# MATEMÁTICAS Y TECNOLOGÍA CON CALCULADORA GRÁFICA

# 7. ELECTRICIDAD CON LA FX–9860G SLIM

DIVISIÓN DIDÁCTICA
CASIO

MAURICIO CONTRERAS

# ELECTRICIDAD CON LA FX–9860G SLIM

## Introducción

En esta sesión estudiaremos algunas de las posibilidades de la calculadora gráfica FX–9860G SLIM para el estudio de la Electricidad en ESO y Bachillerato

## 1. Campo eléctrico y condensadores

### 1. LA LEY DE COULOMB

1. Calcula la fuerza electrostática de repulsión entre dos partículas $\alpha$ separadas una distancia de $10^{-11}$ cm, y compárala con la fuerza de atracción gravitatoria que existe entre ellas.

Cada partícula $\alpha$ tiene una carga de +2e, o sea, $2\times1{,}60\times10^{-19} = 3{,}20\times10^{-19}$ culombios. La fuerza de repulsión a una distancia de $10^{-11}$ cm, o sea, $10^{-13}$ m, es:

$$F = \frac{1}{4\,\pi\,\varepsilon_0}\cdot\frac{q\cdot q'}{r^2} = 9\times10^9\cdot\frac{\left(3{,}20\times10^{-19}\right)^2}{\left(10^{-13}\right)^2} = 9{,}216\times10^{-2}\ \text{new.}$$

Y puesto que 1 new = $10^5$ dinas, F=9180 dinas.

Esta es una fuerza relativamente grande, que equivale (aproximadamente) a un peso de 10 g.

La masa de una partícula $\alpha$ (2 protones + 2 neutrones) es

$$4\times1{,}67\times10^{-24} = 6.68\times10^{-24}\,\text{g} = 6{,}68\times10^{-27}\ \text{kg.}$$

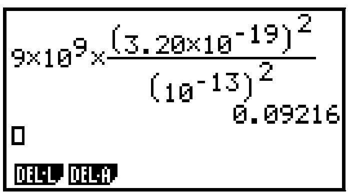
La constante $\Upsilon = 6{,}67\times10^{-11}\ \frac{\text{new}\cdot\text{m}^2}{\text{Kg}^2}$

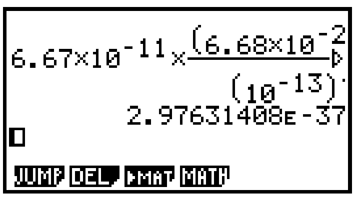
La fuerza de atracción gravitatoria es:

$$F = \nu\cdot\frac{m\cdot m'}{r^2} = 6{,}67\times10^{-11}\cdot\frac{\left(6{,}68\times10^{-27}\right)^2}{\left(10^{-13}\right)^2} = 2{,}97\times10^{-37}\ \text{new.}$$

La fuerza de atracción gravitatoria es, evidentemente, despreciable comparada con la fuerza de atracción electrostática.

Podemos usar la SLIM para efectuar los cálculos en notación científica mediante el menú RUN-MAT:



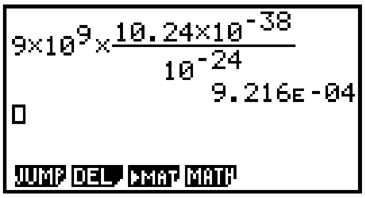



2. Calcular la fuerza repulsiva entre un par de partículas $\alpha$ que distan $10^{-10}$ cm.

Teniendo en cuenta que $10^{-10}$ cm $= 10^{-12}$ m, la fuerza repulsiva es la siguiente:

$$F = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon}\cdot\frac{Q\cdot Q'}{d^2} = 9\cdot 10^9\cdot\frac{\left(3{,}2\cdot 10^{-19}\right)^2}{10^{-24}} = 9\cdot 10^9\cdot\frac{10{,}24\cdot 10^{-38}}{10^{-24}} = 92{,}16\cdot 10^{-5}\ \text{N}$$

Podemos usar la SLIM para efectuar los cálculos:




3. Una carga puntual de +80 unidades electrostáticas dista 5 cm de una carga puntual de –60 unidades electrostáticas. ¿Qué fuerza en dinas ejerce cada carga sobre la otra?

4. Una carga puntual de +14,4 unidades electrostáticas esta a 4 cm de la carga positiva citada en el problema anterior y a 3 cm de la carga negativa. ¿Cuál es la fuerza resultante ejercida sobre ella?

## 2. CAMPO ELÉCTRICO

1. La intensidad de un campo eléctrico es de $10^4$ new / culomb. Calcula la fuerza ejercida en ese campo eléctrico sobre un electrón y compárala con el peso de éste.

