

# Koncepcia medziodborového štúdia bioinformatiky

Tomáš Vinař, Broňa Brejová

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky  
Univerzity Komenského, Mlynská dolina, 842 48 Bratislava  
{vinar,brejova}@fmph.uniba.sk

## Abstrakt

Tento dokument predstavuje návrh koncepcie štúdia bioinformatiky na FMFI UK v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou UK. Z krátkodobého hľadiska koncepcia zahŕňa návrh študijného bloku, ktorý je možné zaradiť do súčasného štúdia informatiky resp. aplikovanej informatiky. Takéto riešenie je možné zrealizovať už pri najbližších reakreditáciách týchto študijných programov. Z dlhodobého hľadiska sa javí ako vhodným riešením zavedenie samostatného študijného odboru a akreditácia samostatného študijného programu, ktorý by symetrickým spôsobom nadväzoval na bakalárske štúdium I. stupňa ako v biologických tak v informatických študijných odboroch.

Tento dokument vznikol v rámci projektu KEGA 058-016UK-4/2010.

## Obsah

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Návrh nového študijného odboru bioinformatika</b>                            | <b>2</b>  |
| 1.1      | Základné údaje . . . . .  | 2         |
| 1.2      | Obsah študijného programu . . . . .   | 3         |
| <b>2</b> | <b>Navrhovaný študijný program so symetrickou štruktúrou</b>                    | <b>4</b>  |
| 2.1      | Možnosti praktickej realizácie na FMFI UK . . . . .                             | 6         |
| <b>3</b> | <b>Alternatíva malého bloku</b>   | <b>7</b>  |
| <b>4</b> | <b>Alternatíva veľkého bloku</b>  | <b>7</b>  |
| <b>A</b> | <b>Prehľad študijných programov bioinformatiky na zahraničných univerzitách</b> | <b>8</b>  |
| A.1      | Masarykova Univerzita v Brne, Fakulta informatiky . . . . .                     | 8         |
| A.2      | University of Waterloo, School of Computer Science . . . . .                    | 10        |
| A.3      | University of California Santa Cruz, Biomolecular Engineering . . . . .         | 11        |
| A.4      | Universite de Montreal, Katedra biochemie . . . . .                             | 12        |
| A.5      | Universitat Bielefeld, Technische Fakultat . . . . .                            | 13        |
| A.6      | ETH Zurich / University Zurich . . . . .  | 14        |
| <b>B</b> | <b>Informačné listy kľúčových predmetov</b>                                     | <b>15</b> |
| B.1      | Novovytvorené pilotné predmety . . . . .  | 15        |
| B.2      | Predmety informatických študijných programov . . . . .                          | 16        |
| B.3      | Predmety biologických študijných programov . . . . .                            | 18        |

# 1 Návrh nového študijného odboru bioinformatika

## 1.1 Základné údaje

**Názov:** Bioinformatika (navrhovaná skupina študijných odborov 9.2)

**Stupne vysokoškolského štúdia, v ktorých sa odbor študuje a štandardná dĺžka študijných programov pre tieto stupne vysokoškolského štúdia:** Študijný odbor sa môže študovať v druhom stupni vysokoškolského štúdia so štandardnou dĺžkou 2 roky alebo 3 roky. Študijný program v študijnom odbore bioinformatika typicky nadväzuje na bakalárske študijné programy príbuzných odboroch (napr. informatika, aplikovaná informatika alebo biológia). Na študijný program nadväzuje doktorandské štúdium v príbuzných odboroch (napr. informatika, molekulárna biológia, genetika alebo biochémia).

**Zdôvodnenie potreby:** Bioinformatika je vedná oblasť na pomedzí biológie, informatiky a matematiky. Zaoberá sa štúdiom mechanizmov evolúcie a fungovania živých organizmov na molekulárnej úrovni za pomoci výpočtovej analýzy veľkých množstiev biologických dát. Pomocou bioinformatických metód súčasná veda speje ku porozumeniu genómov, proteínov kódovaných týmito genómami a sietí ich interakcií. Získané znalosti majú priame aplikácie v oblastiach ľudského zdravia, poľnohospodárstva, potravinárstva a ďalších oblastiach. Expertíza odborníkov vychovaných v tejto oblasti sa stáva nevyhnutná pre prácu výskumných laboratórií na slovenských vysokých školách a v Slovenskej akadémii vied venujúcich sa molekulárnej biológii, genetike, biochémii a príbuzným oblastiam, ako aj súkromných firiem, ktoré sa chcú venovať lukratívnej oblasti biotechnológií. Okrem toho, absolventi sa môžu uplatniť aj vo firmách pôsobiacich v oblastiach informačných technológií, biotechnológií, štatistickej analýzy a spracovania dát. Absolventi budú mať konkurenčnú výhodu hlavne u firiem vyžadujúcich interdisciplinárny prístup k riešeniu problémov. Absolventi štúdia tiež môžu pokračovať vo svojom profesionálnom rozvoji doktorandským štúdiom doma alebo v zahraničí v oblastiach bioinformatiky, informatiky, genetiky, alebo molekulárnej biológie.

**Podobné študijné odbory v zahraničí:** Bioinformatika sa študuje na veľa zahraničných univerzitách vo všetkých stupňoch vysokoškolského štúdia, napríklad:

- Masarykova Univerzita v Brne, Fakulta informatiky
- University of Waterloo, Canada, School of Computer Science
- University of California Santa Cruz, USA, Biomolecular Engineering
- Université de Montreal, Canada, Katedra biochémie
- Universität Bielefeld, Nemecko, Technische Fakultät
- ETH Zurich / University Zurich, Švajčiarsko

Prehľad osnov týchto študijných programov - viď príloha A.

**Vymedzenie príbuzných študijných odborov:** 9.2.1 informatika, 9.2.9 aplikovaná informatika, 4.2.1 biológia, 4.2.3 molekulárna biológia, 4.2.4 genetika, 4.1.22 biochémia  
Študijný odbor je unikátny tým, že spája aspekty všetkých týchto disciplín.

## 1.2 Obsah študijného programu

**Všeobecná charakteristika odborného profilu absolventa (2. stupeň).** Absolvent študijného programu v tomto študijnom odbore má prehľad o problémoch výpočtovej biológie a o metódach ich riešenia, ako sú metódy analýzy genómov, transkriptómov a proteómov. Absolvent je schopný analyzovať biologický problém, identifikovať vhodné existujúce informatické nástroje na jeho riešenie, alebo nové nástroje navrhnúť, implementovať a uviesť do praxe. Absolvent má hlboké znalosti z niektorých špecializačných oblastí informatiky alebo biológie. Dokáže samostatne získavať relevantné a aktuálne informácie pre svoju odbornú prácu, kvalifikovane rozhodovať, vyhľadávať problémy a riešiť ich s využitím súčasných poznatkov interdisciplinárneho charakteru.

**Teoretické vedomosti (2. stupeň).** Absolvent druhého stupňa štúdia bioinformatiky:

- získa základné teoreticko-metodologické vedomosti z kľúčových oblastí informatiky,
- získa a pochopí podstatné fakty, princípy a teórie v biológii,
- rozumie princípom bioinformatických metód, je schopný kriticky analyzovať a aplikovať tieto metódy v praxi,
- vie tieto znalosti využívať a kombinovať pri návrhu a tvorbe informačných systémov a riešení výskumných úloh,
- získa hlboké vedomosti v oblastiach svojej špecializácie.

**Praktické schopnosti a zručnosti (2. stupeň).** Absolvent druhého stupňa štúdia bioinformatiky:

- dokáže analyzovať systémy z hľadiska ich zložitosti a efektívnosti, navrhovať algoritmické riešenia, tieto riešenia implementovať, ako aj modifikovať existujúce softvérové systémy,
- dokáže analyzovať údaje získané v experimentálnom výskume,
- má skúsenosti s prístrojmi a materiálom používaným v biologickom výskume,
- na základe získaných údajov a s využitím domácej a zahraničnej vedeckej literatúry dokáže navrhovať možné riešenie problémov.

**Doplňujúce vedomosti, schopnosti a zručnosti (2. stupeň).** Absolvent druhého stupňa štúdia bioinformatiky:

- dokáže efektívne pracovať v odbornom a vývojovom tíme, je schopný viesť odborný tím,
- je schopný udržiavať kontakt s vývojom vo svojej disciplíne,
- dokáže riadiť sa primeranými praktikami v súlade s profesionálnym, právnym a etickým rámcom disciplíny.

