

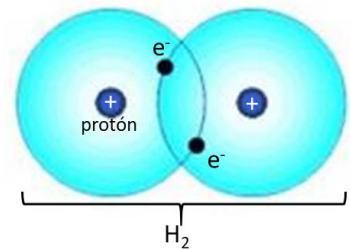
## GUIA N° 1: FUERZA ELÉCTRICA, CAMPO ELÉCTRICO Y POTENCIAL.

### Problema 1

¿Cuántos electrones se necesitan entregar a un cuerpo para que este quede cargado con una carga de  $-20\mu\text{C}$  ( $-20 \times 10^{-6}\text{C}$ )?

### Problema 2

La molécula de hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) consiste en dos átomos de H cuyos protones están separados por una distancia media de  $0.74 \times 10^{-10}\text{m}$ . Encontrar la fuerza eléctrica de repulsión entre los dos protones. Compararla con la fuerza de atracción gravitacional correspondiente. ¿Qué puede concluir al respecto? ¿Qué evita la desintegración de la molécula a través de una explosión Coulombiana?



### Problema 3

En respuesta al avance conceptual logrado en 1911 por Rutherford al interpretar los estudios experimentales de colisiones de iones con láminas delgadas de Au, en 1913 Niels Bohr presentó un modelo de átomo de H que consiste en un electrón que describe una órbita circular de  $0.53 \times 10^{-10}\text{m}$  de radio centrada en el protón.

- Realice un dibujo del átomo de Bohr.
- Calcule la fuerza de atracción eléctrica entre el protón y el electrón.
- Compararla con su atracción gravitacional.
- Calcule la velocidad con que se mueve el electrón. ¿Por qué el electrón no cae al centro de fuerza?

### Problema 4

Considere una carga puntual de  $2\text{C}$  situada en el origen de coordenadas  $(0,0)$ .

- Calcule el vector campo eléctrico en los puntos  $(0.5, 0)$ ,  $(0.10, 0)$  y  $(0.20, 0)$  con la distancia en m.
- Grafique la intensidad y dirección del vector campo eléctrico a lo largo del eje  $x$  (o sea  $E(x,0)$ ) considerando que la intensidad es positiva cuando el campo eléctrico está dirigido hacia la derecha de la carga y negativa cuando está dirigido hacia la izquierda de la misma.
- Calcule la fuerza experimentada por una carga de  $-0.5\text{C}$  ubicada en los puntos requeridos en el inciso a) ¡Recuerde que es una magnitud vectorial!
- Grafique dicha fuerza a lo largo del eje  $x$ .

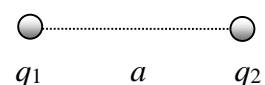
### Problema 5

Considere un dipolo eléctrico de cargas  $-1\text{C}$  y  $+1\text{C}$  ubicado a lo largo del eje  $x$ . Calcule el **vector** campo eléctrico en los puntos  $(0, 5)$ ,  $(10, 0)$  y  $(5, 5)$  [m] si las cargas están situadas en los puntos:

- $x = -2\text{m}$  y  $2\text{m}$ .
- $x = -0.05\text{m}$  y  $0.05\text{m}$ .

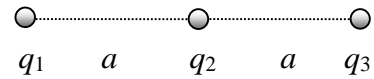
### Problema 6

Dos cargas puntuales están alineadas y separadas entre sí por una distancia  $a = 10\text{cm}$ , tal como muestra la figura anexa, siendo la relación de cargas  $q_1 = -2q_2$ .



- Hallar la expresión para el vector campo eléctrico en función de la coordenada horizontal, para las tres zonas delimitadas por las cargas.

- b) Si ahora se agrega una tercera carga puntual  $q_3$ , tal como muestra la figura. ¿Cuál deberá ser  $q_3$  para que la fuerza total sobre  $q_1$  sea nula?



- c) ¿Cuál es el campo eléctrico en el punto en el que se halla situada  $q_3$  debido a  $q_1$  y  $q_2$ ? Realice un gráfico para la intensidad campo eléctrico a lo largo del eje  $x$ .

### Problema 7

Tres cargas puntuales están ubicadas en los vértices de un triángulo equilátero separadas entre sí por una distancia de 5cm. Si  $q_1 = 2 q_2$ .

- a) ¿Existe algún valor de  $q_3$  para el cual la fuerza total sobre  $q_1$  sea nula?  
 b) ¿Existe algún valor de  $q_3$  para el cual el campo eléctrico en el punto en el que las tres bisectrices se cortan sea nulo?

