uc3m | Universidad Carlos III de Madrid

Grado en Ingeniería Informática

2018-2019

Apuntes

Física

Jorge Rodríguez Fraile[1]

[1] Universidad: 100405951@alumnos.uc3m.es | Personal: jrf1616@gmail.com

ÍNDICE GENERAL

Parte I

Teoría

Formulas física.

$V=\frac{x}{t}\,[m/s]$ | $a=\frac{V}{t}\,[m/s^2]$ | $F=ma\,[N]$ | $P=m\cdot g\,[N]$ | $N=-P\,[N]$

Tensión $[N]$ | $F_{Roz}=\mu_c N\,[N]$

MRU
$V=V_0$ cte
$x=x_0+Vt$

MRUA
$V=V_0+at$
$x=x_0+V_0t+\frac{1}{2}at^2$
$V_f^2-V_0^2=2a\Delta x$

$W=Fr\cdot\cos\alpha=\int_{r_0}^{r}F\,d\vec{r}\,[J]$
$W=\Delta E_c \quad W_c=-\Delta E_p$

$P=\frac{W}{t}=F\cdot v\,[W]$
$1CV=735W$

$E_c=\frac{1}{2}mv^2\,[J]$ | $E_p=mgh\,[J]$ | $E_m=E_c+E_p$ | $W_{nc}=\Delta E_m$

MCU

$F_c=\frac{mv^2}{r}=m\omega^2 r\,[N]$ | $a_{centripeta}=\omega^2 r=\frac{V^2}{r}\,[m/s^2]$ | $T\,[s]$ | $f=\frac{1}{T}\,[Hz]$ | $\omega=2\pi f=\frac{2\pi}{T}\,[rad/s]$

$V=2\pi r f=\frac{2\pi r}{T}\,[m/s]$ | $1rpm=\frac{1}{60}Hz$

Atomos

$f=\nu=\frac{c}{\lambda}$ | $E=\overset{\text{Plank}}{h}f=h\nu\,[N]$ | $\lambda=\frac{h}{mV}\,[m]$ | $E=-\frac{13'6}{n^2}\,[eV]$ | $hf=E_B-E_A$ | $\Delta x(m\Delta v_x)\geq\frac{h}{4\pi}$

3. **Campo electrico**

$F_q=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{qQ}{R^2}\vec{u}_r\,[N]$ | $k=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}$ | carga puntual $E=k\frac{q}{r^2}\,[\frac{N}{C}]$ | $F_q=Eq\,[N]$ | $\phi=ES\cos\alpha=\iint\vec{E}\,d\vec{S}$

4. Gauss

$\oint\vec{E}\,d\vec{S}=\frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$ | plano indefinido $E=\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\,[N/C]$ | hilo indef. $E=\frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}\vec{u}_r$ | $\rho=\frac{C}{V}$ | Esfera $E=\frac{Q_{int}}{4\pi r^2\varepsilon_0}\vec{u}_r$ $r>R$; $E=\frac{Qr}{4\pi R^3\varepsilon_0}u_r$ $0<r<R$

5. $V=k\frac{q}{r}\,[V]=V=-\int_{\infty}^{A}\vec{E}\,d\vec{l}$ | $\vec{\nabla}=\frac{d}{dr}u_r=\vec{grad}$ | $\vec{E}=\vec{\nabla}V$ | $E=\frac{dV}{dr}$ | $E_p=QV=k\frac{qq}{r}\,[J]$

$W_{AB}=q\Delta V_{AB}$ >0 espontanea. <0 exterior.

6. **Conductores** $(E_{int}=0)$

$E=\frac{Q}{4\pi r^2\varepsilon_0}\,[N/C]$ | $V=-\int_{\infty}^{r}\vec{E}\,d\vec{r}=\frac{Q}{4\pi r\varepsilon_0}\,[V]$ Siendo positivo carga pr carga | $E_p=\frac{1}{2}qV$

7. **Condensadores**

$C=\frac{Q}{V}=\varepsilon_0\frac{S}{d}=\varepsilon_0\varepsilon_r\frac{S}{d}\,[F]$ | $\sigma=\frac{Q}{S}\,[\frac{C}{m^2}]$ | $E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}$ | $E_p=\frac{1}{2}QV_{AB}=\frac{1}{2}CV_{AB}^2=\frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}=u_e V$

$u_e=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2\,[\frac{J}{m^3}]$ Densidad de energía electrostatica | Serie: $\frac{1}{C_{eq}}=\frac{1}{C_1}+\ldots$ Misma carga | Paralelo: $C_{eq}=C_1+\ldots$ Mismo potencial | $\Delta V=\sigma\frac{d}{\varepsilon_0}$

8. **Corriente electrica**

$I=\frac{Q}{t}\,[A]$ | $J=\frac{I}{S}\,[\frac{A}{m^2}]=neV=\overset{\frac{1}{\rho}}{\sigma}\vec{E}$ Densidad de corriente ; Ohm | $\Delta V=IR$ | $R=\rho\frac{l}{S}\,[\Omega]$ pouillet | $\rho=\frac{1}{\sigma}$ | $\rho=\rho_0(1+\alpha t)$ coeficiente de temperatura

$P=\Delta V I\,[W]=I^2R$ Joule

9. Campo magnetico

$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot q \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$ [T] — Carga puntual

$B = \int_L \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \vec{dl} \times \vec{r}}{r^3}$ — Elemento de corriente

Hilo: $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

Espira: $B = \frac{\mu_0 I}{2R}$

Solenoid: $B = \frac{\mu_0 N I}{L}$

$\downarrow$

$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint \frac{\vec{dl} \times \vec{r}}{r^3} = \frac{\mu_0 I R^2}{2 r^3}$

Ampere: $\oint_C \vec{B} \vec{dl} = \mu_0 I_{int}$

$\phi_m = \int_S \vec{B} d\vec{s}$

paso de helice $p = v_{\parallel} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = v_{\parallel} \frac{2\pi R}{v_{\perp}}$
$(\omega = \frac{v_{\perp}}{R})$

La capacidad del condensador solo depende de la geometria y la permitividad

La superficie de un conductor tiene la carga interna y es equipotencial.

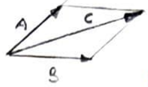
La velocidad de incidencia no afecta el periodo $F = qvB = \frac{mv^2}{r}$, $qB = m\omega$

(Ojo al periodo, posible división p $T/4$) $\quad qB = m \frac{2\pi}{T}$, $T = \frac{2\pi m}{qB}$

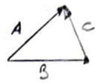
Tema 1: Cinemática, Dinámica y Energía.

Representación de un vector.

$A+B=C$



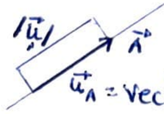
$A-B=C$



$\vec{A} = A_x + A_y + A_z$

$\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j} + A_z \vec{k}$

↳ vector unitario (i, j, k)



$\vec{u}_A$ = vector unitario

$|\vec{u}_A| = 1$

Producto escalar

$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB\cos\alpha$

vectores → nº real $(\pm)$

$A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$

$A = A^2\cos\alpha$

$A \perp B \; |\vec{A}\times\vec{B}| = |\vec{A}||\vec{B}|$

$A \parallel B \; |\vec{A}\times\vec{B}| = 0$

$|\vec{A}\times\vec{B}| = |\vec{A}||\vec{B}| \cdot \operatorname{sen}\alpha$

Producto vectorial

$\vec{A}\times\vec{B} = \vec{C}$ vectores

$A = A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}$

$B = B_x\vec{i} + B_y\vec{j} + B_z\vec{k}$

$C = C_x\vec{i} + C_y\vec{j} + C_z\vec{k} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$

(El del medio negativo)

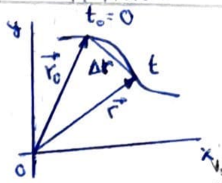
Velocidad

V_m → Velocidad media

$$V_x = \frac{(x_2 - x_1)}{(t_2 - t_1)} = \boxed{\frac{\Delta x}{\Delta t}} = \frac{dx}{dt}$$

Infinitamente pequeños $(\Delta t = dt)$

velocidad instantanea → $\boxed{\vec{V} = \frac{d\vec{r}}{dt}}$



Si los dos puntos son muy proximos, la velocidad media es practicamente la instantanea

$V_{PB} = V_{PA} + V_{AB}$ velocidad relativa

V_{PB}: V en B

V_{PA}: velocidad en el sistema de coord A

V_{AB}: velocidad del sistema A respecto a B

Aceleración

a_m: aceleración media

$$a_x = \frac{(V_{x2} - V_{x1})}{(t_2 - t_1)} = \boxed{\frac{\Delta V_x}{\Delta t}} = \frac{dV_x}{dt}$$

aceleración instantanea → $\boxed{\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}}$

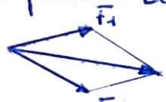
Concepto de Fuerza: Resultado de la interacción de dos cuerpos.

$\vec{F}_T = \Sigma \vec{F}_i$ $\quad [F] = N$ ← es la cantidad de fuerza neta que proporciona una aceleración de $1\ m/s^2$ a un cuerpo con masa de $1\ kg$. $N = 1\ kg \cdot m/s^2$

$\boxed{\vec{F} = m \cdot \vec{a}}$

Principio de Superposición: La suma vectorial de varias fuerzas individuales sobre un cuerpo.

$\boxed{\vec{F}_T = \Sigma \vec{F}_i}$



Leyes de la Dinámica.

