**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE KENNEDY**

**LICENCIATURA EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**SISTEMAS COMPLEJOS COMPONENTE BIOLÓGICO**

**TUTORIAL ECUACIÓN DE NERST CON SCILAB OPCIÓN A**

**A continuación, se proporciona el código en Scilab para calcular el potencial de reposo usando la ecuación de Nernst e incluyendo las variables para sodio (Na⁺), potasio (K⁺), cloro (Cl⁻), y calcio (Ca²⁺). También se incluye un manual para variar las condiciones iniciales y simular las fases del potencial de acción: estímulo, despolarización, repolarización, hiperpolarización y recuperación del estado de reposo.**

**Ecuación de Nernst**

**La ecuación de Nernst se utiliza para calcular el potencial de equilibrio de un ion y se define como:  
[ E\_X = \frac{RT}{zF} \ln\left(\frac{[X]*{out}}{[X]*{in}}\right) ]**

**Donde:**

* **( E\_X ) es el potencial de equilibrio para el ion ( X )**
* **( R ) es la constante universal de los gases ((8.314 , \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}))**
* **( T ) es la temperatura en Kelvin (asumamos 298K, que es aproximadamente 25°C)**
* **( z ) es la valencia del ion**
* **( F ) es la constante de Faraday ((96485 , \text{C} \cdot \text{mol}^{-1}))**
* **([X]\_{out}) es la concentración extracelular del ion ( X )**
* **([X]\_{in}) es la concentración intracelular del ion ( X )**

**CÓDIGO EN SCILAB ECUACIÓN DE NERST**

**// Definir constantes**

**R = 8.314; // J/(mol\*K)**

**T = 298; // K**

**F = 96485; // C/mol**

**// Función para calcular el potencial de Nernst**

**function EX = Nernst(z, conc\_out, conc\_in)**

**EX = (R \* T)/(z \* F) \* log(conc\_out / conc\_in);**

**endfunction**

**// Concentraciones iniciales (mM)**

**Na\_out = 145; Na\_in = 12;**

**K\_out = 4; K\_in = 155;**

**Cl\_out = 123; Cl\_in = 4;**

**Ca\_out = 2; Ca\_in = 0.0002;**

**// Calcular potenciales de Nernst**

**E\_Na = Nernst(1, Na\_out, Na\_in);**

**E\_K = Nernst(1, K\_out, K\_in);**

**E\_Cl = Nernst(-1, Cl\_out, Cl\_in); // Cloro tiene carga negativa**

**E\_Ca = Nernst(2, Ca\_out, Ca\_in);**

**// Mostrar resultados**

**mprintf("Potencial de Nernst para Na+: %.2f mV\n", E\_Na \* 1000);**

**mprintf("Potencial de Nernst para K+: %.2f mV\n", E\_K \* 1000);**

**mprintf("Potencial de Nernst para Cl-: %.2f mV\n", E\_Cl \* 1000);**

**mprintf("Potencial de Nernst para Ca2+: %.2f mV\n", E\_Ca \* 1000);**

**// Potencial de reposo usando la ecuación de Goldman-Hodgkin-Katz (GHK)**

**P\_Na = 0.04; P\_K = 1; P\_Cl = 0.2; P\_Ca = 0.001;**

**E\_rest = (R\*T/F)\*log((P\_K\*K\_out + P\_Na\*Na\_out + P\_Ca\*(Ca\_out)^0.5)/(P\_K\*K\_in + P\_Na\*Na\_in + P\_Ca\*(Ca\_in)^0.5));**

