

# Fenomenología general, Hamilton y Maxwell

Carlos Alejandro Chiappini

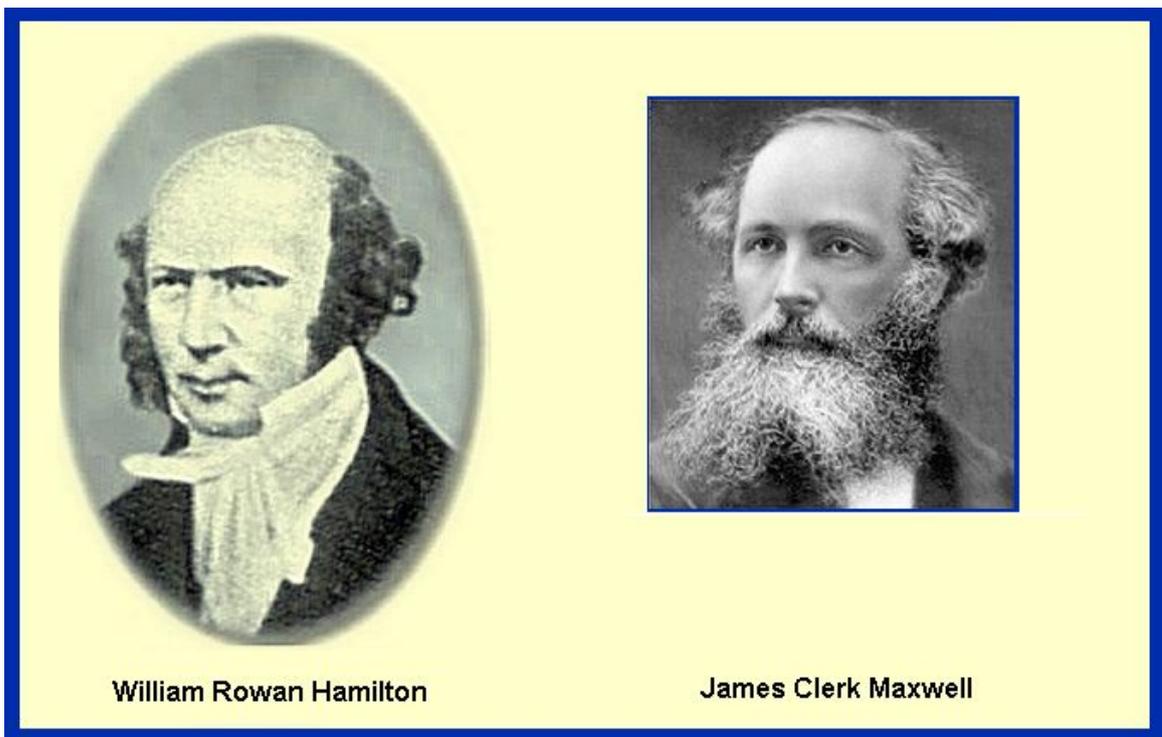
Abstract:

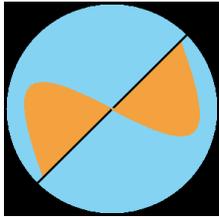
## ESPAÑOL

La ciencia física ha consolidado una estructura gnoseológica basada en clases de fenómenos. Cada clase contiene leyes específicas. ¿ Algunos ejemplos ? Mecánica, termodinámica, electrodinámica, gravitación. Todo eso pertenece a un mundo físico que funciona como un sistema general integrado. ¿ Sería posible encontrar una ley genérica del fenómeno físico ? Es decir una ley independiente de la clase fenómeno analizado, una ley que ninguna clase pueda eludir, una ley que exprese relaciones de orden, de dependencia y de interdependencia cumplidas por todos los fenómenos físicos. Hamilton ha dado una respuesta formulada matemáticamente. El objetivo de este documento es mostrar el ámbito conceptual donde esa formulación brilla potentemente.