1ª Ley: Ley de la inercia (Galileo Galilei): un cuerpo sobre el que no actúa una fuerza neta se mueve con velocidad constante (que puede ser cero) y aceleración nula. $\vec{F}_2 = -\vec{F}_1$

$\Sigma\vec{F} = 0 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_1 - \vec{F}_1$ ← En equilibrio

2ª Ley: Ley fundamental de la dinámica (Huyghens): si una fuerza externa neta actúa sobre un cuerpo, éste se acelera. La dirección de la aceleración es la misma que la dirección de la fuerza neta. $\boxed{F = m \cdot a}$

$\Sigma F = m \cdot \vec{a} \qquad P_{es} = m \cdot g \qquad F = \frac{dp}{dt} = \frac{d}{dt}(m \cdot \vec{V}) = m \cdot \frac{d\vec{V}}{dt} = m \cdot a$

(W; F_g; $p = mv$; aceleración)

3ª Ley: Principio de acción-reacción: si un cuerpo A ejerce una fuerza sobre el cuerpo B (una "acción"), entonces, B ejerce una fuerza sobre A (una reacción). Estos dos fuerzas tienen la misma magnitud pero dirección opuesta, y actuan sobre diferentes cuerpos.

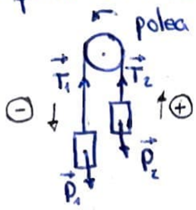
$\vec{F}_{A\ sobre\ B} = -F_{B\ sobre\ A}$

Fuerzas de interes.

• Muelle (Ley de Hooke)
$F_x = -k\,\Delta x$

Tensión: Fuerza que es ejercida mediante la acción de un cable, cuerda, cadena, etc.

Maquina de Atwood.

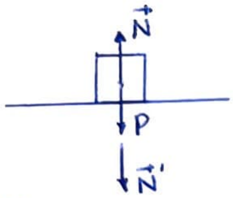


$P_1 - T_1 = m_1 \cdot a$

$T_2 - P_2 = m_2 \cdot a$

Plantear todas las fuerzas implicadas

Fuerza normal (N): Es la fuerza que ejerce una superficie sobre un cuerpo apoyado sobre ella.



$$\boxed{\vec{N} = -\vec{N}' = -\vec{P}}$$

Fuerza de rozamiento estatico y por desliza. ($\vec{F_R}$)

$\vec{v} = 0$ $(F_{Re})_{max} = \mu_e \cdot N$ — No se mueve (una rueda) cada taquito esta quieto

$\vec{v} \neq 0$ $\boxed{F_{Rc} = \mu_c \cdot N}$ — Se mueve (deslizamiento)

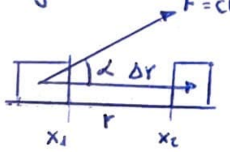
Movimiento Rectilineo Uniforme (MRU)

$a_x = 0$ $\quad \boxed{\begin{array}{l} V_x = V_{ox} \text{ cte} \\ x = x_0 + V_0 t \end{array}}$ El movimiento no está acelerado, hay que demostrarlo.

Movimiento Rectilineo Uniformemente Acelerado (MRUA)

$a_x = a_0$ cte $\quad \boxed{\begin{array}{l} V_x = V_{ox} + at \\ x = x_0 + V_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \\ V_x^2 - V_{ox}^2 = 2a_x (x - x_0) \end{array}}$ El movimiento tiene una aceleración cte, hay que demostrarlo.

Trabajo: Es el producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y del desplazamiento del cuerpo en la dirección de esta fuerza.



$r = (x_2 - x_1)$

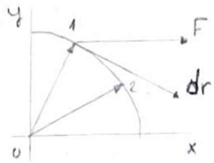
$\boxed{W = F \cdot r = F \cdot r \cdot \cos\alpha}$ → Suponiendo que es un MRU, y que es paralelo a la dirección de movimiento. Debe cumplir la 3 (1,2,3)

↳ respecto al movimiento

$[W] = J = N \cdot m$

Si $\vec{F} \perp \Delta\vec{r} \Rightarrow W = 0$

Si $\vec{F} = F(\vec{r}) \Rightarrow \boxed{W = \int_{\vec{r_0}}^{\vec{r}} \vec{F} d\vec{r}}$



Cuando no es uniforme, ni rectilineo. Se busca una infinitamente pequeña que lo cumpla.

Potencia: Mide el ritmo con el que entrega el trabajo las cosas.

$\boxed{P = \dfrac{\Delta W}{\Delta t}}$ $\quad [P] = \dfrac{J}{s} = W$ (vatios) Para mayor precisión $\boxed{P = \dfrac{dW}{dt}}$

$\boxed{1 CV = 735 W}$ → caballos de vapor

$1 HP = 746 W$

El problema es tener $W(t)$ por ello:

$$P = \vec{F} \cdot \frac{d\vec{r}}{dt} = \boxed{\vec{F} \cdot \vec{v} = P}$$

Física T(2) 6/09/2018

Teorema de la E_c → Energía Cinética

* Fuerza conservativa: Si el trabajo total que realiza sobre una partícula es cero cuando la partícula se mueve a lo largo de una trayectoria cerrada y vuelve a su posición inicial. El trabajo es independiente de la trayectoria de la partícula

$\boxed{E_c = \frac{1}{2} m v^2}$ $\quad W_T = \underset{\text{Ej: } F_e,\, F_g,\, \text{peso}}{W_{conservativas}} + \underset{\text{Ej: } F_R}{W_{no\,c.}} = \boxed{\Delta E_c = W_T}$

Un resultado posible de hacer trabajo sobre un sistema es que el sistema cambie su rapidez.

Teorema trabajo-Ec ($W = \Delta E_c$): Cuando se consume trabajo en un sistema, y el único cambio en el sistema es en su rapidez, el trabajo neto consumido en el sistema es igual al cambio en energía cinética del sistema.

Teorema de la E_p → Energía potencial

$\boxed{W_{conservativas} = -\Delta E_p}$ Solo para conservativas. $\boxed{E_{p_{gravitatoria}} = mgh_y}$ por estar a una altura h.

Para que salga negativa

$U = E_p = \int mg\, dy = mgy + U_0$

* Fuerza conservativa: $F_x = -\frac{dU}{dx}$ $\quad dU = dE_p$

$F_y = -\frac{dU}{dy}$ $\quad F_z = -\frac{dU}{dz}$

$E_{p\,elastica} = \frac{1}{2} k x^2 \rightarrow W_{elastica} = -\Delta U_{elastica} = -\Delta E_{p\,el}$

Conservación de la E_m → Energía mecanica

$$\left.\begin{array}{l} W_c + W_{nc} = \Delta E_c \\ W_c = -\Delta E_p \end{array}\right\} -\Delta E_p + W_{nc} = \Delta E_c$$

$W_{nc} = \Delta E_c + \Delta E_p$ $\quad \boxed{W_{nc} = \Delta E_m}$ $\quad$ Si $W_{nc} = 0$, ΔE_m es cte

$\boxed{E_m = E_c + E_p}$

Movimiento circular uniforme.

No uniforme	
x, y	θ
v_x, v_y	ω
a_x, a_y	$\alpha = a_a$

La fuerza solo puede alterar el sentido y dirección de la velocidad, pero no su modulo:

$v = cte$ $\quad E_c = cte$ $\quad \omega = cte$ (velocidad angular)

$F_c = \frac{m v^2}{r}$ (a_c) $\quad \vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_c$ $\quad \boxed{a_T = \frac{dv}{dt}}$ (velocidad escalar) $\quad \boxed{a_c = \frac{v^2}{r}}$ $\quad \bar{\alpha}_{angular} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ $\quad a_a = \frac{d\omega}{dt}$ $\quad S = R\theta$

$a_t = \alpha R$ (α a angular) $\quad a_n = \omega^2 R$ (a centrípeta)

El periodo (T $[T] = s$) es el tiempo que tarda la partícula en dar una vuelta.

La frecuencia (f, ν $[f] = Hz$) número de vueltas por segundo (unidad de tiempo)

$\boxed{f = \frac{1}{T}}$ $\quad Hz = s^{-1}$ $\quad 1\,rpm = \frac{1}{60}\,Hz$

La velocidad angular (ω $[\omega] = rad/s$) angulos por segundo (unidad de tiempo)

$\boxed{\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}}$ $\quad \bar{\omega} = \frac{\Delta\alpha}{\Delta t} \rightarrow \bar{\alpha} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \rightarrow \alpha = \frac{d\omega}{dt}$ (aceleración angular)

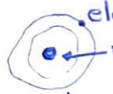
La velocidad lineal (escalar) (v $[v] = m/s$) espacio por segundo. (unidad de tiempo)

$\boxed{v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r \cdot f}$ $\quad v = \frac{\Delta r}{\Delta t}$

13/09/2018

Tema 2: Átomos y Solidos.

