



ÚVOD DO MATEMATICKÉ BIOLOGIE I.

setkání třetí



prof. Ing. Jiří Holčík, CSc.

**UKB, pav.A29, RECETOX, dv.č.112
holcik@iba.muni.cz**

© Institut biostatistiky a analýz

POJĎME SI HRÁT SE SLOVY

MATEMATIKA

INFORMATIKA

BIOLOGIE

MEDICÍNA

? BIOMEDICÍNA ?

? MATEMATICKÁ BIOLOGIE = TEORETICKÁ BIOLOGIE ?

INFORMATICKÁ BIOLOGIE ? VÝPOČETNÍ BIOLOGIE

BIOMETRIE = BIOSTATISTIKA

BIOLOGICKÁ MATEMATIKA = BIOMATEMATIKA

BIOLOGICKÁ INFORMATIKA = BIOINFORMATIKA

BIOMEDICÍNSKÁ INFORMATIKA

MATEMATICKÁ BIOLOGIE

(TEORETICKÁ BIOLOGIE)

☑ úloha biologa?

zkoumání života - jeho existence, forem, projevů, vztahů, ...

⇒ biologie jako popisná věda, kvalita

☑ úloha teoretického biologa?

nějaká **teorie**, resp. **myšlenka** vysvětlující výše uvedené, nikoliv jen získávání výsledků pozorování, resp. experimentů, i když z nich nepochybně vychází; z dostupných dat vyvozuje neznámé vztahy, dostupnými prostředky (matematika, logika, výpočetní technika,...) se je snaží kvantifikovat a **vytváří hypotézy (predikce) pro další experimenty**

⇒ biologie jako „skutečná“ věda, která experimenty ověřuje teorii, kvantita

HTA ★ HITA

HEALTH (INTERVENTION &) TECHNOLOGY ASSESSMENT

metody systematického hodnocení vlastností a vlivů zdravotnické technologie, řešení skutečných a možných problémů použití této technologie, stejně jako jejích nepřímých a neočekávaných vlivů s cílem informovat odpovědné pracovníky rozhodující o použití zdravotnické technologie

MATEMATICKÁ BIOLOGIE

(TEORETICKÁ BIOLOGIE)

☑ úloha matematika?

analýza matematických nástrojů (metod, postupů) s cílem dosáhnout pokroku v matematice

☑ úloha matematického biologa?

omezena především na matematickou pomoc biologii a na **srozumitelnou** interpretaci dosažených výsledků



- O MATEMATICKÉ BIOLOGII
- SMĚRY STUDIA
- MULTIMEDIÁLNÍ UČEBNA
- ZÁVĚREČNÉ PRÁCE
- LETNÍ ŠKOLY

- AKTUALITY**
- 2.7.2014
Obhajoby závěrečných prací

- KALENDÁŘ**
- 3.-4. září 2014
Obhajoby a SZZ
 - 9.-12. září 2014
10. letní škola matematické biologie

KDO JE MATEMATICKÝ BIOLOG?

- > Odborník s komplexním vzděláním v oblasti matematiky, analýzy dat a informatiky, ale zároveň i biologie a biomedicinských oborů
- > Odborník s invenčním myšlením
- > Člověk schopný analýzy a syntézy poznatků z různých oborů

[další informace](#)

TÉMAT A MOŽNOSTI SPECIALIZACE

- > Zpracování a analýza biologických, genomických a proteomických dat;
- > Zpracování, analýza a modelování klinických, fyziologických a epidemiologických dat;
- > Zpracování, analýza a modelování environmentálních dat.

[další informace](#)

MULTIMEDIÁLNÍ UČEBNA

- > 30 PC
- > Interaktivní tabule
- > Videokonferenční systém

[další informace](#)

LETNÍ ŠKOLY

- > Atraktivní prostředí
- > Domácí i zahraniční lektori
- > Společenský program

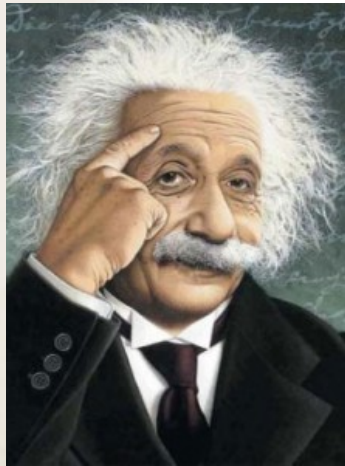
[další informace](#)

Studijní obor matematická biologie je součástí studijního programu experimentální biologie Přírodovědecké fakulty Masarykovy univerzity a vychovává odborníky v oblasti analýzy klinických, biologických a environmentálních dat. Jeho výuka je garantována dvěma výzkumnými institucemi Masarykovy univerzity - Institutem biostatistiky a analýz LF a PŘF MU a Centrem pro výzkum toxických látek v prostředí PFF MU. Spolupráce obou partnerů tak přivádí do oblasti biologického a klinického výzkumu nový typ odborníků, kteří umí data z experimentů a studií nejen zpracovat a analyzovat, ale zároveň mají i vzdělání pro jejich interpretaci a plnohodnotnou komunikaci a spolupráci s experty v dané oblasti.



KDO JE MATEMATICKÝ BIOLOG?

- ☑ odborník s komplexním vzděláním v oblasti matematiky, analýzy dat a informatiky, ale zároveň i biologie (a biomedicínských) oborů;



- ☑ odborník s invenčním myšlením;
- ☑ člověk schopný analýzy a syntézy poznatků z různých oborů.

UPLATNĚNÍ MATEMATICKÝCH (TEORETICKÝCH) BIOLOGŮ

(podle údajů poskytnutých členy americké Society for Mathematical Biology)

oblast	procenta
vysoké školy a výzkumné instituce	
biologické vědy a výzkum	51
medicína	22
technika	8
zemědělství	3
tělesná výchova a sport	1
umění	1
státní a privátní laboratoře	6
nemocnice	4
privátní business	3
musea	1

UPLATNĚNÍ MATEMATICKÝCH (TEORETICKÝCH) BIOLOGŮ

(absolventi oboru Matematická biologie PŘF MU)

oblast

vysoké školy a výzkumné instituce

IBA MU, RECETOX PŘF, AV ČR (Biofyzikální ústav, CzechGlobe,...), LF MU, ...

nemocnice

privátní business (analytické firmy – např. ADDS s.r.o. Brno, farmaceutické firmy, ...)

státní správa (např. IZIS MZd ČR, odbory ochrany životního prostředí, ...)

střední školy

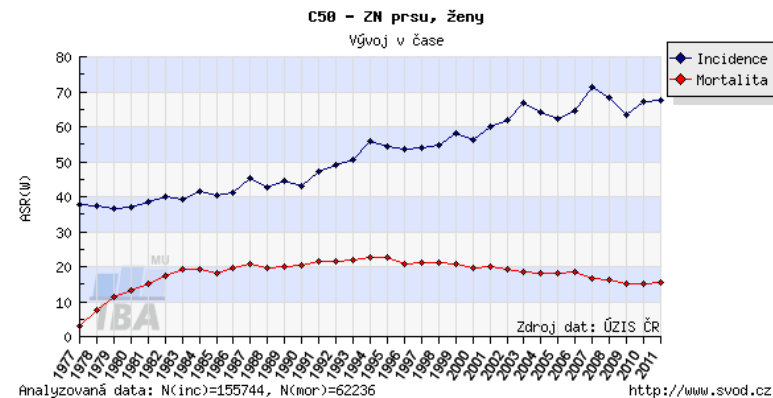
musea 😊

finanční instituce

MATEMATICKÁ BIOLOGIE

SMĚRY STUDIA

- ☑ zpracování, analýza a modelování klinických, fyziologických a epidemiologických dat;



- ☑ zpracování a analýza biologických, genomických a proteomických dat;

- ☑ zpracování, analýza a modelování environmentálních dat.



