

Matematická (pato)fyzioogie

MUDr. MSc. Michal Šitina, PhD.

MUDr. Stanislav Matoušek, PhD.

Ústav patologické fyziologie, MUNI

Anesteziologicko-resuscitační klinika, FNUSA

Oddělení biostatistiky, ICRC-FNUSA

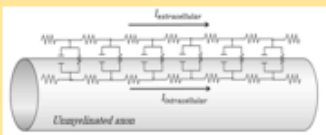


MUNI
MED

Matematická (pato)fyziologie



$$\lambda^2 \cdot \frac{\partial^2 V_m(x,t)}{\partial x^2} - \tau_m \cdot \frac{\partial V_m(x,t)}{\partial t} - V_m(x,t) = 0$$



```
for i in 1..5:
    print(i*i, end=" ")
1 5 4 9 9 16 25 25 36
```

Ústav patologické
fyziologie

Co se naučíte?

- ❖ matematický popis fyziologických systémů
- ❖ jeho analytické či numerické řešení
- ❖ analyzovat důsledky modelu za fyziologických a patologických okolností
- ❖ integrovat biologické znalosti s matematickým popisem

Co ještě?

- ❖ trochu matematiky
- ❖ základy programovacího jazyka Python
- ❖ modelovací prostředí OpenModelica

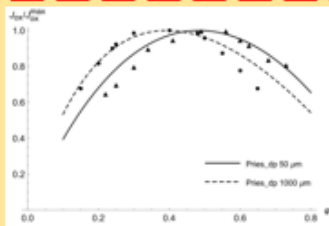
Kdy?

- ❖ 1x týdně 2 hodiny
- ❖ jarní semestr
- ❖ 3 kredity

- ❖ **Kontakt:** Michal Šitina, Ústav patologické fyziologie, michal.sitina@fnusa.cz

$$J_{ox} = k \Delta p \frac{\varphi}{\eta(\varphi)} \Rightarrow 0 = \frac{\partial J_{ox}}{\partial \varphi} \Big|_{\Delta p} = \frac{k' \Delta p}{\eta^2(\varphi)} (\eta(\varphi) - \varphi \eta'(\varphi))$$

$$\Rightarrow \varphi_{max} = \frac{\eta(\varphi_{max})}{\eta'(\varphi_{max})}$$



Co budeme probírat? Např.

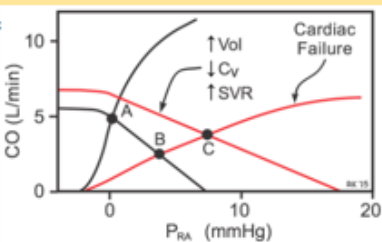
- ❖ vlnová rovnice pro šíření tlakové vlny v tepnách
- ❖ teorie optimálního hematokritu
- ❖ akční potenciál jako vybíjení kondenzátoru
- ❖ šíření akčního potenciálu jako vlny
- ❖ metabolické reakce jako soustava algebraických rovnic
- ❖ kinetika množení bakterií
- ❖ modelování regulačních systémů
- ❖ pravděpodobnost chyby v eliminaci autoreaktivních T-lymfocytů v thymu
- ❖ rovnice pro saturační křivku hemoglobinu
- ❖ odvození obrazu EKG "ab initio" z Coulombova zákona

Co z matematiky?

- ❖ derivace, parciální derivace, integrály
- ❖ obyčejné diferenciální rovnice (DR)
- ❖ soustavy obyčejných DR
- ❖ představa o parciálních DR
- ❖ základy lineární algebry
- ❖ Fourierova transformace
- ❖ náhodné veličiny a pravděpodobnost

Zkouška? Ne! Projektová práce, např.

- ❖ Windkessel modely cévního řečiště
- ❖ matematický model dialýzy
- ❖ vliv koncentrace urey na koncentrační schopnost ledvin
- ❖ objasnění tzv. vazodilatační kaskády mozku při nitrolební hypertenzi
- ❖ model rozvoje rezistence bakterií na antibiotika
- ❖ kinetika genových mutací v průběhu evoluce
- ❖ Stewart-Fenclův přístup k acidobazické rovnováze



Matematická (pato)fyziologie

Kdy?