Carga del electrón = e = $1{,}60\times 10^{-19}$ coulomb.

Masa del electrón = $9{,}1\times 10^{-28}$ g = $9{,}1\times 10^{-31}$ Kg

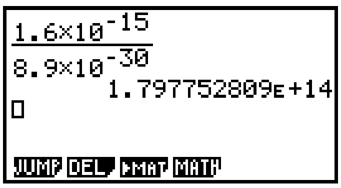
Fuerza eléctrica = e E = $1{,}60\times 10^{-19}\times 10^4 = 1{,}60\times 10^{-15}$ new

Fuerza gravitatoria = m g = $9{,}1\times 10^{-31}\times 9{,}8 = 8{,}9\times 10^{-30}$ new

La razón de la fuerza eléctrica a la fuerza gravitatoria es, por consiguiente;

$\frac{1{,}6\times 10^{-15}}{8{,}9\times 10^{-30}} = 1{,}8\times 10^{14}$. Vemos que la fuerza gravitatoria es despreciable.

Podemos usar la SLIM para efectuar los cálculos con notación científica:



2. ¿Qué velocidad adquirirá el electrón del ejemplo anterior, partiendo del reposo, cuando haya recorrido 2 cm? ¿Cuál será entonces su energía cinética? ¿Cuánto tiempo necesita para recorrer dicha sustancia?

Siendo la fuerza constante, el electrón se mueve con movimiento uniformemente acelerado, de aceleración $a = \frac{F}{m} = \frac{eE}{m} = \frac{1{,}6\times10^{-19}\times10^{4}}{9{,}1\times10^{-31}} = 1{,}8\times10^{15}$ m / seg$^2$.

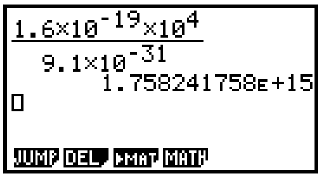
Su velocidad después de haber recorrido 1 cm ó $10^{-2}$ m es:

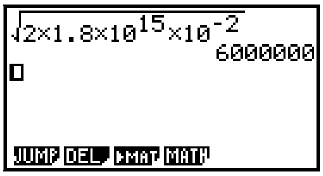
$v = \sqrt{2ax} = \sqrt{2\times1{,}8\times10^{15}\times10^{-2}} = 6{,}0\times10^{6}$ m / seg.

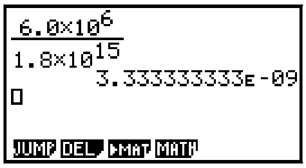
Su energía cinética: $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}\times9{,}1\times10^{-31}\times(6{,}0\times10^{6})^2 = 16\times10^{-18}$ julios.

El tiempo necesario: $t = \frac{v}{a} = \frac{6{,}0\times10^{6}}{1{,}8\times10^{15}} = 3{,}3\times10^{-9}$ seg.

Podemos usar la SLIM para hacer los cálculos:



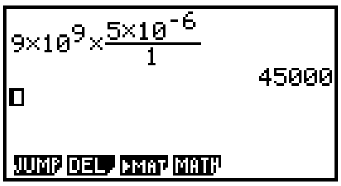




3. Calcula la intensidad del campo eléctrico que crea una esfera metálica de 10 cm de radio cargada con 5 microculombios en un punto situado a 40 cm de su superficie, en el vacío.

Se cumple: Q=$5\cdot10^{-6}$ culombios; R=100 cm = 1 m. Entonces:

$$E = \frac{10}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon}\cdot\frac{Q}{R^2} = 9\cdot10^9\cdot\frac{5\cdot10^{-6}}{1} = 45\cdot10^3 = 45000 \text{ N / culombio}$$

Podemos usar la SLIM para hacer los cálculos:



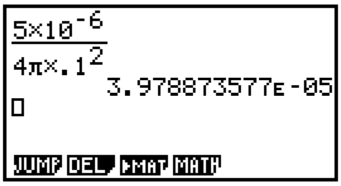

4. Calcula el potencial creado por la esfera anterior en el punto citado..

$$V = \frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon}\cdot\frac{Q}{R} = 9\cdot10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot C^{-2}\cdot\frac{5\cdot10^{-6}\text{ C}}{1\text{m}} = 45000\,\frac{\text{N}\cdot\text{m}}{\text{C}} = 45000\,\frac{\text{j}}{\text{C}} = 45000 \text{ Voltios}$$

