• Potencial eléctrico.

→ Recordemos que, cuando una fuerza es conservativa, podemos relacionarla con una ~~potencial~~ energía potencial!

→ Como la fuerza eléctrica es conservativa (el trabajo realizado a lo largo de una trayectoria es cero), entonces podemos hablar de energía potencial eléctrica que nos ayudará a definir el potencial eléctrico.

→ Diferencia de potencial y potencial eléctrico.

→ Consideremos una carga puntual q_0 que realiza un desplazamiento $d\vec{s}$ dentro de un campo eléctrico. El trabajo realizado por el campo sobre la carga es

$$\vec{F}\cdot d\vec{s} = q_0 \vec{E}\cdot d\vec{s}$$

→ Conforme el campo consume esta cantidad de trabajo, la energía del sistema (carga - campo) cambia

$$dU = -q_0 \vec{E}\cdot d\vec{s}$$

→ Para un desplazamiento finito entre los puntos A y B el cambio en la energía potencial es:

$$\Delta U = U_B - U_A = -q_0 \int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{s}$$

→ En general, este tipo de integrales dependen de la trayectoria (y de su parametrización). Pero, como la fuerza es conservativa, la integral no depende de la trayectoria sino de los puntos inicial y final.

→ Recordatorio: Del teorema del gradiente sabemos que si la función a integrar puede obtenerse de un gradiente de otra función, la integral de línea depende solo de los extremos.

$$\int_{C_1} \nabla f \cdot d\vec{s} = f(B) - f(A) = \int_{C_2} \nabla f \cdot d\vec{s}$$

→ Al igual que con la fuerza gravitacional, debemos elegir un punto en el que la energía potencial eléctrica valga

$$U = 0.$$

→ A ~~tro~~ partir de este "punto" comenzaremos a medir la energía potencial eléctrica U.

→ Definimos el potencial eléctrico o simplemente potencial como

$$V = \frac{U}{q_0}$$

donde U es la energía potencial y q_0 es la carga de prueba.

→ El potencial depende solo de la distribución de la carga fuente y tiene un valor para cada punto del campo eléctrico.

→ Por otro lado, si la carga de prueba se desplaza entre los puntos A y B del campo eléctrico, habrá un cambio en la energía potencial del sistema carga-campo.

→ Así, definimos la diferencia de potencial entre los puntos A y B del campo eléctrico como el cambio en la energía potencial del sistema al mover una carga q_0 del punto A a B, dividido entre la carga de prueba q_0. Esto es:

$$\Delta V = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s}$$

⇒ NO confundir diferencia de potencial con diferencia en energía potencial.

- Diferencia de potencial: Depende solo de la distribución de la carga fuente, es decir, los puntos A y B y no hay carga de prueba.

- Diferencia en energía potencial: Existe solo si se desplaza una carga de prueba entre los puntos.

→ Si un agente externo traslada una q_0 (carga de prueba) de A hasta B sin cambiar la energía cinética de q_0, el agente realiza un trabajo que cambia la energía del sistema como

$$W = \Delta U$$

→ Imaginemos una carga q en un campo eléctrico, el trabajo consumido por el agente externo al mover q a través del campo con velocidad constante es

$$W = q\Delta V$$

→ Las unidades del potencial eléctrico se definen como

$$1 \text{ Volt} = 1\,V \equiv \frac{1\,J}{1\,C}$$

$$[V] = \frac{[\Delta U]}{[q]} = \frac{\text{Energía}}{\text{Carga eléctrica.}}$$

- Se deberá realizar 1 J de trabajo para mover un Coulomb en una diferencia de potencial de 1V.