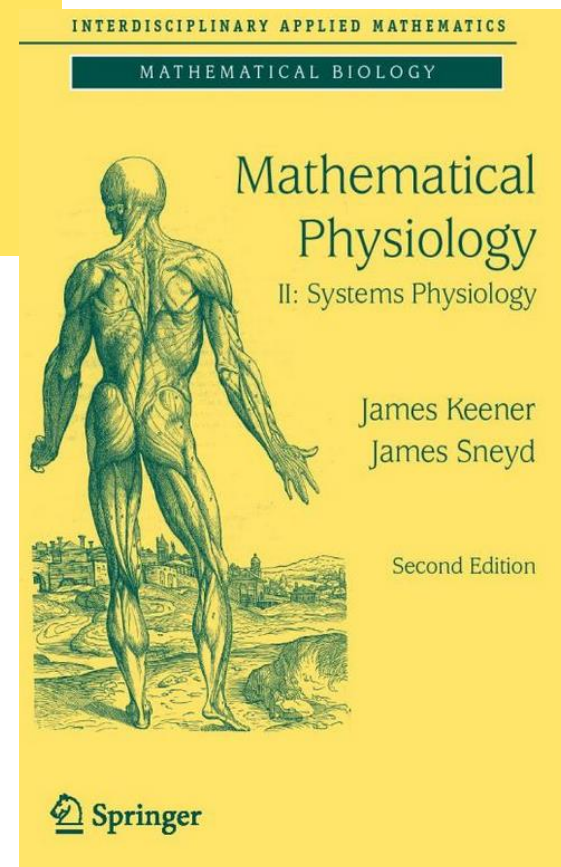
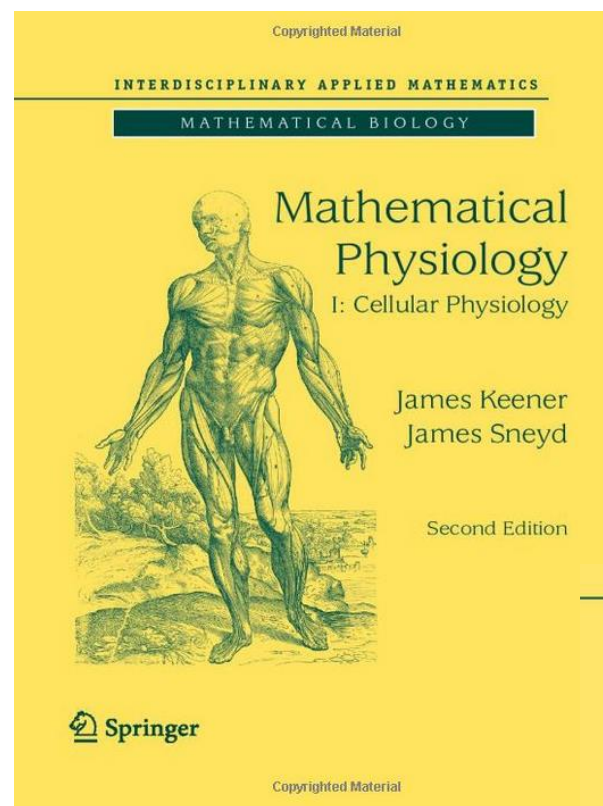
- ❖ 1x týdně 2 hodiny
- ❖ jarní semestr
- ❖ 3 kredity

Co budeme probírat? Např.

- ❖ vlnová rovnice pro šíření tlakové vlny v tepnách
- ❖ teorie optimálního hematokritu
- ❖ akční potenciál jako vybíjení kondenzátoru
- ❖ šíření akčního potenciálu jako vlny
- ❖ metabolické reakce jako soustava algebraických rovnic
- ❖ kinetika množení bakterií
- ❖ modelování regulačních systémů
- ❖ pravděpodobnost chyby v eliminaci autoreaktivních T-lymfocytů v thymu
- ❖ rovnice pro saturační křivku hemoglobinu
- ❖ odvození obrazu EKG "ab initio" z Coulombova zákona

Co je matematická (pato)fyzilogie?

- matematický popis a analýza chování biologických systémů za normálních a patologických okolností
- aplikace matematiky, fyziky, fyzikální chemie, informatiky... na biologické systémy



Nonlinear Dynamics in Physiology and Medicine

Anne Beuter
Leon Glass
Michael C. Mackey
Michèle S. Titcombe
Editors



CELLULAR BIOPHYSICS AND MODELING

A Primer on the Computational Biology of Excitable Cells



GREG CONRADI SMITH

MATHEMATICAL MODELING IN EXPERIMENTAL NUTRITION

Edited by Andrew J. Clifford and Hans-Georg Müller

ADVANCES IN EXPERIMENTAL MEDICINE AND BIOLOGY
Volume 445

Human Respiration

Anatomy and Physiology, Mathematical Modeling, Numerical Simulation and Applications



Editor: V. Kulish



Advances in Experimental Medicine and Biology 1359
Cellular Neuroscience, Neural Circuits and Systems Neuroscience