5. Calcula la densidad superficial de carga de la esfera anterior.

$$G = \frac{dQ}{dS} = \frac{5 \cdot 10^{-6}\ C}{4\pi \cdot R^2} = \frac{5 \cdot 10^{-6}\ C}{4\pi \cdot 0{,}1^2\ m^2} = \frac{5 \cdot 10^{-6}\ C}{4\pi \cdot 10^{-2}\ m^2} = \frac{5}{4\pi} \cdot 10^{-4} \quad C/m^2$$

Podemos utilizar la SLIM para efectuar los cálculos:




6. Calcula la intensidad del campo eléctrico a las siguientes distancias de una carga positiva puntual de $10^{-9}$ culomb.: 1 mm, 1 cm, 10 cm, 100 cm. Si el campo en un punto cualquiera se representa por un vector utilizando una escala de 1 cm = 10000 new / culomb, determina la longitud del vector campo en cada caso.

La intensidad del campo eléctrico a una distancia r de una sola carga puntual es:

$$E = \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} = 9 \times 10^9\, \frac{q}{r^2}$$

Para r = 1 mm = $10^{-3}$ m, se cumple: E= $9 \times 10^9 \times \frac{10^{-9}}{(10^{-3})^2} = 9 \times 10^6$ new / culomb

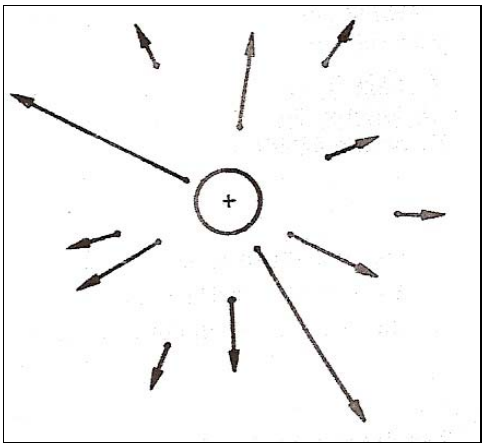
Para r = 1 cm, E=$9 \times 10^4$ new / culomb.

Para r = 10 cm, E=900 new / culomb.

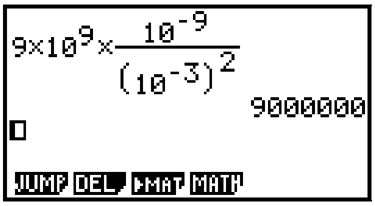
Para r = 100 cm, E=9 new / culomb

Las longitudes correspondientes de los vectores de campo son: 9 m, 9 cm, 0’9 mm, 0’009 mm.

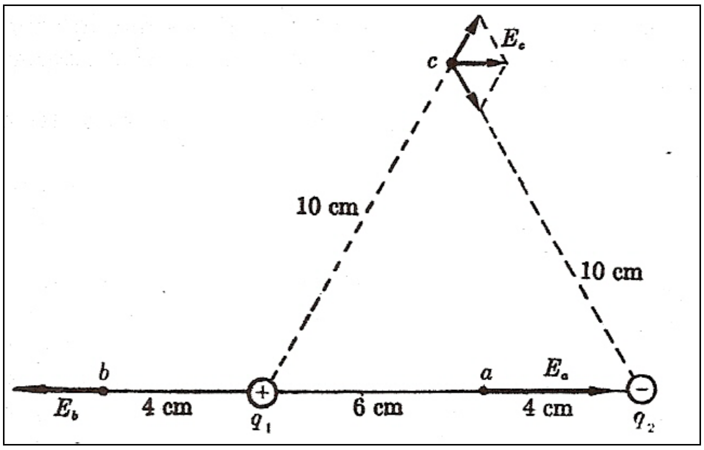
En la siguiente figura se indican algunos de los vectores que representan la intensidad del campo eléctrico en puntos situados alrededor de una carga positiva.



Podemos usar la SLIM para efectuar los cálculos en notación científica:




7. Dos cargas puntuales $q_1$ y $q_2$, de $+12\times10^{-9}$ culombios y $-12\times10^{-9}$ culombios, están separadas una distancia de 10 cm, como indica la figura. Calcula los campos eléctricos debidos a estas cargas en los puntos a, b y c.




Tenemos que calcular el vector suma geométrica $\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon_o}\cdot\sum\frac{q}{r^2}$ en cada punto.

