



# NEINVAZÍVNY ANALYZÁTOR KRVI

# AMP

XXXIII. Konsolidačná výročná  
konferencia SSVPL SLS,

Starý Smokovec 11.-13. október 2012



# TEÓRIA (HYPOTÉZA) – MATEMATIKA – ŠTATISTIKA

- ▶ Ľubovoľný proces – jav
- ▶ Vedecký základ

**Spätná väzba**  
**Feedback**

**Domienka**  
**Hypotéza**

**Metodika**

**Štatistika**

**Matematický model**

# METODOLÓGIA - METODIKA - METÓDA

- ▶ **Metodológia** je vedecká disciplína, často interpretovaná ako súčasť logiky, pojednávajúca, či zaoberajúca sa výskumom a analýzou princípov a metód skúmania a ich aplikáciou.
- ▶ **Metodika** je špecifický súhrn alebo kombinácia niekoľkých postupov (metód), ktoré sa používajú pri riešení konkrétneho problému
- ▶ **Metóda**
  - ▶ **Induktívna** – postup od empirického štúdia javov a ich analýz k všeobecným pojmom, zákonom
  - ▶ **Hypoteticko – deduktívna** – postup, pri ktorom sa určité tvrdenia prijímú za hypotézy, ktoré sa overujú s následným vyvodením záveru, ktorý sa porovnáva s faktami
  - ▶ **Rešerž** – zbieranie materiálu potrebného na vedecké dokazovanie
  - ▶ **Kvalitatívny výskum a kvantitatívne metódy**

# KARL RAIMUND POPPER (1902-1994)



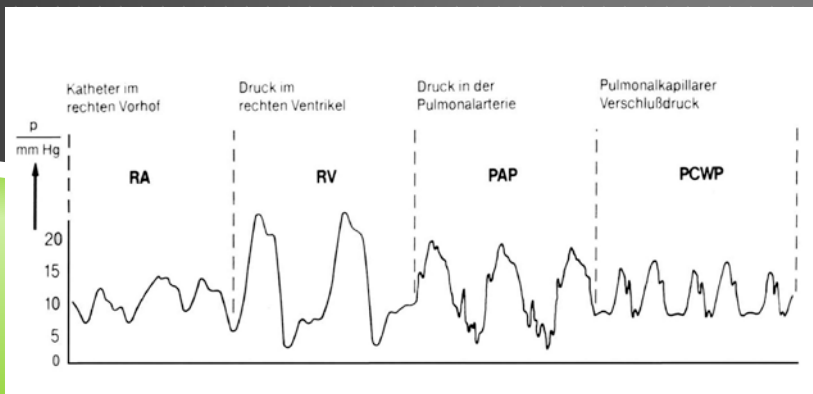
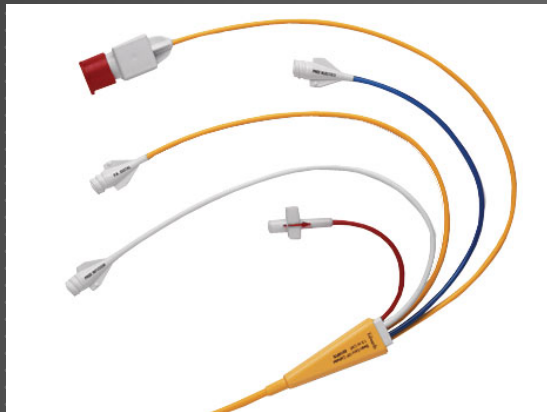
- ▶ Filozof rakúskeho pôvodu
- ▶ Popper tvrdil, že pravdivosť vedeckej teórie sa nedá dokázať, ale len empiricky testovať
- ▶ Základom vedeckého poznania nie je verifikácia (potvrdenie), ale falzifikácia
- ▶ Vedecká teória je len tá, ktorú je možné vystaviť možnosti vyvrátenia
- ▶ Netreba trvať na tom, čo teóriu potvrdzuje, ale skôr strážiť to, čo by ju mohlo vyvrátiť
- ▶ K evolúcii vedy dochádza vyvracaním starých dogiem, čím získame nový priestor na otváranie nových otázok

