

## **READ BEFORE USE IT :D**

**Použijte, prosím, jinou barvu než ČERNOU A ZELENOU, ať vidíme novinky**

**Zestručnit ty dlouhé románové odstavce a popisy**

**Revize faktických informací**

**Doplnění faktických infomací**

**Reagujte klidně na komentáře, přidávejte vlastní**

**Komu se chce, ať přeloží anglické texty - je to lepší pro učení :)**

### **1. Jakou funkci mají gliové buňky ?**

Jsou to non-neuronální buňky, které fungují jako podpůrné buňky neuronů.

Udržují homeostázu, formují myelin a poskytují podporu a protekci neuronů, zajišťují výživu nervových buněk, plní též imunitní funkce.

**Rozeznáváme u nich tyto funkce:**

- obklopení neuronu a udržení jej na jednom místě,
- dodání živin a kyslíku do neuronu,
- izolování jednotlivých neuronů od sebe,
- zničení patogenů a odstranění mrtvých neuronů,
- v embryonálním vývoji neuronu směřují migraci neuronů a produkují molekuly, které modifikují růst axonu a dendritů.

### **2. Jak se odvodí vztah pro výpočet Nernstova potenciálu**

Nerstova kalkulace pro iont chlóru:

$$V = \frac{kT}{ze} \log \frac{c_{out}}{c_{in}}$$

V ... voltage(U) ... rovnovážné napětí na membráně, tj. takový rozdíl potenciálů vně a

uvnitř, při kterém budou koncentrace [K+] iontů na obou stranách membrány vůči sobě v rovnováze

k ... je plynová konstanta ( $8,3 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ) - Boltzmannova konstanta

T ... ( $\sim 293 \text{ K}$ ) je termodynamická teplota buňky,

Z ... ( $= -1$  for Cl-) udává úhrnný náboj zkoumaného iontu

(např. v nábojích elektronu), a to v absolutní hodnotě, tedy bez ohledu na znaménko náboje,

e ... nejspíš se jedná o Faradayovu konstantu viz. níže

F... = cca  $96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$  je Faradayova konstanta, tj. náboj 1 mol elektronů,

[K+] ... je koncentrace draselných iontů uvnitř [int] a vně [out] buňky

J ... proudova hustota

<http://www.caam.rice.edu/~cox/reu/gabbtut.pdf> celý postup odvození

$J_{total}(r) = J_{Fick}(r) + J_{Ohm}(r) = 0$  (popisuje rovnovážný stav mezi fickovým proudem a ohmovým proudem)

$$-\mu * k * T \frac{dc(r)}{dr} = \mu * z * e * c(r) \frac{d\Phi(r)}{dr}, \text{ zde je hustota náboje, } -\mu k T \text{ je teplená vodivost}$$

$$J(r) = -\mu k T \frac{dc(r)}{dr} - \mu z e c(r) \frac{d\Phi(r)}{dr}$$

This will now permit us to deduce the resting potential gradient from the resting concentration gradient. At rest we expect the net flux, J, to vanish. V překladu to znamená, že se  $J(r)$  bude rovnat 0 - což vychází z té rovnice  $J_{total}$ .

$$-kT \frac{d}{dr}(\log c(r)) = ze \frac{d\Phi}{dr}(r) \text{ integrují se obě části rovnice, } r = \text{od (a - delta) do a}$$

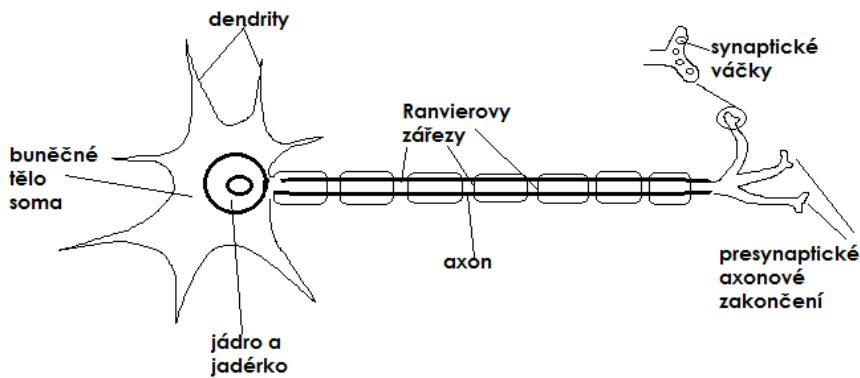
$$ze(\Phi(a - \delta) - \Phi(a)) = kT \log(c(a)/c(a - \delta))$$

$V = \Phi_{in} - \Phi_{out}$  nás vede k rovnici Nernstova potenciálu (vydělíme ze a rozdíl potenciálů nahradíme V a je to)

*Example*

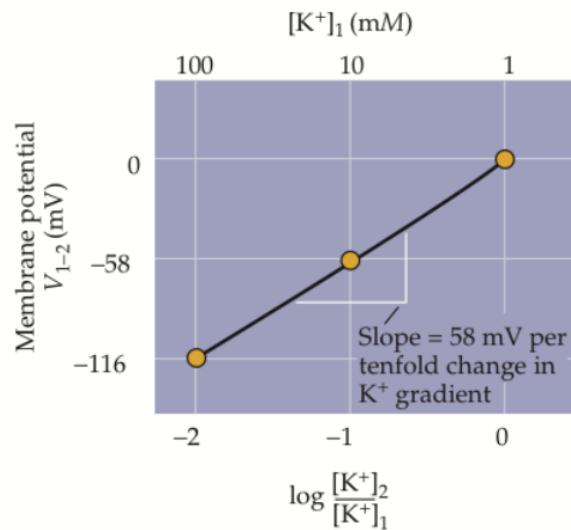
At  $T = 270\text{C}$  the leading coefficient is  $kT/e = 25.8 \text{ mV}$ . If c is indeed pegged to chloride concentration then recalling that  $z = -1$ ,  $c_{in} = 0.04 \text{ M}$  and  $c_{out} = 0.56$  we find  $V_{Cl} = -68 \text{ mV}$

**3. Nakreslete schematicky základní strukturu neuronu.**



**4. Nakreslete závislost koncentrace iontu draslíku(K) na napětí membrány**

(tip. výjděte ze vztahu pro Nernstův potenciál).



x je  $C_{out}/C_{in}$

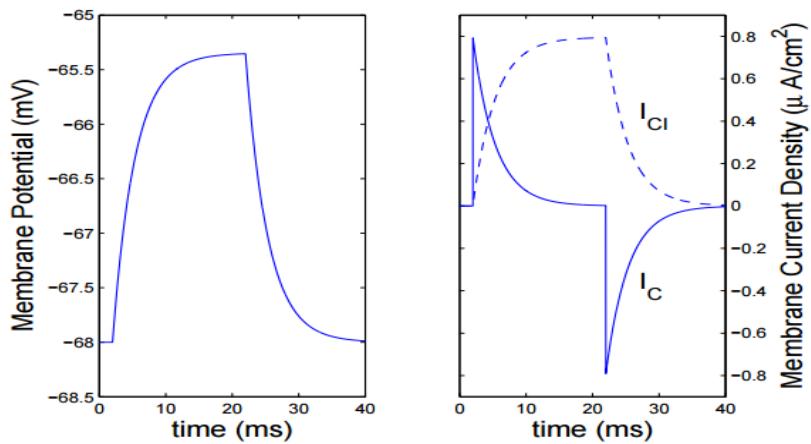
**5. Nakreslete průběh akčního potenciálu a souvisejícího proudu na membráně buňky**

$$V=f(t), \quad I_C=f(t).$$

Napětí je funkcí času (obr1), Proud je funkce času (obr2)

$I_C$  ... proud přitékající zevnitř

$I_{Cl}$  ... proud způsobený přitékáním chlórových iontů



**Figure 1.9.** The solution (left) to (1.9) and the associated membrane currents (right) for a cell of radius  $10 \mu\text{m}$  subject to a  $20 \text{ ms } 10 \text{ pA}$  current injection.

## 6. Jaký je rozdíl mezi elektrickou a chemickou synapsí?

Elektrická

- evolučně starší
- spojení dvou buněk iontovými kanály
  - změna napětí jedné buňky se projeví i v druhé
- rychlé a synchronizované spojení buněk
- jejich počet výrazně klesá s nástupem chemických synapsí

Příklad

- propojení tyčinek a čípků

Chemická

- vzruch se předává pomocí transmítéra - otevírání iontových kanálů řízených chemicky
- umožňuje směřovat tok informace
  - informace se rozšiřuje na několik postsynaptických elementů
- snadno se modulují
- u člověka se vyskytuje daleko více než elektrická

Vlastnost	Elektrická synapse	Chemická synapse
Vzdálenost mezi pre-a postsynaptickou membránou	3,5 nm	30-50 nm
Kontinuita mezi pre-a postsynaptickou membránou	Ano	Ne
Ultrastrukturní komponenty	Konexiny/konexony	Presynaptické aktivní zóny a váčky s NT/postsynaptické receptory
Co přenáší informaci	Toky iontů	Neurotransmitery
Synaptické zpoždění	(v podstatě) žádné	Signifikantní: nejméně 0,3 ms, obvykle 1-5 ms
Směr přenosu informace	(teoreticky) obousměrný	Jednosměrný
Velikost pre/postsynaptického elementu	Pre > Post	Post > Pre

## 7. Popište alespoň tři druhy iontových kanálů.

Napětí řízené - otevírají se změnou napětí mezi vstupem a výstupem kanálu, většinou propouští pouze jeden druh iontů (např. Cl<sup>-</sup>, nebo Na<sup>+</sup> kanály). Sodíkové kanály neuronů se při určitém napětí otevřou, tím umožní vstup Na<sup>+</sup> iontů do buňky, což způsobí depolarizaci.