- Fuerzas fundamentales:
  - Fuerza gravitatoria: Su alcance es largo, es decir, no importa la distancia entre las masas. Su propiedad es la masa, que altera la fuerza.
  - Fuerza electromagnetica: es una interacción de largo alcance, con la carga eléctrica como propiedad. Tomando como base la intensidad de la fuerza gravitatoria como 1, podemos decir que la intensidad de la fuerza electromagnética es 10^{36}.
  - Nuclear fuerte: es una interacción de corto alcance, con la carga de color como propiedad. Intensidad relativa es 10^{38}
  - Nuclear débil: es una interacción de corto alcance, con la carga de sabor como propiedad. La intensidad relativa es 10^{25}
- La materia está formada de átomos, y la importancia de entenderlos para posteriores cálculos (tema 3), llevó a muchas personas a crear modelos.
- Modelo de Rutherford: Dice que el átomo es como el sistema planetario, de forma:



electrones

núcleo (formado por protones y neutrones)

- Toda particula fundamental, necesita saberse su masa y la carga, para conocer las fuerzas fundamentales:

protón < masa (kg) = $1'67 \cdot 10^{-27}$; carga electrica (C) = $1'602 \cdot 10^{-19}$

neutrón < masa (kg) = $1'675 \cdot 10^{-27}$; carga electrica (C) = 0

electrón < masa (kg) = $9'11 \cdot 10^{-31}$; carga electrica (C) = $-1'602 \cdot 10^{-19}$

Fallos del modelo atómico de Rutherford.

1) Naturaleza ondulatoria de la luz, demostrada por Maxwell, que creó la teoría de la interacción eléctrica y magnética, diciendo que la luz es una onda electromagnetica (2 ondas, una eléctrica y otra magnética)
2) Maxwell, toda partícula cargada con una aceleración emite radiación, perdiendo energia, frenandose de forma:  El átomo colapsaria.
3) La luz del gas al pasarla por un prisma, emitia un espectro con logitudes de onda determinadas de forma aumentada. Rutherford no podía justificar el espectro de emisión.

Esto llevó a otro modelo que se basa en Rutherford, el de Bohr

- La luz visible, que es la que nuestros ojos pueden ver, tiene una longitud de onda que oscila entre:

  400nm y 700nm.

  Toda radiación electromagnética, viaja a la velocidad de la luz, y por tanto se tiene que verificar: $\boxed{f = \nu = \frac{c}{\lambda}}$ $c = 2'998 \cdot 10^8$ m/s

- Albert Einstein: Naturaleza de la luz.

  Explica el efecto fotoeléctrico a partir de paquetes de energía que viajan a través del espacio, teniendo cada una de ellas una frecuencia distinta. Estas energías reciben el nombre de fotones.

  Plank: la energía, ni se emite ni absorve constantemente, lo hace en saltos

  $\boxed{E = h \cdot f = h \cdot \nu}$ Constante de Plank: $h = 6'63 \cdot 10^{-34}$ J·s

- De Broglie: Dualidad onda-corpúsculo.

  La luz se puede comportar como energía y/o como onda dependiendo de como se estudie. $\boxed{\lambda = \frac{h}{mv}}$ con una λ asociado.

- Bohr: Postulados.

  1) Cada átomo tiene unos valores de rádio determinado, conocidas como órbitas de estados estacionarios que permite a los electrones orbitar con energía constante, sin emitir radiación. $\boxed{n \equiv \text{nivel} \equiv \text{nº cuantico principal.}}$

  Aplicandolo a un átomo de Hidrogeno, obtiene:

  $\boxed{E_{\text{nivel}=n} = -\frac{13'6}{n^2} [eV]}$ $1eV = 1'602 \cdot 10^{-19}$ J

  2) La radiación se emite o absorve, solo cuando un electrón realiza una transición de una órbita a otra. Si pasa a una órbita superior absorve energía, y si pasa a una inferior la emite. La energía del foton: $\boxed{hf = E_B - E_A}$

  Con esto Bohr justifica el espectro de emisión, ya que el gas crea una descarga que hace que los e^- cambien de órbita, y por tanto las longitudes de onda coinciden con las energías del fotón.

  Tiene exito con el Hidrogeno, pero al aplicarlo aparecen fallos:

- Fallos del Modelo de Bohr:

  1) Estructura fina del Hidrógeno es el más básico. El espectro de emisión por cada línea, aparecen más.

  2) Desdoblamiento de las líneas en presencia de campos magnéticos (efecto Zeeman)

- Soluciones al modelo:
  1) Sommerfeld: dice que las orbitas pueden ser elípticas, y aparece un momento angular. No basta con el nº cuantico principal y crea un nº cuantico orbital.
  $n=1 \rightarrow l=0$ $\boxed{l = 0-(n-1)}$
  $n=2 \rightarrow l=0 / l=1$
  2) Para explicar el efecto Zeeman, se crea el nº cuántico magnetico (m_l)
  $n=1 \rightarrow l=0 \rightarrow m_l=0$ $\boxed{m_l = (-l)-l}$
  $n=2 \rightarrow l=0 / l=1 \rightarrow m_l=0 / m_l=-1,0,1$
  3) Para explicar las finas lineas, se crea el nº cuantico de espín (m_s)
  $\boxed{m_s = 1/2 \,/\, m_s = -1/2}$

- Mecanica Cuantica:
  - Principio de Heisenberg: No se puede saber la velocidad y la posición a la vez con precisión. $\boxed{\underbrace{\Delta x}_{\text{Error medida}} (m \underbrace{\Delta v_x}_{\text{Error medida}}) \geq \frac{h}{4\pi}}$
  - Ecuación de Schrodinger (Entenderla): Da una interpretación del estado de un e^- en un átomo en probabilidad de encontrarlo. Llamado orbitales:
    $l=0 \rightarrow$ orbital "s"
    $l=1 \rightarrow$ orbital "p"
    $l=2 \rightarrow$ orbital "d"
  - Max Born: Dice que los orbitales no tienen sentido físico, pero $|\Psi|^2$ es la posibilidad de donde encontrar un e^-. Está en todo el orbital a la vez.

  El salto cuantico: Aparece fantasmalmente. ~~e^-~~ (Se teletransporta el e^-)

- Datos de los elementos:
  $^{28}_{14}Si$ — $28 \rightarrow$ Nº másico $A =$ nº protones + nº electrones.
  $14 \rightarrow$ Nº atómico $Z =$ nº protones $\rightarrow$ único por elemento.

  Para cambiar el estado de un átomo alteramos su nº de electrones. Iones:
  Na^+ Ion positivo ($1e^-$ menos) / Cl^- Ión negativo ($1e^-$ más)

  Los átomos del mismo tipo pero con distinto nº de electrones se llaman Isotopos:
  ^1_1H / ^2_1H / ^3_1H
  0 neutrones, 1 neutron, 2 neutrones.

  Estructura electrónica: Diagrama de Aufbau

  $1s^2$
  $2s^2\ 2p^6$
  $3s^2\ 3p^6\ 3d^{10}$
  $4s^2\ 4p^6\ 4d^{10}\ 4f^{14}$
  $5s^2\ 5p^6\ 5d^{10}\ 5f^{14}$

  Ejemplo:
  $_{26}Fe = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$
  Metales de transición
  Periodo

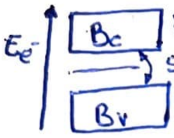
Introducción a la materia condensada.

- Sólidos: redes cristalinas.

Los átomos que forman el solido se distribuyen en cubos.
Los metales cristalizan en estructuras cubicas.
El carbono se cristaliza en estructura con los átomos en los vectices de un tetraedro regular.

- Diagrama de bandas:

Antes teniamos niveles de energía $\vec{E}$, ahora tenemos bandas de energía $\vec{E}$ que se crean al compartir e^- entre átomos creando enlaces, por lo que se saldrían de los niveles, pero no de las bandas. Llamadas



Bc Banda de conducción
Se llama energía GAP, las ergías prohibidas. $E_G = (B_C - B_V)$
Bv Banda de valencia

Nivel de Fermi: representa el nivel de energía por debajo del cual todos los niveles estan ocupados por electrones a una temperatura de 0K.

- Tipos de conductores:

Buenos conductores: ← E_G pequeña o no hay / Malos conductores: ← E_G grande.

- Aislantes: o Dielectricos:

A 0k, la banda de conducción está vacía y la banda de valencia está llena.
La E_G es muy ancho ($E_G \sim 10eV$) y el nivel de Fermi en medio de la banda prohibida.

- Semiconductores:

A 0k se comportan como aislantes (Bc vacía y Bv llena) → no ayuda a la conducción, pero hay algunos e^- excitados ocupando la banda de conducción.
La E_G es de 1eV y el nivel de Fermi en medio.

- Conductores:

No hay E_G, por lo que con poca energía pasan e^- (o al aplicar un campo electrico o temperatura). Las bandas se superponen, y parte de los niveles estan vacios, y partes llenos. Se ve como una sola.
El nivel de Fermi estas en la banda de conducción.
Tiene una alta densidad de portadores de carga (e^-) y muchos niveles ocupados en la banda de conducción.

- Propiedades de conducción en metales:

Los e^- suelen estar cerca de su núcleo, pero tambien tiene portadores de carga, que se mueven libremente por toda la estructura, creando una nube de e^-.
Se los conoce como e^- libres, y crean un enlace metalico.
Al aplicar un campo eléctrico o aumentar la temperatura del conductor los e^- adquieren la suficiente energía para pasar a la banda de conducción.

pero un aumento de temperatura aumenta la agitación termica de los e^- y los cationes de red (iones positivos), que provoca un aumento de la resistividad electrica.

$n = 10^{22}$ portadores$/cm^3$

- Propiedades de conducción en aislantes:

No tiene electrones libres, y por mucha energía que se le aplique seguirá sin conducir.
La E_G es muy grande y tiene una densidad de portadores casi nula.