# PRIAMA A NEPRIAMA METÓDA V MEDICÍNE

## MERANIE TLAKU

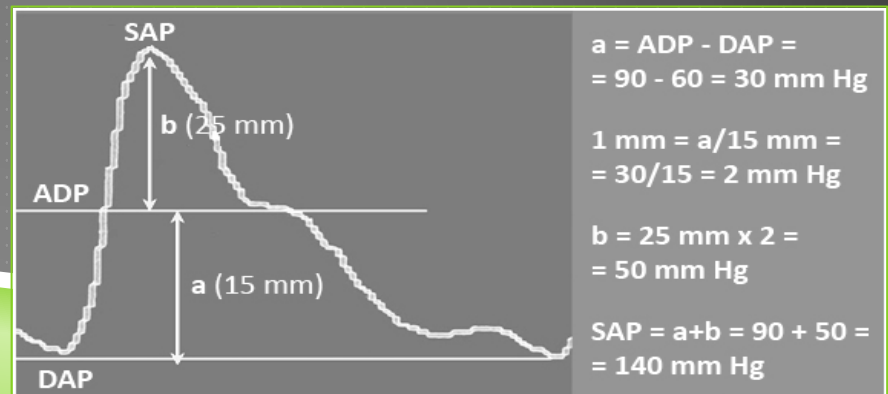
### ► Invazívne metódy

Priama manometria



### ► Neinvazívne metódy

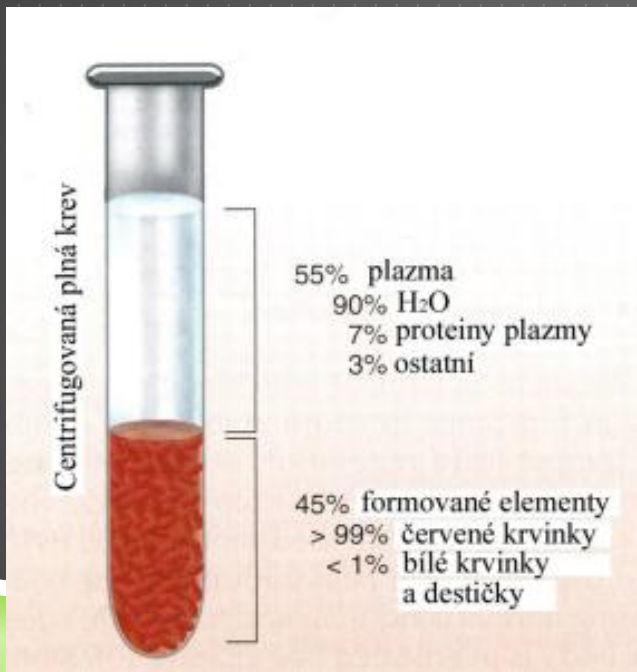
Kompresná oscilometria



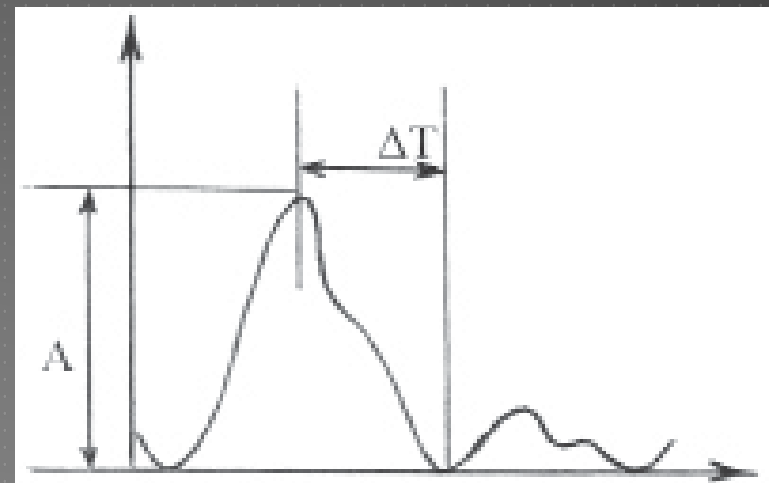
# PRIAMA A NEPRIAMA METÓDA

## MERANIA VIZKOZITY A HEMATOKRYTU KRVI

- Invazívne metódy  
Priamy odber krvi



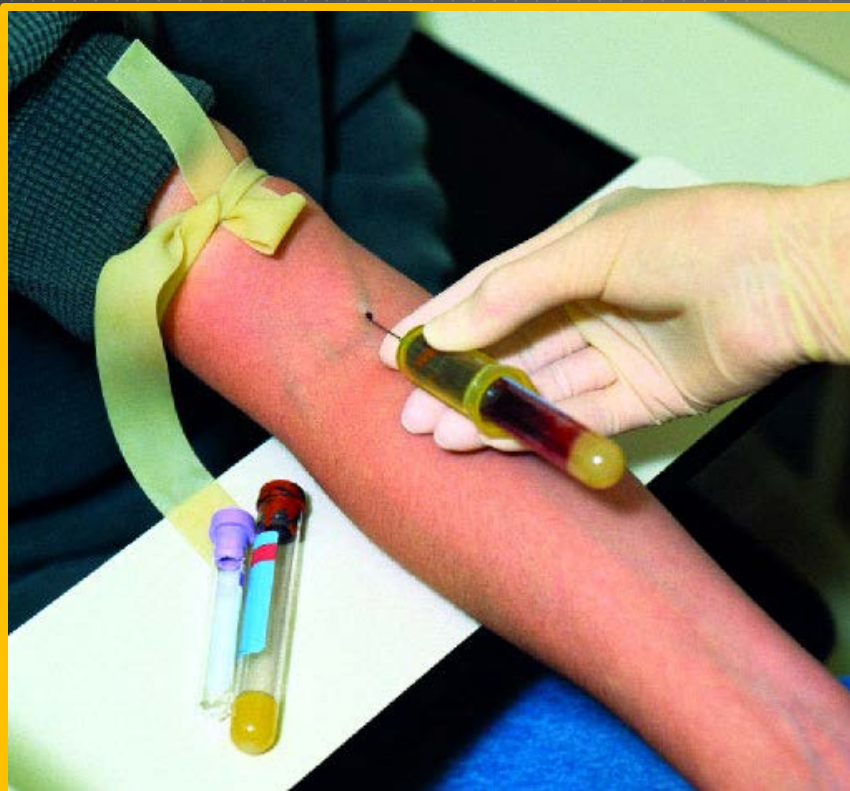
- Neinvazívne metódy  
Meranie pulznej vlny



$$Ht = \frac{1,872}{\left(\Delta T \times \frac{66,03}{A^{-0,41}} \times P_s \times P_d \times \frac{T_v}{L}\right)^{-0,2}}$$

$$V = 1,0285 \frac{1,872}{\left(\Delta T \times \frac{66,03}{A^{-0,41}} \times P_s \times P_d \times \frac{T_v}{L}\right)^{-0,2}} + 1$$