### Problema 8

El objetivo de este ejercicio es utilizar una simulación para investigar la fuerza eléctrica y el campo eléctrico. En la computadora, abrir un navegador de internet (G. Chrome, Mozilla F., IExplorer, etc) y acceder a: [http://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields0/charges-and-fields\\_es.html](http://phet.colorado.edu/sims/charges-and-fields0/charges-and-fields_es.html). Luego de cargada la simulación, seleccionar las opciones (haciendo “click” en el cuadrado): “Mostrar Campo E”, “rejilla” y “Mostrar números”. Luego de familiarizarse con el modo en que opera la simulación (lleva unos pocos minutos comprender cómo funciona), realizar la siguiente ejercitación.

#### Parte 1:

Colocar una carga de +1nC en la región de estudio (se recomienda colocarla en la intersección de dos líneas gruesas para mayor facilidad en el análisis). Colocar una carga de prueba (Sensores Campo E) en cada una de las siguientes localizaciones, completando los datos de la tabla. (Nota: 1V/m = 1N/C).

X	Y	r(m)	Intensidad Campo (N/C)	Dirección (grados)
1m	1m			
2m	2m			
-1m	1m			
0.5m	-1m			

#### Parte 2:

Reemplazar la carga positiva (+1nC) por una de -1nC. Asegúrese de que la carga positiva ha sido removida por completo de la grilla, para no afectar los resultados del análisis. Completar la tabla de la nueva configuración:

X	Y	r(m)	Intensidad Campo (N/C)	Dirección (grados)
1m	1m			
2m	2m			
-1m	1m			
0.5m	-1m			

#### Parte 3:

En esta sección se estudiará el campo eléctrico asociado a un arreglo de cargas múltiples. Colocar una carga de +1nC en un punto, y una carga negativa de -1nC a 2m a la derecha de la carga positiva. Para definir un punto de referencia, considere al punto medio de este arreglo como el origen de coordenadas, de modo que la carga positiva estará localizada en el punto (-1,0) y la carga negativa en el punto (1,0). Colocar el sensor de campo eléctrico en cada uno de los siguientes puntos y completar la tabla:

X	Y	r(m)	Intensidad Campo (N/C)	Dirección (grados)
0m	0m			

0m	1m			
-1.5m	1m			
0.5m	-1m			

**Parte 4: (análisis)**

- 1) Para la parte 1, calcular cuál debería ser el campo eléctrico para una carga de +1nC a una distancia de 1.414 m de la misma. Calcular el error porcentual entre el valor obtenido analíticamente y el valor obtenido en la simulación.
- 2) ¿Por qué considera que aparece este error?
- 3) En la parte 3, ¿en qué lugar de la grilla el campo es más fuerte? ¿Existe algún lugar en la grilla donde el campo es igual a cero?

**Problema 9**

¿Pueden intersectarse dos líneas de campo eléctrico en un diagrama apropiado de campo? Explique.

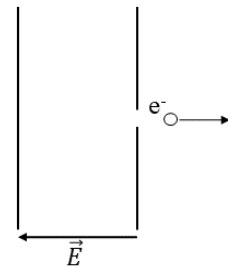
**Problema 10**

En un aparato de Millikan se observa que una gota de aceite cargada cae a través de una distancia de 1.303 cm en 120.2seg. en ausencia de un campo eléctrico externo. A continuación, se enciende un campo eléctrico de 6540V/cm y se observa que la gota sube y adquiere una velocidad tal que recorre la distancia de 1.303cm en 16.4seg. ¿Cuántos electrones en exceso ha adquirido la gota? *Datos adicionales: La viscosidad del aire es de  $1.836 \times 10^{-5} \text{ N seg/m}^2$ . La densidad del aceite es  $904.1 \text{ kg/m}^3$  y la densidad del aire es  $1.3 \text{ kg/m}^3$ .*

**Problema 11**

En el marco de un experimento de colisiones de electrones con gases, un electrón es acelerado en un campo eléctrico uniforme de  $202 \times 10^4 \text{ N/C}$  entre dos placas paralelas cargadas. La separación de las placas es de 1.2 cm. El electrón sale del reposo cerca de la placa negativa y pasa por un agujero diminuto en la placa positiva.

