descrita en los párrafos precedentes. Demostró en particular, que una partícula α que pasara a través de un arreglo de esferas cargadas positivamente saldría con muy poca desviación de su trayectoria original". (Arons, 1970, p. 846)

Tareas para reflexionar

- a) John Alexander Reina Newlands y Dmitri Ivánovich Mendeléyev, trabajaron en base a la tabla, periódica de los elementos químicos. ¿Cuál de los dos comenzó primero con este trabajo? ¿Cuál de los dos obtuvo el verdadero reconocimiento sobre la invención de la tabla periódica? ¿Por qué le fue negado el Premio Nobel a Dmitri Ivánovich Mendeléyev?
- b) Aparte del Premio Nobel de Física (1906), a Thomson le fueron concedidos los siguientes premios:
 - Medalla Royal (1894)
 - Medalla Hughes (1902)
 - Medalla Copley (1914)

¿En qué consisten las diferentes medallas relacionadas con anterioridad? ¿Cuáles otros científicos la han obtenido?

- c) Modelos atómicos existen varios. Algunos concebidos antes del de J.J. Thomson y otros concebidos después. Unos con más detalles y otros con solo algunas ideas dispersas, pero válidos también. Antes pueden considerarse los modelos de Demócrito, Dalton, Nagaoka y el de Lewis y después los modelos de

Rutherford, Bohr, Sommerfeld y Schrödinger. Investigue sobre estos modelos y haga un resumen de sus principales características.

A manera de epílogo

El estudio de la Física y la Química, en cualquiera de los niveles educativos, conlleva a enmarcar el mismo en la historia de estas ciencias, olvidarlo o no hacerlo suele acarrear dificultades en su enseñanza y aprendizaje, así como en la motivación hacia el estudio de las mismas. Hoy en día, más que nunca, se está pagando el precio del camino tomado por profesores y autores de libros, al no considerar, en su justa medida, el historicismo y la humanística impregnada en el mismo, en sus escritos y clases.

En los libros de texto de Física y Química, casi nunca se hace mención a obras como los <Principia> de Newton, los <Diálogos sobre dos nuevas ciencias> de Galileo Galilei y <Nuevo sistema de filosofía química> de Dalton, por solo citar tres ejemplos. Siempre cabe pensar si el autor o los autores de los libros de textos conocen de estos libros originales y si lo han leído o no. La lectura de dichas obras es esencial si se quiere llegar a dominar ciencias como la Física y la Química y si se desea escribir textos de estas ciencias para ser utilizados en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las mismas en las instituciones educativas.

No hay mejor aprendizaje y comprensión de la Mecánica Clásica y de la Teoría Atómica que leer las obras mencionadas con anterioridad, por solo citar las partes tratadas en este libro. Hay profesores que comentan que para aprender Física o Química solo basta con estudiar los libros de texto escritos al respecto. Quienes piensan así, muy alejados se encuentran de la obtención de un conocimiento profundo y sólido de estas ciencias.

Por lo general, los que escriben libros de texto hacen mención a lo que dicen otros libros y a las interpretaciones que otros hacen de lo que escribió o dijo tal o más cual científico, lo que conlleva casi siempre a historias distorsionadas por omitirse las fuentes primarias.

Por tanto, los que se dedican a escribir libros de texto de Física y Química, deben leer las obras originales de los científicos a los cuales harán referencia, para que así no existan interpretaciones erróneas de los conceptos, principios, leyes, teorías o modelos. Con respecto a esta cuestión existen dos libros de texto y un proyecto dedicados a la enseñanza de la Física, que son paradigmas en cuanto a presentar esta ciencia desde una perspectiva histórica y ejemplos de excelencia para el campo de la física y su didáctica. Dichos libros, ya mencionados con anterioridad, son <Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas>, de Gerald Holton y <Evolución de los conceptos de la Física>, de Arnold B. Arons. A todos los interesados les invitamos a que se acerquen a ellos y disfruten de su lectura, no se arrepentirán.

En estas obras, los conceptos, principios, leyes, teorías y modelos de la física se estudian desde una perspectiva histórica y filosófica. Ambas tienen conexiones importantes, a partir de que Arons escribió en el prefacio del suyo que deseaba agradecer la influencia del libro de Holton, no solo en los capítulos reimprimos, sino

también en la estructura y espíritu del curso. Por su parte, el proyecto al que se hizo referencia, fue nombrado <Proyecto del Curso de Física>, creado y liderado por Holton, Rutherford y Watson.

