Física 2º E.S.O.

I. Cinemática y Dinámica.

- Movimiento: cambio de la posición de una partícula con el tiempo

- Mecánica: Estudio de fuerzas y movimientos.
  - Cinemática: descripción del movimiento sin estudiar o atender a sus causas
  - Dinámica: descripción del movimiento estudiando y atendiendo a causas (las fuerzas)

  - Fuerzas: efectos "móviles", deformación, calentamiento, ...

Tipos de fuerzas:

1) Fuerzas fundamentales (a distancia): gravitación universal, electromagnetismo (electricidad y magnetismo), fuerzas nucleares (débil y fuerte).

2) Fuerzas de contacto (fricción, deformación, fuerzas térmicas, ...)

Ejemplos: fuerza elástica, fuerzas de rozamiento con superficie, fluido o tracción de un sólido.

Tipos de movimiento.

- Según la trayectoria (Conjunto de posiciones de un móvil)
  - Rectilíneos
  - Curvilíneos (circulares, elípticos, hiperbólicos, sinusoidales, ...)
- Según la aceleración

$$v = \text{velocidad} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

$$a = \text{aceleración} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta}{\Delta t}\left(\frac{\Delta s}{\Delta t}\right)$$

$$\Rightarrow a = \frac{\Delta^2 s}{\Delta t^2} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v - v_0}{t - t_0}$$

- Uniformes (no acelerados, $a = 0 \frac{m}{s^2}$)
- Acelerados ($a \neq 0\ m/s^2$)
  - Uniformes
  - Variados

Clasificación de movimientos SIMPLES

- M.R.U.: Movimiento rectilíneo uniforme. Trayectoria rectilínea y aceleración nula.

- M.R.U.A: Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado. Trayectoria rectilínea y aceleración constante no nula.

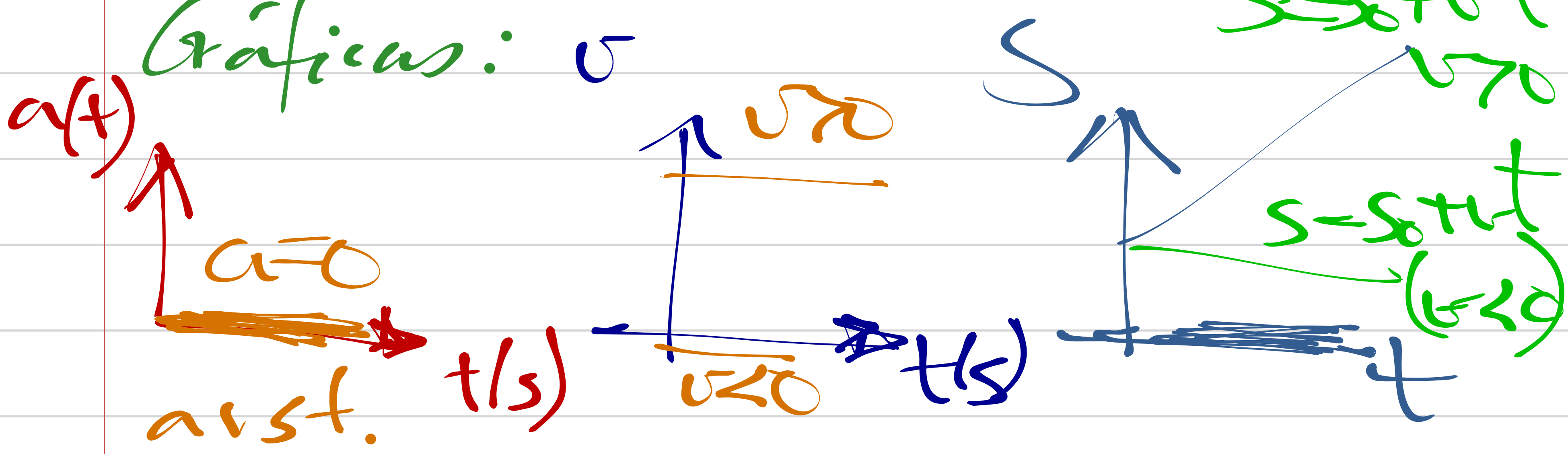
Ecuaciones M.R.U.

