Apuntes-y-ejercicios-Fisica.pdf

paulamblr

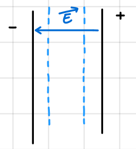
Fundamentos Físicos de la Informática

1º Grado en Ingeniería del Software

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática
Universidad de Málaga

FORMULARIO: Campo eléctrico uniforme | Condensadores

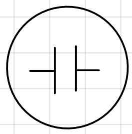
- La intensidad de campo eléctrico apunta hacia potenciales decrecientes.
- La superficies equipotenciales son perpendiculares a las líneas de campo.



$$\vec{E} = \frac{|\Delta V|}{r}$$

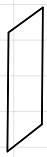
diferencia de potencial (v)

distancia entre superficies equipotenciales (m)



Capacidad de los condensadores:

PLANO:

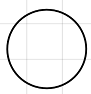


$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$$

$$C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

Cuanto más grande es la distancia menos capacidad.

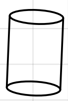
ESFÉRICO:



$$E = K_0 \frac{Q}{r^2}$$

$$C = \frac{R_1 R_2}{K_0 (R_2 - R_1)}$$

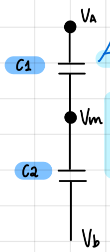
CILÍNDRICO:



$$E = 2K_0 \frac{\lambda}{r}$$

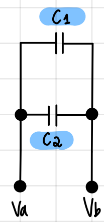
$$C = \frac{L}{2K_0 \ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Asociación de los condensadores:



Asociación en serie

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

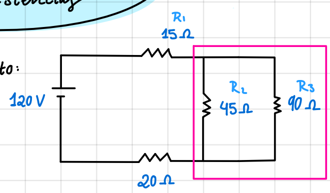


Asociación en paralelo:

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

Calcular la corriente a través de las resistencias

- Tenemos el siguiente circuito:



RS

1) Nombramos a las resistencias.

2) Trabajar las resistencias en paralelo para conseguir una resistencia equivalente.

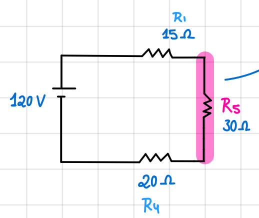
METER EN LA CALCULADORA

$$R_S = \frac{1}{45} + \frac{1}{90} = \frac{\overbrace{(1\cdot 90) + (1\cdot 45)}^{135}}{\underbrace{45\cdot 90}_{4050}} =$$

$$\frac{135}{4050} = \frac{27}{810} = \frac{3}{90} = \frac{1}{30}$$

Simplificar hasta el final

3) Observamos que $R_S = 30\,\Omega$, el circuito queda así:

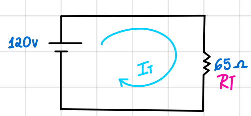


Obtenemos un circuito en serie:

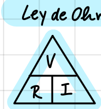
$$R_T = R_1 + R_2 + R_S$$

$$R_T = 15 + 20 + 30 = 65\ \Omega$$

CIRCUITO EQUIVALENTE:



Ley de Ohm:



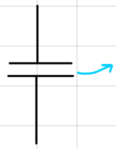
$$I_T = \frac{120\text{v}}{65\,\Omega} = 1{,}846\ \text{A}$$

4) Para calcular el voltaje que pasa por cada resistencia:

- $V_1 = 15\,\Omega \cdot 1{,}84\ \text{A} = 27{,}6\ \text{V}$
- $V_2 = 20\,\Omega \cdot 1{,}84\ \text{A} = 36{,}8\ \text{V}$
- $V_3 = 30\,\Omega \cdot 1{,}84\ \text{A} = 55{,}2\ \text{V}$

$119{,}6\ \text{A} \approx 120\ \text{A}$

- Un condensador puede ser: → En continua / → En alterna



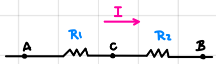
aislante dieléctrico

TIPOS DE CONDENSADORES:

- La capacidad se mide en Faradios.

RESISTENCIAS:

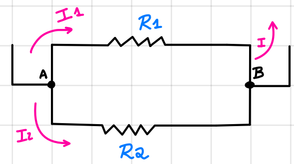
Asociación en serie



Asociación en serie:

$$\boxed{R_{eq} = R_1 + R_2}$$

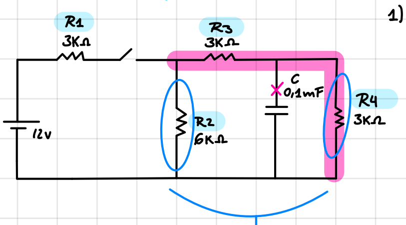
Asociación en paralelo:



Asociación en paralelo:

$$\boxed{\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

Tenemos el siguiente Circuito:



En paralelo

1) Inicialmente descargado.

Cuando esta cargado, el condensador actúa de aislante:

Con el condensador cargado:

PASO 1: Sacamos el valor de la resistencia equivalente:

$R_{3,4} = 3+3 = 6K\ \Omega$

$R_{2,3,4} = \frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{1}{3} = 3K\,\Omega$

$R_{eq} = R_1 + R_{2,3,4} = 3+3 = 6K\,\Omega$

Paso 2: Usamos la ley de Ohm:

- Sacamos la corriente alterna:

$I = \frac{12}{6000} = 2mA$ $\quad K \rightarrow 1000$

Intensidad total en el circuito

- Intensidad en cada rama:

$I_2 = 1\ mA$

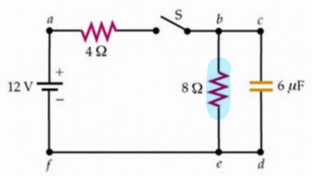
$I_{3,4} = 1mA$

- El voltaje del condesador será igual al voltaje de la rama donde se encuentra el condensador:

$V_C = V_4 = R_4 \cdot I_{3,4} = 3000 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 3V$

EJERCICIO DE EXAMEN:

2. El circuito de la figura se encuentra en régimen estacionario, es decir, la corriente que circula por él es constante y el condensador $C = 6\ \mu F$ está totalmente cargado. Si la fuente de tensión continua ideal suministra una fuerza electromotriz $\varepsilon = 12$ V, Calcule (a) la corriente a través de las resistencias $R_1 = 4\ \Omega$ y $R_2 = 8\ \Omega$. (b) El valor de la carga Q del condensador.



Capacidad / Carga

$$\boxed{C = \frac{Q}{V}} \quad V = R \cdot I$$

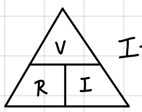
$$\boxed{Q = C \cdot V}$$

Calcular carga de un condensador

a) Las resistencias están en Paralelo:

$R_T = R_1 + R_2 = 4 + 8 = 12\,\Omega$

- Usamos la ley de Ohm:



$I_{TOTAL} = \frac{12}{12} = \boxed{1A}$

b) El valor de carga del condensador es igual a:

- Vamos a coger la intensidad y el voltaje que circulan por la rrama del condensador:

$Q = C \cdot V = 6 \cdot 10^{-6} \cdot (\underbrace{8 \cdot 1}_{V}) = \boxed{48 \cdot 10^{-6} C}$

Resistencia rama

Calcular energía de un condensador

$$\boxed{U = \frac{1}{2} Q \cdot V}$$

$U = \frac{1}{2} \cdot 48 \cdot 10^{-6} \cdot 8 = \boxed{1,92 \cdot 10^{-4} J}$

c) Versión 2 del ejercicio:

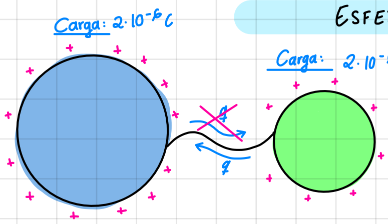
- Se introduce un dieléctrico $\varepsilon_r = 2$, calcular la nueva carga del condensador:

Carga de un condensador con dieléctricos:

$$\boxed{Q' = C' \cdot V'_c = \varepsilon_r \cdot C \cdot V_c = \varepsilon_r \cdot Q}$$

$$Q' = 2 \cdot 48 \cdot 10^{-6} = \boxed{96 \cdot 10^{-6}\, C}$$

ESFERAS CARGADAS POR UN HILO CONDUCTOR:



Ejercicio: Se cargan dos esferas de 2 y 5 cm de radio con una carga de $2 \cdot 10^{-6}$ C cada una. Si se conectan con un hilo conductor, calcula (a) El potencial de cada esfera tras la unión; (b) ¿Qué carga adquiere cada esfera?