## Vymedzenie jadra znalostí (2. stupeň).

*Nosné témy jadra:*

- bioinformatické problémy a metódy ich riešenia
- vybrané témy z matematiky, informatiky a biológie súvisiace so študijným programom
- výskum a diplomová práca

*Ďalšie témy jadra:* Hĺbka rozpracovania tém jadra je spravidla v jednotlivých študijných programoch rôzna; študijný program by mal študentom poskytovať širokú škálu voľby.

- Tvorba a analýzy algoritmov (napr. algoritmy a dátové štruktúry, výpočtová zložitosť, aproximačné a paralelné algoritmy)
- Umelá inteligencia (napr. strojové učenie, pravdepodobnostné modelovanie, neurónové siete)
- Informačné systémy (napr. pokročilé metódy modelovania údajov, databázy)
- Genomika
- Evolučná biológia
- Biotechnológie

## Štátna skúška (2. stupeň).

- obhajoba diplomovej práce a odborná rozprava
- kolokviálna skúška z oblasti poznania študijného odboru

## 2 Navrhovaný študijný program so symetrickou štruktúrou

Navrhovaný magisterský študijný program bioinformatika nadväzuje na bakalárske študijné programy informatika, aplikovaná informatika, biológia, biochémia. Na študijný program nadväzuje doktorandské štúdium v odboroch informatika, molekulárna biológia, genetika, alebo biochémia. Navrhovaný študijný program pristupuje k absolventom informatických aj biologických odborov bakalárskeho štúdia symetricky. Predpokladáme, že študent bakalárskeho štúdia biológie nadobudne počas magisterského štúdia dostatočné znalosti z informatiky, aby mohol pokračovať na doktorandskom stupni v informatickom odbore a naopak.

Absolvent navrhovaného študijného programu rozumie základným princípom práce v oblastiach informatiky aj biológie a má hlbšie znalosti aspoň v jednej z týchto oblastí. Absolvent ďalej získa praktické programátorské a analytické zručnosti a tiež praktické zručnosti v biologickom laboratóriu. Absolvent navrhovaného študijného programu má prehľad o základných problémoch výpočtovej biológie a o metódach ich riešenia, ako sú metódy analýzy genómov, transkriptómov a proteómov. V neposlednom rade, absolvent získa schopnosť efektívnej interdisciplinárnej komunikácie.

## Návrh študijného programu 2. stupňa Bioinformatika (2 ročné štúdium) Bioinformatika / konverzný program (3 ročné štúdium)

Vyrovnávacie bloky určujú predmety, ktoré študent musí absolvovať v rámci prvých dvoch stupňov štúdia (bakalárske a magisterské štúdium). Pri prijímaní na štúdium študent preukáže, ktoré z predmetov (alebo ich obsahové ekvivalenty) absolvoval v rámci bakalárskeho štúdia. Garant štúdia posúdi obsahovú ekvivalenciu a individuálne predpíše absolvovanie nepokrytých predmetov z uvedených vyrovnávacích blokov počas magisterského štúdia. V prípade, že takto predpísané predmety presiahnu rozsah 30 kreditov, študent je zaradený na konverzné štúdium.

### Vyrovnávací blok: informatika (30 kreditov)

|           |                                 |       |   |   |
|-----------|---------------------------------|-------|---|---|
| 1-MAT-130 | Programovanie (1)               | 2P,2C | Z | 4 |
| 1-MAT-170 | Programovanie (2)               | 2P,2C | L | 5 |
| xxx       | Matematika (1) *                | 2P,2C | Z | 5 |
| xxx       | Matematika (2) *                | 2P,2C | L | 5 |
| 1-AIN-211 | Úvod do teoretickej informatiky | 2P,2C | Z | 6 |
| 1-INF-220 | Algoritmy a dátové štruktúry    | 4P    | Z | 5 |

### Vyrovnávací blok: biológia (25 kreditov)

|            |  |       |   |   |
|------------|--|-------|---|---|
| N-bCXX-055 | Biológia                               | 2P    | Z | 2 |
| N-bCBI-005 | Genetika                               | 2P,2C | Z | 4 |
| N-bBUB-001 | Evolučná biológia                      | 2P    | Z | 3 |
| N-bCBI-008 | Molekulárna biológia 2                 | 2P    | L | 3 |
| N-bBGE-034 | Seminár z molekulárnej biológie 2      | 2S    | L | 2 |
| N-bCXX-085 | Všeobecná biológia                     | 2P    | L | 2 |
| N-bCBI-303 | Základy bunkovej biológie              | 2P,2S | Z | 6 |
| xxx        | Praktikum z molekulárnej biológie **** | 2C    | Z | 3 |

### Blok povinných predmetov: základy bioinformatiky (40 kreditov)

|            |   |       |   |   |
|------------|---|-------|---|---|
| 2-AIN-501  | Metódy v bioinformatike                       | 2P,2C | Z | 6 |
| 1-INF-435  | Pravdepodobnosť a štatistika                  | 3P,1C | Z | 5 |
| N-mCBI-303 | Genomika                                      | 2P    | L | 3 |
| 2-INF-150  | Strojové učenie                               | 3P,1C | Z | 6 |
| xxx        | Právne a spoločenské aspekty v bioinformatike | 2K    | L | 3 |
| xxx        | Diplomový seminár 1                           | 2S    | Z | 2 |
| xxx        | Diplomový seminár 2                           | 2S    | L | 2 |
| xxx        | Diplomový seminár 3                           | 2S    | Z | 2 |
| xxx        | Diplomový seminár 4                           | 2S    | L | 2 |
| xxx        | Diplomová práca                               |       |   | 9 |

### Blok povinne voliteľných predmetov (povinný výber 30 kreditov)

V tomto bloku budú umiestnené rozširujúce predmety z oblastí bioinformatiky, informatiky a biológie.

|           |                            |    |   |   |
|-----------|----------------------------|----|---|---|
| 2-AIN-505 | Seminár z bioinformatiky 1 | 2S | Z | 2 |
| 2-AIN-506 | Seminár z bioinformatiky 2 | 2S | L | 2 |
| 2-AIN-251 | Seminár z bioinformatiky 3 | 2S | Z | 2 |

|            |                                      |       |   |   |
|------------|--------------------------------------|-------|---|---|
| 2-AIN-252  | Seminár z bioinformatiky 4           | 2S    | L | 2 |
| N-mBGE-043 | Cvičenie k diplomovej práci 1        | 2C    | Z | 2 |
| N-mBGE-057 | Cvičenie k diplomovej práci 2        | 6C    | L | 4 |
| N-mBGE-023 | Introduction to Molecular Biology    | 2P    | Z | 4 |
| N-mBGE-054 | Molekulárna biológia bunky (1)       | 4P    | Z | 6 |
| N-mCBI-055 | Molekulárna biológia bunky (2)       | 4P    | L | 6 |
| N-mBMI-028 | Molekulárna evolúcia                 | 2P    | Z | 3 |
| N-mCBI-036 | Kryštalografia bielkovín a nukl.kys. | 2P    | Z | 3 |
| N-mCBI-001 | Pokročilé cvičenie z biochémie...    | 4C    | Z | 5 |
| N-mCBI-015 | Pokročilé cvičenie z bioch... 2      | 4C    | Z | 4 |
| N-mCBI-027 | Vybr kapitoly z bioch a mol bio 1    | 2P    | Z | 4 |
| N-mCBI-031 | Vybr kapitoly z bioch a mol bio 2    | 2P    | L | 4 |
| N-mBGE-018 | Vybr kapitoly z genetiky             | 2P    | Z | 4 |
| 2-INF-221  | Aproximačné algoritmy                | 4P    | Z | 6 |
| 2-INF-167  | Výpočtová zložitosť a vypočítateľ.   | 3P,1C | L | 6 |
| 2-INF-147  | Vyhľadávanie v texte                 | 4K    | L | 6 |
| 1-AIN-360  | Základy umelej inteligencie (1)      | 2P,2C | Z | 6 |
| 1-INF-630  | Optimalizačné metódy (1)             | 2P,2C | L | 6 |
| 2-INF-125  | Teória kódovania                     | 4P    | L | 6 |
| 2-INF-236  | Objektové softvérové inžinierstvo    | 3P    | L | 6 |
| 2-INF-231  | Efektívne paralelné algoritmy        | 4P    | L | 6 |
| 1-INF-230  | Úvod do databázových systémov        | 2P,2C | Z | 5 |
| 1-AIN-480  | Neurónové siete                      | 2P,2S | L | 6 |
| xxx        | Biomatematika **                     | 2P,2C | L | 6 |
| xxx        | Vybrané kapitoly z bioinformatiky    | 2P    | L | 3 |
| 1-EFM-310  | Diferenčné a diferenciálne rovnice   | 2P,2C | Z | 5 |
| xxx        | Spracovanie biologických dát ***     | 1P,2C | Z | 4 |