Leakage kanály - otevřené, ionty se mohou pohybovat ve směru koncentračního spádu - stále otevřené, pulzující

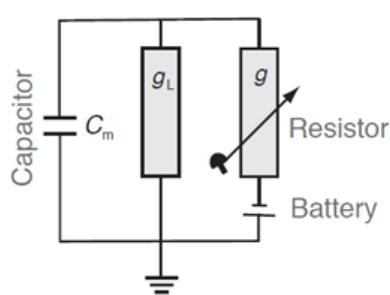
Iontové pumpy - za využití ATP přesouvají ionty proti koncentračnímu spádu většinou (sodnodraselná ATPáza)

Řízené chemicky - spouštějí se působením jiné látky (transmitemu)

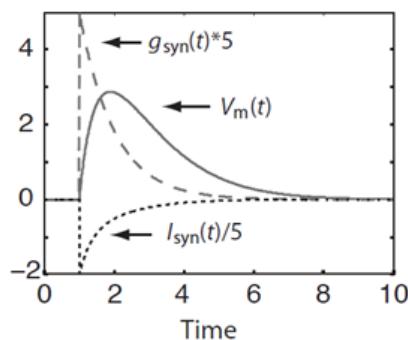
Řízené mechanicky

## 8. Nakreslete elektrické schéma modelu synapse a odpovídající časové průběhy

A. Electric circuit of basic synapse



B. Time course of variables



### Schema

C<sub>m</sub> + G<sub>l</sub> - modeluje samotnou synapsi

C<sub>m</sub> - kapacita membrány

G<sub>l</sub> - vodivost membrány pro daný kanál

G + Battery - modeluje prostředí mezi synapsí a dendritem

Battery - Nerstův potenciál pro daný kanál

### Graf

G<sub>syn</sub> - vodivost synapse

I<sub>syn</sub> - proud synaptický

V<sub>m</sub> - napětí na membráně

Poté, co nastane AP, neutrotransmitter zvýší vodivost, zvýší se napětí a klesne proud

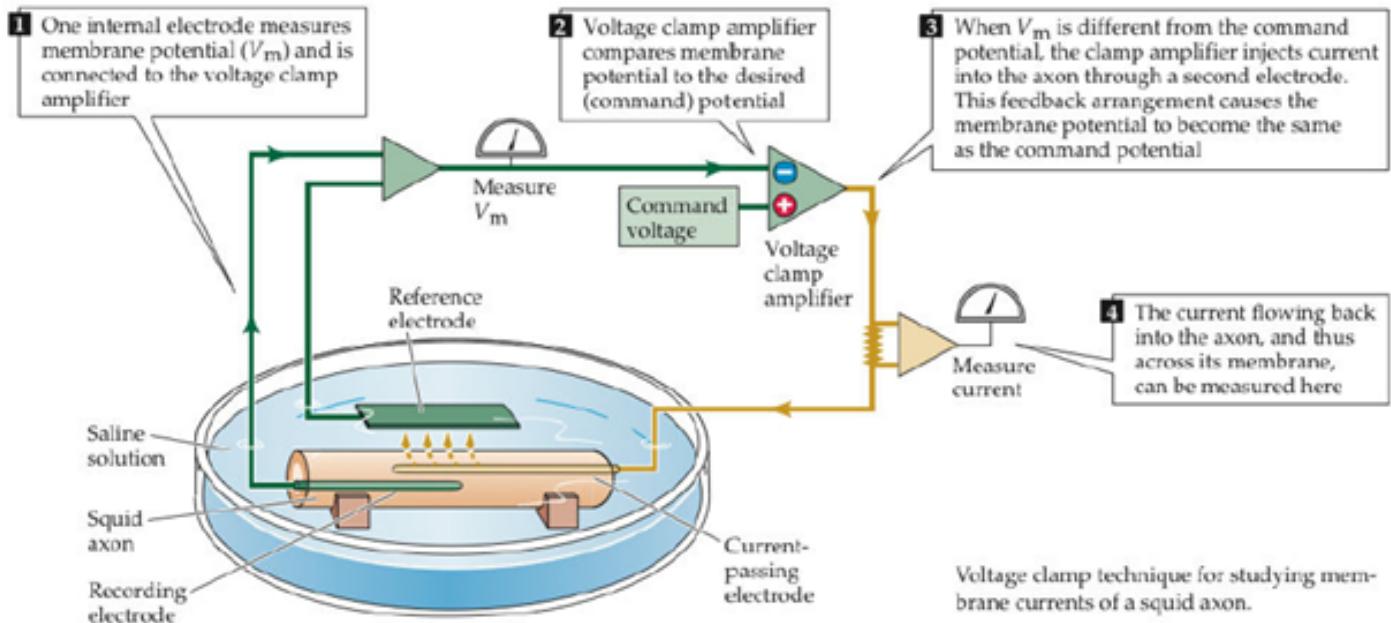
## 9. Co je to "Voltage Clamp Method"?

Metodu používají elektrofiziologové k měření proudu iontů procházejících membránou při konstantním membránovém potenciálu.

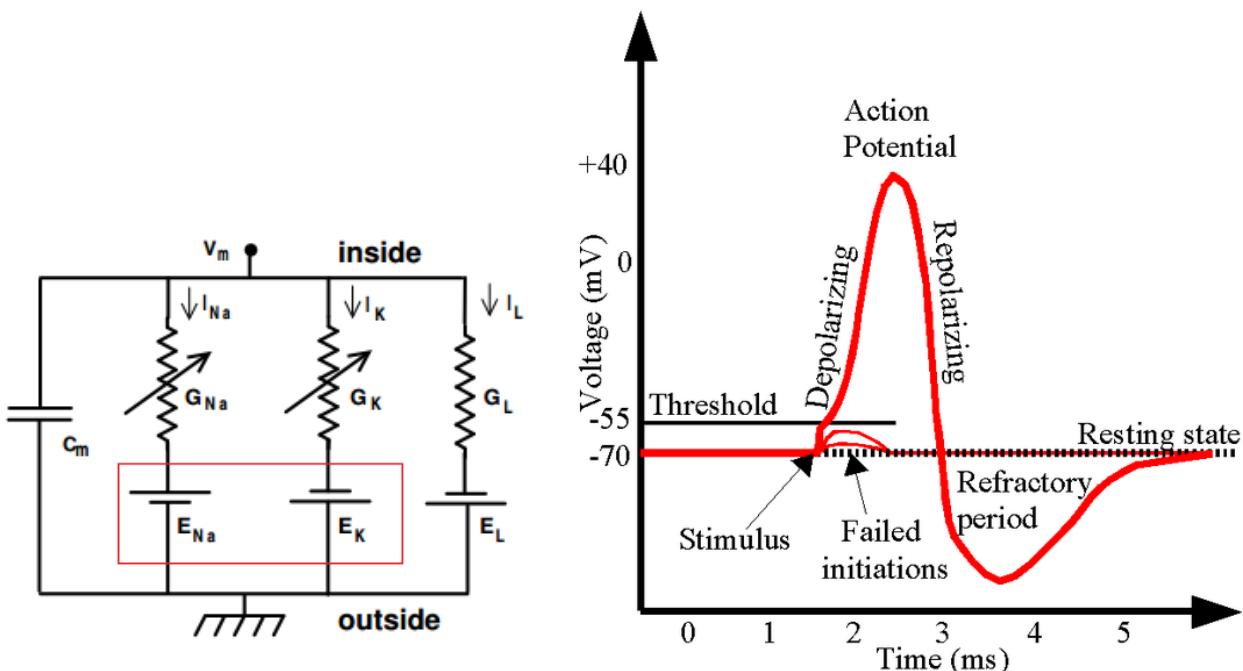
Pomocí ní se určují proudové a napěťové charakteristiky axonu.

První elektroda zavedená do axonu měří membránový potenciál V<sub>m</sub> (včí referenční elektrodě v solném roztoku).

Pak nastavíme řídící napětí do druhé elektrody v axonu a tím měníme hodnotu membránového potenciálu - otevírájí se jiné iontové kanály a můžeme tak simulovat AP. Pokud bude naměřená hodnota stejná jako řídící napětí, pak membránový potenciál bude stejný jako řídící potenciál.



10. Popište, jak vzniká akční potenciál neuronu - jako příklad použijte Hodgkin-Huxley model.



Obrázek 1 - otočené potenciály (Nernstův potenciál) díky náboji iontů - určují směr proudění proudů  
 $g_L$  je vodivost Leak,  $G_n$  jsou jednotlivé iontové kanály ... důležitý je vědět, že když se kapacita nabije a rovná se těcm proudum přes  $G$ , tak se začne kapacita vybíjet (exponenciálně samozřejmě) - což je přesně ten AP (A)

$C_m \cdot (dV_m/dt) + I_{Na} + I_K + I_L = I_{ext}$  (toto je Kirhoffuv zákon = součet proudů uvnitř smyčky = součet proudů ven)

$C_m$  is the membrane capacitance,  $V_m$  is the intracellular potential (membrane potential),  $I_{ion}$  is the net ionic current flowing across the membrane, and  $I_{ext}$  is an externally applied current

K 2. obrázku asi jedině to, že když tedy neuron (skupina neuronů) pálí málo intenzivně, pak nepřekročí threshold a tudíž se "nic" neděje. Pokud ano, nastává depolarizace (nabíjení kondenzátoru membrány) a když teda součty proudů se vyrovnaní nabítí kapacity, začne se vybíjet (repolarizace)

#### Akční potenciál

- některé buňky mají na sobě napěťově řízené kanály a tím můžou svůj klidový potenciál měnit
- změna polarity
- podstatou je otevření napěťově řízených kanálů

Depolarizace - proudění  $\text{Na}^+$  dovnitř buňky, membrána získává pozitivnější náboj

Repolarizace -  $\text{K}^+$  míří z buňky ven po  $\text{Na}^+$  dovnitř

Hyperpolarizace - membrána se stává negativnější než na začátku

#### 11. Co je to refrakterní perioda neuronu?

Čeká se na deaktivaci  $\text{Na}$  kanálů (cca 1ms), max frekvence omezena na 1000Hz (vyšší je z biologického hlediska nemožná) - 3 ms je to u svalů, 1ms u srdečních svalů

Po proběhnutí akčního potenciálu následuje velmi krátká doba (asi 1 ms), tzv. absolutní refrakterní perioda, po kterou nelze nový akční potenciál vyvolat. Poté následuje relativní refrakterní perioda (trvající 10–15 ms), po kterou lze vyvolat potenciál, ale pouze nadprahovým podnětem.

#### 12. K čemu slouží Ranvierovy zářezy?

Jde o zúžení (mezery mezi jednotlivými myelinovými pochvami) myelinoné pochvy axonu, které obnovuje intenzitu procházejících vznuchů.

Toto přerušované uspořádání urychluje přenos nervových impulsů (tzv. saltatorní vedení) po nervovém vlákně, tedy šíření vznuchu, neboť při každém styku impulsů s Ranvierovým zářezem dochází k obnovení jejich původní intenzity.