1) La carga se distribuye uniformemente por la superficie de la esfera, la carga interna sería 0.

2) No sabemos en qué sentido va la carga, vamos a suponer que va de la esfera mayor a la esfera menor.

3) Va a pasar la carga necesaria para que se igualen esos dos potenciales.

$\uparrow V \xrightarrow{q} \downarrow V$

Siempre va a pasar carga de un potencial mayor a un potencial menor.

Potencial:

$$\boxed{V = K \frac{q}{r}}$$

Carga (q), radio (r), (C)

Constante:

- $K = 9 \cdot 10^{9}\ Nm^2 C^{-2}$

a) $\boxed{V_1 = V_2}$

- Igualamos la fórmula de (V) de ambas esferas:

$$V = K \frac{q}{r}$$

$$\cancel{K} \frac{(2 \cdot 10^{-6} + q)}{2 \cdot 10^{-2}} = \cancel{K} \frac{(2 \cdot 10^{-6} - q)}{5 \cdot 10^{-2}}$$

Despejamos la carga

Numerador x denominador contrario + denominador propio

$$10^{-5} + 5q = 4 \cdot 10^{-6} - 2q$$

$$7q = -6 \cdot 10^{-6}$$

$$q = \frac{-6 \cdot 10^{-6}}{7} = -8{,}57 \cdot 10^{-7}\, C$$

No puede pasar una carga negativa tiene que ser positiva por lo que significa que el sentido de la carga es el que previamente hemos establecido de una manera arbitraria.

- La esfera verde: (−)

Es la que realmente pierde esa carga:

$$q_1 = 2 \cdot 10^{-6} - 8{,}57 \cdot 10^{-7} = 1{,}143 \cdot 10^{-6}\, C$$

- La esfera azul: (+)

Es la que gana carga:

$$q_2 = 2 \cdot 10^{-6} + 8{,}57 \cdot 10^{-7} = 2{,}857 \cdot 10^{-6}\, C$$

b) Igualamos los potenciales:

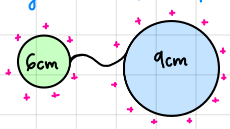
Cogemos la esfera verde por ejemplo

$$V_1 = V_2 = K \frac{q}{r} = 9 \cdot 10^{9} \frac{1{,}14 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-2}} = 513000\, V$$

EJERCICIO: Dos esferas metálicas de 6 y 9 cm de radio se cargan a 10^{-6} C cada una, y luego se unen con un hilo conductor de capacidad despreciable. Calcula:

a) El potencial de cada esfera después de la unión.

b) Carga de cada esfera después de la unión.



$V_1 = V_2$

$$\boxed{V = K \frac{q}{r\,(\cdot 10^{-2})}}$$

$V_1 = 10^{-6} + q$

$V_2 = 10^{-6} - q$

$$\left.\begin{array}{l} V_1 = K \frac{q_1}{r_1} \\ V_2 = K \frac{q_2}{r_2} \end{array}\right\} V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{Kq_1}{r_1} = \frac{Kq_2}{r_2} \Rightarrow r_2 q_1 = r_1 q_2$$

$$\cancel{K} \frac{(10^{-6} + q)}{6} = \cancel{K} \frac{(10^{-6} - q)}{9}$$

$$9 \cdot 10^{-6} + 9q = 6 \cdot 10^{-6} - 6q$$

$$9q + 6q = 6 \cdot 10^{-6} - 9 \cdot 10^{-6}$$

$$15q = -3 \cdot 10^{-6}$$

$$q = \frac{-3 \cdot 10^{-6}}{15} = -2 \cdot 10^{-7}\, C$$

Esfera verde: (La que realmente pierde carga)

(−) $q_1 = 10^{-6} - 2 \cdot 10^{-7} = 8 \cdot 10^{-7}\, C$

Esfera azul: (La que gana la carga)

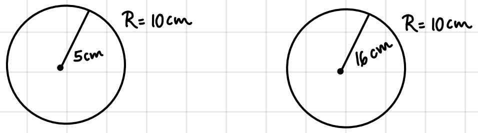
(+) $q_2 = 10^{-6} + 2 \cdot 10^{-7} = 1{,}2 \cdot 10^{-6}\, C$

$$V_1 = V_2 = K \frac{q}{r} = 9 \cdot 10^{9} \frac{8 \cdot 10^{-7}}{6} = 1200000\, V$$

EJERCICIO:

Una esfera metálica de radio $R_1 = 10cm$ esta a un potencial de 100 KW. a) Calcular el campo eléctrico que crea en el interior a una distancia de su centro $r_1 = 5cm$ y en el exterior a una distancia del centro $r_2 = 16cm$. b) Si esta esfera se conecta electricamente a otra esfera, también metálica e inicialmente descargada, de radio $R_2 = 5cm$, calcular la densidad superficial de carga de cada esfera después del contrato.

a)



CAMPO ELÉCTRICO INTERIOR DE UNA ESFERA:

$$\boxed{E(r) = \begin{cases} 0 & \text{si } r < R \\ K \cdot \frac{Q}{r^2} & \text{si } r \geq R \end{cases}}$$

E(int)

PASO 1: Entender los datos:

$V = 100\ Kw \rightarrow 10 \cdot 10^4\ W$ (POTENCIAL DE LA ESFERA)

$R_1 = 10\ cm \rightarrow 0{,}1\ m$ (RADIO DE LA ESFERA)

$r_1 = 5\ cm \rightarrow 0{,}05\ m$ (DISTANCIA DEL CENTRO 1)

$r_2 = 16\ cm \rightarrow 0{,}16\ m$ (DISTANCIA DEL CENTRO 2)

PASO 2: Entender que nos piden:

¿Cuál es la carga total? → Usamos la fórmula del potencial de la esfera

$\boxed{V = K\frac{Q}{R}}$ $\boxed{Q = \frac{V \cdot R}{K}}$ Calculamos la carga

$$Q = \frac{10 \cdot 10^4 \cdot 0{,}1}{9 \cdot 10^9} = 1{,}11 \cdot 10^{12}\ C$$

Tenemos dos casos:

$r < R \longrightarrow 5cm < 10cm$ En este caso $E_{int} = 0$ porque es un conductor en equilibrio electroestático.

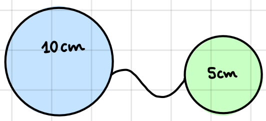
$r \geq R \longrightarrow 16\ cm \geq 10\ cm$ Calculamos el campo electrico en este caso.

PASO 3: Aplicamos la formula de campo electrico en el interior de la esfera:

$$r \geq R \longrightarrow K \cdot \frac{Q}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{1{,}11 \cdot 10^{12}}{(0{,}16)^2} = 3{,}90 \cdot 10^{23}\ V/m = E(0{,}16m)$$

16 cm

b)



$V_1 = V_2$

DENSIDAD SUPERFICIAL DE CARGA:

$$\boxed{\sigma = \frac{Q}{4\pi R^2}\ (c/m^2)}$$

$$V_1' = V_2' \Rightarrow \cancel{K} \cdot \frac{Q_1'}{R_1} = \cancel{K}\frac{Q_2'}{R_2}$$

$$\boxed{Q_2' = \frac{R_2}{R_1} \cdot Q_1'}$$

$$Q_2' = \frac{5}{10} \cdot Q_1'$$

$$Q_1' = \frac{1}{2}Q_1'$$ Sustituimos en Q_2'

$$Q_1 = Q_1' + Q_2'$$

$$Q_1 = Q_1' + \frac{1}{2}Q_1'$$

$$Q_1 = \frac{3}{2}Q_1'$$

$$Q_1 = \frac{3}{2}Q_1'$$ Se le da la vuelta al numerador y el denominador

$$Q_1' = \frac{2 \cdot Q_1}{3}$$

$$Q_1' = \frac{2 \cdot 1{,}11 \cdot 10^{12}}{3} = 7{,}4 \cdot 10^{11}C$$

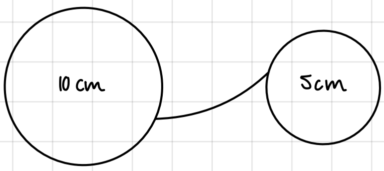
$$Q_2' = 1{,}11 \cdot 10^{12} - 7{,}4 \cdot 10^{11} = 3{,}7 \cdot 10^{11}C$$

$$\sigma_1 = \frac{7{,}4 \cdot 10^{11}}{4\pi \cdot (0{,}1)^2} = 5{,}89 \cdot 10^{12}\ c/m^2$$

$$\sigma_2 = \frac{3{,}7 \cdot 10^{11}}{4\pi \cdot (0{,}05)^2} = 1{,}1777 \cdot 10^{13}\ C/m^2$$

EJERCICIO:

1. Dos conductores esféricos de radios 10 y 5 cm alejados entre sí están conectados por un hilo conductor de capacidad despreciable. Si el campo eléctrico en la superficie del grande es de 1000 N/C, determinar la densidad superficial de cada esfera y su potencial eléctrico.