**Poznámky:** xxx – predmety ešte nie sú vyučované; ostatné predmety označené kódom sú momentálne vyučované, alebo je ich realizácia plánovaná v najbližšej dobe \* - dvojsemestrálny zhustený kurz základov matematiky zameraný na špecifické potreby programu \*\* - predmet odvodený od súčasného doktorandského predmetu 3-MAM-005 \*\*\* - predmet odvodený od súčasného predmetu “Základy programovania pre biológov” \*\*\*\* - predmet odvodený od náplne realizovaného “Zimného laboratórneho praktika ”

## 2.1 Možnosti praktickej realizácie na FMFI UK

Väčšina predmetov v rámci navrhovaného študijného programu už existuje na Fakulte matematiky, fyziky a informatiky alebo na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Komenského (vrátane pilotných predmetov vytvorených v rámci projektu KEGA 058-016UK-4/2010). Inovačná štruktúra študijného programu spočíva v ich vhodnej kombinácii, ako aj v zavedení vyrovnávacích blokov, ktoré umožňujú symetrický prístup k absolventom informatických a biologických bakalárskych študijných programov, navyše prehľadným spôsobom stanovujú východiská pre uchádzačov o štúdium.

FMFI UK v súčasnosti disponuje dvoma stálymi vedeckými pracovníkmi, ktorí sa venujú

vyučovaniu predmetov v tejto oblasti, ako aj školeniu záverečných prác cca 20 študentov na všetkých úrovniach vysokoškolského štúdia. Obidve fakulty majú veľmi dobré personálne zabezpečenie v príbuzných oblastiach a je predpoklad na bezproblémové zabezpečenie všetkých potrebných predmetov. Chýba však osoba garantujúceho profesora, kde v súčasnosti FMFI UK (čo je najlogickejšia inštitúcia na akreditáciu takéhoto programu) nedisponuje personálnymi kapacitami. Riešenie tohto problému výrazne závisí od návrhu nového systému odborného garantovania študijných programov, ktorého detaily v súčasnosti ale nie sú známe.

Druhým problémom je personálna kapacita pre školenie väčšieho množstva diplomových prác z oblasti bioinformatiky. Ak predpokladáme, že v jednom ročníku by bolo približne 15 študentov, je naraz potrebné školiť 30 diplomových prác, čo vyžaduje plnú kapacitu cca 6 školiteľov. V prípade zavedenia takéhoto štúdia by teda bola potrebná úzka spolupráca s Prírodovedeckou fakultou a s ústavmi SAV pri školení záverečných prác študentov. Takáto spolupráca by v budúcnosti aj prospela rozvoju bioinformatiky na FMFI UK, keďže v súčasnosti sú študenti pri príprave záverečných prác nútení sa zamerať na prínos v oblasti vedeckej informatiky. Ďalšie aspekty bioinformatiky, ako napr. kreatívna analýza biologických dát, v súčasnosti nie sú považované za vhodnú tému záverečnej práce v informatických študijných programoch.

### 3 Alternatíva malého bloku

Táto alternatíva je stavaná na možné včlenenie do existujúceho študijného programu aplikovanej informatiky. Keďže ide o štúdium informatického zamerania, v zložení bloku prevažujú informatické predmety. Sú však doplnené vhodným výberom predmetov, ktoré umožnia absolventom získať potrebné základy z oblasti molekulárnej biológie.

#### **Blok povinne voliteľných kreditov: bioinformatika (povinný výber 30 kreditov)**

Predmety označené (!) je nutné absolvovať na úspešné absolvovanie bloku. U zvyšných predmetov je voľný výber v požadovanom rozsahu kreditov.

|                |  |       |   |   |
|----------------|--|-------|---|---|
| 2-AIN-501 (!)  | Metódy v bioinformatike                | 2P,2C | Z | 6 |
| 1-INF-435 (!)  | Pravdepodobnosť a štatistika           | 3P,1C | Z | 5 |
| N-bCBI-008 (!) | Molekulárna biológia 2                 | 2P    | L | 3 |
| N-mBGE-023     | Introduction to Molecular Biology      | 2P    | Z | 4 |
| N-mCBI-303     | Genomika                               | 2P    | L | 3 |
| 2-INF-150      | Strojové učenie                        | 3P,1C | Z | 6 |
| 2-INF-147      | Vyhľadávanie v texte                   | 4K    | L | 6 |
| 1-INF-630      | Optimalizačné metódy (1)               | 2P,2C | L | 6 |
| 1-INF-230      | Úvod do databázových systémov          | 2P,2C | Z | 5 |
| 1-AIN-480      | Neurónové siete                        | 2P,2S | L | 6 |
| 2-AIN-505      | Seminár z bioinformatiky 1             | 2S    | Z | 2 |
| 2-AIN-506      | Seminár z bioinformatiky 2             | 2S    | L | 2 |
| xxx            | Praktikum z molekulárnej biológie **** | 2C    | Z | 3 |
| xxx            | Biomatematika **                       | 2P,2C | L | 6 |
| xxx            | Vybrané kapitoly z bioinformatiky      | 2P    | L | 3 |

### 4 Alternatíva veľkého bloku

V súčasnosti sa pripravuje prestavba magisterského štúdia informatiky, konkrétna podoba však v súčasnosti ešte nie je známa. Jednou z navrhovaných alternatív je existencia malého základu

a viacerých veľkých špecializačných blokov o rozsahu cca 60 kreditov. Návrh takéhoto veľkého bloku je priložený nižšie. Tak isto ako v prípade alternatívy malého bloku, v návrhu prevažuje výber informatických predmetov. Vzhľadom k väčšiemu rozsahu je však biologický základ rozšírený, a to vrátane povinného absolvovania laboratórneho praktika. Zavedenie takéhoto predmetu by vychádzalo zo skúseností získaných pri realizácii Zimného laboratórneho praktika v roku 2011.

### **Blok povinne voliteľných kreditov: bioinformatika (povinný výber 60 kreditov)**

Predmety označené (!) je nutné absolvovať na úspešné absolvovanie bloku. U zvyšných predmetov je voľný výber v požadovanom rozsahu kreditov.

|                |  |       |   |   |
|----------------|--|-------|---|---|
| 2-AIN-501 (!)  | Metódy v bioinformatike                | 2P,2C | Z | 6 |
| 1-INF-435 (!)  | Pravdepodobnosť a štatistika           | 3P,1C | Z | 5 |
| 2-INF-221 (!)  | Aproximačné algoritmy                  | 4P    | Z | 6 |
| N-bCBI-008 (!) | Molekulárna biológia 2                 | 2P    | L | 3 |
| N-mCBI-303 (!) | Genomika                               | 2P    | L | 3 |
| 2-INF-150 (!)  | Strojové učenie                        | 3P,1C | Z | 6 |
| xxx (!)        | Praktikum z molekulárnej biológie **** | 2C    | Z | 3 |
| N-mBGE-023     | Introduction to Molecular Biology      | 2P    | Z | 4 |
| 2-INF-147      | Vyhľadávanie v texte                   | 4K    | L | 6 |
| 1-AIN-360      | Základy umelej inteligencie (1)        | 2P,2C | Z | 6 |
| 2-INF-167      | Výpočtová zložitosť a vypočítateľ.     | 3P,1C | L | 6 |
| 1-INF-630      | Optimalizačné metódy (1)               | 2P,2C | L | 6 |
| 2-INF-125      | Teória kódovania                       | 4P    | L | 6 |
| 2-INF-236      | Objektové softvérové inžinierstvo      | 3P    | L | 6 |
| 2-INF-231      | Efektívne paralelné algoritmy          | 4P    | L | 6 |
| 1-AIN-480      | Neurónové siete                        | 2P,2S | L | 6 |
| 2-AIN-505      | Seminár z bioinformatiky 1             | 2S    | Z | 2 |
| 2-AIN-506      | Seminár z bioinformatiky 2             | 2S    | L | 2 |
| xxx            | Biomatematika **                       | 2P,2C | L | 6 |
| xxx            | Vybrané kapitoly z bioinformatiky      | 2P    | L | 3 |

## **A Prehľad študijných programov bioinformatiky na zahraničných univerzitách**

### **A.1 Masarykova Univerzita v Brne, Fakulta informatiky**

Bakalarsky + magistersky program (5 rokov)

