

Volba laboratoře souvisí se
specializací.

Imunologie

Fyziologie živočichů

Vývojová biologie

[Schéma předmětů vyučovaných na OFIŽ](#)

Jaké předměty?

Imunologie

Fyziologie živočichů

Vývojová biologie

[Schéma předmětů vyučovaných na OFIŽ](#)

Laboratoř neuroetologie a smyslové fyziologie

Martin Vácha



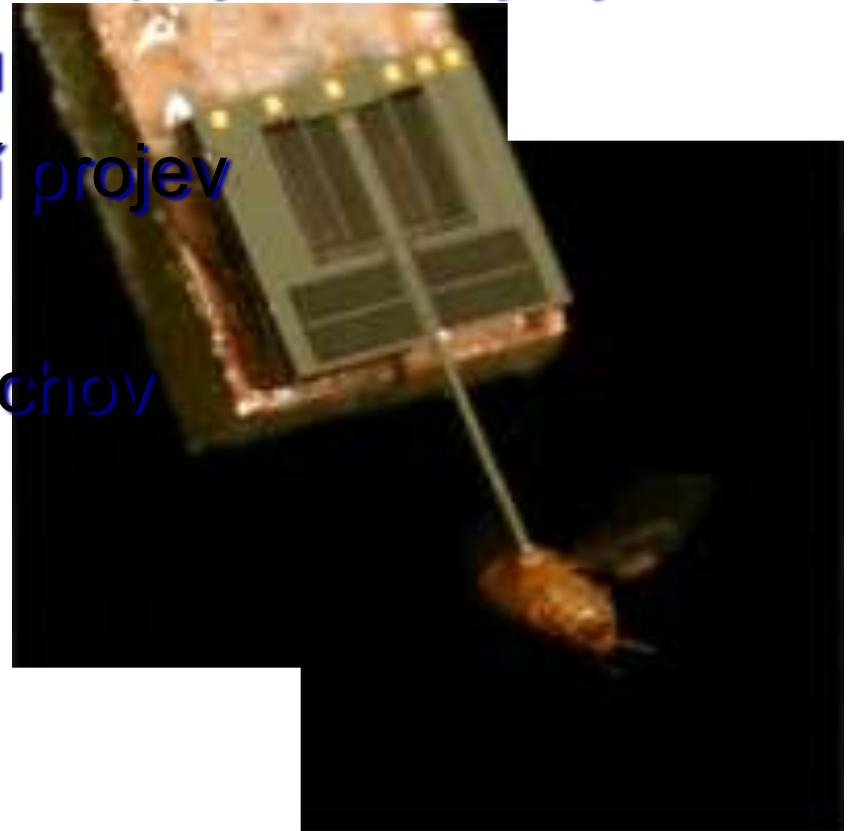
Neuroetologie (behaviorální neurobiologie):

- Syntéza etologie a neurobiologie (60.l)
- Neurální podstata chování
- Nástroj řešení otázek neurofyzologie



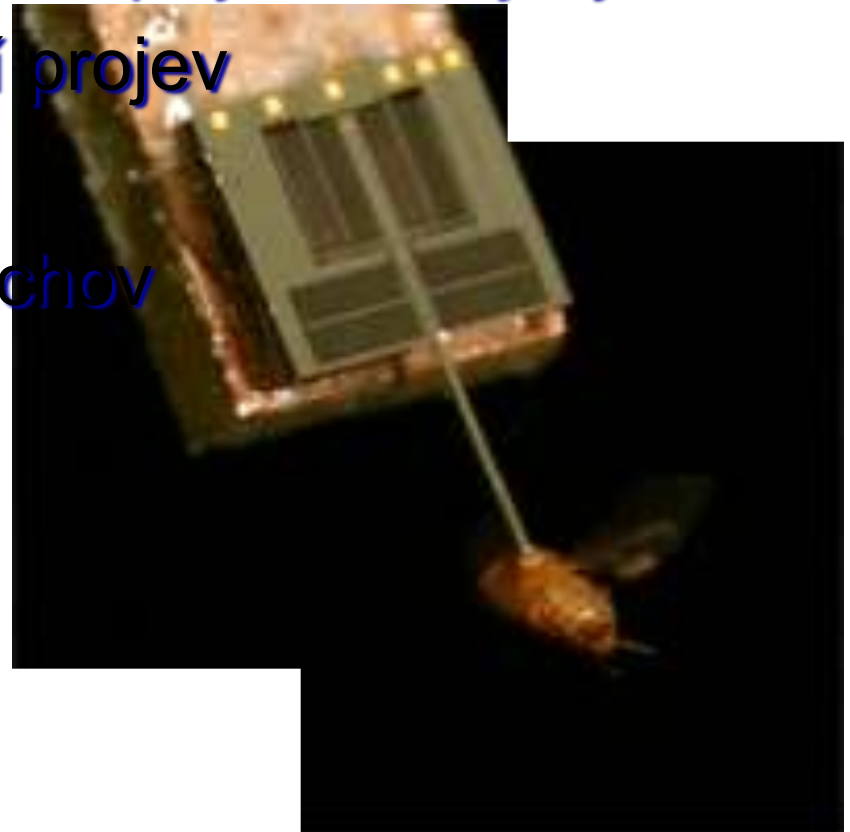
A) Bezobratlí v neuroetologii:

- Jednoduchý, snadno přístupný nervový systém
 - Larva 10 tis neuronů
- „Robustní“ behaviorální projev
- Laboratorní podmínky
- Snadný, levný a rychlý chov
- Mutantní linie



Bezobratlí v neuroetologii:

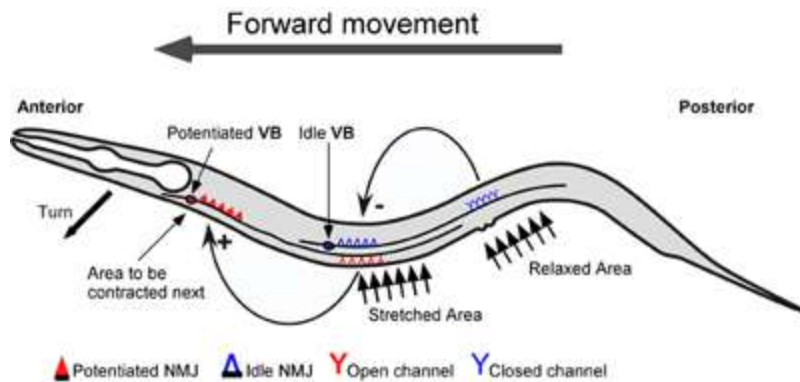
- Jednoduchý, snadno přístupný nervový systém
 - „Robustní“ behaviorální projev
 - Laboratorní podmínky
 - Snadný, levný a rychlý chov
 - Mutantní linie
- =
- Mimořádný význam



Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy

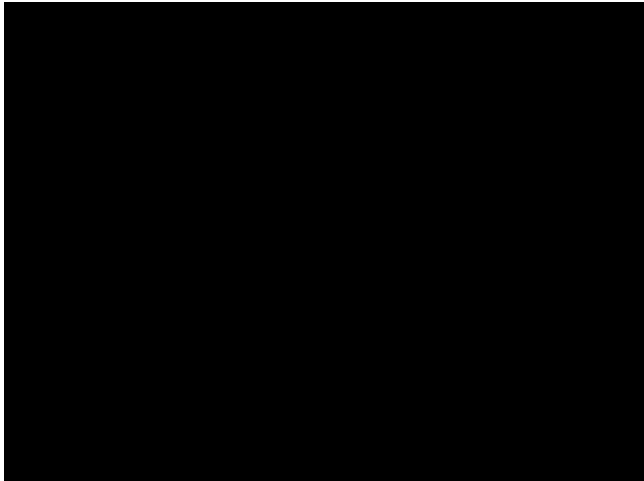
Caenorhabditis elegans (hádčátko)



Bezobratlí v neuroetologii:

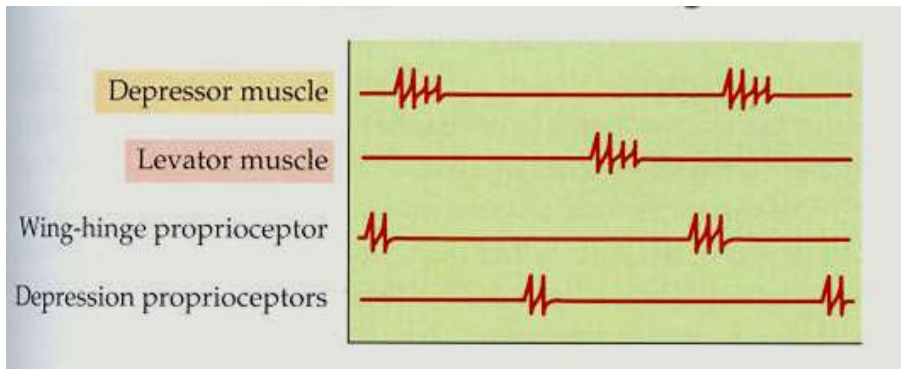
- Sensomotorické reflexy

Caenorhabditis elegans (hádátka)



Bezobratlí v neuroetologii:

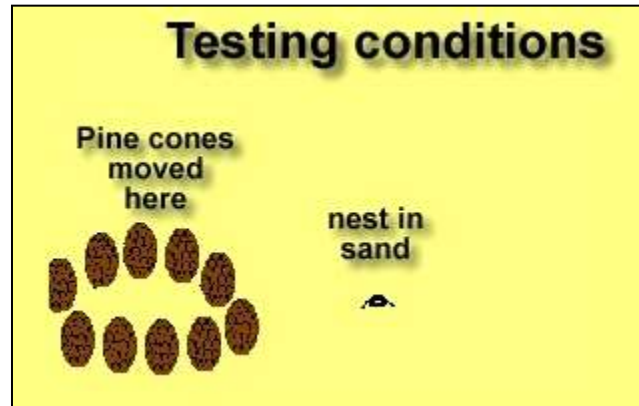
- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence



Clione limacina (valovka plžovitá)
„Sea angel“

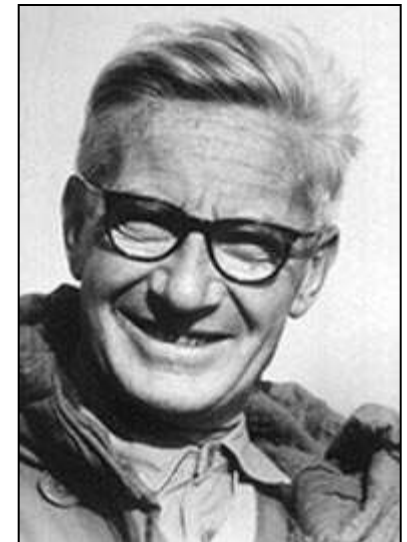
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace



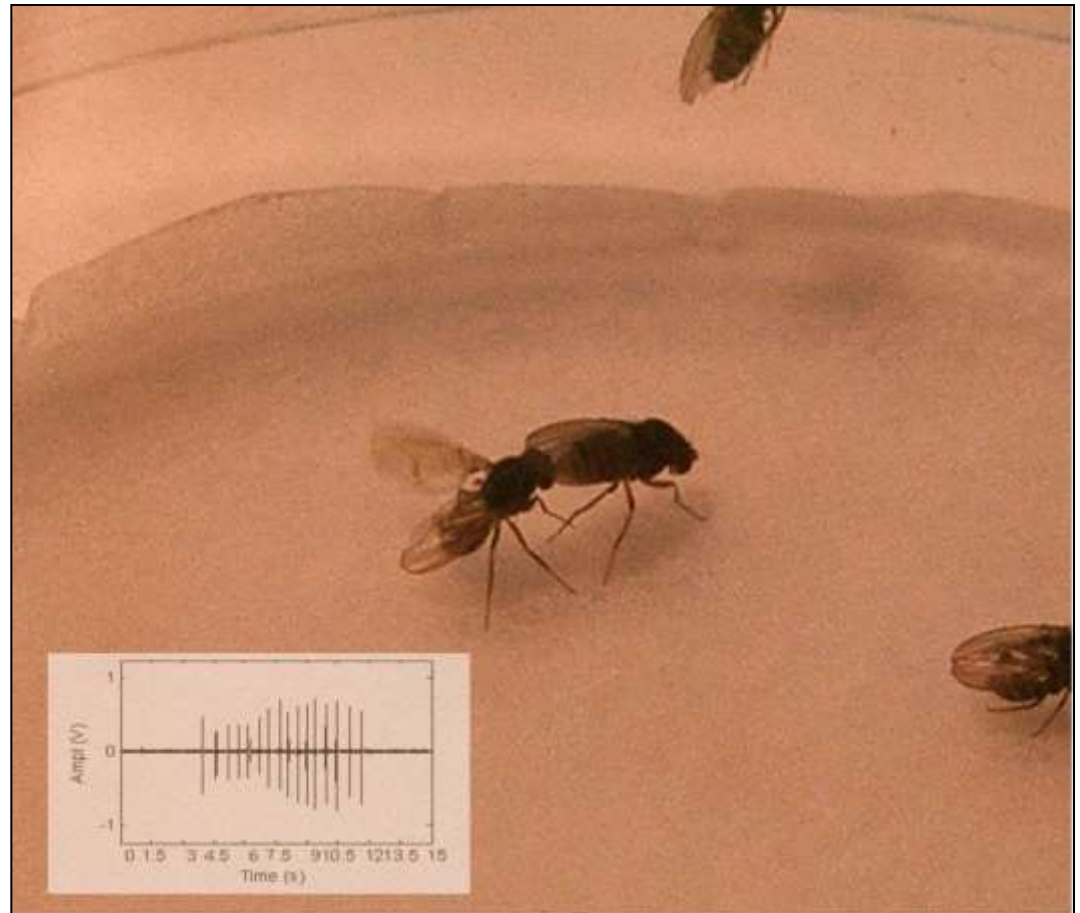
Philanthus triangulum

N. Tinbergen
Nobelova cena 1973



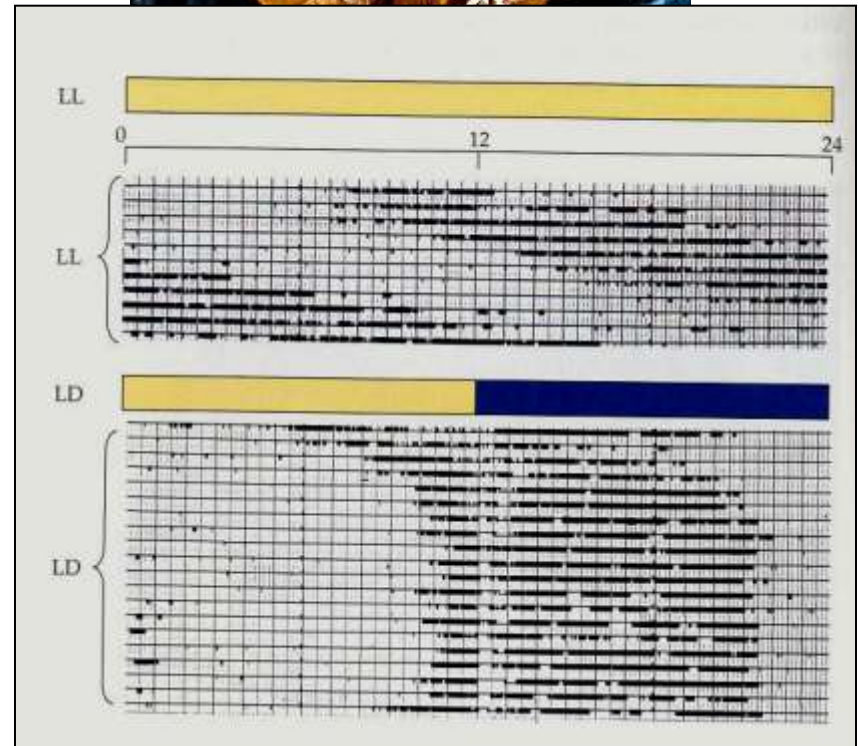
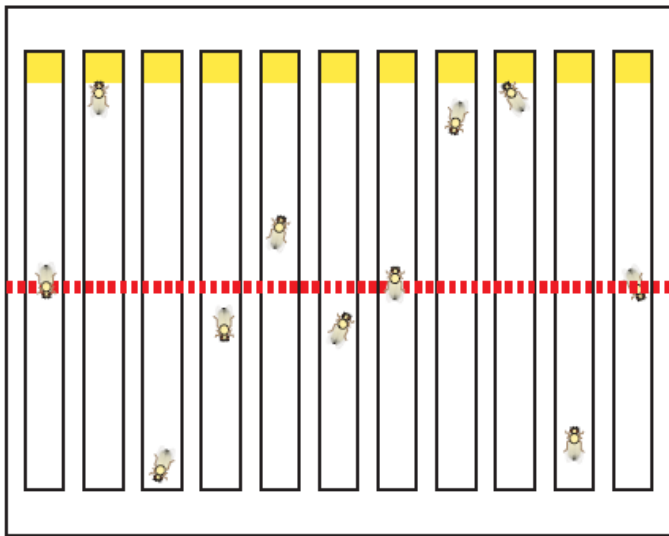
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace



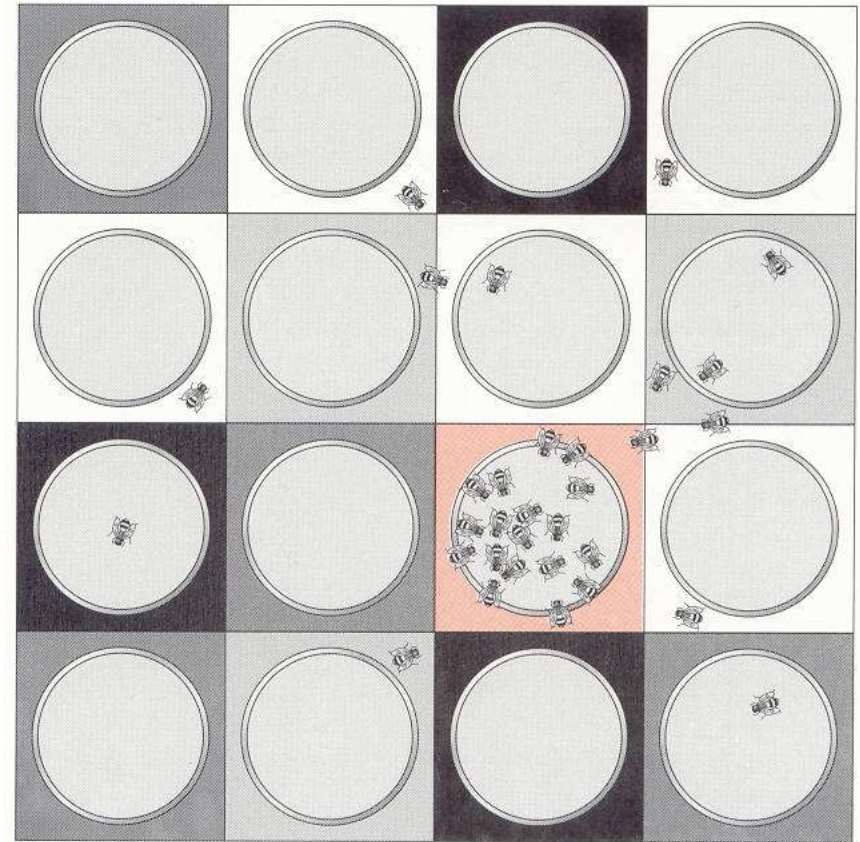
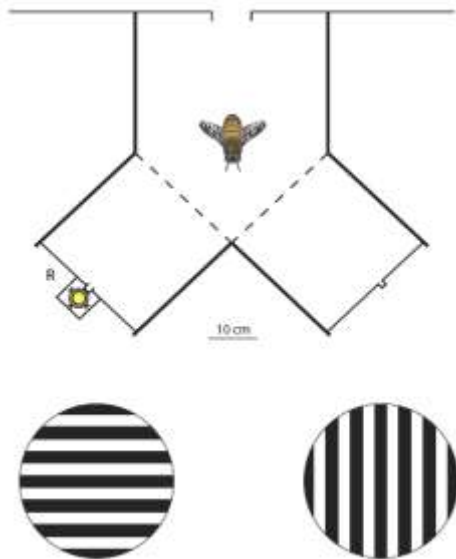
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy



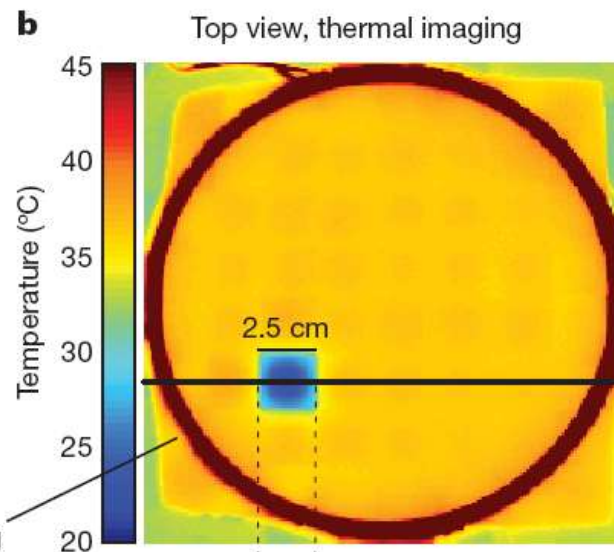
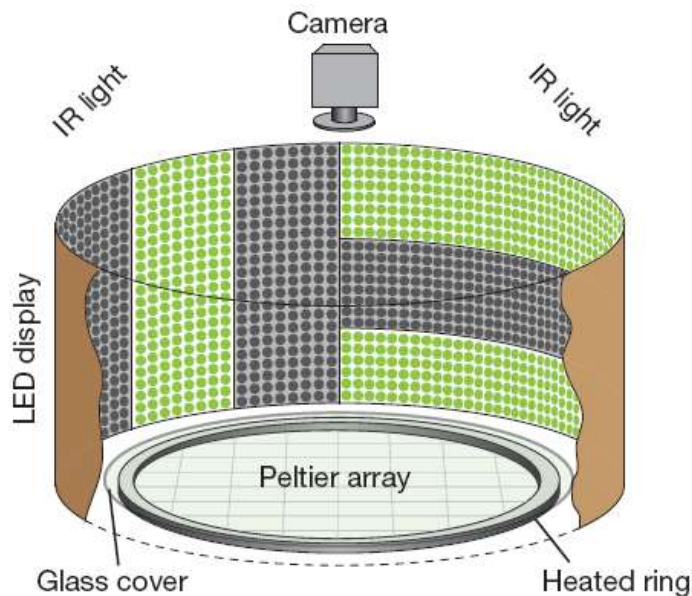
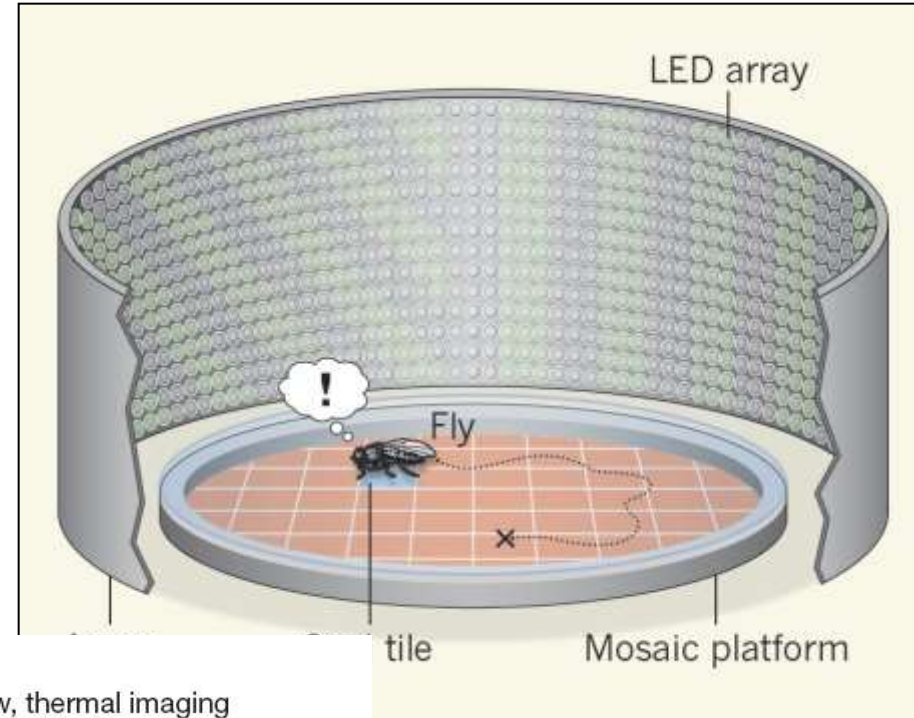
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rytmy
- Smyslové schopnosti



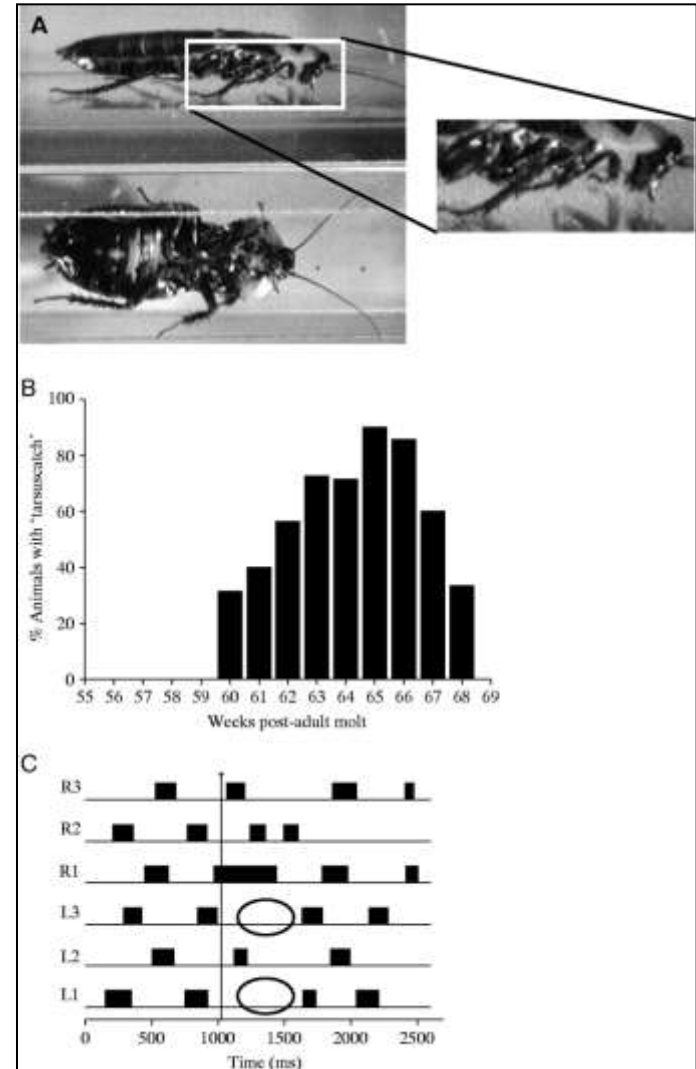
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti



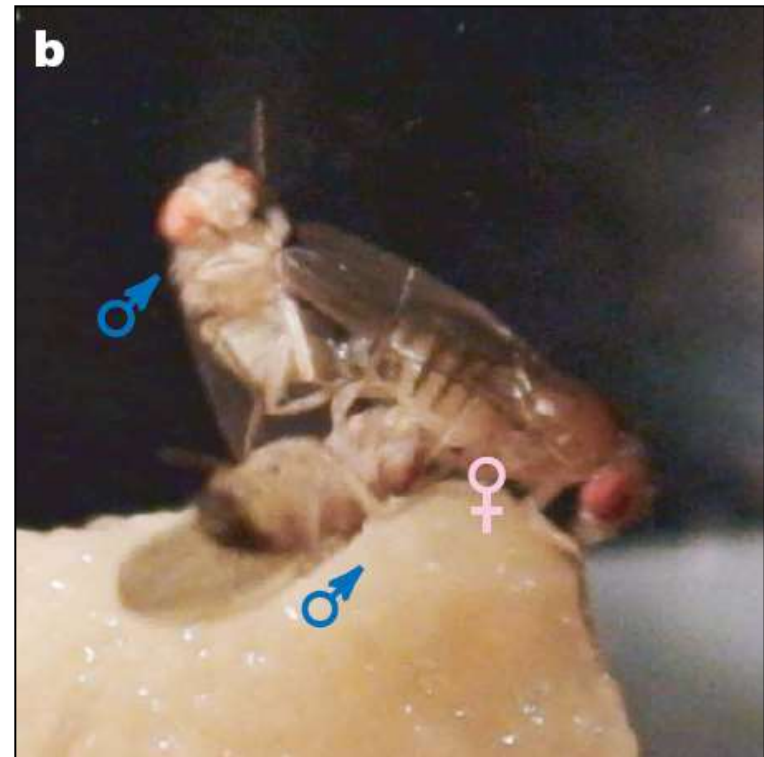
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rymy
- Smyslové schopnosti a dráhy
- Stárnutí



Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rytmy
- Smyslové schopnosti
- Stárnutí
- Sexuální orientace



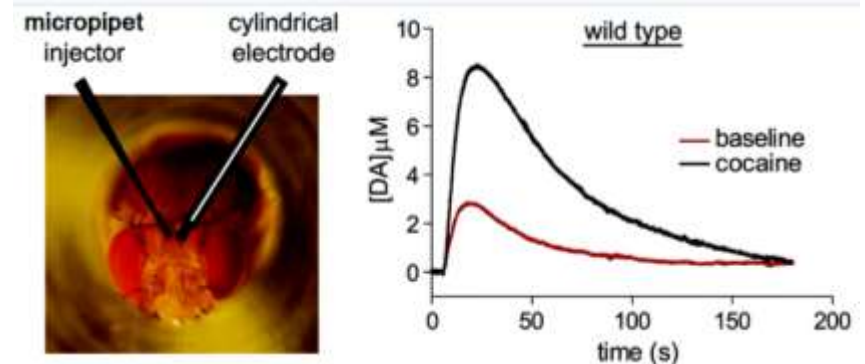
Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rytmy
- Smyslové schopnosti
- Stárnutí
- Sexuální orientace
- Agresivita



Bezobratlí v neuroetologii:

- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiánní rytmy
- Smyslové schopnosti a dráhy
- Stárnutí
- Sexuální orientace
- Agresivita
- Působení drog a farmak



Bezobratlí v neuroetologii:

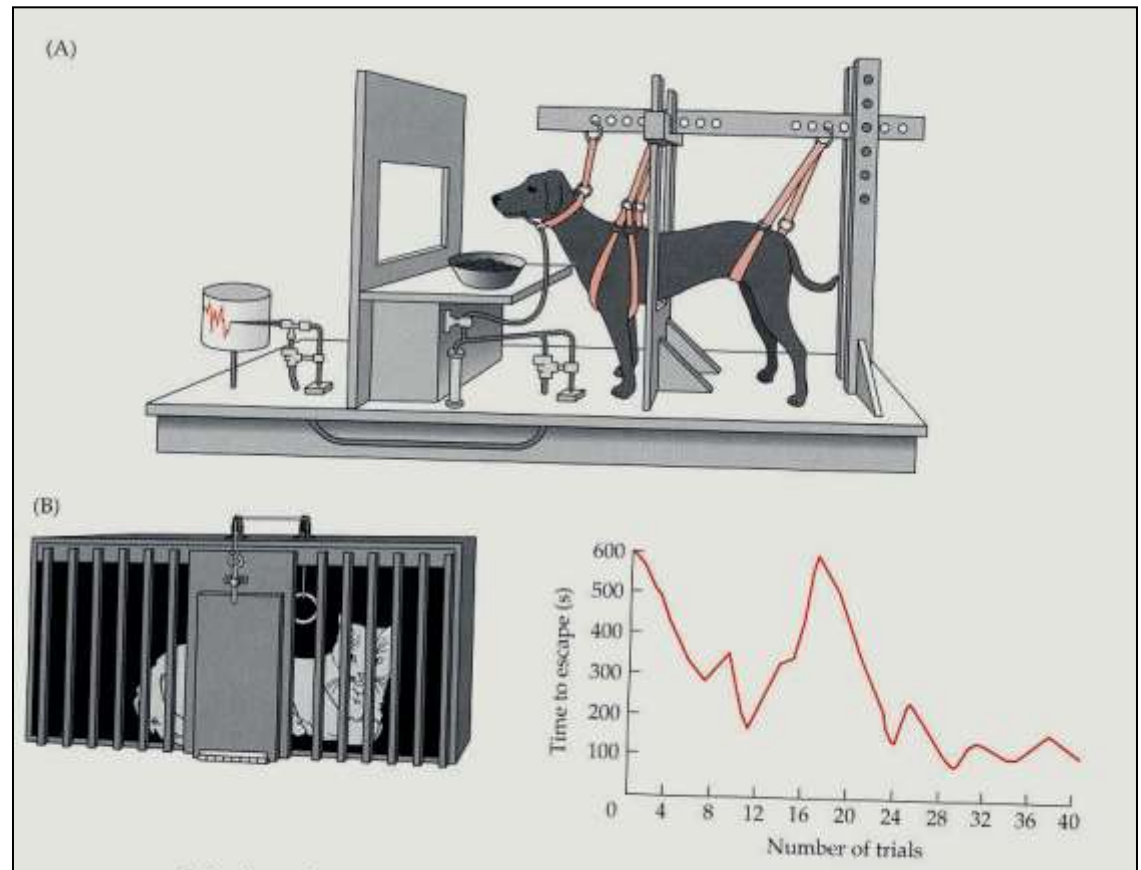
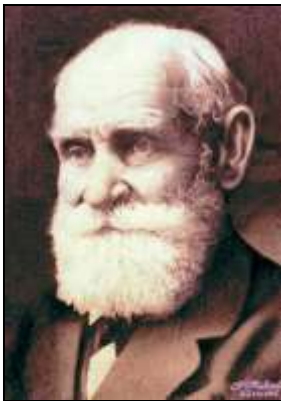
- Sensomotorické reflexy
- Motorické sekvence
- Orientace
- Komunikace
- Učení a paměť
- Circadiální rytmy
- Smyslové schopnosti
- Stárnutí
- Sexuální orientace
- Agresivita
- Působení drog a farmak
- Ochota riskovat, emoce atd...



B) Podmiňování jako klíč k funkci NS a smyslů

Vytvoření podmíněného spojení je důkazem plasticity NS a základem paměti a učení.

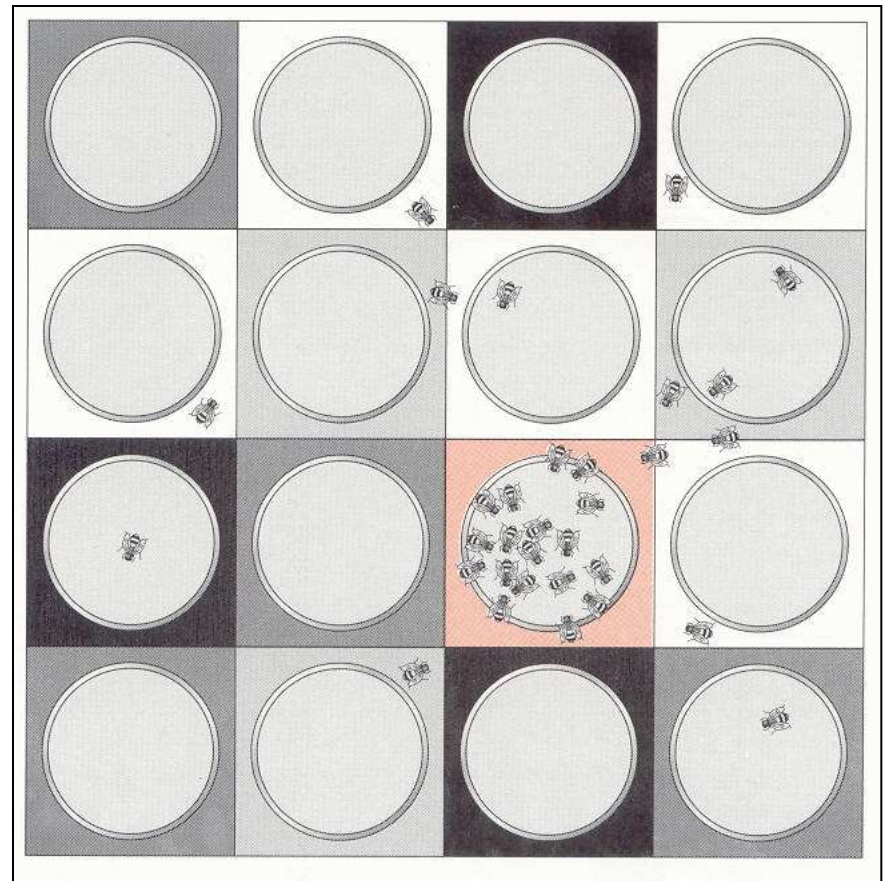
Pavlov



Podmiňování jako klíč k funkci NS a smyslů

Vytvoření podmíněného spojení je důkazem plasticity NS a základem paměti a učení.

von Frish



Vytvoření podmíněného spojení může být: cílem výzkumu paměti a učení



Aplysia – zej
„mořský zajíc“

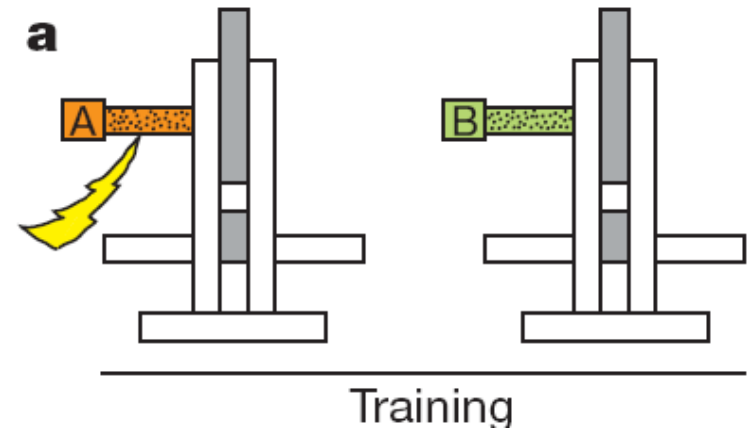
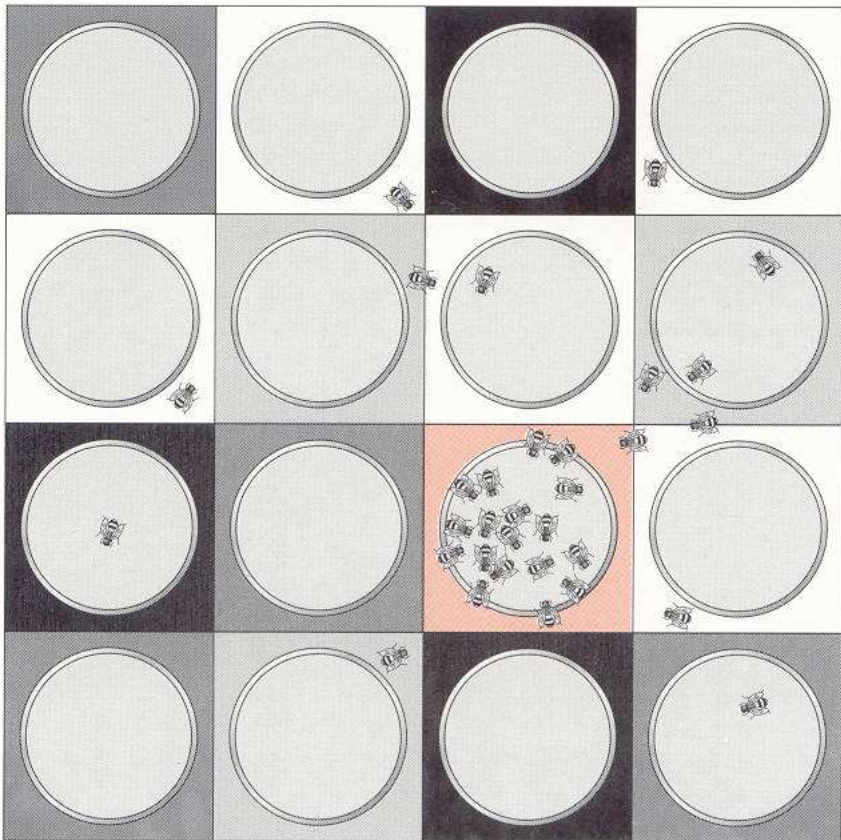
Aplysia

Eric Kandel
Nobelova cena 2000



Vytvoření podmíněného spojení může být: nástrojem výzkumu smyslových schopností

Odměna nebo trest při tréninku



Video

Vytvoření podmíněného spojení může být: nástrojem výzkumu smyslových schopností

Richard Axel

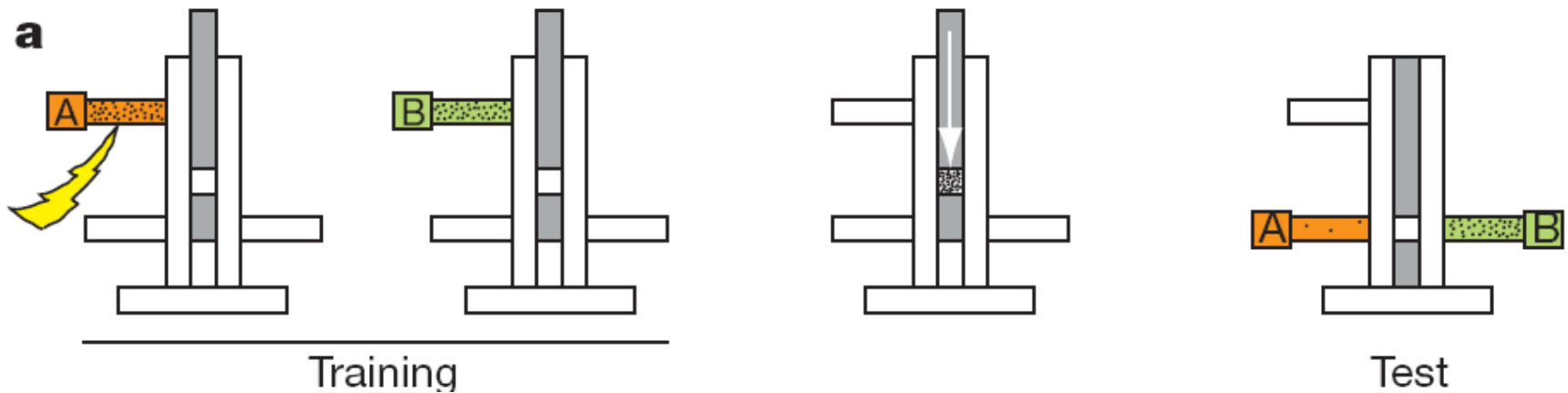
Nobelova cena 2004 za objevy podstaty čichu