En el punto a, el campo debido a la carga positiva está dirigido hacia la derecha y su valor es:

$$9\times10^9\times\frac{12\times10^{-9}}{(0{,}06)^2}=3{,}00\times10^4 \text{ new / culumb}$$

El campo debido a la carga negativa está también dirigido hacia la derecha y vale:

$$9\times10^9\times\frac{12\times10^{-9}}{(0{,}04)^2}=6{,}75\times10^4 \text{ new / culumb}$$

Por consiguiente, en el punto a, $E_a=(3{,}00+6{,}75)\times10^4=9{,}75\times10^4$ new / culomb., dirigido hacia la derecha.

En el punto b, el campo debido a la carga positiva está dirigido hacia la izquierda y su valor es:

$$9\times10^9\times\frac{12\times10^{-9}}{(0{,}04)^2}=6{,}75\times10^4 \text{ new / culumb}$$

El campo debido a la carga negativa está dirigido hacia la derecha y vale:

$9\times10^9\times\dfrac{12\times10^{-9}}{(0{,}14)^2}=0{,}55\times10^4$ new / culumb

Por consiguiente, en el punto b, $E_b=(6{,}75-0{,}55)\times10^4=6{,}20\times10^4$ new / culomb. , dirigido hacia la izquierda. En el punto c, el valor de cada vector campo es:

$9\times10^9\times\dfrac{12\times10^{-9}}{(0{,}1)^2}=1{,}08\times10^4$ new / culumb .

Las direcciones de estos vectores están representadas en la figura y su resultante $E_e$ se ve fácilmente que es $E_c=1{,}08\times10^4$ new / culomb. , dirigido hacia la derecha.

8. Entre dos placas metálicas situadas a una distancia de 10 cm se establece una diferencia de potencial de 1000 V, con lo que se forma un campo eléctrico uniforme. Calcula la fuerza que actúa sobre un electrón. ( $1\ e^-=1{,}6\cdot10^{-19}$ C ) situado en este campo.

Se cumple que: $E=\dfrac{F}{Q}\Rightarrow F=Q\cdot E$. Por otra parte: $E=\dfrac{dV}{dr}=\dfrac{1000\text{ V}}{0{,}10\text{ m}}=10000\dfrac{\text{V}}{\text{m}}=10^4\dfrac{\text{N}}{\text{C}}$.

Entonces: $F=Q\times E=1{,}6\cdot10^{-19}\text{ C}\cdot10^4\dfrac{\text{N}}{\text{C}}=1{,}6\cdot10^{-15}$ N.

9. El potencial a una cierta distancia de una carga eléctrica puntual es 600 V y la intensidad del campo eléctrico es 200 N/C. Calcula el valor de la carga y el de la distancia.

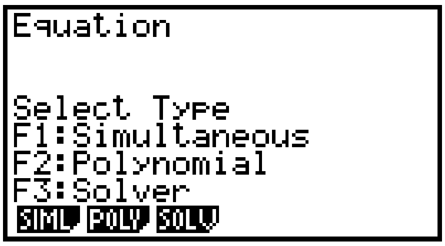
Teniendo en cuenta las fórmulas de la intensidad y el potencial del campo eléctrico, obtenemos un sistema de dos ecuaciones con dos incógnitas (Q y d):

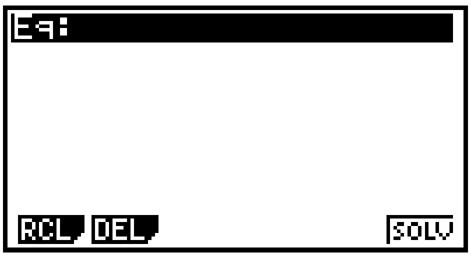
$$\left.\begin{aligned}E&=\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon}\cdot\frac{Q}{d^2}\\ V&=\frac{1}{4\cdot\pi\cdot\varepsilon}\cdot\frac{Q}{d}\end{aligned}\right\}\quad \left.\begin{aligned}200&=9\cdot10^9\cdot\frac{Q}{d^2}\\ 600&=9\cdot10^9\cdot\frac{Q}{d}\end{aligned}\right\}$$

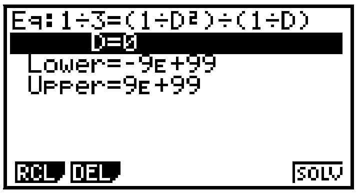
Dividiendo las dos ecuaciones: $\dfrac{1}{3}=\dfrac{\frac{1}{d^2}}{\frac{1}{d}}\rightarrow\dfrac{1}{3}=\dfrac{1}{d}\rightarrow$ d = 3 m.