Studijny odbor: Aplikovana informatika

Studijny program: Bioinformatika

Priklad studijného programu

(\* označuje vyber z volitelnych predmetov)

prepocet je cca 30 kreditov na semester / 300 kreditov za studium

pri priemernom pocte 5 kreditov za predmet cca 6 predmetov na semester

3 Bakalarska praca 10 kr

5 Diplomova praca 20 kr

Dalsie volitelne predmety cca 110 kr (zhruba 1/3 studia)



Matematika:

- 1 Matematika 1 (lin.algebra, geometria) 6 kr
- 1 Matematika 2 (analyza) 6 kr
- 2 Matematika 3 (viacrozmerna analyza) 6 kr
- 2 Matematika 4 (abstr.algebra, P&S) 6 kr

Biologia a biochemia:

- 1 Biochemia 3 kr
- 2 Molekularna biologia 5 kr

Informatika:

- 1 Indukcia a rekurzia 4 kr
- 1 Uvod do funkcionalneho programovania 5 kr
- 1 Uvod do IT 4 kr
- 1 Pocitacove systemy 5 kr
- 1 Algoritmy 1 (zlozitost, zakl.alg.) 5 kr
- 1 Uvod do logiky a logickeho program. 6 kr
- 1\* Operacne systemy 4 kr
- 2 Automaty a gramatiky 6 kr
- 2 UNIX - programovanie a syst.admin. 3 kr
- 2\* Databazove systemy 5 kr
- 2\* Programovanie v C++ 6 kr
- 2 Principy pocitacovej grafiky 4 kr
- 2 Pocitacove siete 4 kr
- 2 UNIX 4 kr
- 3 Principy programovacich jazykov 4 kr
- 3 Analyza a dizajn systemov (sw inz) 5 kr
- 4 Pocitacova grafika pre pokrocilych 4 kr
- 4 Softverove inzinierstvo 1 4 kr
- 4 Sietove vypocty 1 4 kr
- 4\* Algoritmy na riesenie tazkych prob. 4 kr
- 4 OOP metody na dizajn inf. systemov 4 kr
- 4 Softverove inzinierstvo 2 4 kr
- 4 Efektivne pouzivanie databaz 4 kr
- 4 Dizajn a aplikacie uzivat. rozhr 6 kr

Specializovane predmety:

- 1 Bioinformatika 1 4 kr
- 2 Bioinformaticky projekt 1 3 kr
- 3 Vypoctova chemia 4 kr
- 3\* Grafove algoritmy 5 kr
- 3 Struktury suborov 4 kr
- 3\* Strojove ucenie 5 kr
- 3\* Modelovanie a simulacia 5 kr

4 Bioinformatika 2 4 kr  
4 Projekt z bioinf. a syst. biol. 3 kr

## A.2 University of Waterloo, School of Computer Science

Bachelor's program (4 ročný)  
Studijný program: computer science / bioinformatics option  
(podobné programy sú ponúkané z biologického smeru, iba málo odlišnosti)

cca 10 predmetov za rok (5 predmetov na semester)  
cca 7 predmetov zostáva ako voľný výber  
bez záverečnej práce

Matematické predmety:

MATH127 Mat. analýza 1  
MATH128 Mat. analýza 2  
MATH135 Algebra  
MATH136 Lineárna algebra 1  
MATH239 Úvod do kombinatoriky  
STAT230 Pravdepodobnosť  
STAT231 Štatistika

Biológia a biochemia:

BIOL130 Úvod do bunkovej biológie  
BIOL130L Bunková biológia (lab)  
BIOL140 Základy mikrobiológie  
BIOL140L Mikrobiológia (lab)  
BIOL208 Analytické metódy molekulárnej biológie  
BIOL250 Evolučná ekológia  
BIOL308 Princípy molekulárnej biológie  
CHEM120 Fyzikálne a chemické vlastnosti hmoty  
CHEM120L Chemické reakcie (lab 1)  
CHEM123 Chemické reakcie, ekvilibria a kinetika  
CHEM123L Chemické reakcie (lab 2)  
CHEM237 Úvod do biochemie  
CHEM266 Základy organickej chémie 1

Informatika:

CS115 Úvod do informatiky  
CS136 Základy tvorby efektívnych algoritmov  
CS341 Algoritmy  
CS240 Datové štruktúry a manažment dát  
CS241 Základy sekvencného programovania  
CS245 Logika a výpočty  
CS246 Abstrakcia a špecifikácia softveru  
CS251 Dizajn počítačov (hardware)

CS350 Operacne systémy

Specializovane predmety:

BIOL365 Bioinformaticke programy a databazy

CS482 Analyza biologickych sekvencií

CS484 Strukturálna bioinformatika

BIOL465 Súčasne trendy v bioinformatike

### **A.3 University of California Santa Cruz, Biomolecular Engineering**

Program: Bioinformatika

Bakalársky (4 roky)

Matematika:

Aplikovaná diskretná matematika

Matematická analýza (2 semestre)

Viacrozmerná analýza

Úvod do pravdepodobnosti

Bayesovská štatistika

Biológia a biochemia:

Bunková a molekulárna biológia

Developmentárna biológia a fyziológia

Bioetika v 21. storočí: veda, súkromný sektor a spoločnosť

Všeobecná chémia + lab (2 semestre)

Organická chémia (lab)

Biochemia

Informatika:

Úvod do programovania

Úvod do dátových štruktúr

Abstraktne dátové typy

Databázové systémy

Výberový predmet (pokročilé programovanie)

Technické písanie

Specializovane predmety:

Softvér pre výpočtovú biológiu

Bioinformaticke modely a algoritmy

Laboratórium z výpočtovej genetiky alebo prot. bioinformatiky

Ine:

Dva dalsie povinne volitelne predmety podla zamerania

#### A.4 Universite de Montreal, Katedra biochemie

Bakalarsky program (4 roky)

Studijny program: Bioinformatika

72 povinnych kreditov, 18 kreditov volitelny vyber  
cca 22 kreditov na rok (t.j. 7-8 predmetov na rok)

Matematika:

IFT1065 Diskretna matematika a logika 3 kr

MAT1400 Matematicka analyza 1 4 kr

MAT1978 Pravdepodobnost a statistika 4 kr

Biologia a biochemia:

BCM1501 Biochemicky zaklad zivota 3 kr

BCM1503 Nukleove kyseliny a genetika 1 3 kr

BCM1521 Biochemicke praktikum (lab 1) 2 kr

BCM2501 Biologia makromolekul 3 kr

BCM2502 Nukleove kyseliny a genetika 2 3 kr

BCM2504 Enzymologia 2 kr

BCM3512 Biochemia bunky 3 kr

BCM3515 Etika biochemia 2 kr

CHM1301 Organicka chemia 1 3 kr

BCM2001 Techniky molekularnej biologie  
(manipulacia s mikroorg., purifikacia  
proteinov a DNA, kinetika enzymov,  
analyza DNA rekombinantov) 3 kr

BCM2532 Praktikum vedeckej komunikacie 3 kr

Informatika:

IFT1015 Programovanie 1 (zaklady prog.jazyka) 3 kr

IFT1025 Programovanie 2 (OOP, zakl.dat.strukt.) 3 kr

IFT1215 Uvod do informatiky 3 kr

IFT2015 Datove struktury 3 kr

IFT2125 Uvod do algoritmov 3 kr

Dalsie volitelne predmety (informatika) 9-16 kr

Specializovane predmety:

BCM2003 Aplikacia bioinformatickeho softveru 3 kr

BIN1002 Integracia biologie a informatiky 1  
(problemy a metody bioinformatiky) 3 kr

BIN3002 Integracia biologie a informatiky 2

(biologicke databazy, modely strojoveho  
ucenia v bioinformatike) 4 kr  
BIN3005 Staz v bioinformatickom alebo  
biochemickom laboratoriu 6 kr

## A.5 Universitat Bielefeld, Technische Fakultat

Bakalarsky + magistersky (3+2 roky)  
Studijny odbor: Informatika  
Studijny program: Bioinformatika a analyza genomov

Bakalarska praca 12 kr  
Diplomova praca 30 kr  
Vyberove predmety (bak) 38 kr  
Vyberove predmety (mag) 20 kr

Matematika:

B Matematika I (lin.algebra, analyza) 8 kr  
B Matematika II (lin.algebra, analyza) 8 kr  
B Matematika pre prirodne vedy (disk.matematika,  
teoria grafov, dynamicke systemy, P&S) 8 kr

Biologia a chemia:

