

Prácticas de Laboratorio de Física

DETERMINACIÓN DEL CAMPO ELÉCTRICO A PARTIR DEL POTENCIAL

Objetivo de la práctica

Estudio de la relación entre el campo eléctrico \vec{E} y el potencial V

Fundamento teórico

Si conocemos el campo eléctrico o el potencial en una región del espacio podemos utilizar una de estas magnitudes para calcular la otra. Así, conocido \vec{E} podemos calcular el potencial mediante la expresión:

$$V(\vec{r}) - V(\vec{r}_o) = - \int_{\vec{r}_o}^{\vec{r}} \vec{E} d\vec{r} \quad (1)$$

Si conocemos V podemos obtener \vec{E} a través de la relación diferencial:

$$\vec{E}(\vec{r}) = -\vec{\nabla} V(\vec{r}) \quad (2)$$

donde $\vec{\nabla}$ es el símbolo del operador diferencial gradiente.

En el caso de que el potencial dependa de una sola variable $V(x)$ la ecuación (2) queda reducida a:

$$E(x) = - \frac{dV(x)}{dx} \quad (3)$$

Las ecuaciones (2) y (3) expresan matemáticamente la relación entre el campo eléctrico y la variación del potencial eléctrico.

El signo negativo indica que el sentido del campo eléctrico \vec{E} está dirigido de las regiones de mayor potencial a las de menor.

Instrumentación y procedimiento

Sobre un papel de grafito se han dibujado con pintura de plata conductores con diferentes geometrías para comprobar la relación entre \vec{E} y V , en cada una de ellas.

a) Material

- Placas con papel conductor de grafito donde aparecen dibujadas las distribuciones de carga que vamos a medir.
- Hojas fotocopiadas de la retícula
- Fuente de tensión continua
- Voltímetro

b) Modo de operación

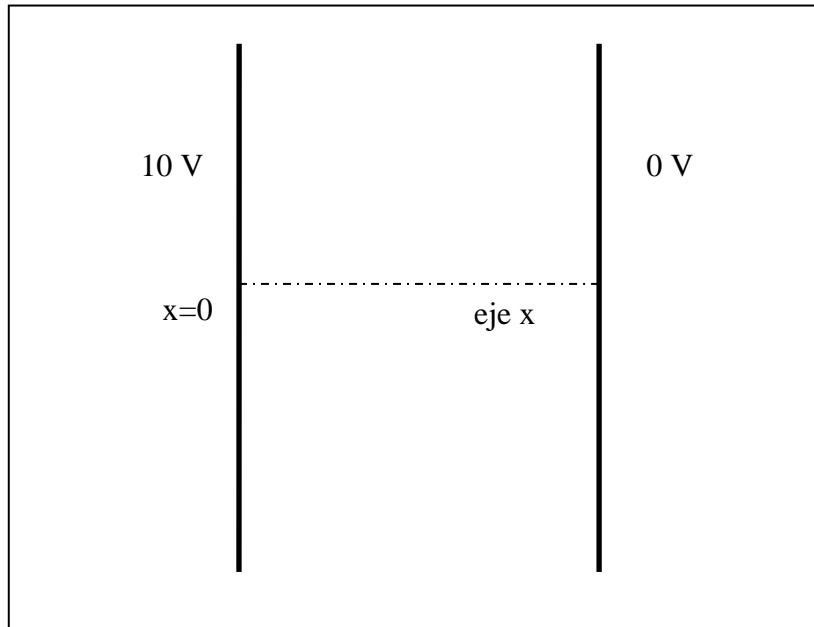
- Conectar la fuente de tensión siguiendo las indicaciones de las figuras correspondientes a cada geometría (valor de tensión del orden de 10 V).
- Mediante un voltímetro se medirá la diferencia de potencial en función de la distancia en las direcciones indicadas. Para ello se conecta una de las puntas de medida al potencial de referencia (tierra, $V=0$). La otra de las puntas se utiliza para medir el potencial en los diferentes puntos de la retícula definida en el papel conductor de grafito.
- Obsérvese, midiendo diferencia de potencial a lo largo de las líneas dibujadas que todos los puntos están al mismo potencial.

c) Distribuciones de carga a analizar (todas ellas son simulaciones en dos dimensiones, al estar dibujadas sobre un papel plano)

- Condensador plano-paralelo
- Condensador cilíndrico
- Cortezas cilíndricas concéntricas
- Ejemplo práctico de un pararrayos

Condensador plano-paralelo

En este ejemplo, dado que nuestro problema está reducido a un plano (el papel) y teniendo en cuenta la distribución de carga dibujada, la simetría tridimensional correspondiente es la de dos placas conductoras planoparalelas perpendiculares a la superficie del papel.