Vytvoření podmíněného spojení může být: nástrojem výzkumu smyslových schopností

Richard Axel

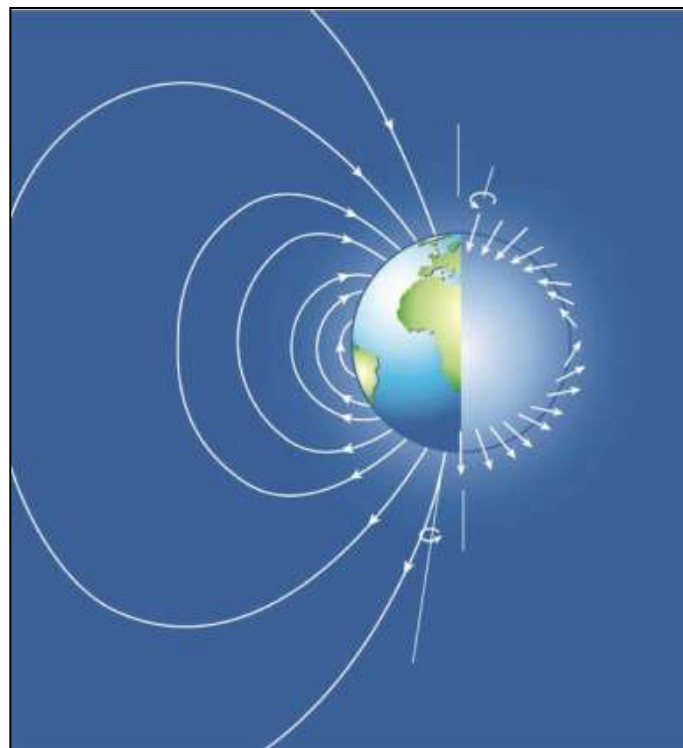
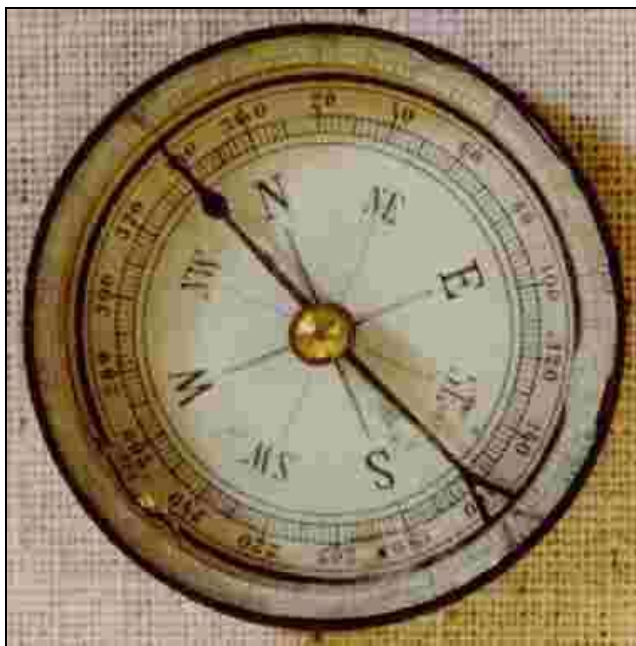
Nobelova cena 2004 za objevy podstaty čichu



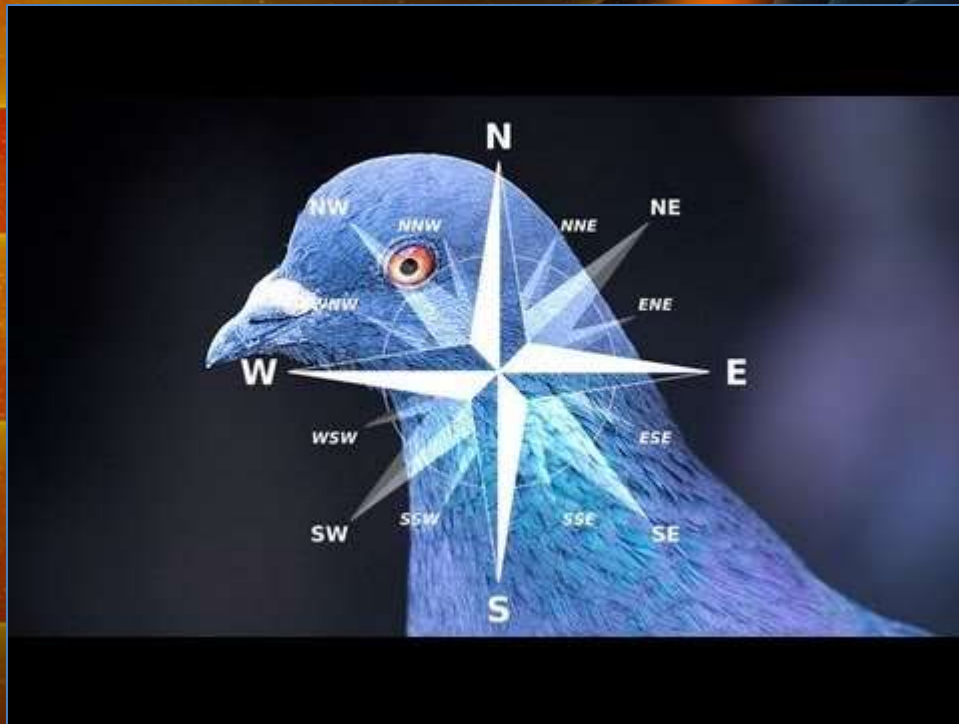
C) Magnetorecepce – výzva smyslové fyziologii



Kompas: Všudypřítomné vodítko



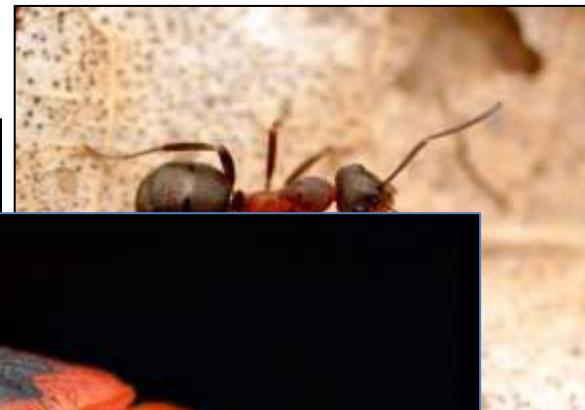
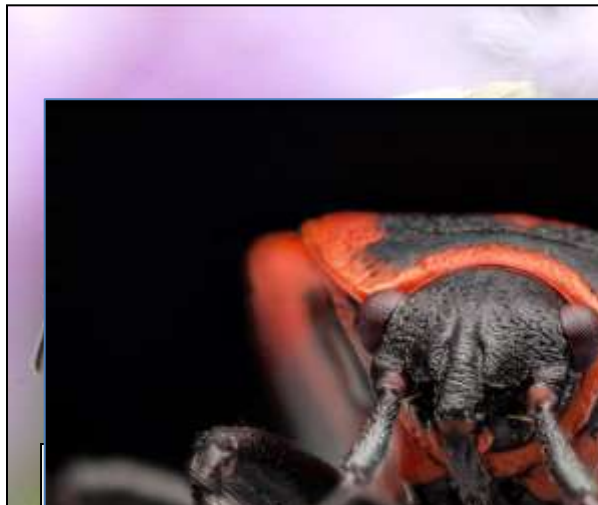
Geomagnetické pole doprovází život od jeho počátku



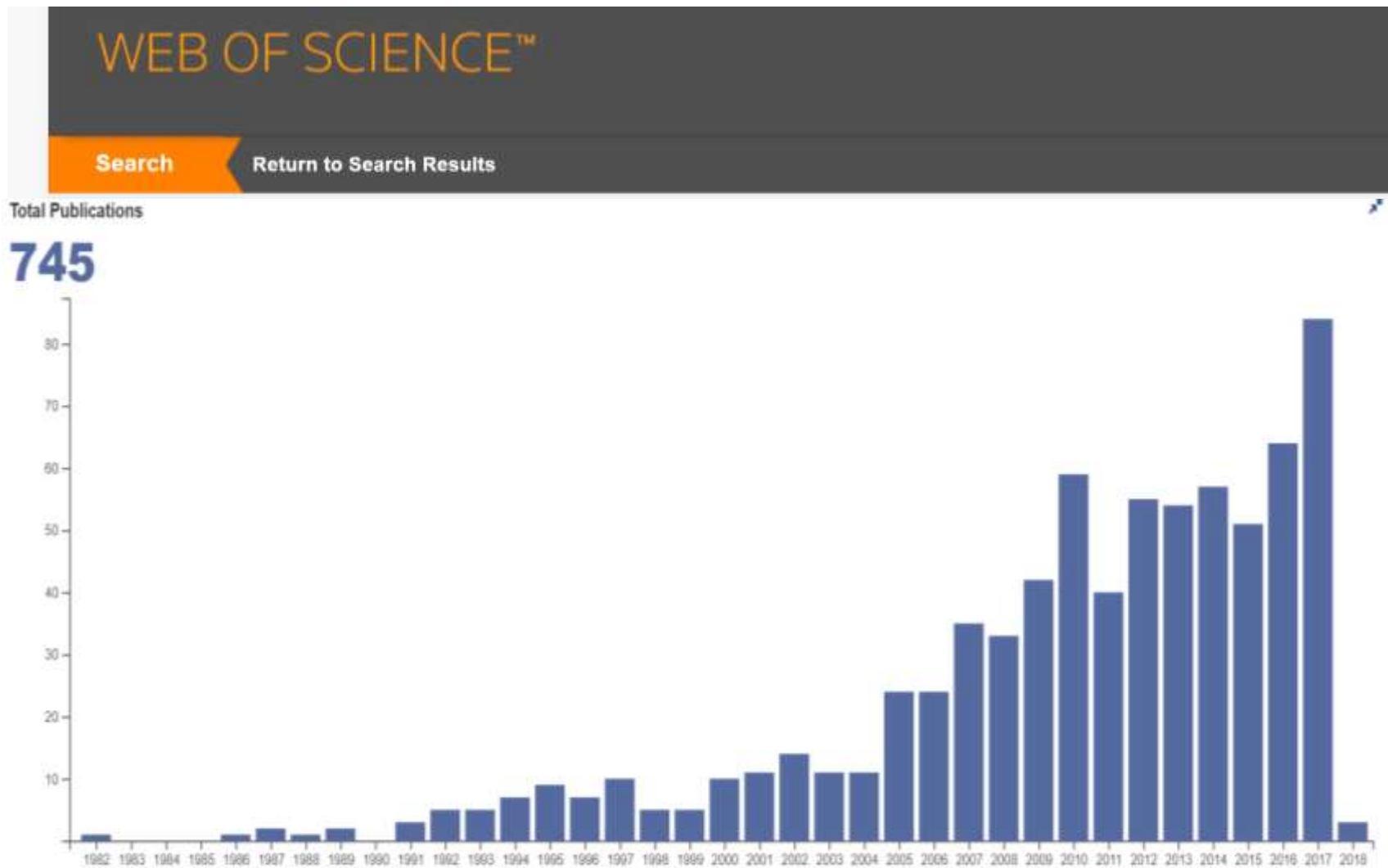
Schopnost je vnímat je dnes již dobře doložený fenomén.



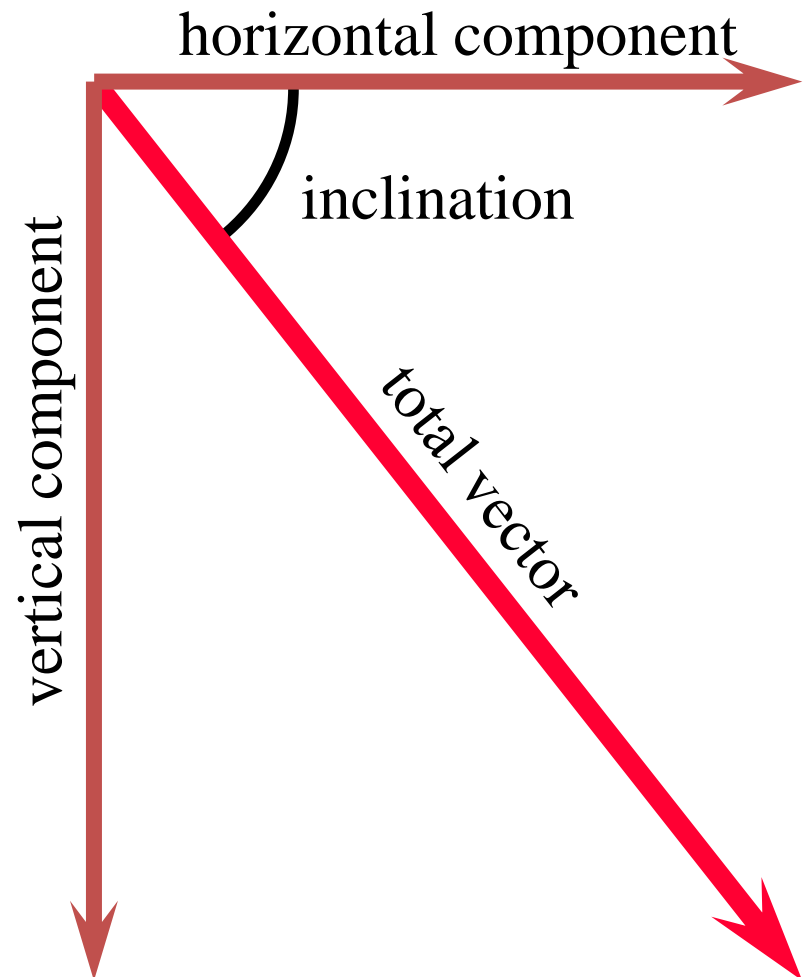
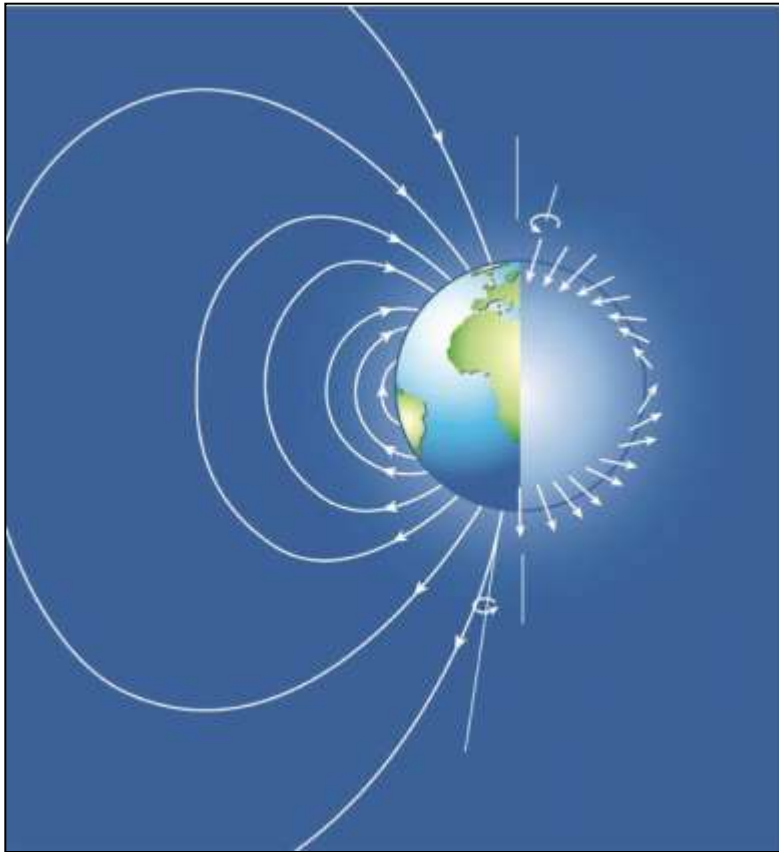
Od 60' do dneška:



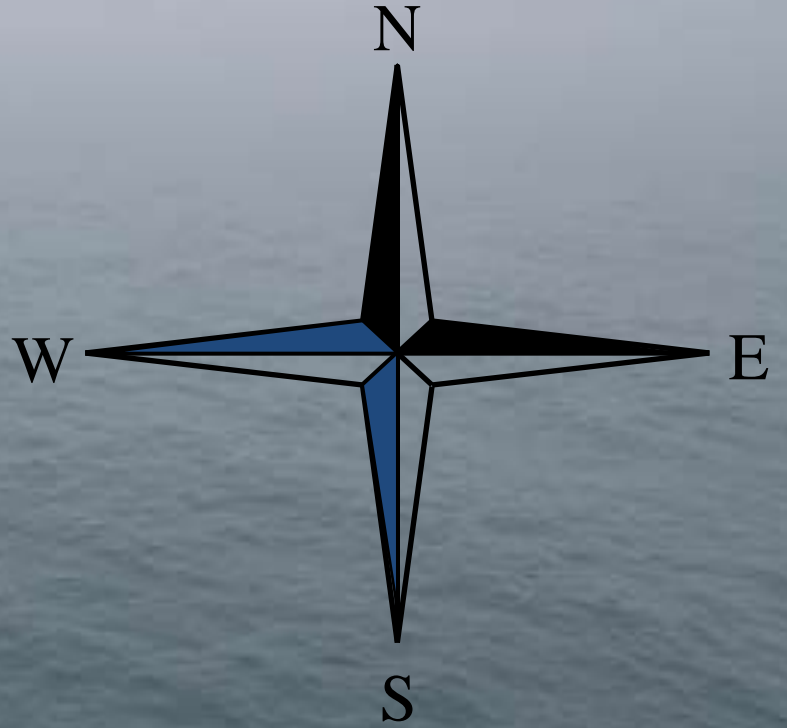
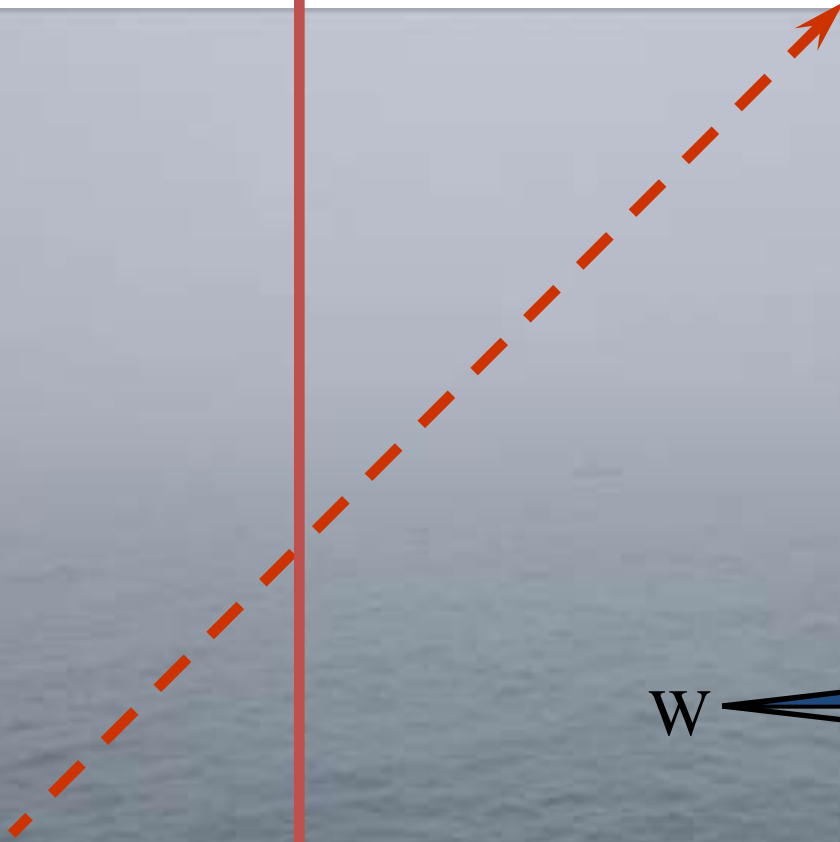
Zájem badatelů neklesá. Heslo „magnetoreception“



K čemu dobrá recepcie? Užitečné orientační vodítko.



