

Dinámica Neuronal I

1. Usando la ecuación de Nernst, determinar los potenciales de equilibrio para los siguiente iones: K , Na y Cl . Las concentraciones son:

| | Interior (mM) | Exterior (mM) |
|--------|---------------|---------------|
| K^+ | 430 | 20 |
| Na^+ | 50 | 440 |
| Cl^- | 65 | 550 |

La temperatura es de 20 grados centígrados. Ayuda: el valor de la constante de Boltzmann es $k_B \approx 8.6 \cdot 10^{-5}$ eV/K.

2. Considerar una neurona esférica con un radio de 15 micrones y una capacitancia de $1\mu F/cm^2$. ¿Qué cantidad de iones de sodio deben ingresar a la neurona para cambiar el potencial de membrana en 100 mV? Comparar el cambio de concentración con la concentración de iones de sodio del problema anterior. Ayuda: usar como valor de la constante de Faraday: $F = 10^5$ coulombs/mol.
3. Utilizando la ecuación de Goldman graficar la corrientes de los iones de potasio, sodio y calcio como función del potencial de membrana. ¿En que casos una aproximación lineal está mejor justificada?
4. Simular la dinámica de una neurona de Hodgkin-Huxley Calcular la curva $f - I$.

Repetir usando la aproximaciones:

$$m(t) = m_\infty(V) \text{ y}$$

$$m(t) = m_\infty(V), h + n = cte.$$

Las ecuaciones del modelo son:

$$C \frac{dV}{dt} = I - g_{Na} m^3 h (V - V_{Na}) - g_K n^4 (V - V_K) - g_l (V - V_l) \quad (1)$$

$$\frac{dm}{dt} = (m_\infty(V) - m) / \tau_m(V) \quad (2)$$

$$\frac{dh}{dt} = (h_\infty(V) - h) / \tau_h(V) \quad (3)$$

$$\frac{dn}{dt} = (n_\infty(V) - n) / \tau_n(V) \quad (4)$$

con $x_\infty(V) = a_x/(a_x + b_x)$, $\tau_x(V) = 1/(a_x + b_x)$ (en milisegundos), para $x = m, h, n$ y
 $a_m = 0.1(V+40)/(1-\exp((-V-40)/10))$, $b_m = 4\exp((-V-65)/18)$
 $a_h = 0.07\exp((-V-65)/20)$, $b_h = 1/(1+\exp((-V-35)/10))$
 $a_n = 0.01(V+55)/(1-\exp((-V-55)/10))$, $b_n = 0.125\exp((-V-65)/80)$
 (donde el potencial esta expresado en milivolts).

Los potenciales de inversión y las conductancias máximas están dados por: $V_{Na} = 50mV$, $V_K = -77mV$, $V_l = -54.4mV$
 $g_{Na} = 120mS/cm^2$, $g_K = 36mS/cm^2$, $g_l = 0.3mS/cm^2$.
 La capacitancia de la membrana es $C = 1\mu F/cm^2$.

5. Tomar $I = 0$ y esperar que el sistema converja a un punto fijo. Luego inyectar una corriente negativa de $4 \mu A/cm^2$ durante 100 msecs. ¿Qué sucede cuando la corriente termina?
6. Simular la dinámica de una neurona Integrate-and-Fire con adaptación:

$$\tau \frac{dV}{dt} = -V + I - A(t) \quad (5)$$

$$\tau_A \frac{dA}{dt} = -A + A_0 \delta(t - t_{spike}) \quad (6)$$

donde t_{spike} es el tiempo donde V alcanza el valor umbral $V_t = 1$.
 Supiniendo que se está en un estado estacionario, calcular analíticamente la curva $f - I$.

7. Las ecuaciones del modelo de FitzHugh-Nagumo son

$$\tau \frac{dV}{dt} = f(V) + I - w \quad (7)$$

$$\tau_w \frac{dw}{dt} = -\gamma w + bV \quad (8)$$

con $f(V) = V(a - V)(V - 1)$, $0 < a < 1$, $b > 0$, $\gamma > 0$.
 Calcular las nullclinas. ¿Cuales son las diferentes configuraciones de puntos fijos y ciclos límites a medida que cambia I ?