- Propiedades de conduccion en semiconductores:

Hay una fuerte dependencia de la temperatura, si estamos a 0k, no se le aplica energia.
E_G pequeña, pero a 0k es como un aislante.
Ejemplo: Si o Ge / Tienen enlace covalente, comparten e^- entre ellos para unir los atomos con una nube electrónica. $Si \overset{=}{e} Si$. Cuando se rodean de 4, los de la ultima capa los comparten con los proximos, creando una estructura regular.

$\Rightarrow$

$$\begin{array}{ccccc} Si & = & Si & = & Si \\ \shortparallel & & \shortparallel & & \shortparallel \\ Si & = & Si & = & Si \\ \shortparallel & & \shortparallel & & \shortparallel \\ Si & = & Si & = & Si \end{array} \quad T = 0k$$

bidimensional

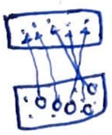
Cuando la temperatura ↑ los enlaces covalentes se debilitan y puede ocurrir que un e^- salga de la estructura apareciendo un hueco. $Si \overset{e^-}{\underset{\ominus}{-}} Si$
Debido a los signos, si se aplica un campo electrico, que crea fuerza, las cargas + y - se mueven en sentidos opuestos $\overset{\vec{E}}{\rightarrow}$
Los enlaces rotos tienden a capturar un electrón, rompiendo el enlace de al lado, y llenando el suyo. en cadena. $Si \overset{e^-}{=} Si \overset{e^-}{=} Si \overset{}{=} Si$. El hueco ⊕
- Cada vez que se rompe un enlace por efecto térmico se genera un par electron-hueco.
A mayor temperatura, más portadores.

- Semiconductor intrinseco: $\underset{\text{densidad } e^-/n^+}{n_{e^-} = n_{n^+}} = \underset{\text{Concentración intrínseca}}{n_i} = \sqrt{\underset{\text{densidad } B_c}{N_c}\ \underset{\text{densidad } B_v}{N_v}} \cdot e^{\frac{E_G}{2kT}}$ $\underset{cte}{k}$ en k

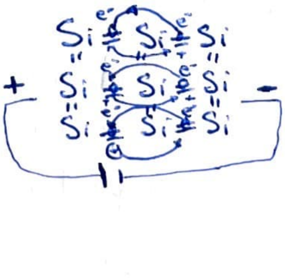
En los problemas la temperatura ambiente será 300k.

Si a 0k $\begin{array}{c}\boxed{B_c} \\ \boxed{B_v}\end{array}$ $] E_G = 1'17eV$ $\quad E_G(Si) = 1'12eV$ a 300k

Siendo el silicio un aislante a 0k, pero un conductor a 300k, puesto que E_G disminuye y genera electrón-hueco. T = 300k



$\Rightarrow$



Conduce mejor a mayor temperatura.

- Semiconductor extrínseco: Si dopamos a un semiconductor con un elemento en concentraciones pequeñas, se llama dopado de material.

Cuando es sustitucional desplaza el átomo del otro y se implanta en su lugar, ejemplo:

$$Si = \overset{Si}{\underset{Si}{Si}} = Si \Rightarrow Si - \overset{Si}{\underset{Si}{Sb}} = Si$$

Como el Sb tiene $5e^-$ y no $4e^-$, hay uno que pasa a ser portador de carga.

Al calcular las densidades: $n_{e^-} \neq n_{h^+}$ por eso son extrínsecos.

- Tipo N (grupo 15), $n_{e^-} \gg n_h$; siendo $n_e = 10^{16}\, e^-/cm^3 \,/\, n_h = 10^{10}\, h^+/cm^3$, diciendo que los e^- son portadores mayoritarios, viene controlada por e^- la corriente.
  $I = I_e + I_h \simeq I_e$

$e^- \xrightarrow{rpd} h$

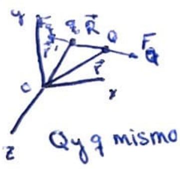
- Tipo P (grupo 13); $n_{e^-} \ll n_h$ (Ejem: $Si = \overset{Si}{\underset{Si}{B}} \overset{h}{\underset{e}{=}} Si$, el Boro tiene $3e^-$ y no $4e^-$) queda un enlace sin llenar siendo un enlace roto, siendo $n_h = 10^{16}\, h^+/cm^3 \,/\, n_{e^-} \simeq 10^{10}\, e^-/cm^3$.
  $I = I_e + I_h \simeq I_h$

Campo eléctrico. 1/10/2018

Propiedades de la carga eléctrica:

- Hay dos tipos de carga: la positiva y la negativa (la del protón y la del e^- respectivamente.)
- Entre cargas del mismo signo hay repulsión, y entre cargas de distintos signo hay atracción.
- La unidad fundamental de carga es la del e^- en valor absoluto. $e = 1'6 \cdot 10^{-19}\, C$.
- La carga está cuantizada. $Q = \pm ne$ $(\pm e, \pm 2e, \ldots)$ $n = 1, 2, 3, \ldots, \infty$.
- La carga se conserva.

Ley de Coulomb



$$\boxed{\vec{F}_q = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R^2} \vec{u}_r}$$

$\vec{r}' + \vec{R} = \vec{r} \,//\, \vec{R} = \vec{r} - \vec{r}'$

Q y q mismo signo. $F_q = -F_Q$

$\varepsilon_0 =$ permitividad el vacío $= 8'82 \cdot 10^{-12} \frac{C^2}{N m^2}$

$k =$ cte. de Coulomb $= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9\, N \frac{m^2}{C^2}$

$\vec{u}_r = \frac{\vec{R}}{R}$

Si no es el vacío $\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$ en dieléctricos lineales, homogéneos e isótropos.

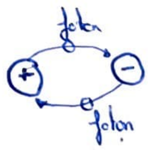
Vector intensidad Campo eléctrico

$$F_q = \underbrace{\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{qQ}{R^2} \vec{u}_r}_{\vec{E}} = q \cdot \vec{E}$$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{F_q}{q}}$$

Fuerza por unidad de carga $\left[\frac{N}{C} \text{ ó } \frac{V}{m}\right]$

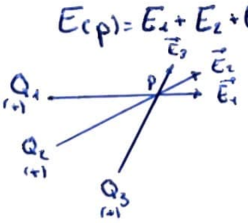
$\vec{E} = k \frac{q}{r^2} \vec{u}_r$



Principio de superposición.

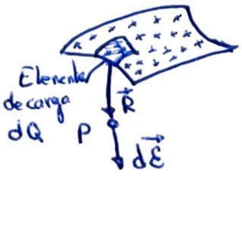
a) Cargas puntuales.

$E(p) = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots + E_n$



b) Distribución (continua) de cargas.

$$\boxed{\vec{E}(p) = \int_s d\vec{E}} \qquad dE = k \frac{dQ}{R^2} \vec{u}_r$$

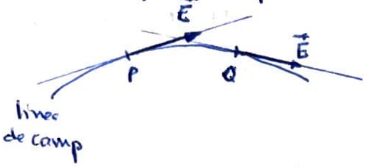


Lineas de campo (Faraday)

«Son líneas en las que el vector $\vec{E}$ es tangente en cada punto de las mismas»

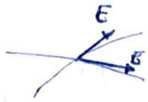
$\Downarrow$

Sirven para explicar la geometria del campo.



Para cada punto del espacio existe una única línea de campo

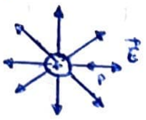
$E = E(\vec{r})$ (a una x una sola y)



No posible.

Ejemplos:

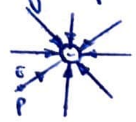
a) Carga puntual positiva (Manantial de líneas de campo)



$R\uparrow \Rightarrow E\downarrow$

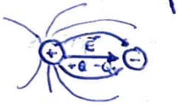
$\vec{E} = k\frac{Q}{R^2}\vec{u}_r$

b) Carga puntual negativa (Sumidero de líneas de campo)



c) Dipolo electrico (Las líneas del mantial mueren en el sumidero)

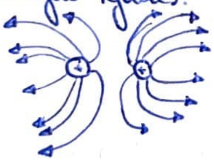
El $\vec{E}$ en un dipolo es menor que si se encuentran solas.



$+Q + (-Q) = 0$ Se anulan

$E \sim \frac{1}{R^3}$

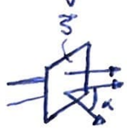
d) 2 cargas iguales.



Tema 4: «Ley de Gauss»

4/10/2018

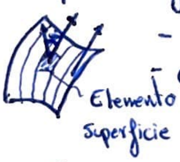
1. Flujo de un campo electrico uniforme a traves de una superficie plana.



$\vec{S} \rightarrow$ vector superficie $\boxed{\phi = \vec{E}\cdot\vec{S} = E\cdot S\cdot\cos\alpha}$ $\left(\frac{N}{C}m^2\right)$

«ϕ número de líneas de campo $\vec{E}$ que atraviesan una superficie»

2. Expresión general del flujo electrico.



- Superficie no plana.
- Campo $\vec{E}$ no uniforme.

Flujo a traves del elemento superficie $d\vec{S}$

$d\phi = \vec{E}d\vec{S} \rightarrow \boxed{\phi(\text{total}) = \iint_S \vec{E}d\vec{S}}$

Se coge una superficie infinitamente pequeña. Cogemos la dirección perpendicular de la superficie.

Caso particular: $\vec{E} = cte$ y superficie plano.