$\vec{E} = 1000\ N/C$

Campo eléctrico:

$$\boxed{|\vec{E}| = K\frac{|Q|}{r^2}\ (N/C)}$$

Densidad superficial de carga:

$$\boxed{\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}}$$

Potencial:

$$\boxed{V = K\frac{Q}{r}}$$

- Calculamos la carga de la esfera grande → $Q = \frac{r^2 \cdot |\vec{E}|}{K}$

$$Q_1 = \frac{(0{,}1)^2 \cdot 1000}{9 \cdot 10^9} = 1{,}11 \cdot 10^{-9}\ C$$

Densidad:

$$- \sigma_1 = \frac{1{,}11 \cdot 10^{-9}}{4\pi \cdot (0{,}1)^2} = 8{,}83 \cdot 10^{-9}\ c/m^2$$

$$- \sigma_2 = \frac{1{,}665 \cdot 10^{-9}}{4\pi \cdot (0{,}05)^2} = 5{,}29 \cdot 10^{-8}\ C/m^2$$

PASO 1: Calculamos el potencial para calcular la densidad porque nos va a dar la carga de cada esfera y la fórmula es mas sencilla

$$V_1' = V_2' \Rightarrow \cancel{K}\frac{Q_1}{r_1} = \cancel{K}\frac{Q_2}{r_2}$$

$$\boxed{Q_2 = \frac{r_2}{r_1}Q_1}$$

$$Q_2 = \frac{5}{10}Q_1$$

$$Q_2 = \frac{1}{2}Q_1$$

Sustituimos Q_2 por Q_1 en Q.

$$Q = Q_1 + \frac{1}{2}Q_1$$

$$Q = \frac{3}{2}Q_1$$

$$Q_2 = \frac{3}{2} \cdot 1{,}11 \cdot 10^{-9} = 1{,}665 \cdot 10^{-9}C$$

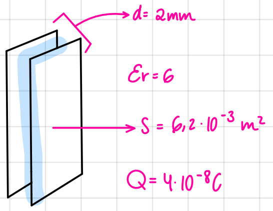
Potencial:

$$V_1 = 9 \cdot 10^9 \frac{1{,}11 \cdot 10^{-9}}{0{,}1} = 99{,}9V$$

$$V_2 = 9 \cdot 10^9 \frac{1{,}665 \cdot 10^{-9}}{0{,}05} = 299{,}7V$$

EJERCICIO: Un condensador plano de área de cada placa $6{,}2 \cdot 10^{-3}\ m^2$ separadas 2mm, tiene un dieléctrico de permitividad relativa 6 y está cargado con $4 \cdot 10^{-8}C$. Hallar:

a) Capacidad
b) Diferencia de potencial
c) Intensidad del campo
d) Fuerza de atracción entre las placas.



Permitividad:

¡OJO!

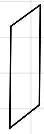
$$\boxed{\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}}$$

$$\boxed{\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$$

Área = superficie

Capacidad de los condensadores:

PLANO:



$$\boxed{\varepsilon = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}}$$

$$\boxed{C = \varepsilon_0 \frac{S}{d}}$$

Cuanto más grande es la distancia menos capacidad.

a) Capacidad:

$$\boxed{C = \varepsilon \frac{S}{d}\ (F)}$$

$$C = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0 \frac{S}{d}$$

$$C = 6 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{6{,}2 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} = 1{,}6461 \cdot 10^{-10} F$$

- Si lo queremos expresar en μF:

$$1{,}6461 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{10^9}{1} = 0{,}16461\ \mu F$$

b) Diferencia de potencial:

$$\boxed{V = \frac{Q}{C}\ (V)}$$

Carga

$$V = \frac{4 \cdot 10^{-8}}{1{,}6461 \cdot 10^{-10}} = 242\ V$$

c) Intensidad del campo:

$$\boxed{E = \frac{V}{d}\ (N/C)} \quad \boxed{E_1 = \frac{E}{2}}$$

$$E = \frac{242}{2 \cdot 10^{-3}} = 1{,}21 \cdot 10^{-5}\ N/C$$

d) Fuerza de atracción entre placas:

$$\boxed{F = E_1\, q\ (N)}$$

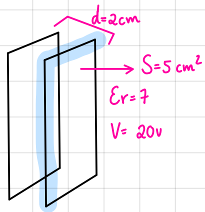
$$E_1 = \frac{1{,}21 \cdot 10^5}{2} = 6{,}05 \cdot 10^4\ N/C$$

$$F = 6{,}05 \cdot 10^4 \cdot 4 \cdot 10^{-8} = 2{,}42 \cdot 10^{-3}\ N$$

EJERCICIO:

ε_r = permitividad relativa

1. Un condensador plano que tiene un área de 5 cm^2, sus placas están separadas 2 cm y se encuentra lleno de un dieléctrico de $\varepsilon_r = 7$. Cargamos el condensador a una tensión de 20V y se desconecta de la fuente de alimentación. Calcular: a) La capacidad del condensador y su carga; b) el trabajo que se necesita para retirar la lámina de dieléctrico del interior del condensador.



a) La capacidad del condensador y su carga:

$$\boxed{C = \varepsilon \frac{S}{d}} \quad \boxed{\varepsilon = \varepsilon_r \cdot \varepsilon_0}$$

$$C = 7 \cdot 8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0{,}02} = 1{,}54875 \cdot 10^{-12} F$$

* De cm^2 a m^2: $\left(\frac{1m}{100cm}\right)^2$

- Carga:

$$Q = V \cdot C \longrightarrow q = 20 \cdot 1{,}54875 \cdot 10^{-12} = 3{,}0975 \cdot 10^{-11}\ C$$

b) Trabajo:

Energía almacenada en un condensador:

$$\boxed{U = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V^2\ (J)}$$

PASO 1: Calcular la energía almacenada en un condensador:

$$U = \frac{1}{2} \cdot 1{,}54875 \cdot 10^{-12} \cdot (20)^2 = 3{,}0975 \cdot 10^{-10} J$$

PASO 2: Para calcular el trabajo (W) necesitamos comparar la energía almacenada en el condensador con el dieléctrico (U inicial) y sin el dieléctrico (U final).

$$\boxed{W = U_{final} - U_{inicial}}$$

$$W = U' - U$$

Debemos calcular para Ufinal de nuevo C y V.

$$U_{final} = \frac{1}{2} \cdot \underbrace{\left(8{,}85 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{5 \cdot 10^{-4}}{0{,}02}\right)}_{C'} \cdot (\Delta V')^2 = U_{final} = \frac{1}{2} \cdot 2{,}2125 \cdot 10^{-13} \cdot (140{,}2)^2 = 2{,}174 \cdot 10^{-9} J$$

PASO 3: Calculamos $\Delta V'$ =

$$\boxed{V = \frac{Q}{C}}$$

$$V' = \frac{3{,}10 \cdot 10^{-11}}{\underbrace{2{,}2125 \cdot 10^{-13}}_{C'}} = 140{,}2\ V$$

$$W = 2{,}174 \cdot 10^{-9} - 3{,}10 \cdot 10^{-10} = 1{,}864\ J$$

EJECRCICIO:

1. Un conductor rectilíneo muy largo está cargado uniformemente con una densidad lineal de carga de 5,56 10^{-9} C/m. Calcular: a) la diferencia de potencial entre dos puntos A y B a una distancia de 4 cm y 8 cm del hilo respectivamente. b) el trabajo que se realiza si un protón pasa de A hacia B y quien realiza el trabajo.