$a = 0 \, m/s^2 \; (\nexists a)$

$v = \text{constante} \, \frac{m}{s}, \quad v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$

$s = s_0 + v(t - t_0) \Leftrightarrow \Delta s = v \Delta t$

Gráficas:



Gráficas y ecuaciones MRUA

$a \neq 0\, m/s^2$ $a = \text{constante}\ \frac{m}{s^2}$

$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ $v = v_0 + a\Delta t$

$v - v_0 = a(t - t_0)$

$$\boxed{x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2}$$

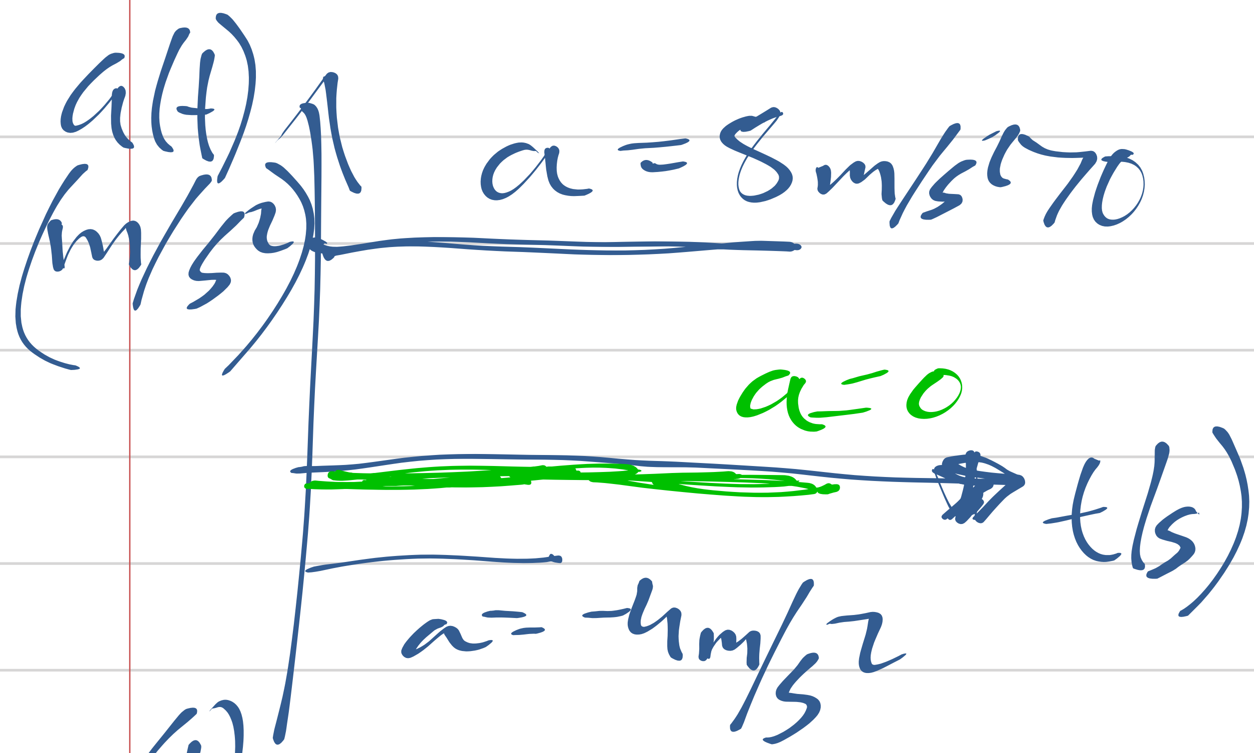
Ecuación auxiliar

$$\boxed{v^2 = v_0^2 + 2a(S - S_0)}$$

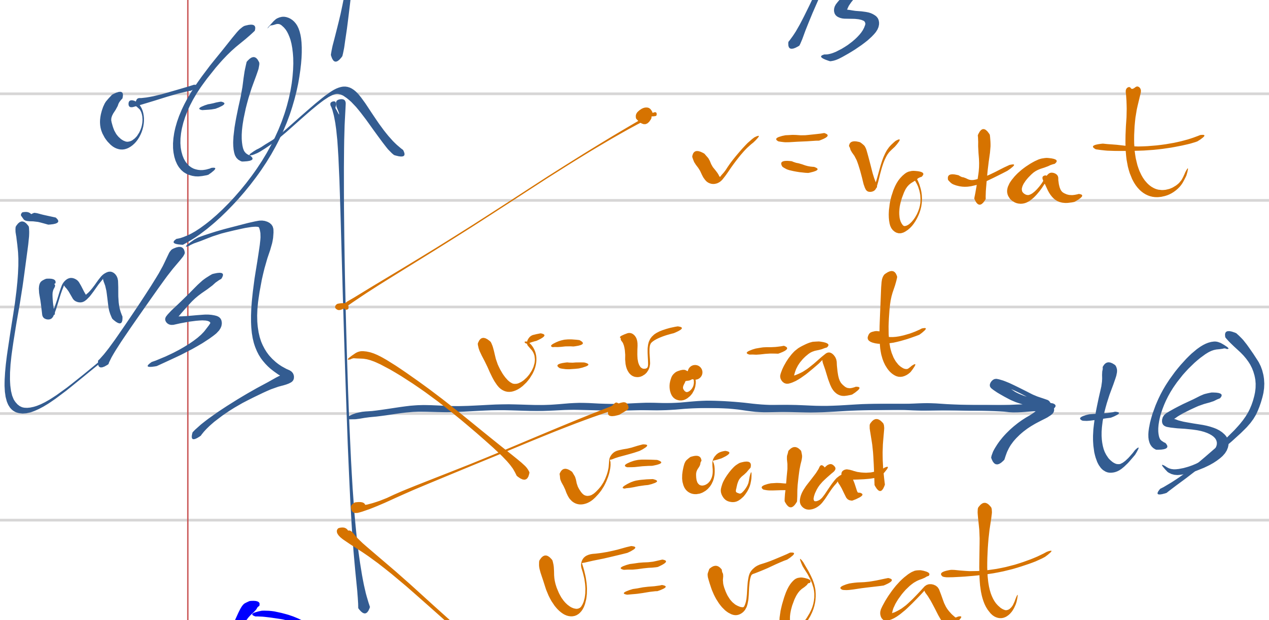
Solución ecuación cuadrática

$ax^2 + bx + c = 0 \Leftrightarrow x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$