JAK SE OVLIVNILY?

①

**MATEMATICKÁ BIOLOGIE
(TEORETICKÁ BIOLOGIE)**

MATEMATIKA ⇒ BIOLOGIE

②

BIOMATEMATIKA

BIOLOGIE ⇒ MATEMATIKA

① MATEMATICKÁ BIOLOGIE

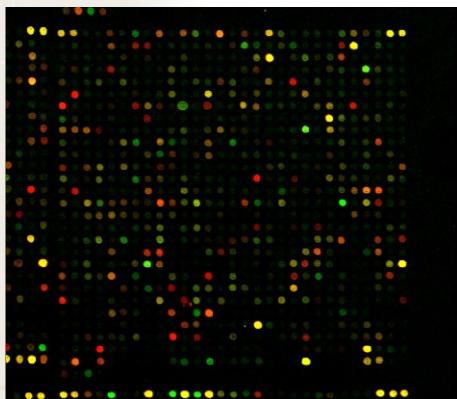
BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

co se společně stalo:

- ☑ struktura DNA
- ☑ makromolekulární sekvence
- ☑ genetické mapování
- ☑ buněčná motilita
- ☑ strukturální biologie



co by se mohlo společně stát – největší možné výzvy:



- ☑ strukturální analýza makromolekul
- ☑ simulace molekulární dynamiky
- ☑ návrh léčiv
- ☑ strukturální analýza nukleových kyselin
- ☑ strukturální analýza buněk

① MATEMATICKÁ BIOLOGIE

BIOLOGIE ORGANISMŮ

složité hierarchické biologické systémy (fyziologie)

- ✓ neurovědy
- ✓ imunologie
- ✓ genomické regulační sítě
- ✓ vývojová biologie
- ✓ morfogeneze

dynamické aspekty vztahů mezi strukturou a funkcí

① MATEMATICKÁ BIOLOGIE

EKOLOGIE A EVOLUČNÍ BIOLOGIE

co se společně stalo:

- ✓ syntéza populační genetiky a evoluční biologie
- ✓ autekologie (vztah jedince, resp. určitého druhu k prostředí)
- ✓ populační biologie
- ✓ epidemiologie (infekčních nemocí)
- ✓ komunitní procesy a procesy v ekologii

co by se mohlo společně stát – největší možné výzvy:

- ✓ globální změny
- ✓ molekulární evoluce
- ✓ problémy měřítka

BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

STRUKTURA DNA

- ☑ šroubovice
- ☑ jak se mění **tvar** DNA vlivem různých externích vlivů (deformací)

topologie (– diferenciální geometrie – diferenciální počet) definuje a kvantifikuje vlastnosti prostoru, které jsou invariantní vůči změnám (vnějším deformacím)

- ❖ kruhová struktura DNA (otevřená, uzavřená)
- ❖ analýza enzymů, které mění topologii DNA řetězců
- ❖ kvantitativní analýza vazby proteinů a malých ligandů na DNA
- ❖ nadšroubovicové vinutí, atd. ...



BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

MAKROMOLEKULÁRNÍ SEKVENCE

- ☑ GenBank – databáze známých DNA sekvencí (řádově 10^8 bází)
- ☑ Protein Identification Resource (PIR) – databáze proteinových sekvencí



Při řádově kb/sekvence je výpočetní pracnost $\sim 10^{11}$ hledání vazeb mezi novými DNA sekvencemi a těmi v databázích

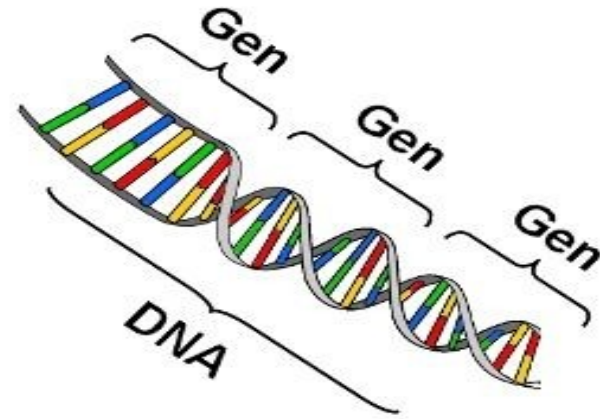
nové algoritmy prohledávání databází - dynamické programování

otázky odhadu spolehlivosti, resp. významnosti srovnávání

BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

GENETICKÉ MAPOVÁNÍ

- ☑ průchod „genetických markerů“ (geny spojené např. s genetickými chorobami) v „rodinných“ rodokmenech

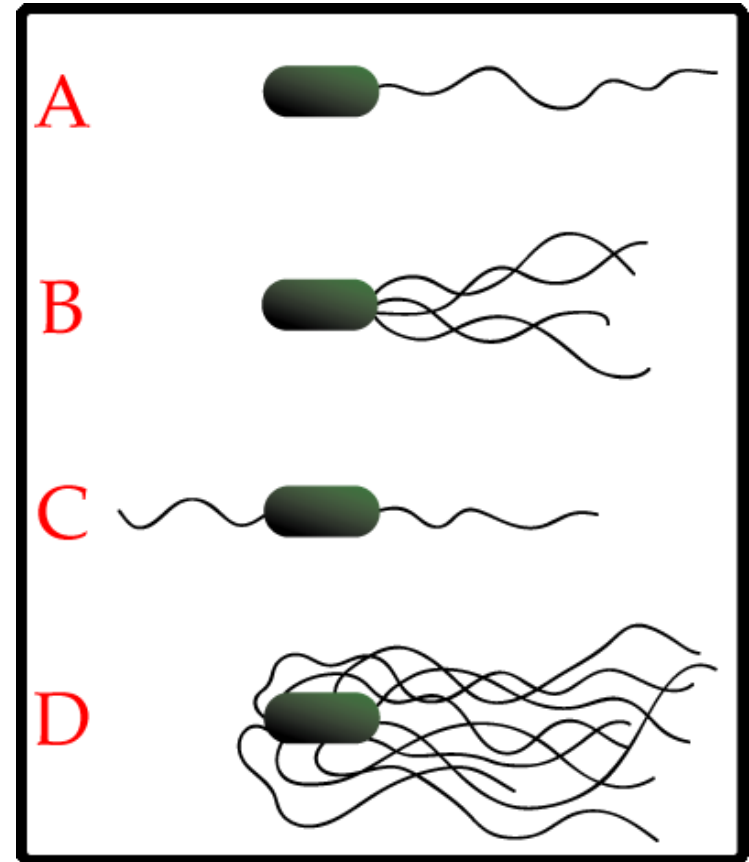


vyhledávání sekvencí, stanovování tzv. „pravděpodobnostní“ vzdálenosti, tj. pravděpodobnosti výskytu markeru v různých následných pokoleních
kombinatorika, teorie grafů, statistika, ...

BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

BUNĚČNÁ MOTILITA

- ☑ princip pohybu pomocí bičíku
- ☑ pohyb bakterií v chemických gradientech
- ☑ analýza forem pohybu
- ☑ počítání buněk (molekul) v jejich prostředí ⇒ analýza obrazů
- ☑ makroskopické chování buněčných populací ve vztahu k mikroskopickému chování jednotlivých buněk



BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

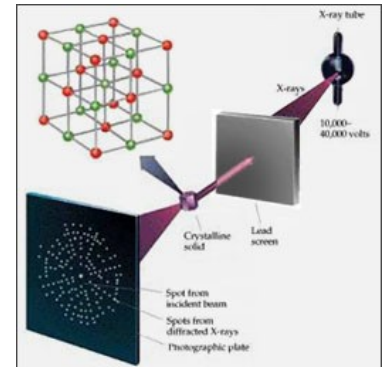
STRUKTURÁLNÍ BIOLOGIE

v oblasti buněčné a molekulární biologie asi největší vliv matematiky spolu s fyzikou

stanovení struktury důležitých makromolekul, jejich uspořádání do speciálních částic a organel, případně různých vyšších hierarchických úrovní organizace



röntgenovská krystalografie
NMR spektroskopie



přínos matematiky:

- ❖ výpočetní algoritmy pro zpracování velkého množství informace o lokálních vlastnostech originálních obrazových dat
- ❖ analytické metody pro určení struktury
- ❖ počítačová grafika

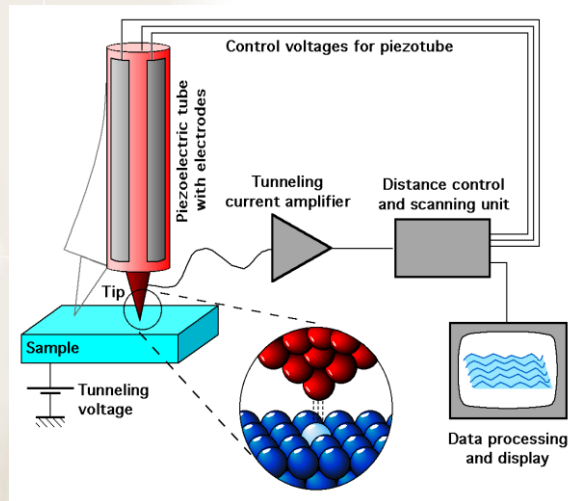
BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

VÝZVY

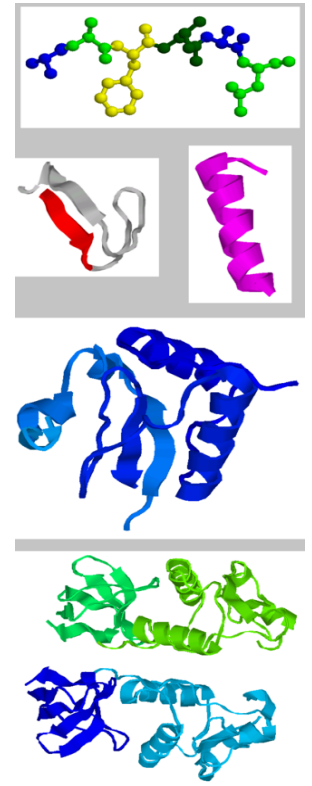
STRUKTURÁLNÍ ANALÝZA MAKROMOLEKUL

potřeba posunu v oblasti molekulární geometrie a následné vizualizace struktury

- ❖ analýza mechanismů skládání krystalických a hydratovaných proteinů



- ❖ řádkovací tunelová mikroskopie
- ❖ mikroskopie atomárních sil
- ❖ elektronová mikroskopická tomografie



① MATEMATICKÁ BIOLOGIE

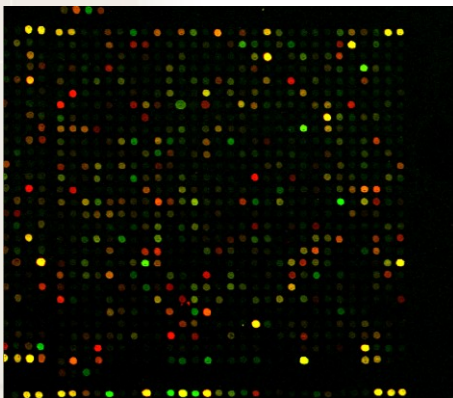
BUNĚČNÁ A MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE

co se společně stalo:

- ✓ struktura DNA
- ✓ makromolekulární sekvence
- ✓ genetické mapování
- ✓ buněčná motilita
- ✓ strukturální biologie



co by se mohlo společně stát – největší možné výzvy:



- ✓ strukturální analýza makromolekul
- ✓ simulace molekulární dynamiky
- ✓ návrh léčiv
- ✓ strukturální analýza nukleových kyselin
- ✓ strukturální analýza buněk

BIOLOGIE ORGANISMŮ

zabývá se všemi biologickými aspekty jednotlivých živočichů a rostlin, včetně fyziologie, morfologie, vývoje a chování

spojuje jak mikro, tak makro biologii

BIOLOGIE ORGANISMŮ

zabývá se všemi biologickými aspekty jednotlivých živočichů a rostlin, včetně fyziologie, **morfologie**, vývoje a chování

spojuje jak mikro, tak makro biologii

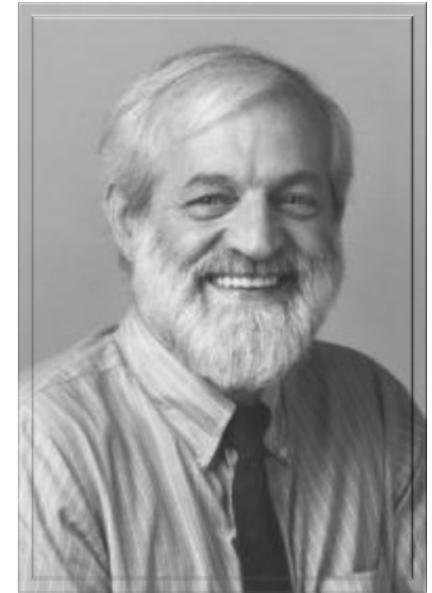
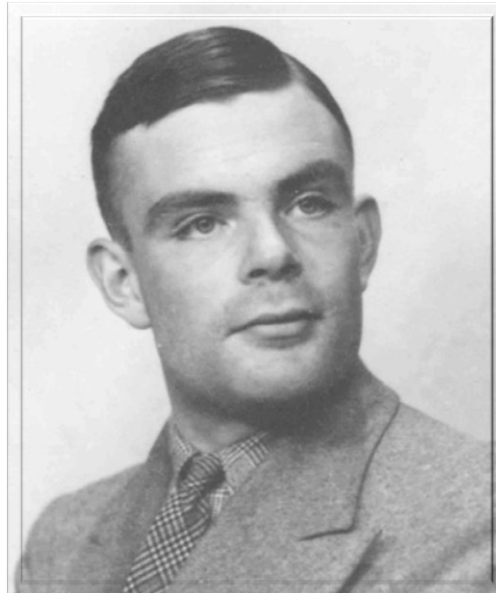
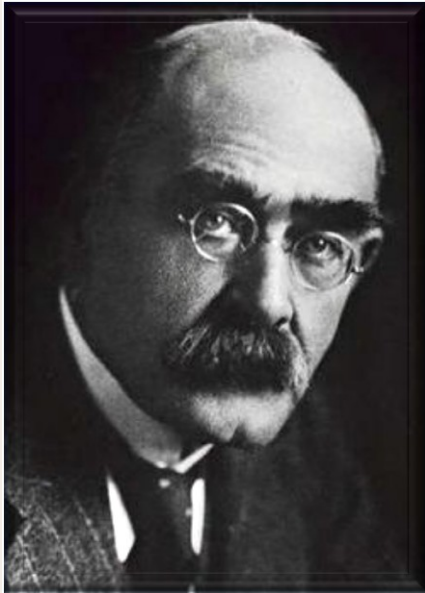
BIOLOGIE ORGANISMŮ

zabývá se všemi biologickými aspekty jednotlivých živočichů a rostlin, včetně fyziologie, **morfologie**, vývoje a chování

