

LEY DE COULOMB Y SIMULACIÓN DE TRAYECTORIAS DE PARTÍCULAS CARGADAS EN CAMPOS ELÉCTRICOS ESTACIONARIOS

HÉCTOR BARCO R.,* EDILBERTO ROJAS C.*

PC: Ley de Coulomb, Trayectorias.

RESUMEN

A continuación se presenta una descripción del programa de computador "Ley de Coulomb y simulación de trayectorias de partículas cargadas en campos eléctricos estacionarios" creado por el profesor H. Barco Ríos con la colaboración del profesor E. Rojas C., y que ha sido utilizado como complemento del curso de Física II que en la actualidad se desarrolla en la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.

Este programa hace parte de una serie de trabajos que se han venido realizando con el propósito de generar nuevas herramientas para la enseñanza de la Física utilizando los nuevos recursos tecnológicos que llevan consigo cambios metodológicos e introducen al estudiante en una manera más dinámica de analizar los fenómenos físicos.

Introducción

En este artículo, se presenta a través de un ejemplo, el funcionamiento del programa antes mencionado. En él se describe el cálculo de fuerzas electrostáticas de un sistema de partículas cargadas colocadas en el espacio, también se muestra y se analiza el movimiento simulado de un electrón o un protón en una región del espacio donde existe un campo electrostático debido a la presencia de otras partículas cargadas. El programa es de gran importancia porque permite calcular tanto gráfica como numéricamente la fuerza que experimenta una carga situada en el espacio (tres dimensiones) y su trayectoria, ya que la solución de este tipo de problemas es complicada y sobre todo bastante laboriosa. En adición a lo anterior, el estudiante tiene la oportunidad de observar el comportamiento de una carga que es lanzada con cierta velocidad en una región donde hay un campo eléctrico generado por la presencia de otras cargas a su alrededor.

* Universidad Nacional de Colombia. Sede Manizales. Departamento de Ciencias

Funcionamiento del Programa

Desde la barra de menú principal se tiene acceso a los siguientes ítems:

- Teoría
- Cálculos
- Videos
- Presentación
- Salir

La *teoría* se divide en dos partes: La concerniente a la ley de Coulomb y a la de Trayectorias. En la primera se describe la ley de Coulomb acompañada de una serie de videos que explican la ley fundamental de la Electrostática y la balanza de torsión utilizada por éste para obtener su ley. En *trayectorias*, se muestra también a través de un video el movimiento de una partícula cargada en un campo eléctrico que es generado por otras distribuciones de partículas puntuales cargadas eléctricamente.

El ítem correspondiente a *cálculos*, se divide también en dos partes: La primera, se refiere a la ley de Coulomb y se pide la información que se muestra en la figura 1.

The screenshot shows a software window titled "ENTRADA DE DATOS" (Data Entry). It is divided into three main sections:

- ENTRADA DE DATOS:** A single input field for "Número de cargas :".
- DATOS DE LA CARGA DE REFERENCIA:** Four input fields for "Carga de referencia :", "Coordenada (x) :", "Coordenada (y) :", and "Coordenada (z) :". Each field has a unit label to its right: "Coul", "Cm", "Cm", and "Cm" respectively.
- DATOS DE CADA UNA DE LAS CARGAS:** A section for individual charges with four input fields: "Carga #", "Valor de la carga :", "Coordenada (x) :", "Coordenada (y) :", and "Coordenada (z) :". The unit labels are "Coul", "Cm", "Cm", and "Cm".

At the bottom of the window are three buttons: "Ok", "Cancelar", and "Ayuda".

Fig. 1 Ventana para introducir los datos.

Los resultados se presentan según se muestra en la figura 2 junto con la gráfica donde se puede apreciar las fuerzas que actúan sobre la partícula en cuestión.

The screenshot shows a software window titled "RESULTADOS" (Results). It contains four rows of output data, each with an input field and a unit label:

- "Fuerza total en x F(x) : [input field] Nw"
- "Fuerza total en y F(y) : [input field] Nw"
- "Fuerza total en z F(z) : [input field] Nw"
- "Fuerza total (R) : [input field] Nw"

Fig. 2 Ventana donde se muestran los resultados de las componentes de la fuerza.