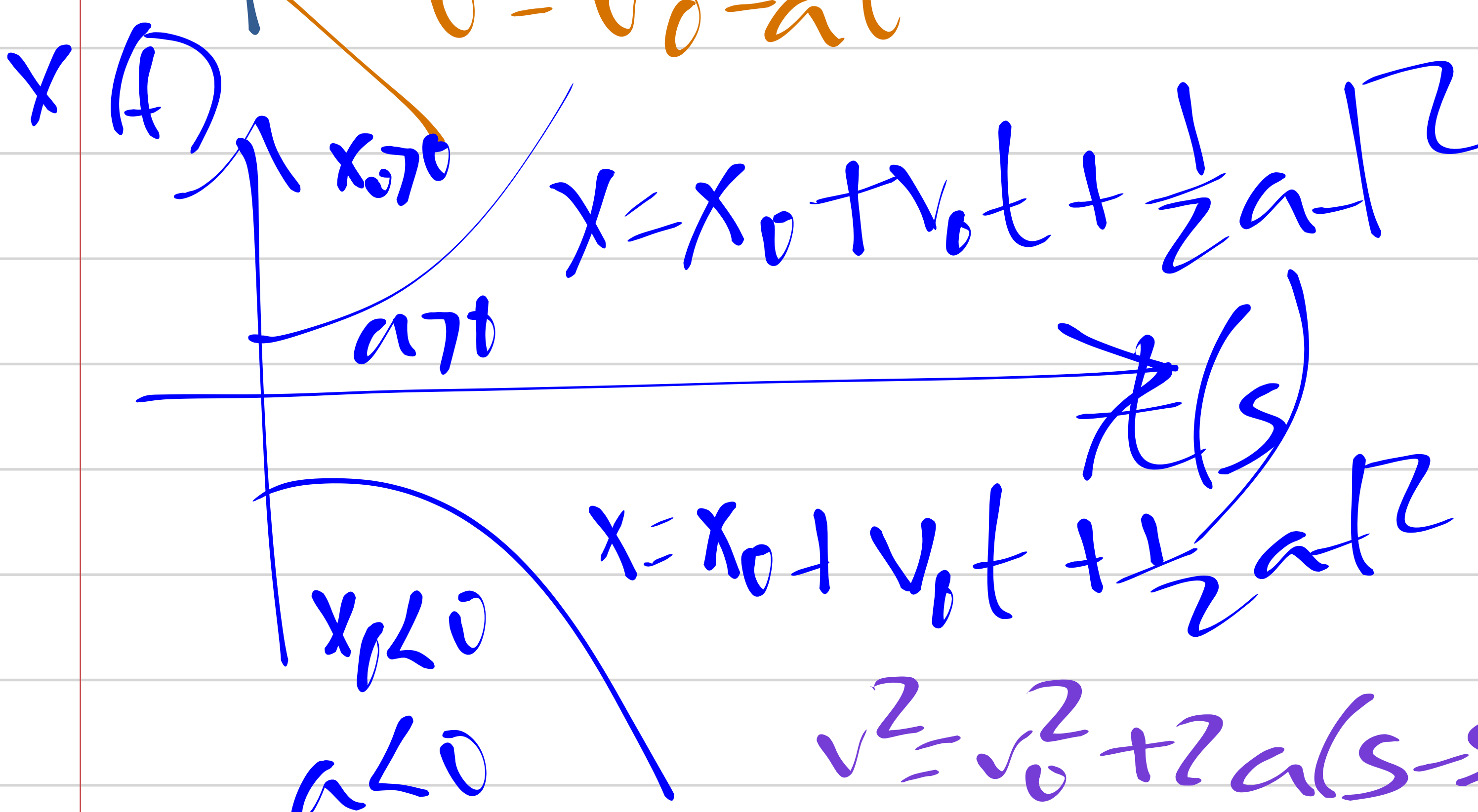
- $b^2 - 4ac > 0$ 2 soluciones $x_1 \neq x_2 \in \mathbb{R}$
- $b^2 = 4ac$ 1 solución $x_1 = x_2 \in \mathbb{R}$
- $b^2 - 4ac < 0$
  2 soluciones "complejas"
  $x_1 \neq x_2 \notin \mathbb{R}$.



