

El desarrollo de la electricidad y el electromagnetismo y su repercusión social

Autor: M. Sc. Arabel Moráquez Iglesias.

arabelm@isphlg.rimed.cu

amoragueziglesias@yahoo.es

## **Summary**

The work has as purpose to make a historical-logic analysis of how electricity and electronics evolved in the humanity's scientific chore. For this work, the author divides his study in four big stages, and through them he makes the analysis on how the scientific thought of those remarkable scientists evolved. They made possible the development of these two specialties of Physics and its current validity in all the spheres of science, technology, as well as in social life.

Key words: PHYSICS, ELECTROMAGNETISM, ELECTRICITY, DEVELOPMENT, REPERCUSSION SOCIAL.

## **Resumen**

El trabajo tiene como finalidad hacer un análisis histórico-lógico de cómo la electricidad y la electrónica evolucionaron en el quehacer científico de la humanidad. Para el mismo, el autor divide su estudio en cuatro grandes etapas, y de ellas hace el análisis de cómo ha evolucionando el pensamiento científico de estos notables científicos, que hicieron posible el desarrollo de estas dos especialidades de la Física y su validez actual en todas las esferas de la ciencia, la tecnología, así como en la vida social.

Palabras claves: FÍSICA, ELECTROMAGNETISMO, ELECTRICIDAD, DESARROLLO, REPERCUSIÓN SOCIAL.

Para todos resulta fácil sentarnos frente a un televisor, coger su mando, encenderlo y cambiar de canal, entre otras operaciones; de igual forma que a un obrero de un taller le resultaría familiar encender cualquier equipo o máquina herramienta, o, ¿quién, no ha tenido que grabar información en un disquete o en un disco duro de una computadora?; sin embargo, ¡qué lejos estamos de imaginarnos cuántos científicos e inventores han invertido infinidad de horas en investigaciones sobre estas ramas de la Física que son

la electricidad y el electromagnetismo, sobre los que se sustentan los principios de funcionamiento de determinados dispositivos eléctricos y electrónicos que posibilitan las operaciones antes enunciadas!

El objetivo del presente trabajo es analizar cómo fue evolucionando el desarrollo de la electricidad y el electromagnetismo y su repercusión social hasta llegar a nuestros días.

## **1. Génesis del electromagnetismo**

### **1.1 Edad Antigua**

Para hablar del electromagnetismo se consideran importantes dos cuestiones: que su historia está ligada al desarrollo de la electricidad, ya que el electromagnetismo no es más que el campo magnético que se produce por efecto de la corriente eléctrica: Las fuerzas magnéticas son producidas por el movimiento de partículas cargadas, que son los electrones, lo que indica la estrecha relación entre la electricidad y el magnetismo; y lo segundo, es que para hablar de su historia hay que remontarse a su génesis: que es el fenómeno del magnetismo.

Este fenómeno del electromagnetismo se conoce desde tiempos antiguos. La piedra imán o magnetita es un óxido de hierro que tiene la propiedad de atraer los objetos de hierro, que ya era conocida por los griegos, los romanos y los chinos.

Cuando se pasa una piedra imán por un pedazo de hierro, éste adquiere a su vez la capacidad de atraer otros pedazos de hierro. Los imanes así producidos están 'polarizados'; es decir, cada uno de ellos tiene dos partes o extremos llamados polos: norte y sur. Los polos iguales se repelen, y los polos opuestos se atraen.

De las distintas obras consultadas al respecto se constató que la palabra magnetismo y el descubrimiento del imán, en la Edad Antigua, proviene del nombre del pastor Magnes, o según la leyenda en la ciudad de Magnesia, donde se encontraban grandes yacimientos de imanes naturales (ferrita).

En esta época se descubrió la propiedad que tenía el imán para atraer a ciertos cuerpos y la persona que comenzó a realizar determinados estudios sobre dichas propiedades, que se tenga noticia, fue Tales de Mileto (625 a.C. - 546 a.C.). Es posible que este filósofo griego ya supiera que el ámbar adquiere la propiedad de atraer objetos ligeros al ser frotado. Otro filósofo griego, Teofrasto afirmaba, en un tratado escrito tres siglos

después, que otras sustancias poseen esa propiedad (Biblioteca de consulta Microsoft ® Encarta ® 2004), (Daniushenkov, V. 1991), (Moltó, E. 2003).

