

## **Eingangsklausur zum Praktikum „Technische Methoden der Biologie“ SS 2007**

am 24.04.2007, 13:00-14:30 Uhr

Prof. Dr. Stephan Nußberger

**Außer einem Taschenrechner und einem DIN A4 Blatt mit Formeln sind keine sonstigen Hilfsmittel erlaubt! Bitte nicht mit Bleistift schreiben! Studierende der technischen Biologie, die die Klausur bestehen, müssen den Biophysik-Teil der Orientierungsprüfung nicht mehr mitschreiben!**

### 1. Aufgabe (2 Punkte)

Ein kugelförmiges Bakterium mit einem Radius von  $1\ \mu\text{m}$  schwimmt, angetrieben von seinem Flagellenschlag, mit einer Geschwindigkeit  $v_0$  von  $25\ \mu\text{m/s}$  durch eine Nährlösung. Es hat die gleiche Dichte wie Wasser ( $\approx 1000\text{kg/m}^3$ )

- a) welche Kraft muss das Flagellum aufbringen, damit das Bakterium mit der genannten Geschwindigkeit durch die Nährlösung schwimmen kann? Die Viskosität der Nährlösung beträgt  $10^{-3}\text{ kg/(m*s)}$

- b) Wie lange dauert es, bis das Bakterium auf 1% der Anfangsgeschwindigkeit  $v_0$  aufgrund seiner Reibung abgebremst wird, wenn der Flagellenschlag stoppt?

Hinweis: Lösen Sie zunächst die Bewegungsgleichung

$$m \, dv(t)/dt + \gamma \, v(t) = 0$$

und beschreiben Sie mit einer Formel die zeitliche Entwicklung der Geschwindigkeit  $v(t)$ . Berechnen Sie dann die gefragte Zeit.

$m$  beschreibt die Masse des Bakteriums;  $\gamma$  den Reibungskoeffizienten

- c) Wie weit kommt das Bakterium aufgrund seiner Trägheit, nachdem es seinen Flagellenschlag gestoppt hat? Berechnen Sie die Strecke und diskutieren Sie kurz das Ergebnis! (Zusatzaufgabe: 2 Punkte)

### 2. Aufgabe (1 Punkt)

Proteine lassen sich mittels SDS-Gelelektrophorese leicht trennen. Hierbei wandern die Proteine aufgrund ihrer Ladung im elektrischen Feld. Das elektrische Feld wird durch ein Netzteil und zwei Platindrähte erzeugt, die parallel in einem Abstand von 10cm angeordnet.



Berechnen Sie die Spannung, die zwischen den beiden Platindrähten angelegt werden muss, damit ein Protein mit einer Gesamtladung von 50 negativen Elementarladungen eine elektrophoretische Kraft von 0,01pN wirkt.  $q_e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### 3. Aufgabe (2 Punkte)

Betrachten wir ein kugelförmiges Teilchen mit Radius 0,2nm in einer Zelle.

- Wie lange braucht ein solches Teilchen im Mittel, um bei einer Temperatur von 298K durch eine Phospholipid-Doppelschicht zu diffundieren? Die Membran habe eine Dicke von 4nm; die Viskosität des Bilayers betrage 0,10 kg/(m\*s);  $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ .
- Bei konstanter Temperatur hängt die mittlere Zeit zur Diffusion über eine Lipidmembran im Wesentlichen nur vom Radius der diffundierenden Moleküle ab. Alle Moleküle gleicher Größe überqueren die Membran daher im Mittel in der gleichen Zeit. Auf der anderen Seite ist allgemein bekannt, dass die Permeabilität von unpolaren Molekülen durch eine Lipidmembran größer ist als die für polare Moleküle gleicher Größe. Widersprechen sich diese Aussagen? Begründen Sie Ihre Antwort.

### 4. Aufgabe (1 Punkt)

Woraus ergeben sich die Auflösungsgrenzen des Auges? Nennen Sie zwei wichtige physikalische Parameter und begründen Sie ihre Antwort!

### 5. Aufgabe (1 Punkt)

Das Auflösungsvermögen eines Lichtmikroskops ist durch die Wellenlänge des Lichts und die numerische Apertur bestimmt.

Um welchen Faktor verbessert sich das Auflösungsvermögen gegenüber der Abbildung in Luft, wenn man ein Objektiv mit Immersionsöl verwendet und der Aperturwinkel von 40° auf 55° vergrößert wird?

### 6. Membranpotential (1 Punkt)

Sie haben in einem einfachen Zellmodell (Lipidvesikel) eine 10mM Lösung von NaCl. Im Extrazellularraum beträgt die NaCl Konzentration 200mM.

- Die Membran sei nur permeabel für  $\text{Cl}^-$  Ionen, jedoch nicht für  $\text{Na}^+$  Ionen. Welches Membranpotential stellt sich ein? Beachten Sie die richtige Angabe des Vorzeichens!  
Hinweis: Bei Raumtemperatur gelte  $k_B T/e = 25\text{mV}$
- Die Membran sei weder für  $\text{Na}^+$  Ionen noch für  $\text{Cl}^-$  Ionen permeabel. Was für ein Membranpotential stellt sich in diesem Fall ein?



### 7. Aufgabe (2 Punkte)

Der nikotinische Acetylcholinrezeptor der neuromuskulären Endplatte ist ein so genannter unspezifischer Kationenkanal, der durch Binden des Neurotransmitters Acetylcholin geöffnet wird. Die Permeabilitäten des offenen Kanals für  $\text{Na}^+$  und  $\text{K}^+$  Ionen sind nahezu gleich groß.