## ENGLISH

Physical science has consolidated a gnoseological structure based on phenomena classes. Each class contains specific laws. Some examples ? Mechanics, thermodynamics, electrodynamics, gravitation. All of that belongs to a physical world that functions as an integrated general system. Would it be possible to find a generic law of the physical phenomenon? In other words, an independent law of the phenomenon analyzed, a law that no kind can avoid, a law that expresses relations of order, dependence and interdependence complied with by all physical phenomena. Hamilton has given an answer formulated mathematically. The objective of this document is to show the conceptual scope where this formulation shines potently.





## PARTE 1 - ¿ Mecánica Teórica ?

Mecánica teórica es el nombre que ha recibido la teoría formulada por William Rowan Hamilton. Actualmente podemos más ampliamente que en los comienzos comprender lo que la teoría formula, pues ha podido ser aplicada con acierto y éxito en cada rama de la física. ¿ Podría una teoría mecánica ofrecer esa prestación ? ¿ O la aplicabilidad general corresponde a una formulación que trasciende la mecánica para ser norma genérica de todos los fenómenos ? Sin ambigüedad afirmamos lo último.

Las variables hamiltonianas son relacionales, no sustanciales. Son análogas a vehículos que nada contienen aún, aunque está determinado el recorrido que harán. Ese recorrido relaciona al lugar de partida con el lugar de llegada, sin necesidad de predeclarar lo que será transportado. El recorrido respeta un orden, tiene etapas, cambios, giros, que inevitablemente el vehículo cumplirá, cada vez que transporte algo. La aplicabilidad general de la teoría de Hamilton indica que los fenómenos pueden corresponder a entidades físicas distintas, cuerpos rígidos, fluidos, campos térmicos, campos electromagnéticos, campos definidos por la teoría cuántica, objetos astronómicos, flujos de información computacional, flujos de tránsito ciudadano, fenómenos atmosféricos, lo que sea, sin excepción. Todo lo denominamos realidad cumple las leyes genéricas, formuladas matemáticamente por la teoría hamiltoniana.

Por lo señalado, en términos formales y cognitivos es un error denominar mecánica a la teoría de Hamilton. Sería mejor fenomenología general, o algo semejante. Mi primer impulso fue fenomenología física general y, un instante después, noté que la probabilidad, la información y más entelequias utilizadas habitualmente también cumplen las leyes de Hamilton. Por eso escribí simplemente fenomenología general. Aunque reconozco que son entelequias ligadas finalmente con fenómenos físicos, prefiero fenomenología general.

## PARTE 2 - **Ámbito fenomenológico general**

¿ A qué ámbito corresponden las relaciones genéricas formuladas por la teoría de Hamilton ? Basta mirar las derivadas en las fórmulas de aplicación para entender que el espacio y el tiempo son los constituyentes de ese ámbito. A un astrónomo, a un atomista, a un mecánico, a un hombre de telecomunicaciones, a un economista, la teoría hamiltoniana les resulta útil porque permite finalmente expresar los resultados en el contexto espaciotemporal. El astrónomo necesita saber dónde estará el objeto buscado en el momento de realizar la observación. El atomista necesita saber la orientación angular del láser que usará para explorar el fenómeno estudiado y en qué instante enviará el pulso para detectar una fase determinada. La formulación matemática no necesita que espacio y tiempo aparezcan como variables explícitas. Lo necesitan las aplicaciones y es posible hacerlo en el final, porque espacio y tiempo están incluidos, explícita o implícitamente, en todas las etapas del análisis.

¿Cuál es el tipo de esquema espaciotemporal más compatible con la teoría de Hamilton ? En vez de iniciar elucubraciones para llegar a una respuesta incierta, tengamos presente lo que hizo Hamilton. Con los versores de las tres coordenadas cartesianas más una variable escalar compuso un término operativo de cuatro componentes, denominado cuaternión, dándole la forma siguiente.

$$q = a + \vec{i} b + \vec{j} c + \vec{k} d \quad (1)$$

$q$  → cuaternión

$\vec{i}$  → vector unitario del eje  $x$

$\vec{j}$  → vector unitario del eje  $y$

$\vec{k}$  → vector unitario del eje  $z$

Los cuaterniones posibilitan un conjunto de operaciones algebraicas plenamente acorde con las teorías físicas vigentes. Son útiles en todas.

