

Wykłady z Biofizyki



Zbigniew Osiak

Biofizyka układu nerwowego

07

ORCID

Linki do moich publikacji naukowych i popularnonaukowych, e-booków oraz audycji telewizyjnych i radiowych są dostępne w bazie ORCID pod adresem internetowym:

<http://orcid.org/0000-0002-5007-306X>

OZNACZENIA

B – notka biograficzna

C – ciekawostka

H – informacja dotycząca historii fizyki

I – adres strony internetowej

K – komentarz

P – przykład

U – uwaga

Zbigniew Osiak (Tekst)

WYKŁADY Z BIOFIZYKI

Biofizyka układu nerwowego

Małgorzata Osiak (Ilustracje)

© Copyright 2021 by
Zbigniew Osiak (text) and Małgorzata Osiak (illustrations)

Wszelkie prawa zastrzeżone.
Rozpowszechnianie i kopiowanie całości lub części publikacji
zabronione bez pisemnej zgody autora tekstu i autorki ilustracji.

Wydawnictwo: Self Publishing

ISBN: 978-83-960580-4-1

e-mail: zbigniew.osiak@gmail.com

“*Wykłady z Biofizyki – Biofizyka układu nerwowego*” są siódmym z piętnastu tomów pomocniczych materiałów do semestralnego kursu biofizyki prowadzonego przeze mnie dla studentów fizjoterapii. Zainteresowani studiowaniem biofizyki znajdą tu podstawowe pojęcia, prawa, jednostki, wzory, wykresy i przykłady.

Uzupełnieniem siódmego tomu są eBooki:

- Zbigniew Osiak: *Elektryczność*. vixra:1804.0176
<https://vixra.org/abs/1804.0176>
- Zbigniew Osiak: *Zadania problemowe z biofizyki*. vixra:1804.0452
<https://vixra.org/abs/1804.0452>

Zapis wszystkich wykładów zgrupowanych w piętnastu tomach zostanie zamieszczony w internecie w postaci e-booków.

Wykłady z Biofizyki 01 – Krótka historia biofizyki

Wykłady z Biofizyki 02 – Termodynamika układów biologicznych

Wykłady z Biofizyki 03 – Biofizyka procesu słyszenia

Wykłady z Biofizyki 04 – Biofizyka procesu widzenia

Wykłady z Biofizyki 05 – Biofizyka układu krążenia

Wykłady z Biofizyki 06 – Biofizyka układu oddechowego

Wykłady z Biofizyki 07 – Biofizyka układu nerwowego

Wykłady z Biofizyki 08 – Deformacje tkanek

Wykłady z Biofizyki 09 – Biofizyka narządu ruchu

Wykłady z Biofizyki 10 – Wpływ infradźwięków i ultradźwięków na organizm

Wykłady z Biofizyki 11 – Wpływ prądu elektrycznego na organizm

Wykłady z Biofizyki 12 – Wpływ pola elektrycznego i magnetycznego na organizm

Wykłady z Biofizyki 13 – Wpływ pola elektromagnetycznego na organizm

Wykłady z Biofizyki 14 – Wpływ ultrafioletu, podczerwieni i mikrofal na organizm

Wykłady z Biofizyki 15 – Wpływ promieniowania jonizującego na organizm

Wykład 7

Biofizyka układu nerwowego

Plan wykładu

- Podstawowe pojęcia i wielkości
- Potencjał spoczynkowy
- Potencjał czynnościowy
- Dodatkowe informacje

Podstawowe pojęcia i wielkości

- Prawo Ficka
- Rodzaje transportu
- Pompa sodowo-potasowa
- Napięcie elektryczne
- Natężenie prądu elektrycznego
- Gęstość prądu elektrycznego
- Prawo Ohma
- Przewodnictwo elektryczne
- Opór elektryczny właściwy
- Przewodnictwo elektryczne właściwe
- Siła elektromotoryczna
- Pojemność elektryczna
- Gęstości powierzchniowe wielkości elektrycznych

Prawo Ficka

- Prawo Ficka – prawo opisujące transport masy w wyniku dyfuzji.