B Chemia pre zaciatočnikov 5 kr  
B Zaklady molekularnej biologie 10 kr  
B Fyzika I 5 kr  
B Genetika pre pokrocilych  
(funkcna anotacia) 10 kr

Informatika:

B Zaklady programovania (UNIX, Haskell) 5 kr  
B Zakladne techniky informatiky (OS, hardware) 5 kr  
B Algoritmy a datove struktury 14 kr  
B Zaklady softveroveho inzinierstva 14 kr  
B Formalne jazyky a automaty 5 kr  
B Databazy 5 kr

Specializovane predmety:

B Analyza sekvenci (vyhl. v texte, alignment) 10 kr  
B Algoritmy pre bioinformatiku 8 kr  
B Analyza genomov I (sekvenovanie, anotacia) 5 kr  
B Analyza genomov II 5 kr  
M Vyberove predmety / analyza genomov 20 kr  
M Vyberove predmety / bioinformatika 10 kr  
M Matematika pre prirodne vedy

(fourierova analyza, stoch. procesy, coalescent,  
modely v biofyzike a v biochemii, ...) 10 kr  
M Projekt / analyza genomov 10 kr  
M Projekt / bioinformatika 10 kr

## A.6 ETH Zurich / University Zurich

Studijny program: Computational Biology & Bioinformatics  
Magistersky program (2 roky + konverzia 1-2 semestre)

Podmienky na prijatie:

- bakalarske studium v jednom z odborov biologia, chemia, matematika, informatika, inzinierstvo
- splnenie predmetov v prerekvizitnom bloku alebo ich ekvivalentov; ak niektore z týchto predmetov neboli súčasťou bakalarskeho studia, možno ich zobrať v rámci magisterskeho programu, pričom sa standardná dĺžka programu v takom prípade predlži o 1-2 semestre

Prerekvizitny blok:

227-0945-00 Bunkova a molekularna biologia pre inzinierov 6 kr  
252-0001-00 Uvod do programovania 8 kr  
252-0002-00 Datove struktury a algoritmy 7 kr  
401-0291-00 Matematika I 5 kr  
401-0292-00 Matematika II (analyza, lin.alg.) 6 kr  
401-0643-00 Statistika pre vedcov 3 kr  
551-1295-00 Uvod do bioinformatiky I: pojmy a aplikacie 6 kr

Povinne predmety:

251-0480-00 Seminar z bioinformatiky a vypoctovej biologie 2 kr  
262-0500-00 Lab rotation (experimentalna biologia) 3 kr  
262-0600-00 Lab rotation (informatika) 3 kr  
262-0700-00 Lab rotation (bioinformatika) 3 kr

Vyberove predmety:

10 kreditov z ponuky pokrocilych inf. predmetov  
9 kreditov z ponuky pokrocilych predmetov v ostatnych oblastiach  
2 kredity z ponuky humanitnych predmetov

Specializovane predmety (vyber 30 kreditov):

251-0523-00 Vypoctova biologia 6 kr  
251-0561-00 Vypoctova systemova biologia 4 kr  
262-0001-00 Evolucna dynamika 4 kr

519-0004-00 Pocitacove simulacie v chemii, biologii a fyzike 7 kr  
 551-0307-00 Makromolekularna struktura a biofyzika 6 kr  
 151-0924-00 Synteticka biologia 4 kr  
 251-0574-00 Spatiotemporalne modelovanie a simulacia 6 kr  
 262-0002-00 Statisticke modely vo vypoctovej biologii 5 kr  
 551-0364-00 Funkcna genomika 5 kr  
 636-0706-00 Matematicke modelovanie v developmentalnej biol. 5 kr  
 BCH 304 Proteinova biofyzika 6 kr  
 BCH 630 Proteinova krystalografia a validacia prot.strukt. 2 kr  
 BCH 640 Zaklady molekularnej evolucie 2 kr

## B Informačné listy kľúčových predmetov

### B.1 Novovytvorené pilotné predmety

| Informačný list predmetu  |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <b>Kód:</b> 2-AIN-501   | <b>Názov:</b> Metódy v bioinformatike |
| <b>Zabezpečuje:</b> Mgr. Tomáš Vinař, PhD; Mgr. Bronislava Brejová, PhD   |                                       |
| <b>Forma výučby:</b> 2P,2C  | <b>Počet kreditov:</b> 6              |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Úvod do základných problémov a metód bioinformatiky, oboznámenie sa s ich praktickou aplikáciou a limitáciami.   |                                       |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Základné pojmy z molekularnej biológie, algoritmov a strojového učenia. Sekvenovanie a zostavovanie genómov. Hľadanie génov. Zarovnávanie sekvencií. Evolučné modely a fylogenetické stromy. Komparatívne metódy. Štruktúra RNA. Hľadanie motívov. Štruktúra a funkcia proteínov. Vybrané aktuálne témy. |                                       |

| Informačný list predmetu  |                          |
|---|--------------------------|
| <b>Kód:</b> n-mCBI-303  | <b>Názov:</b> Genomika   |
| <b>Zabezpečuje:</b> prof. RNDr. Jozef Nosek, DrSc.  |                          |
| <b>Forma výučby:</b> 2P   | <b>Počet kreditov:</b> 3 |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Cieľom prednáškového kurzu je oboznámiť poslucháčov magisterských štúdijských programov genetika a biochémia so základmi a významom genomiky a funkčnej analýzy kompletných genómov pre moderný biomedicínsky výskum. V rámci kurzu budú prezentované experimentálne stratégie, ktoré umožňujú stanoviť kompletne sekvencie genómov, identifikovať v nich gény a následne skúmať ich biologické funkcie. |                          |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Anatómia genómu. Nové prístupy v technológii sekvenovania DNA. Princípy anotácie a analýzy sekvencií kompletných genómov. Komparatívna a populačná genomika. Metagenomika. Funkčná analýza kompletných genómov a transkriptomika. Stratégie analýzy sietí génov a proteínov. Úvod do systémovej biológie. Genomika a personalizovaná medicína. Syntetická biológia.                            |                          |

| Informačný list predmetu   |  |
|--|--|
| <b>Kód:</b> 2-AIN-501  | <b>Názov:</b> Základy programovania pre biológov |
| <b>Zabezpečuje:</b> Mgr. Bronislava Brejová, PhD.  |  |
| <b>Forma výučby:</b> 2P  | <b>Počet kreditov:</b> 2                         |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Písanie jednoduchých programov na spracovanie dát, práca s databázovými aplikáciami.  |  |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Základy práce s operačným systémom Linux. Písanie jednoduchých programov v jazyku Perl. Práca so súbormi. Databázy UCSC genome browsera a ich používanie. |  |

## B.2 Predmety informatických študijných programov

| Informačný list predmetu  |                                 |
|---|---------------------------------|
| <b>Kód:</b> 1-MAT-130   | <b>Názov:</b> Programovanie (1) |
| <b>Zabezpečuje:</b> RNDr. Ľubomír Salanci, PhD.   |                                 |
| <b>Forma výučby:</b> 2P,2C  | <b>Počet kreditov:</b> 4        |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Zvládnuť základy programovania v jazyku C++. Porozumieť syntaxi a sémantike jednoduchých programových konštrukcií a údajových štruktúr jazyka C++. Naučiť algoritmicky riešiť úlohy pomocou počítača v jazyku C++ a vizuálnom programovacom prostredí.   |                                 |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Stručná osnova predmetu: Úvod do programovania v C++, úvod do programovacieho prostredia; Základné pojmy programovania: premenná, príkaz, program, kompilácia; Programové konštrukcie: cyklus, podmienený príkaz, funkcia; Údajové štruktúry: textový súbor, štruktúra, jednorozmerné a viacrozmerné pole; Základné algoritmy: s údajovými štruktúrami, s grafickými príkazmi, pre interakciu s používateľom |                                 |

| Informačný list predmetu   |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Kód:</b> 1-MAT-170  | <b>Názov:</b> Programovanie (2) |
| <b>Zabezpečuje:</b> RNDr. Ľubomír Salanci, PhD.  |                                 |
| <b>Forma výučby:</b> 2P,2C   | <b>Počet kreditov:</b> 5        |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Porozumieť syntaxi a sémantike ďalších bežne používaných konštrukcií a údajových štruktúr jazyka C++. Porozumieť základom objektovo-orientovaného programovania. Naučiť algoritmicky riešiť úlohy pomocou počítača v jazyku C++ a vizuálnom programovacom prostredí.  |                                 |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Úvod do objektovo-orientovaného programovania; Základné pojmy objektovo-orientovaného programovania: objekt, trieda, zapuzdrenie, dedičnosť; Údajové štruktúry: objekt, smerník, dynamická premenná, bitmapa, textový reťazec; Algoritmy: s údajovými štruktúrami, pre lokálnu relatívnu geometriu, pre interakciu a animáciu, základy rekurzívneho riešenia úloh |                                 |