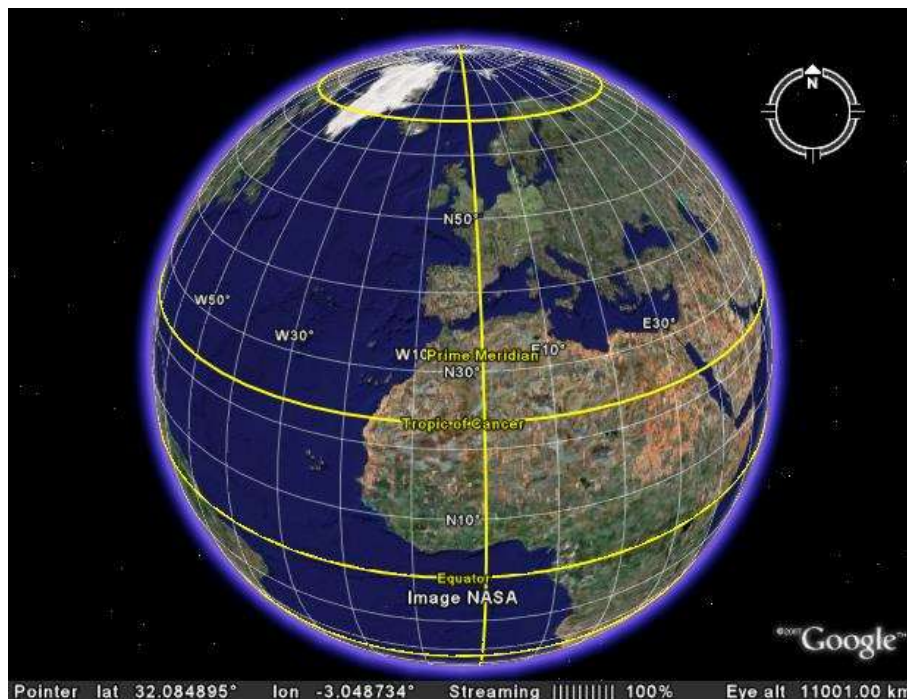
K čemu dobrá?



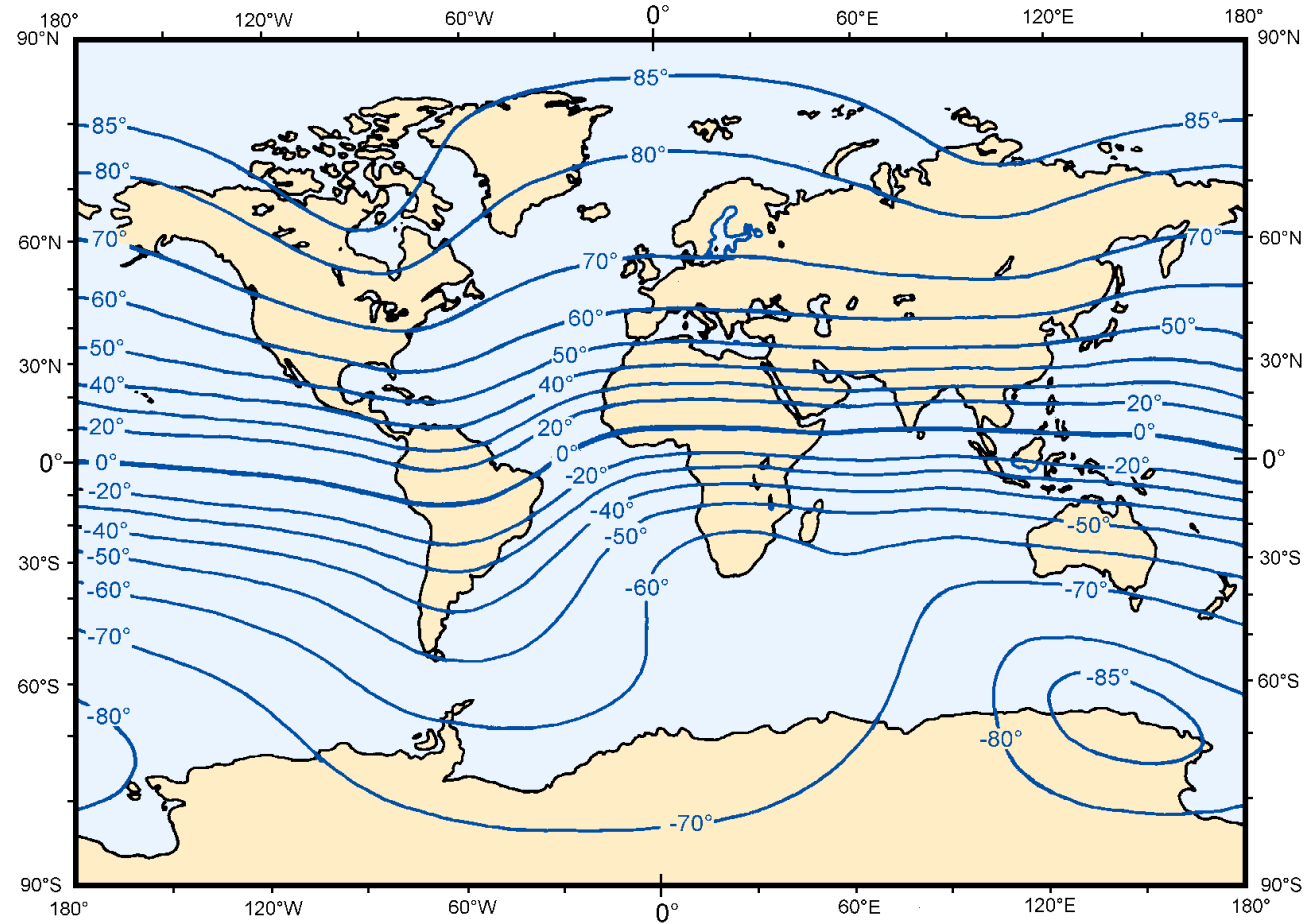
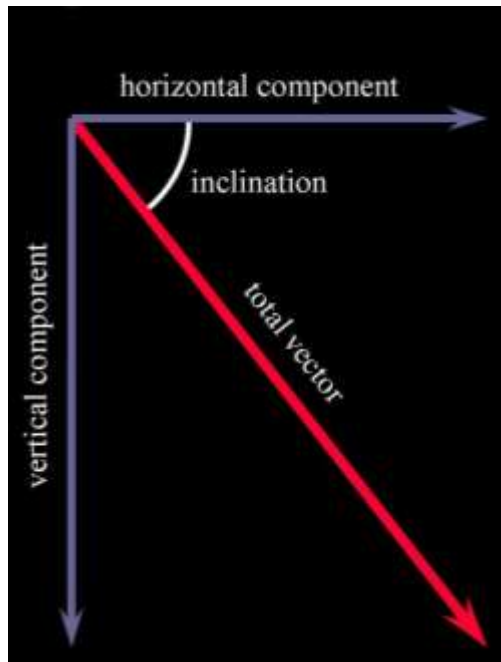
K čemu dobrá?

2. Lokalizovat pozici - **Mapový smysl - navigace**

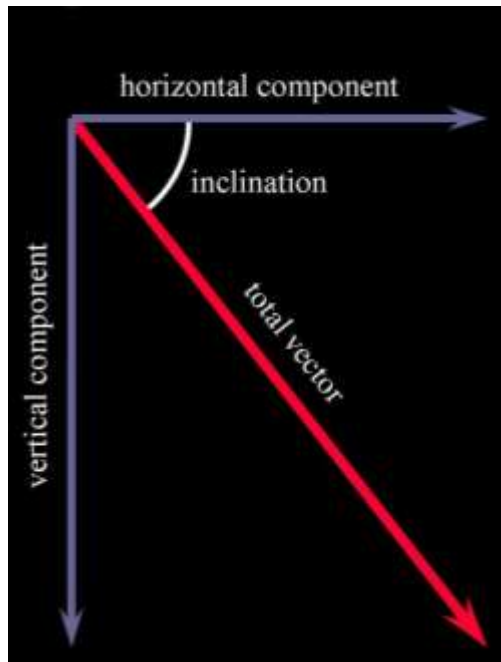
“GPS systém“ zvířat – závisí na souřadné síti
dvou gradientů



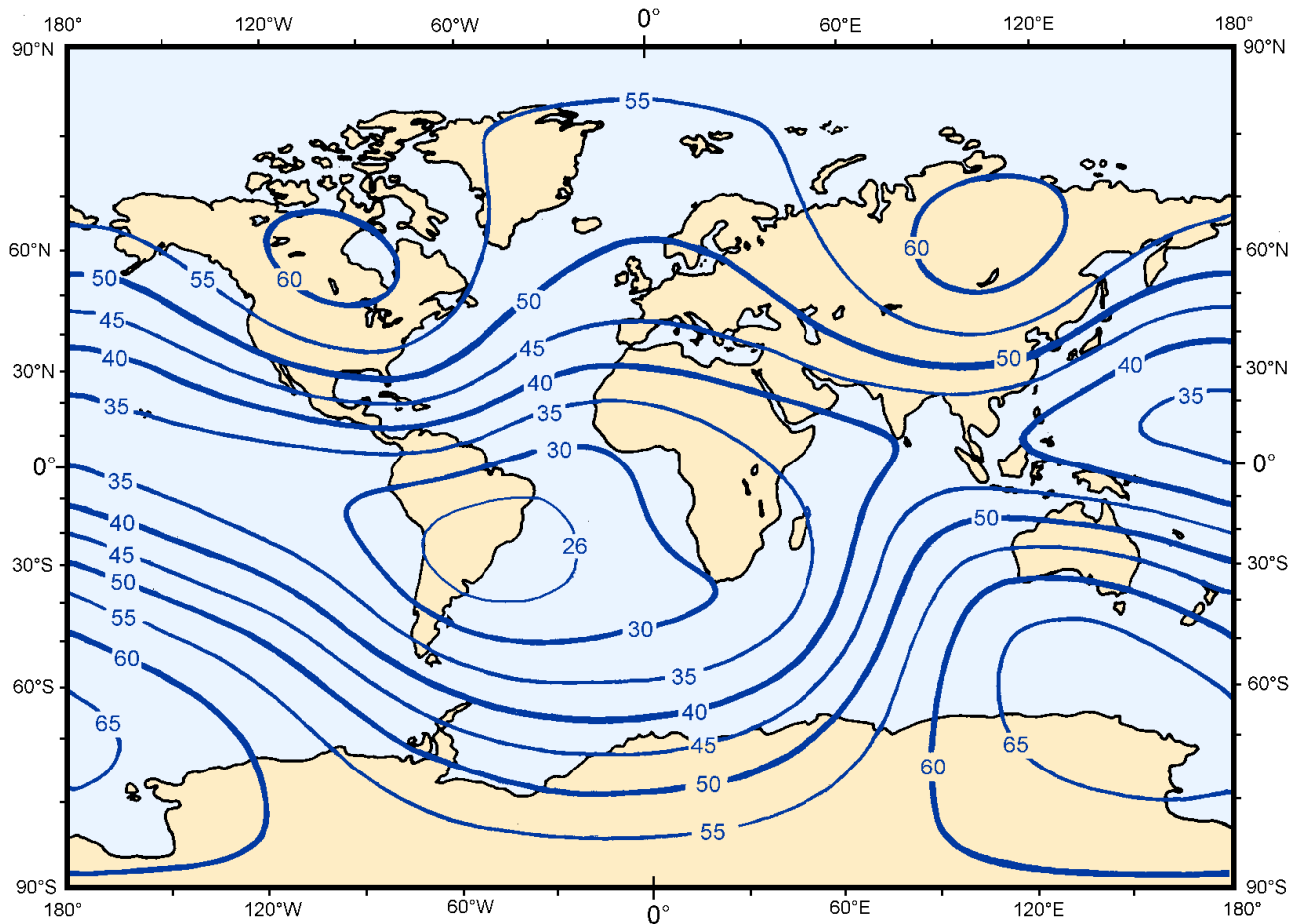
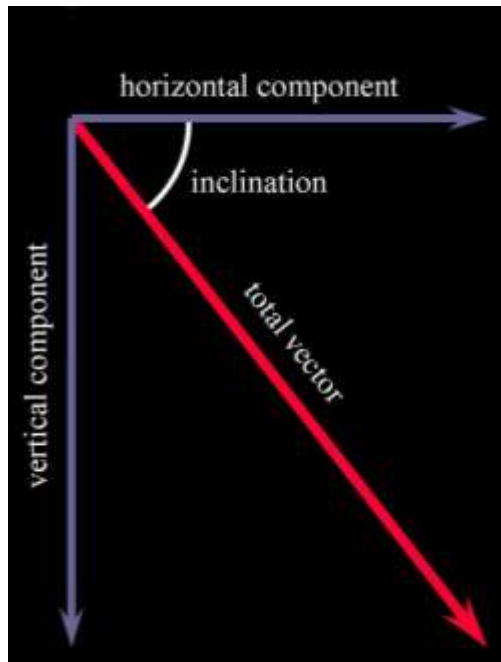
Z inklinace se dá zjistit geografická šířka...



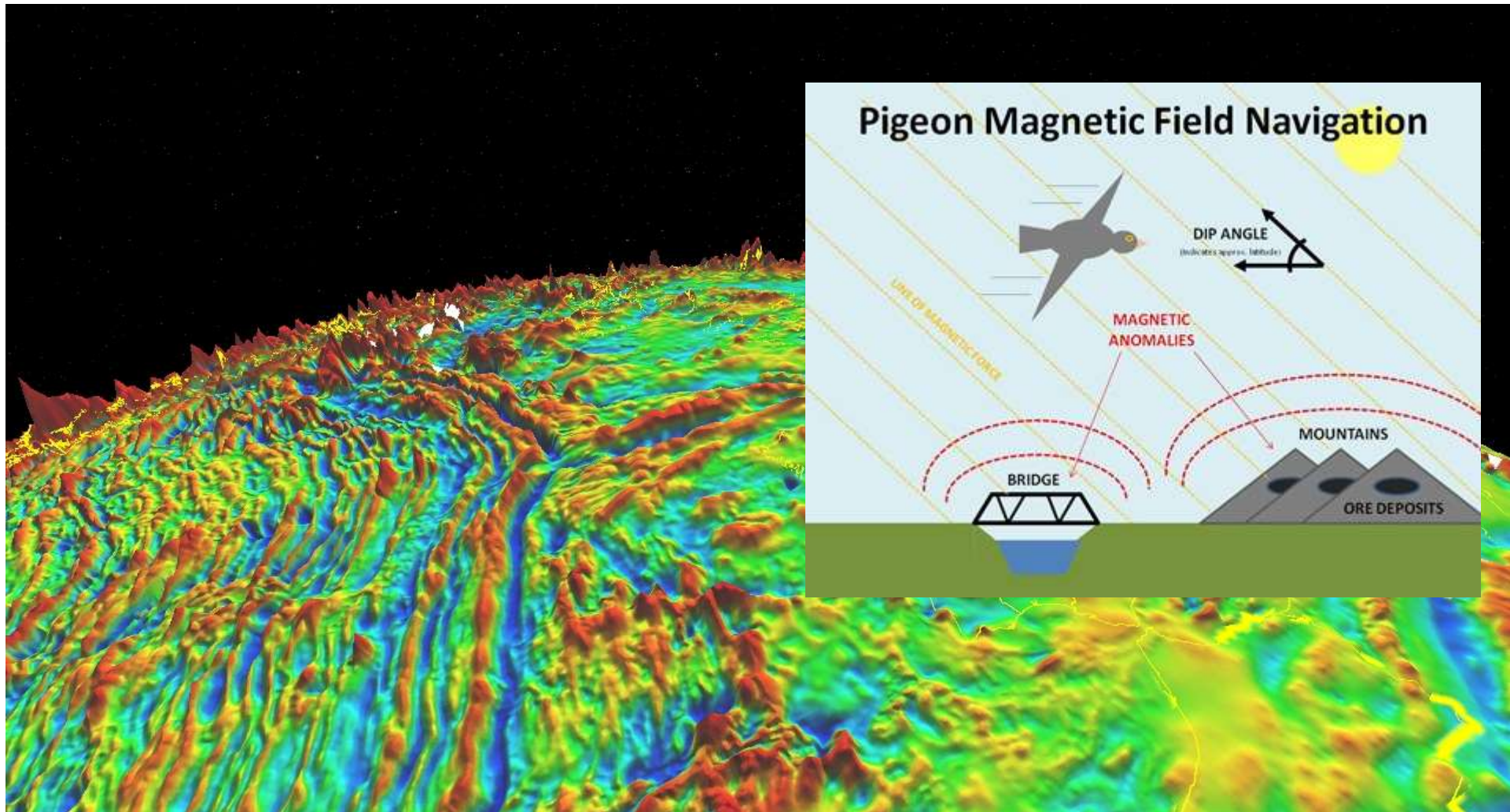
...a lokalizovat severo-jížní pozici.
Potřebujete ale speciální kompas.



Z intenzity se dá zjistit geografická délka



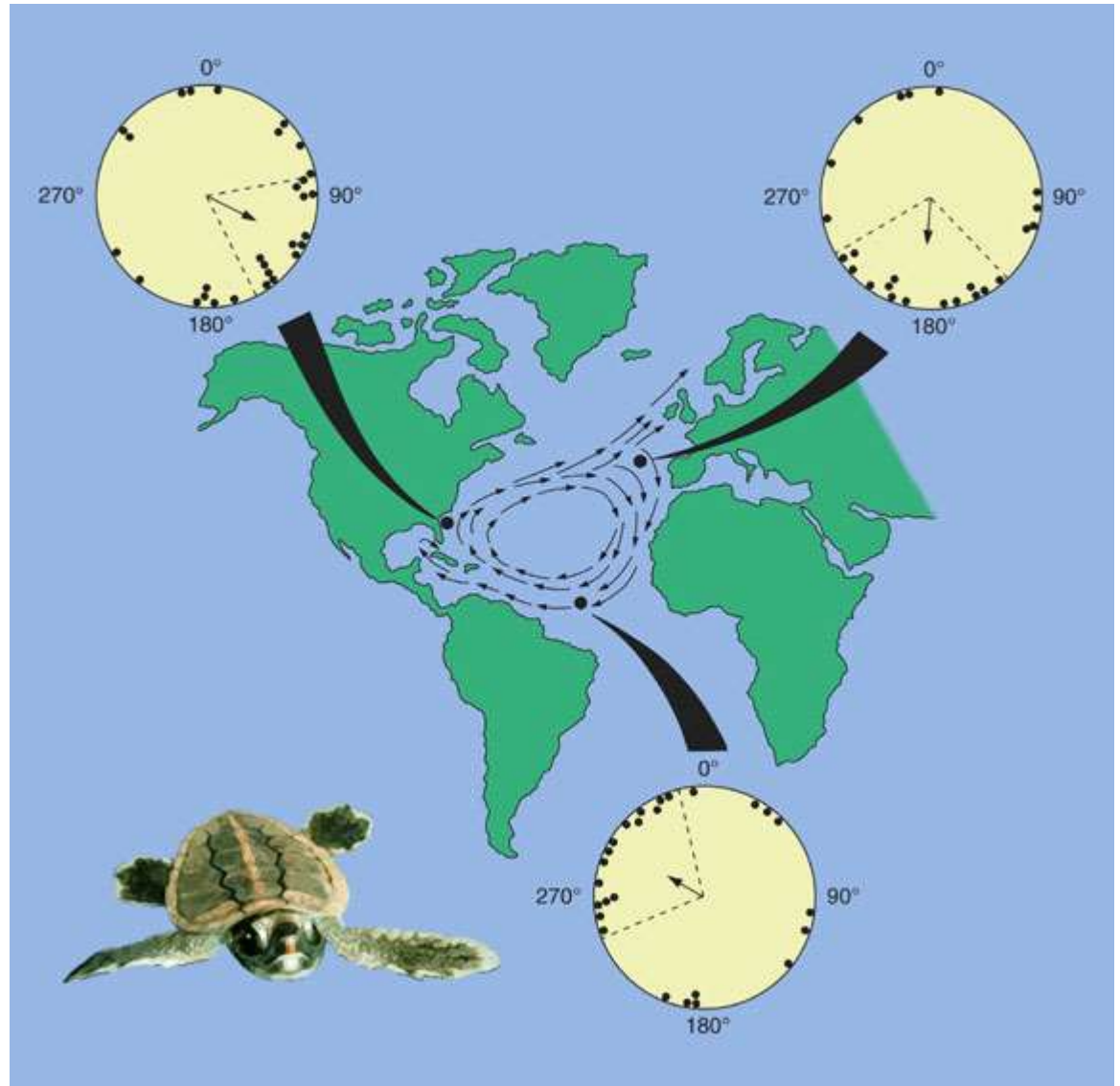
3. Lokální anomálie mohou sloužit jako místní



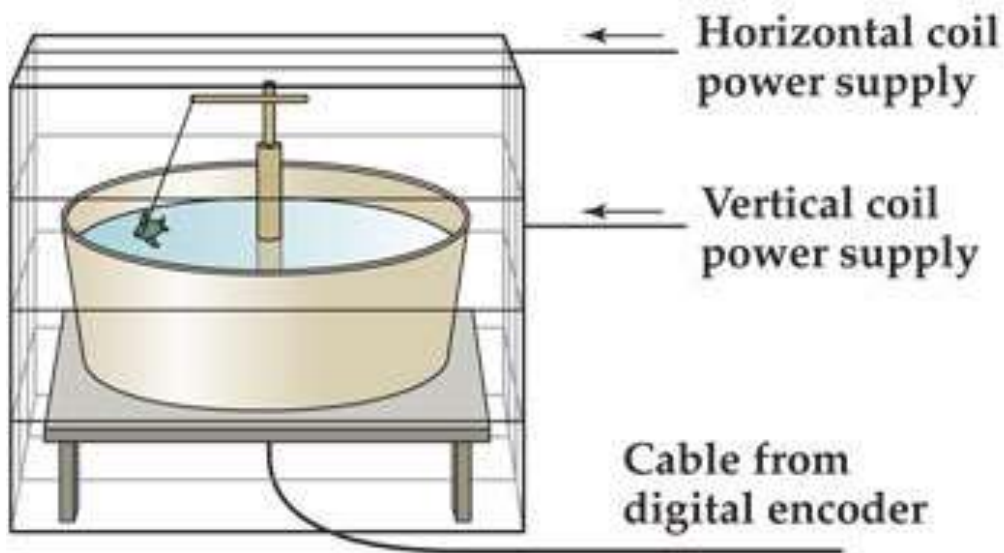
Kompas nebo mapa?