### PARTE 3 - Hamilton y Maxwell

James Clerk Maxwell publicó el tratado de electrodinámica con formulación cuaterniónica. Posteriormente otros se encargaron de publicar una versión formulada vectorialmente, que no conserva todo el contenido físico de la formulación cuaterniónica. La versión vectorial está sesgada y, dicho más precisamente, mutilada. La parte más afectada por la mutilación es el campo  $\vec{D}$ , denominado desplazamiento eléctrico. La formulación vectorial, que no proviene de Maxwell, causa su peor daño en el conjunto más sencillo de soluciones de la ecuación de onda, es decir, en el conjunto de soluciones elementales. Ese conjunto incluye tres soluciones válidas, que tienen la misma forma matemática para el campo eléctrico  $\vec{E}$ , para el campo magnético  $\vec{B}$  y para el desplazamiento  $\vec{D}$ . Una solución senoidal, otra cosenoidal y otra exponencial compleja.

$$\psi = \psi_o \text{sen}(\omega t - kx) \quad (2)$$

$$\psi = \psi_o \text{cos}(\omega t - kx) \quad (3)$$

$$\psi = \psi_o e^{i(\omega t - kx)} \quad (4)$$

En un caso reemplazamos  $\psi$  por  $E$ , en otro por  $B$  y en otro por  $D$ . En este último caso la solución (4) queda mutilada en la formulación vectorial, porque esa formulación omite la polarización elemental del vacío cuando una onda se propaga. Esa polarización sucede a cualquier frecuencia mayor que cero. Cuando la polarización elemental  $\vec{P}$  es tenida en cuenta, la solución (4) para  $\vec{D}$  admite lo siguiente.

$$\vec{D} = \vec{x} D_o \text{cos}(\omega t - kx) + \vec{y} D_o \text{sen}(\omega t - kx) \quad (5)$$

$D_o = P_o = E_o$  → Amplitud de la onda del campo eléctrico

La solución (5) corresponde a una onda elemental propagada en la dirección del eje  $x$ , con campo eléctrico perpendicular a la dirección de propagación y polarización elemental del

vacío en la dirección de propagación. Es decir una onda elemental que tiene su campo eléctrico transversal acompañado por una polarización longitudinal del vacío. Expresemos esto matemáticamente.

$$\vec{P} = \vec{x} D_o \cos(\omega t - kx) \quad (6)$$

$$\vec{E} = \vec{y} D_o \sin(\omega t - kx) \quad (7)$$

Aunque la versión vectorial no prohíbe formular la polarización elemental del vacío, la omite porque difiere de la formulación cuaterniónica. Para devolverle a la formulación vectorial lo que ha sido mutilado necesitamos varios pasos de comprensión, que están lejos de ser evidentes. Cuando comprendemos el detalle e incluimos la ecuación (5) todo el panorama se ilumina. La ecuación (5) resulta plenamente coherente con la formulación vectorial y la completa. Devuelve todo lo mutilado. Una caja de Pandora benéfica se abre sin complicaciones. El desarrollo detallado está en el documento titulado James Clerk Maxwell Conocimiento Prohibido, disponible gratuitamente en el enlace siguiente.

<http://www.vixra.org/abs/1711.0313>

¿ Ejemplos de lo que ese documento contiene ? Veamos una lista resumida.

