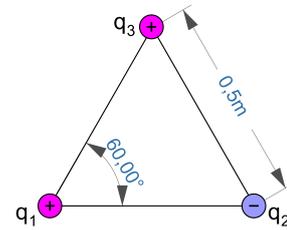


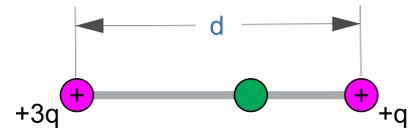
Unidad Nº 4 – Electrostática

Ley de Coulomb – Campo eléctrico

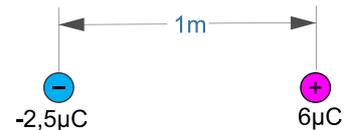
4.1 - En las esquinas de un triángulo equilátero existen tres cargas puntuales, fijas, como se ve en la figura, cuyos valores son: $q_1=2\mu\text{C}$, $q_2=-4\mu\text{C}$ y $q_3=7\mu\text{C}$. Calcule la fuerza eléctrica total sobre la carga q_3 . Calcule el campo eléctrico en el punto en el cual se encuentra la carga q_3 , en ausencia de la misma.



4.2 - Dos esferas pequeñas con cargas positivas $3q$ y q están fijas en los extremos de una varilla aislante horizontal, que se extiende desde el origen hasta el punto $x=d$. Como se puede observar en la figura, existe una tercera esfera pequeña con carga que puede deslizarse con libertad sobre la varilla. ¿En qué posición deberá estar la tercera esfera para estar en equilibrio? Explique si puede estar en equilibrio estable.

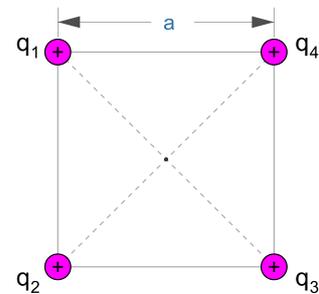


4.3 - Determine el punto (distinto del infinito) en el cual el campo eléctrico es igual a cero.



4.4 - Para la distribución de cargas de la figura, en forma de cuadrado de lado "a", halle el valor del campo eléctrico en el centro del cuadrado para los casos:

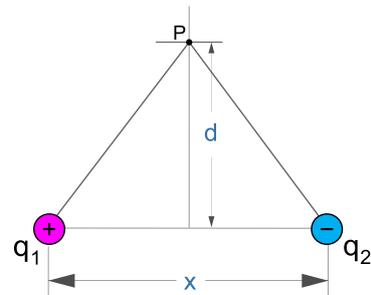
- I) $a = 0.001\text{m}$
 $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = 1\mu\text{C}$
- II) $a = 0.001\text{m}$
 $q_1 = 2q_2 = 3q_3 = 4q_4 = 1\mu\text{C}$



4.5 - Dipolo eléctrico

Deduzca la expresión del campo generado por un dipolo eléctrico, como se ve en la figura, cuyas cargas se encuentran separadas por una distancia "x", en un punto situado sobre la mediatriz de la línea imaginaria que los une y a una distancia "d". Calcule el valor, dirección y sentido del campo eléctrico en ese punto para:

- $d = 1\text{mm}$
- $q_1 = 1\mu\text{C}$
- $q_2 = -1\mu\text{C}$
- $x = 1\text{mm}; x = 0,01\text{mm}$



Campo debido a distribuciones continuas de carga

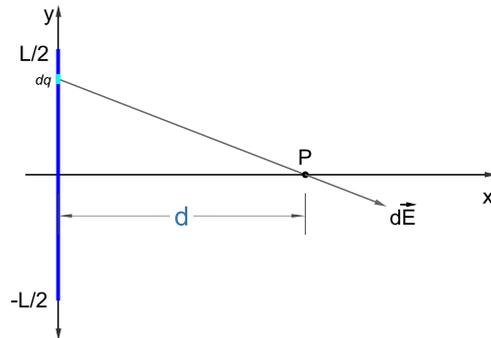
4.6 - Hilo finito con carga

Determine la expresión del campo que genera un hilo de longitud L con densidad de carga lineal $\lambda=Q/L$, en un punto P genérico situado sobre su mediatriz, a una distancia d del mismo. Calcule el valor del campo en dicho punto con los siguientes valores:

$$L = 1m$$

$$\lambda = 10 \mu C/m$$

$$d = 0,1cm \quad d = 1cm \quad d = 10cm$$

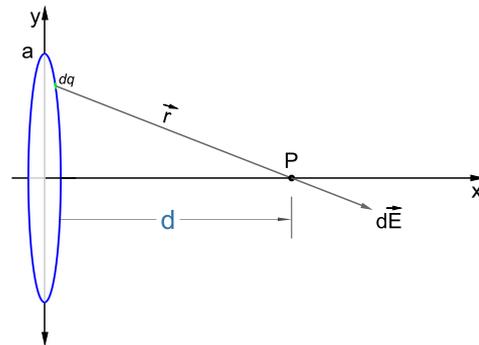


4.7 - Hilo infinito con carga

A partir del ejercicio anterior, determine la expresión del campo que genera un hilo de longitud infinita cargado con densidad lineal de carga λ . Halle el valor del campo con los mismos valores utilizados en el ejercicio anterior y por comparación de los resultados determine bajo qué condiciones la expresión del hilo infinito puede utilizarse en forma práctica.

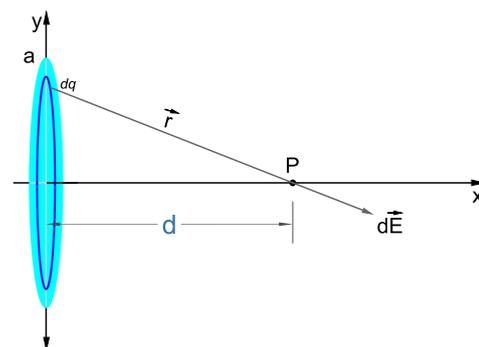
4.8 - Anillo con carga

Halle el campo eléctrico que genera un anillo de radio “a” cargado con densidad de carga lineal λ , en un punto genérico P situado sobre el eje del mismo y a una distancia “d”.



4.9 - Disco con carga

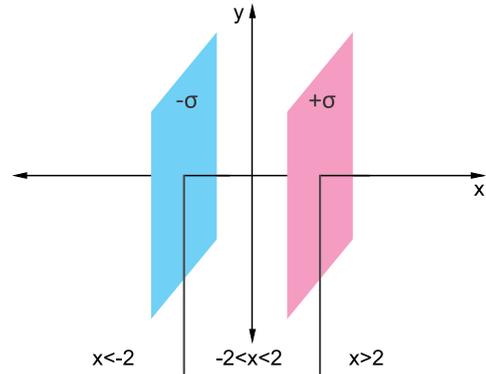
A partir del ejercicio anterior, halle el campo que genera un disco sólido cargado, de radio “a” y con densidad superficial de carga, en un punto genérico P situado sobre su eje y a una distancia “d”.



4.10 - Plano infinito cargado

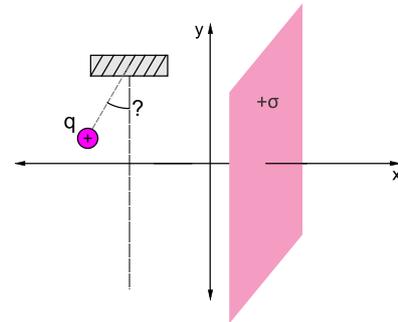
A partir de ejercicio anterior, analice el caso límite en que el radio del disco tienda a infinito. Este es el caso de un plano infinito cargado. Deduzca la expresión del campo que genera dicha distribución de carga superficial y analice de qué manera varía dicho campo espacialmente.

4.11 – Halle la expresión del campo eléctrico situado entre dos placas infinitas y paralelas, situadas en el vacío, cargadas con $\sigma = \frac{1\mu C}{m^2}$ y $\sigma = -\frac{1\mu C}{m^2}$ cada una. Presuponga que los planos son normales al eje x y lo cortan en $x=-2m$ y $x=+2m$. Para el caso de encontrarse la placa infinita con carga negativa en $x=-2m$ y la positiva en $x=+2m$, deduzca el valor, dirección y sentido del campo eléctrico en las tres zonas posibles:

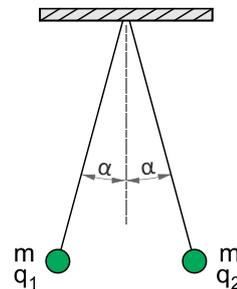


- a) $x < -2m$
- b) $-2m < x < 2m$
- c) $x > 2m$

4.12 – Una esfera conductora de masa $m=0,002g$ tiene una carga $q = 5 \cdot 10^{-8}C$ y cuelga de una cuerda de material aislante y de masa despreciable cerca de una lámina muy grande, conductora y con carga positiva. La densidad de carga superficial de la lámina es $\sigma = 2,5 \cdot 10^{-9} \frac{C}{m^2}$. Encuentre el ángulo que forma el cordel con respecto a la vertical.