Karety mají
mapu

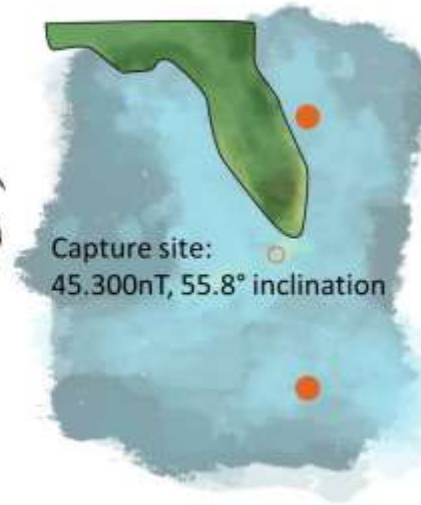
Používají
magnetické
parametry jako
majáky k
orientaci.



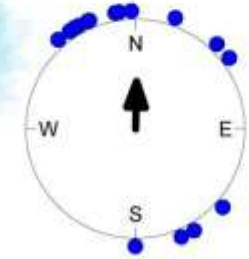
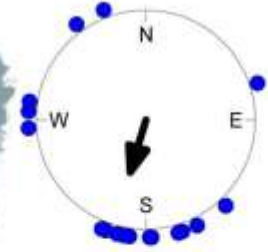
Mladé karety v systému cívek simulujícím lokální pole.



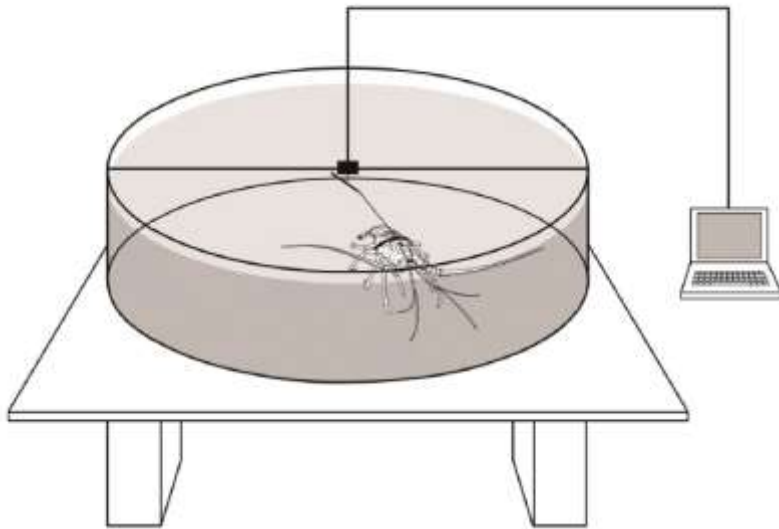
Langusta karibská mapu používá také



Simulated northern location:
47.900nT, 59.3° inclination



Simulated southern location:
42.800nT, 51.4° inclination

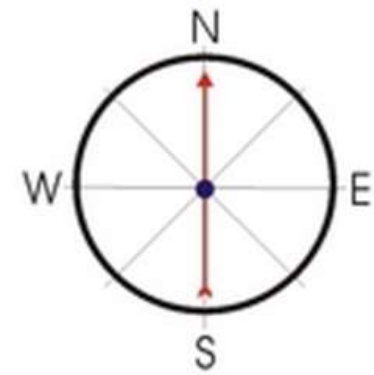
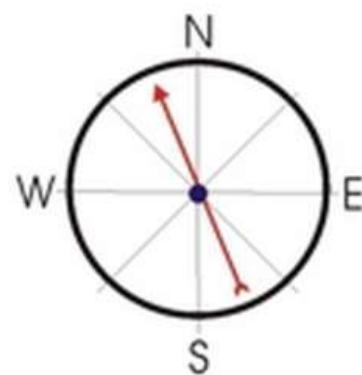
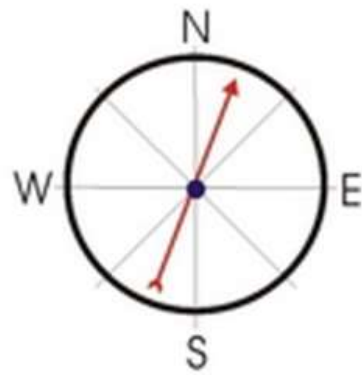
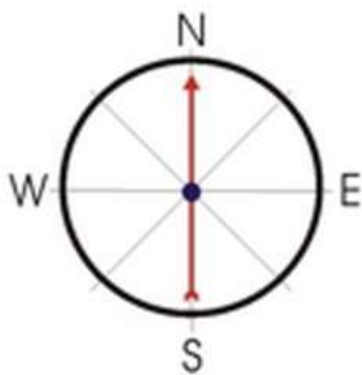
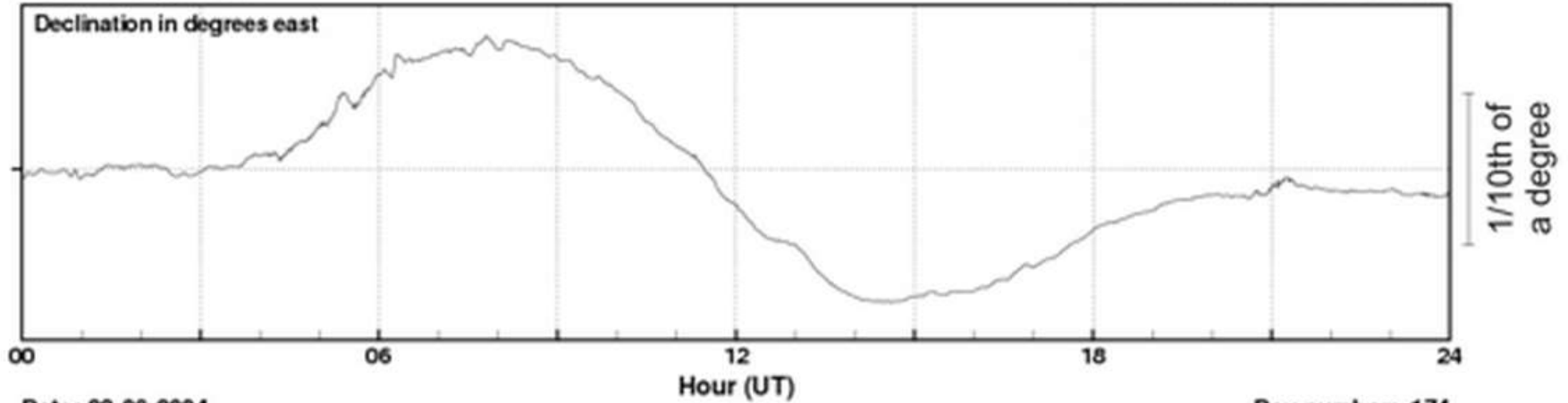


4. Z denních variací je možné zjistit čas

National Geomagnetic Service, BGS, Edinburgh

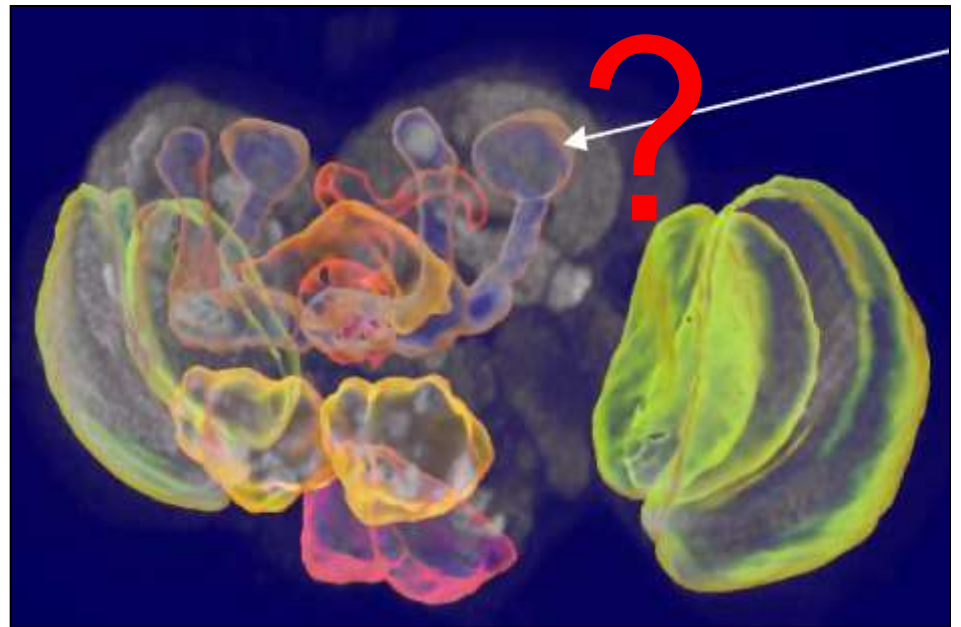
GDAS 1 Fluxgate Data

Hartland lat: 50.995N lon: 355.516E

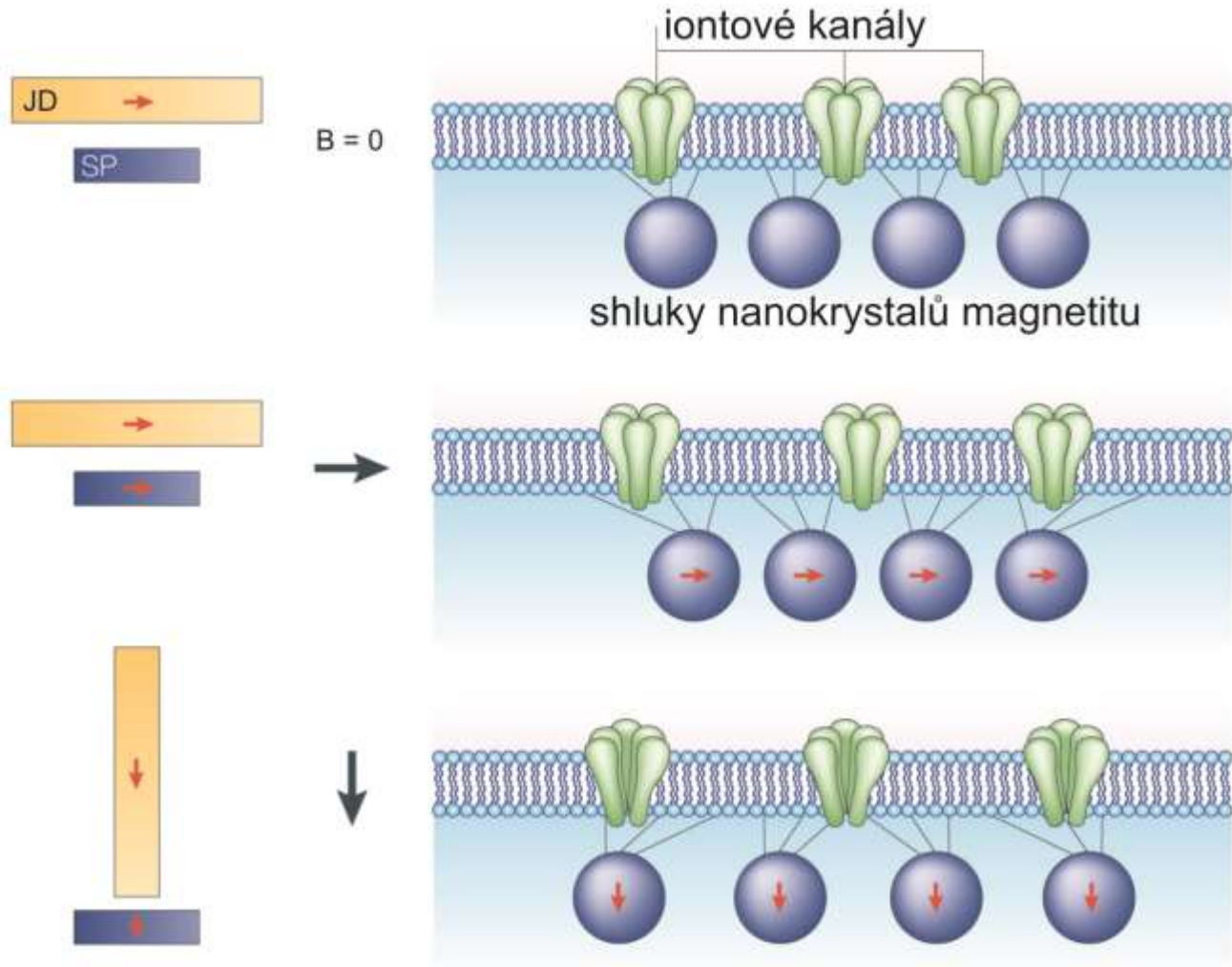


Neznáme:

- Mechanismus recepce
- Lokalizaci receptoru
- Adaptivní význam



Magnetit?



Důkazy pro magnetitový kompas :

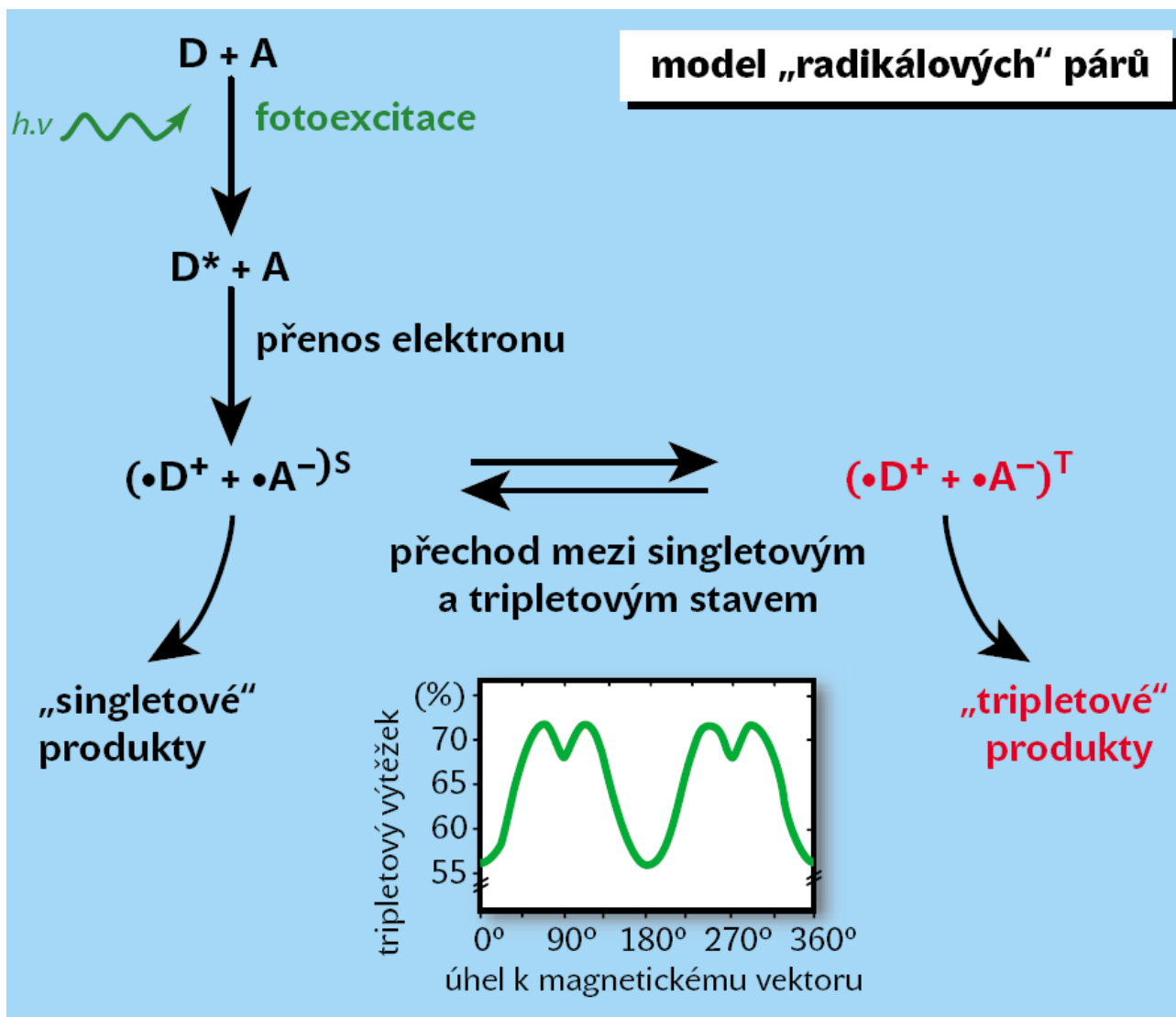
Nezávislý na světle

Rozeznává polaritu pole (S od J)

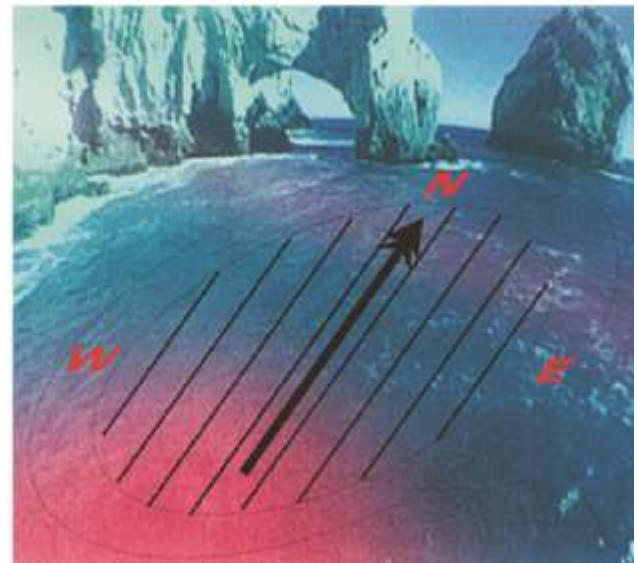
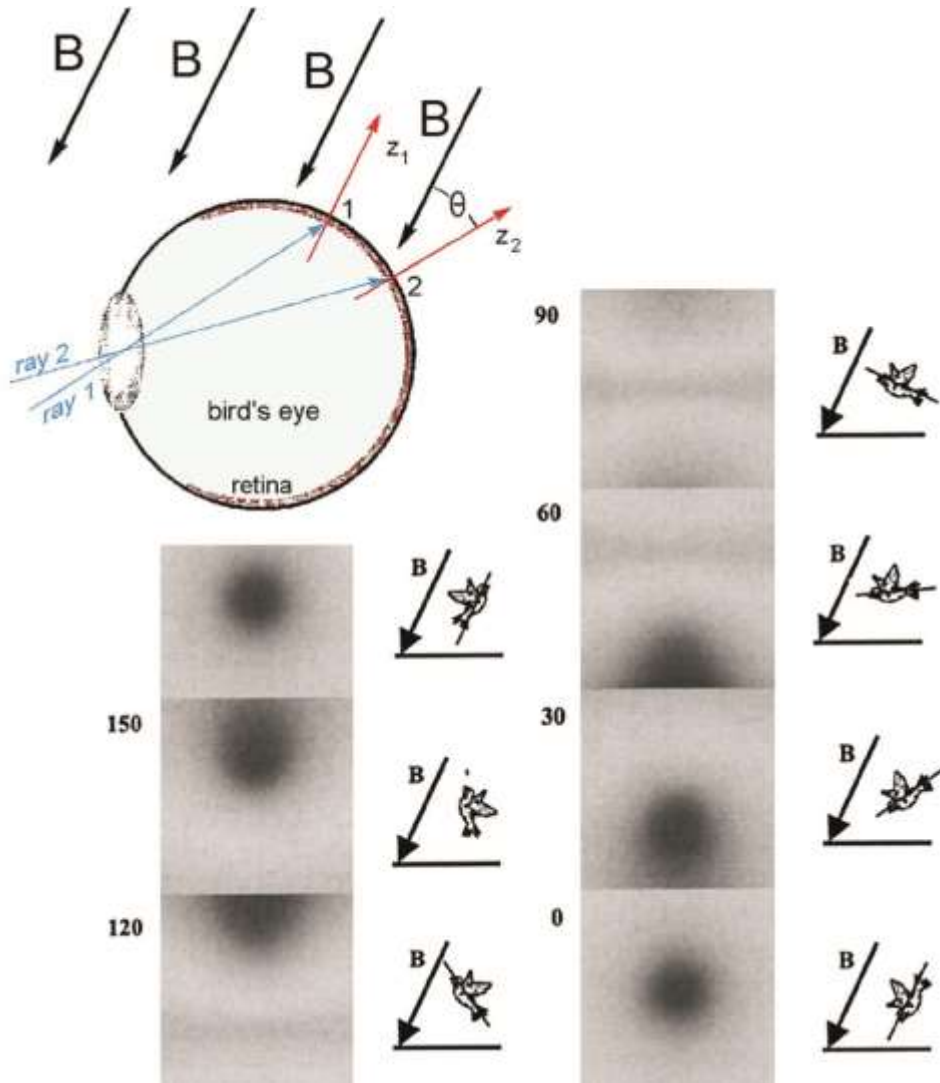
Citlivý na silný magnetický pulz

Necitlivý na slabé RF oscilace

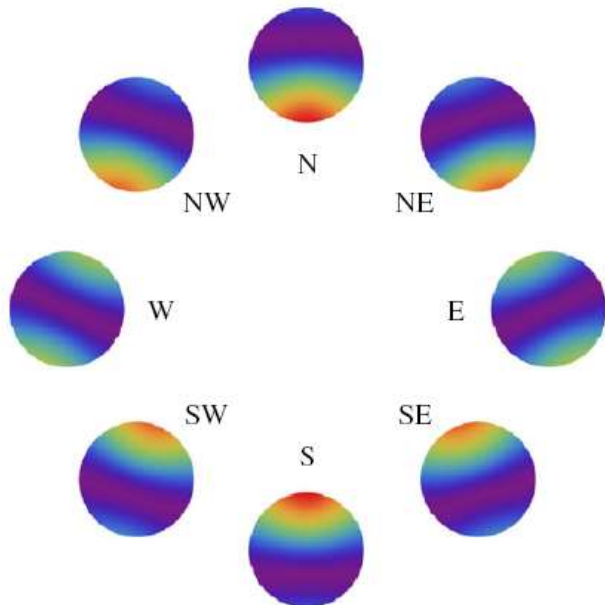
Fotochemická reakce?