En *trayectorias*, el programa pide la información que se registra en la figura 3.

ENTRADA DE DATOS

Número de cargas :

DATOS DE CADA UNA DE LAS CARGAS

Carga #

Valor de la carga : Coul

Coordenada (x) : Cm

Coordenada (y) : Cm

DATOS DE LA CARGA EN MOVIMIENTO

Electrón Protón

Coordenada (x) : Cm

Coordenada (y) : Cm

Velocidad V(x) : m/seg

Velocidad V(y) : m/seg

Fig. 3 Ventana para introducir los datos necesarios para observar la trayectoria de una partícula cargada.

La versatilidad del programa se manifiesta en una serie de funciones (Fig. 4) que permiten al usuario del programa obtener mayor información de la trayectoria, manipulación de las velocidades, listas de las diferentes trayectorias que se muestran, capacidad de comparar las diferentes trayectorias para diferentes velocidades y además la captura de estas trayectorias y sus listas respectivas. Dentro de las funciones, aparece una barra que permite acelerar la gráfica de la trayectoria en caso de que sea necesario.

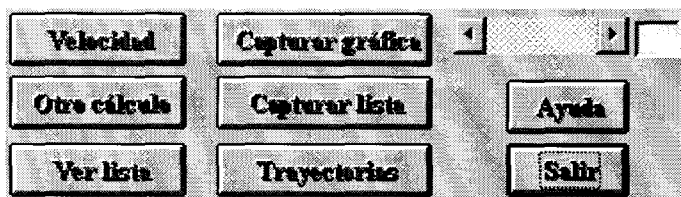


Fig. 4 Ventana de las diferentes funciones para obtener las trayectorias.

Para ilustrar el funcionamiento del programa se presenta a continuación los resultados que muestran la magnitud de la fuerza resultante junto con sus componentes rectangulares (Fig. 5) que experimenta una carga de referencia cuyas características se observan en la Fig. 6, debido a la presencia y ubicación de las siguientes cargas:

$Q_1 = 1 \times 10^{-6}$ coul en el punto $P_1 (-20, 10, -30)$ cm, $Q_2 = -4 \times 10^{-6}$ coul en el punto $P_2 (30, -80, 60)$ cm y $Q_3 = -2 \times 10^{-6}$ coul en el punto $P_3 (0, 0, 0)$ cm. A continuación se muestra en la Fig. 7, la gráfica de cómo aparecen las componentes rectangulares de la fuerza en el espacio sobre la carga de referencia Q_0 .

RESULTADOS		
Fuerza total en x $F(x)$:	-25.39E-03	Nw
Fuerza total en y $F(y)$:	-63.58E-03	Nw
Fuerza total en z $F(z)$:	-14.75E-03	Nw
Fuerza total (R):	70.03E-03	Nw

Fig. 5 Ventana donde muestra los resultados de la fuerza y sus componentes rectangulares del ejemplo.

ENTRADA DE DATOS		
Número de cargas:	4	
DATOS DE LA CARGA DE REFERENCIA		
Carga de referencia:	2e-6	Coul
Coordenada (x):	50	Cm
Coordenada (y):	50	Cm
Coordenada (z):	50	Cm
DATOS DE CADA UNA DE LAS CARGAS		
Carga #	3	
Valor de la carga:	-2e-6	Coul
Coordenada (x):	0	Cm
Coordenada (y):	0	Cm
Coordenada (z):	0	Cm
<input type="button" value="Ok"/> <input type="button" value="Cancelar"/> <input type="button" value="Ayuda"/>		

Fig. 6 Ventana donde muestra los datos introducidos para el ejemplo.

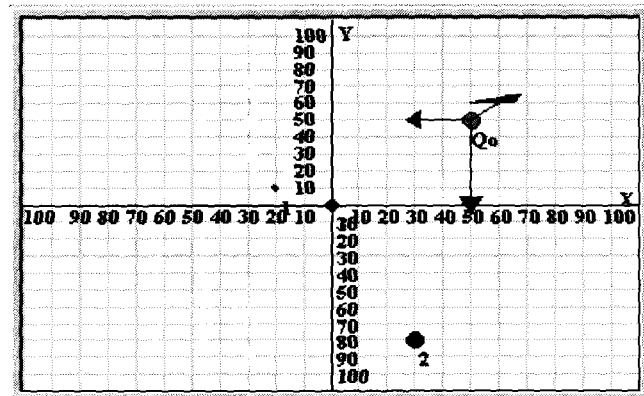


Fig. 7 Ventana donde se muestra los resultados en forma gráfica de la fuerza total que actúa sobre la carga de referencia.