# BIOCHEMICKÁ ANALÝZA KRVI – „SÚČASNÝ ZLATÝ ŠTANDARD“?!



# NEINVAZÍVNA ANALÝZA KRVI



Neinvazívny analyzátor krvi AMP

- ▶ INSTITUTE OF NEUROLOGY, PSYCHIATRY AND NARCOLOGY OF AMS OF UKRAINE
- ▶ BIOPROMIN LTD.



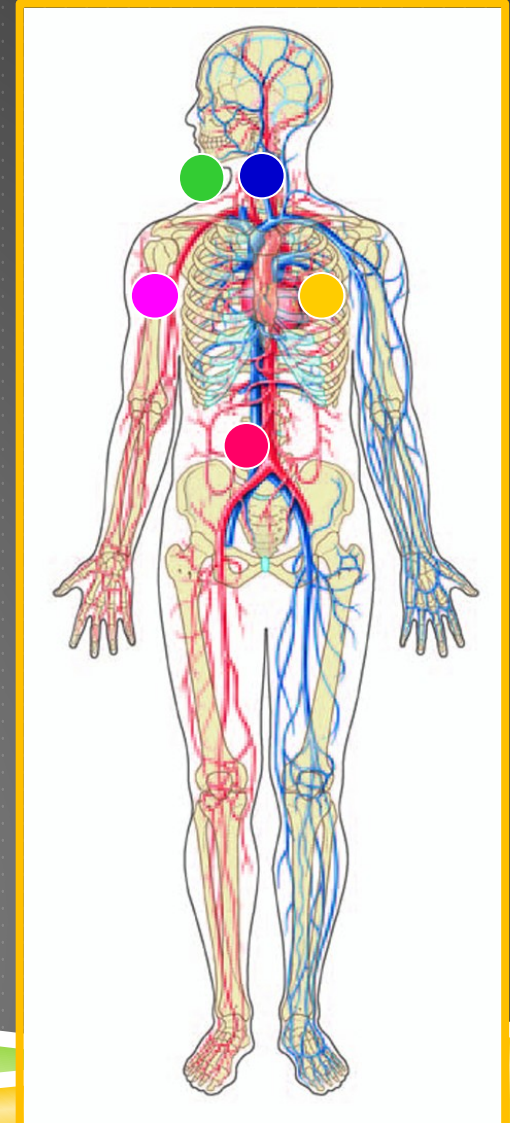
# METÓDA DR. AKAD. A. MALYCHINA

- ▶ Neinvazívny Analyzátor bol vyvinutý ukrajinskými vedcami.
- ▶ Autorom metódy je **Dr. Malychin Anatolij**, akademik Ruskej Akadémie Prírodných Vied, Doctor Medicíny, popredný vedec Inštitútu neurológie, psychiatrie a narkológie Ukrajinskej Akadémie Lekárskych Vied.
- ▶ Technická časť vývoja realizoval **Anatolij Pulavský** zo spoločnosti **BIOPROMIN**
- ▶ **Patent: UA 22161 A**
- ▶ **Publikácia: Vegetatívne paroxymálne stavy a termoregulácia organizmu**