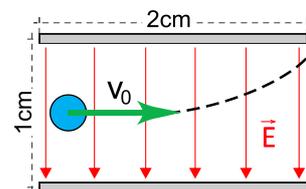


4.13 – Dos esferas idénticas con masa m cuelgan de cordones idénticos de longitud L , como se aprecia en la figura. Cada esfera posee la misma carga, por lo que $q=q_1=q_2$. El radio de cada esfera es muy pequeño en comparación con la distancia entre las mismas, por lo que resulta despreciable y pueden considerarse cargas puntuales. Demuestre que si el ángulo α es pequeño, la separación de equilibrio



“d” entre las esferas resulta $d = \sqrt[3]{\frac{q^2 L}{2\pi\epsilon_0 mg}}$. Tenga en cuenta que si α es pequeño, entonces $\text{tg } \alpha \cong \text{sen } \alpha$.

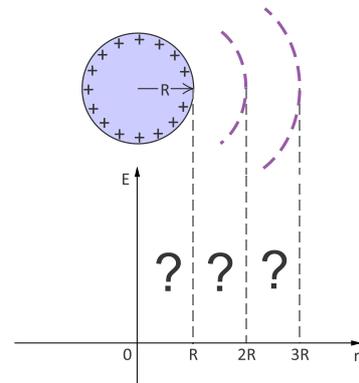
4.14 - Se lanza un electrón con velocidad inicial $v_0 = 1,6 \times 10^6 \frac{m}{s}$ hacia el interior de un campo uniforme entre las placas paralelas, como se aprecia en la figura. Suponga que el campo entre las placas es uniforme y está dirigido verticalmente hacia abajo, y que el campo fuera de las placas es igual a cero. El electrón ingresa al campo en un punto equidistante de las dos placas.



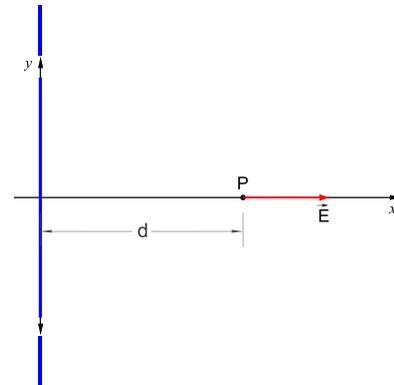
- a) Si el electrón apenas libra la placa superior al salir del campo, encuentre la magnitud del campo eléctrico.
- b) Suponga que en la figura el electrón es sustituido por un protón con la misma velocidad inicial v_0 . ¿Golpearía el protón alguna de las placas? Si el protón no golpea ninguna de las placas, ¿cuáles serían la magnitud y la dirección de su desplazamiento vertical, a medida que sale de la región entre las placas?
- c) Compare las trayectorias que recorren el electrón y el protón, y explique las diferencias.
- d) Analice si es razonable ignorar los efectos de la gravedad en cada partícula.

Flujo - Teorema de Gauss

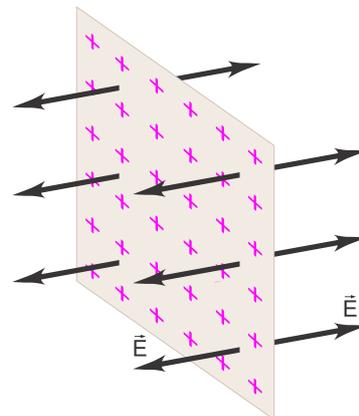
4.15 – Haciendo uso de la ley de Gauss, determine el campo eléctrico generado por una esfera conductora de radio “R”, con carga neta “q”, en un punto a una distancia “d” de la misma. Deduzca la expresión genérica del campo eléctrico y determine cualitativamente y cuantitativamente la variación del mismo para distintos valores de d, contemplando los siguientes: $d=0$, $d=R$, $d=2R$, $d=3R$. Grafique los resultados obtenidos.