- Propiedades de la carga elemental  $Q_o$  de polarización del vacío
- Geometría y estructura del fotón, vinculadas al comportamiento del vacío. En el vacío aparece una carga  $-Q_o$  donde se encuentra el semiciclo negativo de la onda elemental y otra  $+Q_o$  donde se encuentra el semiciclo positivo. Las cargas no viajan con la onda. La polarización elemental del vacío es dinámica y opera en coincidencia con los semiciclos de la propagación.
- Expresión electrodinámica de la energía del fotón  $E_f = 2 \pi \mu_o C Q_o^2 \nu$
- Naturaleza electromagnética de la constante de Planck  $h = 2 \pi \mu_o C Q_o^2$
- Ecuación de Planck de la la energía del fotón  $E_f = h \nu$
- Inductancia y capacitancia del fotón, que resuenan a la frecuencia de la onda

$$\mathcal{L} = \mu_o \frac{\lambda}{2\pi} \quad \mathcal{C} = \mu_o \frac{\lambda}{2\pi} \quad (8)$$

- Spin del fotón
- Formación de partícula con su antipartícula por colisión mutua de dos fotones
- Carga neta del electrón en función de  $Q_o$

$$\frac{q_e}{Q_o} = \frac{-3 + \sqrt{13}}{2}$$

- Constante de estructura fina en función del cociente  $q_e/Q_o$

$$\alpha = \frac{1}{4 \pi} \left( \frac{q_e}{Q_o} \right)^2 = 0,00729511245(\dots)$$

La constante  $\alpha$  es un número irracional. Desde el quinto decimal difiere del valor obtenido en experimentos.

- Estructura del electrón y del positrón, con las proporciones de la energía total correspondientes al campo eléctrico y al campo magnético.
- Explicación de la tenacidad del electrón y de la labilidad del positrón, como consecuencias de la proporción de energía en cada campo. Para el electrón resulta lo siguiente.

$$\frac{W_E}{W} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{q_e}{Q_o} \right) = 65,13878(\dots) \% \qquad \frac{W_B}{W} = \frac{q_e}{Q_o} \left( 1 + \frac{q_e}{Q_o} \right) = 0,34861(\dots) \%$$

Para el positrón exactamente lo simétrico.

$$\frac{W_E}{W} = \frac{q_e}{Q_o} \left( 1 + \frac{q_e}{Q_o} \right) = 0,34861(\dots) \% \qquad \frac{W_B}{W} = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{q_e}{Q_o} \right) = 65,13878(\dots) \%$$

La energía tiene carácter potencial en el campo eléctrico y carácter cinético en el campo magnético. Una barrera de potencial se opone a la descomposición del electrón. Contrariamente, el positrón tiene un exceso de energía cinética que se liberará en la primera oportunidad, causando la descomposición de la partícula.

- Spin del electrón y del positrón
- Momento magnético del electrón y factor  $g$ .
- Relación entre  $g$  y  $\alpha$

$$g = 2 \left( 1 + \frac{\alpha}{4\pi} \right)$$

- Formulación electrodinámica de la gravitación, basada en la componente longitudinal de la propagación, con el detalle siguiente. Esa componente opera sin demora. Eso significa, por ejemplo, que la interacción entre el sol y la Tierra no demora ni 8 minutos, ni algún otro tiempo menor. La demora es igual a cero. Si el Sol desapareciese en un instante, la Tierra no mantendría por 8 minutos más la órbita que estaba cumpliendo. Se liberaría sin demora.
- Aprovechamiento de la polarización resonante del vacío para obtener energía útil. Nada limita el monto de energía útil obtenible, pues la conservación de la energía no es violada. Cada porción de energía útil, que tiene signo positivo, nace del vacío acompañada por una porción igual de energía negativa que tiene su función específica.
- Función de cohesión interna de una partícula. Esa función tiene un intervalo compatible con la existencia y la subsistencia de la partícula. Quedan determinados límites del intervalo y eso determina el valor de masa mínimo compatible con la existencia de una partícula.
- Formulación de la unidad elemental de masa en el sistema de unidades utilizado. No es una unidad convencional. Es consecuencia natural y unívoca de las leyes físicas aplicadas al sistema de unidades. Actualmente utilizamos la u.m.a., definida por convención como la doceava parte de la masa de un átomo de carbono 12 en condiciones específicas. La unidad electrodinámica de masa elemental queda expresada en la forma siguiente.