En opinión de sus autores, este proyecto: "... además de "física pura", muestra cómo la física se relaciona con otras ciencias (...) e incluye aspectos de la filosofía y la historia de la ciencia que ponen el desarrollo de las ideas principales de la física en un contexto humanístico y social (...) el curso (...) se ensambla en un sistema multimedia integrado, incluido el texto, lectores, bucles de película, películas, experimentos con aparatos de laboratorio especialmente coordinados, folletos de instrucciones programadas, transparencias, manual del alumno y libro de recursos para docentes (...)" (Contreras, 2019, pp. 21-23).

En los libros y el proyecto antes citados, no hay omisiones descuidadas ni tergiversaciones que conlleven a preconcepciones, ideas alternativas, malas interpretaciones o errores conceptuales. Dichas obras son guías a seguir por cada profesor y estudiante de Física.

También se hace necesario destacar, que la formación en Física y Química requiere mejorar el desempeño docente dentro y fuera de las aulas. Tal y como lo menciona Valle Mijangos (2013), el diseño de ambientes de aprendizaje eficaces para que profesores y estudiantes convivan alrededor de la problemática que soluciona esta ciencia debe comprender la perspectiva de los cuatro lentes: centrado en la comunidad, centrado en el estudiante, centrado en la evaluación y centrado en el conocimiento, además de soportar esta idea en otros componentes del cuerpo de conocimientos de educación de las ciencias como la motivación, el diseño en retrospectiva, la decodificación de las disciplinas, el uso de un instrumento de comunicación entre profesor y estudiante y un sistema de evaluación mejorado que contribuya a que el estudiante siga aprendiendo mientras es evaluado.

Siguiendo con Valle Mijangos (2019), el enfoque por competencias en educación impone retos mayores a los profesionales de la docencia en Física y Química, uno de ellos es la pericia en el estudiante y el otro es la transferencia del conocimiento. Finalmente, Valle Mijangos (2013), señala en su producción publicada, que líneas futuras de investigación sobre enseñanza de la Física y la Química pudieran tomar en cuenta los siguientes propósitos:

- a). Conocer el costo pedagógico que involucra formar un estudiante desde su dominio actual de los temas relevantes de la Física y la Química, hasta obtener un nivel de dominio requerido.
- b). - Evaluar ambientes de aprendizaje para la enseñanza de la Física y la Química con diferentes combinaciones de pedagogías.
- c). - Contestar a las preguntas: ¿Qué tanto mejora el puntaje obtenido por los estudiantes en las pruebas de dominio de competencias específicas de la Física y la Química utilizando diferentes combinaciones de pedagogías educativas en los ambientes de aprendizaje? ¿Qué materiales didácticos pueden contribuir más a la

formación por competencias en el estudiante? y ¿Cuáles pueden ser sustituidos en atención a su contribución al dominio de la competencia específica de que se trate y a la economía de recursos?

d). - Descubrir lo que el profesor de Física y Química piensan sobre el trabajo docente con la intención de proponer mejoras en su práctica cotidiana.

e). - Contestar a las preguntas ¿Cómo aprenden mis estudiantes Física y Química? ¿Cómo generar pericia en el estudiante? ¿Cómo lograr que el estudiante sea competente al grado de poder transferir el conocimiento?

Los profesores y autores de libros de Física y Química tenemos que lograr que exista motivación por el estudio de estas ciencias. Ojalá este libro logre el anterior propósito y se haga conciencia que solo a través de la humanística se podrá avanzar con celeridad.

A todos muchas gracias.

REFERENCIAS

- Acantilado Matthews, M. (1994). Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. Enseñanza de las ciencias, p. 257
- Alamino, D. J. (2005). Giordano Bruno: varias lecturas de una vida y un pensamiento. Palabra Nueva, Revista de la Arquidiócesis de La Habana, XIV (144), p. 62.
- Altshuler, J. (1966). Galileo IV Centenario. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.
- Aristóteles (1995). Física. PLANETA De AGOSTINI © Editorial Gredos, S.A. Biblioteca Clásica Gredos
- Aristóteles (s/f). Metafísica. De acuerdo a la costumbre, los textos del corpus aristotélico son citados desde la edición en lengua griega de Immanuel Bekker, (Academia Regia Borussica, Berlin, 1831-1870) refiriéndose al número de página.
- Arons, A. B (1970). Evolución de los conceptos de la Física. México: Trillas.
- Azcarate, C. (1984). La nueva ciencia del movimiento de Galileo: Una génesis difícil. Enseñanza de las ciencias, pp. 203-208.
- Barrachina, R. O. (s/f). RAYOS MISTERIOSOS. Instituto Balseiro, Av. Bustillo 9500, R8402AGP San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina. (www.ib.edu.ar)
- Baily, C. (s/f). Early Atomic Models—From Mechanical to Quantum (1904-1913) Department of Physics University of Colorado Boulder, CO 80309---0390, USA
- Benvenuto, E. R, Contreras, J. L. y García, J. R. (2017). La Teoría de la Omisión y su papel en la didáctica de la física. Trabajo presentado en Conferencia Internacional “Retos de la Educación General, Especial y Universitaria”. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.
- Bombal Gordón, F (2014). Galileo Galilei: un hombre contra la oscuridad. Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat. (Esp). Vol. 107, Nº. 1-2, pp 55-78, 2014 XVI. Programa de Promoción de la Cultura Científica y Tecnológica.
- Busch, U. (2016). Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos X y la creación de una nueva profesión médica. Rev Argent Radiol. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rard.2016.08.003>