El aporte científico acerca del estudio de las propiedades del imán estuvo dado en:

- Que era una propiedad de determinadas sustancias.
- Que al ser dividido un imán se convertía en un nuevo imán.

Es importante apreciar cómo en esta etapa de la historia de la humanidad, la ciencia de lo que es hoy llamada Electricidad y Electromagnetismo estuvo supeditada a simples estudio empíricos acerca de las propiedades del imán. Por lo que se puede decir que su estudio se basaba de forma empírica y simple.

## **1.2 Edad Media hasta la Revolución Francesa (Siglo V hasta 1799)**

El término Edad Media, que según distintos historiadores, fue empleado por vez primera por el historiador Flavio Biondo de Forlì, en su obra *Historiarum ab inclinatione romanorum imperii decades* (Décadas de historia desde la decadencia del Imperio romano) (Diccionario Enciclopédico Encarta 2004), publicada en 1438, se refiere a un período de la historia europea que transcurrió desde la desintegración del Imperio romano de Occidente, en el siglo V, hasta el siglo XV. Aunque se aclara que no se pueden tomar como fechas de referencias fijas, ya que en la Ciencias Sociales no se puede establecer una ruptura brusca entre una etapa históricamente determinada y otra.

En el siglo X, según fuentes registradas, los iniciales navegantes chinos y europeos empleaban brújulas magnéticas (ENCARTA © 1993-2003 Microsoft Corporation). De aquí que la repercusión social que tuvieron los trabajos precedentes sobre el magnetismo devino el empleo de la brújula.

En el siglo XIII, el francés Petrus Peregrinus realizó reveladoras investigaciones sobre los imanes. Sus descubrimientos no se superaron en casi 300 años, hasta que el físico y médico británico William Gilbert revolucionó las investigaciones de su antecesor Petrus.

A partir de los estudios teóricos del inglés Williams Gilbert (1540-1603), quien aplicó el término 'eléctrico' (del griego elektron, 'ámbar') a la fuerza que ejercen esas sustancias después de ser frotadas. De este científico aparece un Tratado 'Magnete' publicado en

1600 y cuyo fundamento está dado en la experimentación y lo más importante es que él planteó que las agujas de las brújulas se orientaban debido al magnetismo terrestre, que contradecía una opinión generalizada que ésta se orientaba hacia un punto celeste; la otra cuestión importante que planteó fue, que las propiedades eléctricas las produce la fricción, y las magnéticas son inherentes a determinados cuerpos (establece diferencias entre unas y otras); que las acciones magnéticas son de dos tipos: atracción y repulsión y que las eléctricas son solas de atracción; que las atracciones eléctricas son más débiles que las magnéticas y que las primeras pueden ser destruidas por la humedad y las magnéticas no.

Ya aquí se puede apreciar cómo el pensamiento científico va evolucionando y no se limitan al hecho de explicar cómo ocurre el fenómeno, sino que trata de explicar el por qué ocurre.

La primera máquina para producir una carga eléctrica fue descrita en 1672 por el físico alemán Otto Von Guericke. Estaba formada por una esfera de azufre movida por una manivela, sobre la que se inducía una carga cuando se apoyaba la mano sobre ella.

En 1729 el también inglés Etephen Gray (1670-1736) descubrió la conductibilidad eléctrica de los cuerpos y mostró que para conservar la electricidad un cuerpo debía de estar aislado; sus experimentos atrajeron la atención de otro científico francés: Charles Du Fay

El francés Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739), hizo sus estudios y demostró la electrización por contacto, fue quien creó la primera teoría de los fenómenos eléctricos y planteó la necesidad de los aisladores como soporte de hilo conductor y la existencia de dos electricidades: la vítrea y la resinosa.

En 1745, se inventa por los físicos la botella de Leyden: el holandés Pieter van Musschenbroek, de la Universidad de Leyden, y el físico alemán Ewald Georg von Kleist que de, forma independiente, inventan la botella de Leyden. La misma está formada por una botella de vidrio recubierta por dos láminas de papel de estaño, una en el interior y otra en el exterior, la cual es considerada en la historia de la electricidad como el primer condensador eléctrico.

Resulta inobjetable que para hablar de electricidad, no debemos de dejar de mencionar los trabajos empírico y experimentos llevados a cabo por uno de los inventores más fecundo de la historia: Benjamín Franklin.