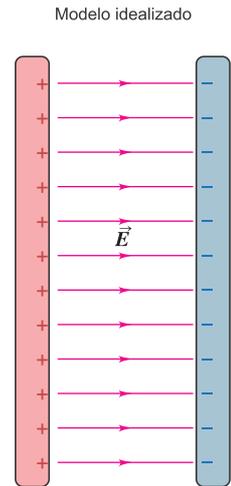
4.16 - Mediante la ley de Gauss, determine el campo generado por una línea infinita con carga. Compare la expresión con la hallada mediante la ley de Coulomb.



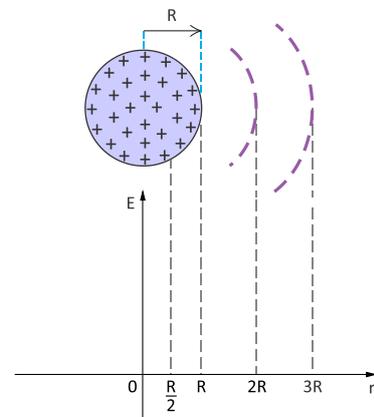
4.17 – Mediante la ley de Gauss determine el campo eléctrico que genera una lámina delgada, plana e infinita, cargada con carga superficial uniforme σ .



4.18 – Dadas dos placas paralelas, grandes y planas, cargadas con igual magnitud y signo contrario con densidades de carga $+\sigma$ y $-\sigma$, determine el campo eléctrico en la región entre las placas mediante la ley de Gauss. Para el análisis, utilice el modelo idealizado de la figura. Analice de qué manera varía el campo eléctrico en la situación real.



4.19 – Una carga eléctrica positiva Q está **distribuida de manera uniforme en todo el volumen de una esfera aislante con radio R** . Haciendo uso de la ley de Gauss, determine el campo eléctrico que genera dicha esfera aislante con carga en un punto a una distancia “ d ” de la misma. Deduzca la expresión genérica del campo eléctrico y determine cualitativamente y cuantitativamente la variación del mismo para distintos valores de d , contemplando los siguientes: $d=0$, $d=R/2$, $d=R$, $d=2R$ y $d=3R$.

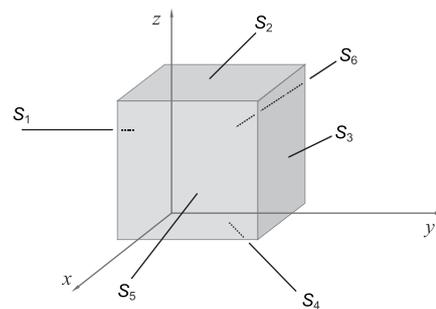


Grafique los resultados obtenidos y compare los resultados con el ejercicio 4.15, en el cual el material de la esfera era un conductor.

4.20 - Un cubo tiene lados con longitud $L=0,3m$. Se coloca con una esquina en el origen, como se muestra en la figura. **El campo eléctrico no es uniforme** y está dado por:

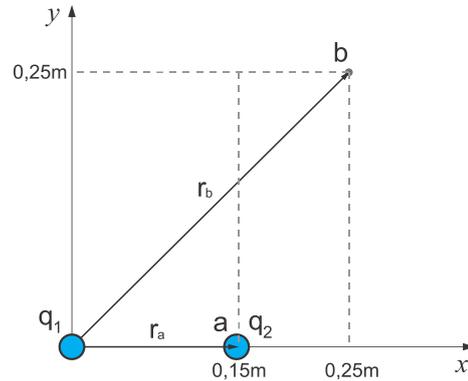
$$\vec{E} = \left(-5x \frac{N}{C \cdot m}\right) \hat{i} + \left(-3z \frac{N}{C \cdot m}\right) \hat{k}.$$

- Calcule el flujo eléctrico a través de cada una de las seis caras del cubo, S_1, S_2, S_3, S_4, S_5 y S_6 .
- Determine cuál es la carga eléctrica total dentro del cubo.