$$m = (2 \pi \mu_o C)^2 e^2 \left( \frac{2}{-3 + \sqrt{13}} \right)^2 \frac{\mathcal{C}}{A_S} \quad (9)$$

En sistema M.K.S tenemos  $\mathcal{C} = 1Farad$  y  $A_S = 1m^2$  . Entonces la unidad de masa elemental de ese sistema tiene el valor siguiente.

$$m_s = 1,568916065 (...) 10^{-30} Kg \quad (10)$$

Notamos que la unidad de masa elemental es poco mayor que la masa del electrón. Esto apoya la iniciativa de investigar y llegar a formular una escala electrodinámica de masas correspondiente a las partículas, donde cada valor de masa de la escala se exprese como la unidad natural multiplicada por un factor determinado.

En ese documento no han sido usados cuaterniones. Ha sido usada formulación vectorial. Y ha sido explícitamente tenida en cuenta la polarización elemental del vacío, que restituye lo esencial de la electrodinámica maxwelliana.

#### PARTE 4 - Cuaterniones en la publicación original maxwelliana

La lista de ejemplos expuesta previamente ha reultado extensa, porque es mucho lo que la electrodinámica despliega cuando la polarización elemental del vacío es tenida en cuenta.

Aunque esa lista sea extensa e interesante, mantengamos el objetivo de este documento. Todo lo que la lista menciona está desarrollado detalladamente en el documento titulado James Clerk Maxwell Conocimiento Prohibido, disponible gratuitamente en el enlace siguiente.

<http://www.vixra.org/abs/1711.0313>

¿ Tuvo Maxwell una razón relevante y esencial para utilizar cuaterniones ? Probablemente Maxwell, como muchos científicos, admirara lo que Hamilton logró creando los cuaterniones, demostrando una a una sus propiedades, sus leyes operativas, etc., aportando un instrumento matemático de gran alcance y de gran utilidad general.

En el momento de escoger un instrumento matemático, la admiración es insuficiente como criterio de decisión. Maxwell estaba muy al tanto de la física y de la matemática disponibles en la época. Su objetivo fue formular una teoría electrodinámica coherente y completa, que abarcara todas las leyes conocidas del campo electromagnético, manejadas individualmente hasta el momento. Entendió que la interconexión de las leyes aparecerá únicamente dentro de un marco teórico formal autónomamente coherente. Es decir que sin declarar de antemano a cuáles fenómenos será aplicado el marco, sean comprobables la coherencia formal, la operatividad completa y la versatilidad. La fenomenología general hamiltoniana, denominada habitualmente mecánica teórica, cumple todas esas propiedades y Maxwell lo sabía. Probablemente no haya dudado respecto a preferir ese marco. Y el resultado fue maravilloso.

Aunque la fenomenología general hamiltoniana no impone la obligación de utilizar cuaterniones, aplicada al campo electromagnético puede evidenciar la conveniencia de

utilizarlos. La ecuación de onda electromagnética exhibe una interdependencia insoslayable entre el tiempo y las coordenadas espaciales.

Los vectores optimizan el uso de coordenadas cartesianas ortogonales. Y el tiempo es escalar. Tres variables vectoriales y una escalar íntimamente relacionadas e interdependientes en la ecuación de onda, piden muy naturalmente aprovechar lo que ofrece la formulación cuaterniónica.

El mismo científico, William Rowan Hamilton, aportó la fenomenología general y los cuaterniones. Es decir aportó lo necesario para edificar y legitimar formalmente la electrodinámica. ¿Casualidad? ¿O investigaciones que Hamilton realizó y decidió no publicar? En caso de ser esto último lo sucedido, sería algo similar a la decisión de Gauss de no publicar sus investigaciones en geometría no euclidiana, que se anticiparon en varias décadas a las publicaciones de Bolyai, Lobatchevsky y otros. Paradójicamente, Gauss desarrolló la geometría euclidiana en una forma más depurada y más general que las formas aportadas por quienes publicaron más tarde.