GMF vektor může modulovat procesy transdukce světla...



... a tvořit viditelné obrazce (?)



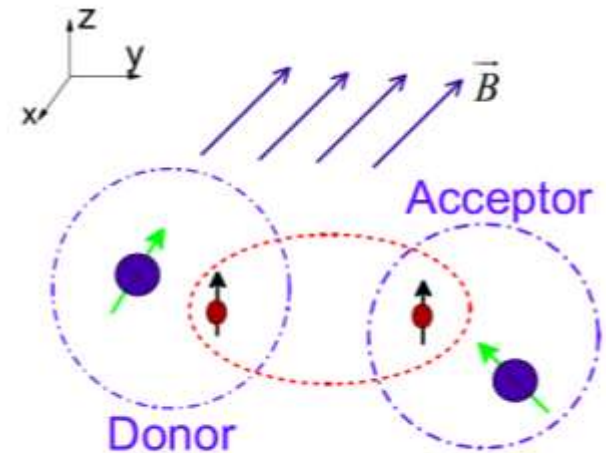
Solov'yov, I. A., H. Mouritsen, and K. Schulten. 2010. Acuity of a cryptochrome and vision-based magnetoreception system in birds. *Biophysical Journal* 99: 40-49.

Fotochemický model:

Základní teze: Biochemická reakce může být ovlivněna GMF.

Nepárové elektrony mají svůj magnetický moment, který interaguje s okolním polem

Nepárové elektrony najdeme v radikálových párech. Ty vznikají např. po dopadu fotonu (chlorofyl, fotolyázy)



Fotochemický model:

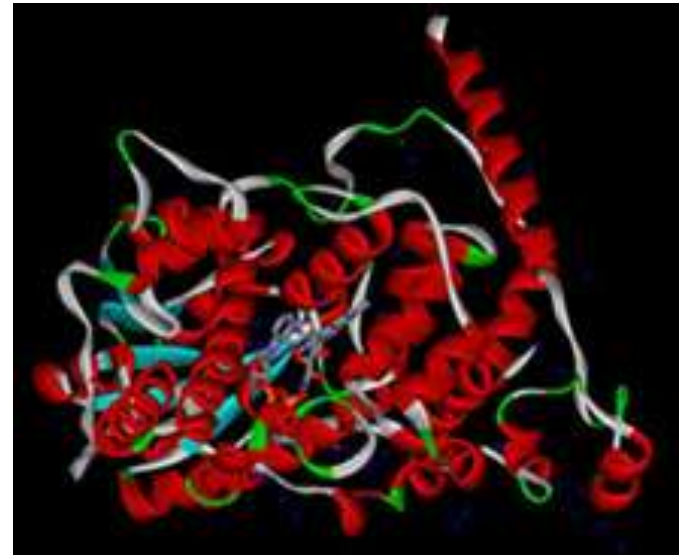
Fotosensitivní molekulou s takovými vlastnostmi je nejspíše Kryptochrom

Nalezené v rostlinách

Příbuzné fotolyázám

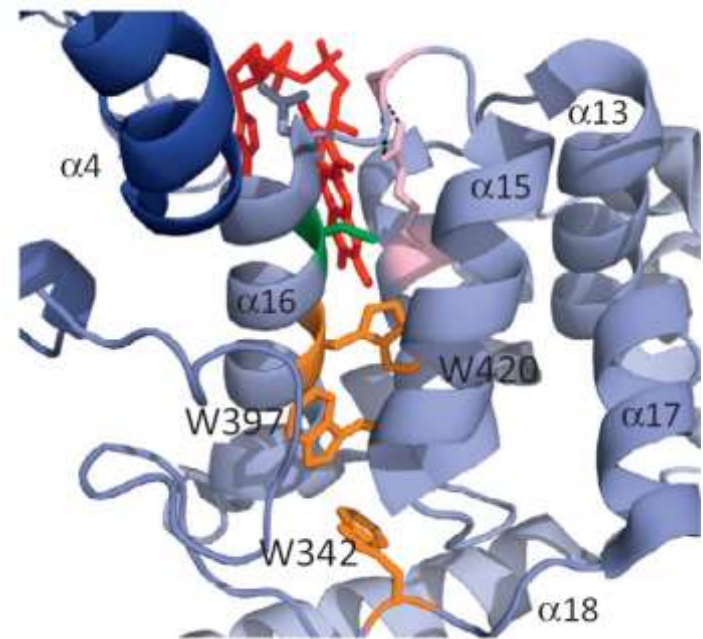
Řídící vnitřní hodiny

Tvořící radikálové páry

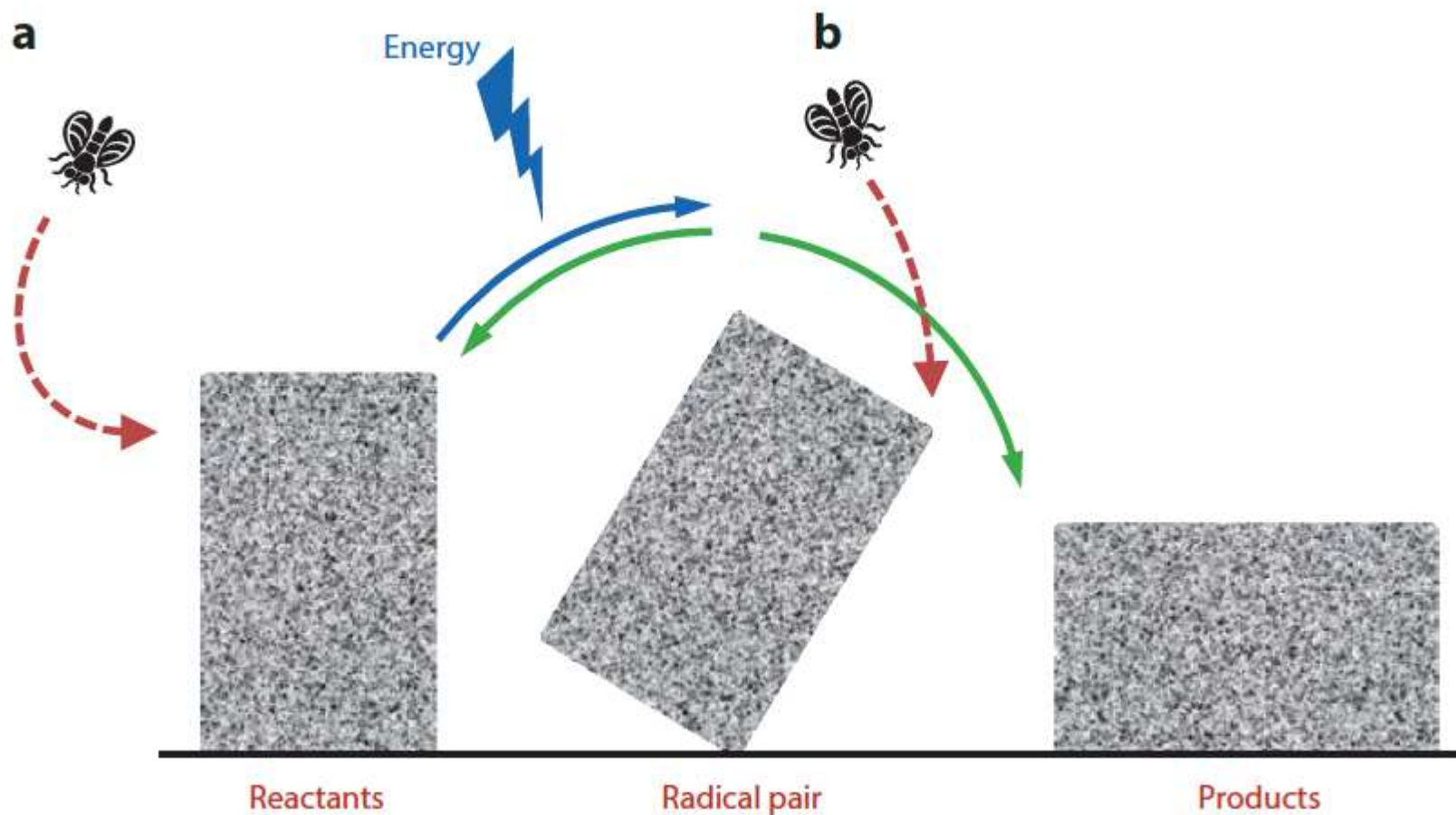


Fotochemický model:

Citlivost Cry k GMP leží ve „hře“ s elektrony mezi proteinem a kofaktorem FAD.



Mechanická analogie. I nepatrná energie magnetického pole může ovlivnit to, kterým směrem se systém mimo rovnováhu překlopí.



Metody výzkumu



Blacksburg VA, Oldenburg DK



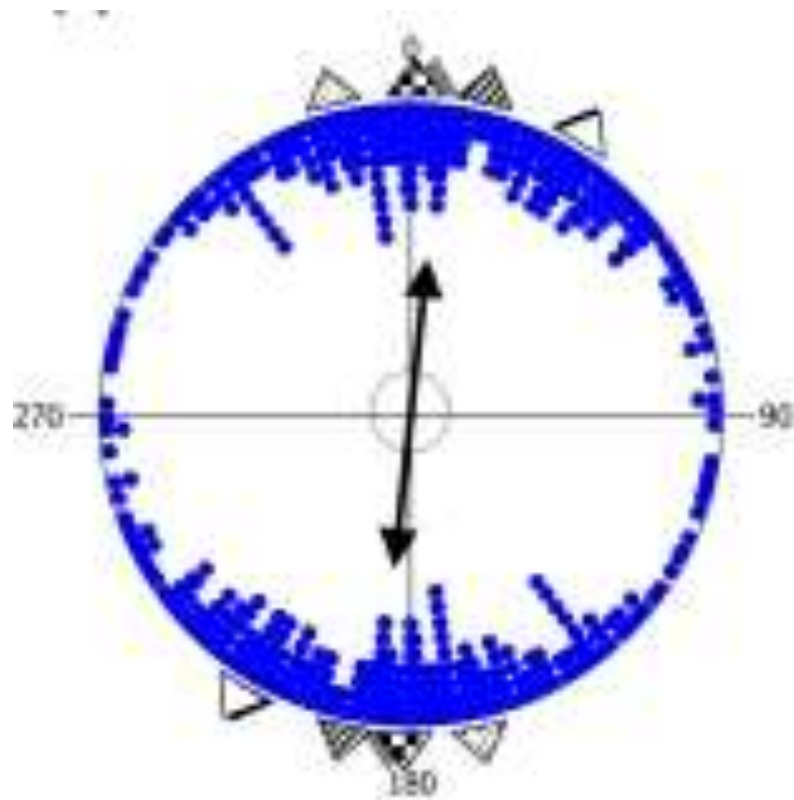
Kývanka u Brna CZ



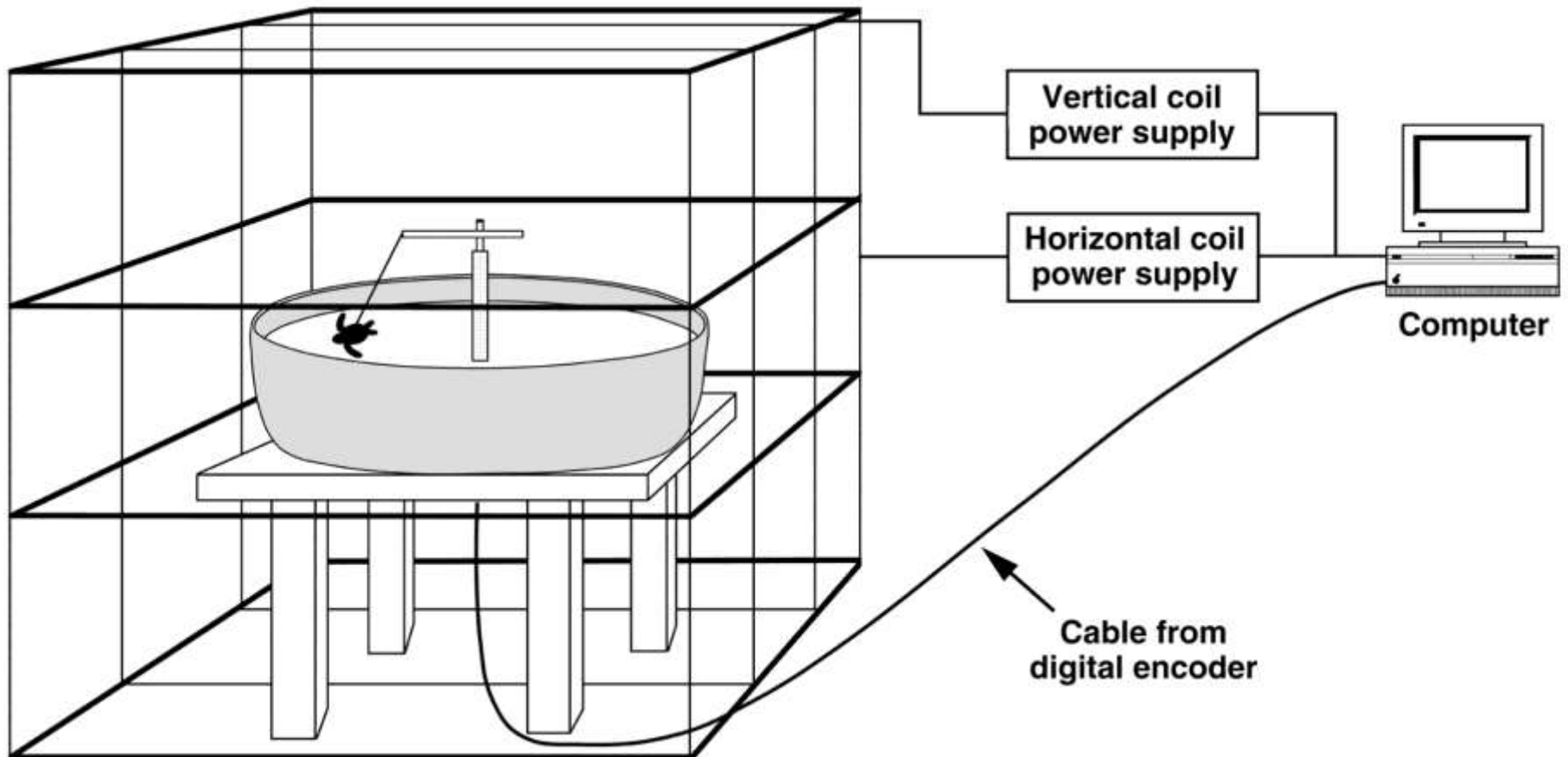
Severo-jihní orientace pasoucích se krav



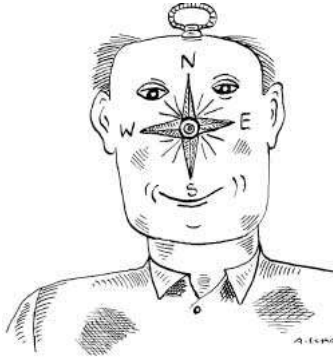
Severo-jihní orientace pasoucích se krav



Laboratorní experiment zůstává nejjistějším standardem.



Člověk?

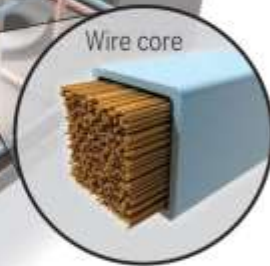


FEATURES

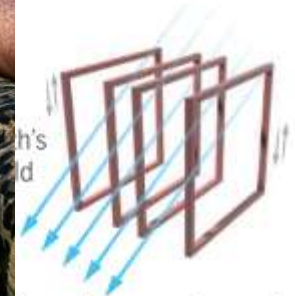


Joe Kirschvink, sporting an EEG sensor cap, was the first subject in his magnetic-sensing tests.

us magnetic sense



Active sham



Alternating currents cancel out applied field, leaving only Earth's.

Nejen laboratoř...

Arthropoda,
Malacostraca
Amphipoda

Bleřivci
Antarktidy



FABIENNE NYSSSEN

Pláž na Lachmanově mysu



S

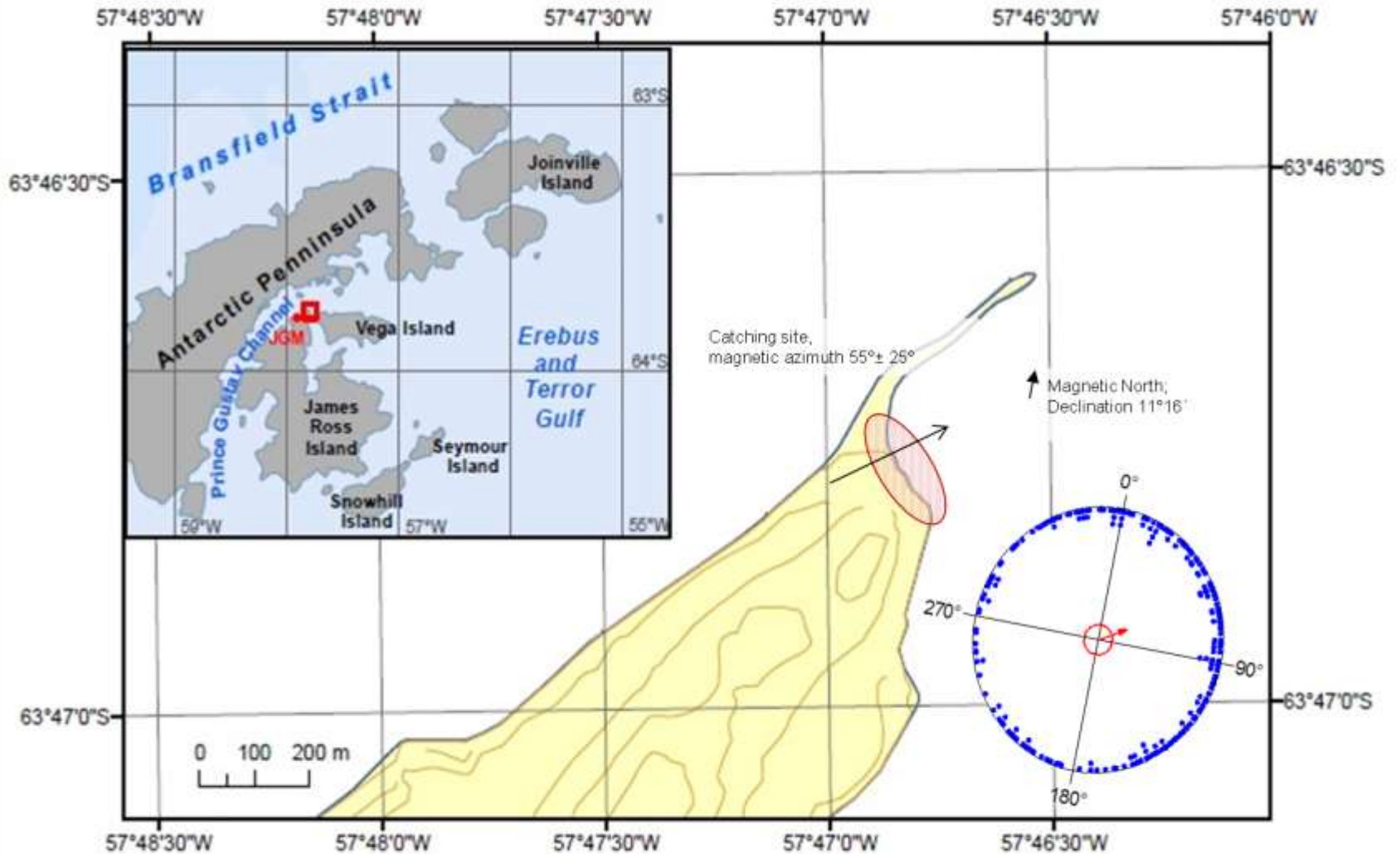
Y- osa azimut 50-90°

Vrtulovna



Vrtulovna





Tomanová K, Vácha M. 2016. Magnetic orientation of Antarctic amphipod *Gondogeneia antarctica* is cancelled by very weak radiofrequency fields. *J Exp Biol*.