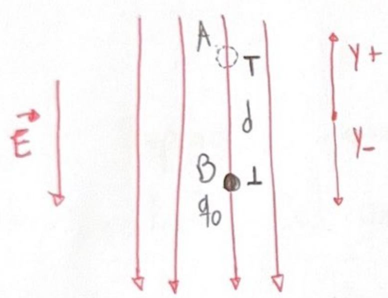
→ Análogamente

$$[E] = \frac{N}{C} = \frac{N}{\frac{J}{V}} = \frac{\cancel{N}}{\frac{\cancel{N}\cdot m}{V}} = \frac{V}{m}$$

• Diferencias de potencial en un campo eléctrico uniforme.

$$\Delta U = -q_0 \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \qquad -(25.1)$$

$$\Delta V \equiv \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} \qquad -(25.3)$$



Cuándo el campo $\vec{E}$ se dirige hacia abajo, el punto B está en un potencial menor que A.

Cuando una carga de prueba $q_0 > 0$ se mueve de A a B, la energía potencial eléctrica del sistema carga-campo disminuye.

→ Queremos calcular la diferencia de potencial entre A y B separados una distancia $\|\vec{s}\| = d$, donde $\vec{s}$ y $\vec{E}$ son paralelos.

$$V_B - V_A = \Delta V = -\int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\int_A^B (E\, ds) \cos(0°) = -\int_A^B E\, ds$$

Si suponemos que $\vec{E}$ es constante, podemos hacer

$$\Delta V = -E \int_A^B ds = -Ed$$

$$\Delta V = -Ed$$

→ El signo menos significa que el potencial en B es menor que en A

$$V_B < V_A$$

→ Esto significa que

- Las líneas de campo eléctrico siempre apuntan a la dirección en que disminuye el potencial.

→ Supongamos ~~q una~~ que una q_0 se mueve de A a B, podemos calcular el cambio en la energía potencial del sistema carga-campo

$$\Delta U = q_0 \Delta V = -q_0 Ed$$

→ ~~Si~~ ~~Como~~ Si $q_0 > 0 \Rightarrow \Delta U < 0$.

- Un sistema carga positiva-campo, pierde energía potencial eléctrica cuando la carga se mueve en dirección al campo.

$$\Downarrow$$

Un campo eléctrico realiza un trabajo en una carga positiva cuando esta se mueve en la dirección del camo.

→ Si una $q_0 > 0$ es liberada en este $\vec{E}$, sentirá una fuerza $q_0\vec{E}$. Esto genera una aceleración haciendo que q_0 gané energía cinética.

- Conforme q_0 adquiere energía cinética, el sistema carga campo pierde una cantidad igual de energía potencial.

$\Downarrow$

Conservación de energía.

→ En el caso en que $q_0 < 0 \Rightarrow \Delta U > 0$ y

- El sistema carga negativa - campo adquiere energía potencial eléctrica si la carga se mueve en la dirección de $\vec{E}$.

→ De forma general, si q_0 se mueve entre A y B con $\vec{E}$ uniforme, y $\vec{s}$ no es paralelo a $\vec{E}$, la diferencia de potencial es

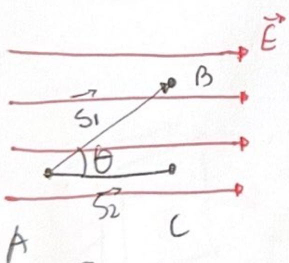
$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{s} = -\vec{E}\cdot\int_A^B d\vec{s} = -\vec{E}\cdot\vec{s} \qquad -(*)$$

$\vec{E}$ es constante porque es uniforme.

→ El cambio en la energía potencial del sistema carga-campo es

$$\Delta U = q_0\,\Delta V = -q_0\,\vec{E}\cdot\vec{s}$$

→ Una consecuencia de (*) es que todos los puntos en un plano perpendicular a $\vec{E}$ uniforme tienen el mismo potencial.



$\|\vec{s_2}\| = d$

→ Veamos, el punto B y el punto C están en el mismo plano perpendicular a $\vec{E}$. Calculemos la diferencia de potencial de A-B.