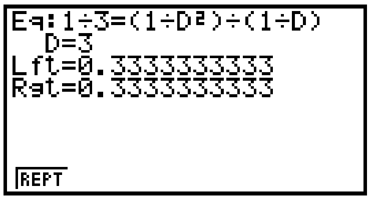
Entonces: $600=9\cdot10^9\cdot\dfrac{Q}{3}\rightarrow1800=9\cdot10^9\cdot Q\rightarrow Q=\dfrac{1800}{9\cdot10^9}=\dfrac{18\cdot10^2}{9\cdot10^9}=2\cdot10^{-7}$ C

Podemos usar el menú EQUA SOLVER de la SLIM pare resolver la ecuación que da la distancia d:

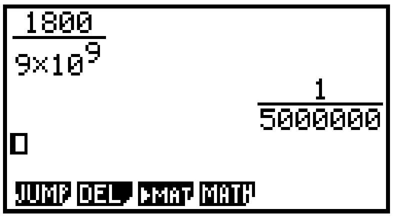


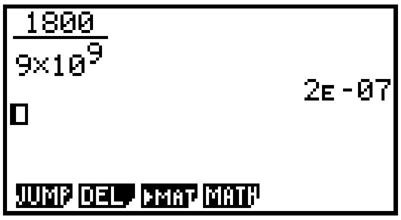



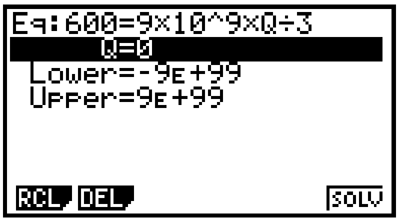


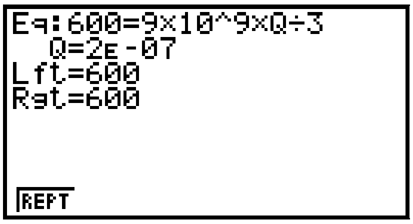




También podemos usar el menú RUN-MAT de la SLIM para hallar la operación de notación científica que permite obtener la carga o el menú EQUA SOLVER para resolver la ecuación correspondiente:



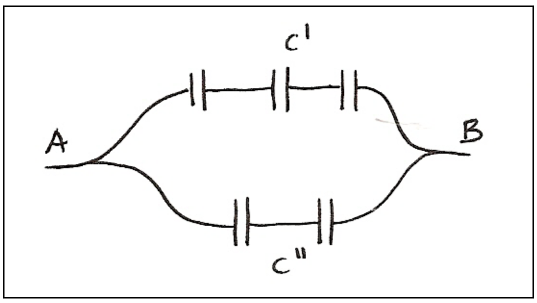




10. La intensidad del campo eléctrico entre las láminas de cierto oscilógrafo de rayos catódicos es 30000 newtons / culombio. a) ¿Cuál es la fuerza ejercida sobre un electrón cuando pasa entre ellas? b) ¿Cuál es la aceleración de un electrón cuando está sometido a esta fuerza?

11. El potencial a una cierta distancia de una carga eléctrica puntual es 600 V y la intensidad del campo eléctrico es 200 N/C. Calcula el valor de la carga y el de la distancia.

## 3. CONDENSADORES

1. Tres condensadores de 1, 2 y 3 μF se unen en serie. Otros dos condensadores, de 4 y 5 μF se unen también en serie entre sí y estas dos series se asocian en paralelo. Calcular la capacidad equivalente de esta asociación.



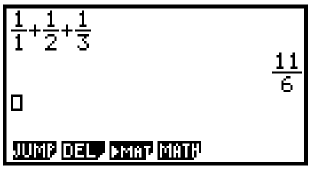
Se cumple. $\frac{1}{C'}=\frac{1}{1}+\frac{1}{2}+\frac{1}{3}=\frac{6+3+2}{6}=\frac{11}{6} \rightarrow C'=\frac{6}{11}\,\mu F$

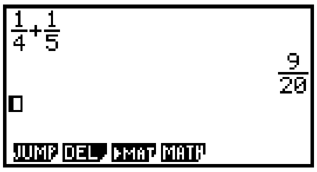
$\frac{1}{C''}=\frac{1}{4}+\frac{1}{5}=\frac{5+4}{20}=\frac{9}{20} \rightarrow C''=\frac{20}{9}\,\mu F$