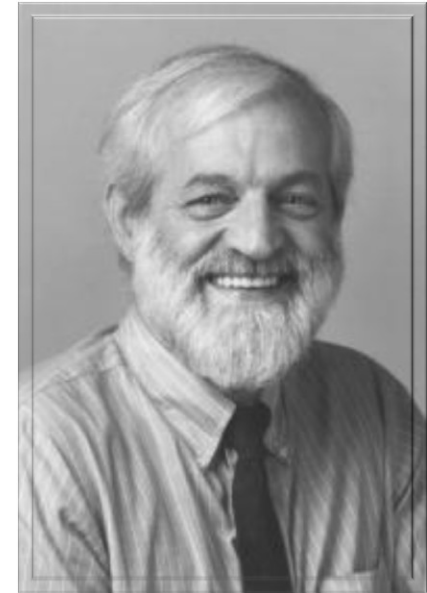
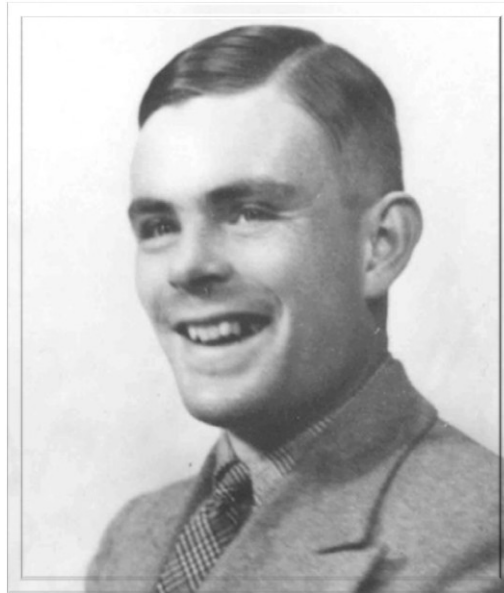
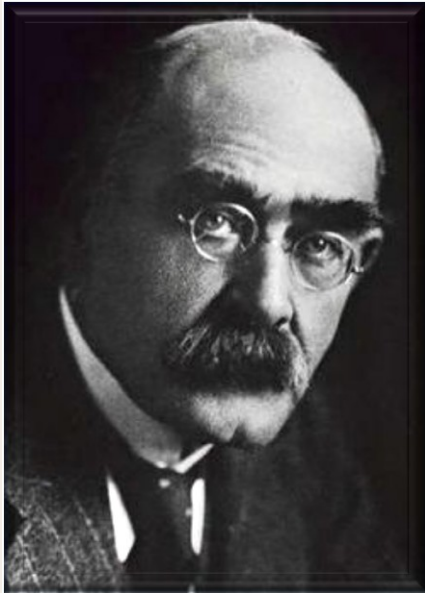
spojuje jak mikro, tak makro biologii

MORFOGENEZE

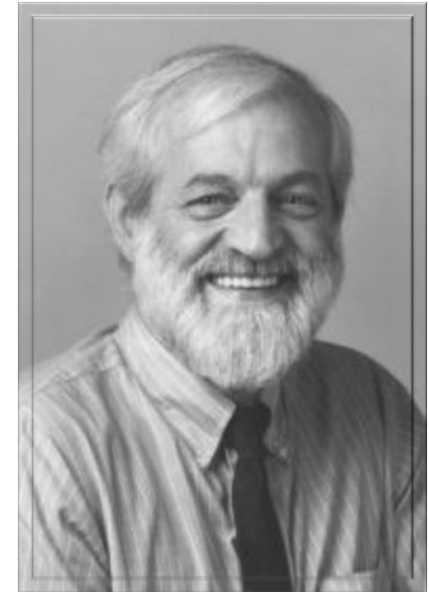
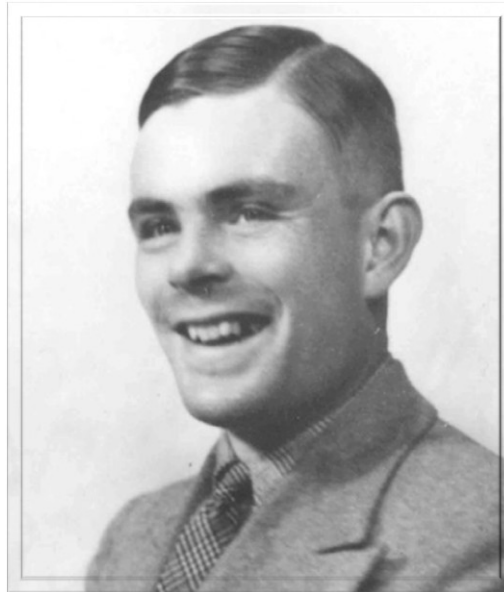
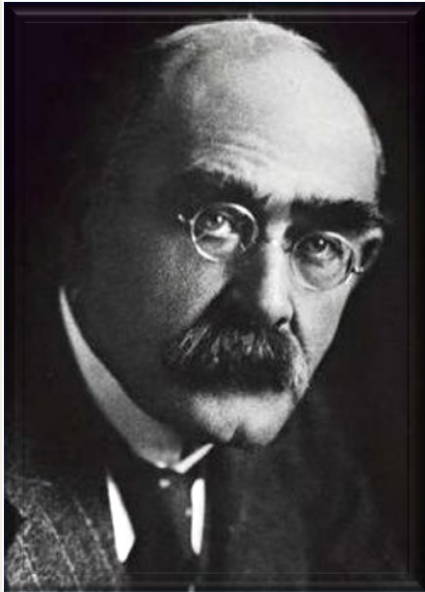
PŘÍBĚH MORFOGENESE



PŘÍBĚH MORFOGENESE

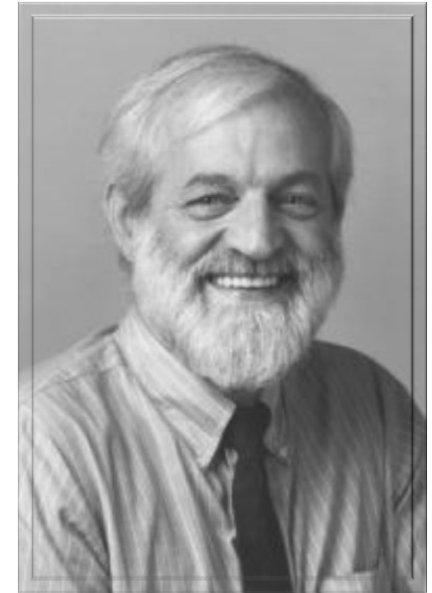
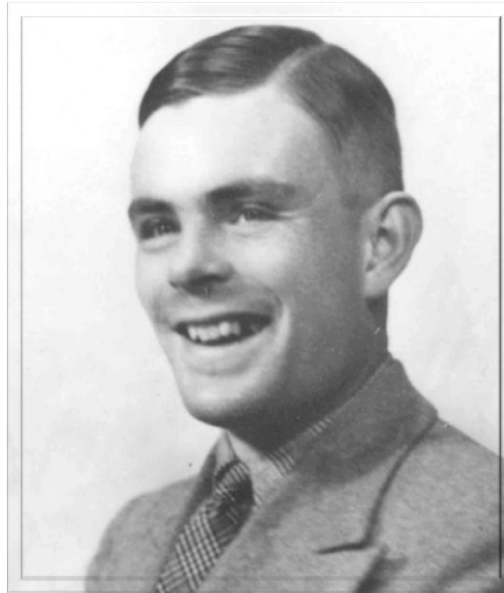
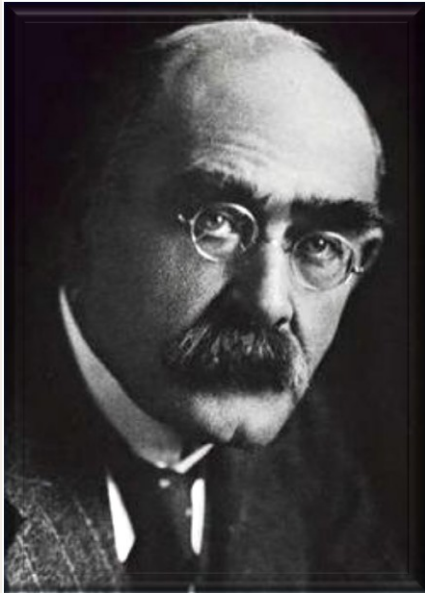


PŘÍBĚH MORFOGENESE



- * 30. XII.1865, Bombaj, Indie
- † 18. I. 1936, Londýn, U.K.

