

5. Übung zur Medizinphysik

SS 2014

Ausgabe: 05.05.2014

Abgabe: bis 12.05.2014 16:00 Uhr

Prof. Dr. D. Suter

Aufgabe 1: DNA

3 Punkte

Das menschliche Genom besteht aus $3,2 \cdot 10^9$ Basenpaaren. Der Anstieg pro Base entlang der Symmetriearchse beträgt $h = 0,34$ nm.

- Bestimmen Sie die Länge des Genoms sowie die mittlere Länge eines Chromosoms entlang der Symmetriearchse.
- Berechnen Sie die Energie die im menschlichen Genom innerhalb der Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Basenpaaren enthalten ist. Nutzen Sie dafür den folgenden Zusammenhang zwischen der Energie von Wasserstoffbrückenbindungen E_{WB} und Abstand r

$$E_{WB}(r) = \frac{3 \cdot E \cdot r_0^8}{r^8} - \frac{4 \cdot E \cdot r_0^6}{r^6}. \quad (1)$$

E und r_0 sind bindungsabhängige Konstanten ($E_{N-H \dots N} = -2$ kcal/mol, $E_{N-H \dots O} = -2,8$ kcal/mol, $r_{0;N-H \dots N} = 3,2 \text{ \AA}$ und $r_{0;N-H \dots O} = 2,8 \text{ \AA}$). Machen Sie geeignete Annahmen für die Basenverteilung und ihrer Abstände.

Aufgabe 2: Makroskopisches Modell der Muskelkontraktion

3 Punkte

Ein makroskopisches Modell der Muskelkontraktion ist in der untenstehenden Skizze zu sehen. Es gibt einen Stoßdämpfer der eine Kraft entwickelt, die umso größer ist, je schneller die Kontraktionsgeschwindigkeit ist und welcher der Kontraktion entgegenwirkt. Der Muskel wird durch eine Kraftquelle T_O dargestellt. Eine zusätzliche Feder, parallel zum Stoßdämpfer, simuliert die elastische Komponente innerhalb des Muskels. Geben Sie die Differentialgleichung für dieses System an. Lösen Sie das Problem

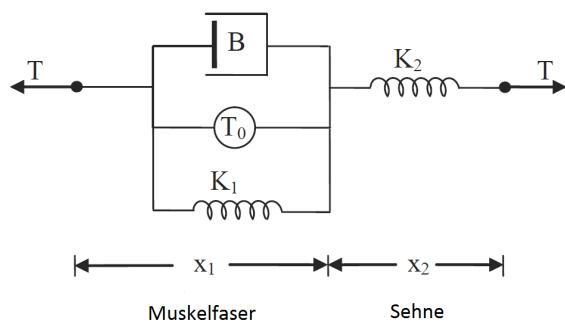


Abbildung 1: Modell der Muskelkontraktion.

unter isometrischen Bedingungen.

Aufgabe 3: Gleichgewichtspotential und Nervenleitung

3 Punkte

- In einer Zelle befinden sich unterschiedliche Ionenarten mit jeweils verschiedenen Konzentrationen c innerhalb und außerhalb der Zelle, sodass eine diffusive Bewegung erfolgt. Dies führt zu einer

Potentialdifferenz zwischen Innerem und Äußerem der Zelle und bildet eine wichtige Grundlage für die Nervenerregung in Organismen. Bestimmen Sie die Potentialdifferenz unter der Annahme, dass nur eine Ionenart vorliegt. Rechnen Sie in einer Dimension.

Tipp: Gleichgewicht zwischen diffusivem und elektrischen Strom. Benutzen Sie für den Diffusionskoeffizienten D die Einstein-Gleichung $D = \mu N_A k_B T$, wobei μ die Beweglichkeit der Teilchen ist, T die Temperatur, N_A die Avogadrozahl und k_B die Boltzmannkonstante. Nehmen Sie weiterhin für die elektrische Stromdichte $\vec{j}_E = q\mu N_A c \vec{E}$ an. Dabei ist q die Elementarladung und \vec{E} die elektrische Feldstärke.

- b) Unter Beachtung mehrerer Ionenarten und der unterschiedlichen Beweglichkeiten der Ionen erhält man das Membranruhepotential einer Zelle. Dieses wird durch die sogenannte Goldmann-Gleichung $\Delta U = \frac{k_B T}{q} \ln\left(\frac{\mu_K c_K^a + \mu_{Na} c_{Na}^a}{\mu_K c_K^i + \mu_{Na} c_{Na}^i}\right)$ beschrieben. Berechnen Sie das Membranruhepotential einer Zelle mit den folgenden Werten. $\frac{\mu_K}{\mu_{Na}} = 15$, $c_K^i = c_{Na}^a$, $c_K^a = 30c_{Na}^a$, $c_{Na}^a = 10c_{Na}^i$.
- c) Bei der Nervenerregung ändert sich die Potenzialdifferenz über der Nervenbahn $\Delta U = 100 \text{ mV}$, was hauptsächlich auf einen Einstrom von Na^+ Ionen in die Nervenfaser zurückzuführen ist. Wie viele Na^+ -Ionen N_{Na^+} pro Flächeneinheit der Zellmembran sind nötig, um die Membran mit der Kapazität $C = 1 \mu\text{F}/\text{cm}^2$ um den Betrag ΔU umzuladen?