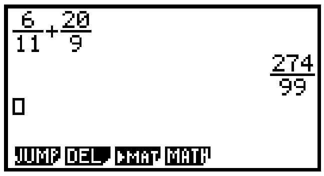
Entonces, la capacidad equivalente de la asociación es:

$$C=C'+C''=\frac{6}{11}+\frac{20}{9}=\frac{54+220}{99}=\frac{274}{99}\ \mu F$$

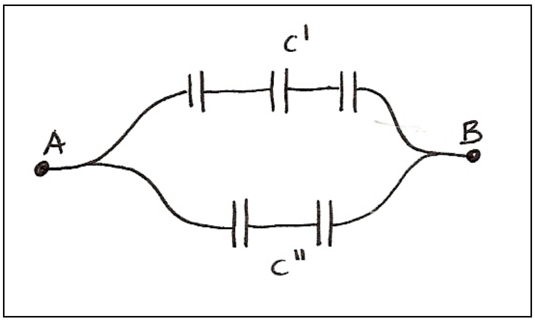
Podemos usar el menú RUN-MAT de la SLIM para efectuar las operaciones con fracciones directamente. AsÏ:




2. Entre los bornes de la asociación anterior se aplica una diferencia de potencial de V=3000 voltios. Calcula la carga que adquiere cada condensador.




La carga es igual a la capacidad por el potencial. Por tanto:

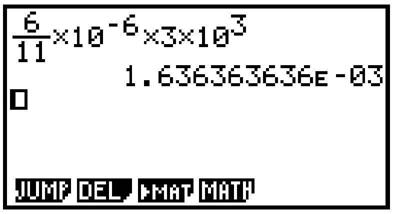
$$Q'=C'\cdot V=\frac{6}{11}\cdot 10^{-6}\cdot 3\cdot 10^{3}=\frac{18}{11}\cdot 10^{-3}\ C$$

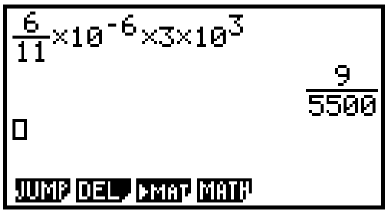
$$Q''=C''\cdot V=\frac{20}{9}\cdot 10^{-6}\cdot 3\cdot 10^{3}=\frac{20}{3}\cdot 10^{-3}\ C$$

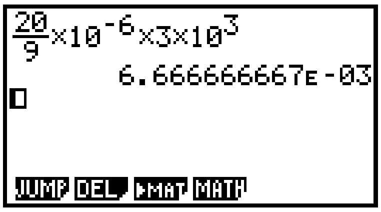
Por lo tanto: $Q_1=Q_2=Q_3=Q'=\frac{18}{11}\cdot 10^{-3}\ C$

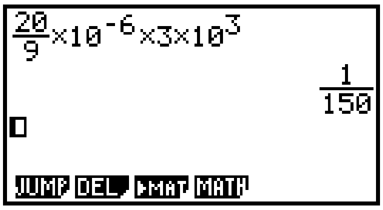
$$Q_4=Q_5=Q''=\frac{20}{3}\cdot 10^{-3}\ C$$

Podemos usar el menú RUN-MAT de la SLIM para efectuar las operaciones con notación científica:




3. Calcula la carga que adquiere el conjunto anterior y la energía acumulada de la asociación.

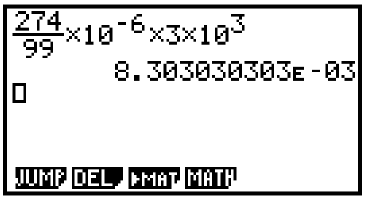
La carga que adquiere el conjunto es la diferencia de cargas, es decir:

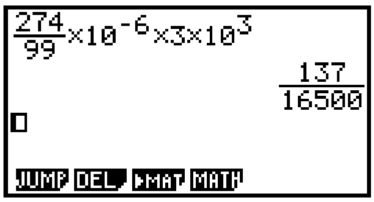
$$Q = C(V - V') = \frac{274}{99}\cdot 10^{-6}\cdot 3\cdot 10^{3} = \frac{274}{33}\cdot 10^{-3}\ \text{C}$$

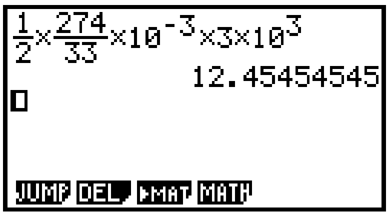
Por tanto, la energía acumulada es:

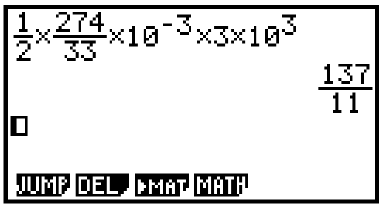
$$E = \frac{1}{2}\cdot Q\cdot V = \frac{1}{2}\cdot\frac{274}{33}\cdot 10^{-3}\cdot 3\cdot 10^{3} = \frac{274}{22} = \frac{137}{11}\ \text{J}$$