Michele Giugliano
Mario Negrello
Daniele Linaro Editors

Computational Modelling of the Brain

Modelling Approaches to Cells, Circuits and Networks



Carbohydrate Metabolism

Quantitative Physiology and Mathematical Modelling

Edited by
C. Cobelli
Istituto di Elettrotecnica ed Elettronica, Università di Padova, Padova, and Istituto per Ricerche di Dinamica dei Sistemi e di Bioingegneria del CNR, Padova, Italy.
and
R. N. Bergman
Department of Physiology and Biophysics
University of Southern California, USA.
A Wiley-Interscience Publication

JOHN WILEY & SONS
Chichester · New York · Brisbane · Toronto

Robert Plonsey
Roger C. Barr

BIOELECTRICITY

A Quantitative Approach

Third Edition

Studies of Nonlinear Phenomena in Life Science – Vol. 1

FRACTAL PHYSIOLOGY AND CHAOS IN MEDICINE

Bruce J. West
Department of Physics
University of North Texas
USA

World Scientific
Singapore · New Jersey · London · Hong Kong

Urheberrechtlich geschütztes Material
Studies in Computational Intelligence

Lecture Notes on Mathematical Modelling in the Life Sciences

Cândida Ferreira

Jinzhi Lei

Gene Expression Programming

Mathematical Modeling by an Artificial Intelligence
2nd Edition

Systems Biology

Modeling, Analysis, and Simulation



Carmen Molina-París
Grant Lythe Editors

Mathematical, Computational and Experimental T Cell Immunology



Náplň předmětu matematická (pato)fyzioologie

Úvodní blok

1. Úvod. Organizace předmětu, úvod do programování v jazyce Python a prostředí OpenModelica
2. Praktická cvičení programování v Pythonu. Numpy, Scipy, Pandas, Matplotlib. OpenModelica

Blok A

3. **Matematické základy**: operace s funkcemi, derivace, parciální derivace, integrály
4. Buněčná membrána jako kondenzátor – výpočet kapacity ze znalosti složení membrány. Odvození obrazu EKG "ab initio" z Coulombova zákona Vybrané téma z bloku A
5. Odvození rovnice saturační křivky hemoglobinu kyslíkem. Acidobazická rovnováha v organismu jako případ obecných acidobazických vztahů známých z fyzikální chemie.

Blok B

6. **Matematické základy**: Lineární algebra
7. Formulace a řešení sítě metabolických reakcí jako soustavy algebraických rovnic. Základní módy v metabolických sítích.

Blok C

8. **Matematické základy**: Diferenciální rovnice a soustavy diferenciálních rovnic
9. Akční potenciál jako vybíjení kondenzátoru. Elasticita a rezistence dýchacího systému – odvození exponenciálního průběhu toku plynů pomocí diferenciálních rovnic
10. Kinetika enzymy katalyzovaných reakcí. Farmakokinetika. Kinetika eliminace léků dialýzou.
11. Modelování regulačních systémů. Teorie dynamických systému (interakce mezi imunitním systémem a patogeny).

Blok D (volitelná oblast)

12. **Matematické základy**: Fourierova analýza. Parciální diferenciální rovnice. Teorie pravděpodobnosti
13. Pravděpodobnost chyby v eliminaci autoreaktivních T lymfocytů v thymu. Difuze hormonu z buňky – difúzní rovnice. Odvození vlnové rovnice pro šíření tlakové vlny v tepnách.

Příprava na projektovou práci

14. **Projektová práce** (Úvod do systému Latex)

Příklady témat projektové práce: Windkessel modely cévního řečiště. Matematický model dialýzy. Vliv koncentrace urey na koncentrační schopnost ledvin. Objasnění tzv. vazodilatační kaskády mozku při nitrolební hypertenzi. Model rozvoje rezistence bakterií na antibiotika...

Organizační poznámky

- každou středu od 16:30 90 min
- průběžné úlohy
 - každý týden po přednášce
 - řešení odevzdat na příští přednášce
 - matematické úlohy – každý jednotlivě **propiskou na papíře**
 - programovací úlohy jako .py soubor emailem na michal.sitina@fnusa.cz
- úlohy budou bodovány a body během semestru sčítány

Organizační poznámky

- závěrečný test
 - výběr **pouze** z průběžných úloh (lehce modifikovaných)
- projektová práce na vybrané téma
 - vlastní rozbor problému, matematický popis a řešení, sepsání „článku“ o ≥ 4 stranách.
- podmínky udělení 3 kreditů
 - ≥ 50 % bodů z průběžných úloh
 - ≥ 50 % bodů ze závěrečného testu
 - „únosně“ zpracovaná projektová práce (volitelně v LaTeXu)

Předpoklady

- žádné
- trochu talent a chuť do matematiky