| <b>Informačný list predmetu</b>  |   |
|--|---|
| <b>Kód:</b> 1-AIN-211  | <b>Názov:</b> Úvod do teoretickej informatiky |
| <b>Zabezpečuje:</b> RNDr. Michal Winczer, PhD.   |   |
| <b>Forma výučby:</b> 2P,2C   | <b>Počet kreditov:</b> 6                      |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Úvod do teoretickej informatiky, zoznámiť s klasickými aj aktuálnymi oblasťami výskumu, v ktorých sú základné otázky: Dajú sa všetky problémy algoritmicky riešiť? Aké efektívne je riešenie? Aké sú techniky riešenia?                             |   |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Stručné zoznámenie s hlavnými oblasťami teoretickej informatiky: Abecedy, Slová, Jazyky a algoritmické problémy; Konečné automaty; Turingove stroje; Vypočítateľnosť; Teória zložitosti; Spôsoby riešenia ťažkých problémov; Kryptografia |   |

| <b>Informačný list predmetu</b>  |  |
|--|--|
| <b>Kód:</b> 1-INF-220  | <b>Názov:</b> Algoritmy a dátové štruktúry |
| <b>Zabezpečuje:</b> RNDr. Michal Forišek, PhD.   |  |
| <b>Forma výučby:</b> 4P  | <b>Počet kreditov:</b> 5                   |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Vychádzajúc z prednášky pre 1. ročník informatiky vybudovať základy zo všeobecného prístupu k dátovým štruktúram a uviesť niektoré základné algoritmy v tomto kontexte; t.j. algoritmy, ktoré popisujú operácie nad danými dátovými štruktúrami. Uvedú sa tiež základné návrhové a analyzačné techniky.   |  |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Úvod do problematiky. Matematické základy: symbolika, kombinatorické identity. Analýza triedenia: heapsort, quicksort; triedenie v lineárnom čase. Dátové štruktúry: elementárne, hašovacie tabuľky, binárne prehľadávacie stromy, červeno-čierne a vyvážené stromy. Návrhové a analyzačné techniky: dynamické programovanie, greedy algoritmy. |  |

| <b>Informačný list predmetu</b>   |  |
|---|--|
| <b>Kód:</b> 1-INF-435   | <b>Názov:</b> Pravdepodobnosť a štatistika |
| <b>Zabezpečuje:</b> Mgr. Lenka Filová, PhD., doc. Mgr. Radoslav Harman, PhD., doc. RNDr. Katarína Janková, CSc.   |  |
| <b>Forma výučby:</b> 3P,1C  | <b>Počet kreditov:</b> 5                   |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Vysvetlenie princípov pravdepodobnostného modelovania. Stručný prehľad pravdepodobnostnými metódami používanými v informatike. Popis základných metód štatistickej analýzy dát.  |  |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Definícia pravdepodobnostného modelu a základné vlastnosti pravdepodobnosti, podmienená pravdepodobnosť a Bayesove vety, náhodné premenné a ich číselné charakteristiky, limitné vety, základy teórie Markovových reťazcov, základy pravdepodobnostnej teórie informácie, regresný model s normálnym rozdelením chýb, teória odhadu parametrov štatistického modelu, testovanie štatistických hypotéz. |  |

| Informačný list predmetu  |                               |
|---|-------------------------------|
| <b>Kód:</b> 2-INF-150   | <b>Názov:</b> Strojové učenie |
| <b>Zabezpečuje:</b> Mgr. Tomáš Vinař, PhD.; Mgr. Pavel Petrovič, PhD.   |                               |
| <b>Forma výučby:</b> 4K   | <b>Počet kreditov:</b> 6      |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Prehľad základných metód a matematických modelov v oblasti strojového učenia.  |                               |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Strojové učenie s učiteľom (lineárna a generalizovaná lineárna regresia, neurónové siete, klasifikácia pomocou support vector machines, kernelové metódy, diskkrétne klasifikátory). Teória strojového učenia (štatistický model strojového učenia, výchylka vs. rozptyl, preučenie a podučenie, PAC učenie, odhady pomocou VC dimenzie). Strojové učenie bez učiteľa (zhlukovanie, samoorganizujúce sa zobrazenia, analýza hlavných komponentov). Strojové učenie pomocou pravdepodobnostných modelov (skryté Markovove modely, Bayesovské siete). Učenie odmenou a trestom. Hlasovacie schémy (bagging, boosting). |                               |

### B.3 Predmety biologických študijných programov

| Informačný list predmetu   |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Kód:</b> N-bCXX-055   | <b>Názov:</b> Biológia   |
| <b>Zabezpečuje:</b> prof. RNDr. Ľubomír Tomáška, DrSc.   |                          |
| <b>Forma výučby:</b> 2P  | <b>Počet kreditov:</b> 2 |
| <b>Cieľ predmetu:</b><br>Prednášky kurzu zjednocujú tri hlavné témy: (i) živé organizmy extrahujú energiu z vonkajšieho prostredia za účelom udržania svojej organizácie (ii) živé organizmy sa reprodukujú, čím sa zabezpečuje prežívanie kópií génov nasledujúcich generáciách a (iii) za účelom (i) a (ii) dochádza k adaptácii organizmov na špeciálne podmienky prostredia. Cieľom kurzu je rekonštrukcia hlavných udalostí vedúcich od vzniku života k súčasnému stavu živej prírody. Na konkrétnych príkladoch sú vysvetľované všeobecno-biologické princípy s ambíciou poskytnúť základný prehľad o aktuálnom stave biologického poznania.   |                          |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b><br>Biológia ako experimentálna veda o živote. Čo je život a ako ho študovať? Dobzhanskeho princíp: všetko v biológii dáva zmysel vo svetle evolúcie. Vznik života, chemická evolúcia. Základné princípy vzniku biologických adaptácií. Vznik a evolúcia prototypu prokaryotickej bunky. Endosymbiotická teória vzniku eukaryotickej bunky. Predpoklady vzniku mnohobunkových organizmov. Základné stratégie rozmnožovania. Základy kategorizácie živých organizmov. Biologické nástroje na interpretáciu vonkajšieho prostredia. Základné princípy ontogenézy. Biológia starnutia. Biologický základ správania. Pôvod človeka, formulovanie základných charakteristík ľudskej prirodzenosti, predpoklady vzniku kultúry, koncepcia mému, základné princípy kultúrnej evolúcie, rozdiely v mechanizmoch a rýchlosti kultúrnej a biologickej evolúcie, kultúrne adaptácie a maladaptácie, koevolúcia kultúry a génov, hľadanie spoločného jazyka prírodovedcov a sociálnych vedcov ako výzva pre 21. storočie. |                          |

| <b>Informačný list predmetu</b>  |                          |
|--|--------------------------|
| <b>Kód:</b> N-bCBI-005   | <b>Názov:</b> Genetika   |
| <b>Zabezpečuje:</b> RNDr. Eliška Gálová, PhD.  |                          |
| <b>Forma výučby:</b> 2P,2C   | <b>Počet kreditov:</b> 4 |
| <b>Cieľ predmetu:</b>  |                          |
| <p>Cieľom predmetu je poskytnúť študentom základné poznatky o dedičnosti a premenlivosti organizmov. Pozornosť je venovaná zákonitostiam pri prenose génov a znakov z generácie na generáciu u prokaryotov, eukaryotických mikroorganizmov, rastlín, živočíchov a človeka. Študenti získajú informácie o o vertikálnom a horizontálnom prenose genetickej informácie. Osvoja si poznatky o štruktúre a funkcii génov a chromozómov v jadre bunky a v bunkových organelách (mitochondrie, plastidy). Dôraz sa tiež kladie na dedičnú premenlivosť a mechanizmy genetických zmien. Obsahovou náplňou predmetu sú tiež základné princípy populačnej a kvantitatívnej genetiky a ich význam pre formalizáciu predikcii evolučnej teórie. Okrem toho budú prezentované základy genetickej regulácie vývinu (ontogenézy) a rakoviny. Pozornosť bude venovaná aj princípom molekulárnej evolúcie a novým trendom v genetickom výskume. Študenti prakticky overia vedomosti získané počas prednášok na cvičení, kde sa tiež oboznámia so základnými genetickými technikami.</p>  |                          |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b>  |                          |
| <p>Predmet štúdia genetiky. Cytologické základy dedičnosti. Spôsoby rozmnožovania organizmov vo vzťahu k udržiavaniu a rozširovaniu genetickej variability. Princípy a možnosti genetickej analýzy u človeka. Dedičnosť a pohlavie. Nukleozómy a ich význam. Priebeh dedičnosti znakov pri väzbe génov (úplnej a neúplnej). Mimojadrová dedičnosť. Vzájomné vzťahy medzi jadrovým a organelovými genómami. Genetické procesy pri prokaryotických mikroorganizmoch. Molekulárny mechanizmus vzniku mutácií. Genetická analýza vývinu (ontogenézy). Modelové organizmy. Genetický základ rakoviny. Kvantitatívna a populačná genetika. Molekulárna evolúcia. Koncepcia molekulových hodín. Fylogenetické stromy a spôsob ich konštrukcie. Evolúcia génovou duplikáciou. Multigénové rodiny. Genetika v postgenomickej ére. Sekvenovanie genómov. Architektúra bakteriálnych a eukaryotických genómov. Potreba novej definície génu. Funkčná genomika. Identifikácia génov v sekvencii DNA. Podobnosť v sekvencii génov a jej význam pri hľadaní génových funkcií. Experimentálne testovanie funkcií jednotlivých génov. Komparatívna (porovnávací) genomika. Etické otázky vyplývajúce z genomických štúdií.</p> |                          |