Podemos obtener estos resultados con la SLIM:



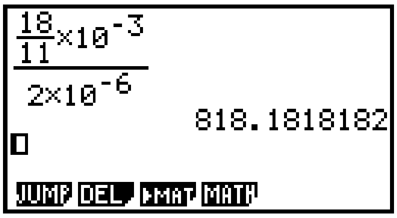



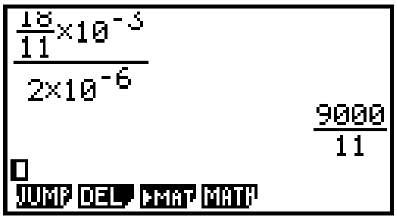

4. Calcula, en la asociación anterior, la diferencia de potencial entre las armaduras del condensador de 2 microfaradios.

Como se cumple que la capacidad es el cociente entre la carga y la diferencia de potencial, $C_2 = \dfrac{Q_2}{V - V_2}$, se cumple:

$$V_M - V_N = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{\frac{18}{11} \cdot 10^{-3}\ C}{2 \cdot 10^{-6}\ F} = \frac{9}{11} \cdot 10^3\ V$$

Podemos hacer las operaciones con el menú RUN-MAT de la SLIM:




5. Sobre las dos caras de una lámina de vidrio (ε'=6), circular, de 10 cm de radio y 2 mm de espesor, se pegan dos láminas metálicas del mismo tamaño. Entre estas láminas se aplica una diferencia de potencial de 1000 voltios. Calcula la carga que adquirirán.

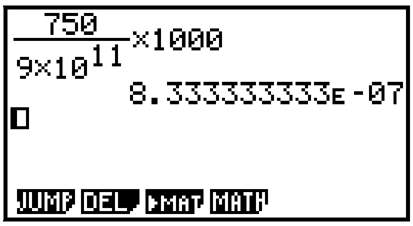
La capacidad se calcula con la siguiente fórmula:

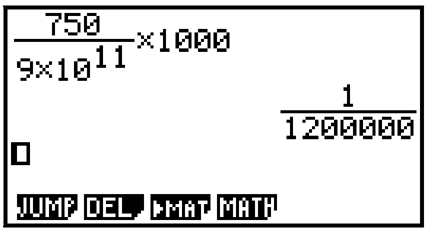
$$C = \frac{\varepsilon' \cdot S}{4 \cdot \pi \cdot d} = \frac{6 \cdot \pi \cdot R^2}{4 \cdot \pi \cdot d} = \frac{6 \cdot 10^2}{4 \cdot 0'2} = \frac{3}{4} \cdot 10^3 = 750\ \text{ues}$$

Teniendo en cuenta que 1 F = $9 \cdot 10^{11}$ ues , resulta que $750\ \text{ues} = \dfrac{750}{9 \cdot 10^{11}}$ Faradios

Por tanto, la carga será $Q = C(V - V') = \dfrac{750}{9 \cdot 10^{11}} \cdot 1000 = \dfrac{750}{9 \cdot 10^8} = \dfrac{750}{9} \cdot 10^{-8}\ C$

Podemos usar el menú RUN-MAT de la SLIM para efectuar las operaciones:



## 2. Actividades

1. Una carga negativa de $10^{-8}$ coulombios está situada en el punto (2, 0) de un sistema de coordenadas (los valores expresan metros) y otra carga positiva de $4 \cdot 10^{-9}$ coulombios está en el origen de coordenadas. Halla la intensidad del campo en el punto de coordenadas (2, 2)

2. Halla la diferencia de potencial entre dos puntos, a y b, de un campo eléctrico constante y uniforme de 50 voltios/metro, dirigido según la dirección positiva del eje de las x. Las abcisas de los puntos son $X_a = 2$ m y $X_b = 0$ m.

3. Una esfera hueca de radio r = 10 cm, se carga con una carga positiva de $2 \cdot 10^{-8}$ coulombios. Calcula el trabajo que tendremos que hacer para aproximarle una partícula $\alpha$ desde el infinito hasta su superficie.

4. Si a todos los átomos de 1 kg de hidrógeno les separásemos los electrones de los núcleos y reuniéramos los núcleos en un punto y los electrones en otro situado a 1 km de distancia, ¿cuál sería la fuerza con que se atraerían ambas cargas?

5. Dos esferas muy pequeñas, cada una de las cuales pesa 3 dinas, están sujetas a hilos de seda de 5 cm de longitud y penden de un punto común. Cuando se suministra a las esferas una cantidad igual de carga negativa, cada hilo forma un ángulo de 30º con la vertical. Calcula el valor de las cargas.