$\phi = \iint_S \vec{E}d\vec{S} = \vec{E}\vec{S}$

3. Ley de Gauss.

Sea Q una carga puntual ubicada en el centro de unas superficie de radio R. El flujo electrico a traves de dicha superficie será:

$E(p) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{R^2}$ $\quad \boxed{\phi = \oint_S \vec{E}\vec{dS} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}}$ No depende de la posición de la carga y la forma.

$$\phi = \oint_S E dS \underbrace{\cos 0°}_{1} = \oint_S \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} dS = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \cdot 4\pi R^2 = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Utilidad: Sirve para determinar el campo $\vec{E}$ creado por distribuciones de carga de alta simetria.
El procedimiento consiste en determinar el flujo electrico a traves de una superficie gaussiana.
Una superficie gaussiana es una superficie cerrada en la cual el campo E es constante en modulo y su dirección es ⊥ o tangente a dicha superficie.

4. Campo $\vec{E}$ de distribuciones de carga de alta simetria.

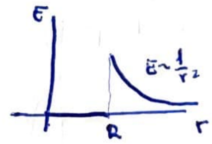
a) Corteza esferica de carga.

i) $r > R$ $\boxed{\vec{E} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0 4\pi r^2} \vec{u}_r}$

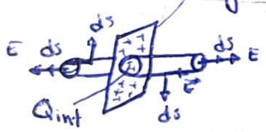
El campo $\vec{E}$ es radial

ii) $0 < r < R$ $\boxed{\vec{E} = 0}$

Como $Q_{int} = 0$
No encierra la carga



b) Plano indefinido de carga uniforme.



σ densidad de carga por unidad de superficie $\frac{Q}{S} \left(\frac{C}{m^2}\right)$

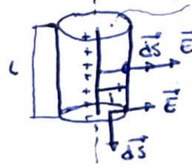
E ⊥ al plano.

$\vec{E} \perp \vec{dS}$ $\qquad Q_{int} = \sigma S$

$$\phi(\text{total}) = \oint_S \vec{E}\vec{dS} = \underbrace{\oint_{S_T} \vec{E}\vec{dS}}_{\text{Tapa } 1} + \underbrace{\oint_{S_T} \vec{E}\vec{dS}}_{\text{Tapa } 2} + \underbrace{\cancel{\oint_{S_L} \vec{E}\vec{dS}}}_{\text{Lateral}} = 2 E S_T ;\ 2 E S_T = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \Rightarrow \boxed{E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}}$$

$\boxed{E(p) = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} \iff d \ll \sqrt{ab} \text{ en un plano finito}}$

c) Hilo indefinido de carga uniforme.



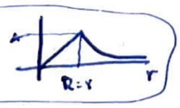
λ densidad lineal de carga $\frac{Q}{L} \left(\frac{C}{m}\right)$

$Q_{int} = \lambda L$.

$$\phi = \oint \vec{E}\vec{dS} = \cancel{\oint_{S_T} \vec{E}\vec{dS}}^{\,0} + \cancel{\oint_{S_T} \vec{E}\vec{dS}}^{\,0} + \oint_{S_L} E dS \Rightarrow \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}^{\lambda L} = E 2\pi r L ;\ \boxed{E = \frac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r} \vec{u}_r}$$

$S_L = 2\pi r L$

$\boxed{E_{max} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2}}$



d) Esfera uniforme de carga $\left(\rho = \frac{Q}{V} = cte\right)$

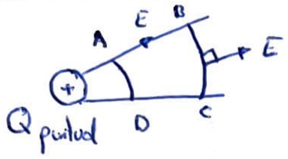
i) $r > R$ $\boxed{E = \frac{Q_{int}}{4\pi r^2 \varepsilon_0}\vec{u}_r}$ Se comporta como una carga puntual

ii) $0 < r < R$ $\boxed{E = \frac{Q \cdot r}{4\pi R^3 \varepsilon} u_r}$ $\rho = cte$ $Q_{int} = \frac{Q}{R^3}$

$Q_{int} \Leftrightarrow Q_{encerrada}$

Tema 5: «Potencial electrico»

Caracter conservativo del campo electrico



$\oint_{C} \vec{E}d\vec{l} = 0$ Circulación del vector $\vec{E}$ a lo largo de la trayectoria cerrada C (ABCDA)

$$\oint_{C} \vec{E}d\vec{l} = \underbrace{\oint_A^B \vec{E}d\vec{l}}_{= -\int_D^A \vec{E}d\vec{l}} + \underbrace{\int_B^C \vec{E}d\vec{l} + \int_C^D \vec{E}d\vec{l}}_{0 \text{ “ } E \perp dl} + \int_D^A \vec{E}d\vec{l} = 0$$

$$\boxed{V_A - V_B = -\int_B^A \vec{E}d\vec{l}} \quad \boxed{V_A = V_B - \int \vec{E}d\vec{l}}$$

Diferencia de potencial entre dos cargas.

Unidad de diferencia de potencial (SI) = el voltio (V)

Potencial electrico, si B estan en ∞. $\boxed{V = -\int_{\infty}^{A} \vec{E}d\vec{l}}$ $\boxed{V = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r}}$ para que sea 0 Solo distribuciones finitas.

Superficies equipotenciales: «Es el lugar geometrico de los puntos donde el potencial, toma el mismo valor, es decir constante»

Dos superficies equipontenciales no se pueden cortar, a cada punto un único E y V.

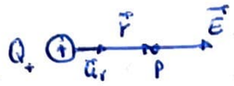
$$\left.\begin{array}{l} \vec{E} = E(r) \\ \vec{V} = V(r) \end{array}\right\} \text{Campo electrico}$$

Principio de superposición.

$V(p) = V_1 + V_2 + \dots + V_N$

Relación entre intensidad de campo y potencial.

$V(r) \Leftrightarrow E(r)$ Carga puntual positiva.



$$V = \frac{kQ}{r} \quad \vec{E} = k\frac{Q}{r^2}u_r \; // \; \frac{dV}{dr} = -\frac{kQ}{r^2} \Rightarrow -\frac{dV\vec{u}_r}{dr} = \frac{kQ}{r^2}\vec{u}_r \Rightarrow \boxed{\vec{E} = -\frac{dV}{dr}\vec{u}_r}$$

$\boxed{\vec{\nabla} = \frac{d}{dr}u_r = \overrightarrow{grad}}$ Operador nabla ó Operador gradiente

$\boxed{\vec{E} = -\vec{\nabla} \cdot V}$ «El vector $\vec{E}$ es igual al gradiente del potencial cambiado de signo»

Energia potencial electrosestatica.

$Q \oplus \xrightarrow{\vec{r}} \overset{P}{\underset{q}{\bullet}}$ ← Almacena energía potencial electrostatica

$$\boxed{E_p = qV = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Qq}{r}}$$

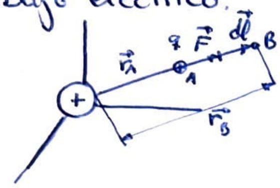
Para un sistema con "N" cargas, la Ep, se determina por: $\boxed{E_p = \sum_{i<j}^{N} k \frac{Q_i Q_j}{r_{ij}}}$

Los puntos equipotenciales se encuentran en planos paralelos.

$W_{ext} = q\Delta V \quad q(V_A - V_B) \Rightarrow \Delta V = \frac{W_{ext}}{q} = -\int_A^B \vec{E}\, d\vec{r}$

23/10/2018

Trabajo electrico.



$$W_{A\to B} = \int_A^B \vec{F}\, d\vec{l} = \int_A^B \vec{F}\, dl \cos 0^\circ = \int_{r_A}^{r_B} qE\, dr = q\int_{r_A}^{r_B} E\, dr = q(V_A - V_B) = q\Delta V$$

$dl = dr$

$$\boxed{W_{A\to B} = q(V_A - V_B)}$$

Interpretación: $W_{A\to B} > 0 \Rightarrow$ Desplazamiento espontaneo.

$W_{A\to B} < 0 \Rightarrow$ El desplazamiento es provocado por un agente exterior al campo.

Tema6 «Conductores»

1. Propiedades de un conductor metálico en equilibrio electrostático.

i) El campo eléctrico en su interior es nulo, si $E_{int} \neq 0$; $\vec{F}_e = -e\vec{E} \neq 0 \Rightarrow \vec{a} \neq 0 \Rightarrow \nexists$ Equilibrio.

$\boxed{E_{int} = 0}$

ii) Cualquier exceso de carga se deposita en la superficie externa del mismo.

Incorrecto. La $Q_{int} \neq 0$ $\quad \oiint_S \vec{E}\, d\vec{s} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0} \neq 0 \Rightarrow E \neq 0$

Correcta →

iii) Un conductor en equilibrio en un volumen equipotencial ($V = cte$)

$V_A - V_B = \int_A^B \vec{E}\, d\vec{l} = 0 \quad \boxed{V_A = V_B}$

IV) Las líneas de campo $\vec{E}$ son siempre perpendiculares a la superficie del conductor.

Si fuesen oblicuas, se moverian.

V) Cualquier exceso de carga se deposita con mayor probabilidad en las zonas puntiagudas.

Viento electrico, se descargan impulsandose fuera.
(¡El poder de las puntas!)

VI) Cualquier conductor en equilibrio electrostático aisla su interior de toda influencia electrostatica externa:

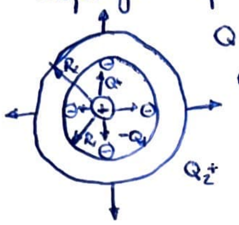
$Q_{int} = 0 \Rightarrow \vec{E} = 0$

Jaula de Faraday

Si estan conectados a tierra, el $V = 0$

2. Comportamiento de conductores en campos eléctricos.

Supongamos que tenemos una esfera hueca descargada en cuyo interior colocamos una carga puntual Q.