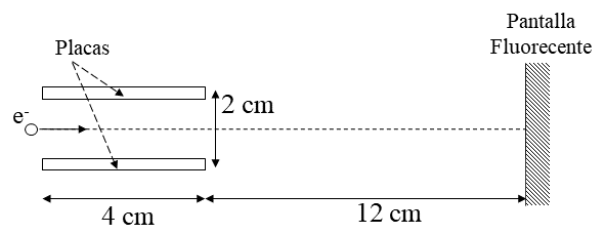
- a) ¿Con qué velocidad sale del agujero?
- b) Determine si es necesario agregar la fuerza gravitacional.



**Problema 12**

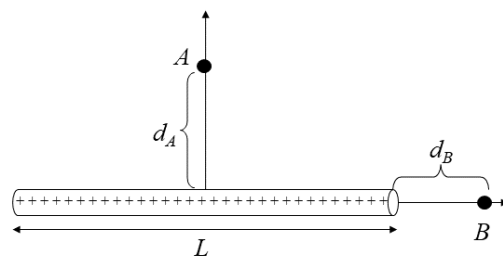
Se lanza un electrón con una velocidad inicial de  $2 \times 10^7 \text{ m/s}$  en la dirección de un eje equidistante de las placas de un tubo de rayos catódicos (tubo de TV o monitor de computadora previo al LCD). El campo eléctrico uniforme entre las placas, tiene una intensidad de  $20000 \text{ N/C}$  y está dirigido hacia arriba.

- a) Dibujar el signo de carga de cada placa.
- b) ¿Qué distancia perpendicular al eje ha recorrido el electrón cuando pasa por el extremo de las placas?
- c) ¿Qué ángulo con el eje forma su velocidad cuando abandona las placas?
- d) ¿A qué distancia por debajo del eje choca con la pantalla fluorescente?



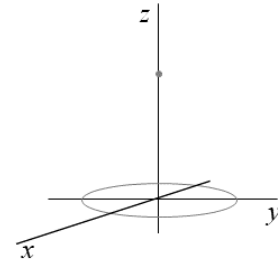
**Problema 13**

Calcule el campo eléctrico en los puntos A y B generado por un hilo cargado con densidad lineal de carga  $\lambda$  de longitud finita, como se muestra en la figura.



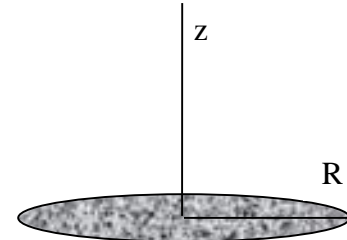
**Problema 14**

Considere un anillo circular cargado, con una densidad de carga lineal  $\lambda$ . Obtenga una expresión para el valor del campo eléctrico sobre el eje de simetría.

**Problema 15**

Considere un disco de radio  $R$  cargado con densidad superficial de carga  $\sigma$ .

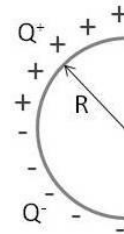
- Obtenga una expresión para el valor del campo eléctrico sobre el eje de simetría. Graficar.
- Verifique que en el límite  $z/R \rightarrow 0$ , se recupera el resultado para el plano infinito cargado.
- Verifique que en el límite  $z \rightarrow \infty$ , se recupera el resultado para una carga puntual.



(Ayuda: generalice la expresión del campo eléctrico sobre el eje de simetría obtenida en el problema 14).

**Problema 16**

Una varilla de vidrio se dobla en forma de semicírculo de radio  $R$ . En la mitad superior se distribuye uniformemente una carga  $+Q$  y en la mitad inferior una carga  $-Q$ . Calcular el Campo Eléctrico (magnitud, dirección y sentido) en el centro del semicírculo.

**Problema 17**

El campo eléctrico en el espacio comprendido entre dos láminas planas y paralelas, cargadas con cargas iguales y opuestas, es de  $10\text{N/C}$ , siendo  $100\text{cm}^2$  el área en cada lámina. Despreciando el efecto de los bordes, se le pide determine la carga de cada una de las láminas. Para ello

- Utilizar la expresión de campo eléctrico para un plano infinito obtenida en el problema 15b).
- Determinar cómo se escribe la expresión del campo eléctrico para cada una de las láminas.
- Teniendo en cuenta que ambas láminas están separadas por una distancia  $a$ , utilice el principio de superposición para escribir el campo eléctrico en todo el espacio.
- ¿Cómo es la expresión de campo eléctrico entre las láminas? Sabiendo que la intensidad es  $10\text{N/C}$  ¿Puede obtener la carga a partir de esa expresión?