PŘÍBĚH MORFOGENESE

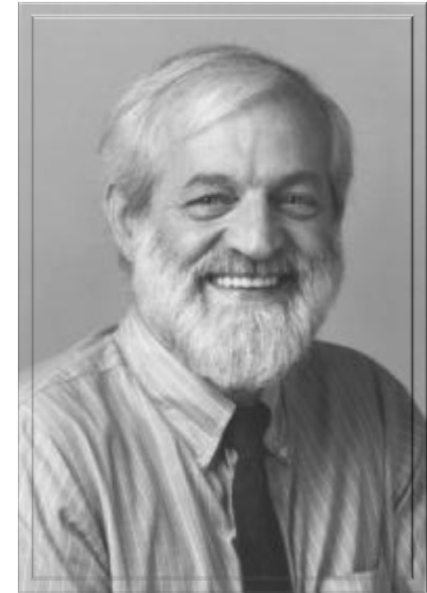
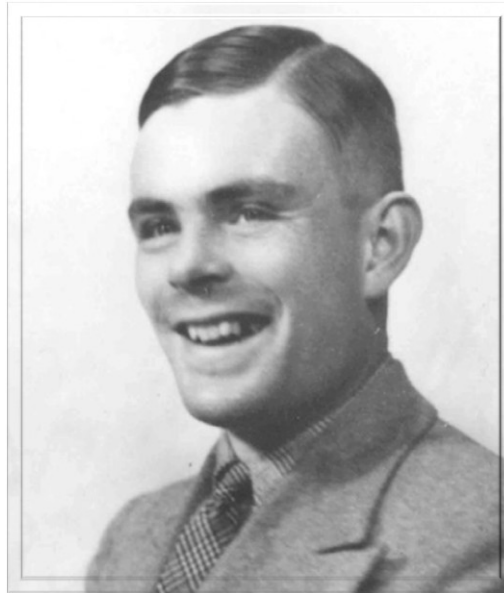
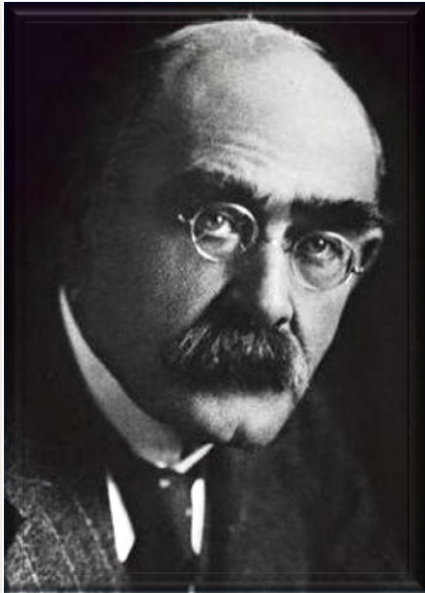


* 30. XII.1865, Bombaj, Indie

† 18. I. 1936, Londýn, U.K.

1907 Nobelova cena

PŘÍBĚH MORFOGENESE

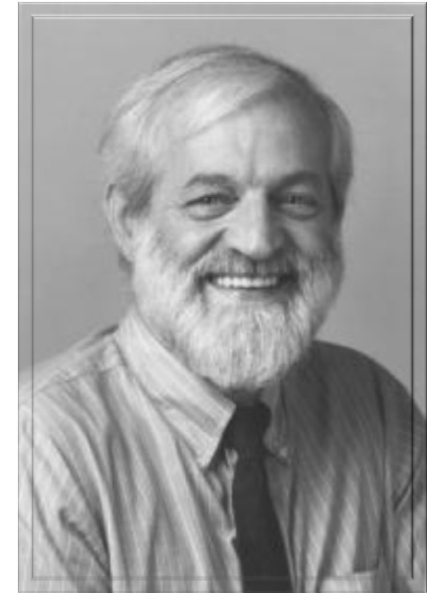
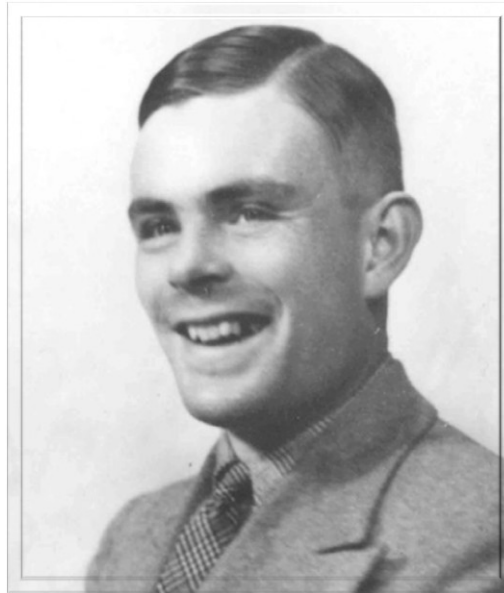
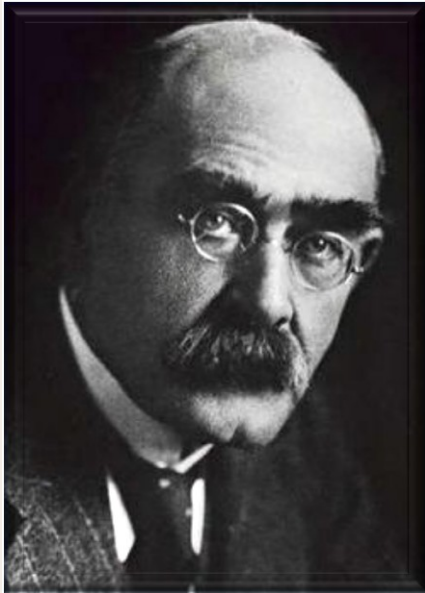


* 30. XII.1865, Bombaj, Indie

† 18. I. 1936, Londýn, U.K.

1907 Nobelova cena za literaturu

PŘÍBĚH MORFOGENESE



Joseph Rudyard Kipling

✱ 30. XII.1865, Bombaj, Indie

† 18. I. 1936, Londýn, U.K.