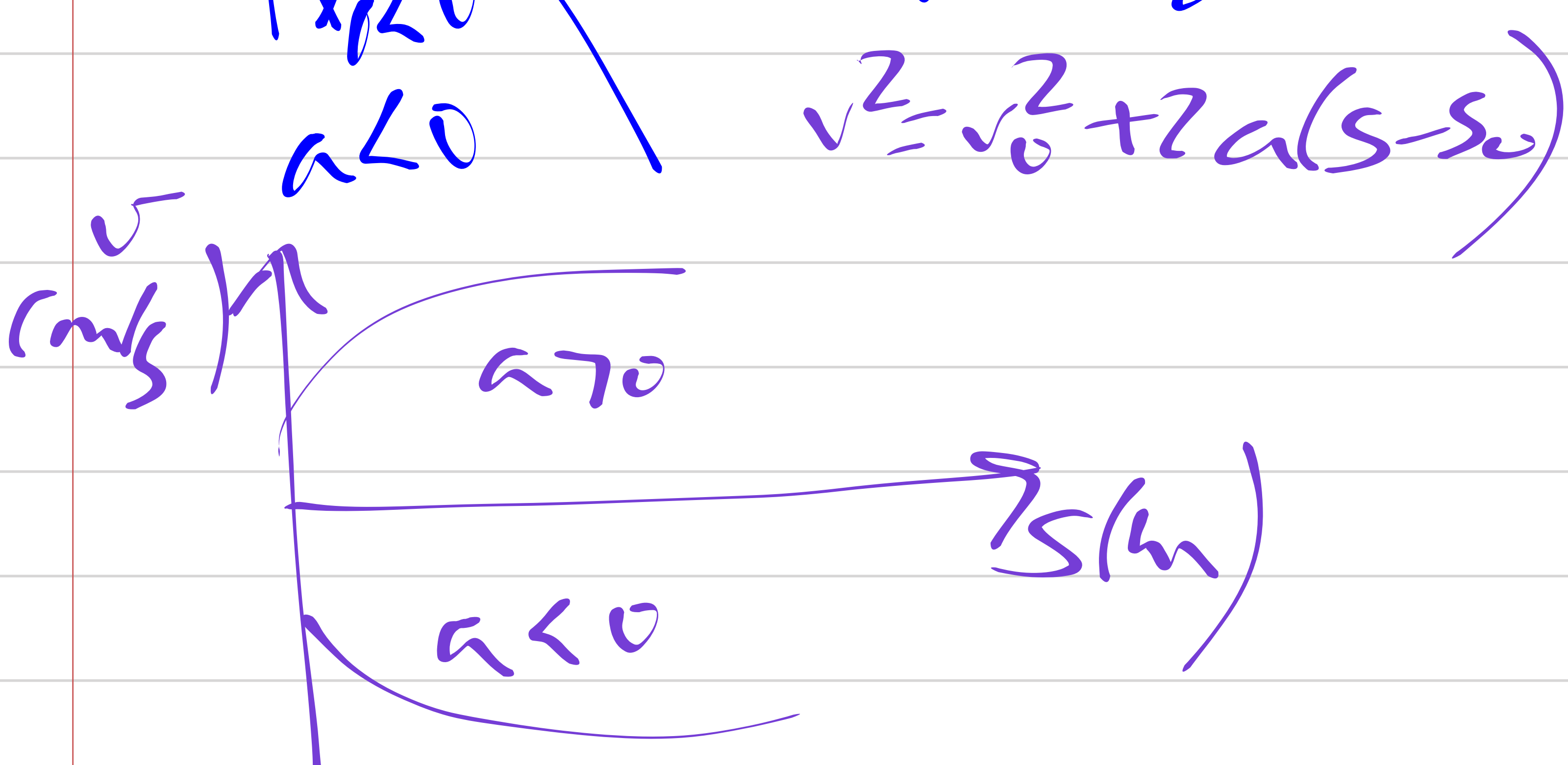
a(t)
(m/s²)
a = 8 m/s² > 0
a = 0
t(s)
a = −4 m/s²



v(t)
[m/s]
v = v₀ + at
v = v₀ − at
t(s)
v = v₀ + at
v = v₀ − at



x (t)
x₀ > 0
x = x₀ + v₀t + ½at²
a > 0
t(s)
x = x₀ + v₀t + ½at²
x₀ < 0
a < 0



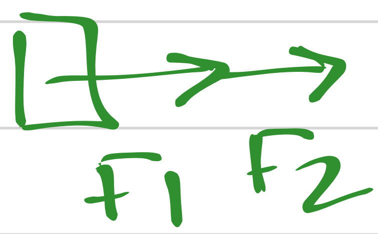
v² = v₀² + 2a(s − s₀)
v
(m/s)
a > 0
s(m)
a < 0

— Fuerza (media): $F = ma = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$

• Unidades: $1N = 1kg \cdot 1m s^{-2}$

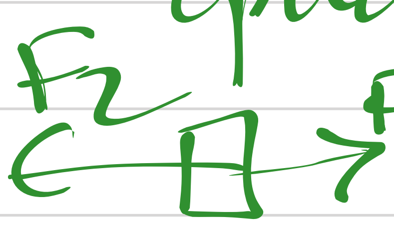
— Suma de fuerzas:

• Caso 1 Igual dirección y sentido



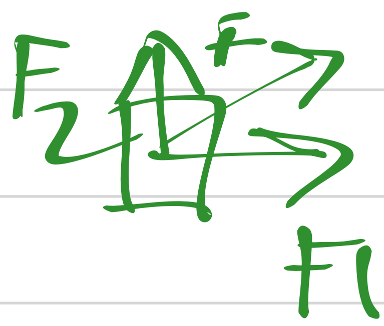
$|\vec{F}|_R : F_R = F_1 + F_2$

• Caso 2 Igual dirección, sentidos opuestos



$|\vec{F}|_R : F_R = F_1 - F_2$

• Caso 3 Fuerzas perpendiculares



$F^2 = F_1^2 + F_2^2$

Peso ≠ masa   Peso = Fuerza = mg

Masa: inercial $\overset{?}{\neq}$ gravitacional (pasiva, activa)

