



Universidad: **Complutense de Madrid · UCM**

Grado: **Biología**

Asignatura: **Física aplicada**

Profesor/a: **Andrés Quesada**

Formulario

1 · BIOMECÁNICA

1 · 0 · Cinemática

- MRU:

$$x = x_0 + v_0 t$$

$$v = v_0$$

- MCU:

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t$$

$$\omega = \omega_0 = \frac{v}{R}$$

$$a_n = \frac{v^2}{R}; T = \frac{2\pi}{\omega}; f = \frac{1}{T}$$

- MRUA:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v = v_0 + a t$$

$$v^2 = v_0^2 + 2 a \Delta x$$

- MCUA:

$$\theta = \theta_0 + \omega_0 t + \frac{1}{2} \alpha t^2$$

$$\omega = \omega_0 + \alpha t$$

$$a_t = \alpha R$$

- TIRO PARABÓLICO:

Eje X:

$$x = x_0 + v_{0x} t$$

$$v_x = v_{0x} = v_0 \cos \theta$$

Eje Y:

$$y = y_0 + v_{0y} t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$v_y = v_{0y} - g t$$

$$v_{0y} = v_0 \sin \theta$$

$$y_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \theta}{2g}$$

1 · 1 · Dinámica: Leyes de Newton

- Primera ley de Newton o ley de inercia: todo cuerpo permanece en estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme si no actúa sobre él ninguna fuerza.

$$(\Sigma \mathbf{F} = 0 \Rightarrow \mathbf{v} = cte)$$

- Segunda ley de Newton o ley fundamental de la dinámica: la aceleración que adquiere un cuerpo es proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él.

$$(\Sigma \mathbf{F} = m \mathbf{a})$$

- Tercera ley de Newton o principio de acción y reacción: toda acción tiene su reacción, esto es, por cada fuerza que actúa sobre un cuerpo, este realiza una fuerza de igual intensidad, pero de sentido contrario sobre el cuerpo que la produjo.

$$\mathbf{F}_{AB} = -\mathbf{F}_{BA}$$



Fuerzas conocidas:

- Peso: $P = mg$
- Fuerza normal o reacción: $N = P_y$
- Fuerza de rozamiento en deslizamiento inminente: $F_R = \mu N$ (prestar atención si se trata $\mu_{\text{estático}}$ ó $\mu_{\text{cinético}}$)
- Tensión: T
- Fuerza de arrastre: $F_d = -bv$ (por ejemplo, la ley de Stokes: $F_d = 6\pi R\eta v$)
- Fuerza elástica (ley de Hooke): $F = -kx$

1·2· Energía cinética. Energía potencial. Trabajo. Potencia

- Energía cinética: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$
- Energía potencial gravitatoria: $E_p = mgh$
- Energía potencial elástica: $E_{p,e} = \frac{1}{2}kx^2$
- Energía mecánica: $E_m = E_c + E_p + E_{p,e}$
- Trabajo: $W = \int_{r_A}^{r_B} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r}$ (si la fuerza es constante $W = F \cdot d \cdot \cos \theta$)
- Trabajo total (teorema de las fuerzas vivas): $W_{tot} = \Delta E_c$
- Trabajo de las fuerzas conservativas: $W_{FC} = -\Delta E_p$
- Trabajo de las fuerzas no conservativas: $W_{FNC} = \Delta E_m$
- Potencia: $P = \frac{W}{t} = Fv$

1·3· Hidrostática: presión, densidad, compresibilidad, flotación

- Presión: $P = \frac{F}{A}$
- Densidad: $\rho = \frac{m}{V}$
- Módulo de compresibilidad: $K = -\frac{V}{\Delta V} \Delta P$
- Principio de Arquímedes: $E = \rho V g$ (ρ del líquido y V sumergido)
- Principio fundamental de la hidrostática: $P_1 - P_2 = \rho g(h_2 - h_1)$
- Principio de Pascal (prensa hidráulica): $P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$



1 · 4 · Hidrodinámica: Teorema de Bernoulli, ley de Poiseuille, arrastre viscoso

Ecuaciones para fluidos perfectos o ideales (no viscosos):

- Flujo o caudal: $\Phi = \frac{V}{t} = vA$ ($V \rightarrow$ volumen y $v \rightarrow$ velocidad)
- Ecuación de continuidad para una conducción que se divide en varias: $\Phi_0 = \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \dots$
- Ecuación de continuidad para una misma conducción: $A_1 v_1 = A_2 v_2$
- Efecto Venturi (estrechamiento de una conducción horizontal): $P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2)$
- Teorema de Bernoulli:
$$P_1 - P_2 = \rho g (h_2 - h_1) + \frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) \leftrightarrow P_1 + \rho g h_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho g h_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$
- Teorema de Torricelli: $v = \sqrt{2g\Delta h}$ ($\Delta h \rightarrow$ profundidad del orificio respecto a la superficie)