#### 13. Jaký je rozdíl mezi modelem Izhikevich a Hodgkin-Huxley modelem?

Hodgkin-Huxley model

- jedná se o matematický model, který popisuje, jak v neuronu vzniká a jak se šíří akční potenciál,
- velmi věrně popisuje skutečné biologické chování neuronů
- jde o soustavu obyčejných diferenciálních rovnic,
- model je zobrazován pomocí el. obvodu jako - viz. otázka 10 (T)

Izhikevichův model

- kombinuje biologickou věrohodnost Hodgkin-Huxleyova modelu s efektivitou modelu integrate-and-fire,
- výhodou je možnost simulace velkého počtu neuronů pomocí stolního PC
- Lze jím simulovat velké množství různých typů neuronů pouze vhodnou volbou parametrů (viz úkol 10)

#### 14. Jaký algoritmus byste použili pro detekci neuronů, které byly změřeny pomocí mikroelektrody?

WaveClus (amplitudová detekce), OnlineSort (energetická detekce), Spike2 (manuální detekce).

amplitudová detekce hledá asi amplitudy jednotlivých neuronů, když neznáme počet, tak podle toho se to pak rozdělí do skupin a odhadne se, kolik neuronů by tam mohlo být. To samé ta energetická detekce, asi na základě energie rozhodnem. Ono se to přece nějak rozdělilo na jednotlivé spiky a pak se z toho hledaly tyhle parametry na rozdelení a odhadnutí počtu neuronů.

method	spike detection	features	spike sorting
			clustering
WaveClus <sup>1</sup>	amplitude	koef. WT AP	superparamg.
KlustaKwik <sup>2</sup>	N/A	ad hoc	Gauss mix fit + AIC
OnlineSort <sup>3</sup>	energy	AP	min. LS of AP differences, threshold
Spike2 <sup>4</sup>	amplitude manual	ad hoc	manual / k-means

**15. Jaká je výhoda "Leaky-Integrate and Fire" neuronu oproti ostatním modelům? Napište základní vztah.**

Jedná se o nejjednodušší model neuronu a je složen pouze z jednoho integrátoru. Jeho chování se nejčastěji vyjadřuje pomocí rovnice

$$\tau_m \frac{dv(t)}{dt} = -(v(t) - E_L) + RI(t)$$

kde  $v(t)$  je membránový potenciál v čase  $t$ ,  $\tau_m$  je časová konstanta membrány,  $R$  je rezistence membrány a  $I(t)$  je vstupní proud. Pokud se membránový potenciál  $v(t)$  naintegruje na daný práh, neuron vypálí a tento potenciál se resetuje do hodnoty resetovacího potenciálu  $v_r$ .

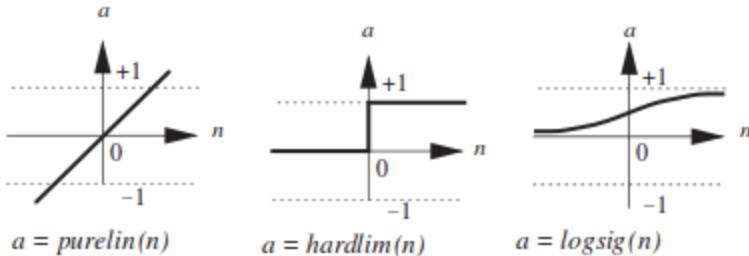
našla jsem rovnici

$I(t) - V_m(t)/R_m = C_m^* (dV_m(t)/dt)$  ... ten Leak term totiž u Integrate and Fire neuronu chybí a není prý tak přesný

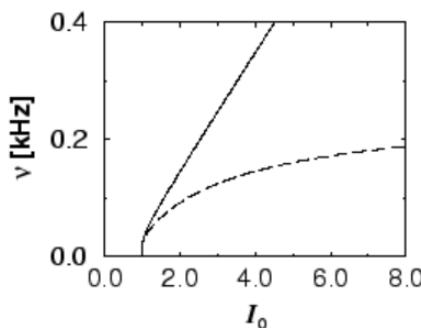
**16. Na jakých parametrech závisí přenosová/aktivační funkce neuronu (gain fce)? Nakreslete její průběh.**

Parametry

- vstupním vektoru hodnot, váhovém vektoru a threshold konstatně



B



gain funkce LIF

ose y je průmerná fpálení a na x je proud. Ty dvě křivky značí neuron při jiné refrakterní periodě. Ta čárkovaná má refrakterní periodu větší než 0, ta přímoúměrovská má nulu. Ještě může být křivka víc zvedající se a to v případě, že počáteční napětí neuronu je více než 0.

$$y = S \left( \sum_{i=1}^N w_i x_i + \Theta \right)$$

$x_i$  ... vstupy neuronu (celkem N)

$w_i$  ... synaptické váhy

S ... nelineární přenosová funkce neuronu

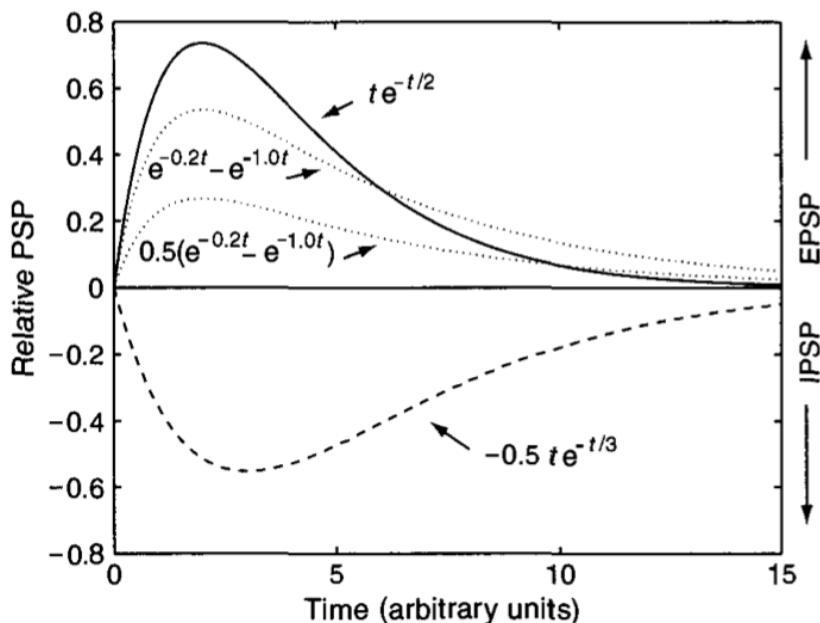
Y ... výstup neuronu

theta ... práh

**17. Co je to alfa funkce? Nakreslete průběh a uveďte základní vztah.**

aproximace průběhu postsynaptického potenciálu neuronu

Mělo by se asi jednat o akční potenciál exhibičních a inhibičních neuronů, jejichž axony vstupují do jiného neuronu. Proto EPSP a IPSP.



proud teče, napětí vzniká proudem, takže teoreticky by tam mělo jít o proud, protože na základě něj se vybudí pak napětí.

$$f(x) = x \cdot e^{-x}$$

$$I(t) = c \cdot t \cdot e^{-\frac{t}{t_{peak}}}$$

$$c = \frac{g_{peak}}{t_{peak}} e^1$$

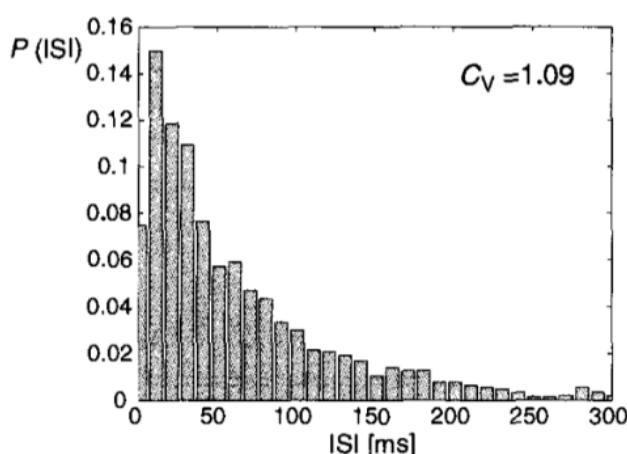
$$\text{neboli... } I(t) = (t/t_{peak}) \cdot e^{-(t/t_{peak})} \cdot g_{peak} \cdot e$$

$t_{peak}$  = čas maximálního peaku

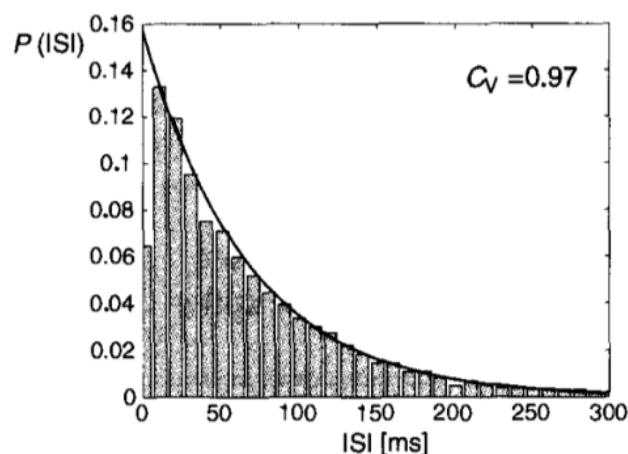
$g_{peak}$  = hodnota maximálního peaku

**18. Nakreslete ISI (inter-spike interval) regulérně pálícího neuronu a porovnejte ho s histogramem získaným z Poissonova rozdělení.**

**A. ISI-histogram from cell data**



**B. ISI-histogram from Poisson spike train**



Regular firing má větší  $C_V$  - každý neuron ovlivněn šumem -> není spolehlivým generátorem

Pro generování byl použit poisson (2. graf) s tím, že se vymazal rozdíl spiků pod 1 ms.