| <b>Informačný list predmetu</b>  |                                 |
|--|---------------------------------|
| <b>Kód:</b> N-bBUB-001   | <b>Názov:</b> Evolučná biológia |
| <b>Zabezpečuje:</b> prof. RNDr. JuraJ Krajčovič  |                                 |
| <b>Forma výučby:</b> 2P  | <b>Počet kreditov:</b> 3        |
| <b>Cieľ predmetu:</b>  |                                 |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b>  |                                 |
| <p>Evolúcia ako biologický fenomén. Darwin a jeho evolučná teória. Neodarvinizmus (synetická evolučná teória). Mutácie a selekcia ako evolučné činitele. Úloha náhody v evolúcii. Kimurova teória neutrálnej evolúcie. Génové duplikácie ako evolučný činiteľ. Molekulárna evolúcia. Primárna klasifikácia organizmov. Pôvod a evolúcia eukaryotickej bunky. Evolúcia zápisu genetickej informácie. Smery a podoby preskupovania DNA v evolúcii a v ontogenéze. Analýza fylogenézy a konštrukcia dendrogramov. Vznik života.</p> |                                 |

| <b>Informačný list predmetu</b>  |  |
|--|--|
| <b>Kód:</b> N-bCBI-008   | <b>Názov:</b> Molekulárna biológia 2: Metódy molekulárnej biológie |
| <b>Zabezpečuje:</b> prof. RNDr. Jozef Nosek, CSc.  |  |
| <b>Forma výučby:</b> 2P  | <b>Počet kreditov:</b> 3   |
| <b>Cieľ predmetu:</b>  |  |
| Cieľom prednáškového kurzu je oboznámiť študentov so širokou paletou metodických prístupov využívaných v molekulárnej biológii, od jednoduchých princípov molekulárneho klonovania až po základy analýzy kompletných genómov.  |  |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b>  |  |
| Princípy prípravy rekombinantných molekúl DNA. Princípy izolácie génov. Konštrukcia génových knižníc (genómové a cDNA). Selekcia a analýza rekombinantov. Enzýmy v technikách rekombinantných DNA. Restriktázy a metylázy, DNA a RNA polymerázy, reverzné transkriptázy, ligázy, kinázy, fosfatázy, nukleázy (ExoIII, S1, Bal31, RNáza A, DNáza). Princípy fyzikálneho mapovania nukleových kyselín (restrikčné mapy, heteroduplexné mapovanie). Techniky hybridizácie nukleových kyselín a príprava prób. Značenie molekúl na 5' a 3' koncoch, nick-translation, random primer, rádioaktívne a nerádioaktívne techniky. Hybridizácia nukleových kyselín. Southern a Northern blotting, in situ hybridizácia, subtraktívna hybridizácia, RNase protection assay, PNA a anti-sense sondy. Technológia DNA-microarray. Vlastnosti a typy vektorov. Plazmidy, fágy, cháróny, kozmidy, fagemidy, vírusové, arteficiálne chromozómy (YAC, BAC). Klonovanie, expresné a shuttle vektory. Techniky prenosu DNA do buniek. Hostiteľské kmene. Expresné systémy. Techniky štúdia interakcií DNA, RNA a proteínov (DNA-proteín, RNA-proteín, proteín-proteín). Metódy štúdia DNA-proteínových interakcií (DNase I footprinting, gélová retardácia, NC filter binding assay, jednohybridný systém). Metódy štúdia proteín-proteínových interakcií (chromatografická analýza, dvoj- a trojhybridný systém, reverzný dvojhybridný systém, chemický crosslinking, phage-display system, Western blotting, imunoprecipitácia). In vitro a in vivo mutagenéza. Metódy site-directed mutagenézy a jej praktické využitie. Disrupcie a výmeny génov. Polymerázová reťazová reakcia (PCR). Princíp, podmienky, design primerov, variácie techniky: asymetrická PCR, inverzná PCR, PCR s reverznou transkriptázou, panhandle PCR, linker-ligation mediated PCR, real-time PCR. SELEX. In vitro selekcia nukleových kyselín s katalytickou aktivitou. Izotermická amplifikácia. Sekvenovanie nukleových kyselín. História vývoja metód sekvenovania NK. Metódy sekvenovania DNA (Sanger, Maxam-Gilbert). Súčasný trendy v technológii sekvenovania DNA. Projekty sekvenovania kompletných genómov a úvod do funkčnej genomiky. Úrovne analýzy: genóm, transkriptóm, proteóm, interaktóm, metabolóm a biológia systémov. |  |

| <b>Informačný list predmetu</b>   |   |
|---|---|
| <b>Kód:</b> N-bBGE-034  | <b>Názov:</b> Seminár z molekulárnej biológie 2 |
| <b>Zabezpečuje:</b> Ing. Martina Neboháčová, PhD.   |   |
| <b>Forma výučby:</b> 2S   | <b>Počet kreditov:</b> 2                        |
| <b>Cieľ predmetu:</b>   |   |
| Seminár obsahovo nadväzuje na prednášku Molekulárna biológia 2: Metódy molekulárnej biológie, poskytuje študentom priestor na prehĺbenie a rozšírenie vedomostí v tejto oblasti.  |   |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b>   |   |
| Princípy prípravy rekombinantných molekúl DNA. Princípy izolácie génov. Konštrukcia génových knižníc (genómové a cDNA). Selekcia a analýza rekombinantov. Enzýmy v technikách rekombinantných DNA. Restriktázy a metylázy, DNA a RNA polymerázy, reverzné transkriptázy, ligázy, kinázy, fosfatázy, nukleázy (ExoIII, S1, Bal31, RNáza A, DNáza). Princípy fyzikálneho mapovania nukleových kyselín (restriktčné mapy, heteroduplexné mapovanie). Techniky hybridizácie nukleových kyselín a príprava prób. Značenie molekúl na 5' a 3' koncoch, nick-translation, random primer, rádioaktívne a nerádioaktívne techniky. Hybridizácia nukleových kyselín. Southern a Northern blotting, in situ hybridizácia, subtraktívna hybridizácia, RNase protection assay, PNA a anti-sense sondy. Technológia DNA-microarray. Vlastnosti a typy vektorov. Plazmidy, fágy, cháróny, kozmidy, fagemidy, vírusové, arteficiálne chromozómy (YAC, BAC). Klonovacie, expresné a shuttle vektory. Techniky prenosu DNA do buniek. Hostiteľské kmene. Expresné systémy. Techniky štúdia interakcií DNA, RNA a proteínov (DNA-proteín, RNA-proteín, proteín-proteín). Metódy štúdia DNA-proteínových interakcií (DNase I footprinting, gélová retardácia, NC filter binding assay, jednohybridný systém). Metódy štúdia proteín-proteínových interakcií (chromatografická analýza, dvoj- a trojhybridný systém, reverzný dvojhybridný systém, chemický crosslinking, phage-display system, Western blotting, imunoprecipitácia). In vitro a in vivo mutagenéza. Metódy site-directed mutagenézy a jej praktické využitie. Disrupcie a výmeny génov. Polymerázová reťazová reakcia (PCR). Princíp, podmienky, design primerov, variácie techniky: asymetrická PCR, inverzná PCR, PCR s reverznou transkriptázou, panhandle PCR, linker-ligation mediated PCR, real-time PCR. SELEX. In vitro selekcia nukleových kyselín s katalytickou aktivitou. Izotermická amplifikácia. Sekvenovanie nukleových kyselín. História vývoja metód sekvenovania NK. Metódy sekvenovania DNA (Sanger, Maxam-Gilbert). Súčasný trendy v technológii sekvenovania DNA. Projekty sekvenovania kompletných genómov a úvod do funkčnej genomiky. Úrovne analýzy: genóm, transkriptóm, proteóm, interaktóm, metabolóm a biológia systémov. |   |