**Problema 18**

Un plano, que coincide con el plano  $xy$ , tiene carga distribuida superficialmente con densidad

$$\sigma(x, y) = -\frac{\alpha}{2\pi[d^2 + x^2 + y^2]^{3/2}},$$

donde  $\alpha$  es una constante positiva.

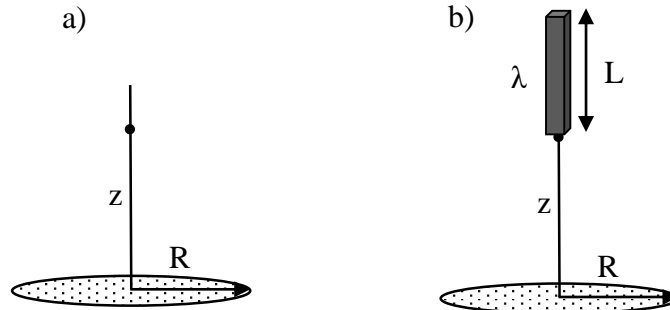
- Determine la carga total contenida en el plano.
- Encuentre el campo eléctrico que la distribución anterior produce en el punto  $(0, 0, d)$ .
- Calcule la fuerza experimentada por una barra de densidad lineal de carga  $\lambda$  que se extiende entre  $(0, 0, d)$  y  $(0, 0, d+l)$ .

(Ayuda: Utilice coordenadas cilíndricas).

**Problema 19**

Considere un disco de radio  $R$  con densidad superficial  $\sigma(r) = \sigma_0(1+r/R)$ .

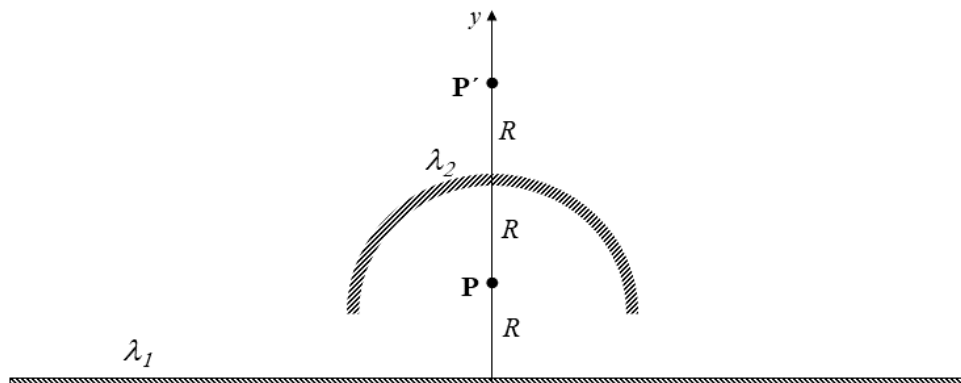
- Obtener una expresión para el valor del campo eléctrico a una distancia  $z$  sobre el eje de simetría. Grafique.
- Determinar el potencial eléctrico sobre el mismo punto  $z$  en el eje de simetría. Grafique.
- Si colocamos una barra de longitud  $L$  y densidad de carga lineal  $\lambda$ , a una distancia  $z$  del disco. Encontrar la fuerza que ejerce el disco sobre la barra.



### Problema 20

Un alambre infinito cargado con una densidad de carga lineal  $\lambda_1$  está enfrentado a un semi-anillo de radio  $R$  con densidad de carga  $\lambda_2$ , como se indica en la figura. Calcule:

- El *vector* campo eléctrico que generan el alambre y el semi-anillo en el punto  $P$
- El *vector* campo eléctrico que genera el alambre para cualquier punto que esté sobre el eje  $y$
- La fuerza que siente el semi-anillo a causa del campo eléctrico generado por el alambre infinito.
- Escriba la expresión que le permita calcular el campo eléctrico en  $P'$ .



### Problema 21

Un dipolo formado por un electrón y un protón, separados por una distancia de  $5.291 \times 10^{-8} \text{cm}$  ( $a_0$ : radio de Bohr), está colocado de modo que su punto medio coincide con el origen, su eje contra el eje  $x$  y el electrón queda a la izquierda del origen. Planteando un sistema de coordenadas polares en el cual el ángulo  $\theta$  se mide respecto al eje  $x$ , Calcúlense y represéntense en un esquema las componentes  $E_r$  y  $E_\theta$  del campo eléctrico creado por el dipolo en los siguientes puntos: a)  $r = 10^{-6} \text{cm}$  (aprox. 100 veces el radio de Bohr),  $\theta = 0$ ; b)  $r = 10^{-6} \text{cm}$ ,  $\theta = \pi/2$ ; c)  $r = 10^{-6} \text{cm}$ ,  $\theta = \pi/6$ .