1907 Nobelova cena za literaturu

RUDYARD KIPLING

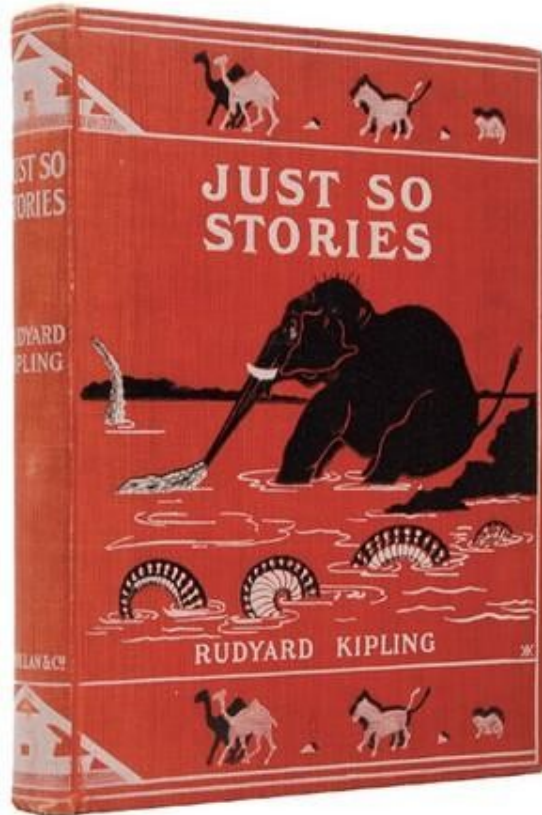
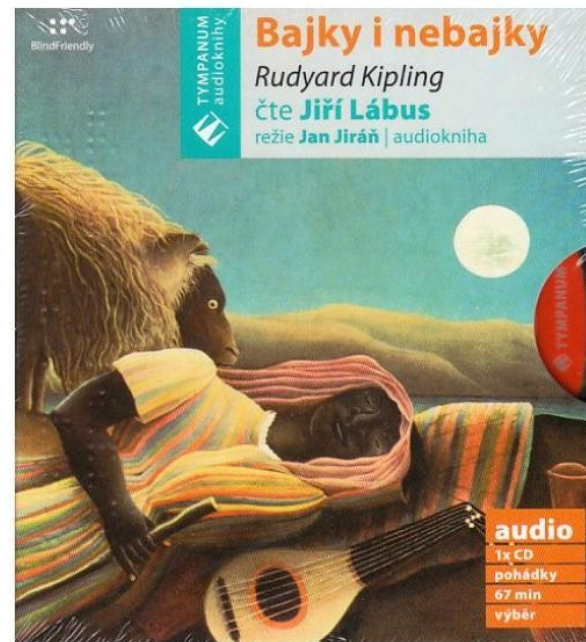
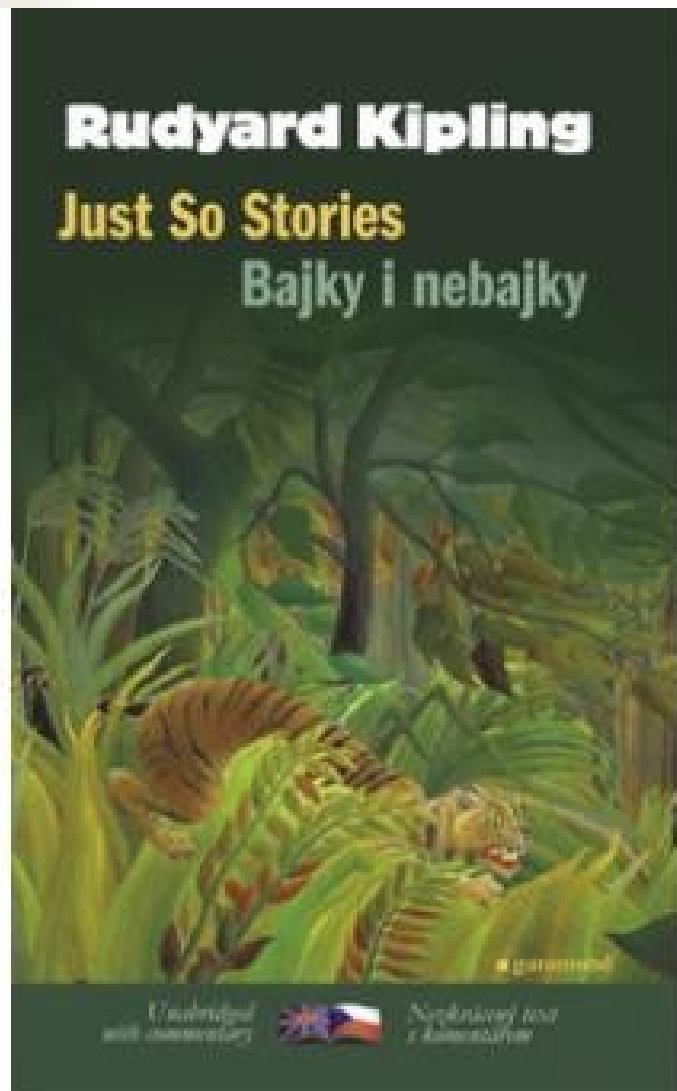


Table of Contents

How the Whale Got His Throat
How the Camel Got His Hump
How the Rhinoceros Got His Skin
How the Leopard Got His Spots
The Elephant's Child
The Sing-Song of Old Man Kangaroo
The Beginning of the Armadillos
How the First Letter was Written
How the Alphabet was Made
The Crab that Played with the Sea
The Cat that Walked by Himself
The Butterfly that Stamped



RUDYARD KIPLING



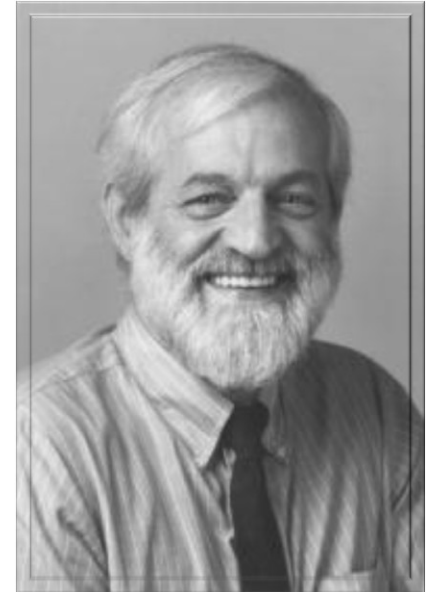
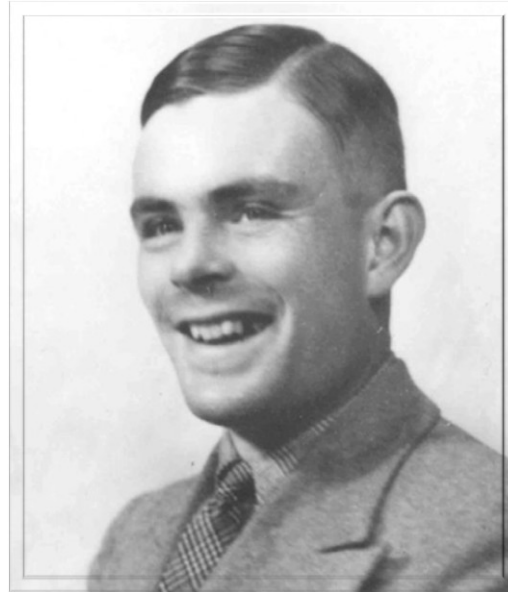
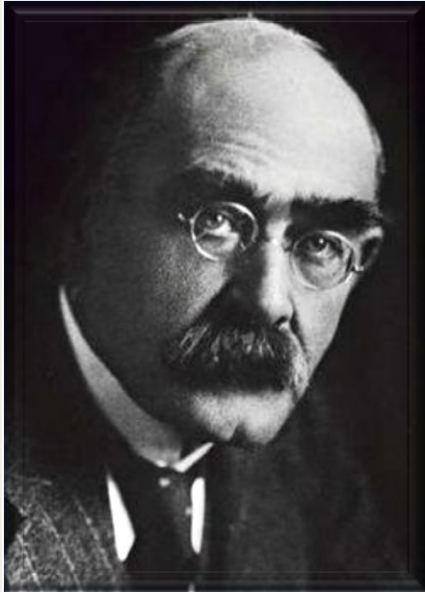
HOW THE LEOPARD GETS ITS SPOTS