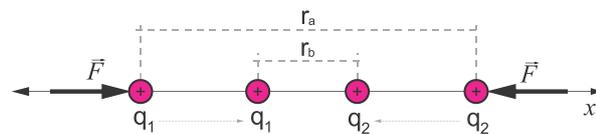


Potencial eléctrico

4.21 - Una carga puntual $q_1 = +2,4\mu C$ se mantiene estacionaria en el origen. Una segunda carga puntual $q_2 = -4,3\mu C$ se mueve del punto $x = 0,150m$; $y = 0m$ al punto $x = 0,250m$; $y = 0,250m$. ¿Cuánto trabajo realiza la fuerza eléctrica sobre q_2 ?



4.22 - a) ¿Cuánto trabajo se requiere para empujar dos protones con mucha lentitud desde una separación de $2 \times 10^{-10}m$ (una distancia atómica común) a $3 \times 10^{-15}m$ (una distancia nuclear común)?

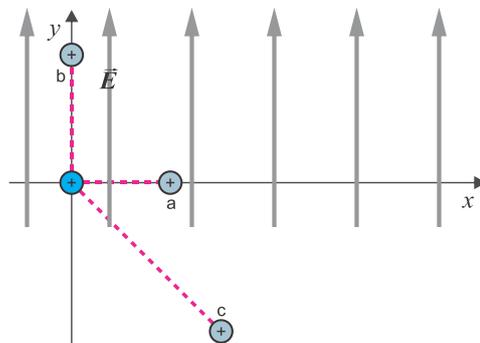


b) Si los dos protones se liberan desde el reposo en la distancia más cercana del inciso a), ¿con qué rapidez se moverán cuando alcancen su separación original?

4.23 - ¿Qué tan lejos de una carga puntual de $-7,2\mu C$ debe situarse una carga puntual de $+2,3\mu C$ para que la energía potencial eléctrica U del par de cargas sea $-0,4 J$? (Considere U igual a cero cuando las cargas tengan separación infinita.)

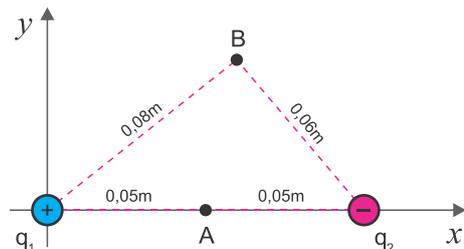
4.24 - Una carga de $28 nC$ se coloca en un campo eléctrico uniforme que está dirigido verticalmente hacia arriba y tiene una magnitud de $4 \times 10^4 \frac{V}{m}$. ¿Qué trabajo hace la fuerza eléctrica cuando la carga se mueve

- 0,450 m a la derecha
- 0,670 m hacia arriba
- 2,60 m con un ángulo de $45,0^\circ$ hacia abajo con respecto a la horizontal?



4.25 - Dos cargas puntuales $q_1 = +2,4nC$ y $q_2 = -6,5nC$ están separadas 0,1 m. El punto A está a la mitad de la distancia entre ellas; el punto B está a 0,08 m de q_1 y 0,06 m de q_2 . Considere el potencial eléctrico como cero en el infinito. Determine:

- el potencial en el punto A;
- el potencial en el punto B;
- el trabajo realizado por el campo eléctrico sobre una carga de $2,50 nC$ que viaja del punto B al punto A.



4.26 - Una carga eléctrica total de $3,5nC$ está distribuida de manera uniforme sobre la superficie de una esfera de metal con radio de 24 cm. Si el potencial es igual a cero en un punto en el infinito, encuentre el valor del potencial a las siguientes distancias desde el centro de la esfera:

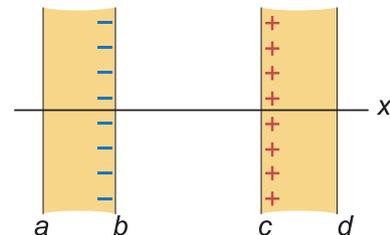
- 48.0 cm
- 24.0 cm
- 12.0 cm

4.27 - Un alambre muy largo tiene una densidad lineal de carga uniforme λ . Se utiliza un voltímetro para medir la diferencia de potencial y se encuentra que cuando un sensor del instrumento se coloca a 2,50 cm del alambre y el otro sensor se sitúa 1,0 cm *más lejos* del alambre, el aparato lee 575 V.

- ¿Cuál es el valor de λ ?
- Si ahora se coloca un sensor a 3,5 cm del alambre y el otro 1,0 cm *más lejos*, ¿el voltímetro leerá 575 V? Si no es así, ¿la lectura estará por encima o por debajo de 575 V? ¿Por qué?
- Si se sitúan ambos sensores a 3,50 cm del alambre pero a 17,0 cm uno de otro, ¿cuál será la lectura del voltímetro?