Rozdíl mezi poisson a tím, jak „spikuje“ neuron - rozdíl, co mě tedy napadá je, že teda covariance je menší u Poissona, tudíž neurony pálí pravidelněji o něco (ale zase má vysoké hodnoty právě pod tu 1ms, což je ta refraktorní perioda)

### 19. Definujte koeficient variace CV.

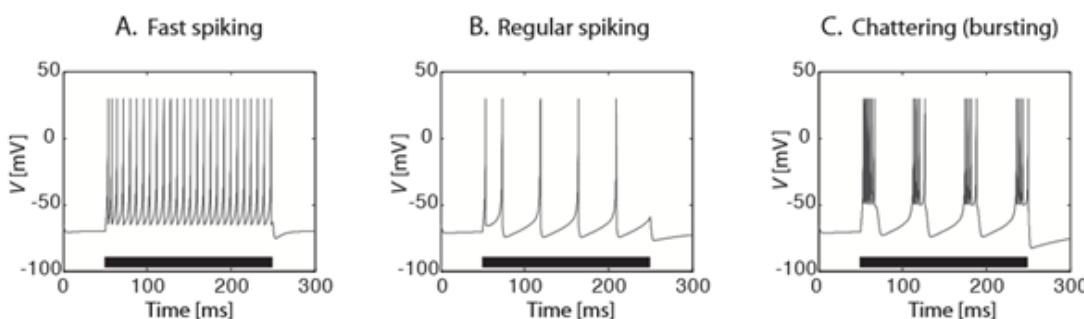
Koeficient variace  $C_v$  vyjadřuje nepravidelnost pálení neuronu. Vychází z ISI (inter-spike interval), což je posloupnost časových rozestupů mezi jednotlivými spiky (většinou koukáme na histogram, ne samotné ISI). Úplně pravidelně pálící neuron má konstantní ISI a  $C_v = 0$ .

$$Cv = \sigma / \mu \quad \text{.... matlabovský } Cv = std(isi)/mean(isi);$$

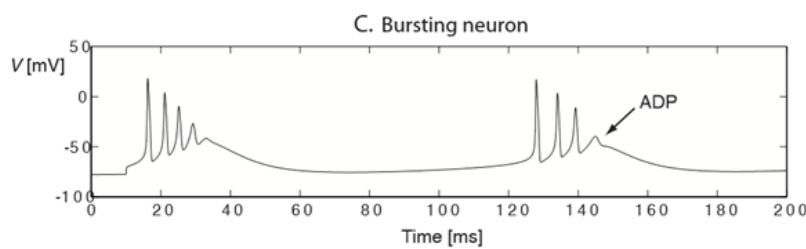
### 20. Jakým modelem lze simulovat burstující neurony?

Burstující neuron: Takže asi v CNS a míše se střídají rychlé fáze s pomalými u nějakého neuronu. Tedy chvíli je fast spiking, chvíli regular spiking. (T)

Vhodnou volbou parametrů „Izhikevich“ modelu lze simulovat různé typy neuronů, mimo jiné i burstující (chattering):

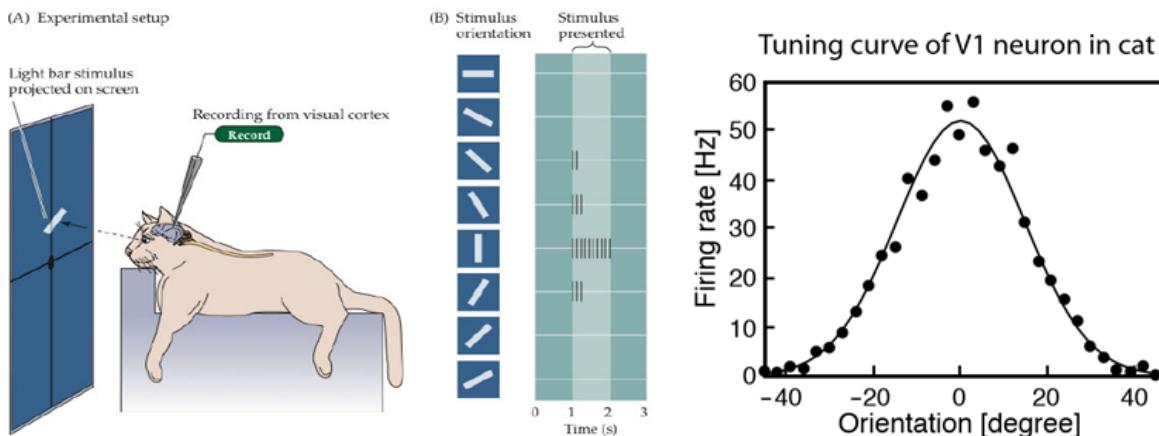


Burstující neuron je také možným výstupem Wilsonova modelu, - více realistické modely savčích neuronů v kortexu



### 21. Uvedete příklad tzv. tuning curve. Jedná se o frekvenční nebo temporální kódování?

Příklad z přednášky: Závislost frekvence pálení neuronu na orientaci vizuálního stimulu (zafixovaná kočka, která čučí na otáčející se čárku)



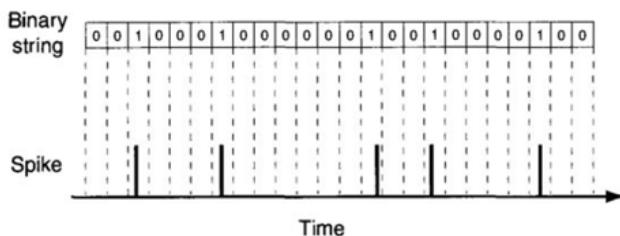
Jedná se o frekvenční kódování, jednotlivé spiky nás nezajímají a frekvence pálení je zjevně závislá na orientaci (viz další otázka)  
 Čím větší stimul, tím větší frekvence pálení

## 22. Jakými způsoby je v mozku kódována informace?

Základní typy kódování:

Temporální – Informace je kódována přímo časem jednotlivých spiků: např. pomocí zpoždění, náhodnosti, specifických vzorců...

Předpokládá se přesnost v řádu milisekund



Frekvenční – Informace je kódována frekvencí pálení, na rozdíl od temporálního nás zajímají statistické údaje v určitém úseku, nikoli jednotlivé spiky. Průměruje se počet spiků v čase (spike count), případně přes několik opakovaných pokusů (spike density - viz PSTH, nebo experiment s kočičkou)

Korelační – Korelace mezi spiketrainy nese informaci, která nebyla obsažena v jednotlivých spiketrainech

Populační – Např. vektorově při určení směru pohybu: Rychlosť pálení jednotlivých neuronů je závislá na směru pohybu, každý pálí nejrychleji při pohybu v nějakém preferovaném směru. Vektorovým součtem preferovaných směrů (váženo rychlosťí pálení) dostáváme výsledný směr.

## 23. Co je to populační model?

sjednocení aktivit několika neuronů -> kombinace neuronů určuje výsledek

pro spojité proměnné, kdyby 1 neuron byl příliš zašuměný -> jedná se o průměr aktivit těchto neuronů

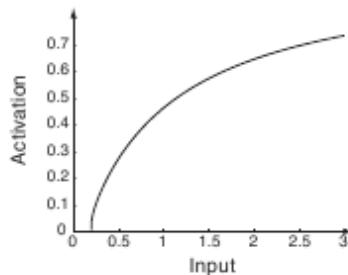
Nevím víc, asi že ten populační model pak je přiveden na 1 další neuron?

<http://icwww.epfl.ch/~gerstner/SPNM/node44.html>

## 24. Uvedete aktivační funkci populačního modelu

$$g(x) = \frac{1}{t^{ref} - \tau \log(1 - \frac{1}{\tau_x})}$$

A. Activation function for population average in adiabatic limit



Graf: asi velikost vstupního proudu osa X a osa Y kolik je aktivováno neuronů ze všech neuronů v tom populačním modelu. (T)

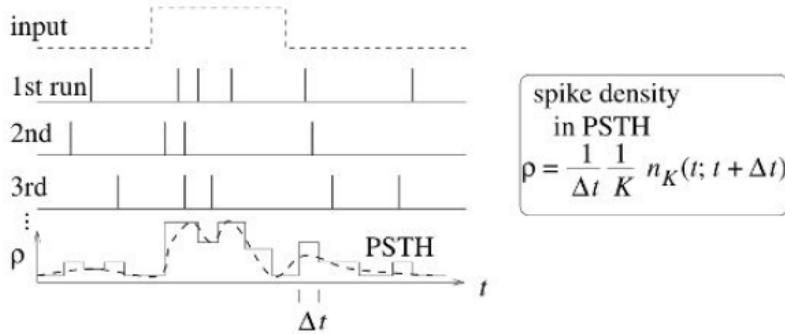
## 25. Kdy se používá peri-stimulus-time histogram (PSTH) ?

Histogram časů pálení neuronů, relativně vztázených k času buzení periodicky se opakujícím stimulem (peri).

Používá se k porovnání dvou sekvencí (většinou akčních potenciálů, může být i sekvence akčních potenciálů a sekvence stimulů v případě evokovaného potenciálu), kdy hledáme závislost mezi sekvencemi pálení.

Vizualizace frekvence a času pálení vzhledem k externímu stimulu.

rate = average over several runs  
(single neuron, repeated runs)



## 26. Jaký je základní princip Hebbovské plasticity?

Buňky pálící současně posilují synapsi.

Hebbian learning, in which simultaneous activation of cells leads to pronounced increases in synaptic strength between those cells, and provides a biological basis for errorless learning methods for education and memory rehabilitation. When an Axon A je tak blízko axonu B, že excituje pálení neuronu B. some growth process or metabolic change takes place in one or both cells such that A's efficiency, as one of the cells firing B, is increased.

*Spike-timing-dependent plasticity (STDP) is a biological process that adjusts the strength of connections between neurons in the brain. The process adjusts the connection strengths based on the relative timing of a particular neuron's output and input action potentials (or spikes). The STDP process partially explains the activity-dependent development of nervous systems, especially with regards to long-term potentiation and long-term depression.*

## 27. Matematicky formulujte Hebbovské učení pro jednotlivý neuron.

$$w_{n+1} = w_n + \delta w - f_{decay}$$

kde  $w_n$  jsou aktuální hodnoty synaptických vah,  $f_{decay}$  je konstanta zapomínání a  $w$  je změna

vypočtená z následující rovnice:

$$\delta w = \alpha_{learn} \cdot pm \cdot e^{pm \frac{\Delta t}{\tau}}$$

$$\Delta t = t_{post} - t_{pre}$$

$$pm = sign(t)$$

## 28. Matematicky formulujte Hebbovské učení pro populační model. (celá síť)

stejne jako 27, jen  $w$  není jedna, ale jedna se o matici

$$w_{ij,n+1} = w_{ij,n} + \delta w_{ij} - f_{decay}$$

$$\delta w_{ij} = \alpha_{learn} \cdot pm \cdot e^{pm \frac{\Delta t}{\tau}}$$

$$\Delta t = t_{post} - t_{pre}$$

$$pm = sign(t)$$

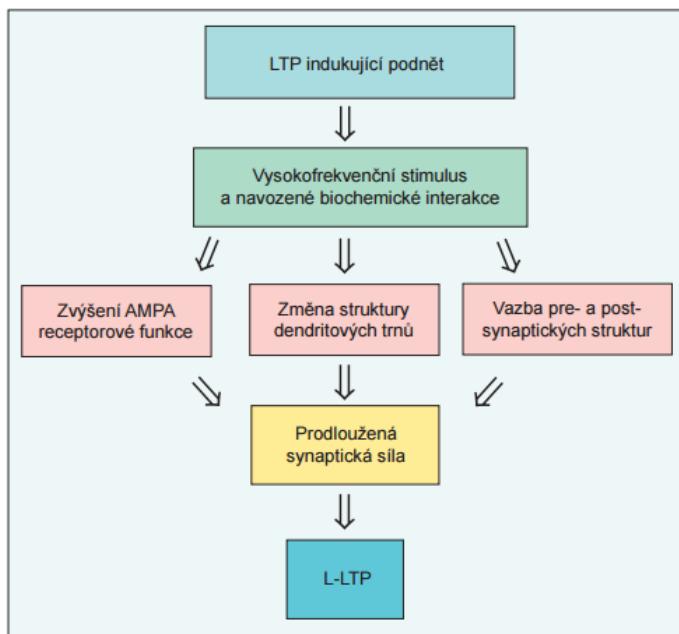
## 29. Proč byl experiment Blisse a Loma (důkaz existence long-term potentiation) tak významným příspěvkem pro neurovědy?