$Q \Leftrightarrow Q_1 \Leftrightarrow Q_2$ $\quad \oint_0 \vec{E}d\vec{S} = \frac{Q_1+Q_2}{\varepsilon_0}$ $\quad 0 = Q_1 + Q_2 \Rightarrow Q_2 = -Q_1 = Q$

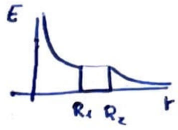
$Q_1 = -Q$

Si se conecta a tierra, se aisla el campo interno.

i) $0<r<R_1$ $\quad \oint \vec{E}d\vec{S} = \frac{Q_{int}}{\varepsilon_0}$; $\boxed{E = \frac{Q}{4\pi r^2 \varepsilon_0}}$ — Como carga puntual.

ii) $R_1<r<R_2$ $\quad \boxed{E=0}$

iii) $r>R_2$ $\quad E = \frac{Q_{int}}{4\pi r^2 \varepsilon_0} = \frac{Q + \cancel{Q} - \cancel{Q}}{4\pi r^2 \varepsilon_0} = \boxed{\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = E}$



Superficie gaussiana

i) $r>R_2$ $\quad \boxed{V = -\int_\infty^r \vec{E}\,d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 r}}$

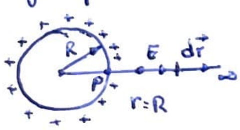
ii) $R_1<r<R_2$ $\quad \boxed{V = -\int_\infty^{R_2} \vec{E}\,d\vec{r} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R_2}}$

Al ser un volumen equipotencial.

iii) $r<R_1$ $\quad \boxed{V = -\oint_\infty^{R_2} E\,dl - \cancel{\oint_{R_2}^{R_1} E\,dl}^{\,0} - \oint_{R_1}^{r} E\,dl}$ $\boxed{\text{Tiene que pasar las capas } = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} + \frac{1}{r}\right)}$

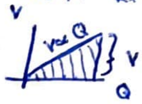
$\frac{Q}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1}\right)$

3. Energía potencial electrostático de un conductor.



$V(p) = -\int_\infty^R \vec{E}\,d\vec{l} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$

$\boxed{E_p = \frac{1}{2}QV}$



Significado físico del área encerrado

$1C \cdot 1V = 1J$ $\quad W = q\,\Delta V$

4. Energía potencial electrostática de un sistema de conductores

Sea un sistema de conductores de cargas $Q_1, Q_2, \ldots, Q_n$ la energía potencial electrostática (E_p) del sistema. → $\boxed{E_p = \frac{1}{2}\sum Q_i V_i}$

Principio de conservación de la carga eléctrica. $\quad$ Igualdad de potencial

$Q_1' + Q_2' = Q_1 + Q_2$ $\quad\quad V_1' = V_2'$

Tema 7 «Condensadores»

- Capacidad de un condensador.

$\boxed{C = 4\pi\varepsilon_0 R = \frac{Q}{V}}$

Cond. esférico $\quad$ todo tipo

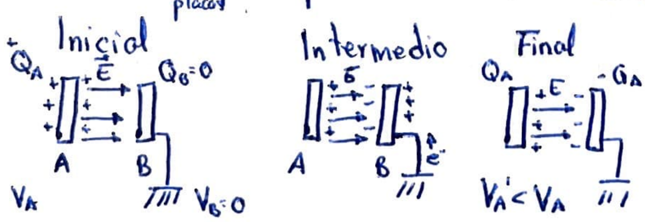
Definición de capacidad de carga almacenada por unidad de potencial.

Unidad de C en SI 1F (Faradio) $V = \frac{Q}{4\pi\varepsilon R} \Rightarrow Q = \frac{4\pi\varepsilon R V}{C}$

Muy grande $(R = 9\,10^9\,m)$

La capacidad solo depende de la permitividad y características geométricas.

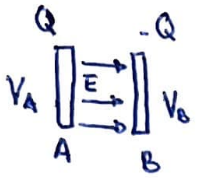
- Condensador plano paralelas placas: Vamos a considerar un sistema de 2 placas conductoras y paralelas.



$C_A' = \frac{Q_A}{V_A'}$ y si $C_A = \frac{Q_A}{V_A}$

Como $V_A' < V_A \Rightarrow C_A' > C_A$

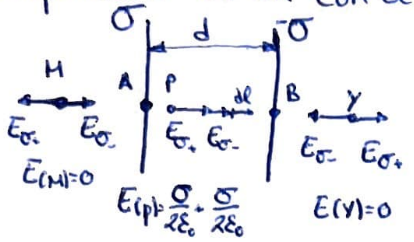
La suma de potenciales, que genera el de la derecha es negativo



$$\boxed{C = \frac{Q}{V_A - V_B} = \frac{\varepsilon_0 S}{d}}$$

Pueden ser esfericos, cilindricos

Capacidad de un condensador de placas plano paralelas.



S = Area de las placas

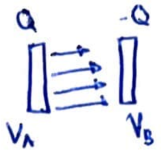
$$\boxed{\sigma = \frac{Q}{S}\left(\frac{C}{m^2}\right)_{SI}} \qquad \boxed{E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}\ \text{cte}}$$

Campo uniforme $d \ll \sqrt{S}$

$$\boxed{V_A - V_B = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} d}$$

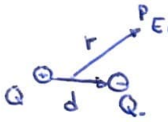
Energia de un condensador.

$$\boxed{E_p = \frac{1}{2} Q \underset{(V_A - V_B)}{V_{AB}} = \frac{1}{2} C V_{AB}^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C} = u_e V}$$



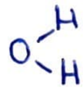
$$\boxed{u_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \left(\frac{J}{m^3}\right)}$$ Densidad de energia electrostatica por unidad de volumen

Polarización de un dielectrico

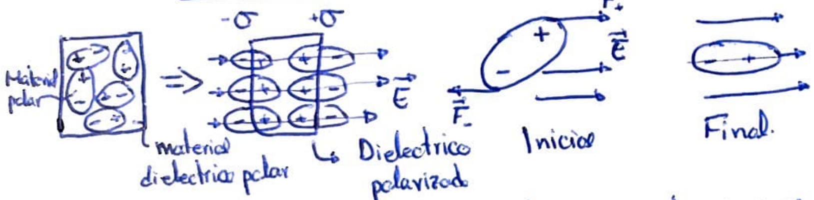


$d \ll r$ Dipolo

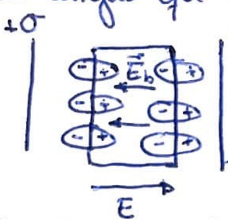
representación



$\boxed{\vec{p} = Q\vec{d}}$ Momento dipolar electrico (Intensidad del dipolo)



Las cargas que sobresalen reciben el nombre de cargas de polarización.



$\vec{E}'(p) = \vec{E}_0 + \vec{E}_b$ $\quad C = \frac{Q}{V_{AB}}$ $\quad V_{AB} = E \cdot d$ Si $E\downarrow \Rightarrow V_{AB} \Rightarrow \uparrow C$

$\vec{E}' < E_0$ Al introducir el dielectrico en el condensador el campo electrico se debilita.

Cuando el condensador tiene en su interior un dielectrico lineal, homogeneo e isótopo, su capacidad en el caso de uno plano paralelo vendrá dado por:

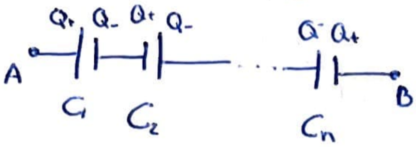
$$\boxed{C = \varepsilon_0 \epsilon_r \frac{S}{d}}$$

ϵ_r permitividad relativa (adimensional)

$\underset{\text{absoluta}}{\epsilon} = \epsilon_r + \varepsilon_0$ $\quad \epsilon_r > 1$ $\quad \epsilon_r\ (\text{aire}) \simeq 1$ $\quad \underset{\text{susceptibilidad eléctrica}}{\chi_e} = 1 + \epsilon_r$

Asociación de contadores.

En serie: disminuye la capacidad.

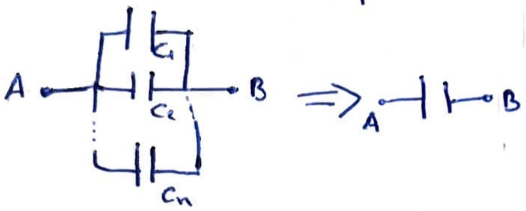


$$\boxed{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}}$$

C_{eq} = Capacidad equivalente

Tienen en común la misma carga.

En paralelo: Aumenta la capacidad.



$$\boxed{C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n}$$

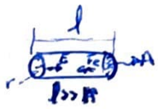
Tienen en común la misma diferencial de potencial entre placas

Tema 8: Corriente eléctrica.

Portadores de carga → conductores

"Agente responsable del movimiento de portadores → $\vec{E} \neq 0$

} Conductores fuera de equilibrio.

1) Metales  $A = \pi r^2$

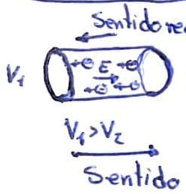
2) Disoluciones 

Intensidad de corriente eléctrica.

$$\boxed{I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{dQ}{dt} \left(A = \frac{C}{s}\right)}$$

$I = nevS$

Carga que atraviesa perpendicularmente la sección de un conductor, por unidad de tiempo.



