

3. Potencial eléctrico

3.1 Objetivos

3.1.1 General

Calcular el potencial eléctrico, la diferencia de potencial y la energía potencial de partículas.

3.1.2 Específicos

- Calcular la Diferencia de potencial de dos o más cargas con respecto a un punto.
- Hallar la energía que se requiere para trasladar una partícula de un punto a otro.

3.2 Marco Teórico

Una carga eléctrica puntual q (carga de prueba) tiene, en presencia de otra carga q_1 (carga fuente), una energía potencial electrostática. De modo semejante a la relación que se establece entre la fuerza y el campo eléctrico se puede definir una magnitud escalar, potencial eléctrico V que tenga en cuenta la perturbación que la carga fuente q_1 produce en un punto del espacio, de manera que cuando se sitúa en ese punto la carga de prueba, el sistema adquiere una energía potencial.

El potencial eléctrico creado por una carga q_1 en un punto a una distancia r se define como:

$$V = k \cdot \frac{q_1}{r} \quad (3.1)$$

Por lo que una carga de prueba q situada en ese punto tendrá una energía potencial u dada por:

$$U = q \cdot V \quad (3.2)$$

Para calcular el potencial en un punto generado por varias cargas fuente se suman los potenciales creados por cada una de ellas, teniendo en cuenta que es una magnitud escalar y que será positivo

o negativo dependiendo del signo de la carga fuente. Así mismo el trabajo realizado por la fuerza electrostática para llevar una carga q desde un punto A al punto B se puede expresar en función de la diferencia de potencial entre dos puntos A y B :

$$W_{AB} = U_A - U_B = q \cdot V_A - q \cdot V_B = q \cdot \Delta V \quad (3.3)$$

Recordando la definición de trabajo de una fuerza:

$$W_{AB} = \int_a^b \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_a^b q\vec{E} \cdot d\vec{l} = -q \cdot \Delta V \quad (3.4)$$

Se puede obtener la relación entre el campo eléctrico y la diferencia de potencial entre dos puntos:

$$\Delta V = V_B - V_A = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.5)$$

De esta expresión se deduce que en una región del espacio en la que el campo eléctrico es nulo, el potencial es constante.

Para calcular el campo eléctrico a partir del potencial se utiliza el operador gradiente, de modo análogo a cómo se obtiene la fuerza a partir de la energía potencial:

$$\vec{E} = -\nabla V(\hat{r}) = -\frac{d}{dr} k \cdot \frac{q_1}{r} \vec{U}_r \quad (3.6)$$

$$\vec{E} = -k \left(-\frac{q_1}{r^2}\right) \vec{U}_r = k \frac{q_1}{r^2} \vec{U}_r \quad (3.7)$$

3.2.1 Superficies Equipotenciales

Las superficies equipotenciales son aquellas en las que el potencial toma un valor constante. Por ejemplo, las superficies equipotenciales creadas por cargas puntuales son esferas concéntricas centradas en la carga, como se deduce de la definición de potencial ($r = cte$).

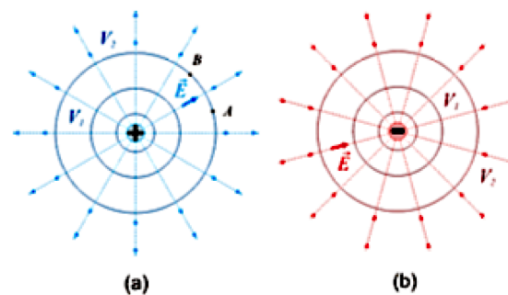


Figura 3.1: Superficies equipotenciales creadas por una carga puntual positiva (a) y otra negativa (b).

Recordando la expresión para el trabajo, es evidente que cuando una carga se mueve sobre una superficie equipotencial la fuerza electrostática no realiza trabajo, puesto que ΔV es nulo. Por otra parte, para que el trabajo realizado por una fuerza sea nulo, ésta debe ser perpendicular al desplazamiento, por lo que el campo eléctrico (paralelo a la fuerza) es siempre perpendicular a las superficies equipotenciales. En la figura 3.1 se observa que en el desplazamiento sobre la superficie equipotencial desde el punto A hasta el B el campo eléctrico es perpendicular al desplazamiento. Las propiedades de las superficies equipotenciales se pueden resumir en:

- Las líneas de campo eléctrico son, en cada punto, perpendiculares a las superficies equipotenciales y se dirigen hacia donde el potencial disminuye.
- El trabajo para desplazar una carga entre dos puntos de una misma superficie equipotencial es nulo.
- Dos superficies equipotenciales no se pueden cortar.

3.3 Actividades Previas al Laboratorio

Resuelva las siguientes actividades antes de la clase de laboratorio virtual, el desarrollo de las actividades previas le permite tener herramientas para el trabajo durante la clase

1. Enuncie que es el potencial eléctrico y qué es una diferencia de potencial
2. Describa gráficamente las líneas de campo eléctrico para una carga positiva, una negativa y un dipolo eléctrico.

3.4 Herramienta virtual

Para la práctica virtual se hará uso del simulador disponible en el link

http://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields/charges-and-fields_es.html

3.5 Toma y análisis de Datos

En la primera sección se realiza una exploración por distintas configuraciones y geometrías, con el ánimo de hacer un análisis cualitativo del fenómeno, luego, en la segunda sección se realiza un análisis cuantitativo a partir de la toma de datos.