$$\frac{1}{S} \frac{dn}{dt} = -D \frac{dc}{dx}$$

$$\frac{1}{S} \frac{dn}{dt} = J_m$$

J_m – współrzędna strumienia masy (szybkości transportu masy) przez powierzchnię o polu (S), ustawioną prostopadle do kierunku transportu
 n – liczność materii, D – stała dyfuzji, $[D] = \text{m}^2\text{s}^{-1}$
 dc/dx – współrzędna gradientu stężenia

B Adolf Eugen Fick (1829-1901), niemiecki fizjolog i wynalazca

Prawo Ficka

Prawo Ficka można też zapisać w uproszczonej postaci przydatnej do opisu transportu masy przez błony biologiczne.

$$J_m = -P\Delta c$$

$$P = \frac{D}{\Delta x}$$

Δx – grubość błony

$$[P] = \text{ms}^{-1}$$

P – współczynnik przepuszczalności błony dla danej substancji

Rodzaje transportu

- Transport bierny – transport zgodny z prawem Ficka.
- Transport ułatwiony (na nośnikach) – transport przebiegający szybciej niżby wynikało to z prawa Ficka.
- Transport aktywny – transport zachodzący w kierunku przeciwnym niżby wynikało to z prawa Ficka.

Pompa sodowo-potasowa

- Pompa sodowo-potasowa – enzym białkowy ($\text{Na}^+/\text{K}^+ - \text{ATPaza}$) umożliwiający aktywny transport dodatnich jonów sodu i potasu przez błony pobudliwych komórek takich jak neurony.
- Podstawowym zadaniem pompy sodowo-potasowej jest utrzymywanie odpowiedniej różnicy stężeń jonów sodu i potasu wewnątrz i na zewnątrz komórki – wchłanianie do komórki sodu, a wydalenie z niej potasu.

H Pompa sodowo-potasowa została odkryta w 1957 przez Jensa Christiana Skou.

B Jens Christian Skou (1918-2018), duński biochemik, laureat Nagrody Nobla z chemii w 1997

• J. C. Skou: *The influence of some cations on an adenosine triphosphatase from peripheral nerves*. Biochimica et Biophysica Acta. **23**, 2 (23 February 1957) 394-401.

Napięcie elektryczne

- Napięcie elektryczne (U) – wielkość skalarna określona jako różnica potencjałów elektrycznych (V_A) i (V_B) między dwoma punktami (A) i (B).

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

$$[U_{AB}] = V = \text{volt}$$

C Nazwa wolt pochodzi od nazwiska Volta.

B Alessandro Giusepppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827), włoski fizyk

Natężenie prądu elektrycznego

- Natężenie prądu (I) – wielkość skalarna będąca stosunkiem ładunku (Q) przepływającego przez poprzeczny przekrój przewodnika do czasu (t) tego przepływu.

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$[I] = \frac{C}{s} = A = \text{amper}$$

C Nazwa amper pochodzi od nazwiska Ampère.

B Andrè Marie Ampère (1775-1836), francuski fizyk i matematyk

Gęstość prądu elektrycznego

- Gęstość prądu elektrycznego (j) – stosunek natężenia prądu (I) do pola powierzchni (S) przekroju poprzecznego przewodnika, na którym to przekroju rozkład prądu jest równomierny.

$$j = \frac{I}{S}$$

$$[j] = \frac{\text{A}}{\text{m}^2}$$

Gęstość prądu elektrycznego jest wektorem o kierunku prądu elektrycznego.

Prawo Ohma

- Prawo Ohma – prawo głoszące, że natężenie prądu elektrycznego (I) przepływającego przez przewodnik jest wprost proporcjonalne do napięcia elektrycznego (U) na końcach tego przewodnika.

$$I = \frac{1}{R} U$$

R – opór elektryczny (rezystancja)

$$[R] = \frac{V}{A} = \Omega = \text{om}$$

H Prawo Ohma zostało sformułowane przez niego w 1826.

B Georg Simon Ohm (1787-1854), niemiecki fizyk

Przewodnictwo elektryczne

Prawo Ohma bywa zapisane także w innej postaci:

$$I = G \cdot U$$

G – przewodnictwo elektryczne (konduktancja)

$$[G] = \frac{1}{\Omega} = \frac{A}{V} = S = \text{simens} = \text{mho}$$

C Nazwa simens pochodzi od nazwiska Siemens.