$V_{electron} = 10^{-4}\ m/s$

Densidad de corriente.

$$\boxed{J = \frac{I}{S} \left(\frac{A}{m^2}\right)}$$

$J = nev$

Ohm $J = \sigma \vec{E}$

Ley de Ohm (No ley, solo fidedigna $R = \frac{V}{I}$)

$$\boxed{\Delta V_{AB} = R I_{AB}}$$

$R \; (\Omega = \frac{V}{A})$

Óhmico R  No Óhmico R 

$$\boxed{R = \rho \frac{l}{S}}$$ ← Pouillet

ρ resistividad del material $\left(\frac{\Omega m^2}{m} = \Omega m\right)$

$$\boxed{\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)}$$

coeficiente de temperatura

$$\boxed{E = \rho J} \quad \boxed{J = \frac{1}{\rho} E}$$

Ohm, σ

$\sigma = \frac{1}{\rho}$

Potencia.

$$\boxed{P = (V_1 - V_2) I \; (W)}$$

$$\boxed{P = I^2 R}$$ ← Ley Joule

- Potencia que se pierde en conducción eléctrica.
- La energía se desprende en calor.

Tema 9: Campo magnetico.

1. Concepto: Región del espacio perturbado en las proximidades de un iman o de un conjunto de corrientes.

línea de campo $\vec{B}$ (cerradas), no hay polos aislados (no existen)

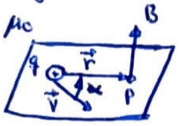
$\vec{B}$ vector inducción magnética. Se mide en Teslas (T)

$\oint_C \vec{B}\,d\vec{l} \neq 0 \Rightarrow$ Campo NO conservativo ($\nexists$ un potencial magnético escalar.)

2. Generación de campo magnetico.

A) Carga puntual

$$\boxed{\vec{B}(p) = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot q\,\frac{\vec{v}\times\vec{r}}{r^3}}$$



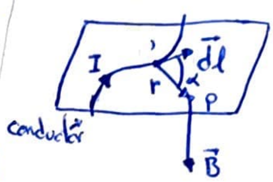
$\vec{r}$ vector posición del punto p respecto a la partícula
$\vec{V}$ velocidad de la carga.
Regla de la mano derecha.

B) Elemento de corriente.

$$d\vec{B}(p) = \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3} \qquad \boxed{\vec{B}(p) = \int_L \frac{\mu_0}{4\pi}\,\frac{I\,d\vec{l}\times\vec{r}}{r^3}}$$

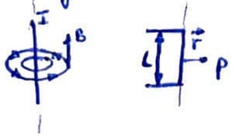
campo neto en p

Sea un conductor de longitud "L" y recorrido por una corriente de intensidad I



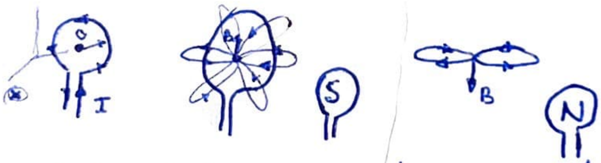
C) Hilo indefinido de corriente. (Ley de Biot-Savart)

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}} \qquad r \ll L$$



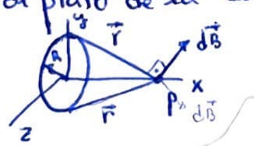
D) Espira circular.

$$\boxed{\underset{x=0}{B(0)} = \frac{\mu_0 I}{2R}\,\vec{i}}$$



$\vec{B}$ en O es $\perp$ al plano de la espira y tiene un sentido positivo/negativo del eje x

$$\boxed{\begin{array}{l} x \neq 0 \\ B_x = \dfrac{\mu_0 I R^2}{2r^3} \end{array}}$$



$B = \frac{\mu_0}{4\pi}\oint \frac{\vec{dl}\times\vec{r}}{r^3}$

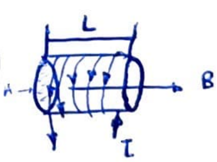
E) Solenoide. (Iman artificial)

$$\boxed{B_{int} = \frac{\mu_0 N I}{L}} \qquad L \gg \sqrt{A}$$

N número de espiras
A sección

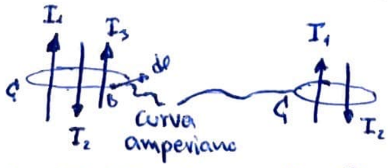
$$\boxed{n = \frac{N}{L} \quad B_{int} = \mu_0 n I}$$

densidad de espiras.



3. Ley de Ampere.

$$\boxed{\oint_C \vec{B}\,d\vec{l} = \mu_0 I_{int}}$$



$I_{int} = I_1 - I_2 + I_3 \qquad I_{int} = I_1 - I_2 \quad \oint \vec{B}\,d\vec{l} = \mu_0\,(I + (-I)) = 0$

$\oint_C \vec{B}\,d\vec{l} \neq 0$ No conservativo

$x\ rpm = \frac{x\,2\pi}{60} = y\ rad/s$

Campo electrico.

$F_{\text{fuerza electrica}} = k\frac{q_1 \cdot q_2}{r^2}$ (N) $\quad V_{\text{Potencial}} = k\frac{q}{r}$ (V) $\quad F = q\mathcal{E}$ (N) Campo electrico

$\mathcal{E}p_{\text{energ Potencial}} = k\frac{q_1 q_2}{r}$ (J) $\quad \mathcal{E}_{\text{Intensidad campo}} = k\frac{q}{r^2} = \frac{|\Delta V|}{|\Delta x|} \overset{|E|}{=} a = \frac{q\mathcal{E}}{m}$ (m/s^2) $= \frac{F}{m}$

$F = m \cdot a = q\mathcal{E}$

$W_{AB} = -q(V_B - V_A) = \mathcal{E}_{p_1} - \mathcal{E}_{p_2}$ (J)

$W = F \cdot d$

$-\Delta\mathcal{E}_c = +\Delta\mathcal{E}p \qquad F_c = \frac{mv^2}{r} \quad V = \frac{2\pi r}{T}$

Movimiento parabolico.

Horizontal

$V_f^2 = V_0^2 + 2ad$

$x = V_0 t + \frac{1}{2}at^2$

$V_f = V_0 + at$

Leer

Movimiento armonico simple

$x(t) = A\,sen\,(\omega t + \varnothing)$

$V(t) = +A\omega\cos(\omega t + \varnothing)$

$a(t) = -A\omega^2 sen\,(\omega t + \varnothing)$

Hooke

$F = k\Delta x$

$k = m\omega^2$

Gauss esfera

$\varnothing = \oint E\,ds = \frac{\Sigma Q_{int}}{\mathcal{E}_0}$ $\quad \frac{1}{4\pi k}$

Gauss laminainf

$|E| = \frac{\sigma}{2\mathcal{E}_0} \quad E = \frac{-\Delta V}{\Delta x}$

$W_{1\to 2} = -q\Delta V$

$\Delta V = E\Delta x$

Campo magnetico.

Ley de Lorentz $\vec{F}_m = q(\vec{V}\times\vec{B})$ (N) $\cdot sen\,\alpha$

$F = I \cdot \ell \cdot B$ (N)

Espira proxima ↳ Toloidal $B = \frac{\mu_0 I N}{2R}$

Espira en sucentro $B = \frac{\mu I}{2R}$

$F_m = F_c$ / $F_m = F_e$

$F/\ell = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi r} = I \cdot B$ (N/m) $\quad$ Solenoide $B = \frac{\mu_0 N I}{\ell}$

Mirar igualacion con F_c y F_e

$F_c = \frac{mv^2}{r} = qBv = F_m$

$F_e = \frac{qq}{r^2} = qBv = F_m$

$T = \frac{2\pi r}{v} \quad \mathcal{E}p = -q\Delta V$

Ley de Ampere $B = \frac{\mu \cdot I}{2\pi r}$ (T) Hilo

$(\oint B\,d\ell = \mu_0 \Sigma I)$

I (A) $\quad R = \frac{V}{I}$

Particula alfa = +2e

I ó V, B, F

Momento sobre espira $\vec{M} = I(\vec{S}\times\vec{B})$

$\varnothing = NBS\,\cos\alpha$

Induccion

$\mathcal{E} = \frac{-d\varnothing}{dt}$ (V) Fuerza electromotriz. Ley de Faraday

Flujo $\varnothing = \vec{B}\cdot\vec{S} = \bar{B}\cdot S\cos\alpha$ (Wb) cos 0 si ByS son ⊥ paralelas

$\Delta\varnothing = k(\Delta x)$ misma t

$\Delta\varnothing = \omega(\Delta t)$ misma x

Movimiento ondulatorio.