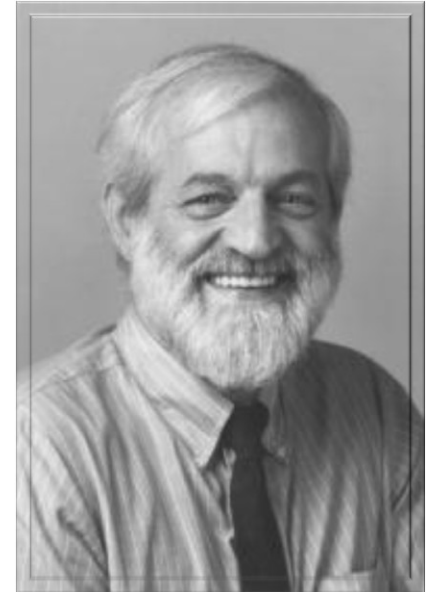
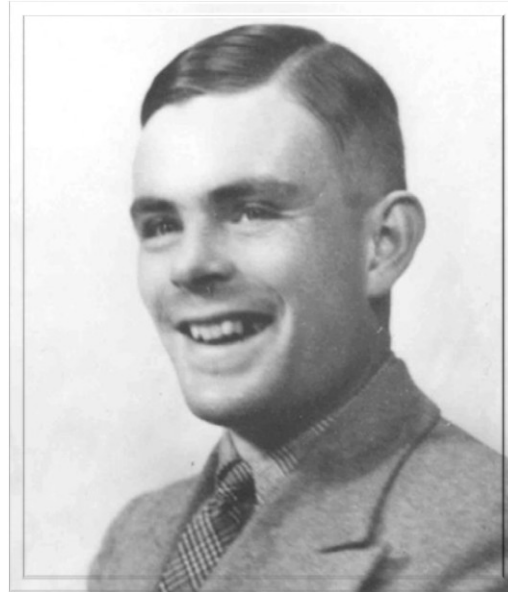
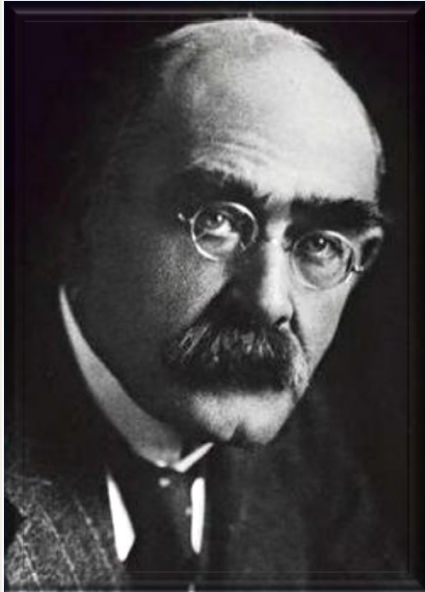
HOW THE LEOPARD GETS ITS SPOTS



PŘÍBĚH MORFOGENESE

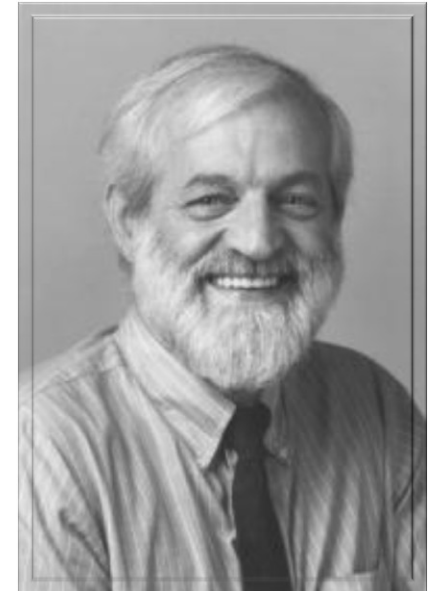
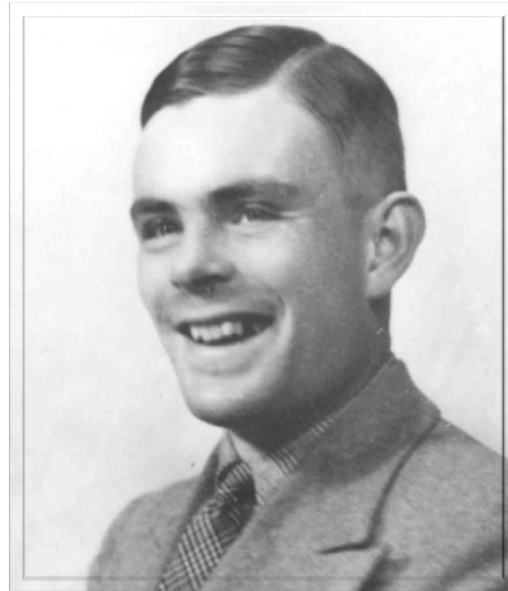
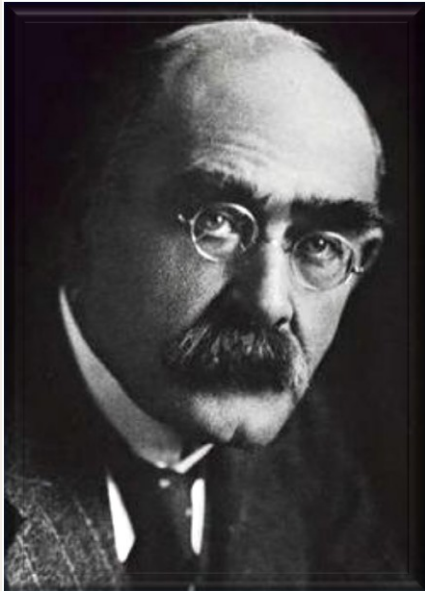


PŘÍBĚH MORFOGENESE



* 23. VI.1912, Londýn, U.K.
† 7. VI. 1954, Wilmslow,
Cheshire, U.K.