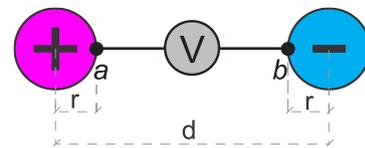
4.28 - El campo eléctrico en la superficie de una esfera de cobre con carga, sólida y con radio de 0,200 m es de $3800 \frac{N}{C}$, dirigido hacia el centro de la esfera. ¿Cuál es el potencial en el centro de la esfera si se considera un potencial igual a cero a una distancia infinitamente grande con respecto a la esfera?

4.29 - Dos placas de metal paralelas, muy grandes, tienen densidades de carga de la misma magnitud pero con signos opuestos. Suponga que están suficientemente cerca como para ser tratadas como placas ideales infinitas. Si se considera el potencial igual a cero a la izquierda de la superficie de la placa negativa, elabore una gráfica del potencial como función de x . Incluya todas las regiones de izquierda a derecha de las placas.

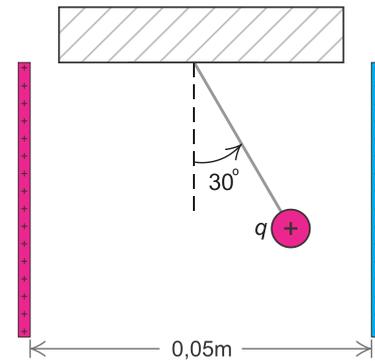


4.30 - Dos esferas aislantes idénticas con cargas opuestas, cada una de 50.0 cm de diámetro y con carga uniforme de magnitud $175\mu C$, están colocadas con sus centros separados por una distancia de 1,00m.

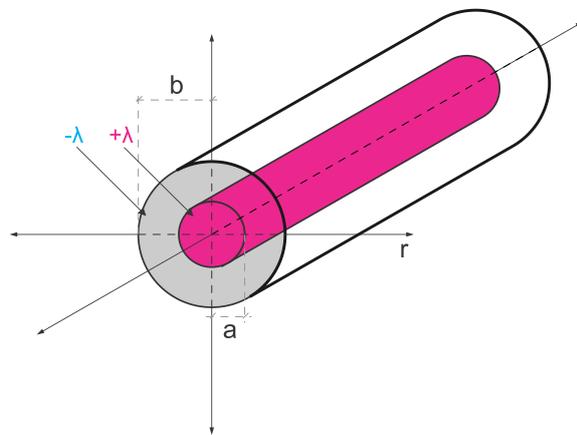
- Si se conecta un voltímetro entre los puntos más cercanos (a y b) sobre sus superficies, ¿cuál será la lectura?
- ¿Cuál punto, a o b, está en el potencial más grande? ¿Cómo se puede saber esto sin hacer cálculos?



4.31 - Una esfera pequeña con masa de 1,50 g cuelga de una cuerda entre dos placas verticales paralelas separadas por una distancia de 5,00 cm. Las placas son aislantes y tienen densidades de carga superficial uniformes de $+\sigma$ y $-\sigma$. La carga sobre la esfera es $q = 8,9\mu C$. ¿Cuál diferencia de potencial entre las placas ocasionará que la cuerda forme un ángulo de 30° con respecto a la vertical?



4.32 - *Cilindros coaxiales*. Un cilindro metálico largo con radio a está apoyado en un soporte aislante sobre el eje de un tubo metálico largo y hueco con radio b . La carga positiva por unidad de longitud sobre el cilindro interior es igual a λ , y en el cilindro exterior hay una carga negativa igual por unidad de longitud.



- Calcule el potencial $V(r)$ para: $r < a$; $a < r < b$; $r > b$.
(Sugerencia: el potencial neto es la suma de los potenciales debidos a los conductores individuales.)
Considere $V=0$ en $r=b$.
- Demuestre que el potencial del cilindro interior con respecto al del exterior es:
$$V_{ab} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$$
- Demostrar que el campo eléctrico en cualquier punto entre los cilindros tiene magnitud:

$$E(r) = \frac{V_{ab}}{\ln\left(\frac{b}{a}\right)} \frac{1}{r}$$