- cuando se desplaza hacia positivos

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$ ó r (m^{-1}) $\quad V_{\text{pro}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f = \frac{\omega}{k}$ (m/s) $\quad y(x,t) = A\,sen(\omega t \pm kx + \varnothing_0)$ (SI)

$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ (rad/s) $\quad A$ = maxima enlongación

$V_{\text{transversal}}(x,t) = A\omega\cos(\omega t \pm kx + \varnothing)$ (m/s) oscilacion

$a(x,t) = -A\omega^2 sen(\omega t \pm kx + \varnothing)$ (m/s^2)

maxima cuando $sen(\omega t + Kx + \varnothing) = 1$

$T = 1/f$ (s)

Doppler $\lambda_0 = \lambda \pm V_F T \pm V_0 T$

$f_0 = f\left(\frac{V \pm V_0}{V \mp V_f}\right)$ Variación de frecuencia con un movimiento relativo de foco y observador

Sonido

$E = \frac{1}{2}m\omega^2 A^2$ (J) $\quad P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{1}{2}\cdot\frac{m}{\Delta x}\cdot V\omega^2 A^2$ (W) $\quad \mu$

unidi, bidi, tridi (imp)

$I = \frac{P}{S} = P = \frac{P}{2\pi r} = \frac{P}{4\pi r^2}$ (W/m²)

unidimensional: $I_1 = I_2 \quad P_1 = P_2 \quad A_1 = A_2$

bidimensional: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{A_1^2}{A_2^2}$

tridimensional: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2} = \frac{A_1^2}{A_2^2}$

$\beta = 10\log\left(\frac{I}{I_0}\right)$ (dB) $\quad I_0 = 10^{-12}$ W/m²

Optica física

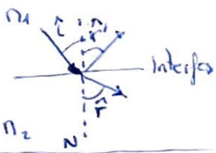
$\hat{i} = \hat{r}$ reflexion

$n_1 sen\,\hat{i} = n_2 sen\,\hat{r}$ refraccion

$n = \frac{c}{v} = \frac{\lambda_0}{\lambda}$ $\quad n > 1$

$\hat{a}$. limite $= 90°$ & critico $= 90°$ ↳ $n_1 > n_2$ $\quad n_1 < n_2$ no existe, explicar como limite.

$\delta = e\frac{sen\,\hat{i} - \hat{t}}{\cos\hat{t}}$ grosor



Optica geométrica

- Dioptrios → Mirar snell para saber si sale

$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n'-n}{R} \quad f = -\frac{Rn}{n'-n} \quad f' = \frac{Rn'}{n'-n} \quad R = f + f' \quad \frac{f'}{s'} + \frac{f}{s} = 1$

aumento lateral $A = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's} = \frac{fs'}{f's}$ $\quad$ aumento angular $M = \frac{\alpha'}{\alpha} = \frac{s}{s'}$

Concavo $R < 0$

Convexo $R > 0$

Real $s' > 0$

Virtual $s' < 0$ Dioptrio

Dioptrio plano $\frac{s'}{s} = \frac{n'}{n} \quad A = \frac{y'}{y} = 1$

General: virtual → corte prolo; real → corte rayo

- Espejos

$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{1}{f} \quad f = \frac{R}{2} = f' \quad A = -\frac{s'}{s} = \frac{y'}{y} \quad M = \frac{s'}{s}$

Espejo plano $s' = -s \quad A = 1$

Real: los dos izq

Virtual: lado opuesto, objeto izq y imagen derecha

- Lentes

$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = (n'-n)\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R'}\right) \quad A = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} - \frac{1}{s'} = -(1-n)\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R'}\right) \quad P = \frac{1}{f'}$ (m^{-1}) en metro

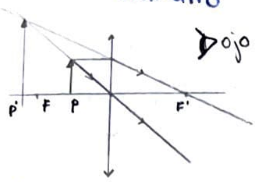
$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = (1-n)\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R'}\right)$

convergentes aF' / divergente aF

- Lupa (lente convergente, objeto entre foco y centro óptico)

$$A = \frac{0'25}{f'}$$

Imagen virtual, derecha y de mayor tamaño

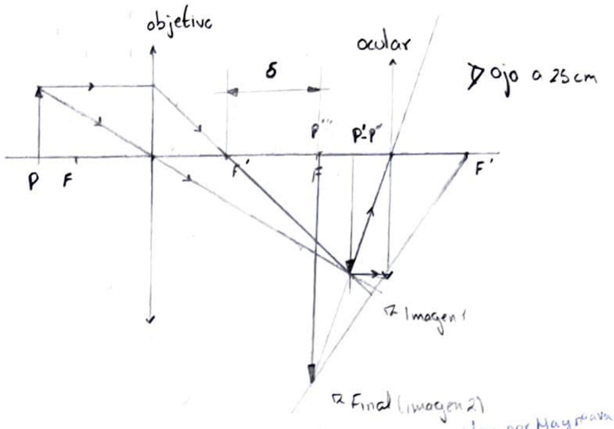


- Microscopio (dos lentes convergentes, imagen virtual, invertida y más ampliada

obj imagen real, invertida y de mayor tamaño.

ocu *

$$A = \frac{-0'25\,\delta}{f_{ob} \cdot f_{oc}}$$



- El telescopio

$$M = \frac{\theta'}{\theta} = -\frac{f'_{ob}}{f'_{oc}}$$

- Efecto fotoeléctrico.

$W_{extracción} = h\nu_0$ ← frecuencia umbral del metal

↳ Energía mínima para arrancar un e⁻

$E_{incidente} = E_{c,max} + W_{ext} \Rightarrow h\nu = \frac{1}{2} m_e v_e^2 + h\nu_0$ — frecuencia luz.

$E_{c,max} = E_p \Rightarrow \frac{1}{2} m_e v_e^2 = q_e V$ ← potencial de frenado

$\lambda = \frac{h}{mv}$ ← De Broglie

longitud onda de una partícula

$\nu = \frac{c}{\lambda}$ ← λ máximo para que se produzca

$eV \rightarrow J \cdot q_e$

- Desintegraciones

Leyes de Soddy - Fajans

- Primera ley (desint. alfa)

$${}^{A}_{Z}X = {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$ — siempre pierde 4 y 2

- Segunda ley (desint. beta)

$${}^{A}_{Z}X = {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{-1}e + \bar{\nu}$$ — Pierde un e⁻

- Tercera ley (desint. gamma)

Al emitir radiación gamma, el núcleo no modifica el número atómico ni másico. Es un proceso energético.

$$\boxed{N = N_0 e^{-\lambda t}}$$

Si son núcleos por masa y después esta

$$\boxed{m = m_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}}$$

actividad velocidad desint/t

$$A = -\frac{dN}{dN_0} \Rightarrow \lambda N \Rightarrow \boxed{A = A_0 e^{-\lambda t}} \quad \boxed{A = \lambda N}$$

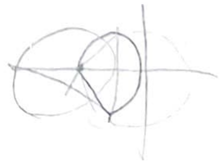
$$\boxed{T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}} \Leftarrow \frac{N_0}{2 N_0} = e^{-\lambda T_{1/2}}$$

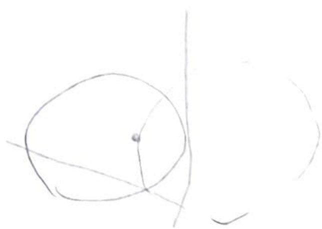
$$-\ln 2^{-1} = -\lambda T_{1/2}$$

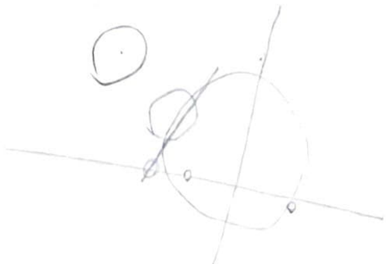
$\tau = \frac{1}{\lambda}$ ← vida media

$$T_{1/2} = \ln 2 \cdot \tau$$

$$\boxed{N(x) = \frac{g\,x}{M_m(x)} \cdot n^{\circ}\ \text{avogadro}}$$







Gravitación.

Canti mov $p = mv$

$G = 6'67 \cdot 10^{-11}\ N \cdot m^2/kg^2$

$T = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{v}$

moment angu $\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}\ /\ |r| \cdot |p| \cdot \operatorname{sen} \alpha$

$v = \frac{2\pi r}{T}$

Fuer grav $F_g = G \frac{Mm}{r^2}$ $F_c = \frac{mv^2}{r}$ $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

$a_n = \frac{v^2}{r}$

$E_p = -G \frac{Mm}{r}$

$\rho = \frac{m}{V} = kg/m^3$

Camp grav $g = \frac{F}{m} = G \frac{M}{r^2}$

$F_{elastica} = k \Delta x$

Pola $V = \frac{E_p}{m} = -G \frac{M\cancel{m}}{r} \Big/ G \frac{M\cancel{m}}{r}$

$M_{interior} = \frac{M_T}{V_T} \cdot V_{int} = \frac{M_T}{\frac{4}{3}\pi r_T^3} \cdot \frac{4}{3}\pi r_{int}^3$

$V_{esc} = -E_p = E_c;\ G \frac{M\cancel{m}}{r} = \frac{1}{2} \cancel{m} v^2;\ v = \sqrt{\frac{2GM}{r}}$

$E_m = \frac{1}{2} E_p$ $E_c = -\frac{1}{2} E_p$ $E_p = -G \frac{Mm}{r}$

$W_{esc} = -E_m$

$E_{orb} = E_m = \frac{1}{2} E_p = -\frac{GMm}{2(r+h)}$

$E_{sup} = E_p = -\frac{GMm}{r}$

Magnitudes relativistas

$t = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} t_o$ (t_o reposo) $l = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \cdot l_o$ (l_o reposo) $m = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} m_o$

Principio equivalencia masa-energía

$E = mc^2$

Pripio de la conservación de la masa-energía

$mc^2 = m_o c^2 + E_c$

$GeV \xrightarrow{\cdot 10^9} eV \xrightarrow{\cdot q_e} J$