### Problema 22

Considere nuevamente el problema del dipolo eléctrico del problema anterior. Realice un gráfico del campo eléctrico exacto a lo largo del eje  $y$  y de la expresión obtenida en el límite  $r \gg l$ . En función del gráfico anterior: ¿A partir de qué magnitud de  $r$  puede considerarse válido este límite?

### Problema 23

Dada una carga  $q > 0$  en el origen de coordenadas realizar un gráfico aproximado del potencial eléctrico a lo largo del eje  $x$ .

- a) Teniendo en cuenta que el campo eléctrico es  $\vec{E} = -\nabla V$ , graficar la intensidad del vector campo eléctrico a lo largo del eje  $x$  considerando que es positiva si el campo apunta a la derecha y que es negativa si apunta hacia la izquierda.
- b) Considerar la presencia de una segunda carga  $q > 0$  ubicada a una distancia  $d$  de la primera carga y graficar  $V(x)$  y  $E(x)$ . ¿Existe algún punto entre las cargas en el cual una carga de prueba no sentiría fuerza alguna? ¿Coincide este punto con el lugar en el que el potencial es nulo?
- c) Considerando ahora que esa segunda carga tiene signo negativo, graficar nuevamente  $V(x)$  y  $E(x)$ , y encontrar los puntos donde ambos se anulan.

### **Problema 24**

Para el dipolo planteado en el problema 5, calcule el potencial eléctrico en los puntos en cuestión.

### **Problema 25**

Para el problema 6b, indique cuál es el potencial en el punto en el que se halla situada  $q_3$  debido a  $q_1$  y  $q_2$ . Realice un gráfico para el potencial a lo largo del eje  $x$ .

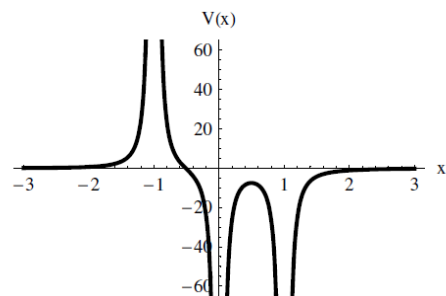
### **Problema 26**

Para el problema 7, ¿Existe algún valor de  $q_3$  para el cual el potencial eléctrico en el punto en el que las tres bisectrices se cortan sea nulo?

### **Problema 27**

Considere la siguiente gráfica para el potencial a lo largo del eje  $x$ .

- a) Indique qué configuraciones de cargas da lugar a dicho potencial.
- b) Grafique el valor del campo eléctrico a lo largo del eje  $x$ .

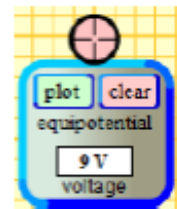


### **Problema 28**

En este ejercicio se utiliza la simulación del problema 8 para analizar el potencial eléctrico y su relación con el campo eléctrico.

#### **Parte 1: Introducción**

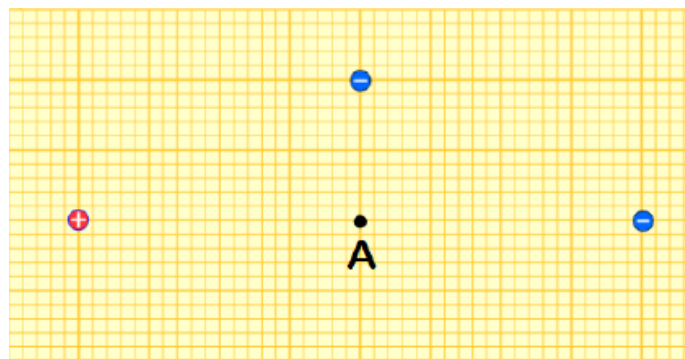
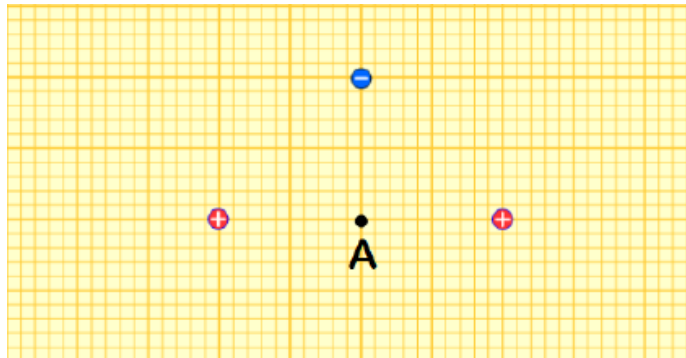
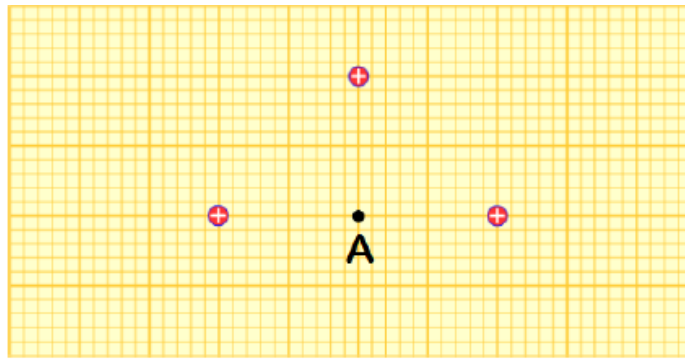
Sobre el lado derecho de la aplicación activar SOLAMENTE las opciones “Mostrar números” y “rejilla”. Colocar una carga positiva en el centro de la grilla. Haciendo uso del mouse mover el sensor de potencial (ver figura para referencia) en toda la región de estudio, observando qué sucede con el color dentro del círculo y los números en la celda inferior.