PŘÍBĚH MORFOGENESE



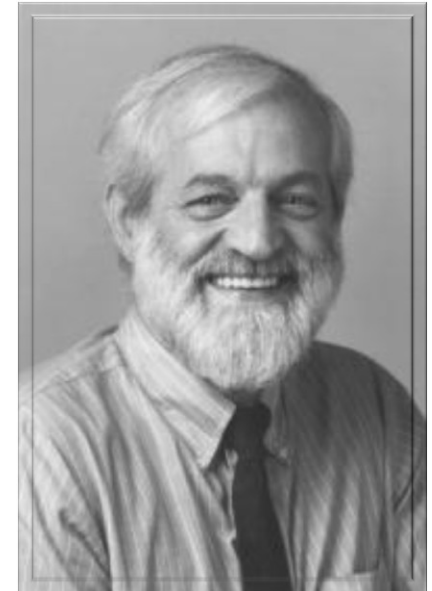
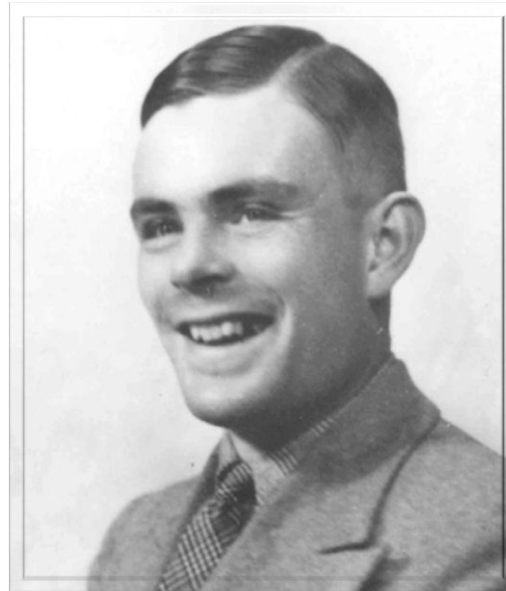
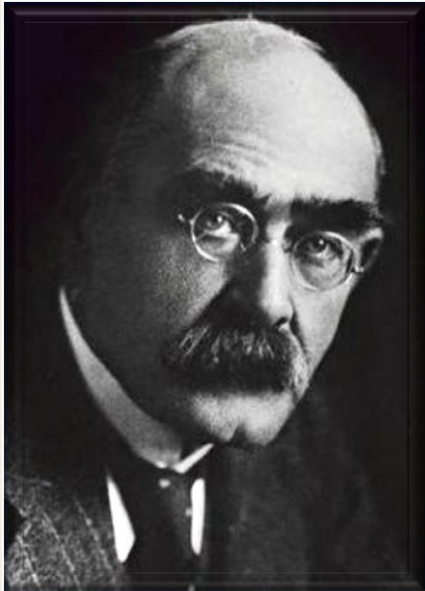
Alan Mathison Turing

OBE, FRS

* 23. VI.1912, Londýn, U.K.

† 7. VI. 1954, Wilmslow,
Cheshire, U.K.

PŘÍBĚH MORFOGENESE



Alan Mathison Turing

OBE, FRS

* 23. VI.1912, Londýn, U.K.

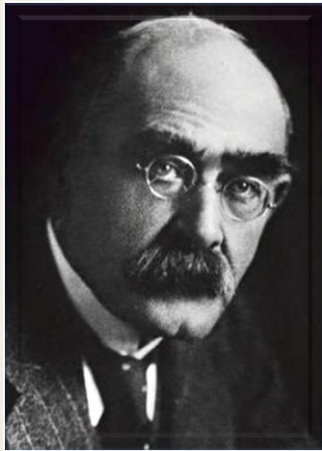
† 7. VI. 1954, Wilmslow,
Cheshire, U.K.

1945 Officer of the Most Excellent
Order of the British Empire

1951 zvolen FRS - Non-linear
theory of biological growth

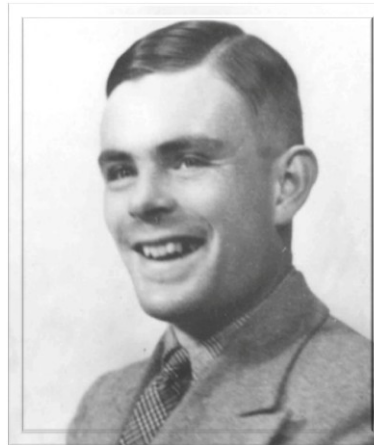


PŘÍBĚH MORFOGENESE



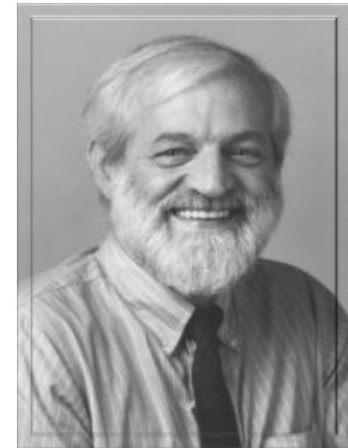
Joseph Rudyard Kipling

* 30. XII.1865, Bombaj, Indie
† 18. I. 1936, Londýn, U.K.
1907 Nobelova cena za literaturu



Alan Mathison Turing
OBE, FRS

* 23. VI.1912, Londýn, U.K.
† 7. VI. 1954, Wilmslow,
Cheshire, U.K.
1945 Officer of the Most
Excellent Order of the
British Empire
1951 zvolen FRS - Non-linear
theory of biological growth



James Dickson Murray
FRS (Edinburg), Acad.Sci. (Paris)

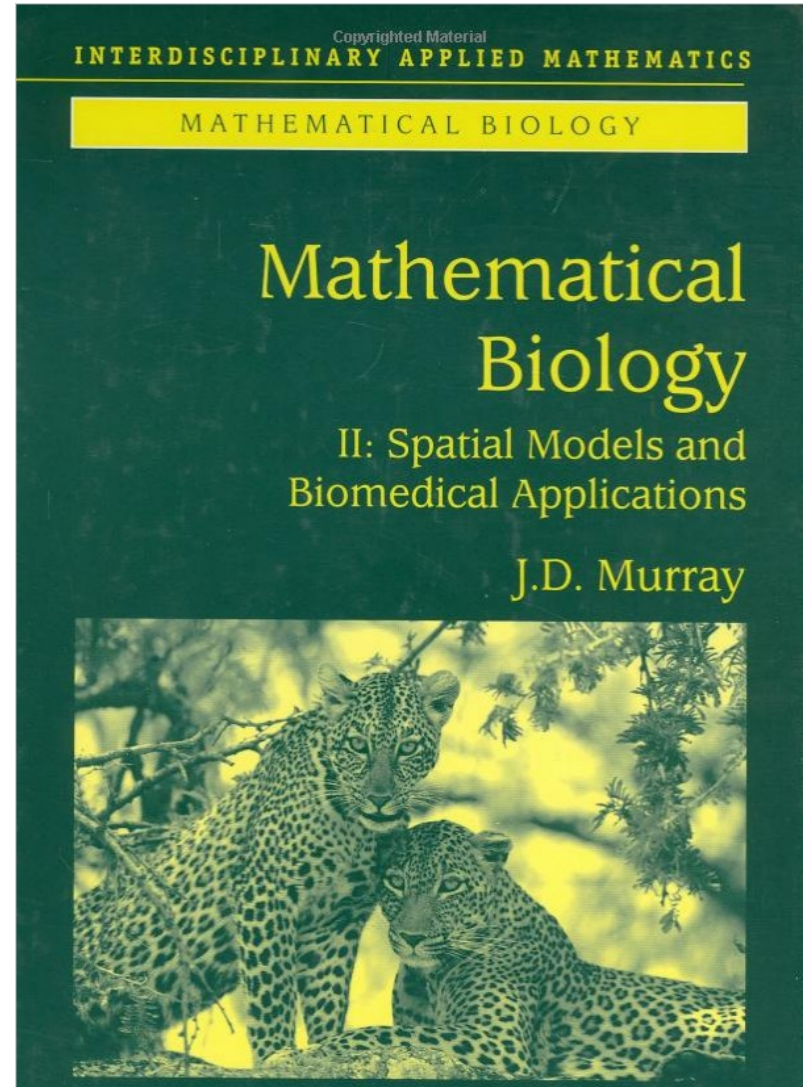
* 2. I. 1931, Moffat,
Skotsko, U.K.
1979 Fellow of the Royal
Society (Edinburg)
2000 zahraniční člen
francouzské Akademie
věd

JAMES D. MURRAY

Mathematical Biology: I. An Introduction, Third Edition

J.D. Murray

Springer



JAMES D. MURRAY

- ☑ http://www.youtube.com/watch?v=6Yj5Nyb_VyU
- ☑ <http://www.youtube.com/watch?v=2u3YYNoOVRy>

ZA MĚSÍC NA SHLEDANOU