Diferencia de Potencial eléctrico (ΔV):

$$\boxed{dv = -\vec{E} \cdot \vec{dr}}$$

$$\boxed{|V| = \int 2\lambda \frac{\lambda}{r} \cdot \vec{dr} = 2K\lambda \cdot \int \frac{\vec{dr}}{r} = 2K\lambda \cdot \ln r}$$

$$\boxed{\Delta V = V_B - V_A \ (V)} \quad \boxed{\vec{E} = 2K \frac{\lambda}{r} \vec{u_r}}$$

$$\boxed{\Delta V = 2K\lambda \cdot \ln\left(\frac{r_B}{r_A}\right)}$$

$\lambda = 5{,}56 \cdot 10^{-9}\ C/m$

$r_A = 4 \cdot 10^{-2}\ m$

$r_B = 8 \cdot 10^{-2}\ m$

a)

$$|V| = \int 2K \frac{\lambda}{r} \cdot \vec{dr} = 2K\lambda \cdot \int \frac{\vec{dr}}{r} = 2K\lambda \cdot \ln r =$$

$$\Delta V = V_B - V_A$$

$$\Delta V = \left(2K\lambda \cdot \ln \cdot r_B\right) - \left(2K\lambda \cdot \ln \cdot r_A\right) = 2K\lambda \cdot \ln\left(\frac{r_B}{r_A}\right) =$$

$$= 2 \cdot 9 \cdot 10^{9} \cdot 5{,}56 \cdot 10^{-9} \cdot \ln\left(\frac{8 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^{-2}}\right) = 69{,}37\ V$$

b)

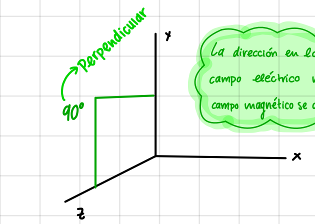
Trabajo de A a B:

$$\boxed{W_{(A \to B)} = q \cdot \Delta V \ (J)}$$

$$W_{(A \to B)} = 1{,}602 \cdot 10^{-19} \cdot 69{,}37 = 1{,}11 \cdot 10^{-17}\ J$$

Ondas electromagneticas:

- Los campos eléctricos y magnéticos van a vibrar en el mismo eje.



La dirección en la que ni vibra el campo eléctrico ni vibra el campo magnético se desplazará la onda.

$$y(x,t) = A\,\text{sen}(\omega t \pm Kx + \varphi_0)$$

— DESCRIPCION POR PARTES —

- $y(x,t)$ → Posición de la partícula u onda en el punto x y en el tiempo t.
- A → Amplitud de la onda, que representa la distancia máxima desde la posición de equilibrio.
- sen → Función seno.
- ω → Frecuencia angular, relacionada con la frecuencia (f) mediante la ecuación $\boxed{\omega = 2\pi f}$
- t → es el tiempo
- K → número de ondas, que esta relacionado con la longitud de onda (λ) $\boxed{K = \frac{2\pi}{\lambda}}$
- x → posición en la dirección de propagación de la onda.
- φ_0 → fase inicial de la onda en el punto $x=0$ en el instante $t=0$.

Frecuencia angular:

Número de ondas:

* Dos ecuaciones:

1. $\boxed{E = E_0\,\text{sen}(\omega t \pm Kx + \varphi_0)}$ → Amplitud máxima
2. $\boxed{B = B_0\,\text{sen}(\omega t \pm Kx + \varphi_0)}$ → Amplitud máxima

Constantes:

$c \rightarrow 3\cdot10^8$

$\varepsilon_0 \rightarrow 8{,}85\cdot10^{-12}$

$\mu_0 \rightarrow 4\pi\cdot10^{-7} = 1{,}256\cdot10^{-6}$

- Se relacionan de la siguiente manera:

$\boxed{E_0 = c\cdot B_0}$ $\boxed{B_0 = \frac{E_0}{c}\ (T)}$

→ Velocidad de la luz

* Frecuencia angular al lado de la t (tiempo).

EJERCICIO: Una onda electromagnética de frecuencia $2\cdot10^{15}\,Hz$ se propaga en el vacío en el sentido negativo del eje OX. El campo eléctrico tiene una amplitud de $2V\cdot m^{-1}$ y oscila en el eje OY. Calcule:

a) La longuitud de onda y escriba la ecuación de onda para el campo eléctrico.

b) La amplitud del campo magnético y deduzca la dirección de oscilación del mismo.

¡¡Atención!!!

- Si se propaga en el sentido NEGATIVO del eje x: $(+Kx)$
- Si se propaga en el sentido NEGATIVO del eje y: $(+Ky)$

a) $f = 2\cdot10^{15}\,Hz$ $\quad y(x,t) = A\,\text{sen}(\omega t - Kx + \varphi_0)$

$E_0 = 2V\cdot m^{-1}\ (V/m)$

¡ojo! = Si se propaga en el vacío la velocidad de propagación va a ser c.

* Frecuencias altas y longitudes de onda pequeñas

Longitud de onda: (λ)

$\boxed{\lambda = \frac{2\pi}{K}}$

$\boxed{c = \lambda\cdot f}$ → $\boxed{V_p = \lambda\cdot f}$ c (en el vacío)

Velocidad de propagación: (V_p)

$\boxed{V_p = \frac{\lambda}{T}}$

Periodo: (T)

$\boxed{T = \frac{1}{f}}$ $\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}\ s}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3\cdot10^8}{2\cdot10^{15}} = 1{,}5\cdot10^{-7}\,m$$

$$T = \frac{1}{2\cdot10^{15}} = 5\cdot10^{-16}\,s$$

$$K = \frac{2\pi}{1{,}5\cdot10^{-7}} = 1{,}3\cdot10^{7}\pi\,m^{-1} \qquad \omega = 2\pi\cdot2\cdot10^{15} = \underbrace{1{,}256\cdot10^{16}}_{4\cdot10^{15}\pi\ rad/s}\ rad/s$$

Número de Onda: (K)

$\boxed{K = \frac{2\pi}{\lambda}\ (m^{-1})}$

Frecuencia angular: (ω)

$\boxed{\omega = 2\pi f\ (rad/s)}$

$\boxed{\omega = KV}$ → Frecuencia

Amplitud campo magnético: (B_0):

$\boxed{B_0 = \frac{E_0}{c}\ (T)}$

- Ecuación de onda:

$$E = 2\,\text{sen}(4\cdot10^{15}t + 1{,}3\cdot10^{7}\pi)\ (V/m)$$

b) $\boxed{B_0 = \frac{E_0}{c}\ (T)}$ $\quad B_0 = \frac{2}{3\cdot10^8} = 6{,}6\cdot10^{-9}\,T$

Dirección de oscilación → eje z.

$$B = 6{,}6\cdot10^{-9}\,\text{sen}(4\cdot10^{15}t + 1{,}3\cdot10^{7}\pi)$$

FORMULARIO: Ondas electromagnéticas

Poner calculadora en Radianes

Flujo campo magnético:
$$\Phi m = \iint_S \vec{B} \cdot \vec{ds}$$

MOVIMIENTO ONDULATORIO:
$$Y(x,t) = A \cdot sen(\omega t - Kx + \varphi_0)$$
$$Y(x,t) = A \cdot sen(\omega t + Kx + \varphi_0)$$

Frecuencia angular:
$$\omega = Kv = 2\pi v$$

Periodo:
$$T = \frac{2\pi}{\omega} (s)$$

Frecuencia:
$$f = \frac{1}{T} (Hz)$$

Nº de ondas:
$$K = \frac{2\pi}{\lambda}$$

Frecuencia:
$$u = \frac{v}{\lambda}$$

Longuitud de onda:
$$\lambda = \frac{2\pi}{K} (m)$$

PARA:
$$Y = A \cdot \cos(\omega t - Kx + \varphi_0)$$

Velocidad de vibración:
$$V = \frac{dy}{dt} = -A \cdot \omega \cdot sen(\omega t - Kx + \varphi_0)$$

Velocidad de propagación:
$$V_p = e/t$$
Espacio, tiempo
$$V_p = \frac{\lambda}{T}$$

Velocidad de vibración (oscilación):
$$V = \frac{dy}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - Kx + \varphi_0)$$

Velocidad máxima:
$$V_{max} = \pm A \cdot \omega$$

Aceleración:
$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 sen(\omega t - Kx + \varphi_0)$$