- 1) Calcular analíticamente el potencial a un metro a la izquierda de la carga positiva. Comparar el resultado con el obtenido en la simulación (celda inferior del sensor).
- 2) Sin cambiar la localización del sensor de potencial, hacer “click” en “dibuja”. ¿Qué indica el gráfico obtenido?
- 3) Calcular analíticamente el potencial a 2.0m a la derecha de la carga. Comparar con el resultado del sensor.
- 4) En base a los resultados del punto 3, cuánto vale el potencial a 2.0m por debajo de la carga? ¿por qué?
- 5) Eliminar la carga positiva y reemplazarla por una negativa. Nuevamente analizar el color y los valores que se obtienen moviendo el sensor de potencial en la región de estudio. Repetir los puntos 1 a 4 para esta situación.

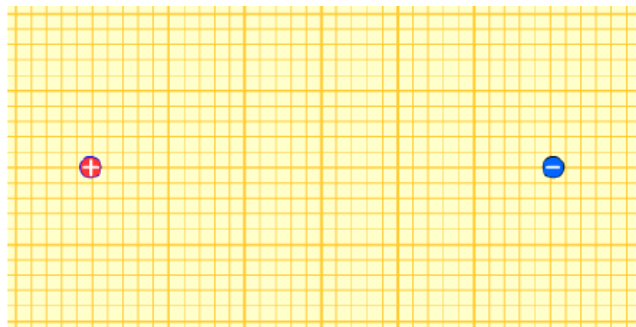
#### **Parte 2: Potencial Eléctrico y superposición**

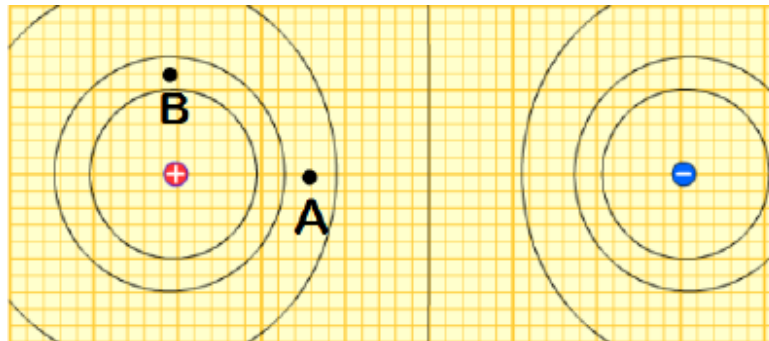
Para cada situación, calcular el potencial eléctrico en el punto A y comparar el cálculo con lo obtenido a partir del sensor de potencial.