- Carrascosa, J. (2015). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis sobre las causas que lo originan y/o mantienen. Eureka, sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias. Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia. Cádiz, España.
- Carnevalli, R. (2002). El Delito de Omisión. En particular, La Comisión por Omisión. Revista de Derecho, (9). Escuela de Derecho. Universidad Católica del Norte. Campús Guayacán-Coquimbo.
- Casas, L. M. (2002). El estudio de la estructura cognitiva de alumnos a través de Redes Asociativas Pathfinder. Aplicaciones y posibilidades en Geometría. Recuperado de <http://www.uv.es/Angel>.
- Clementi, L. A. (2013). Física Moderna y Aplicaciones. Buenos Aires: Editorial de la Universidad Tecnológica edUTecNe.
- Contreras Vidal, J.L. (2008). Recursos didácticos integradores para facilitar, en la estructura cognoscitiva de los profesores, la formación de conceptos del área de las ciencias naturales en la secundaria básica. ISBN 978-959-16-0801-7. Editorial Universitaria del Ministerio de Educación Superior de la República de Cuba. Ciudad Habana.
- Contreras Vidal, J.L; Benvenuto Pérez; E.R; Sifredo Barrios, C; Rivero Pérez, H.R; Pedraza González, X. (2019). La Teoría de la Omisión y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la física. ISBN: 978-959-7225-42-3 Editorial Académica Universitaria (Edacun) Universidad de Las Tunas.
- Contreras Vidal, J.L; Pérez Paz, M.O; López Villavicencio, V.L. (2019^a). Las Ciencias Naturales desde las Tareas Docentes Integradoras. Editorial Académica Española. ISBN: 978-620-0-02913-3
- Correo (1985). ¿Por qué la guerra? Carta de Albert Einstein a Sigmund Freud. Revista Correo de la Unesco. Un solo Mundo, Voces Múltiples. E-ISSN: 2220-2315.
- Daniushenkov, V. y Corona, N. (1991). Historia de la Física. La Habana: Pueblo y Educación.
- De Lorenzo, J (2009). Ciencia y Artificio. El hombre, artefacto entre artefactos. NETBIBLO, S. L, Editorial@netbiblo.com. ISBN: 978-84-9745-361-15.

- DLE (2014). Real Academia Española y Asociación de Academias de la Lengua Española. Diccionario de la lengua española (23.ª edición). Madrid: Espasa. ISBN 978-84-670-4189-7
- Einstein, A. y Infeld, L. (1961). La física, aventura del pensamiento: el desarrollo de las ideas desde los primeros conceptos hasta la relatividad y los cuantos". Editorial Losada, Colección Ciencia y Vida, Buenos Aires, 1961, 254 p., ISBN 950-03-0195-4
- Einstein, A (s/f). El Mundo tal y como yo lo veo. www. OMEGALFA.es. Biblioteca libre.
- Esteban Santos, S (2002). Introducción a la historia de la química. Cuadernos de la UNED. Universidad Nacional de Educación a Distancia – Madrid. ISBN: 84-362-4347-1
- Fernández Cepedal, J. M. (2006). Fragmentos y testimonios de Anaximandro de Mileto. <http://www.biblioteca.org.ar/Libros/7046.htm>
- Fiad, S. (2009). Introducción a la química general, una guía didáctica. Recuperado de editorial.unca.edu.ar/.../Susana%20Fiad/LIBROVERSION%20EDITORIAL%202.pdf
- Galilei, G (1945). Diálogos acerca de dos nuevas ciencias. Editorial Losada, S. A. Moreno 3362, Buenos Aires.
- Galilei, G. (1981). Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos nuevas ciencias. Madrid: Editora Nacional.
- Galilei, G. (s/f). Diálogos Sobre los Dos Máximos Sistemas del Mundo Ptolemaico y Copernicano. Edición de Antonio Beltrán Marí. Alianza Editorial.
- Garriz, A. (2010). La historia como una herramienta para promover el aprendizaje. Educ. quím., 21(4), 266-269. © Universidad Nacional Autónoma de México, ISSN 0187-893-X Publicado en línea el 16 de agosto, ISSNE 1870-8404
- González, P. y Uriarte, M. del C. V. (2015). Química I. Argentina: Secretaría de Educación Pública. Recuperado de <https://www.dgb.sep.gob.mx/servicios-educativos/telebachillerato/.../1.../Quimica-I.pdf>
- Grigorian, A.T y Polak, L.S (1962). Las ideas básicas de la Física. Ediciones Pueblos Unidos. Montevideo. Uruguay.