¿Pudo Hamilton dedicarse seriamente a investigar el campo electromagnético y obtener la ecuación de onda, sin llegar a publicar los hallazgos? En caso de haberlo hecho, no sería casualidad que el mismo hombre haya formulado la fenomenología general y los cuaterniones porque, en ese caso, Hamilton sabía que la electrodinámica requiere un instrumento matemático constituido por espacio y tiempo conjuntamente, es decir por tres componentes vectoriales y una escalar.

Hamilton en zona de Dublin y Maxwell en zona de Edimburgo. Por las rutas actuales hay 470 Km entre ambas ciudades y en línea recta 350 Km. ¿Hay posibilidad de encuentros personales entre ambos? Alguien con la formación científica y la lucidez de Hamilton pudo haber sido conmovido por el espíritu y por la calidad de las investigaciones maxwellianas. En electrodinámica, Maxwell encontró el eje que faltaba para habilitar formalmente la rueda ondulatoria. Ese eje es el campo  $\vec{D}$ , denominado desplazamiento eléctrico. Analizando el proceso de carga de un capacitor, Maxwell formuló un teorema que demuestra la necesidad de tener en cuenta al campo  $\vec{D}$ . Y con eso posibilitó el ingreso formal de  $\vec{D}$  a la teoría electrodinámica.

Para alguien compenetrado con la física, el teorema maxwelliano del proceso de carga del capacitor es admirable y conmovedor. Pudo suceder que Hamilton, antes que Maxwell, formulase la electrodinámica en el marco de la fenomenología general y obtuviese la ecuación de onda, introduciendo a  $\vec{D}$  como un postulado, sin un teorema que demuestre la necesidad. En ese caso Hamilton hubiese asumido la autocritica por la falta del teorema. Falta un teorema y no sé en qué basar la deducción, hubiese pensado. La falta del teorema pudo motivar la decisión de no publicar. Aunque la teoría fuese completa y coherente, para el nivel de exigencia de Hamilton tenía una deficiencia en su estructura formal. Nada me cuesta suponer que Hamilton comprendió las consecuencias y el alcance de la electrodinámica completa. Pudo perfectamente comprender la exaltación y el afán que produciría en el mundo, llegando a suscitar grandes inversiones de capital y de recursos. La aparición de su nombre mezclado en esa vorágine sería inevitable. ¿Qué sucedería si en medio de todo ese furor, alguien demostrase formalmente que el postulado del campo  $\vec{D}$  es erróneo e inadmisibles? Esto sería, en alguien como Hamilton, motivo suficiente para no publicar la teoría sin antes demostrar el teorema.

Años después Maxwell demuestra el teorema y conmueve a Hamilton. ¿ Pudo suceder que Hamilton mostrase a Maxwell las investigaciones no publicadas ? Hubiese sido un modo de aliviar la tarea formal de Maxwell, proveyendo el marco de la fenomenología general y proveyendo los cuaterniones como instrumento adecuado al tratamiento electrodinámico del espacio y del tiempo.

## **PARTE 5 - Para quien se haya sensibilizado con el tema**

La fenomenología general hamiltoniana, denominada habitualmente mecánica teórica, es el marco formal más general aplicable a la física y a muchas otras ciencias. En internet hay mucha información histórica y de cultura científica. Abundan noticias de formulaciones cuaterniónicas de todas las ramas de la física. Lo mismo respecto a la mecánica teórica. Quien sienta despertar su deseo de ampliar y completar lo expresado en este documento, disfrutará seleccionando algo entre esa información y conociéndolo.

Contacto : [carloschiappini@gmail.com](mailto:carloschiappini@gmail.com)



Dublin



Edimburgo