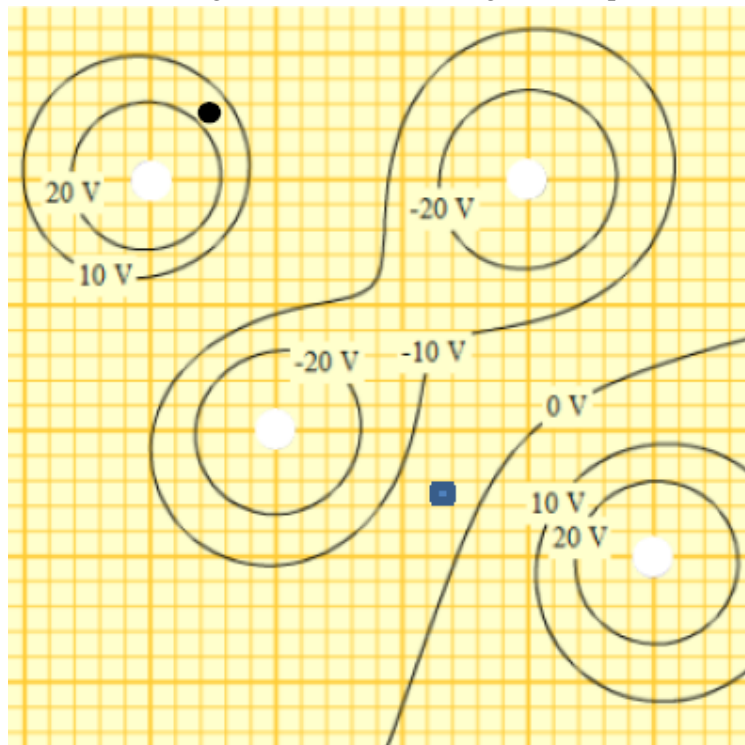
### Parte 3: Campo eléctrico y Potencial eléctrico

- Colocar dos cargas tal como se muestra en la figura y calcular analíticamente el campo eléctrico y el potencial en el punto medio entre las dos cargas. Comparar el valor obtenido con el que se obtiene de la simulación.
- Utilizar la herramienta para graficar equipotenciales y graficar las equipotenciales correspondientes a los siguientes valores:  $-15\text{V}$ ,  $-10\text{V}$ ,  $-5\text{V}$ ,  $0\text{V}$ ,  $+5\text{V}$ ,  $+10\text{V}$ ,  $+15\text{V}$ .
- ¿Por qué las líneas se acercan entre sí a medida que nos acercamos a las cargas?
- Mostrar el campo eléctrico de la configuración seleccionando "Mostrar Campo E". ¿Cómo se distingue la intensidad del campo eléctrico a partir del gráfico obtenido en la simulación?
- ¿Cómo se relaciona la dirección del campo eléctrico con las equipotenciales graficadas anteriormente? ¿cómo se relaciona la intensidad del campo eléctrico con las equipotenciales?
- Calcular la intensidad y dirección del campo eléctrico en los puntos A y B de la siguiente figura.





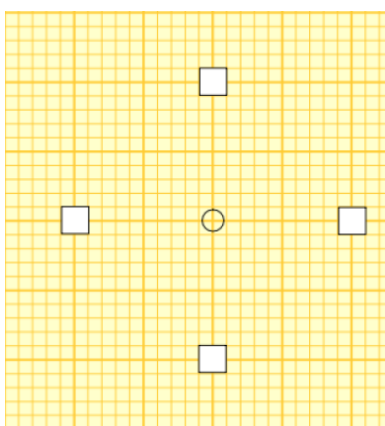
- 7) Comparar los resultados obtenidos con los que surgen del sensor de campo eléctrico, para esto colocar un “Sensor Campo E” utilizando el mouse.
- 8) Identificar los valores de las cargas, colocando + o – según corresponda, en la siguiente figura:



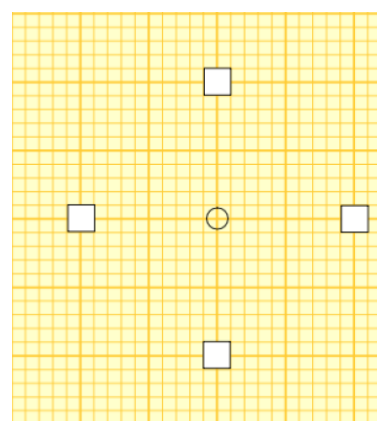
Graficar las líneas de campo eléctrico para el diagrama anterior. ¿en qué punto el campo eléctrico es más intenso, en el círculo o en el cuadrado? ¿por qué?

**Parte 4: Potencial eléctrico y cargas múltiples**

Generar el campo eléctrico y el potencial requeridos en cada caso, ubicando adecuadamente cargas (positiva o negativa, según corresponda) en los cuadrados blancos. En cada situación, todos los cuadrados deben tener una carga. Corroborar sus predicciones utilizando los sensores de potencial y de campo eléctrico.