| <b>Informačný list predmetu</b>  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>Kód:</b> N-bCXX-085   | <b>Názov:</b> Všeobecná biológia |
| <b>Zabezpečuje:</b> Prof. RNDr. Ľubomír Tomáška, DrSc.   |                                  |
| <b>Forma výučby:</b> 2P  | <b>Počet kreditov:</b> 2         |
| <b>Cieľ predmetu:</b>  |                                  |
| <p>Biológia je experimentálnou vedou o živote. V prvej faze kurzu budú predstavené základné charakteristiky vedeckého experimentu, resp. bude hľadané akceptovateľná definícia života. Následne sa kurz bude zaoberať základnými charakteristikami života a formulovaním princípov, ktoré sú platné pre všetky živé organizmy. Budú identifikované možnosti, ktoré poskytuje matematika, fyzika a chémia pre štúdium biologických fenoménov. Kurz je z veľkej časti postavený na téze T. Dobzhanského: “Nič v biológii, čo nie je vo svetle evolúcie, nedáva zmysel.” Budú prezentované základné princípy modernej evolučnej teórie a demonštrované na príkladoch vychádzajúcich z laboratórnych i prírodných experimentálnych pozorovaní. Časť kurzu bude venovaná otázkam spojeným s uplatnením všeobecno-biologických princípov na vysvetlenie fenoménov spojených s človekom a ľudskými populáciami: ktoré vlastnosti zdieľami s inými živočíchmi a ktoré sú unikátne pre ľudí; do akej miery sú tieto vlastnosti určované našimi biologickými predispozíciami a do akej miery sú výsledkom kultúrnej evolúcie.</p>  |                                  |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b>  |                                  |
| <p>História biológie ako vednej disciplíny. Základné pojmy a terminológia. Základné princípy evolučnej teórie. Evolučná teória vo svetle zdanlivých evolučných paradoxov (prečo mláďatá niektorých druhov hmyzu požierajú svoje matky zvnútra, čo má spoločné a aký má význam neštandardný životný cyklus bambusov a cikád, perfekcionizmus v prírode a jeho evolučné zdôvodnenia). Biológia versus ideológia. Fyzika, matematika a chémia v biológii. Konceptia sebeckého génu, jej prednosti a obmedzenia. Živé organizmy ako nástroje prežívania génov. Programovaná bunková smrť ako paradigma teórie sebeckého génu a jej implikácie pre ontogenézu a medicínu. Evolúcia kooperácie, evolučné stabilné stratégie, dilema väzňa, teória hier. Agresivita, jej príčiny a evolučný význam. Sociobiológia: inšpirácie a limitácie. Typy spoločenstiev, socialita, koncepcia superorganizmu, deľba práce v spoločenstvách živých organizmov. Pôvod človeka, formulovanie základných charakteristík ľudskej prirodzenosti, predpoklady vzniku kultúry, koncepcia mému, základné princípy kultúrnej evolúcie, rozdiely v mechanizmoch a rýchlosti kultúrnej a biologickej evolúcie, kultúrne adaptácie a maladaptácie, koevolúcia kultúry a génov. Evolúcia jazyka. Hľadanie spoločného jazyka prírodovedcov a sociálnych vedcov ako výzva pre 21. storočie.</p> |                                  |

| <b>Informačný list predmetu</b>  |   |
|--|---|
| <b>Kód:</b> N-bCBI-303   | <b>Názov:</b> Základy bunkovej biológie |
| <b>Zabezpečuje:</b> prof. RNDr. Jozef Nosek, DrSc.   |   |
| <b>Forma výučby:</b> 2P,2S   | <b>Počet kreditov:</b> 6                |
| <b>Cieľ predmetu:</b>  |   |
| <p>Kurz pozostáva z bloku prednášok a bloku seminárov. Cieľom kurzu je oboznámiť poslucháčov študijného programu biochémie s vnútrobunkovou organizáciou eukaryotických buniek a so základnými biologickými procesmi, ktoré prebiehajú v jednotlivých bunkových kompartmentoch. Dôraz je kladený na význam biologických membrán a vnútrobunkovej kompartmentalizácie pre molekulárne mechanizmy prebiehajúce v eukaryotických bunkách. V rámci kurzu budú prezentované základné metodické prístupy a modelové organizmy využívané v súčasnej bunkovej biológii.</p>  |   |
| <b>Stručná osnova predmetu:</b>  |   |
| <p>Komplexná organizácia eukaryotickej bunky. História a kľúčové objavy bunkovej biológie. Charakteristické vlastnosti eukaryotických buniek. Porovnanie ultraštruktúry prokaryotických a eukaryotických buniek. Význam intracelulárnej kompartmentalizácie. Vnútrobunkový dialóg. Pôvod eukaryotickej bunky. Modelové organizmy v bunkovej biológii. Význam modelových organizmov v bunkovej biológii. Kvasinky, Dictyostelium discoideum, Caenorhabditis elegans, Drosophila melanogaster, Arabidopsis thaliana, myš, ľudské tkanivové kultúry. Kvasinkové kolónie ako jednoduchý model bunkovej diferenciácie. Výhody a limity jednotlivých modelových systémov. Mikroskopické metódy v bunkovej biológii. Svetelná, fluorescenčná, konfokálna a elektrónová mikroskopia, vizualizácia molekúl v živých bunkách. FACS analýza. Molekulárno-genetické a biochemické metódy v bunkovej biológii. Izolácia a analýza špecifických mutantov. Imunobiologické a imunochemické metódy (imunoprecipitácia, western blotová analýza, ELISA). Úloha biologických membrán v eukaryotickej bunke. Kompartmentalizácia bunky. Štruktúra a funkcie membrán. Transport cez membrány. Vektorové procesy viazané na membrány. Úloha membrán v prenose nervového signálu. Bunkové jadro. Ultraštruktúra a dynamika bunkového jadra, jadrová membrána, jadrové póry, jadierko. Chromozómy a chromozómové teritória. Dynamika eukaryotického genómu. Replizóm. Syntéza DNA a opravy genómu. Princípy kontroly expície génov v eukaryotickej bunke. Úrovne kontroly expície eukaryotických génov. Kontrola na úrovni transkripcie a posttranskripčné úpravy RNA. Štruktúra, biogenéza a funkcia eukaryotických ribozómov. Podjednotky ribozómov. Ribozomálne RNA a proteínové komponenty ribozómu. Biologická funkcia ribozómov. Základné kroky v regulácii proteosyntézy. Vnútrobunková lokalizácia proteosyntézy. Distribúcia proteínov v bunke. Posttranslačný osud proteínov. Mitochondrie a chloroplasty. Ultraštruktúra a funkcie semiautonómnych organel. Špecifické úlohy membrán mitochondrií a chloroplastov. Organelové genómy. Oxidatívna fosforylácia. Fotosyntéza-fotofosforylácia. Endoplazmatické retikulum, Golgiho aparát. Štruktúra a funkcie. Hladké a drsné endoplazmatické retikulum, sarkoplazmatické retikulum. Vezikulárny transport. Úloha v distribúcii a transporte proteínov v eukaryotickej bunke. Vakuoly, lysozomy a peroxizomy. Štruktúra, funkcie, biogenéza a distribúcia. Metabolizmus. Klinický význam lysozómov a peroxizómov. Cytoskelet ako dynamická štruktúra. Komponenty cytoskeletu. Cytoskelet ako pohybový aparát: vezikulárny transport, bunková motilita a delenie buniek. Bunkové povrchy. Cytoplazmatická membrána a bunková stena. Extracelulárna matrix. Od jednotlivých buniek k tkanivám a mnohobunkovým organizmom. Bunky v sociálnom kontexte. Biofilmy. Bunky ako súčasť tkanív. Epitely a medzibunkové spojenia. Quorum sensing. Medzibunková komunikácia a bunková smrť.</p> |   |