Por otra parte, para obtener las trayectorias de un electrón que es lanzado en una región donde hay un campo eléctrico debido a una carga colocada en esa región, se considera el siguiente ejemplo cuyos datos se muestran en la Fig. 8.

La fuente del campo eléctrico para este caso la constituye una carga de 1×10^{-8} coul, ubicada en el punto (50,50) cm. La posición inicial del electrón, es (0,20) cm, y se lanza con una velocidad de 4×10^6 m/seg, en la dirección horizontal.

ENTRADA DE DATOS

Número de cargas :

DATOS DE CADA UNA DE LAS CARGAS

Carga #

Valor de la carga : Coul

Coordenada (x) : Cm

Coordenada (y) : Cm

DATOS DE LA CARGA EN MOVIMIENTO

Electrón Protón

Coordenada (x) : Cm

Coordenada (y) : Cm

Velocidad V(x) : m/seg

Velocidad V(y) : m/seg

Trayectorias

VELOCIDADES

Vx [m/seg]	Vy [m/seg]	Trayectoria
4e6	0	1
1e6	0	2
9e5	0	3
7e5	0	4
5e5	0	5
3e5	0	6
1e5	0	7

Fig. 8 Ventana para introducir los datos de la carga fuente del campo eléctrico y de la partícula lanzada.

Fig. 9 Lista de las velocidades dadas al electrón y sus trayectorias numeradas.

Al cambiar la magnitud de las velocidades del electrón (Fig. 9), capturada también por el programa, se pueden observar las diferentes trayectorias que sigue el electrón, como lo indica la Fig. 10.

A continuación se muestra la gráfica de las trayectorias seguidas por el electrón para diferentes velocidades.

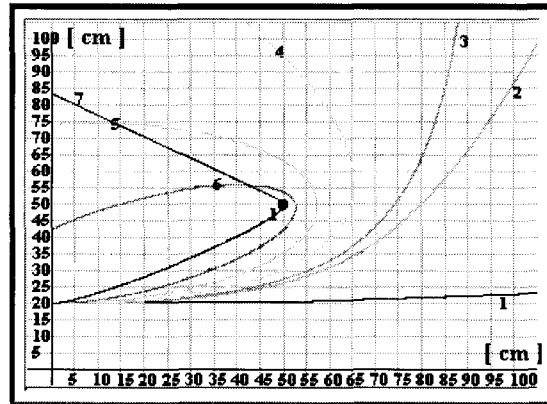


Fig. 10 Gráfica de las trayectorias del electrón para diferentes velocidades.

Como se aprecia, el programa constituye un recurso muy importante para la simulación del movimiento de partículas cargadas en presencia de campos eléctricos originados por cargas puntuales estáticas en una región del espacio, además de la bondad manifiesta para el cálculo de la fuerza electrostática sobre cargas puntuales colocadas en el espacio.

Conclusiones

Nuevamente se ofrece a los estudiantes un programa de simulación agradable y completo que incorpora esta vez, el cálculo de fuerzas electrostáticas y el movimiento simulado de partículas cargadas en campos eléctricos estacionarios.

Constituye una fuente bien interesante para identificar claramente estos fenómenos que ordinariamente no tienen los recursos para presentarlos en laboratorios reales al alcance de los estudiantes, pero que su utilización puede dejar en ellos una senda que los lleva a un acercamiento más real de la interpretación verdadera de éstos fenómenos que a diario se presentan.

BIBLIOGRAFÍA

- CORNELL GARY, Visual Basic para Windows, 1996
 FISHBANE-GASIOROWICS-THORNTON, Física para Ciencias e Ingeniería. Vol.1 1994
 ALONSO. M, FINN E. J, Física. 1995
 PUL A TIPLER, Física. Tomo 1. 1995