Aceleración máxima:
$$a_{max} = \pm A \cdot \omega^2$$

Velocidad máxima:
$$V_{max} = \pm A \cdot \omega$$

Velocidad:
$$V = \lambda u$$

Aceleración:
$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos(\omega t - Kx + \varphi_0)$$

Aceleración máxima:
$$a_{max} = \pm A \cdot \omega^2$$

Velocidad de la onda:
$$C = \frac{\omega}{K}$$

Costantes:

- $Y \rightarrow$ Elongación (m)
- $A \rightarrow$ Amplitud (m)
- $\omega \rightarrow$ Pulsación o frecuencia angular (rad/seg)
- $t \rightarrow$ tiempo (segundos)
- $K \rightarrow$ nº de ondas (m^{-1})
- $x \rightarrow$ posición en metros
- $\varphi_0 \rightarrow$ desfase inicial (radianes)
- $C \rightarrow$ Velocidad de la luz en el vacío $\rightarrow 3 \cdot 10^8$
- $B_0 \rightarrow$ Campo Magnético inicial
- $E_0 \rightarrow$ Campo Eléctrico inicial (V/m)
- $\mu_0 \rightarrow$ Perneabilidad magnética del vacío $\rightarrow 4\pi \cdot 10^{-7}$ (T·m/A)
- $\varepsilon_0 \rightarrow$ Permitividad eléctrica del vacío $\rightarrow 8{,}854 \cdot 10^{-12}$ (F/m)

Densidades:

Densidad media de energía:
$$\overline{P} = \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0 \cdot E_0}{\mu_0 \cdot C}$$
(J/m³), V.L
$$\overline{P} = \frac{1}{2}\left(\varepsilon_0 E^2 + \frac{1}{\mu_0} B^2\right)$$

Densidad de Energía Eléctrica:
$$P_E = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2$$
(J/m³)

Densidad energía magnética:
$$P_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2$$

$$B_0 = \frac{E_0}{C}$$
V.L
$$E_0 = B_0 \cdot C$$
V.L

Ecuaciones de Maxwell:

$$E = E_0 \, sen(Kx - \omega t)$$
$$B = B_0 \, sen(Kx - \omega t)$$

Intensidad:
$$I = p \cdot c = S(m)$$
V.L
$$I = \frac{1}{2} \frac{E_0 B_0}{\mu_0}$$

Intensidad Instantánea:
$$I_i = \frac{1}{\mu_0} EB$$

Expresión general vector Poyting:

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0}$$

Valor medio del módulo vector Poyting:
$$S_{(m)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_0 B_0}{\mu_0}$$

Módulo vector Poyting:

$$S = C \frac{B_0^2}{\mu_0} Sen^2(Kx - \omega t)$$

Densidad energía de la orden:
$$P = P_E + P_B = \varepsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{\mu_0} = \frac{1}{\mu_0 C} EB$$

Cantidad de movimiento:
$$\vec{P} = \frac{\omega}{c} \vec{\omega} \quad (Kg \cdot m/s)$$
Energía total transporta

FORMULARIO: Campo Magnético

Fuerza Magnética:
$$\vec{Fm} = q \cdot (v \cdot B)$$

Velocidad angular:
$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{|q| B}{m}$$

Fuerza Mag. Hilo rectilíneo =
$$\vec{Fm} = I \cdot \vec{L} \cdot \vec{B}$$
(c.e) (long)
$$F = I \cdot L \cdot B \cdot sin(\theta)$$

Periodo:
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi m}{|q| B}$$

Fuerza Lorentz:
$$\vec{FL} = \vec{FE} + \vec{FM}$$
$$q\vec{E} + q(\vec{v} \times \vec{B})$$

Ley Biot y Sabat:
$$dB = Km \cdot \frac{I \cdot \vec{dl} \cdot \vec{ur}}{r^3}$$
$$Km = \frac{\mu_0}{4\pi}$$

Radio Curvatura:
$$R = \frac{mv}{|q| B}$$
Velocidad Partícula

Campo Magnético. Corriente rectilínea:
$$B = \frac{\mu_0 \cdot I}{2\pi r}$$
Corriente eléctrica

Campo magnético

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$
$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad R = \frac{mv_\perp}{|q|B} \quad d = v_{\parallel} T = \frac{2\pi m v_{\parallel}}{|q|B}$$
$$\omega = \frac{v}{R} = \frac{|q|B}{m} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi\, m}{|q|B}$$

Ley de Biot y Savart
$$d\vec{B} = k_m \frac{I}{r^2} d\vec{\ell} \times \vec{u}_r$$

Fuerza magnética sobre de una corriente
$$\vec{F} = \int_{cond} I d\vec{\ell} \times \vec{B} \quad \vec{F} = I\vec{\ell} \times \vec{B} \quad \vec{\tau} = I\vec{S} \times \vec{B} = \vec{M} \times \vec{B}$$

Corrientes paralelas
$$\frac{F_{12}}{\ell_1} = \frac{F_{21}}{\ell_2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{a}$$

Toroide
$$B = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{NI}{a}$$

Solenoide
$$B = \mu_0 n I$$

Corriente rectilínea
$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I}{a} [sen\theta_1 + sen\theta_2] \quad \ell \rightarrow \infty \Rightarrow B_{\ell >> a} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I}{a}$$

Espira circular
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{2} \frac{IR^2}{(R^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} \vec{u}_r \quad a >> R \Rightarrow \vec{B}_{a>>R} \approx \frac{\mu_0}{2} \frac{IR^2}{a^3} \vec{u}_r$$

Flujo magnético
$$\Phi_m = \iint_S \vec{B} \bullet d\vec{S}$$

Ley de Ampère
$$\oint \vec{B} \bullet d\vec{l} = \mu_0 \sum_{i=1}^{n} I_i = \mu_0 I_{neta}$$

Costantes:

- $\vec{Fm} \rightarrow$ (newtons)
- $q \rightarrow$ (carga) C
- $v \rightarrow$ velocidad partícula (m/s)
- $\vec{B} \rightarrow$ Campo magnético
- $T \rightarrow$ (s)
- $\omega \rightarrow$ (rad/s)
- $m \rightarrow$ masa partícula (Kg)
- $B \rightarrow$ Mag. C.M (Teslas)
- $\mu_0 \rightarrow 4\pi \cdot 10^{-7}$

Ejercicio: b) El campo eléctrico de una onda electromagnética que se propaga en un medio es:

$E(x,t) = 800 \text{ sen}(\pi \cdot 10^8 t - 1{,}25x)$ (SI)

- Calcule la frecuencia:

$f = \frac{\pi \cdot 10^8}{2\pi} = 5 \cdot 10^7 \text{ Hz}$ ✓

- Longitud de Onda:

Como no especifica que es en el vacío: SE PROPAGA EN UN MEDIO $V_p < c$

$\lambda = \frac{2\pi}{K} = \frac{2\pi}{1{,}25} = 5{,}03 \text{ m}$

- Periodo:

$T = \frac{2\pi}{\pi \cdot 10^8} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ s}$

- Velocidad:

$V = \frac{5{,}03}{2 \cdot 10^{-8}} = 25{,}15 \cdot 10^7$

- Índice de refracción del medio:

$n = \frac{3 \cdot 10^8}{25{,}15 \cdot 10^7} = 1{,}19$ (sin unidades)

Frecuencia angular: (ω)

$\boxed{\omega = 2\pi f \text{ (rad/s)}}$

Frecuencia: (f)

$\boxed{f = \frac{\omega}{2\pi}}$

Longitud de onda: (λ)

$\boxed{\lambda = \frac{2\pi}{K}}$

$\boxed{c = \lambda \cdot f}$

Índice de refracción de un medio:

$\boxed{n = \frac{c}{V}}$

Velocidad:

$\boxed{V = \frac{\lambda}{T}}$

$\boxed{V = \lambda \cdot f}$

Ejercicio de examen: (10 enero 2023)

4. Una onda electromagnética plana se propaga en el vacío en la dirección negativa del eje x, y el campo eléctrico asociado oscila en la dirección del eje y con un valor máximo de 10 N/C, con un nº de ondas de 2,5 · 10^8 m^{-1} y con una frecuencia angular de 9,3 · 10^{16} rad/s. Calcular: a) Su longitud de ondas, su frecuencia y escribir las expresiones de los vectores campo eléctrico y magnético. b) la intensidad y la densidad de energía media transportada por el campo eléctrico.