- Hawking, S.W (1992). Historia del tiempo. Editorial Grijalbo Ltda. Santafé de Bogotá, D.C. ISBN: 958-639-048-9
- Holton, G. (1952). Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas. Barcelona: Reverté S.A.
- Holton, G, Rutherford, F. J. y Watson, F. G. (1970). Project Physics Course. Models of Atom. New York. Recuperado de <https://archive.org/details/projectphysicscollection>
- Holton, G (1989^a). Las leyes de Newton y su sistema del mundo. Lectura tomada del libro “Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas”. Revisada y ampliada por Stephen G. Brush, University of Maryland. Versión española por J. J. Aguilar Peris Universidad Complutense de Madrid. “2^a. Edición corregida y revisada” EDITORIAL REVERTÉ, S.A. Adaptación por Gustavo E. Sánchez A. Universidad Javeriana Cali.
- Holton, G (1989^b). Galileo y la Nueva Astronomía. Lectura tomada del libro “Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas”. Revisada y ampliada por Stephen G. Brush University of Maryland. Versión española por J. J. Aguilar Peris Universidad Complutense de Madrid. “2^a Edición corregida y revisada” EDITORIAL REVERTÉ, S.A. Adaptación por Gustavo E. Sánchez A. Universidad Javeriana Cali.
- Holton, G (1989^c). Ley de conservación de la energía. Lectura tomada del libro “Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas”. Revisada y ampliada por Stephen G. Brush, University of Maryland. Versión española por J. J. Aguilar Peris Universidad Complutense de Madrid. “2^a. Edición corregida y revisada” EDITORIAL REVERTÉ, S.A. Capítulo 17, página 389.
- Holton, G. (2003). What Historians of Science and Science Educators Can Do for One Another. Science & Education Volume 12, Issue 7, pp 603–616. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Holton, G. (2006). Los científicos se enamoran de la física, la química, las matemáticas...Entrevista realizada por Alicia Rivera, en Madrid, para el periódico EL PAÍS.

- H. Stuewer, R (1994). Historia y física. University of Minnesota, USA. Esta es una versión revisada de un papel de trabajo presentado primeramente en una conferencia en Bielefeld, Alemania, y publicado en (Misgeld & al., 1994, 41-68).
- Isaac Watts, D.D. (1831). The improvement of the mind. With the life of the author, by Dr. Johnson. London: Printed by W. WILSON, 4, Greville-Street.
- Katz, M. (2011). John Dalton y la Teoría Atómica. Epistemología e Historia de la Química.
- Kuznetzov, B (1990). Einstein. Vida. Muerte. Inmortalidad. Editorial Progreso. Moscú.
- Kuznetzov, B (1981). Galileo Galilei. Colección Vulcano. Editorial Científico Técnica. Ciudad Habana. Cuba.
- Lederman, L. (2003). The Role of Physics in Education. Trabajo presentado en VIII Interamerican Conference on Physics Education. La Havana, Cuba.
- Leofric Stocks, J. (1999). El aristotelismo y su influencia. Editado por elaleph.com. Copyrigh www.elaleph.com
- Lindell, B. (2012). Historia de la radiación, la radioactividad y la radioprotección: La caja de Pandora / Bo Lindell; con prólogo de Abel González. - 1a ed. - Buenos Aires: Sociedad Argentina de Radioprotección. ISBN 978-987-26798-1-1
- Lucrecio Caro, T (1918). La Naturaleza de las cosas. Libros I y II. Librería Hernando y Cía.; Madrid. Biblioteca digital de www.ladeliteratura.com.uy
- Maza Sancho, J. (2016). Isaac Newton (1643-1727) y la Ley de Gravitación Universal. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Astronomía. UNIVERSIDAD DE CHILE. Curso EH2801
- Millikan, R. A. (2009). Mechanics, Molecular Physics and Heat: A Twelve Weeks' College Course. New York: Bibliolife LLC.
- Mulet Hing, L.N.; Hing Cortón, R. (2008). La historia de la química y el desarrollo de la sociedad. Tecnología Química, vol. XXVIII, núm. 3, pp. 15-27 Universidad de Oriente Santiago de Cuba, Cuba. ISSN: 0041-8420
- Newton, I (1952). Opticks or A treatise of the refletions, refractions, inflexions and colours of light. Dover Publication, Inc.