Ecuaciones para fluidos reales o viscosos:

- Ley de Poiseuille: $\Phi = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \eta L}$ ($\Delta P \rightarrow$ diferencia de presiones entre los dos extremos de una conducción horizontal de longitud L)
- Gradiente de presión: $\nabla P = \frac{\Delta P}{L} = \frac{\Phi 8 \eta}{\pi r^4}$
- Resistencia hidrodinámica (o hemodinámica): $R_H = \frac{\Delta P}{\Phi} = \frac{8 \eta L}{\pi r^4}$
- Número de Reynolds: $N_R = \frac{\rho v D}{\eta}$ (régimen laminar si $N_R < 2000$ y régimen turbulento si $N_R > 3000$)
- Velocidad límite (consecuencia de la ley de Stokes): $v_{lim} = \frac{2(\rho_{obj} - \rho_{fluido}) g r^2}{9 \eta}$

1 · 5 · Fenómenos de superficie

- Diferencia de presiones interior-exterior de una burbuja o gota de líquido: $\Delta P = \frac{2\sigma}{r}$
- Diferencia de presiones interior-exterior de una pompa de jabón: $\Delta P = \frac{4\sigma}{r}$
- Ley de Jurin (capilaridad): $h = \frac{2\sigma}{\rho g r} \cos \theta$

2 · TERMODINÁMICA BIOLÓGICA

2 · 1 · Sistemas termodinámicos

- Aislado: no intercambia materia ni energía.
- Cerrado: no intercambia materia pero sí energía.
- Abierto: intercambia materia y energía.



2 · 2 · Fundamentos termodinámicos

- Relación Celsius-Kelvin: $T(K) = 273 + T(^{\circ}C)$
- Relación Celsius-Fahrenheit: $T(^{\circ}F) = 32 + 1,8 \cdot T(^{\circ}C)$
- **Trabajo:** cantidad de energía transferida de un sistema a otro mediante una fuerza que produce un desplazamiento.

$$W = \int P \cdot dV$$

- **Calor:** cantidad de energía transferida debida a la diferencia de temperatura entre el sistema y el entorno.

Para incrementos de temperatura:

$$Q = \int n \cdot \bar{c} \cdot dT$$

Para cambios de estado:

$$Q = n \cdot \Delta \bar{H}$$

Mecanismos de transmisión de calor:

- Conducción: $\frac{Q}{\Delta t} = kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$
- Convección: $\frac{Q}{\Delta t} = h_c A \Delta T$
- Radiación: $\frac{Q}{A \Delta t} = \epsilon \sigma T^4$ (válida para cuerpo gris, si $\epsilon = 1$ si se trata de un cuerpo negro o ideal)
- **Entropía:** magnitud física para un sistema termodinámico en equilibrio. La entropía es una función de estado de carácter extensivo cuyo valor, en un sistema aislado, crece en el transcurso de un proceso que se da de forma natural. La entropía describe lo irreversible de los sistemas termodinámicos. Es la razón de un incremento de energía interna frente a un incremento de temperatura del sistema.

$$\Delta S = \int \frac{dQ^{rev}}{T}$$

- **Energía interna:** función de estado que representa la energía total del sistema (cinéticas traslacional y rotacional, vibracional, potencial, etc.). Se puede calcular su variación a partir del primer principio de la termodinámica:

$$\Delta U = Q - W$$

2 · 3 · Principios de la termodinámica

- **Principio cero:** si dos sistemas A y B están por separado en equilibrio térmico con un tercer sistema C, entonces A y B también están en equilibrio térmico.
- **Primer principio:** la variación de energía de un sistema termodinámico cerrado es igual a la diferencia entre la cantidad de calor y la cantidad de trabajo intercambiados por el sistema con sus alrededores.
- **Segundo principio:** en equilibrio, los valores que toman los parámetros característicos de un sistema termodinámico aislado son tales que maximizan el valor de la entropía.



- **Tercer principio (postulado de Nernst):** no se puede alcanzar el cero absoluto en un número finito de etapas. Es decir, al llegar al cero absoluto, 0 K, cualquier proceso de un sistema físico se detiene.