P° equivalencia: $m_I = m_G^A = m_G^P$

Otros conceptos de Física:

- Energía: $E = W = F \cdot \Delta x$
- Energía cinética:

$E_c = \frac{1}{2} m v^2$ (Energía del movimiento)

$E_c \Rightarrow \frac{\Delta E_c}{\Delta t} = 0$ (partícula libre) ($F = 0$)

$\Delta E_c = \frac{1}{2} m \Delta v^2$

$\frac{\Delta E_c}{\Delta t} = \frac{1}{2} m \frac{\Delta v^2}{\Delta t} = \frac{1}{\cancel{2}} m \cancel{2} \frac{\Delta v}{\Delta t} = ma$

Si $F = ma = 0 \Rightarrow \frac{\Delta E_c}{\Delta t} = 0$

(E_c = constante)

- Energía potencial

$E_{p_g} = mgh \quad E_{p_e} = qV$

- Energía mecánica: $E_m = E_c + E_p$

• Energía térmica (Boltzmann)

$$E_a = \frac{K_B T}{2} \quad \text{ó} \quad E_a = \frac{n K_B T}{2}$$

$$E_c = E_a \iff \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} K_B T$$

$$\left(\text{ó} \quad m(\gamma - 1) c^2 = \frac{3}{2} K_B T \right)$$

• Escalas de T:

$$T(K) = T(°C) + 273 \quad \left(T°C = T(K) - 273 \right)$$

$$\frac{T(°C)}{100} = \frac{T(°F) - 32}{180}, \quad 0K = -273°C$$

• Presión: $P = \frac{F}{S}$ $\quad 1\,Pa = \frac{1\,N}{1\,m^2}$

• Potencia: Potencia = $\frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$

$$P = \frac{E}{t} \quad 1\,W = \frac{1\,J}{1\,s} \quad 1\,KWh = 3.6\,MJ$$

$$1\,J = 10^7\,erg \quad 1\,FOE = 10^{51}\,erg = 10^{44}\,J$$

II. ONDAS

1º Espectro.

2º Linealidad/no linealidad

3º Velocidad de propagación, longitud de onda, periodo, frecuencia, fase, número de onda

Ondas sonoras:

* Tono
* Timbre
* Nivel de intensidad

4º Interferencia

5º Atenuación/Absorción

6º Difracción.

7º Reflexión y refracción

8º Reverberación

Nivel de intensidad (Sonoridad):

9º Resonancia

Escala decibelios dB

10º Difusión

$\left(I_0 = 10^{-12} \frac{W}{m^2}\right)$ $\beta = 10 \log_{10}\left(\frac{I}{I_0}\right)$

También las ondas pueden tener polarización y/o efecto Doppler.

Intensidad: $I = \mathcal{P}/S$ ← Potencia/Área.

III Termología

Calor para cambio de estado
(calor latente)

$$\Delta Q = m L$$

Calor para cambiar temperatura

$$\Delta Q = C \Delta T = m c_e \Delta T$$

C = capacidad calorífica

$c_e = \frac{C}{m}$ = calor específico

1.er p.º de la Termodinámica

$$U = \frac{E}{t} = Q + W \Leftrightarrow \text{Energía} = \text{Calor} + \text{Trabajo}$$

2.º p.º de la Termodinámica $\left(\frac{\Delta S}{\Delta t}\right) > 0$

3.er p.º de la Termodinámica $T > 0\,K$!