- Utilizar el dibujo que simula las placas de un condensador plano-paralelo mediante dos líneas paralelas. Conectar una de las líneas a un voltaje de 10 V y la otra a 0 V.
- Tomar como eje x el perpendicular a las placas y el origen de coordenadas en la placa conectada a 10 V.
- Medir el voltaje para distintos valores de x entre las armaduras. Con los valores medidos, elaborar la tabla siguiente

x_i	$V(x_i)$	$\Delta V_i = V(x_i) - V(x_{i-1})$	$\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$	$-\Delta V / \Delta x$

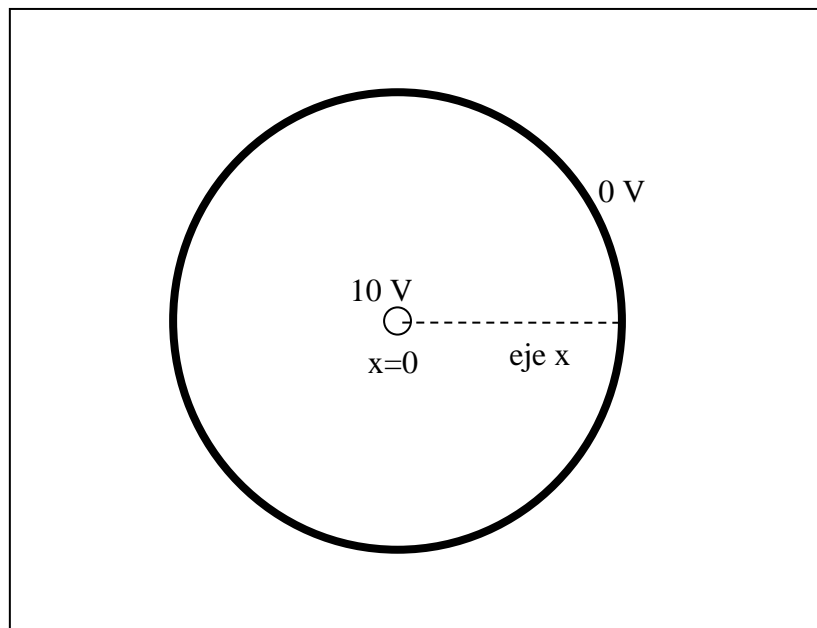
- Representar V frente a x y hacer el ajuste matemático que corresponda.

- Estimación del campo eléctrico:

Representar $-\Delta V / \Delta x$ frente a x para ver la variación del campo eléctrico con la distancia ¿Qué tipo de dependencia se observa? ¿Es correcta dicha dependencia con el valor del campo eléctrico que correspondería a esta configuración?

Condensador cilíndrico

La simetría tridimensional correspondiente a este ejemplo es la de un hilo conductor infinito rodeado por una carcasa cilíndrica conductora infinita.



- Conectar el electrodo central a 10 V y la línea circular a 0 V.
- Tomar el eje x en el diámetro horizontal con origen en el centro.
- Medir el voltaje en el eje x desde el origen hasta llegar a la carcasa exterior. Con los datos obtenidos elaborar la siguiente tabla:

x_i	$1/x_i$	$\ln x_i/x_0$	$V(x_i)$	$\Delta V_i = V(x_i) - V(x_{i-1})$	$\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$	$-\Delta V / \Delta x$

donde x_0 corresponde al valor de x donde $V=0$ (la línea circular externa)

- Representar el voltaje V frente a x. La dependencia de V frente a x, ¿Es lineal? ¿Es creciente o decreciente?