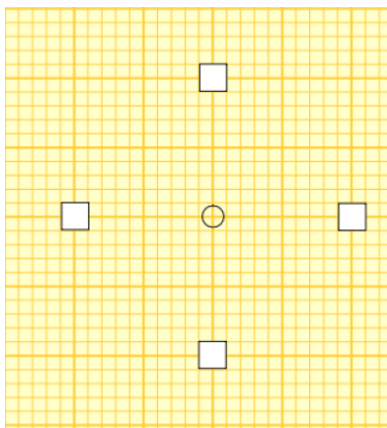


1. Campo eléctrico cero y potencial positivo

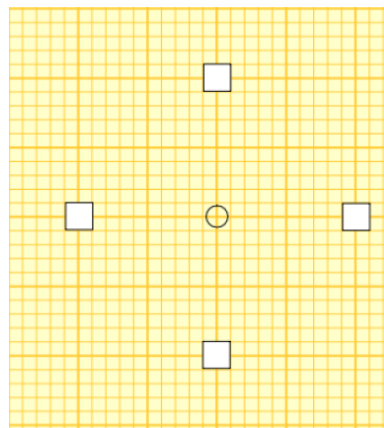


2. Campo eléctrico cero y potencial cero

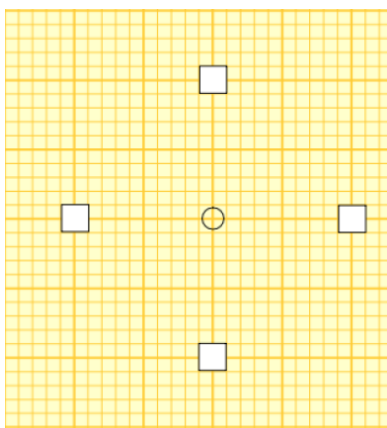




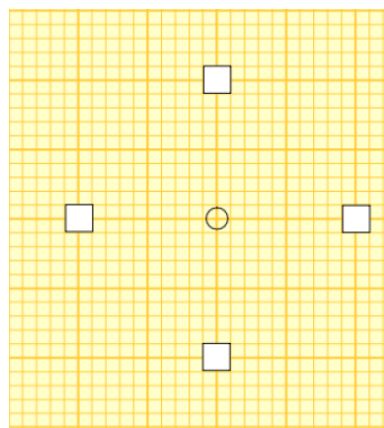
3. Campo eléctrico dirigido a la derecha y potencial negativo.



4. Campo eléctrico dirigido a 45 grados y potencial cero.



5. Campo eléctrico dirigido a 315 grados y potencial cero

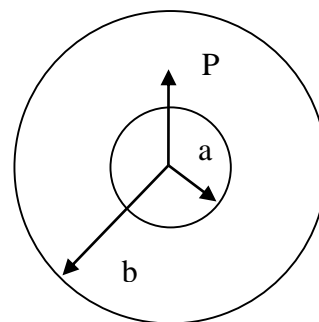


6. Campo eléctrico dirigido a 180 grados y potencial positivo.

### Problema 29

Considere dos cilindros infinitos huecos coaxiales cargados de radios  $a$  y  $b$  respectivamente. Este problema puede pensarse por simetría como el de un hilo cargado con densidad lineal de carga  $\lambda$ .

- Obtener una expresión para el campo eléctrico entre los cilindros (proceder como si se tratar de un hilo cargado). Obtener una expresión en función de  $\lambda$ .
- Calcular el potencial  $V_r$  en el punto P como función de  $V_{ab}$ , donde  $V_a$  y  $V_b$  son los potenciales de los cilindros interior y exterior. (En este caso, obtener  $V(r)$  en función de  $\lambda$  y utilizar  $r = b$  para obtener  $\lambda$  como función de  $V_{ab}$ ).
- Sean  $V_a = +400V$  y  $V_b = -400V$ ,  $a = 1cm$  y  $b = 10cm$ . Calcúlese los radios de las superficies equipotenciales correspondientes a  $+200V$ ,  $0$  y  $-200V$ . Dibujarlas.
- Graficar  $V(r)$  y  $E(r)$ .



### Problema 30

Considere un anillo circular de radio interno  $a$  y radio externo  $b$ , el cual esta uniformemente cargado.

- Obtener una expresión para el valor del potencial eléctrico sobre el eje de simetría a una distancia  $z$  del centro del mismo.
- Graficar la expresión del potencial en función de  $z$ .
- A partir de la expresión del potencial, obtener el campo eléctrico para el mismo punto.
- Graficar la expresión del campo eléctrico en función de  $z$ .

