

# MODELO DE LOS DOS CUERPOS: SU ROL EN EL DESARROLLO HISTÓRICO DE LA FÍSICA Y SU USO EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA GENERAL

THE TWO BODIES MODEL: ITS HISTORICAL IMPORTANCE IN THE DEVELOPMENT OF PHYSICS AND ITS USE IN GENERAL PHYSICS TEACHING

L. M. MÉNDEZ-PÉREZ<sup>†</sup>, L. A. MATOS, E. J. ROCA-ORIA

Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, 90500, Cuba; lmendezp@cnt.uo.edu.cu  
<sup>†</sup> autor para la correspondencia.

Palabras clave. Atoms theory of, 31.10.+z, Physics Education 01.40.-d, History of science, 01.65.+g

El desarrollo histórico de la física muestra, entre otras, dos grandes revoluciones, una a fines del siglo XVII y otra a principios del XX, la primera culmina con la publicación en 1886 por I. Newton [1] de su obra "Philosophie Naturalis Principia Mathematica", en tanto la segunda comienza en 1913, cuando Bohr [2] publica su trabajo "On the constitution of Atoms and Molecules".

Históricamente, el problema de los dos cuerpos surge al tratar de explicar los movimientos observados de los planetas alrededor del Sol, según la descripción heliocéntrica de Copérnico.

Newton, utilizando el problema de los dos cuerpos y partiendo de las leyes de Kepler, deduce que la fuerza que el Sol ejerce sobre un planeta tiene que ser del tipo  $(1/r^2)$ , cuando plantea [1] en su Sección III Proposición XI Problema VI: Si un cuerpo gira en una elipse, encuéntrese la ley de la fuerza centrípeta que tiende hacia el foco de la elipse.

Este problema en los textos de Física General, por ejemplo en [3, 4], no se plantea. Se resuelve el problema inverso, o sea, supuesta conocida la ley de Gravitación Universal, que se plantea de forma directa, se deduce la tercera ley de Kepler del movimiento planetario.

Históricamente, esta concepción de Newton significa una síntesis de algunos de los principales descubrimientos y resultados científicos anteriores, entre ellos, fundamentalmente, los relativos a los movimientos:

1. rectilíneo uniformemente variado (caída libre de los cuerpos), investigado por Galileo.
2. parabólico (proyectiles), estudiado por Galileo.

3. circular uniforme, incluida la fuerza centrípeta, definidos por Huygens.

4. elíptico (planetas), establecido por Kepler empíricamente.

De esta forma, el modelo de los dos cuerpos, representando a un planeta cualesquiera y al Sol, permitió a Newton, en combinación con sus leyes del movimiento y las de Kepler, establecer, por deducción, la ley de Gravitación Universal y, con ella, este tipo de interacción, válida tanto en La Tierra como en los cielos, en contra de las ideas aristotélicas predominantes en esos tiempos.

En 1913, Bohr publica su trabajo [2], donde fundamenta un modelo atómico planetario. En los libros de texto, usualmente, el modelo de Bohr del átomo de hidrogeno es presentado con cierto detalle, como aparece en [3, 4], a partir del establecimiento de sus dos postulados:

**Primer postulado:** El electrón se mueve en torno al núcleo en orbitas circulares estables, constituyendo un modelo de dos cuerpos, el electrón con carga eléctrica negativa y el núcleo cargado positivamente, por lo cual interactúan eléctricamente siguiendo la ley de Coulomb.

Bajo esta interacción, y en concordancia con la segunda ley de Newton del movimiento, se introduce la condición *ad hoc* de que el módulo del momento angular  $L$  del electrón está cuantizado, para que el electrón acelerado no irradie energía, en contra de lo que predice la Electrodinámica Clásica, y no colapse hacia el núcleo, para que no pierda el átomo, por tanto, su estabilidad.

**Segundo postulado:** El electrón, al variar su energía, la libera

o la absorbe en forma de un quantum y, en el proceso, se satisface la ley de conservación de la energía.

Históricamente, la concepción de Bohr también es una síntesis de los principales descubrimientos y resultados científicos que se publicaron en los quince años precedentes, fundamentalmente:

1. El descubrimiento y determinación de la relación entre la carga eléctrica y la masa del electrón ( $e/m$ ), realizado en 1897 por J. J. Thomson.

2. La identificación, entre los años 1899 y 1900, de los rayos beta y los electrones, obtenida, independientemente, por Rutherford, Becquerel, Geitel, Elster y Meyer.

3. El establecimiento por M. Planck, en 1900, del quantum de acción, para explicar la emisión de energía radiante del cuerpo negro en paquetes o quanta de energía.

4. La generalización de las ideas de Planck por A. Einstein en 1905 para la explicación del efecto fotoeléctrico, relativas a que no solo la energía radiante se emitía sino que también se transmite y absorbe en forma de quanta.

5. El modelo del átomo creado por J. J. Thomson, en 1903, constituido por una esfera cargada positivamente y electrones negativos incrustados en ella.

6. La teoría elaborada por Rutherford en 1911 para explicar el hecho de que las partículas alfa, que inciden sobre una lámina metálica delgada, se desvían ángulos mayores que un recto con respecto a la dirección de incidencia.

El modelo de dos cuerpos representando a un electrón y al núcleo permitió a Bohr, en combinación con las leyes de Newton del movimiento y la ley de fuerza de la interacción electrostática de Coulomb, establecer el primer modelo

atómico semiclásico (semicuántico) del hidrógeno.

La representación semiclásica del átomo por el modelo de Bohr en el modelo de los dos cuerpos, es la primera y única en toda la física que mantiene vigencia desde el punto de vista didáctico, pese a todas las transformaciones debidas al desarrollo posterior de la Mecánica Cuántica, en la cual también el átomo se representa por el modelo de dos cuerpos.

El empleo del modelo de los dos cuerpos permitió establecer la Ley de Gravitación Universal -que revolucionó el conocimiento científico- a partir de las leyes de Kepler, por lo que es recomendable que, en la enseñanza de la Física General, se siga este enfoque histórico (limitándose a órbitas circulares) y no el opuesto que usualmente aparece en los textos.

Así, el modelo de los dos cuerpos en el estudio del movimiento de dos partículas, con masas o cargas eléctricas conocidas, sometidas a las interacciones centrales correspondientes, posee un alto valor heurístico, dada su aplicabilidad en el estudio de muchos sistemas físicos correspondientes a diferentes teorías físicas.

---

[1] I. Newton, "Principios Matemáticos de la Filosofía Natural". Edición de A. Escotado, Editora Nacional, Madrid, España 1982.

[2] N. Bohr, Phil. Mag. 26 (1913) 476.

[3] F. W. Sears, M. W. Zemansky, H. D. Young, R. A. Freedman Física Universitaria 10ma Edición, Vol. I, Parte II. Pearson-Addison Wesley. Mexico 2002, pág. 437.

[4] R. Resnick, D. Halliday, K. S. Krane Física Vol 2, 12da Impresión, Compañía Editorial Continental, México 2001, pág. 399-385.