6. La intensidad del campo eléctrico entre las láminas de cierto oscilógrafo de rayos catódicos es 30000 newtons/coulombio. a) ¿Cuál es la fuerza ejercida sobre un electrón cuando pasa entre ellas? b) ¿Cuál es la aceleración de un electrón cuando está sometido a esta fuerza?

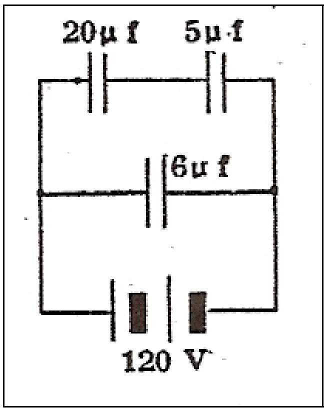
7. En un sistema de coordenadas rectangulares, dos cargas positivas puntuales de $10^{-8}$ coulombios, se encuentran fijas en los puntos x=0,1 m, y=0 y x=–0,1 m, y=0. Calcula el valor y dirección del campo eléctrico en los siguientes puntos: a) el origen; b) x=0,2 m, y=0; c) x=0,1 m, y=0,15 m; d) x=0, y=0,1 m.

8. Resuelve el mismo problema que el anterior, pero suponiendo que una de las cargas puntuales es positiva y la otra negativa.

9. Dos cargas puntuales, $Q_1 = +40 \times 10^{-9}$ coulombios y $Q_2 = -30 \times 10^{-9}$ coulombios, están separadas 10 cm. El punto A equidista de ellas, el punto B está a 8 cm de $Q_1$ y a 6 cm de $Q_2$. Calcula: a) el potencial en el punto A; b) el potencial en el punto B; c) el trabajo necesario para transportar una carga de $25 \times 10^{-9}$ coulombios desde el punto B hasta el punto A.

10. Dos esferas conductoras, cada una de las cuales tiene un radio de 2 cm, poseen una carga de +60 unidades electrostáticas y están colocadas con sus centros distantes 12 cm. Suponiendo uniforme la densidad de carga sobre cada esfera, calcula el potencial y la intensidad del campo electrico en puntos distantes 2 cm a lo largo de la linea que une los centros de las esferas.

11. Calcula en la red de la siguiente figura: a) la carga sobre cada condensador; b) la diferencia de potencial entre sus armaduras; c) la energia total almacenada en los tres condensadores.




12. Un condensador de 1 µF y otro de 2 µF se conectan en serie a una red de suministros de 1000 V. a) Calcula la carga de cada condensador y la diferencia de potencial entre las armaduras de cada uno de ellos. b) Los condensdores cargados se desconectan de la red y ellos entre sí, y se vuelven a conectar con las armaduras del mismo signo unidas. Calcula la carga y el voltaje finales en cada uno de ellos.

13. Al sumergir en un líquido un condensador cuyas armaduras estaban separadas 0,4 mm, aumenta de capacidad y para volver al valor inicial hay que separarlas hasta 5,3 mm. Halla la constante dieléctrica $\varepsilon$ del líquido.

14. Se tienen dos condensadores de 3 µF y 5 µF que se cargan, respectivamente, a 1,5 kV y 3,2 kV. Después de cargados se montan en paralelo. Calcula las cargas y tensiones finales de cada uno.

15. Dos condensadores en serie, de capacidades $C_1 = 8\,\mu F$ y $C_2 = 20\,\mu F$, están conectados a una fuente de 480 voltios. Calcula las energías que almacenan.

16. ¿Cuál sería la densidad superficial de carga eléctrics sobre la superficie de la Tierra en un lugar en el cual la intensidad de campo fuese de 250 voltios$\times m^{-1}$ y cual será la fuerza que se ejercerá, en ese mismo lugar, sobre un metro cuadrado de superficie terrestre?

17. Un condensador esférico, perfectamente aislado, adquiere una carga de $10^{-6}$ coulombios, poniendo en contacto su armadura interna de 20 cm de radio con un generador eléctrico, manteniendo la armadura externa, de 20,2 cm de radio, conectada a tierra. Una vez cargado el condensador y aislado se conecta la armadura interna a tierra. Calcula la carga que ha pasado a tierra.

18. Las láminas de un condensador plano están separadas 5 mm, tienen $2\,m^2$ de área y se encuentran en el vacío. Se aplica al condensador una diferencia de potencial de 10000 V. Calcula: a) la capacidad; b) la carga de cada lámina; c) la densidad superficial de carga; d) la intensidad del campo eléctrico; e) el desplazamiento en el espacio comprendido entre las láminas.