B Ernst Werner von Siemens (1816-1892), niemiecki inżynier, przemysłowiec i wynalazca

C Nazwa "mho" jest słowem "ohm" zapisanym wstecz.

C $[G] = \overline{\Omega}$

Opór elektryczny właściwy

- Opór elektryczny właściwy (ρ) – wielkość skalarna, mierzona w omometrach, będąca stosunkiem iloczynu oporu elektrycznego (R) jednorodnego opornika cylindrycznego i jego pola powierzchni (S) przekroju poprzecznego do długości (l) tego opornika.

$$\rho = \frac{RS}{l}$$

$$[\rho] = \Omega \cdot \text{m}$$

Opór elektryczny właściwy nazywany jest też opornością właściwą lub rezystywnością.

Przewodnictwo elektryczne właściwe

- Przewodnictwo elektryczne właściwe (γ) – wielkość skalarna będąca odwrotnością oporu elektrycznego właściwego (ρ).

$$\gamma = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{RS} = \frac{lG}{S}$$

$$[\gamma] = \frac{1}{\Omega \cdot m} = \frac{S(\text{imens})}{m} = \frac{\text{mho}}{m}$$

Przewodnictwo elektryczne właściwe nazywane jest też przewodnością właściwą lub konduktywnością.

Przewodnictwo elektryczne właściwe

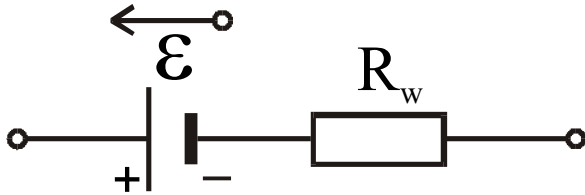
- Przewodnictwo elektryczne właściwe (γ) – wielkość skalarna będąca stosunkiem iloczynu długości (l) jednorodnego opornika cylindrycznego i jego przewodnictwa elektrycznego (G) do pola powierzchni (S) przekroju poprzecznego tego opornika.

$$\gamma = \frac{lG}{S}$$

$$[\gamma] = \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{cm}^2} = \frac{\text{m} \cdot \text{S(imens)}}{\text{cm}^2} = \frac{\text{m} \cdot \text{mho}}{\text{cm}^2}$$

Siła elektromotoryczna

- Siła elektromotoryczna ($\mathcal{E}$) – różnica potencjałów elektrycznych (napięcie elektryczne) na biegunach nieobciążonego źródła.



Na powyższym rysunku przedstawiono symbol źródła o stałej sile elektromotorycznej ($\mathcal{E}$) i oporze wewnętrznym (R_w); strzałka oznacza umowny kierunek siły elektromotorycznej źródła.

- SEM – inna nazwa siły elektromotorycznej.

Pojemność elektryczna

- Pojemność elektryczna (C) – wielkość skalarna będąca stosunkiem ładunku (Q) na okładce dodatniej kondensatora do napięcia (U) między jego okładkami.

$$C = \frac{Q}{U} \quad [C] = \frac{C}{V} = F = \text{farad}$$

U Dla danego kondensatora:

$$C = \text{const}, \quad U \sim Q$$

C Nazwa farad pochodzi od nazwiska Faraday.

B Michael Faraday (1791-1867), brytyjski fizyk i chemik

Gęstości powierzchniowe wielkości elektrycznych

K Hodgkin i Huxley w swoich kultowych pracach, zamiast ładunku (Q), natężenia prądu (I), konduktancji (G), pojemności (C), używali gęstości powierzchniowych tych wielkości, które oznaczymy odpowiednio przez

σ , j , g , c .

σ – gęstość powierzchniowa ładunku

$$[\sigma] = \text{C/m}^2$$

j – gęstość prądu

$$[j] = \text{A/m}^2$$

g – "gęstość powierzchniowa konduktancji"

$$[g] = \text{S/m}^2 = \text{mho/m}^2$$

c – "gęstość powierzchniowa pojemności"

$$[c] = \text{F/m}^2$$