Laboratory rig for cockroach magnetosensitivity testing



Neuroetologické metody smyslové fyziologie

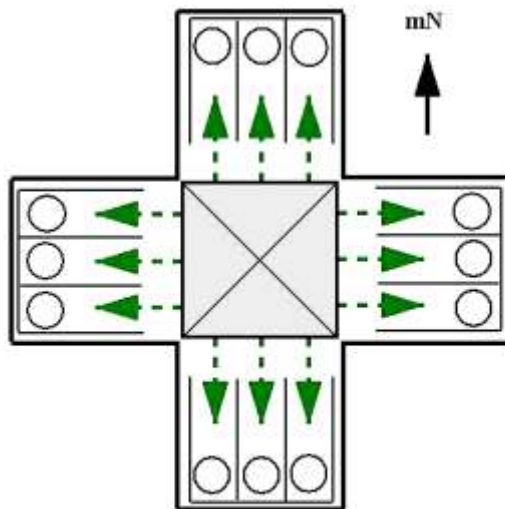
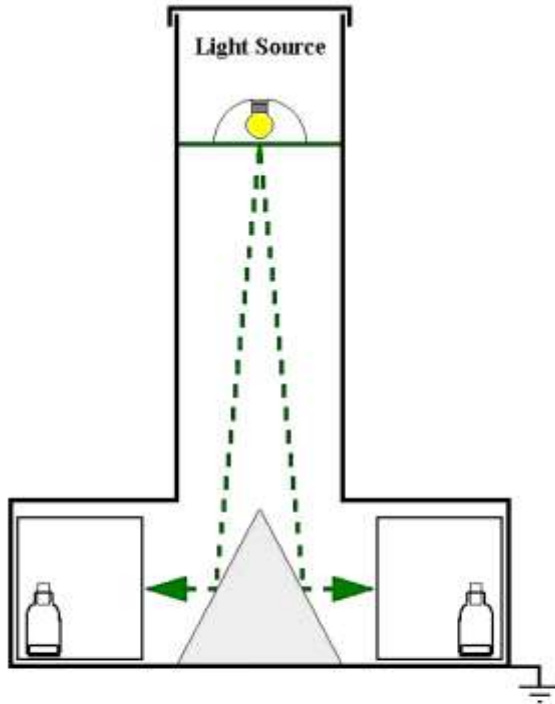
Podmiňování a spontánní reakce



Neuroetologické metody smyslové fyziologie

Podmiňování: Trénink a test

Trénink Drosophila Světlo jako atraktivní stimul



Metody práce naší laboratoře:

Sledujeme pohybovou aktivitu zvířat. Laboratoř je vybavena videosystémy pro záznam a vyhodnocování pohybů.



Mus musculus

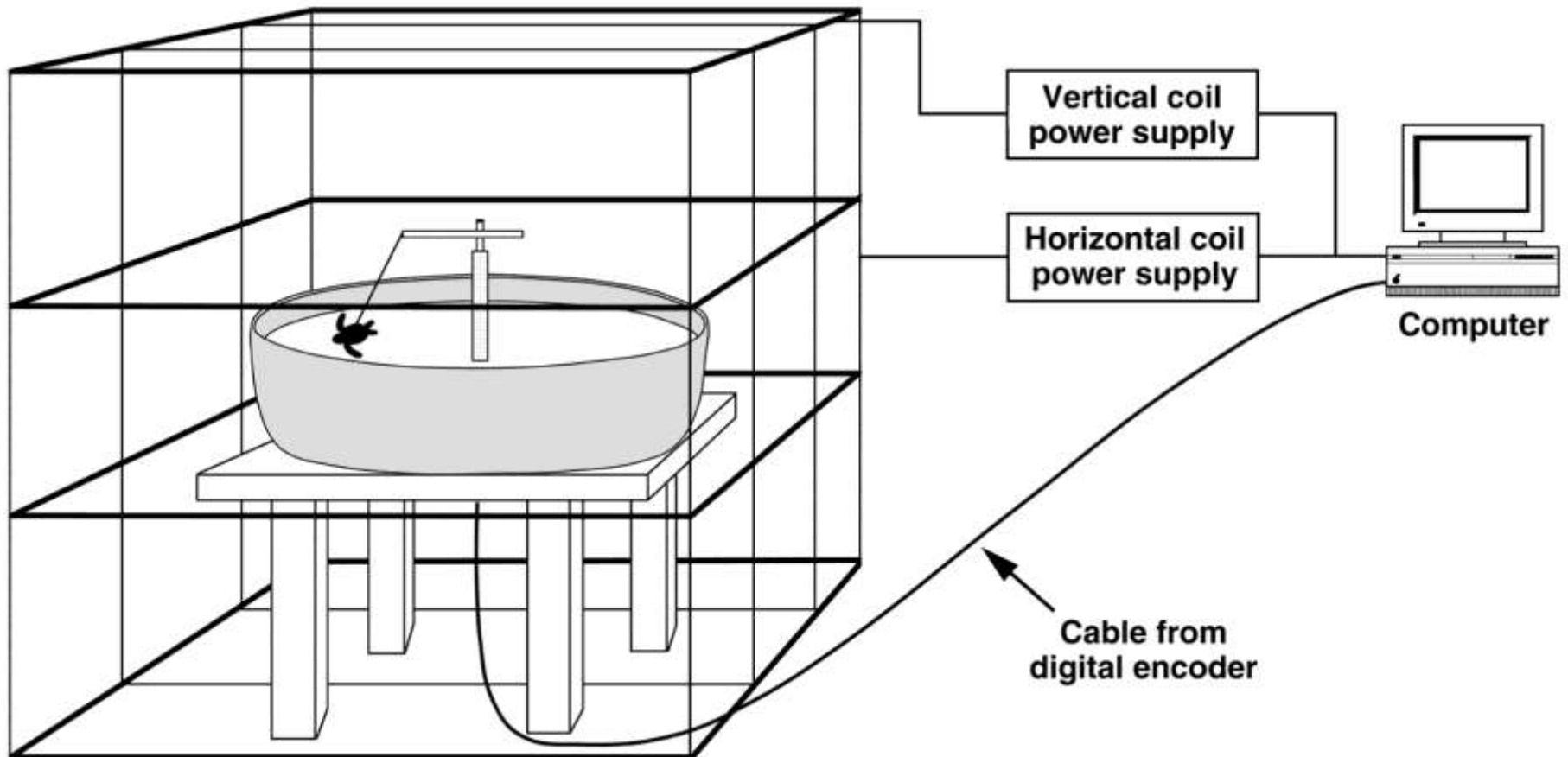


Blatella germanica



Pyrrhocoris apterus

Metody práce v magnetobiologické laboratoři: Velké cívky umožňují nastavit libovolné GMP.



Stíněné komory v kampusu

Umožňující odfiltrovat co nechceme a nastavit GMP, jaké chceme.



Stíněné komory v kampusu

Umožňující odfiltrovat co nechceme a nastavit GMP, jaké chceme.



Máme k dispozici
laboratorní testy
magnetorecepčního
chování u hmyzu.

Díky tomu aplikujeme:

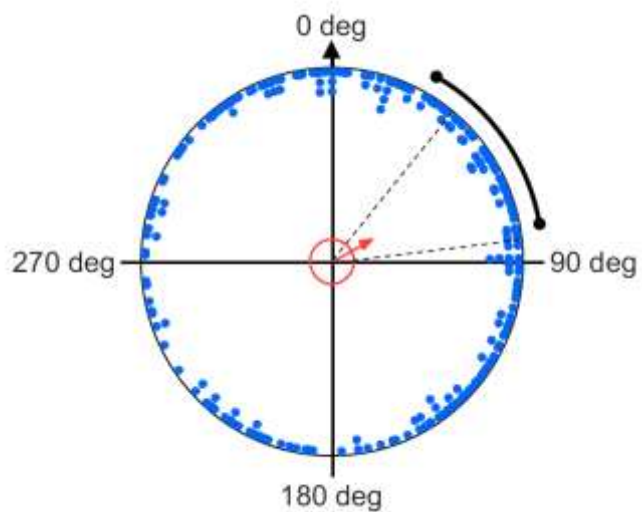
- Metody funkční genetiky
(knockoutování jedinci,
vypnutí určitých
vytypovaných genů,
RNAi, crispr)
- Fyzikální faktory
(parametry světla a
magnetického pole)



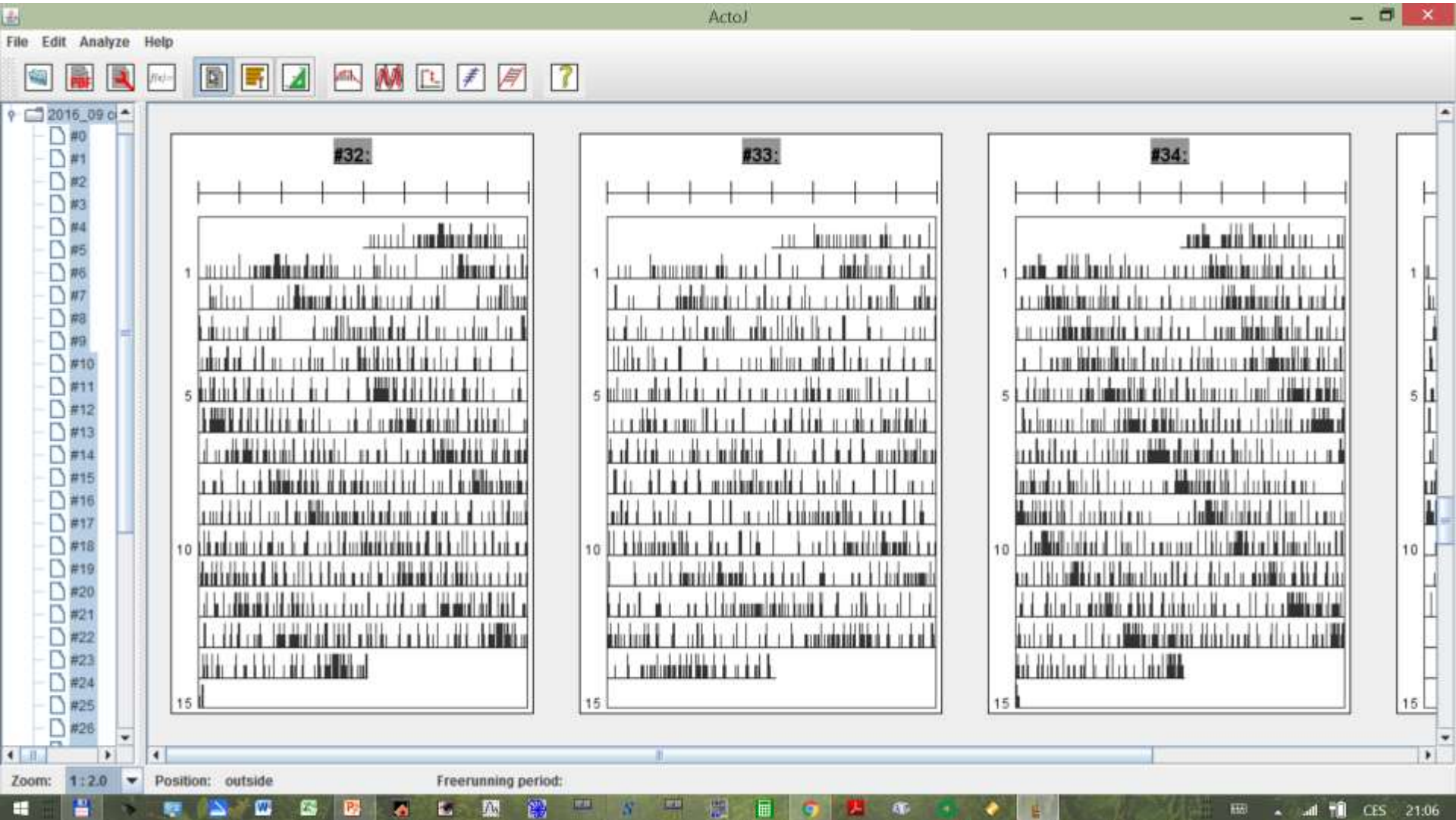
SW analyzující obraz

The software interface is divided into several sections:

- Vybrané fotky**: A list of 27 selected photos with their respective timestamps, ranging from 10:05:12 to 10:26:12. The 7th item is highlighted in blue.
- Obrázek**: A large central window displaying a grayscale image of a cell grid. Each cell is outlined in blue, and small yellow spots are visible within several cells. A compass rose is located in the bottom right corner of the image.
- Okno s výstupy**: A window at the bottom left showing a blue horizontal bar.
- Control Panels**:
 - Left Panel**: Includes a 'Zobrazit celou scenu s analýzou' checkbox, a 'Rozsah snímek' section with 'Od' and 'Do' fields, a 'Většovat zobrazení' section with a zoom slider, and a 'Zobrazit měřicí' button.
 - Right Panel**: Includes a 'Výběh' section with a vertical list of numbers 0-13 and 'OK' buttons, an 'Export do Excelu' section with 'Měření tab.' and 'Číslo buňky' fields, and a 'Měření polohy' section with 'Převážlivě za pruh' checkbox, 'Rozsah úhlu' and 'Rozsah směru' sliders, and 'Tlačítka export' and 'Číslo snímku' fields.
 - Bottom Right Panel**: Includes a 'Měření úhlu' section with 'Úhlový interval' and 'Měření úhel' fields, a 'Ověření dat' section with 'Na výšku' and 'Na šířku' radio buttons, and a 'Převážlivě za pruh' section with 'Rozsah úhlu' and 'Rozsah směru' sliders, and 'Tlačítka export' and 'Číslo snímku' fields.



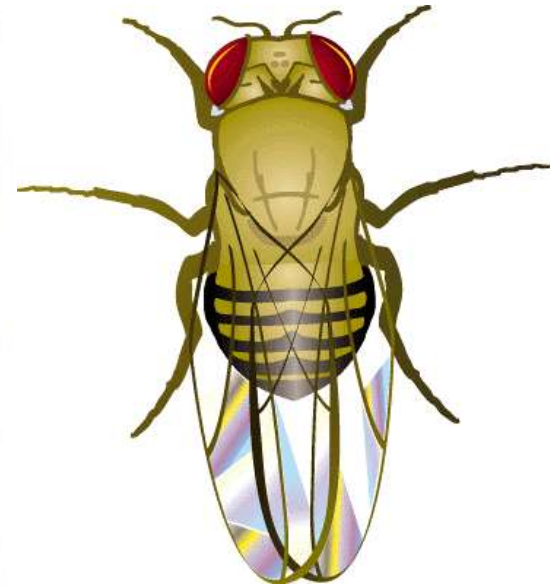
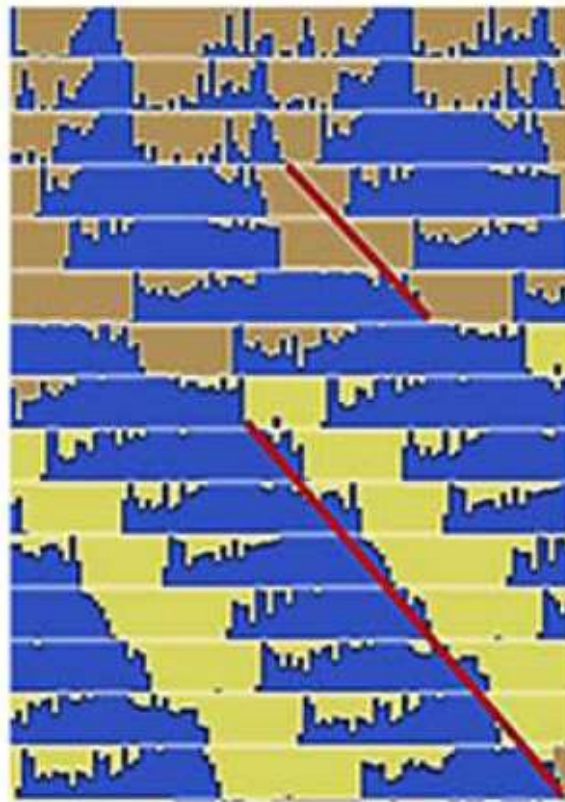
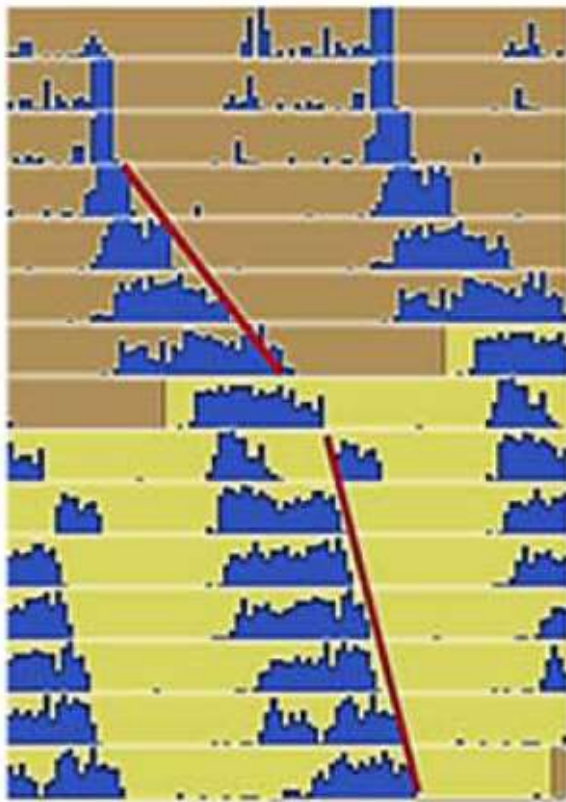
... a periodicitu chování



Nejen orientace a směr. Magnetické pole ovlivňuje prostřednictvím Cry cirkadiánní rytmy

A

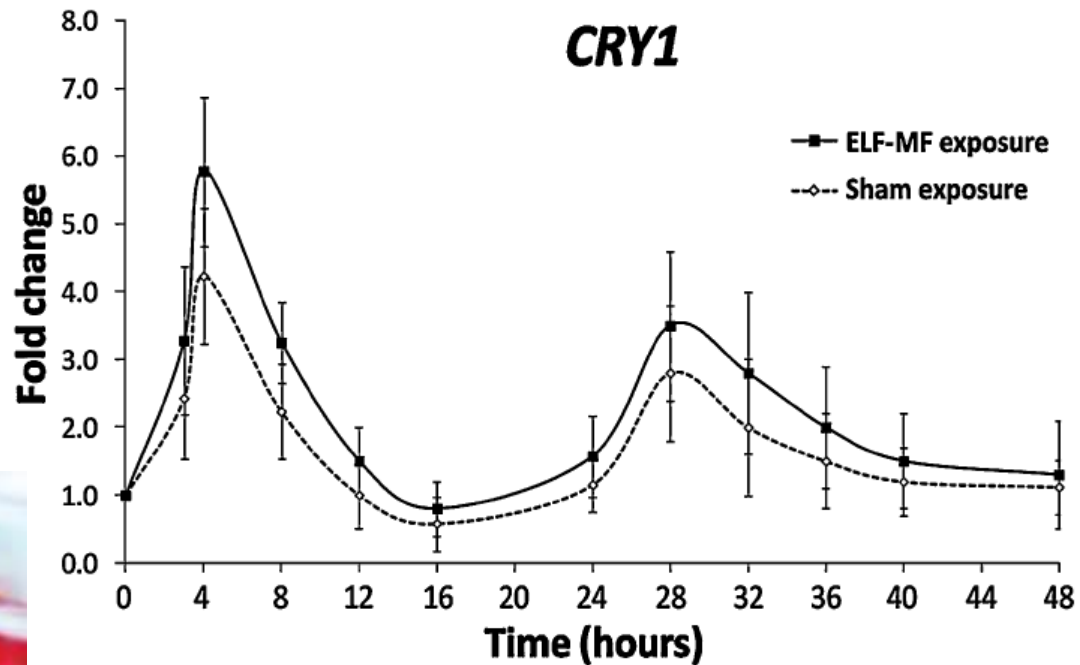
Canton-S



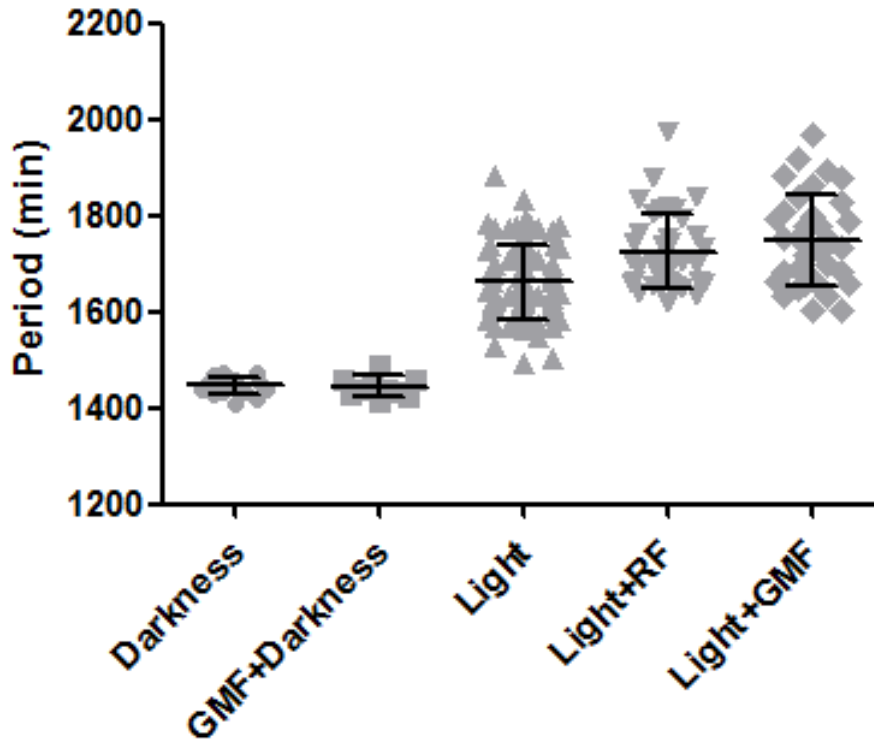
Fedele, G., Edwards, M. D., Bhutani, S., Hares, J. M., Murbach, M., Green1, E. W., et al. (2014). Genetic Analysis of Circadian Responses to Low frequency Electromagnetic Fields in *Drosophila melanogaster*. *PLOS Genetics*, 10(12), e1004804.