- Representar el voltaje V frente a $\ln(x/x_0)$ ¿Qué dependencia muestra V frente a $\ln(x/x_0)$? Hacer el ajuste matemático $V(x)$ que corresponda

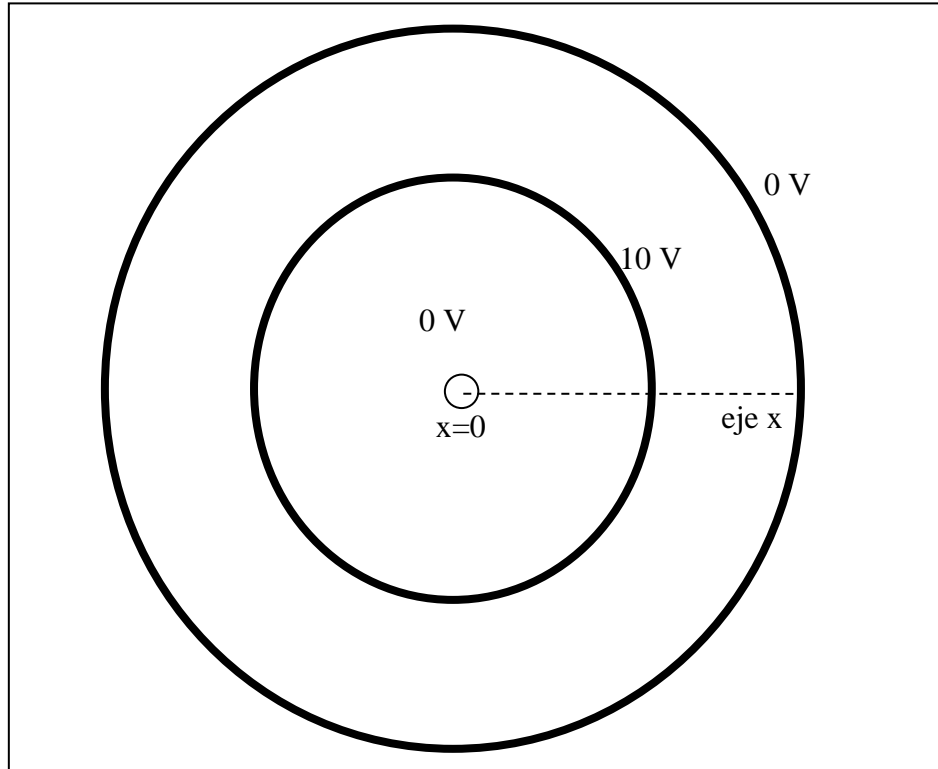
- Estimación del Campo eléctrico:

- Representar la gráfica de $-\frac{\Delta V(x)}{\Delta x}$, frente a x. ¿Es lineal?

- Representar $-\frac{\Delta V(x)}{\Delta x}$ frente a $1/x$ ¿Qué dependencia muestra respecto a $1/x$? ¿Es correcta esta dependencia con el valor del campo correspondiente a esta configuración?

Armaduras cilíndricas concéntricas

La simetría tridimensional correspondiente a este montaje es la de un hilo conductor infinito rodeado por dos carcassas cilíndricas conductoras infinitas.



- Conectar el electrodo central a 0 V, la línea circular interna a 10 V y la línea circular externa a 0 V.
- Tomar el eje x en un diámetro con origen en el centro de la configuración.
- Medir el voltaje en el eje x desde el centro hasta llegar a la carcasa exterior. Con los datos obtenidos elaborar la siguiente tabla:

x_i	$V(x_i)$	$\Delta V_i = V(x_i) - V(x_{i-1})$	$\Delta x_i = x_i - x_{i-1}$	$-\Delta V / \Delta x$

- Representar la gráfica del voltaje V frente a x. ¿Es una función continua?
- Estimación del Campo eléctrico:

Representar la gráfica de $-\frac{\Delta V(x)}{\Delta x}$ frente a x ¿En este caso es una función continua? ¿Se

cumple la relación $E(x) = -\frac{\Delta V(x)}{\Delta x}$ para esta configuración?

Ejemplo práctico: Estudio de la influencia de un pararrayos en la distribución de líneas de campo eléctrico en su entorno.

1. Tomar la lámina donde esta dibujada una casita. Conectar 0 V la casita y el suelo y la línea superior (las nubes) a un voltaje $V=20$ V.
2. Dibujar las líneas equipotenciales en el espacio entre la casita y las nubes.
3. Dibujar cualitativamente las líneas del campo eléctrico en dicha región.
4. Tomar la lámina donde esta dibujada una casita con un pararrayos. Conectar a 0 V la casita y el suelo. Conectar la línea superior (las nubes) a un voltaje $V=20$ V.
5. Dibujar las líneas equipotenciales en el espacio entre la casita y las nubes.
6. Dibujar cualitativamente las líneas del campo eléctrico en dicha región.
7. Analizar la influencia de la presencia del pararrayos. ¿Cómo distorsiona el campo la presencia del mismo? A la vista de los resultados. Explicar cualitativamente el funcionamiento de un pararrayos.