Potvrdil, že informace v dlouhodobé paměti jsou ukládány i pomocí změn vah synaptických spojů.

In neuroscience, long-term potentiation (LTP) is a persistent strengthening of synapses based on recent patterns of activity. These are patterns of synaptic activity that produce a long-lasting increase in signal transmission between two neurons.<sup>[2]</sup>

It is one of several phenomena underlying synaptic plasticity, the ability of chemical synapses to change their strength. As memories are thought to be encoded by modification of synaptic strength,<sup>[3]</sup> LTP is widely considered one of the major cellular mechanisms that underlies learning and memory.<sup>[2][3]</sup>

LTP was discovered in the rabbit hippocampus by Terje Lømo in 1966 and has remained a popular subject of research since.

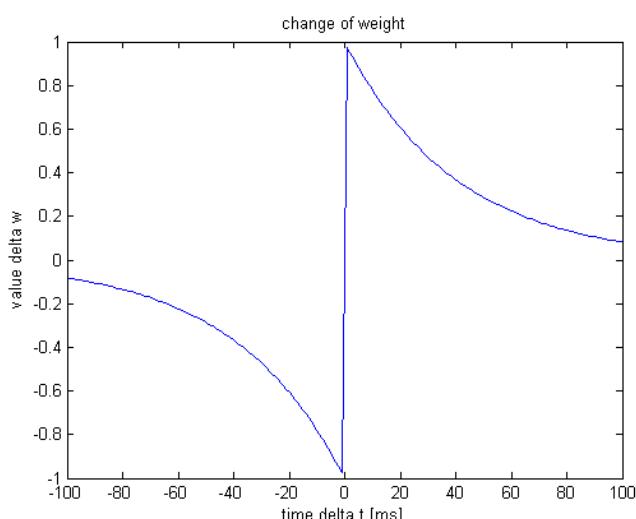


**Obr. 1:** Pochody probíhající na synapsích při dlouhodobé potenciaci (LTP). Podnět vedoucí k LTP začíná jako vysokofrekvenční stimulace, která zahajuje řadu biochemických pochodů majících za následek zvýšení funkce AMPA receptorů, dále dochází ke změně struktury dendritických výběžků, což umožňuje jejich vazbu na presynaptické struktury, a to vyústí ve zvýšenou synaptickou sílu a L-LTP (dlouhodobě trvající LTP). Volně podle Rudy (2008).

## 30. Vysvětlete princip long-term potentiation (LTP) a long-term depression (LTD).

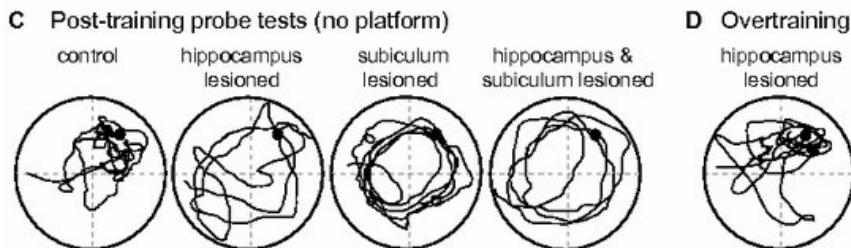
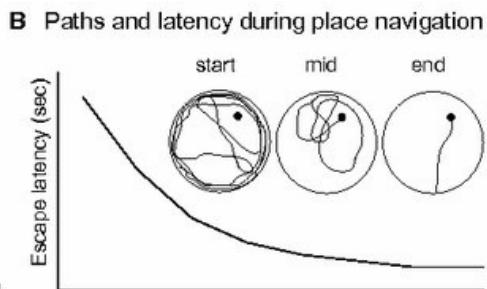
- LTP je posílení vazeb mezi neurony, které byly stimulovány současne. Pomocí těchto změn vah s ukládají informace do dlouhodobé paměti.
- LTD je dlouhodobý útlum způsobený trvalou slabou stimulací.

long-term depression, which produces a long-lasting decrease in synaptic strength.



**31. Nakreslete závislost změny vah na presynaptickém a postsynaptickém čase pálení neuronu. O jaký typ učení se jedná?**  
Hebbovské učení

$$dt = t_{\text{post}} - t_{\text{pre}}$$
$$dw = \text{change of weight}$$



### 32. K čemu slouží Morrisovo bludiště?

Mýš je z náhodných pozic vpouštěna do bazénku s ostrůvkem. Ta ze začátku má reflex přežít a snaží se vylézt z bazénku. Pak příjde na to, že je tam ostrůvek. Ona se potupně naučí lokaci ostrůvku (prostorová paměť) a plave k němu vždy lépe a rychleji.

Tento experiment se pak testuje dále - mýš se vpustí do bazénku bez ostrůvku.

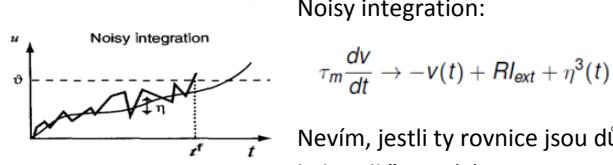
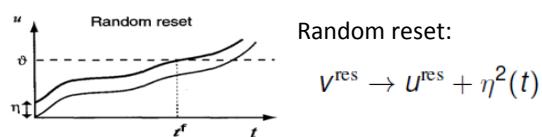
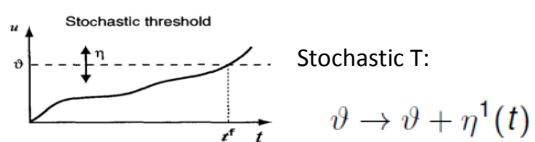
Mýš bez hipokampusu se nenaučí prostorovou lokaci ostrůvku, ale pouze ho efektivněji hledat.

Zkoumání prostorové paměti

### 33. Jakým způsobem lze simulovat šum v modelech neuronu?

Přidáním náhodné složky (s normálním rozložením) k budícímu proudu.

Jsou to 3 metody: přidání šumu, náhodný reset a náhodný threshold, až prostě se něco určuje náhodně, nikoliv tak, že to víme rovnou a začátku, ty obrázky pak ukazují normální průběh a zašuměný (posunutý) průběh a nebo to, že se může změnit threshold. Hlavní je to divné řecké n. (T)



Nevím, jestli ty rovnice jsou důležité. Jinak u toho divného n to neznamená na druhou a na třetí, ale aby to bylo odlišeno. (T)

### 34. Jakým způsobem je organizován cortex?

cortex = mozková kůra

Sloupová struktura - 86% exitačních a 14% inhibičních neuronů

sloupce členěny morfologicky na úseky (celkem 6)

Oblasti/centra -

- Primární senzitivní oblast (S1) - *gyrus postcentralis*; podněty způsobí pocity dotyku na kontralaterální polovině těla, poruchou je hypestézie.

- Sekundární senzitivní oblast (S2) - horní část *fissura lateralis* (*lobus parietalis*); - stimulace vede k pocitu méně přesného čití.
- Zraková oblast (V1 + V2) - *oblast kolem fissura calcarina*; - zpracování zrakových vjemů, spolupráce s FEF a PM při pohybech očí. Poškozením je korová slepotu.
- Sluchová oblast (A1 + A2) - *dolní část fissura cerebri lateralis*; - zpracování sluchových vjemů. Poruchou je hluchota, neschopnost rozumět řeči.
- Čichová korová oblast -- zpracování čichových vjemů, odpovídá paleocortexu.
- Chuťová korová oblast - zpracování chuťových vjemů.

Ještě by bylo dobré toto: 11 okrsků, 52 oblastí, na které je kortex rozdělen. Viz. Brodmanova mapa (T)

### 35. Proč jsou důležité inhibiční neurony?

Zvysuje prah pro excitaci a tím zvetsuje odstup prenaseneho signalu od okolního sumu

udržují rovnováhu excitace a inhibice

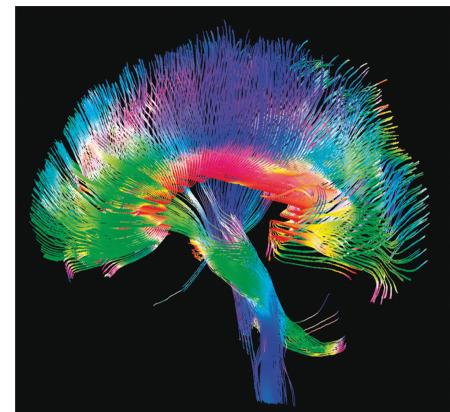
inhibiční neurony fungují i jako zpětná vazba pro exitační neurony

Inhibiční neurony tlumí ty exitační - koduje se tak informace (A)

### 36. Co je hlavním cílem Connectome projektu?

- Mapování propojení lidského mozku, porozumění kompletním detailům neuronové konektivity.
- Mapuje kompletní strukturální i funkcionální neuronové propojení (napříč živou populací).
- Snaží se shromáždit a sdílet data dostatečného rozsahu a dostatečně podrobná, k zodpovězení základních otázek o anatomii a variacích propojení.

<http://www.humanconnectomeproject.org/about/>

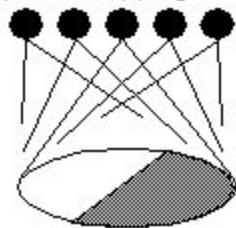


### 37. Jakým způsobem je kódovaná vizuální informace v mozku (experiment Hubena a Wisela)?

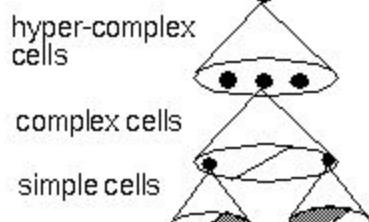
Simple cells fungují jako detektory hran s různou pozicí a natočením, nad nimi jsou complex cells, které pokrývají větší část vizuálního pole a nejsou závislé na pořadí barev (černá/bílá, stejně jako bílá/černá). Hypercomplex cells rozeznávají složitější objekty.