**mprintf("Potencial de reposo: %.2f mV\n", E\_rest \* 1000);**

**DIAGRAMA DE FLUJO**

**Inicio**

**|**

**v**

**Definir Constantes (R, T, F)**

**|**

**v**

**Definir Concentraciones Iniciales (Na, K, Cl, Ca)**

**|**

**v**

**Calcular Potenciales de Nernst (E\_Na, E\_K, E\_Cl, E\_Ca)**

**|**

**v**

**Calcular Potencial de Reposo (E\_rest) usando GHK**

**|**

**v**

**Mostrar Resultados**

**|**

**v**

**Fin**

**Manual para variar las condiciones iniciales**

1. **Estímulo: Para simular un estímulo, puedes aumentar la concentración extracelular de Na⁺ o disminuir la concentración intracelular de K⁺. Esto causará una despolarización.**

**Na\_out = 150; // Incrementar Na+ extracelular**

**K\_in = 150; // Disminuir K+ intracelular**

1. **Despolarización: Durante la despolarización, la membrana se despolariza debido a la entrada de Na⁺. Puedes simular esto aumentando Na\_in.**

**Na\_in = 50; // Aumentar Na+ intracelular**

1. **Repolarización: Durante la repolarización, K⁺ sale de la célula. Puedes simular esto aumentando K\_out.**

**K\_out = 10; // Aumentar K+ extracelular**

1. **Hiperpolarización: Durante la hiperpolarización, la membrana se vuelve más negativa que el potencial de reposo. Puedes simular esto disminuyendo K\_in.**

**K\_in = 140; // Disminuir K+ intracelular**

1. **Recuperación del estado de reposo: Restaura las concentraciones iniciales para volver al potencial de reposo.**

**Na\_out = 145; Na\_in = 12;**

**K\_out = 4; K\_in = 155;**

**Cl\_out = 123; Cl\_in = 4;**

**Ca\_out = 2; Ca\_in = 0.0002;**

**Este código y manual te permitirán simular y entender las diferentes fases del potencial de acción en una neurona.**

**TUTORIAL ECUACIÓN DE NERST CON SCILAB OPCIÓN B**

**Se proporciona el código en Scilab para simular el potencial de acción de una célula neuronal utilizando la ecuación de Nernst para el potencial de reposo, considerando las variables de sodio (Na+), potasio (K+), cloro (Cl-) y calcio (Ca2+).**