# PRINCÍP METÓDY

- ▶ Pomocou špeciálnych termosenzorov meriame teplotu v takzvaných referenčných bodoch tela
- ▶ **Na diagnostiku využívame tieto referenčné body:**
  - Bifurkácia ľavej a pravej karotickej tepny (dva body)
  - Ľavá a pravá axila (dva body)
  - Umbilikálna oblasť (jeden bod).



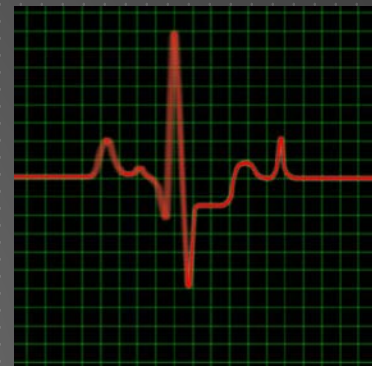
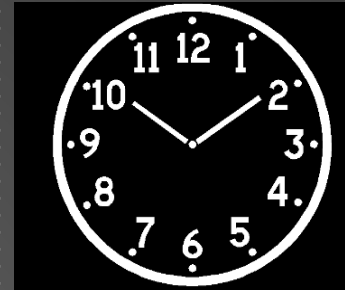
# PODMIENKY NA MERANIE

## ▶ **Trvanie:**

- ▶ 3 minúty pre deti od 3-15 rokov
- ▶ 6 minút pre skrining dospelých
- ▶ 9 minút v extrémnych prípadoch

## *Manuálne zadávané parametre:*

- ▶ **Frekvencia pulzu**
- ▶ **Frekvencia dýchania**
- ▶ **Váha pacienta**



# Používanie neinvazívneho analyzátora nemá žiaden škodlivý vplyv na pacienta

Analyzátor stanovuje skôr účinok prostredia na pacienta ako rozsah tohoto účinku, v korelácii s tvorbou a vyžarovaním teploty (entalpia a entropia energie).



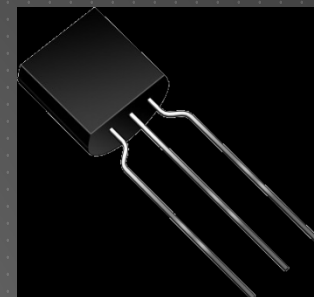
# ZLOŽENIE VZDUCHU V PROSTREDÍ

Composition of dry atmosphere, by volume<sup>[2]</sup>

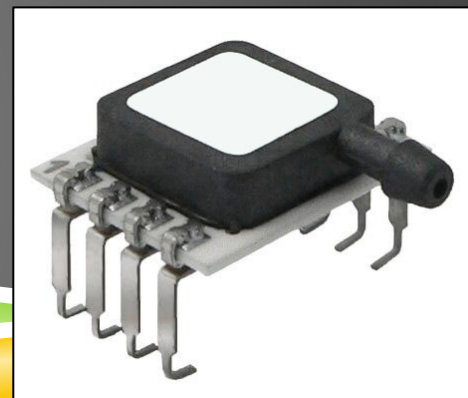
ppmv: parts per million by volume (note: volume fraction is equal to mole fraction for ideal gas only, see volume (thermodynamics))

Gas	Volume
Nitrogen (N <sub>2</sub> )	780,840 ppmv (78.084%)
Oxygen (O <sub>2</sub> )	209,460 ppmv (20.946%)
Argon (Ar)	9,340 ppmv (0.9340%)
Carbon dioxide (CO <sub>2</sub> )	394.45 ppmv (0.039445%)
Neon (Ne)	18.18 ppmv (0.001818%)
Helium (He)	5.24 ppmv (0.000524%)
Methane (CH <sub>4</sub> )	1.79 ppmv (0.000179%)
Krypton (Kr)	1.14 ppmv (0.000114%)
Hydrogen (H <sub>2</sub> )	0.55 ppmv (0.000055%)
Nitrous oxide (N <sub>2</sub> O)	0.325 ppmv (0.0000325%)
Carbon monoxide (CO)	0.1 ppmv (0.00001%)
Xenon (Xe)	0.09 ppmv ( $9 \times 10^{-6}\%$ ) (0.000009%)
Ozone (O <sub>3</sub> )	0.0 to 0.07 ppmv (0 to $7 \times 10^{-6}\%$ )
Nitrogen dioxide (NO <sub>2</sub> )	0.02 ppmv ( $2 \times 10^{-6}\%$ ) (0.000002%)
Iodine (I <sub>2</sub> )	0.01 ppmv ( $1 \times 10^{-6}\%$ ) (0.000001%)
Ammonia (NH <sub>3</sub> )	trace
<b>Not included in above dry atmosphere:</b>	
Water vapor (H <sub>2</sub> O)	~0.40% over full atmosphere, typically 1%-4% at surface