## Hubel & Weisel

topographical mapping



## featural hierarchy



- high level
- mid level
- low level

Pak je možná říct, že na konci jsou střípky obrazu a i díky asociativní paměti se to složí do celkového obrazu  
Viz experiment s kočičkou

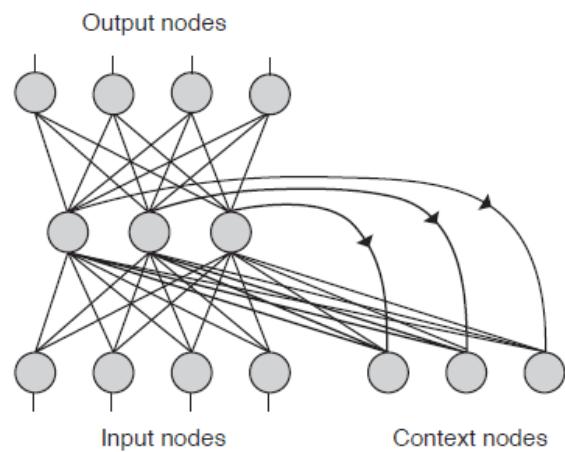
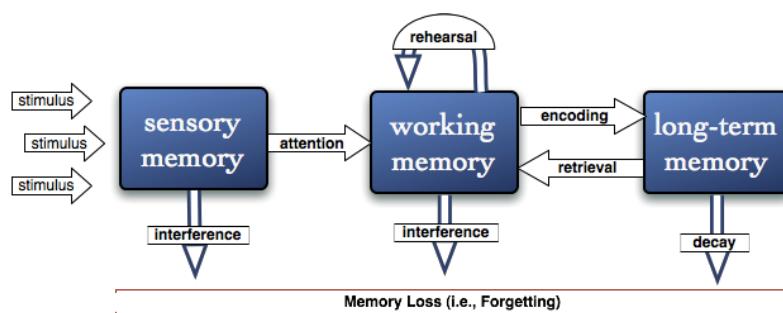
### 38. Co jsou to evokované potenciály?

Odezva neuronu/neuronů na nějaký podnět, který ji vyvolá. Např. bliknutí ledkou do oka. Obvykle se měří opakováně aby se snížil vliv běžné činnosti neuronů a zvýraznila odpověď na daný podnět.

### 39. Jak byste změřili somatosenzorickou mapu člověka?

Pomoci evokovaných potencialů. Budu stimulovat danou část těla (dane sensorické neurony) a sledovat, v jaké části kortexu vznikla odezva.

### 40. Jakým způsobem můžeme modelovat krátkodobou paměť?



Popis: Vstup nové informace, pokud přijde znova, tak se zesiluje, ale také se zapomíná, pak asi záleží na tom, jestli síla informace překročí práh nebo ne. Pokud ano, tak jde do dlouhodobé paměti tato informace, pokud ne, tak se zapomene navždy. (T)

Ještě by se to dalo pomocí rekurentních NN, viz obrázek 2.

### 41. Proč se studují náhodné sítě?

Odobně se chovají neurony v mozku, nebo treba sirici se epidemie.

Studium spontánně se vytvářejících skupin neuronů, které jsou synchronizované

Dále třeba dobrá Hebbovská plasticita - sedí k tomu, jak se chová mozek

#### 42. Uveďte definici tzv. malých sítí (netlets).

Malá populace náhodně propojených neuronů uvnitř neuronové sítě, která se chová jako funkční jednotka - jsou proto citlivé i na malé stimulace

Díky redundanci u NN spolehlivější než samotné neurony

#### 43. Vysvětlete princip tzv. "polychronous group activation".

Vzpomínky, učením nových vstupů tyto skupiny posilují a mohou vznikat nové skupiny.

Důležité je to, že neuron se může objevovat postupně ve více skupinách. Někde jsem dokonce našel, že skupin může být víc než neuronů. Nejedná se ovšem o synchronní pálení. Ale třeba neurony z jedné skupiny vypálí v časech 4, 8, 12 a pak v 124, 128, 132 - jde o to, že každý z těch neuronů ve skupině pálí po stejně době. (T)

Síť se sama vytváří, i když není žádný vstup

Skupiny - potenciální reprezentace vstupů sítě

#### 44. Popište způsob odvození učení perceptronu.

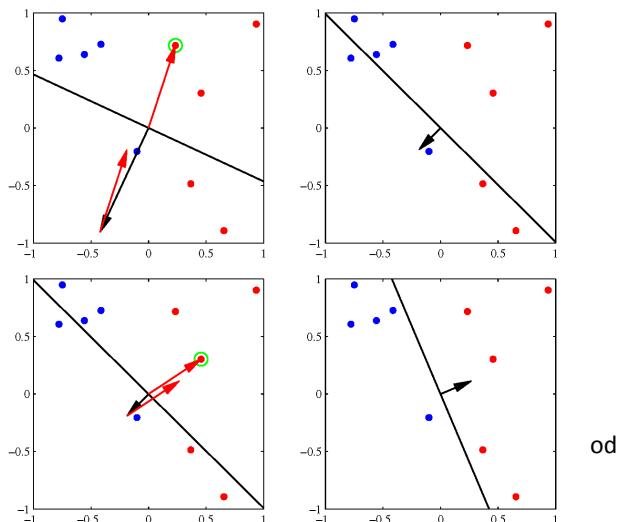
algoritmus:

- 0) vzorky z druhé třídy přenásobíme mínus jedničkou (například souřadnice v prostoru)
- 1) náhodná inicializace vektoru wah  $w$
- 2)  $z = \text{sum}(w_i * x_i) - \text{threshold}$  (celý by to mělo být výstupem aktivační funkce, například sigma, proto  $< 0$ , když je špatná klasifikace)
- 3) if  $z < 0$  adaptace vah  $w_t + 1 = w_t + x$   
else skončí algoritmus
- 4) jdi na krok 2)

Lze rozdělit pouze lineárně separabilní data, nebo je potřeba vytvořit vyšší dimenzi

Klasifikuje pouze do dvou skupin = binární klasifikátor

Klasifikátorů je nekonečně hodně (perceptron neoptimalizuje nic narozdíl SVM)



#### 45. Proč je v oblasti neuronových sítí Kolmogorovův teorém tak důležitý?

Říká, že 3-vrstvá síť (1 skrytá vrstva) může approximovat libovolnou spojitou funkci, pokud máme dostatečné množství neuronů ve skryté vrstvě.

#### 46. Vysvětlete Kolmogorovův teorém pomocí analogie s FFT rozvojem.

Nabízí se analogie: Stejně jako z FFT rozvoje můžeme složením sin / cos o různé frekvenci (vážené jejich „zastoupením“ v signálu) složit libovolný průběh signálu, můžeme to samé udělat s aktivačními funkcemi skryté vrstvy (vážené jejich výstupními vahami).

#### 47. Může dvouvrstvá síť oddělit nelineárně-separabilní data?

Přímo ne, perceptron je lineární separátor. Data je však možno transformovat do takového příznakového prostoru (vyšší dimenze), kde jsou lineárně separabilní, a pak použít perceptron.

#### 48. Jaká je základní topologie "radial basis networks"?

Radial basis network - aktivační funkce neuronů ve skryté vrstvě je "radial basis" funkce. To jsou funkce, které jsou založeny pouze na

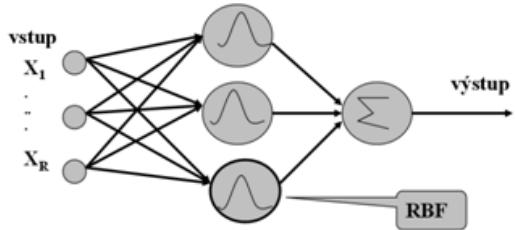
vzdálenosti od nějakého počátku (typicky Gaussian podle Euklidovské vzdálenosti)

Commonly used types of radial basis functions include  $r = \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\|$

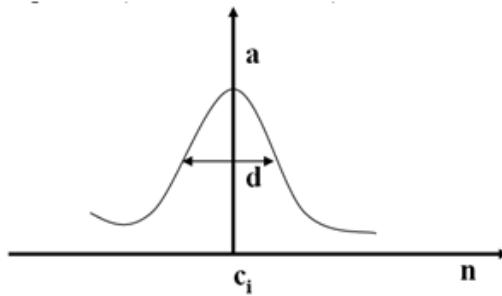
$$\phi(r) = e^{-\frac{(r-r_i)^2}{2\sigma^2}}$$

gaussian

Tom: Zde se taky určují centroidy, nejdříve podle KSOM nějak a to jsou pak neurony ve skryté vrstvě:



aktivační funkce:

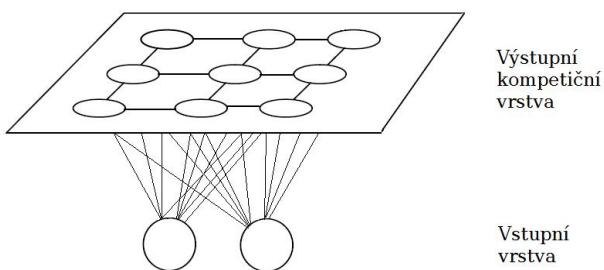


Důležitá je tam pak ta vzdálenost, čím blíž má váhy k nějakému centroidu, tím líp. Jen nevím, jak přesně to pak rozezná na výstupu, k čemu to patří, ale asi podle sumy. Protože asi váhy na vstupu toho finálního neuronu budou hodně odlišné.

#### 49. Jakým způsobem probíhá učení v Kohonenově neuronové síti?

SOM (samoorganizující se mapy)

Jedná se tedy o jednovrstvou síť s úplným propojením jednotek mezi vstupy a kompetiční vrstvou, tedy každý neuron má informaci o hodnotě každého vstupu.