Benjamin Franklin (1747–1752). Este filósofo, político y científico estadounidense inicia sus experimentos sobre la electricidad. Adelanta una posible teoría de la botella de Leyden, defiende la hipótesis de que las tormentas son un fenómeno eléctrico y propone un método efectivo para demostrarlo. A él se debe el invento del pararrayo.

En 1750, el geólogo británico John Michell inventó una balanza que utilizó para estudiar las fuerzas magnéticas. Este científico **demostró empíricamente** (Observe que no lo fundamenta matemáticamente) que la atracción o repulsión entre dos polos magnéticos disminuye a medida que aumenta el cuadrado de la distancia entre ellos.

El físico francés Charles de Coulomb (1736-1806), considerado como pionero en la **teoría eléctrica**, realizó investigaciones en magnetismo, rozamiento y electricidad. Éste en 1777, inventó la balanza de torsión para medir la fuerza de atracción magnética y eléctrica; verificó posteriormente la observación de Michell con una gran precisión. Con este invento, Coulomb pudo establecer el principio, conocido ahora como **Ley de Coulomb**, que rige la interacción entre las cargas eléctricas: ley que actualmente se aplica.

En 1791 Luis Galvani (1737-1798), estudió el efecto de las fuerzas eléctricas (como él le llamó) en las ranas y postuló que este movimiento muscular en las ancas de las mismas era atribuido a la electricidad animal (Moltó, 2003).

Es importante analizar cómo en este período ya el estudio de la electricidad y del electromagnetismo no sólo se sustenta en las observaciones experimentales, sino que se comienzan a establecer **consideraciones teóricas más profundas y leyes científicas**, que están aparejadas con el desarrollo del intelecto humano. Es bueno apuntar, que en este período se había inventado la imprenta (1450), la máquina de vapor por Dennis Papin (1647-1714) y perfeccionada o mejorada por Jaime Watt (1764) y el invento de un telar mecánico accionado por una máquina de vapor (1785), por el británico Richard Arkwright: Tres elementos, que evidentemente sustentaban las bases tecnológicas para el ulterior desarrollo de la electricidad y el electromagnetismo en el período siguiente.

### **1.3 Posterior a la Revolución Francesa hasta el siglo XIX (1799 hasta 1899)**

En este período se puede decir que se desarrolla la teoría electromagnética, fundamentalmente a finales del siglo XVIII y a principios del XIX.

Son numerosos los científicos que trabajaron en esta línea durante este período, por lo que sólo se mencionarán algunos de los más renombrados, por razones obvias de espacio en este trabajo.

Los planteamientos de Galvani fueron rebatidos con posterioridad por Alejandro Volta (1745-1827), quien postuló que lo que producía las contracciones del animal no era debido a lo que planteaba Galvani; sino debido a la corriente eléctrica que se producía al unir dos metales diferentes, y con esta teoría Volta construyó la primera batería, a la cual le llamó columna de Volta.

*“En 1800, Volta construyó la primera pila, según su propia descripción, preparando cierto número de discos de cobre y de cinc junto con discos de cartón empapados en una disolución de agua salada. Después apiló estos discos comenzando por cualquiera de los metálicos, por ejemplo uno de cobre, y sobre éste uno de cinc, sobre el cual colocó uno de los discos mojados y después uno de cobre, y así sucesivamente hasta formar una columna o ‘pila’. Al conectar unas tiras metálicas a ambas extremas consiguió obtener chispas”* (© 1993-2003 Microsoft Encarta 2003).

Ya en 1812, el francés Poisson (1781-1840), hizo un aporte fundamental para la electrostática sobre los trabajos de su antecesor, el químico inglés Davy (1778-1829), quien estudió los efectos químicos de la electricidad, en particular la electrólisis. Poisson planteó la ecuación fundamental de la electrostática, con su función potencial; donde:  $\Delta^2 \varphi = -4\pi \rho$ ; donde  $\varphi$ : es el potencial y  $\rho$ : densidad de carga eléctrica .

Este autor considera que el padre del electromagnetismo fue el danés Hans Christian Oersted (1777-1851), quien en 1819 llevó a cabo un experimento que revolucionó este campo de la Física, al observar la desviación producida por una aguja magnética al acercarse a un conductor por el cual pasaba corriente eléctrica. Con este descubrimiento se demostró la interrelación entre la electricidad y el magnetismo. Oersted demostró que una corriente eléctrica crea un campo magnético; principio por el cual se sustenta en la actualidad los distintos desconectivos magnéticos (para accionar

grandes equipos eléctricos: motores, máquinas herramienta...), electroimanes, entre otros.