**CÓDIGO ECUACIÓN DE NERST**

**// Definir constantes**

**F = 96485; // Constante de Faraday (C/mol)**

**R = 8.314; // Constante de los gases (J/(mol\*K))**

**T = 310; // Temperatura en Kelvin (K)**

**// Concentraciones iónicas (mM)**

**Na\_out = 145; Na\_in = 15;**

**K\_out = 5; K\_in = 150;**

**Cl\_out = 125; Cl\_in = 10;**

**Ca\_out = 2; Ca\_in = 0.0001;**

**// Permeabilidades iónicas relativas**

**P\_Na = 0.04; P\_K = 1; P\_Cl = 0.45; P\_Ca = 0.001;**

**// Ecuación de Nernst para cada ion**

**E\_Na = (R\*T/F)\*log(Na\_out/Na\_in);**

**E\_K = (R\*T/F)\*log(K\_out/K\_in);**

**E\_Cl = -(R\*T/F)\*log(Cl\_out/Cl\_in);**

**E\_Ca = (R\*T/(2\*F))\*log(Ca\_out/Ca\_in);**

**// Potencial de reposo (mV)**

**V\_m = (P\_Na\*E\_Na + P\_K\*E\_K + P\_Cl\*E\_Cl + P\_Ca\*E\_Ca)/(P\_Na + P\_K + P\_Cl + P\_Ca);**

**// Simular el potencial de acción**

**t = 0:0.1:100; // Tiempo (ms)**

**V = V\_m\*ones(1,length(t)); // Potencial de membrana (mV)**

**// Estimulo**

**t\_estimulo = 10; // Tiempo de inicio del estimulo (ms)**

**V\_estimulo = 20; // Amplitud del estimulo (mV)**

**idx\_estimulo = find(t>=t\_estimulo & t<t\_estimulo+1);**

**V(idx\_estimulo) = V(idx\_estimulo) + V\_estimulo;**

**// Despolarización**

**tau\_despolarizacion = 2; // Constante de tiempo de despolarización (ms)**

**V\_despolarizacion = V\_estimulo\*(1-exp(-(t-t\_estimulo)/tau\_despolarizacion));**

**idx\_despolarizacion = find(t>=t\_estimulo & t<t\_estimulo+5);**

**V(idx\_despolarizacion) = V(idx\_despolarizacion) + V\_despolarizacion(idx\_despolarizacion-t\_estimulo+1);**

**// Repolarización**

**tau\_repolarizacion = 5; // Constante de tiempo de repolarización (ms)**

**V\_repolarizacion = V(idx\_despolarizacion($))\*(exp(-(t(idx\_despolarizacion($)+1:$)-t(idx\_despolarizacion($)))/tau\_repolarizacion));**

**idx\_repolarizacion = find(t>t\_estimulo+5 & t<t\_estimulo+15);**

**V(idx\_repolarizacion) = V\_repolarizacion;**

**// Hiperpolarización**

**tau\_hiperpolarizacion = 10; // Constante de tiempo de hiperpolarización (ms)**

**V\_hiperpolarizacion = V(idx\_repolarizacion($))\*(exp(-(t(idx\_repolarizacion($)+1:$)-t(idx\_repolarizacion($)))/tau\_hiperpolarizacion));**

**idx\_hiperpolarizacion = find(t>t\_estimulo+15 & t<t\_estimulo+30);**

**V(idx\_hiperpolarizacion) = V\_hiperpolarizacion - 10;**

**// Recuperación del estado de reposo**

**tau\_recuperacion = 20; // Constante de tiempo de recuperación (ms)**

**V\_recuperacion = V(idx\_hiperpolarizacion($))\*(exp(-(t(idx\_hiperpolarizacion($)+1:$)-t(idx\_hiperpolarizacion($)))/tau\_recuperacion));**

**idx\_recuperacion = find(t>t\_estimulo+30);**

**V(idx\_recuperacion) = V\_recuperacion + V\_m;**

**// Graficar el potencial de acción**

**clf;**

**plot(t,V);**

**xlabel('Tiempo (ms)');**

**ylabel('Potencial de membrana (mV)');**

**title('Potencial de acción');**

**Manual de uso**

1. **Modificar las concentraciones iónicas (Na\_out, Na\_in, K\_out, K\_in, Cl\_out, Cl\_in, Ca\_out, Ca\_in) para cambiar las condiciones iniciales del potencial de reposo.**
2. **Ajustar las permeabilidades iónicas relativas (P\_Na, P\_K, P\_Cl, P\_Ca) para modificar la contribución de cada ion al potencial de reposo.**
3. **Cambiar el tiempo de inicio del estimulo (t\_estimulo) y su amplitud (V\_estimulo) para variar la respuesta del potencial de acción.**
4. **Modificar las constantes de tiempo de despolarización (tau\_despolarizacion), repolarización (tau\_repolarizacion), hiperpolarización (tau\_hiperpolarizacion) y recuperación (tau\_recuperacion) para ajustar la dinámica del potencial de acción.**

**Diagrama de flujo**

1. **Inicializar variables y constantes.**
2. **Calcular el potencial de reposo utilizando la ecuación de Nernst.**
3. **Simular el potencial de acción:  
   \* Estimulo: sumar el estimulo al potencial de membrana en el tiempo correspondiente.  
   \* Despolarización: calcular la despolarización utilizando una función exponencial y sumarla al potencial de membrana.  
   \* Repolarización: calcular la repolarización utilizando una función exponencial y reemplazar el potencial de membrana.  
   \* Hiperpolarización: calcular la hiperpolarización utilizando una función exponencial y restarla del potencial de membrana.  
   \* Recuperación del estado de reposo: calcular la recuperación utilizando una función exponencial y sumarla al potencial de membrana.**
4. **Graficar el potencial de acción.**