<http://avari.cz/uir/index.php?pg=kohonen> - to vypadá dobré. :-)

Každý vstupní neuron spojen s výstupními neuronami. Nějak jsou inicializovány váhy na začátku, asi náhodně. Pak se přivede na vstup vzorek a hledá se, kterému centroidu je jakoby nejbližší (asi největší suma). Pak se adaptují váhy nejbližšího centroidu tak, aby při přivedení na vstup toho samého vzorku byla výsledná suma ještě vyšší. Dále se ještě adaptují váhy všech sousedních centroidů tohoto zvoleného. Opakování pro všechny vstupní vektory, dokud dochází ke změně vah. Možná by bylo ještě dobrý to trochu pozmenit. (T)

Vybavování:

Testovaný vzorek je přiveden na vstupní vrstvu a je zařazen do třídy odpovídajícímu neuronu s nejmenší hodnotou d.

#### 50. Proč jsou důležitá laterální spojení v samoorganizujících sítích?

Čím větší vzdálenost jednotlivých výsledných neuronů mezi sebou, tím větší je pravděpodobnost, že patří do jiné třídy dat. Každý neuron, který je blízko výslednému je převáděn také. Neboli kromě výsledného se převádějí i jeho nejbližší okolí. Jak blízké, to nevím. Asi sousedé., tj. ty blízko se posílí a ty daleko se potlačí

#### 51. V jakých případech použijeme dynamické neuronové pole (dynamic neural field)?

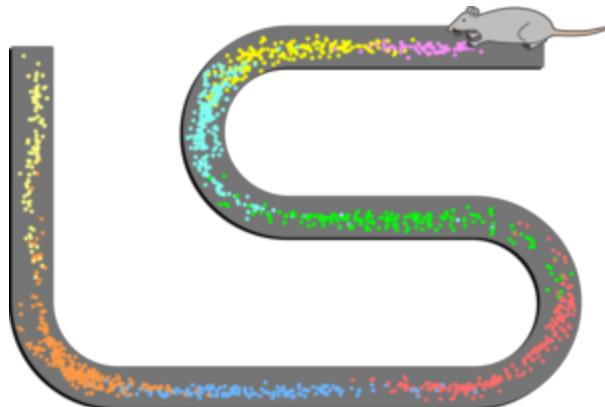
Definition Neural fields are tissue level models that describe the spatio-temporal evolution of coarse grained variables such as synaptic or firing rate activity in populations of neurons

prý u modelu tuning curves

## 52. Co jsou to "place cells"?

Place cells are neurons in the hippocampus that exhibit a high rate of firing whenever an animal is in a specific location in an environment corresponding to the cell's "place field"

Obrázek: v každé části dráhy pálí jiná z osmi skupin place cells. Záleží tedy na pozici myši v konkrétním prostoru.



## 53. Uved'te základní schéma rozdělení paměti.

Rozlišují se dva hlavní druhy paměti – fylogenetická a ontogenetická  
Fylogenetická paměť

- Nepodmíněné reflexy.
- Instinkty.

Ontogenetická paměť

- Ontogenetickou paměť lze dělit různě:
  1. deklarativní paměť – uvědomovaná, explicitní, verbální (výroky), neverbální (představy);
    - a. sémantická složka – informace získané určitými specifickými zkušenostmi;
    - b. epizodická složka – kontextová, vzpomínky na události.
  2. nedeklarativní paměť – paměť procedurální – implicitní, není zřetelně uvědomovaná, vývojově stará paměť, paměťové obsahy obsažené v různých dovednostech.
- Klinické dělení:
  1. bezprostřední – do 30 s;
  2. recentní – několik měsíců;
  - pro vzdálené události.
- Dělení podle doby uchování paměťové stopy:
  1. krátkodobá;
  2. dlouhodobá.
- Dělení dle experimentální fiziologie:
  1. paměť pracovní – zpracovává krátkodobě;
  2. paměť provozní;
  3. zásobní.

krátkodobá

dlouhodobá - procedurální (dovenosti)

- deklarativní (sémantická, epizodní)

hippokampus - ukládání dlouhodobé paměti

mozeček - nedeklarativní motorická paměť

kortikální struktury

## 54. Uved'te tři nositele Nobelovy ceny v neurovědách a popište jejich přínos.

- Sir Edgar Adrian - popis fce neuronů (1932)
- Alan Lloyd Hodgkin, Andrew Huxley - matematický model neuronu (experiment s axonem sépie)(1963)
- Stanley Cohen and Rita Levi-Montalcini - (1986)
- Eric Kandel - ukládání paměti v neuronech
- Hubena a Wisela - kodování zrakové infomace (viz kočka)

●

**55. Uved'te 10 metod, které lze použít pro výzkum mozku.**

- EEG (electroencephalograph), MRI (magnetická rezonance), PET ?
- pitva, pokusy s laboratorníma zvířatama?
- funkci vyšetreni, fMRI, CT
- psychické testy (rorschach test :D) a jina psychologicka vyšetreni, IQ testy, evokovane potencialy

**56. Co jsou to zrcadlové neurony?**

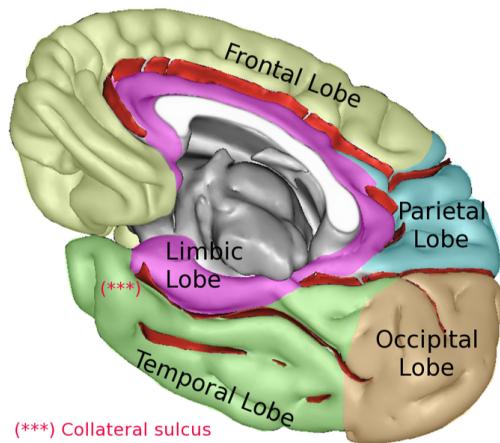
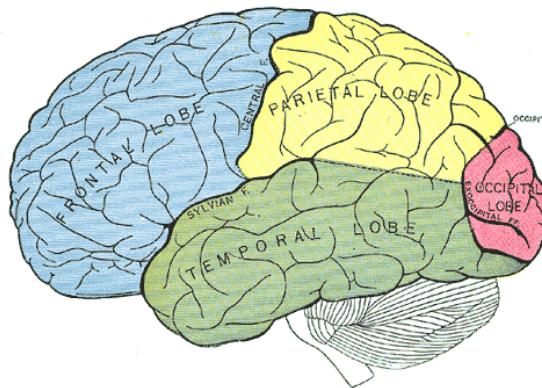
Neurony, díky kterým člověk může opakovat něco, co mu předvádí něco jiný. Zrcadlové neurony, které zážitek samy "nezažily" převezou "zkušenost".

Využití při "léčbě" Alzheimera nebo nějakých výpadků paměti - člověk opakuje, co vidí.



**57. Vyjmenujte mozkové laloky a popište jaký typ informace se v nich zpracovává?**

1. Frontal lobe, čelní lalok— conscious thought; damage can result in mood changes, social differences, etc. The frontal lobes are the most uniquely human of all the brain structures.
2. Parietal lobe, temenní— plays important roles in integrating sensory information from various senses, and in the manipulation of objects; portions of the parietal lobe are involved with visuospatial processing
3. Occipital lobe, týlní— sense of sight; lesions can produce hallucinations
4. Temporal lobe, spánkový— senses of smell and sound, as well as processing of complex stimuli like faces and scenes.
5. Limbic lobe— emotion, memory - tvoří jakousi blánu pod svrchníma lalokama
6. Insular cortex—pain, some other senses. - strukturka pod čelním lalokem (na gifu vykukuje růžově mezi zelenou a červenou oblastí)



[http://en.wikipedia.org/wiki/Lobes\\_of\\_the\\_brain](http://en.wikipedia.org/wiki/Lobes_of_the_brain)

**58. Popište jakým způsobem se kříží vizuální dráhy v optic chiasm?**

Asi stačí napsat, že z každého oka se dostanou signály do obou hemisfér a nějak se tedy spolu smíchají signály z pravého i levého oka. Často je totiž někde mylně uváděno, že signály z pravého jdou pouze do levé hemisféry a signály z

levého pouze do pravé. A ten obrázek nakreslit by nebylo špatné. A navíc to vypadá, že to, co dopadá na pravou stranu oka jde do levé hemisféry a obráceně a ze žluté skvrny to jde do obou. (T)

[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Zrakov%C3%A1\\_dr%C3%A1ha](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Zrakov%C3%A1_dr%C3%A1ha)

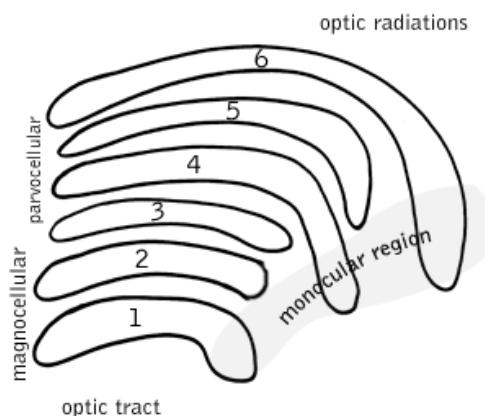
### 59. Jaký typ neuronů obsahuje LGN a k čemu slouží?

LGN = lateral geniculate nucleus v thalamu. Přijímá informace přímo ze sítnice, obsahuje vrstvy buněk mezi nimiž je neuropil. K buňky jsou mezi M a P vrstvami buněk.

M (Magnocellularní): Rods (Tyčinky); necessary for the perception of movement, depth, and small differences in brightness (kodování jasem - využít v barevných modelech)

P (parvocellulární): Cones (čípky); long- and medium-wavelength ("red" and "green" cones); necessary for the perception of color and form (fine details). (na zelenou barvu je citlivé nejvíce)

K (Koniocellularní): Short-wavelength "blue" cones. (lidské oko je nejméně citlivé na modrou barvu)



[https://en.wikipedia.org/wiki/Lateral\\_geniculate\\_nucleus](https://en.wikipedia.org/wiki/Lateral_geniculate_nucleus)