2 · 4 · Procesos termodinámicos

Relaciones para gases ideales:

- Isobárico ($dP = 0$): $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
- Isocórico ($dV = 0$): $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
- Isotérmico ($dT = 0$): $P_1 V_1 = P_2 V_2$
- Isoentrópico o adiabático ($dQ = 0$): $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \leftrightarrow T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$

3 · BIOELECTRICIDAD

3 · 1 · Electrostática

- Fuerza eléctrica entre 2 cargas puntuales (ley de Coulomb): $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ (en módulo)
- Campo eléctrico carga puntual: $E = k \frac{Q}{r^2}$ (en módulo)
- Potencial eléctrico: $V = k \frac{Q}{r}$
- Energía potencial eléctrica de dos cargas puntuales: $E_p = k \frac{q_1 q_2}{r}$

Condensadores plano-paralelos:

- Capacidad: $C = \frac{\epsilon_0 S}{d} = \frac{Q}{V}$ ($S \rightarrow$ superficie de las placas; $d \rightarrow$ distancia entre placas)
- Campo eléctrico entre placas: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ($\sigma \rightarrow$ densidad superficial de carga del condensador)
- Diferencia de potencial: $V = Ed$
- Energía almacenada en el condensador: $U = \frac{1}{2} CV^2$
- Asociación en serie:
 - $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$
 - $Q = C_{eq} V_0 = Q_1 = Q_2 = Q_3 = \dots$
 - $V_0 = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$
- Asociación en paralelo:
 - $C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$
 - $Q = C_{eq} V_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots$
 - $V_0 = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$



- Carga de un condensador: $Q(t) = CV_0 \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right]$ (donde $\tau = RC \rightarrow$ constante de tiempo)
Un condensador totalmente cargado funciona como un circuito abierto (no pasa corriente).
- Descarga de un condensador: $Q(t) = CV_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ Un condensador totalmente descargado funciona como un cortocircuito (hilo de corriente).

3·2· Electrodinámica

- Corriente eléctrica: $I = \frac{Q}{t}$
- Ley de Ohm: $V = IR$
- Potencia disipada por R: $P = VI = I^2 R$ ($V \rightarrow$ caída de potencial en R; $I \rightarrow$ intensidad que atraviesa R)

Circuitos en serie:

- $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$
- $I = \frac{V_0}{R_{eq}} = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$
- $V_0 = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$

Circuitos en paralelo:

- $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$
- $I = \frac{V_0}{R_{eq}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$
- $V_0 = V_1 = V_2 = V_3 = \dots$

Leyes de Kirchhoff:

- Primera ley de Kirchhoff (ley de nodos): en cualquier nodo, la suma de las corrientes que entran en ese nodo es igual a la suma de las corrientes que salen. $\Sigma I_{in} = \Sigma I_{out}$
- Segunda ley de Kirchhoff (ley de tensiones): en un circuito cerrado (malla), la suma de todas las caídas de tensión es igual a la tensión total suministrada. $V_0 = \Sigma V_i = \Sigma I_i R_i$ (cuidado con el signo de las I_i 's)

3·3· Aplicación: propiedades eléctricas de la membrana celular

- Potencial de membrana: diferencia de potencial interior-exterior de una membrana. Puede ser positivo o negativo según el signo de las cargas presentes en las paredes interior y exterior de la membrana.
- Potencial de Nernst: diferencia de potencial $V_{int} - V_{ext}$ que equilibran las corrientes de iones debidas al campo eléctrico y a la difusión a través de la membrana permeable.

$$V^{Nernst} = V_{int}^{Nernst} - V_{ext}^{Nernst} = 2,3 \frac{kT}{q} \log \left(\frac{c_{ext}}{c_{int}} \right) = \frac{kT}{q} \ln \left(\frac{c_{ext}}{c_{int}} \right) \quad (q \rightarrow \text{carga del ión y } c \rightarrow \text{concentraciones})$$



- La diferencia entre el potencial de membrana y el potencial de Nernst (equilibrio), establecerá si los iones saldrán o entrarán.

Ejemplo: sea una membrana con iones K^+ a ambos lados, tal que $[K^+]_{int} > [K^+]_{ext}$ (corriente difusiva hacia exterior y corriente eléctrica hacia el interior).

Si $V_{membrana} = -90mV$ y se calcula que $V_{Nernst} = -98mV$. Habrá una tendencia iones K^+ hacia el exterior para alcanzar el estado de equilibrio.

3 · 4 · Fenómenos de transporte: difusión y ósmosis

- Ósmosis: fenómeno que se produce cuando dos soluciones con diferente concentración son separadas por una membrana semipermeable y el solvente se difunde a través de la membrana del líquido de menor concentración al de mayor hasta equilibrar las concentraciones (disoluciones isotónicas). Este fenómeno se produce de forma espontánea sin gasto energético.
- Presión osmótica: presión que ejerce el solvente sobre la cara de la membrana donde hay menor concentración (disolución hipotónica) hacia el compartimento de mayor concentración (disolución hipertónica). $\pi = cRT$ ($c \rightarrow$ concentración)