$\rightarrow +Kx$

$E_0 = 10$ N/C
$K = 2{,}5 \cdot 10^8 \text{ m}^{-1}$
$\omega = 9{,}3 \cdot 10^{16}$ rad/s

a) Longitud de onda:

$\lambda = \frac{2\pi}{K} = \frac{2\pi}{2{,}5 \cdot 10^8} = 2{,}513 \cdot 10^{-8} \text{ m}$

Frecuencia:

$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{9{,}3 \cdot 10^{16}}{2\pi} = 1{,}48 \cdot 10^{16} \text{ Hz}$

b) Intensidad:

$I = S\langle m \rangle = \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot B}{\mu_0} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10 \cdot 3{,}33 \cdot 10^{-8}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 0{,}133 \text{ W/m}^2$

Densidad:

$\bar{n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{10 \cdot 3{,}33 \cdot 10^{-8}}{3 \cdot 10^8 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 4{,}42 \cdot 10^{-10} \text{ J/m}^3$

Vectores campo eléctrico y magnético:

$B_0 = \frac{10}{3 \cdot 10^8} = 3{,}33 \cdot 10^{-8}$

$E = -10 \text{ sen}(9{,}3 \cdot 10^{16} t \pm 2{,}5 \cdot 10^8 x)$ (*)

$B = 3{,}33 \cdot 10^{-8} \text{ sen}(9{,}3 \cdot 10^{16} t \pm 2{,}5 \cdot 10^8 x)$

Ecuaciones como quiere la profesora:

$\boxed{\vec{E}(x,t) = E_0 \text{ sen}(Kx - \omega t)\vec{j}}$

$\boxed{\vec{B}(x,t) = B_0 \text{ sen}(Kx - \omega t)\vec{k}}$

(*) Oscila en la dirección del eje y $(\pm \vec{j})$

$\boxed{B_0 = \frac{E_0}{c} \text{ (T)}}$

$\boxed{E = E_0 \text{ sen}(\omega t \pm Kx + \varphi_0)}$

$\boxed{B = B_0 \text{ sen}(\omega t \pm Kx + \varphi_0)}$

Densidad energía eléctrica:

$\boxed{n_E = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 \text{ (J/m}^3)}$

Densidad energía magnética:

$\boxed{n_B = \frac{1}{2\mu_0} B^2}$

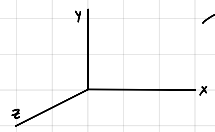
Densidad:

$\boxed{\bar{n} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot B}{c \cdot \mu_0} \text{ (J/m}^3)}$

Intensidad:

$\boxed{I = S\langle m \rangle = \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot B}{\mu_0} \text{ (W/m}^2)}$

Sistema de referencia:



Tomando como sistema de referencia

$\vec{E}(x,t) = -10 \text{ sen}(2{,}5 \cdot 10^8 x + 9{,}3 \cdot 10^{16} t)\vec{j}$

$\vec{B}(x,t) = 3{,}33 \cdot 10^{-8} \text{ sen}(2{,}5 \cdot 10^8 x + 9{,}3 \cdot 10^{16} t)\vec{k}$

Ejercicio: Una bombilla de 50 W emite ondas electromagnéticas esféricas y uniformemente en todas las direcciones. Calcular la intensidad y los módulos de los campos eléctricos y magnéticos a una distancia de 3 m de la bombilla.

Intensidad de la bombilla:

$$\boxed{I = \frac{P}{4\pi r^2} \ (W/m^2)}$$

$P = 50 W$

$r = 3m$

$$I = \frac{50}{4\pi 3^2} = 0{,}44 \ W/m^2$$

Intensidad

$$B_0 = \sqrt{\frac{I \cdot \mu_0 \cdot 2}{c}} = \sqrt{\frac{0{,}44 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{3 \cdot 10^8}} = 6{,}07 \cdot 10^{-8}$$

$$E_0 = \frac{I \cdot 2 \cdot \mu_0}{B_0} = \frac{0{,}44 \cdot 2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{6{,}07 \cdot 10^{-8}} = 18{,}218 \ (V/m) \longrightarrow 18{,}2 \ (V/m)$$

Sacar los módulos E_0 y B_0 con la Intensidad:

$$\boxed{I = \frac{1}{2} \cdot \frac{c \cdot B_0}{\mu_0} \Rightarrow B_0 = \sqrt{\frac{I \cdot \mu_0 \cdot 2}{c}} \ (T)}$$

$$\boxed{I = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_0 \cdot B_0}{\mu_0} \Rightarrow E_0 = \frac{I \cdot 2 \cdot \mu_0}{B_0} \ (V/m)}$$

Ejercicio de Examen:

4. Suponiendo una bombilla de 60 W, si el 60% de la energía emitida se convierte en radiación electromagnética y ésta se propaga uniformemente en todas las direcciones, determinar a 2 m de ella: a) La intensidad media; b) la presión de radiación; c) Las amplitudes de los campos eléctrico y magnético.

Sacar los módulos E_0 y B_0 con la Intensidad:

$$\boxed{I = \frac{1}{2} \cdot \frac{c \cdot B_0}{\mu_0} \Rightarrow B_0 = \sqrt{\frac{I \cdot \mu_0 \cdot 2}{c}} \ (T)}$$

$$\boxed{I = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_0 \cdot B_0}{\mu_0} \Rightarrow E_0 = \frac{I \cdot 2 \cdot \mu_0}{B_0} \ (V/m)}$$

$P = 60 W \cdot 0{,}60$ (%)

$r = 2m$

Presión de radiación:

$$\boxed{P_r = \frac{I}{c} = \frac{E_0 B_0}{2\mu_0 c} \ (Pa)}$$

Presión de radiación: Si la superficie refleja toda la energía:

$$\boxed{P_r = 2\frac{I}{c} = \frac{E_0 B_0}{\mu_0 \cdot c}}$$

a) Intensidad:

$$I = \frac{P}{4\pi r^2} = \frac{60 \cdot 0{,}60}{4\pi \cdot 2^2} = 0{,}72 \ W/m^2$$

b) Presión de radiación:

$$P_r = \frac{0{,}72}{3 \cdot 10^8} = 2{,}4 \cdot 10^{-9} \ Pa$$

c)

$$B_0 = \sqrt{\frac{I \cdot \mu_0 \cdot 2}{c}} = \sqrt{\frac{0{,}72 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2}{3 \cdot 10^8}} = 7{,}77 \cdot 10^{-8} \ T$$

$$E_0 = \frac{I \cdot 2 \cdot \mu_0}{B_0} = \frac{0{,}72 \cdot 2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}}{7{,}77 \cdot 10^{-8}} = 23{,}3 \ V/m$$

Ejercicio de Examen:

3. Una onda electromagnética armónica plana viaja en el vacío en la dirección positiva del eje Z; el valor máximo del vector del campo eléctrico, que se encuentra vibrando en la dirección del eje Y, es de **45 N/C**; si su frecuencia es de **12 MHz**, determine: a) Las ecuaciones de los campos eléctrico y magnético; b) La densidad de energía media c) La intensidad de la onda. d) La dirección y sentido del vector de Poynting y el valor promedio de su módulo.