Fedele, G., Green, E. W., Rosato, E., & Kyriacou, C. P. (2014). An electromagnetic field disrupts negative geotaxis in *Drosophila* via a CRY-dependent pathway. *Nature Communication*, DOI: 10.1038/ncomms5391.

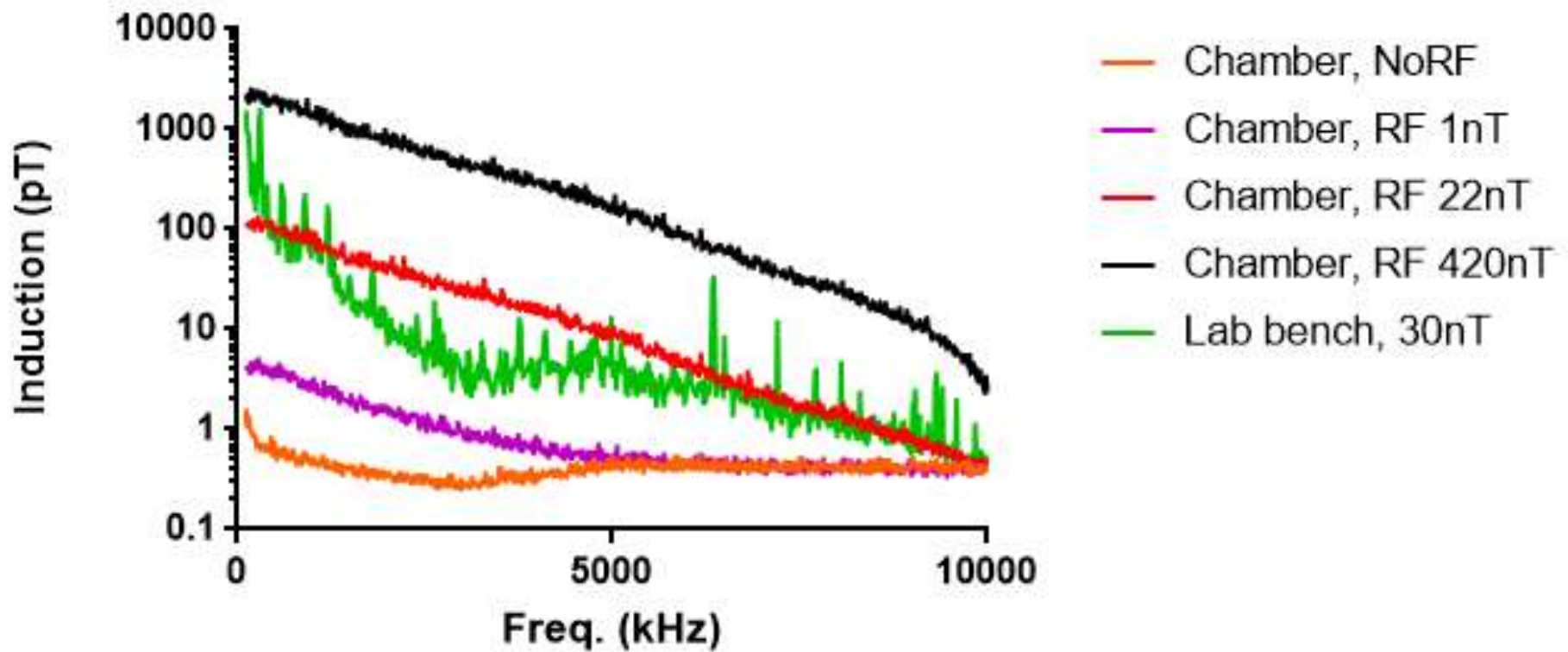
Dokonce i buňky v tkáňové kultuře ví,
kolik je hodin



Naše výsledky:



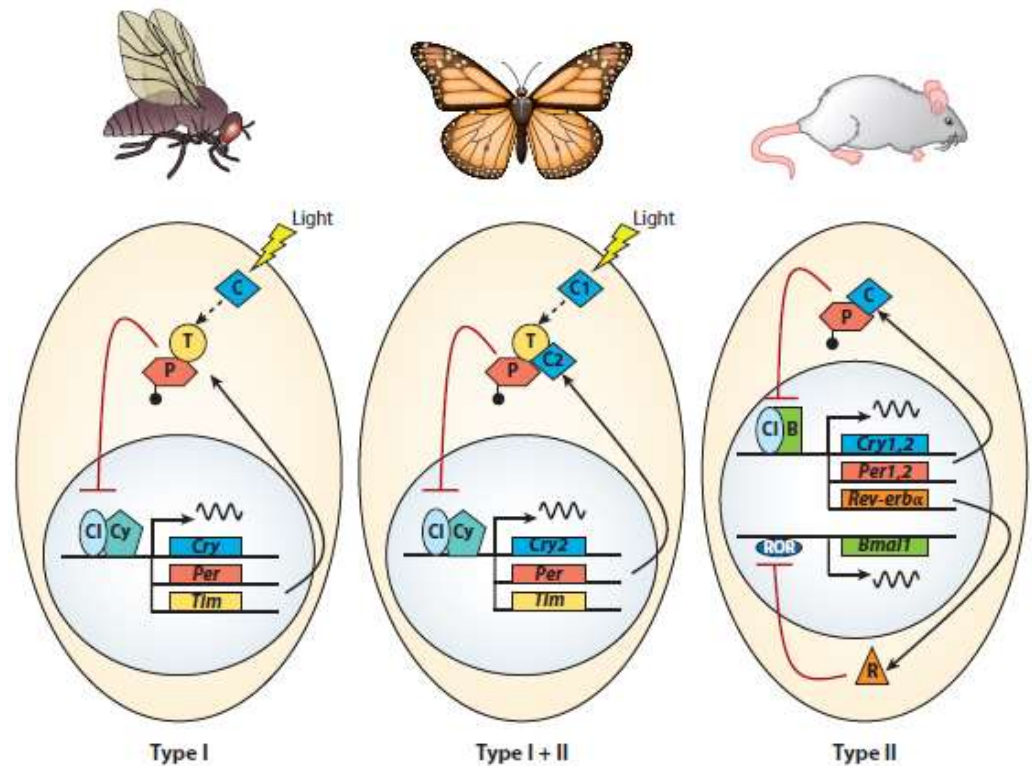
Dokonce i slabé RF zpomaluje rytmus – ale takto slabá pole jsou docela běžná!



Dokonce i slabé RF zpomaluje rytmus – ale takto slabá pole jsou docela běžná!

Resume a výhledy do budoucna Cryptochromy a jejich úlohy.

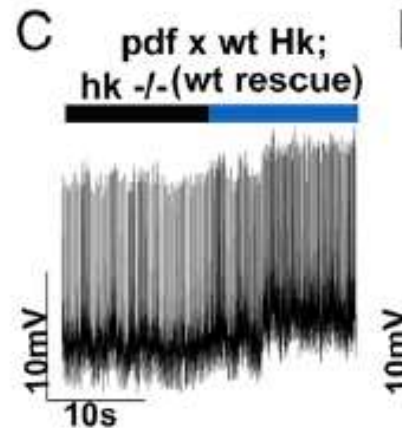
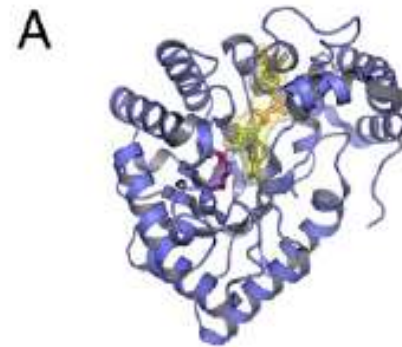
- Hodiny



Chaves I, Pokorny R, Byrdin M, Hoang N, Ritz T, Brettel K, Essen L-O, Horst GTJvd, Batschauer A, Ahmad M. 2011. The Cryptochromes: Blue Light Photoreceptors in Plants and Animals. *Annu Rev Plant Biol* 62:335–364.

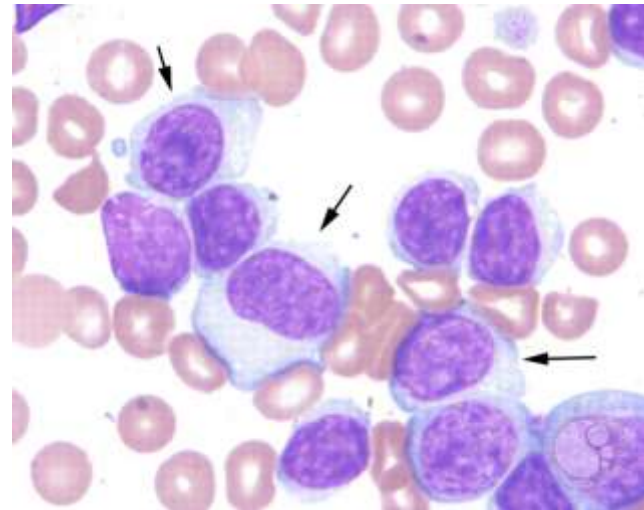
Resume a výhledy do budoucna Cryptochromy a jejich úlohy.

- Hodiny
- Změna membránového potenciálu



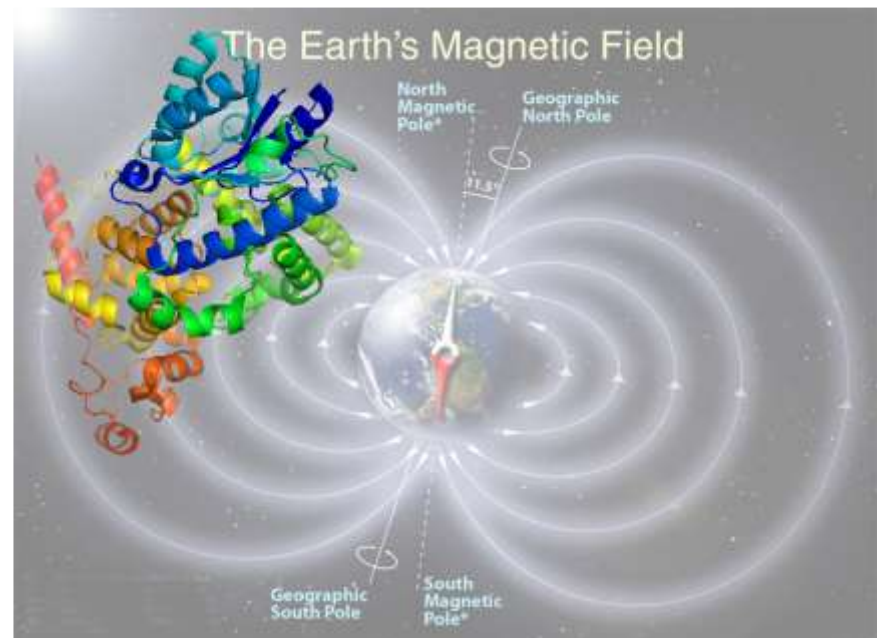
Resume a výhledy do budoucna Cryptochromy a jejich úlohy.

- Hodiny
- Změna membránového potenciálu
- Kontrola buněčného cyklu



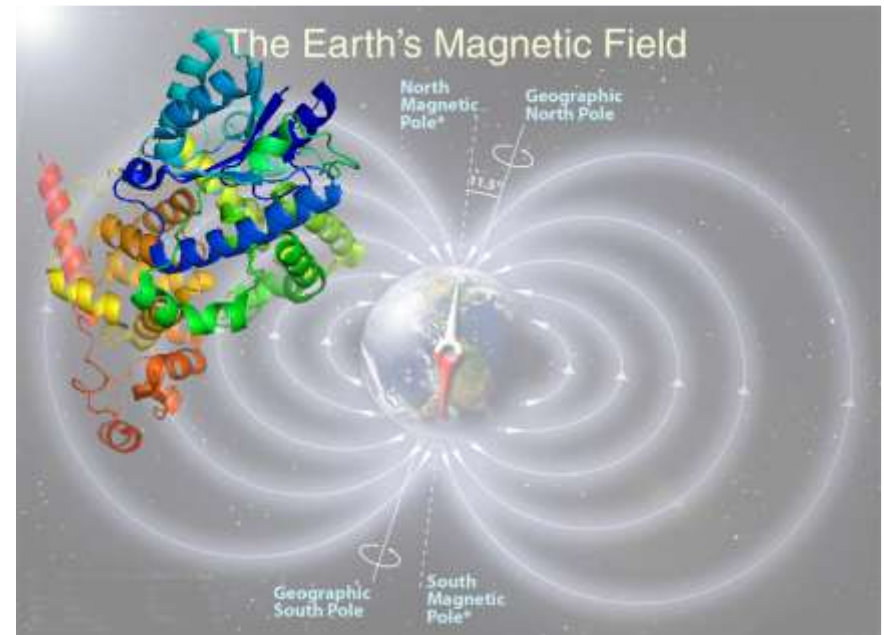
Resume a výhledy do budoucna Cryptochromy a jejich úlohy.

- Hodiny
- Změna membránového potenciálu
- Kontrola buněčného cyklu
- Magnetorecepce



Resume a výhledy do budoucna Cryptochromy a jejich úlohy.

- Možná všechny dráhy, kde je přítomen Cry, jsou citlivé na světlo a magnetická pole !



K čemu je takový výzkum dobrý?

- Základní výzkum – nikdy nevíte...
- Nejslabší známá interakce mezi biologií a mag. polem.
- Výzkum posouvá hranice mezi biologií, „kvantovou biologií“ a fotochemií.
- Praktické aplikace v oblasti ochrany zdraví, kvality spánku, interakcí s technickými zařízeními atd.

Rozbíhající se projekty :

- Buňky, organoidy, světlo a magnetické pole
- Cirkadiánní rytmus myši a magnetické pole.

Dosavadní granty:

- Ověření magnetorecepce potemníka moučného. GAČR 2001-2003
- Analýza magnetorecepčního chování laboratorních druhů hmyzu. GAČR 2005-2008
- Neurální podstata magnetorecepce hmyzu. GAČR 2007-2010
- Fyziologická a funkčně genetická analýza magnetorecepce na hmyzím modelu GAČR 2013-2015.
- GAMU 2019-2021
- Spolupráce s Molekulární chronobiologickou lab. ČB, Marburg, Oxford, Lund, Vídeň

Naučíte se: Co to znamená analyzovat chování zvířat v laboratoři.
Ve spolupráci metody m.b.



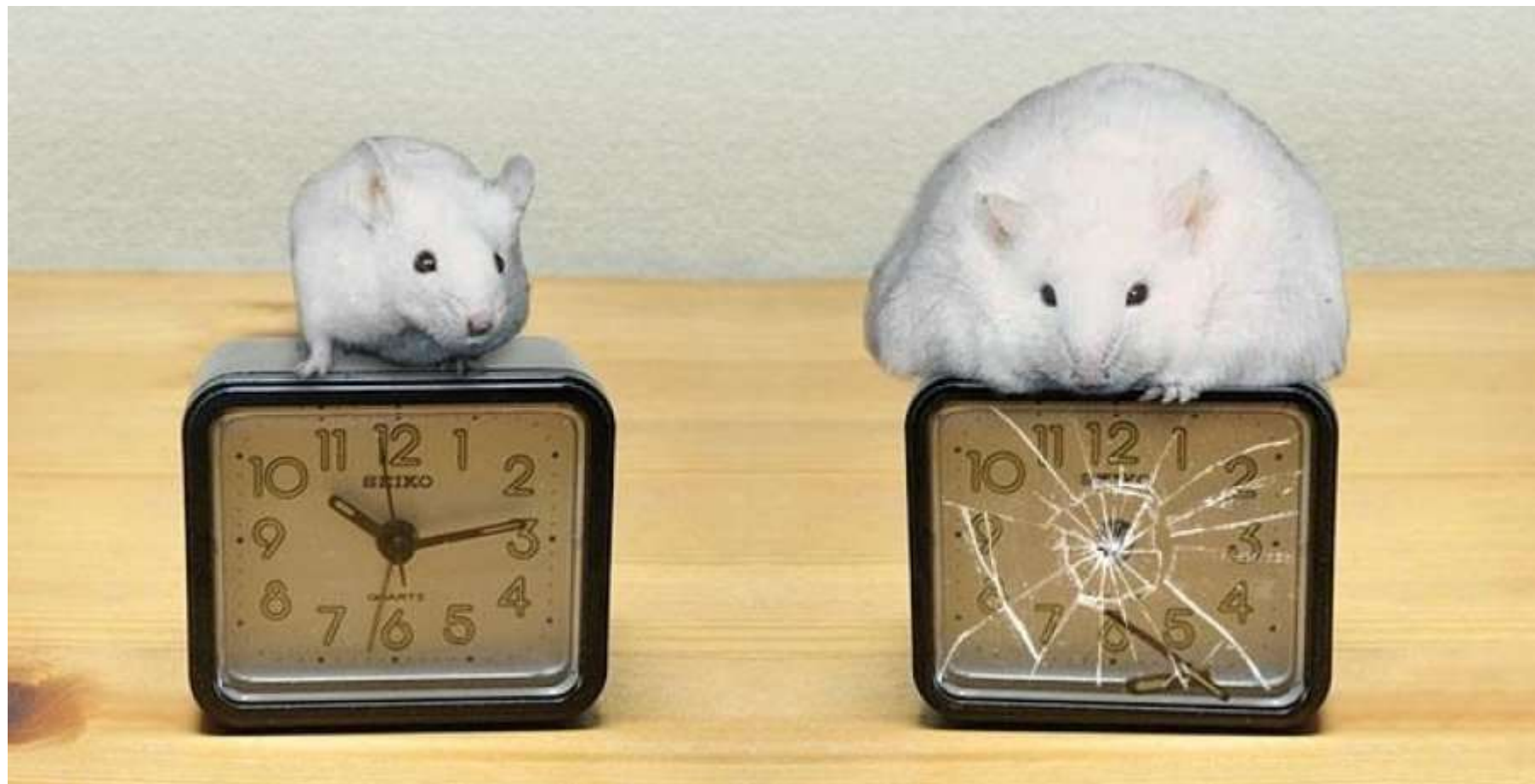
Uplatnění?



Vítán je ten, kdo:

- se neštítí hmyzu a trochy fyziky
- přitahuje ho nervový systém, chování a smysly
- se nebojí dennodenní rutiny
- umí se srovnat s tím, že aplikace zatím nevidíme

Děkuji za pozornost!



vacha@sci.muni.cz