(4.º p.º de la Termodinámica $T < T_P$!).

$$T_P = \Theta_P = \frac{1}{k_B} E_P = \frac{1}{k_B}\sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \sim 10^{32} K$$

IV. Límites de magnitudes

- Espacio: $L \geq L_p = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} \sim 10^{-35}\ m$

  $L \leq R_U = \frac{c}{H} \sim 10^{27}\ m$ $\quad t_U = \frac{1}{H} \leq 10^{18}\ s$

- Tiempo: $t \geq t_p = \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} \sim 10^{-43}\ s$

- Velocidad: $v \leq c \simeq 3 \cdot 10^{8}\ m\,s^{-1}$

- Masa (Energía): $M_U = \frac{c^3}{2GH} \simeq 10^{53}\ kg$

  $10^{19}\ GeV/c^2$

  $10^{9}\ J$

  $M \leq M_U$ $\quad M_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = 2 \cdot 10^{-8}\ kg$ $\quad \sim 10^{70}\ J$

  $E_p = \sqrt{\frac{\hbar c^3}{G}}$ $\quad E_U = \frac{c^5}{2GH}$

- Temperatura: $\Theta \leq \Theta_p = \sqrt{\frac{\hbar c^3}{G k_B^2}}$

  $\Theta_p \sim 10^{32}\ K$ (Fundir espacio-tiempo)

  $\Theta > 0\ K$ (Cero absoluto inalcanzable)

- Carga eléctrica: $q_p = \sqrt{\frac{\hbar c}{k_c}}$ $\quad |q| \geq 0\ C$

  $q \leq q_p \sim 2aC = 2 \cdot 10^{-18}\ C$

V. Otros límites

$10^{52} m/s^2$

- Aceleración: Planck vs. Caianiello

$$a_p = \frac{L_P}{t_P^2} = \frac{\sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}}}{\frac{G\hbar}{c^5}} \Rightarrow a_p = \sqrt{\frac{c^7}{G\hbar}}$$

$$a_c = \frac{mc^3}{\hbar} \quad (a_p = a_c \Leftrightarrow m = M_p)$$

- Campo crítico:

$$E_c = \frac{m^2c^3}{q\hbar} \qquad g_c = \frac{mc^3}{\hbar} \; (= a_c!)$$

$$\left(B_c = \frac{E_c}{c} = \frac{m^2c^2}{q\hbar}\right)$$

Para electrones

$E_c \sim 10^{18}\, V/m$ $\quad g_c \sim 10^{29}\, m/s^2$

$(B_c \sim 10^{10}\, T)$

Para protones: $E_c \sim 10^{24}\, V/m \; (B_c \sim 10^{16}\, T)$

$g_c \sim 10^{32}\, m/s^2$

Ley de gravitación universal (LGU)

$$F_G = G\frac{Mm}{R^2} \qquad G \simeq 6.674\cdot 10^{-11}\frac{Nm^2}{kg^2}$$

Ley de Coulomb (Electrostática)

$$F_e = K_c\frac{Qq}{R^2} \qquad K_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\cdot 10^{9}\frac{Nm^2}{C^2}$$

Ley de Ampère para corrientes (fuerzas magnéticas)

$$F_m = K_m\frac{II}{R^2} \qquad K_m = 2\cdot 10^{-7} = \frac{\mu_0}{2\pi} \; (N/A^2)$$

$$\frac{F_m}{L} = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I^2}{r}$$

$$\vec{F}_m = K\int I\,d\vec{\ell}\times\int\frac{I'\,d\vec{\ell}'\times\vec{u}_r}{r^2} = K_m\frac{II'L_1L_2}{r^2}$$

Fuerza electromagnética:

$$\vec{F} = \vec{F}_e + \vec{F}_m = q(\vec{E} + \vec{v}\times\vec{B}) \simeq q\vec{E} + I\vec{L}\times\vec{B}$$

Fuerzas nucleares (corto alcance)

- Potencial de Yukawa

$$V_y = -g^2 \frac{e^{-r/r_0}}{r}$$

- Fuerza $\left(-\frac{dV}{dr}\right)$ de Yukawa

$$F_y = -g^2 \frac{e^{-r/r_0}}{r^2}\left(1 + \frac{r}{r_0}\right)$$

Fuerza y potencia límites

Potencia de Planck: $\mathcal{P} = \frac{c^5}{G} \simeq 10^{52}\ W$

Fuerza de Planck: $\frac{c^4}{G} = F_p \simeq 10^{44}\ N$

Densidad de Planck

$$\rho = \frac{M_p}{V_p} = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}}\left(\sqrt{\frac{c^3}{G\hbar}}\right)^3 = \sqrt{\frac{c^{10}}{G^4\hbar^2}} = \frac{c^5}{\hbar G^2} \sim 10^{97}\ \frac{kg}{m^3}$$