3.5.1 Análisis cualitativo

1. Identifique completamente el entorno de trabajo y las variables que maneja el paquete

2. Traslade distintas cargas al escenario de trabajo y active las opciones para mostrar solo la dirección del campo eléctrico en alta resolución, tome capturas de pantalla y describa lo que observa
3. Reinicie la simulación y active la opción de la rejilla, ahora coloque una carga positiva en un punto central de su área de trabajo y observe el campo E . describa lo que observa:
 - ¿Cómo es el campo con respecto a la carga?
 - ¿Qué sucede con intensidad si sobrepone más cargas positivas sobre la carga inicial?
 - Active las opciones para mostrar solo la dirección del campo eléctrico en alta resolución, a partir de la observación ¿qué puede concluir?
4. Ahora se va a hacer uso del sensor de superficies equipotenciales, para ello ubique 5 cargas positivas (una sobre la otra para simular una carga de $5nC$) en el centro del entorno de trabajo, luego habilite la opción “mostrar números” posteriormente ubique el sensor de superficies equipotenciales y muévelo a algún punto de la pantalla de trabajo y presione dibujar superficie equipotencial,
 - indique cómo es la superficie encontrada.
 - Desplácese sobre la misma e indique qué observa en el dato numérico.
5. Reinicie la simulación y ubique un dipolo eléctrico (una carga de $5nC$ y otra de $-5nC$ sobre una misma línea recta, separadas 2 cuadrículas, Anexe la imagen obtenida mostrando la intensidad y dirección del campo eléctrico,
 - dibuje 5 superficies equipotenciales alrededor de cada carga, y haga un testeo con un sensor de campo moviéndolo sobre una superficie equipotencial.
 - Describa sus observaciones.
 - ¿Qué concluye de esta situación?
 - Tome capturas de pantalla para respaldar sus observaciones y conclusiones.
6. Reinicie la simulación y ubique diferentes cargas positivas continuas a lo largo de una línea recta horizontal simulando una línea infinita de carga. Tome captura de pantalla mostrando la intensidad y dirección del campo eléctrico, ¿qué puede concluir?
7. Reinicie la simulación y ubique diferentes cargas positivas continuas formado una circunferencia de una cuadrilla de diámetro, simulando un anillo o distribución circular de carga positiva.

Tome captura de pantalla mostrando la intensidad y dirección del campo eléctrico ¿qué puede concluir?

3.5.2 Análisis cuantitativo

Relación Campo eléctrico \vec{E} - Voltaje V para una carga puntual positiva

- Reinicie la simulación, habilite las opción “rejilla” y “Mostrar números” y ubique una carga de $1nC$ en el vértice de un recuadro,
- dibuje una superficie equipotencial a una distancia de 2 cuadrillas, y registre el valor mostrado en la tabla 3.1,
- sobre ese mismo punto ubique un sensor de campo eléctrico \vec{E} y Registre el valor mostrado en la tabla 3.1,
- Manteniendo la distancia constante sobreponga otra carga de $1nC$ y repita el ejercicio hasta llegar a una carga de $8nC$.

$V(v)$										
$E(v/m)$										

Tabla 3.1: Datos tomados con una distancia de $1m$, para carga positiva

- Con los datos encontrados en la tabla 3.1 realice la gráfica de Campo eléctrico \vec{E} (Variable dependiente) contra V (Variable independiente) en el programa excel
- Digite la tabla en una hoja de cálculo, seleccionala y presione insertar gráfico de dispersión.
- Una vez graficados los puntos, seleccione uno de ellos y presione click derecho, seleccione la opción agregar línea de tendencia, especificando que sea lineal y que muestre la ecuación en el gráfico.
- Con respecto a la gráfica
 - ¿Qué información le está proporcionando?
 - Compruebe que la ecuación del gráfico mostrada por excel es correcta, realizando la regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados (anexe dicho procedimiento)
 - ¿Qué información le brinda la ecuación de la recta, en cuanto al fenómeno?

Relación Campo eléctrico \vec{E} - Voltaje V para una carga puntual negativa


- a) Reinicie la simulación, habilite las opción “rejilla” y “Mostrar números” y ubique una carga de $-1nC$ en el vértice de un recuadro,
- b) dibuje una superficie equipotencial a una distancia de 2 cuadrillas, y registre el valor mostrado en la tabla 3.2,
- c) sobre ese mismo punto ubique un sensor de campo eléctrico \vec{E} y Registre el valor mostrado en la tabla 3.2,
- d) Manteniendo la distancia constante sobreponga otra carga de $-1nC$ y repita el ejercicio hasta llegar a una carga de $-8nC$.


$V(v)$										
$E(v/m)$										


Tabla 3.2: Datos tomados con una distancia de $1m$, para carga positiva

- e) Con los datos encontrados en la tabla 3.2 realice la gráfica de Campo eléctrico \vec{E} (Variable dependiente) contra V (Variable independiente) en el programa excel
- f) Digite la tabla en una hoja de cálculo, seleccionala y presione insertar gráfico de dispersión.
- g) Una vez graficados los puntos, seleccione uno de ellos y presione click derecho, seleccione la opción agregar línea de tendencia, especificando que sea lineal y que muestre la ecuación en el gráfico.
- h) Con respecto a la gráfica
 - ¿Qué información le está proporcionando?
 - Compruebe que la ecuación del gráfico mostrada por excel es correcta, realizando la regresión lineal por el método de los mínimos cuadrados (anexe dicho procedimiento)
 - ¿Qué información le brinda la ecuación de la recta, en cuanto al fenómeno?

3.6 Referencias

-  SEARS, F. W., ZEMANSKY, M. W. Y YOUNG, H. D. : Física Universitaria. Addison - Wesley Iberoamericana.

-  TIPLER, P. A.: “Física”. Vol. I. Ed. Reverte, Barcelona.

-  SERWAY, R. A.: “Física”. Tomo I McGraw- Hill (2002).