- Newton, I (1687). *Philosophiæ naturalis principia mathematica*. Traducción: Eloy Rada
Retoque de cubierta: casc. Editor digital: casc ePub base r1.2
- Páez, Y; Castro Machado, R; Rodríguez, M.A; Niaz, M (2004). *Los Modelos Atómicos desde la perspectiva de la historia y filosofía de la ciencia: un análisis de la imagen reflejada por los textos de química de bachillerato*. Versión impresa ISSN 1316-0087. *Investigación y Postgrado* v.19 n.1 Caracas.
- Peduzzi, L. O. Q. y Zylbersztajn, A. (1997). La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para la enseñanza de la mecánica. *Enseñanza de las ciencias*, 15(3), pp. 351-359
- Pérez Hernández, C (1998). *Hume, intérprete de Newton*. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. D. Jaime de Salas Ortueta Catedrático del Departamento de Fiosofía IV MADRID.
- Posada, Y. (2015). Aspectos históricos, filosóficos y físicos de la Primera Ley de Newton. *Eutopía*, (22).
- Pro Bueno, A. (2003). Algunas reflexiones sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química. 12 | educar en el 2000 | septiembre 2003.
- Rosental, M., y P. Ludin (1985): *Diccionario filosófico*, Edición revolucionaria, La Habana, Cuba.
- Seeger, R. J. (1964). On Teaching the History of Physics. *American Journal of Physics*, 32.
- Snow, C.P (2000). *Las dos culturas*. Con una introducción de Stefan Collini. Ediciones Nueva Visión SAIC Tucumán 3748, (1189) Buenos Aires, República Argentina - I.S.B.N. 950-602-401-4.
- Tomé López, C. (2015). Relojes y cronómetros (II): péndulos y cicloides. Publicado en *Experientia docet. Cuaderno de Cultura Científica*.
<https://culturacientifica.com/2015/03/24/relojes-y-cronometros-ii-pendulos-y-cicloides/>
- Trigo Aranda, V (s/f). *Isaac Newton*. Autores científico-técnicos y académicos.
- Thomson, J. J. 1936. *Recollections and Reflections*, Bell & Sons, London. [Page numbers in the text refer to the 1937 U.S. reprint by Macmillan & Co.]

- Ulloa Guerrero, L.H (1995). Roentgen y el descubrimiento de los rayos X. Revista de la Facultad de Medicina Universidad Nacional de Colombia - Vol.43 N°3 (Págs. 150-152).
- Valdés, R (1987): Historia de la física, Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- Valdés, R. y Valdés, P. (2004). Tres ideas básicas de Didáctica de las Ciencias. En Didáctica de las Ciencias. Nuevas Perspectivas, (p. 5). La Habana: Pueblo y Educación.
- Valle Mijangos, S.O (2013). La enseñanza de la Física utilizando el diseño de ambientes de aprendizaje que toman en cuenta cómo aprende la gente ciencias. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo. Publicación # 10 Enero – Junio 2013. ISSN: 2007 - 2619.
- Valle Mijangos, S.O; Álvarez Rivero, J. C. (2015), Didáctica para la Educación Superior. Alternativas ante la problemática docente en la educación de las ciencias duras. Perspectivas docentes 58 ACOTACIONES
- Vaz, P (s/f). Ondas. Una introducción a los fenómenos ondulatorios. <https://fiscamaldonado.files.wordpress.com/2012/04/ondas-introduccion3b3n.pdf>
- Westfall, R. S. (1993.). Isaac Newton: Una vida. Recuperado de www.librosmaravillosos.com/newtonunavida/.../Newton%20Una%20vida%20-%20Ri.
- Wilson, J. y Buffa, A. (2003). Física. México: Pearson. Young, H. D. y Freedman, R. A. (2009). Física universitaria. Estados Unidos: Pearson Educacion.
- Wikipedia. <http://en.wikipedia.org/wiki/>
- Young, Hugh D. y Roger A. Freedman (2009). Física universitaria volumen 1. Decimosegunda edición. Pearson Educación, México, 2009. ISBN: 978-607-442-288-7.