$$\rho_E = \frac{E_p}{V_p} = \frac{c^7}{\hbar G^2} \sim 10^{114}\ \frac{J}{m^3} \quad (E_p = M_p c^2)$$

$$\rho^E_\Lambda = -\frac{\Lambda c^4}{8\pi G} \qquad \rho^M_\Lambda = -\frac{\Lambda c^2}{8\pi G}$$

$$\mathcal{L}_\Lambda = +\Lambda c^2 R = +\kappa_\Lambda R$$

[Repulsión cósmica del "vacío"]

$\rho^E_\Lambda \simeq$ Presión del vacío $\left(\frac{F}{A} = \frac{F \cdot D}{A \cdot D} = \frac{E}{V} \right)$

$$\rho^E_\Lambda \Rightarrow \omega = \frac{P}{\rho} = \underbrace{\frac{\frac{1}{2}\dot{Q}^2 - V(Q)}{\frac{1}{2}\dot{Q}^2 + V(Q)}}$$

$$\omega \simeq \frac{L/m}{H/m} = \frac{L}{H}$$

¡Quintaesencia!

$$\dot{Q} = V = \text{"}0\text{"} \Rightarrow \rho^E_\Lambda = -1 \;\left(\simeq \rho^E_{cc}\right)$$

$$\boxed{\rho_\Lambda = \frac{\Lambda c^4}{8\pi G}} \leftrightarrow \text{a.k.a. energía/presión del vacío.}$$

Constante cosmológica

Casos críticos

(1) $-1 < w < 0$

Campo dinámico con

$\dot{Q} = V \neq 0$

$$w_Q = \frac{V^2/2 - V(Q)}{V^2/2 + V(Q)}$$

Quintaesencia

(2) Energía del vacío/constante cosmológica

$w_Q = -1 \qquad \rho_\Lambda = -\frac{\Lambda c^4}{8\pi G_N}$

(Propuesta por Einstein para tener Universo ESTÁTICO)

(3) Energía fantasma $(w < -1)$

Si $w_Q < -1$ ¡ρ aumenta con expansión del Universo!

Big Rip

$$\boxed{t_{BR} - t_0 = \frac{2}{3|1+w|} \frac{1}{H_0} \frac{1}{\sqrt{1-\Omega_m}}}$$

El Big Rip destrozará galaxias, átomos, núcleos, ...

¿Partículas subatómicas?

No está claro todavía...

- Máquinas simples:

— Polea —Plano inclinado

*Palanca: $F_1 d_1 = F_2 d_2$

Universo ~ Máquina ????. . . .

Especulaciones modernas:

1º) Destino final del Universo (espacio-tiempo, agujeros negros, ...)

2º) Principio holográfico:

$$S_{BH} = \frac{1}{4}\frac{A}{L_p^2}k_B = \frac{1}{4}\frac{c^3}{G\hbar}k_B A$$

3º) Principio de Landauer:

$$E_{\text{def}} \geq k_B T \ln(2)$$

4º) Cota de Bekenstein: $S \leq \frac{2\pi k_B E R}{\hbar c}$

$$\left[\text{ó } I \leq \frac{2\pi R E}{\hbar c}\,\text{nats} = \frac{2\pi R E}{\hbar c \ln 2}\,\text{bits} \right]$$

5º) Teorema de Margolus-Levitin:

$$t_{op} \geq \frac{h}{4E_\perp} \quad \left(\text{Bremermann: } \Delta t = \frac{\pi\hbar}{2\Delta E}\right)$$

6º) Dualidades $\begin{cases} \text{AdS/CFT; Kerr/CFT} \\ \text{ER = EPR; YM}^2\text{ = Gravity} \end{cases}$

7ª) Modelos (teorías) de (super)cuerdas y p-branas.

8º) Gravitación cuántica

9º) Límites de la Mecánica Cuántica (Problema de la medida y la información)

10º) Problema del tiempo (cuántico/clásico) y su direccionalidad.

¡Mucho que aprender/entender!

¿Singularidades espacio-tiempo?

The End!