$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{s}_1 = ES_1\cos\theta$$

del diagrama, $S_1\cos\theta = d$

$$= -Ed$$

=

Por otro lado, de A a C,

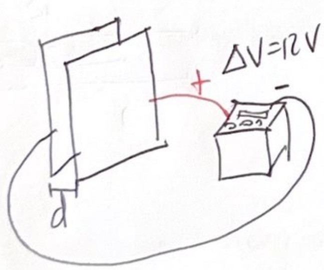
$$\Delta V = -\int_A^C \vec{E}\cdot d\vec{s}_2 = -ES_2\cos\theta = -ES_2\cos(0) = -ES_2 = -Ed$$

→ A cualquier superficie formada por una distribución continua de puntos con el mismo potencial eléctrico se le llama superficie equipotencial.

Ejercicio. Campo eléctrico entre dos placas paralelas de carga opuesta.

- Una batería tiene una diferencia de potencial ΔV entre sus terminales y se establece dicha diferencia de potencial entre los conductores unidos a los terminales.

Una batería de 12 V se conecta entre dos placas paralelas. La separación entre las placas es $d = 0.3$ cm y se supone que el campo eléctrico entre las placas es uniforme. Encuentre la magnitud de $\vec{E}$ entre ellas.



→ Sabemos que, para un campo uniforme

$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{s} = -E\int_A^B ds = -Ed$$

→ Despejando el campo tenemos

$$E = -\frac{\Delta V}{d}$$

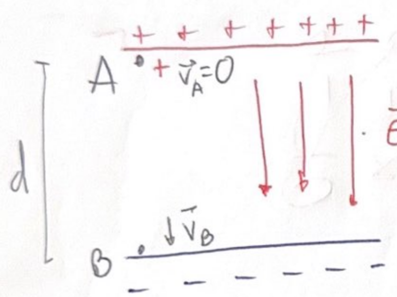
; Como queremos magnitud

$$|E| = \frac{|\Delta V|}{d}$$

$$|E| = \frac{12V}{0.3\times10^{-7}m} = 4\times10^{3}\frac{V}{m}$$

• Ejercicio. Movimiento de un protón en un campo eléctrico uniforme.

Un protón se libera desde el reposo en el punto A en un campo eléctrico uniforme con magnitud de $8\times10^{4}\frac{V}{m}$. El protón se somete a un desplazamiento de 0.5 m al punto B en la dirección de $\vec{E}$. Encuentre la rapidez del protón después de completar el desplazamiento de 0.5 m.



→ El movimiento del protón se debe a una diferencia de potencial. Esto es análogo a un objeto que cae libre en un campo gravitacional.

→ Sabemos que

$$\Delta V = -\int_A^B \vec{E}\cdot d\vec{s} = -\int E ds = -E\int ds = -Ed = -\left(8\times10^{4}\frac{V}{m}\right)(0.5\,m) = -4\times10^{4}V$$

→ De la conservación de energía sabemos que

$$\Delta K + \Delta U = 0$$

→ Donde la energía potencial eléctrica está dada en términos del potencial

$$\Delta U = q\Delta V = e\Delta V$$

por ser un protón

→ Mientras que la energía cinética es

$$\Delta K = \frac{1}{2} m v_B^2 - \frac{1}{2} m v_A^2 = \frac{1}{2} m v_B^2 + 0$$

porque parte del reposo

→ Entonces

$$\Delta K + \Delta U = \frac{1}{2} m v_B^2 + e\Delta V = 0$$

→ Despejando v_B tenemos

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = -e\Delta V$$

$$v_B^2 = \frac{-2e\Delta V}{m}$$

$$v_B = \sqrt{\frac{-2e\Delta V}{m}} = \sqrt{\frac{-2(1.6 \times 10^{-19} C)(-4 \times 10^4 V)}{(1.67 \times 10^{-27} k)}}$$

$$v_B = 2.8 \times 10^6 \frac{m}{s}$$