Este descubrimiento fue desarrollado por el científico francés André Marie Ampère (1775-1836), conocido por sus importantes aportes al estudio de la electrodinámica, que estudió las fuerzas entre cables por los que circulan corrientes eléctricas, y por el físico y astrónomo francés Dominique François Arago (1786-1853), que descubrió el fenómeno conocido como magnetismo de rotación y demostró la relación entre la aurora boreal y las variaciones en el magnetismo terrestre. Éste magnetizó un pedazo de hierro colocándolo cerca de un cable recorrido por una corriente (© 1993-2003 Microsoft Encarta 2003).

En 1831, el científico británico Michael Faraday (1791-1867), hizo otro descubrimiento trascendental: que el movimiento de un imán en las proximidades de un cable induce en éste una corriente eléctrica; este efecto era inverso al hallado por Oersted.

Si analizamos bien las consecuencias de ambos descubrimientos, es a través de los mismos que se fundamenta el principio del motor eléctrico y de los generadores de corriente: de aquí su trascendencia para nuestra vida moderna.

Así, Oersted demostró que una corriente eléctrica crea un campo magnético, mientras que Faraday demostró que puede emplearse un campo magnético para crear una corriente eléctrica (principio de inducción de la corriente eléctrica). A este insigne científico se debe además, el estudio de la electricidad y la luz, denominado: “Efecto Faraday” (1838), que consiste en el plano de polarización de la luz en presencia de un imán y fue el creador de las líneas de inducción magnéticas, entre otras.

El 27 de octubre de 1864, en la Royal Society, el físico británico James Clerk Maxwell presentó un trabajo en el que unificó las teorías de la electricidad y el magnetismo: “Teoría dinámica del campo electromagnético”; en él, Maxwell introduce la corriente de desplazamiento, mediante el cual un campo eléctrico, variable en el tiempo, da lugar a un campo magnético no solamente en un conductor, sino en una sustancia cualquiera, incluso el vacío. Este científico predijo la existencia de ondas electromagnéticas e identificó la luz como un fenómeno electromagnético.

Fueron muchos los científicos que continuaron las investigaciones en esta etapa, entre los que se pueden citar a: Herz (1854-1897), hoy todavía a la ondas de radio se les llama hertzianas, y fue el descubridor del efecto fotoeléctrico –formación y liberación de

partículas eléctricamente cargadas que se produce en la materia cuando es irradiada con luz u otra radiación electromagnética-, principio muy utilizado en las baterías solares de los vuelos espaciales.

Poyting (1884) realizó estudios acerca de la energía luminosa; Lebedev (1866-1912), logró obtener ondas electromagnéticas de 6 mm. de longitud de onda y midió la presión luminosa; Tesla y Popov (1874-1937), aplicaron la onda de radio a la telegrafía sin hilo: madre de las comunicaciones en la actualidad. Los estudios de Plinkers (Alemania, 1869), Crookes (Inglés, 1874), quienes descubrieron que la corriente eléctrica pasa libremente por un tubo de cristal al cual se le ha extraído aire, estudiado por el primero; y que dentro del tubo aparecían rayos invisibles que salían del cátodo, estudiado por el segundo: rayos catódicos. Muy usados hoy en los equipos de rayos X con fines medicinales.

Otro científico que revolucionó el desarrollo de la electricidad y la electrónica fue el croata Nikola Tesla (1856-1943), quien en 1888 diseñó el primer sistema práctico para generar y transmitir corriente alterna para sistemas de energía eléctrica, cuyos derechos fueron comprados por el inventor estadounidense George Westinghouse. Este revolucionario sistema de transmitir la corriente eléctrica -que compitió y triunfó sobre el método tradicional por corriente directa propuesto por Edison-, fue mostrado en la práctica en Chicago en la World's Columbian Exposition (1893). Dos años más tarde los motores de corriente alterna de Tesla se instalaron en el diseño de energía eléctrica de las cataratas del Niágara. Dentro de los muchos inventos de Tesla se encuentran los generadores de alta frecuencia (1890) y la bobina de Tesla (1891), un transformador con importantes aplicaciones en el campo de las comunicaciones por radio.

Es importante apreciar que a partir de la propuesta de Tesla se ha abaratado la transmisión de la corriente eléctrica, lo que ha posibilitado el enorme desarrollo de ambas esferas: la electricidad y el electromagnetismo.