- a) Warum führt das Binden von Acetylcholin an den nikotinischen Acetylcholinrezeptor bei Muskelzellen zu einer Depolarisation des Membranpotentials? Erläutern Sie dies anhand der entsprechenden Gleichung sowie einer kleinen Rechnung!
- b) Kann durch Öffnen der Kationenkanäle der Acetylcholinrezeptoren das Membranpotential der Muskelzellen dem Gleichgewichtspotential von Natrium angeglichen werden? Begründen Sie Ihre Antwort biophysikalisch anhand der entsprechenden Gleichung.



# Biophysik

## - Eingangsklausur 07 -

### Master-Lösung

Aufg. 1

a)

$$F = r \cdot v = 6\pi\eta \cdot r \cdot v$$

$$= 0,47 \text{ pN}$$

①

b)  $m \frac{dv(t)}{dt} + r v(t) = 0$

$$m = \rho \cdot V = \rho \cdot \frac{4\pi}{3} r^3$$

$$m \cdot \ddot{x} + r \cdot \dot{x} = 0$$

$$\frac{dv}{v} = - \frac{r}{m} \int_{t_0}^{t_1} dt$$

$$\int_{v_0}^{v_1} \frac{dv}{v} = \ln v \Big|_{v_0}^{v_1} = \ln \frac{v_1}{v_0} = \ln v_1 - \ln v_0$$

$$\int_{t_0}^{t_1} dt = t \Big|_{t_0}^{t_1} = t_1 - t_0 = \Delta t$$

$$v_1(t) = v_0 \cdot e^{-\frac{r}{m} \cdot \Delta t}$$

$$\Delta t = - \frac{m}{r} \ln \left( \frac{v(t)}{v_0} \right) = 1102 \mu\text{s}$$

①

$$c) \frac{dx}{dt} = v(t) = v_0 \cdot e^{-\frac{\gamma}{m} \cdot t} \cdot A$$

$$\int_{x_0}^{x_1} dx = \int_0^{\infty} v_0 \left( e^{-\frac{\gamma}{m} \cdot t} \cdot A \right) dt$$

$$x(t) - 0 = \cancel{\frac{m}{\gamma}} \frac{m}{\gamma} v_0 \cdot e^{-\frac{\gamma}{m} \cdot t} \Big|_0^{\infty}$$

$$= 0 - \left( -\frac{m}{\gamma} \cdot v_0 \right)$$

$$= \frac{m}{\gamma} \cdot v_0$$

$$\Rightarrow x = 5,55 \cdot 10^{-12} \text{ m} = 0,05 \text{ \AA}$$

2

Aufg. 2

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

$$= q \cdot \frac{U}{d} = N \cdot e \cdot \frac{U}{d}$$

1

$$\Rightarrow U = 125 \text{ V}$$

Aufg. 3

a) Eindimensionale Bewegung?

$$\Rightarrow \langle x^2 \rangle = 2 \sigma^2$$

12

$$\gamma \cdot D = k_B T$$

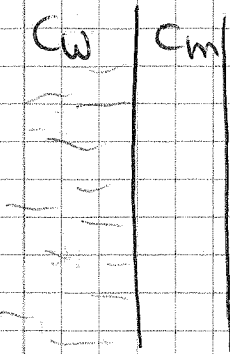
$$\tau = 6 \pi \eta r$$

$$A = 0,73 \mu\text{s}$$

Aussagen widersprechen sich prinzipiell

- b) Gründe: - Partitionskoeffizient ist wichtig (Löslichkeit)  
→ 1. Ficksches Gesetz:

$$J = -D \frac{dc}{dx} \rightarrow -D \cdot B \frac{dc}{dx}$$



$$\frac{c_w}{c_m} = B$$

↑ Löslichkeit

$$\left( \frac{c_w}{c_m} \approx e^{-\frac{\Delta E}{k_B T}} \right)$$

①  $\frac{1}{2}$

Aufg. 4

- Abstand der Zäpfen
- Lichtbeugung am Pupillrand
- Rayleigh-Kriterium

①

Aufg. 5

$$d_{\min} = \frac{\lambda}{NA} = \frac{\lambda}{n \cdot \sin \alpha}$$

①

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = 127\%, \text{ zusätzlich auch Berechnung mit } n \text{ möglich?}$$

## Aufg. 6

a)  $\Delta V = \frac{k_B T}{z \cdot e} \cdot \ln \frac{C_o}{C_i} = -74,89 \text{ mV}$  (1/2)

b) Membranpotential = 0V (1/2)

## Aufg. 7

a)  $\Delta V = \frac{k_B T}{e} \ln \frac{P_K [K^+]_a + P_{Na} [Na^+]_a + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_a}$

→ Goldmangleichung?

Membranspannung im GG: -60 mV, durch  $K^+$  GG

⇒ es fließt nur  $Na^+$  hinein, kein  $K^+$

⇒ Depolarisation

Permeabilitäten sind sehr ähnlich ⇒ kürzen,  
Einsetzen der typ. Konz. Werte von  $K^+$  und  $Na^+$

b) Nein, s. Goldman-Gleichung

$$\frac{[K^+]_a + [Na^+]_a}{[K^+]_i + [Na^+]_i} = \frac{5 + 150}{140 + 5} \approx 1$$

⇒  $\ln 1 = 0$