### 60. Vyjmenujte alespon tři poruchy vnímání a popište je.

- Eidetická volba – u dětí, schopnost velmi podrobně popsat to, co pozorují, napomáhá učení
- Živá představivost – hlavně osoby zvýšeně senzitivní, hysterické, někdy ztrácejí náhled, představy aktivně rozvíjejí, nabývají-li živosti → vize
- Halucinace – nejzávažnější porucha smyslového vnímání, klamné vjemy vznikající nezávisle na vnějším podnětu, o jejich realitě je subjekt přesvědčen
  - mohou ovlivňovat jeho jednání
  - získá–li pacient náhled – pseudohalucinace
- Sluchové halucinace – nejčastější, od zvuků až po slova, věty, monology
  - neutrální, arogantní, nakazují – *imperativní*
  - Čtení nebo vyzrazování myšlenek – nemocný slyší hlas, který mu opakuje, co si myslí, nemocný dojde k závěru, že mu

někdo čte myšlenky

- Zrakové halucinace – méně časté, různě složité, od obrazců po osoby
- Útrobní, coenestické, halucinace – tělové pocity, těžko odlišitelné od poruch, často sexuální obsah
- Hmatové, taktilní
- Čichové a chuťové halucinace
- Pohybové, motorické halucinace – klamný pocit pohybu vlastních údů, polohy těla nebo okolí
- Intrapsychické halucinace – nemocný tvrdí, že jsou mu vkládány do hlavy myšlenky, které nejsou jeho, prožívá to jako manipulaci, vykládá to cizí mocí...
- Inadekvátní halucinace – smyslové pocity v jiných částech těla, než je daný orgán – slyší hlasy v zubu...
- *Kombinované halucinace* – více smyslů
- Extrakampinní halucinace – domnělé jevy, které nemocný halucinuje mimo dosah příslušného smyslu, vidí člověka za sebou, apod.
- Hypnagogické halucinace – nepravé halucinace, při usínání, uvolní se snový automatismus i když člověk ještě nespí, většinou zrakové a sluchové
- Iluze – přidává vnímanému cizí, neskutečné vlastnosti, věří tomu
  - nepravé iluze (pseudoiluze) – časté v normálním životě, zkreslení jevu za různých okolností (únavy, strach, emoční vypětí...), i přehlédnutí a přeslechnutí
- původ halucinací je vždy psychotický, základem je chorobná představa nemocného, silně emočně akcentovaná

[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vn%C3%ADm%C3%A1n%C3%AD\\_a\\_jeho\\_poruchy](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Vn%C3%ADm%C3%A1n%C3%AD_a_jeho_poruchy)

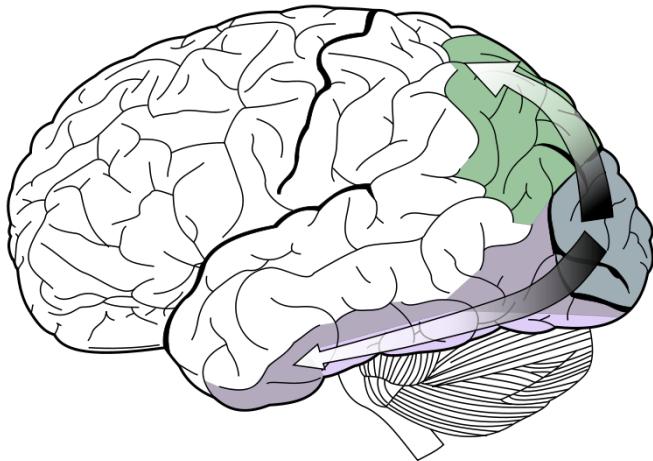
#### 61. Jaký je rozdíl mezi dorsální a ventrální vizuální drahou?

Dorsální - reprezentace lokací objektů, ovládání očí a rukou

Ventrální - rozpoznávání a reprezentace objektů, je asociována s úložištěm dlouhodobé paměti

Asi jde o to, že dorsální určuje to, kde se objekt nachází, ventrální to, o jaký objekt se jedná.

They originate from primary visual cortex.



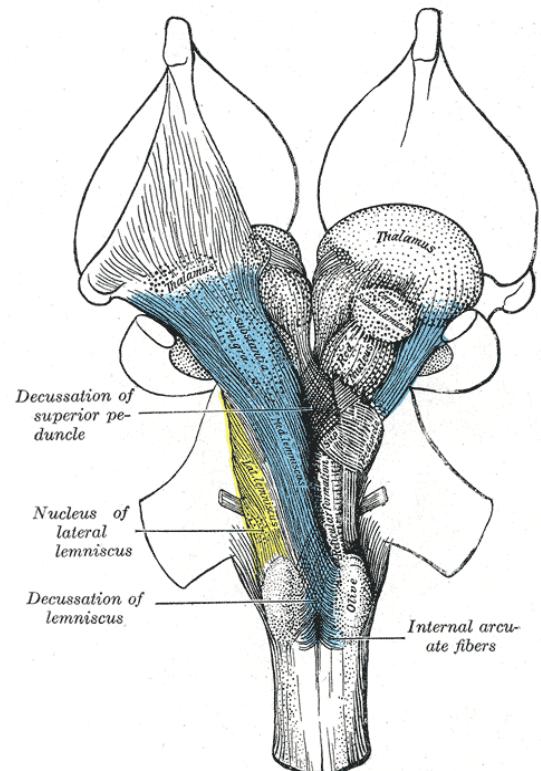
[https://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_cortex](https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_cortex)

## 62. Popište retikulární aktivační systém.

Retikulární formace (*lat. Formatio reticularis, zkráceně RF*) šedá hmota mozková, kterou tvoří více než 50 mozkových jader umístěných v mozkovém kmeni, tj. prodloužené míše, mostu, středním mozku, ale i v thalamu. Jedná se o polysynaptický a multisenzorický systém, který přijímá vzruchy ze všech specifických nervových drah. Funkčně podléhá vlivům vyšších i nižších pater centrální nervové soustavy.

V RF je centrum řízení dýchání, regulace krevního tlaku, činnosti srdce a dalších vegetativních funkcí endokrinního a trávicího systému.

- Veškerá hybnost.
- Vegetativní funkce – reguluje dýchání (obsahuje vdechové, výdechové, apneustické, pneumotaxické centrum), reguluje krevní oběh (vazokonstrikce a vazodilatace) a činnost srdeční (skrze kardioinhibiční a kardioexcitační centrum), podílí se na termoregulaci, sexuálních funkcích, regulaci příjmu potravy a tekutin (prostřednictvím hypothalamických jader RF).
- Stavy bdění a spánku.
- Formování podmíněných reflexů a zajištění regulace senzorických informací skrze aktivační vliv RF



Obrázek - retikulární formace je dole, v pravo od centra (nad olivou)

[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Retikul%C3%A1rn%C3%AD\\_formace](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Retikul%C3%A1rn%C3%AD_formace)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Reticular\\_activating\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Reticular_activating_system)

## 63. Které mozkové oblasti jsou zodpovědné za krátkodobou paměť?

- Jejím podkladem jsou reverberační okruhy (krátkodobé dočasné zapojení neuronových sítí, po kterých vzhůd krouží).
- Trvá řádově vteřiny, při poruše je poškozena vštipivost (porucha retikulární formace, frontálních laloků).
- O tom, kde se ukládá, se stále spekuluje, ale zřejmě jde o prední laloky, blízko oblasti zodpovědné za pohyb očí.

<http://www.sciencedaily.com/releases/1998/03/980302071351.htm>

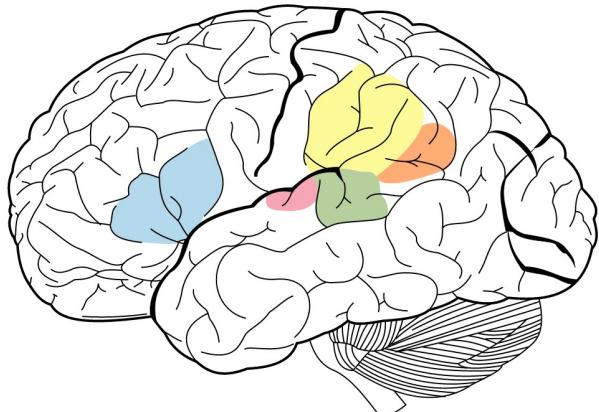
**64. Která centra jsou zopovědná za produkci a porozumění řeči a kde se nacházejí?**

systém je téměř výlučně lokalizován v levé hemisféře

Brocova oblast (**modře**) - gyrus inferior frontálního laloku, produkce řeči

Wernickeova oblast (**zeleně**) - gyrus supramarginalis v parietálním laloku a horní části laloku temporálního, porozumění řeči. Auditivní asociační kortex - matrice slov – signál přijde do sluchové oblasti, ale musí se porovnat s matricemi, aby se tomu dalo porozumět

Gyrus angularis (**oranžově**) - pochopení psanému – visuální asociační kortex



<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Neurobiologie>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Wernicke's\\_area](http://en.wikipedia.org/wiki/Wernicke's_area)

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Afasie>

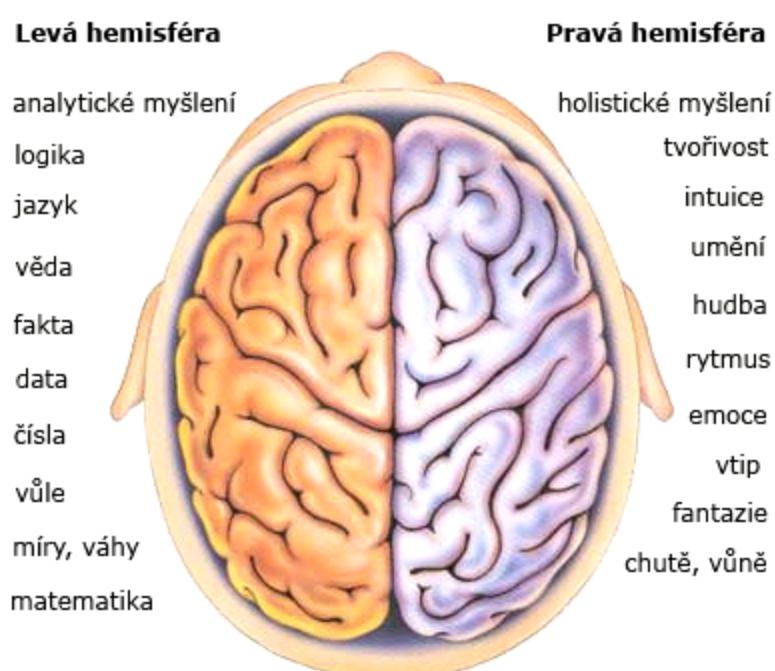
**65. Jaká je funkční specializace jednotlivých hemisfér?**

**Pravá:** obrazová a symbolová představivost, city, emoce, imaginace, kreativita, riskování, rutinní proces

**Levá:** analytické myšlení, logika, jazyk a řeč, třídění informací. u 95% praváků a 70% leváků je levá hemisféra dominantní pro řeč.

Zaměřuje se na detaily, má však problém vidět "celý obraz". nové stimulace

Obrázek:



<http://archiv.skoropsych.cz/fotogalerie.php?i=4065>

<http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/morris2/chapter2/medialib/summary/6.html>

[http://www.macalester.edu/psychology/whathap/UBNRP/Split\\_Brain/Hemispheric\\_Specialization.html](http://www.macalester.edu/psychology/whathap/UBNRP/Split_Brain/Hemispheric_Specialization.html)