En esta etapa de las investigaciones sobre este campo, se puede observar cómo en la medida que se han ido desarrollando la ciencia y la tecnología, ambas traen aparejado un incremento más profundo de su autodesarrollo; ya no sólo los científicos e inventores se limitan a la observación y explicación de los fenómenos, sino que se formulan leyes prominentes basadas en leyes físico-matemáticas.

Otro aspecto muy importante es cómo ya la electricidad y electromagnetismo se interrelacionaron, en esta etapa, con la química y la luz. Aquí surgen los principios fundamentales para un salto cualitativo, a partir de los cambios cuantitativos que han ido evolucionando en este período, pero que a su vez toma de sustento toda la experiencia científica acumulada en estos dos grandes períodos de la historia del electromagnetismo y la electricidad.

Se puede resumir que este período sirvió de base a la revolución científico-técnica de lo que es hoy la industria moderna, ya que se construyeron y perfeccionaron los sistemas de transmisión de energía eléctrica (por corriente alterna), se construyeron los grandes generadores y motores de corriente eléctrica con sus correspondientes dispositivos electromagnéticos para su correcto y óptimo funcionamiento y se establecieron las leyes y postulados más reveladores en el desarrollo de estas dos ciencias.

#### **1.4 Posterior al siglo XIX hasta la actualidad (1900 hasta 2005)**

Después del siglo XIX, siguieron un sinnúmero de científicos que ampliaron y descubrieron nuevas leyes en este mundo fascinante, entre los que se pueden citar: al físico francés Paul Langevin (1905), el cual desarrolló una teoría sobre la variación con la temperatura de las propiedades magnéticas de las sustancias paramagnéticas, basada en la **estructura atómica** de la materia; el físico francés Pierre Ernst Weiss (también de esta década), que postuló la existencia de un **campo magnético interno, molecular**, en los materiales como el hierro. Este concepto, combinado con la teoría de Langevin, sirvió para explicar las propiedades de los materiales fuertemente magnéticos como la piedra imán; el físico danés Niels Bohr (Premio Nobel de Física en 1922), que trabajó sobre la **estructura atómica**, el cual hizo que se comprendiera la tabla periódica y mostró por qué el magnetismo aparece en los elementos de transición, como el hierro, en los lantánidos, o en compuestos que incluyen estos elementos. Los físicos estadounidenses Samuel Abraham Goudsmit y George Eugene Uhlenbeck demostraron (1925), que los **electrones** tienen espín y se comportan como pequeños imanes con un 'momento magnético' definido. El momento magnético de un objeto es una magnitud vectorial que expresa la intensidad y orientación del campo magnético del objeto. El físico alemán Werner Heisenberg, dio una explicación detallada del campo molecular de Weiss en 1927, basada en la recientemente desarrollada **mecánica cuántica**. Más

tarde, otros científicos predijeron muchas estructuras atómicas del momento magnético más complejas, con diferentes propiedades magnéticas (Encarta op. Cit.).

La superconductividad fue descubierta en 1911, por el físico holandés Heike Kamerlingh Onnes, que observó que el mercurio no presentaba resistencia eléctrica por debajo de 4,2 K (-269 °C). Ya en 1957, los físicos estadounidenses John Bardeen, Leon N. Cooper y John R. Schrieffer proponen una teoría -teoría BCS, por las iniciales de sus apellidos- y por la que sus autores merecieron el Premio Nobel de Física (1972). Esta teoría describe la superconductividad como un fenómeno cuántico, en el que los electrones de conducción se desplazan en pares, que no muestran resistencia eléctrica. La misma explicaba satisfactoriamente la superconducción a altas temperaturas en los metales, pero no en los materiales cerámicos; teoría que en 1962, el físico británico Brian Josephson estudió la naturaleza cuántica de la superconductividad y predijo la existencia de oscilaciones en la corriente eléctrica, que fluye a través de dos superconductores separados por una delgada capa aislante, en un campo eléctrico o magnético. Este fenómeno, conocido como efecto Josephson, fue posteriormente confirmado experimentalmente (Encarta op. Cit.).

Como se puede apreciar en esta etapa, los estudios posteriores acerca del magnetismo se centraron cada vez más en la comprensión del origen atómico y molecular de las propiedades magnéticas de la materia, se establece una teoría profunda sobre los que se apoyan los nuevos estudios, los cuales se encaminan al microcosmos y el estudio de las partículas.