$-Kz$

Ecuaciones como quiere la profesora:

$$\boxed{\vec{E}(x,t) = E_0 \operatorname{sen}(Kx - \omega t)\vec{j} \ (N/C)}$$

$$\boxed{\vec{B}(x,t) = B_0 \operatorname{sen}(Kx - \omega t)\vec{K} \ (T)}$$

$E_0 = 45 \ N/C$

$f = 12 \ MHz$

a) Cogemos la velocidad de propagación que en este caso es c (velocidad de la luz en el vacío):

$$\boxed{c = \lambda \cdot f}$$

$$\boxed{B_0 = \frac{E_0}{c} \ (T)}$$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{12 \cdot 10^6} = 25 m$$

$$K = \frac{2\pi}{25} = 0{,}25 \ m^{-1}$$

$$\omega = 2\pi \cdot 12 \cdot 10^6 = 7{,}5 \cdot 10^7 \ rad/s$$

$$B_0 = \frac{45}{3 \cdot 10^8} = 1{,}5 \cdot 10^{-7} \ T$$

Conversiones:

- $KHz \longrightarrow 10^3 \ Hz$
- $MHz \longrightarrow 10^6 \ Hz$
- $GHz \longrightarrow 10^9 \ Hz$

Módulo vector de Poyting:

$$\boxed{S = c \frac{B_0^2}{\mu_0} \operatorname{sen}^2(Kx - \omega t)}$$

Valor medio del módulo del vector de Poyting:

$$\boxed{S_{\langle m \rangle} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_0 B_0}{\mu_0}}$$

→ Ecuaciones del campo eléctrico y magnéticos:

$$\vec{E}(z,t) = 45 \operatorname{sen}(0{,}25z - 7{,}5 \cdot 10^7 t)\vec{j}$$

$$\vec{B}(z,t) = 1{,}5 \cdot 10^{-7} \operatorname{sen}(0{,}25z - 7{,}5 \cdot 10^7 t)\vec{K}$$

b) Densidad:

$$\boxed{\bar{\eta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot B}{c \cdot \mu_0} \ (J/m^3)}$$

$$\bar{\eta} = \frac{1}{2} \cdot \frac{45 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-7}}{3 \cdot 10^8 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7}} = 8{,}95 \cdot 10^{-9} \ (J/m^3)$$

c) Intensidad:

$$\boxed{I = S\langle m\rangle = \frac{1}{2} \cdot \frac{E \cdot B}{\mu_0} \ (W/m^2)}$$

Intensidad de la onda:

$$\boxed{I = \bar{\eta} \cdot c}$$

$$I = 8{,}95 \cdot 10^{-9} \cdot 3 \cdot 10^8 = 2{,}685 \ W/m^2$$

d) Vector de poyting: (Valor medio)

Apunta en la dirección y sentido de la propagación de la onda.

$$\boxed{S\langle m\rangle = \frac{1}{2} \cdot \frac{E_0 B_0}{\mu_0} \ (A)}$$

$$S\langle m\rangle = \frac{1}{2} \cdot \frac{45 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-7}}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 2{,}69 \ A$$

Efecto fotoeléctrico:

Conversiones: $1eV = eV \cdot \frac{1{,}6\cdot10^{-19}J}{1eV} = J$; $J = \frac{1}{1{,}6\cdot10^{-19}} eV$

Constantes: $h \rightarrow 6{,}62\cdot10^{-34}\ J\cdot s$; $c \rightarrow 3\cdot10^{8}\ m/s$; $e \rightarrow 1{,}6\cdot10^{-19}$; $m \rightarrow 9{,}1\cdot10^{-31}$

- Recuerda que f y v son lo mismo

Energía del fotón

$\boxed{E = h\cdot v}$ → La energía radiante está cuantizada en paquetes fotones.

$\boxed{E = W_0 + E_c}$ (ENERGÍA FOTÓN) ; $\boxed{E = h\cdot v = h\cdot c/\lambda}$ (constante de Plank; frecuencia)

Energía cinética:

$\boxed{E_c = hv - W}$; $\boxed{E_c = h\cdot v - h\cdot v_0}$; $\boxed{E_c = \frac{1}{2} m\cdot v_e^2\ (J)}$

Energía cinética máxima:

$\boxed{E_{c\,max} = hv - W_0}$; $\boxed{E_{c\,max} = \frac{1}{2} m\cdot v_e^2}$

Función trabajo:

$\boxed{W_0 = hv - E_{c\,max}}$

W_0 → FUNCIÓN TRABAJO DE EXTRACCIÓN

W → Energía necesaria para extraer el electrón del metal

Longitud de onda:

$\boxed{\lambda = h\frac{c}{E}}$

Longitud de onda máxima:

$\boxed{\lambda = \frac{h\cdot c}{E_{c\,max}}}$

Frecuencia:

$\boxed{v = \frac{c}{\lambda}}$

Frecuencia umbral:

$\boxed{v_0 = \frac{W_0}{h}}$; $\boxed{v_0 = \frac{c}{\lambda_0}}$

Ejercicio: Para romper un enlace químico en las moléculas de piel humana (dando lugar a una quemadura), se requiere la energía de un fotón de, aproximadamente, 3,5 eV ¿A qué longitud de onda corresponde? ¿Qué lugar ocupa en el espectro de las ondas electromagnéticas?

$E = 3{,}5\ eV$

$\boxed{\lambda = h\frac{c}{E}\ (m)}$

PASO 1: Pasar la energía del fotón de eV a J:

$3{,}5\frac{1{,}6\cdot10^{-19}}{1} = 5{,}6\cdot10^{-19}J$

$\boxed{1eV = eV\cdot\frac{1{,}6\cdot10^{-19}J}{1eV} = J}$

PASO 2:

$\lambda = h\frac{c}{E} = 6{,}62\cdot10^{-34}\cdot\frac{3\cdot10^{8}}{5{,}6\cdot10^{-19}} = 3{,}546\cdot10^{-7}m$

Trabajo de extracción: (eV/J)

$\boxed{W_0 = h\cdot v_0 = h\cdot\frac{c}{\lambda_0}}$; $\boxed{W_0 = hv - eV_{fren}}$

- $E_{fotón} = hf < W_0$ → Electrón no escapa
- $E_{fotón} = hf = W_0$ → Electrón escapa sin E.C.
- $E_{fotón} = hf > W_0$ → Electrón escapa con E.C. (se produce el E.F)

$\boxed{W_0 = E - E_c}$

$\mu m \rightarrow 10^{-6}m$; $nm \rightarrow 10^{-9}m$; $pm \rightarrow 10^{-12}m$

$\boxed{W_0 = \frac{hc}{\lambda} - \frac{1}{2}mv_e^2}$

Ejercicio de examen:

5. Si una radiación de λ = 1200 Å e intensidad, I = 2,5 Wm^{-2}, incide sobre una célula fotoeléctrica dotada de un cátodo de tungsteno cuyos fotoelectrones poseen una energía cinética máxima de 5,5 eV. a) ¿cuántos fotones inciden por unidad de tiempo si la superficie del fotocátodo es de 30 mm^2? b) Calcular la longitud de onda máxima de la luz que generaría el efecto fotoeléctrico.

Conversiones: $1Å \xrightarrow{\times} 1\cdot10^{-10}m$

$\lambda = 1200Å \rightarrow 1{,}2\cdot10^{-7}m$

$I = 2{,}5\ Wm^{-2}$

$E_{c\,max} = 5{,}5eV \rightarrow 8{,}8\cdot10^{-19}J$

a) $S \rightarrow 30mm^2 = 3\cdot10^{-5}m^2$

PASO 1: Calcular la frecuencia:

$v = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot10^{8}}{1{,}2\cdot10^{-7}} = 2{,}5\cdot10^{15}Hz$

PASO 2: Calculamos el número de fotones:

$N_f = \frac{2{,}5}{6{,}62\cdot10^{-34}\cdot2{,}5\cdot10^{15}} = 1{,}5\cdot10^{18}$

$1{,}5\cdot10^{18}\cdot\frac{3\cdot10^{-5}}{1} = 4{,}53\cdot10^{13}$ fotones

b) $\lambda_{max} = \frac{h\cdot c}{E_{c\,max}} = \frac{6{,}62\cdot10^{-34}\cdot3\cdot10^{8}}{8{,}8\cdot10^{-19}} = 2{,}26\cdot10^{-7}m.$

Número de fotones por unidad de tiempo:

$\boxed{N_f = \frac{I}{hf}\ (fotones)}$; $\boxed{N_f \times \frac{S}{1}}$

Longitud de onda máxima:

$\boxed{\lambda = \frac{h\cdot c}{E_{c\,max}}}$

Ejercicio de examen:

5. Una radiación de 1,5 mm de longitud de onda incide sobre una superficie metálica y produce la emisión de fotoelectrones con una velocidad máxima v = 10^5 ms^{-1}. Calcular: a) Trabajo de extracción del metal. b) Frecuencia umbral de fotoemisión. c) Potencial de frenado de los electrones.

Trabajo de extracción: $\boxed{W_0 = E - E_c}$ (Para comprobar resultados)

$\lambda = 1{,}5\cdot10^{-3}m$

$v_e = 10^{5}\ ms^{-1}$

a) PASO 1: Calculamos la frecuencia: (v)

$v = \frac{c}{\lambda} \rightarrow v = \frac{3\cdot10^{8}}{1{,}5\cdot10^{-3}} = 2\cdot10^{11}Hz$

PASO 2: Calculamos la energía de los fotones.

$E = h\cdot v = 6{,}62\cdot10^{-34}\cdot2\cdot10^{11} = 1{,}324\cdot10^{-22}J$

PASO 3: Calculamos la energía cinética:

$\boxed{E_c = \frac{1}{2}m\cdot v_e^2\ (J)}$

$E_c = \frac{1}{2}\cdot9{,}1\cdot10^{-31}\cdot(10^{5})^2 = 4{,}55\cdot10^{-21}J$

PASO 4: Calculamos el trabajo de extracción:

$W_0 = 1{,}324\cdot10^{-22} - 4{,}55\cdot10^{-21} = 2{,}08\cdot10^{-3} = -4{,}42\cdot10^{-21}J$

PASO 5: Calculamos la λ:

$\lambda = 6{,}62\cdot10^{-34}\cdot\frac{3\cdot10^{8}}{1{,}324\cdot10^{-22}} = 1{,}5\cdot10^{-3}m$

b) Frecuencia umbral:

$$\nu_0 = \frac{-4{,}42\cdot 10^{-21}}{6{,}62\cdot 10^{-34}} = ?$$

Frecuencia umbral: $\boxed{\nu_0 = \frac{W_0}{h}}$

Continuar más tarde

¿Hay efecto fotoeléctrico?:

- Si $\nu > \nu_0 \longrightarrow$ Sí hay efecto fotoeléctrico
- Si $\lambda < \lambda_0 \longrightarrow$ Sí hay efecto fotoeléctrico

Examen Final – Septiembre 2023

4. Al iluminar la superficie de un metal con luz de longitud de onda 280 nm, la emisión de fotoelectrones cesa para un potencial de frenado de 1,3 V. a) Determine la función trabajo del metal y la frecuencia umbral de emisión fotoeléctrica. Cuando la superficie del metal se ha oxidado, el potencial de frenado para la misma luz incidente es de 0,7 V, cómo cambian, debido a la oxidación del metal: b) la energía cinética máxima de los fotoelectrones; c) la frecuencia umbral de emisión; d) la función trabajo.

Frecuencia umbral: $\boxed{\nu_0 = \frac{W_0}{h}}$

Energía cinética máxima: $\boxed{E_{c\,max} = h\nu - W_0}$

$\lambda = 280\,nm \longrightarrow 2{,}8\cdot 10^{-7}\,m$

$V_{fren} = 1{,}3\,V$

Trabajo de extracción: $\boxed{W_0 = h\nu - e\,V_{fren}}$ $\boxed{\nu = \frac{c}{\lambda}}$

$$\nu = \frac{3\cdot 10^8}{2{,}8\cdot 10^{-7}} = 1{,}07\cdot 10^{15}\,Hz$$

a) ¿W_0? ¿ν_0?

$$W_0 = h\cdot\nu - e\cdot V_{fren} = 6{,}62\cdot 10^{-34}\cdot 1{,}07\cdot 10^{15} - 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 1{,}3 = 5\cdot 10^{-19}\,J$$

$$\nu_0 = \frac{5\cdot 10^{-19}}{6{,}62\cdot 10^{-34}} = 7{,}55\cdot 10^{14}\,Hz$$

b) $V_{fren} = 0{,}7\,V$

$$W_0 = h\cdot\nu - e\cdot V_{fren} = 6{,}62\cdot 10^{-34}\cdot 1{,}07\cdot 10^{15} - 1{,}6\cdot 10^{-19}\cdot 0{,}7 = 5{,}96\cdot 10^{-19}\,J$$

$$E_{c\,max} = h\nu - W_0 = 6{,}62\cdot 10^{-34}\cdot 1{,}07\cdot 10^{15} - 5{,}96\cdot 10^{-19} = 1{,}12\cdot 10^{-19}\,J$$

c) $$\nu_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{5{,}96\cdot 10^{-19}}{6{,}62\cdot 10^{-34}} = 9\cdot 10^{14}\,Hz$$

d) $$W_0 = h\nu - E_{c\,max} = 6{,}62\cdot 10^{-34}\cdot 1{,}07\cdot 10^{15} - 1{,}12\cdot 10^{-19} = 5{,}96\cdot 10^{-19}\,J$$

Examen Final – Enero 2018

4. Un haz de radiación electromagnética de **2500 Å** de longitud de onda incide sobre una superficie de aluminio que tiene una función trabajo de **4,08 eV**. (a) ¿Cuál es la velocidad de los fotoelectrones emitidos más rápidos? (b) ¿Cuál es el potencial de frenado? c) ¿Cuánto vale la longitud de onda umbral? d) ¿Aparecería el efecto fotoeléctrico si se iluminara el aluminio con una luz de **$3\cdot 10^{14}$ Hz**? Datos: $m_e = 9{,}1\cdot 10^{-31}$ kg; e= $1{,}6\cdot 10^{-19}$ C; c=$3\cdot 10^8$ ms^{-1}; h=$6{,}63\cdot 10^{-34}$ Js.

$$\boxed{1\,eV = eV\cdot\frac{1{,}6\cdot 10^{-19}\,J}{1\,eV} = J}$$

Velocidad del electrón: $\boxed{V_e = \sqrt{\frac{2E_{c\,max}}{m}}}$

Energía cinética máxima: $\boxed{E_{c\,max} = h\nu - W_0}$

$\lambda = 2500\,Å = 2500\cdot 10^{-10} = 2{,}5\cdot 10^{-7}\,m$

$W_0 = 4{,}08\,eV = 4{,}08\cdot\frac{1{,}6\cdot 10^{-19}}{1} = 6{,}528\cdot 10^{-19}\,J$

Frecuencia: $\boxed{\nu = \frac{c}{\lambda}}$

a)

PASO 1: Sacamos la frecuencia:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3\cdot 10^8}{2{,}5\cdot 10^{-7}} = 1{,}2\cdot 10^{15}\,Hz$$

PASO 2: Sacamos la energía cinética máxima:

$$E_{c\,max} = h\cdot\nu - W_0 = 6{,}62\cdot 10^{-34}\cdot 1{,}2\cdot 10^{15} - 6{,}528\cdot 10^{-19} = 1{,}416\cdot 10^{-19}\,J$$

PASO 3: Sacamos la velocidad del electrón:

$$V_e = \sqrt{\frac{2E_{c\,max}}{m}} = \sqrt{\frac{2\cdot 1{,}416\cdot 10^{-19}}{9{,}1\cdot 10^{-31}}} = 5{,}58\cdot 10^5\,ms$$

Longitud de onda umbral: $\boxed{\lambda_0 = \frac{h\cdot c}{W_0}}$

b) $$V_{fren} = \frac{E_{c\,max}}{e} = \frac{1{,}416\cdot 10^{-19}}{1{,}6\cdot 10^{-19}} = 0{,}885\,V$$

c) $$\nu_0 = \frac{W_0}{h} = \frac{6{,}528\cdot 10^{-19}}{6{,}62\cdot 10^{-34}} = 9{,}86\cdot 10^{14}\,J$$

d)

- Si $\nu > \nu_0 \longrightarrow$ Sí hay efecto fotoeléctrico

$\nu = 3\cdot 10^{14}\,Hz$

Frecuencia umbral: $\boxed{\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}}$

$$\lambda_0 = \frac{6{,}62\cdot 10^{-34}\cdot 3\cdot 10^8}{6{,}528\cdot 10^{-19}} = 3{,}04\cdot 10^{-7}\,m$$

$$\nu_0 = \frac{3\cdot 10^8}{3{,}04\cdot 10^{-7}} = 9{,}87\cdot 10^{14}\,Hz$$

Como ν es menor que ν_0 ($3\cdot 10^{14} < 9{,}87\cdot 10^{14}$) no se produce el efecto fotoeléctrico.

formulario:

Velocidad del electrón:

$$V_e = \sqrt{\frac{2\,Ec_{max}}{m}}$$

Ve: Velocidad máxima de los electrones

Longuitud de onda umbral:

$$\lambda_0 = \frac{h \cdot c}{W_0}$$

Potencial de frenado:

$$V_{fren} = \frac{h}{e}\,(\nu - \nu_0)$$

(V)

$$Ec_{max} = V_{fren} \cdot e$$

$$V_{fren} = \frac{Ec}{e}$$

Momento lineal:

$$P = m \cdot v_e$$