Ya se ha visto, en las diferentes etapas analizadas, las distintas aplicaciones de la electricidad y el electromagnetismo en la actualidad. No se puede pensar en explorar el Universo e ir a otros planetas, si no contamos con todos los aportes que ha traído aparejado el desarrollo del electromagnetismo, que es hablar del desarrollo propio de la electricidad; pero no sólo en estos campos de la ciencia tan sofisticados se pueden encontrar aplicaciones de los usos de ambas, sino en la vida cotidiana, entre los que se pueden enumerar:

- El electroimán, los imanes grandes y potentes son cruciales en muchas tecnologías modernas (aplican superconductores que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía).

- Los trenes de levitación magnética, que utilizan poderosos imanes para elevarse por encima de los raíles y evitar el rozamiento (aplican superconductores que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía).
- En la exploración del cuerpo humano, mediante resonancia magnética nuclear, una importante herramienta de diagnóstico empleada en medicina, se utilizan campos magnéticos de gran intensidad (aplican superconductores que generan campos magnéticos intensos sin pérdidas de energía); equipos de rayos X, entre otros.
- Los imanes superconductores, que se emplean en los aceleradores de partículas más potentes para mantener las partículas aceleradas en una trayectoria curva y enfocarlas, muy empleados en la física de las partículas y atómica.
- Los motores eléctricos y los grandes generadores de corriente, transformadores y diversos dispositivos electromagnéticos...
- Cojinetes magnéticos para motores de ultra velocidades.
- El desarrollo de nuevos materiales magnéticos ha influido notablemente en la revolución de los ordenadores o computadoras. Es posible fabricar memorias de computadora utilizando 'dominios burbuja'. Estos dominios son pequeñas regiones de magnetización, paralelas o antiparalelas a la magnetización global del material. Según que el sentido sea uno u otro, la burbuja indica un uno o un cero, por lo que actúa como dígito en el sistema binario empleado por los ordenadores. Los materiales magnéticos también son componentes importantes de las cintas y discos para almacenar datos.
- Los cables superconductores, para transmitir corriente eléctrica sin pérdida de energía...

Resultaría interminable el listado del uso científico, tecnológico y social que se le confiere al desarrollo de la electricidad y electrónica.

Lo que resulta inobjetable es que en estas cuatro grandes etapas analizadas, se observó cómo se fue incrementando el nivel y la profundidad del pensamiento científico, que transitó desde la simple observación, en su génesis, hasta la formulación de teorías físicas y matemáticas más profundas, con sus correspondientes demostraciones empíricas en laboratorios; que en la medida que la propia ciencia y tecnología fue desarrollándose, fueron propiciando la posibilidad de hacer avanzar a la propia ciencia

de la Física, y aquí se demuestra cómo, a través de este análisis histórico-lógico, se cumple la espiral de la teoría dialéctica del conocimiento.

¡Qué lejos estaban de imaginarse estos insignes científicos, orgullo del intelecto humano, de la gran aplicabilidad de sus leyes y descubrimientos, que van desde la atracción de un simple pedazo de ámbar frotado, las computadoras, hasta los equipos de resonancia magnética utilizados para salvar vidas humanas, entre otras tantas aplicaciones!

En este Año Internacional de la Física, declarado por la UNESCO, se quiere recordar, con este modesto trabajo, el quehacer científico de todas estas genialidades orgullo de la humanidad.

### **Bibliografía**

1. BIBLIOTECA DE CONSULTA MICROSOFT ® ENCARTA ® 2004. © 1993-2003 Microsoft Corporation. Reservados todos los derechos.
2. DANIUSHENKOV, V. Historia de la Física. / Vladimir Daniushenkov y Nérido Corona. – La Habana, 1991 : Editorial Pueblo y Educación. 342 pág.
3. FUNDAMENTOS DE LA FILOSOFÍA MARXISTA-LENINISTA. Materialismo histórico / Konstantinov... [et al.]. -- La Habana, 1976 : Instituto Cubano del Libro, Ciencias Sociales. -- 421 p.-- Parte 2.
4. MOLTÓ, E. Temas historia de la Física. / Eduardo Moltó Gil. – La Habana, 2003 : Editorial Pueblo y Educación. 78 p.
5. MORÁGUEZ, A. Cojinetes Magnéticos -- p. 16. -- En : Revista Serranía. -- no. 6. -- Holguín, mayo, 1997