Senzor na meranie  
teploty v  
referenčných bodoch



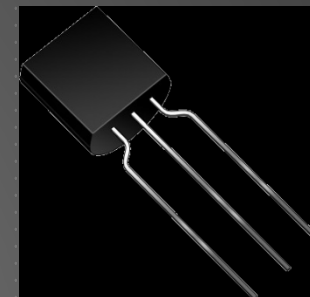
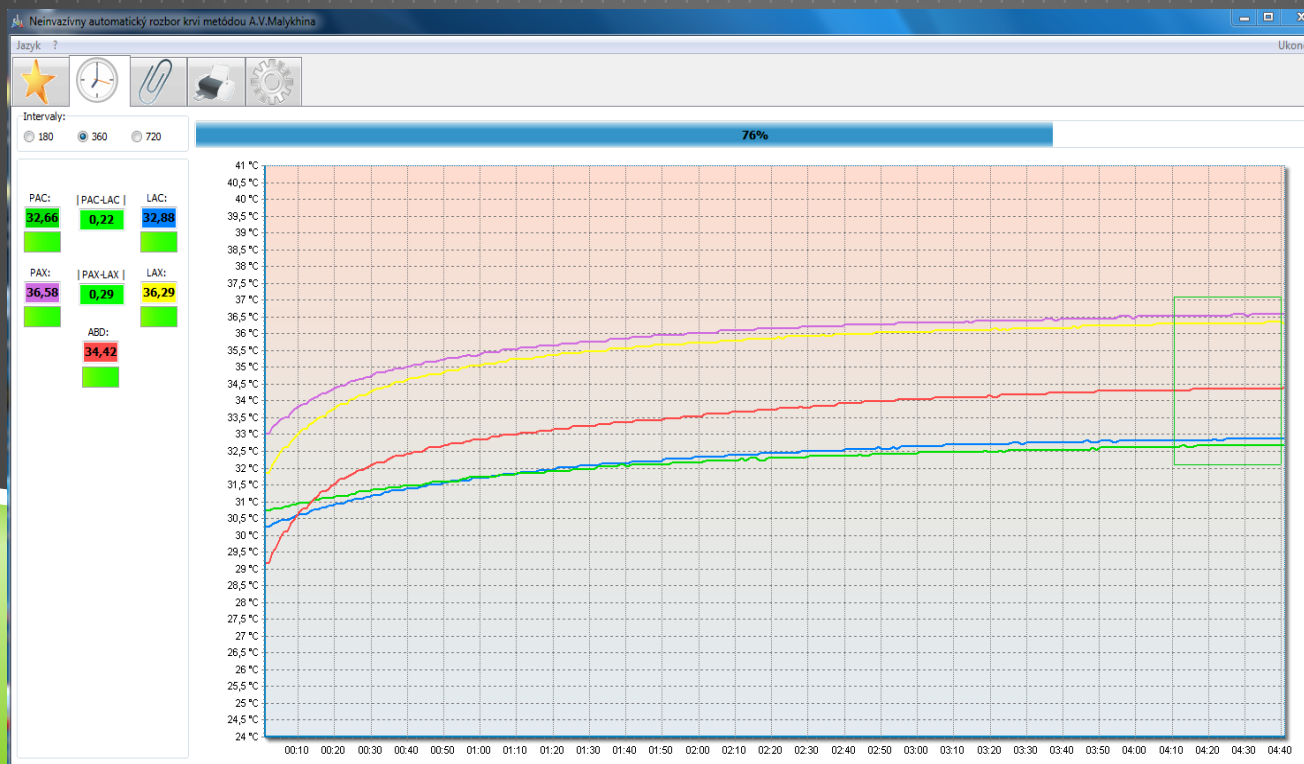
Jeden senzor počas  
diagnostiky meria  
atmosférický tlak



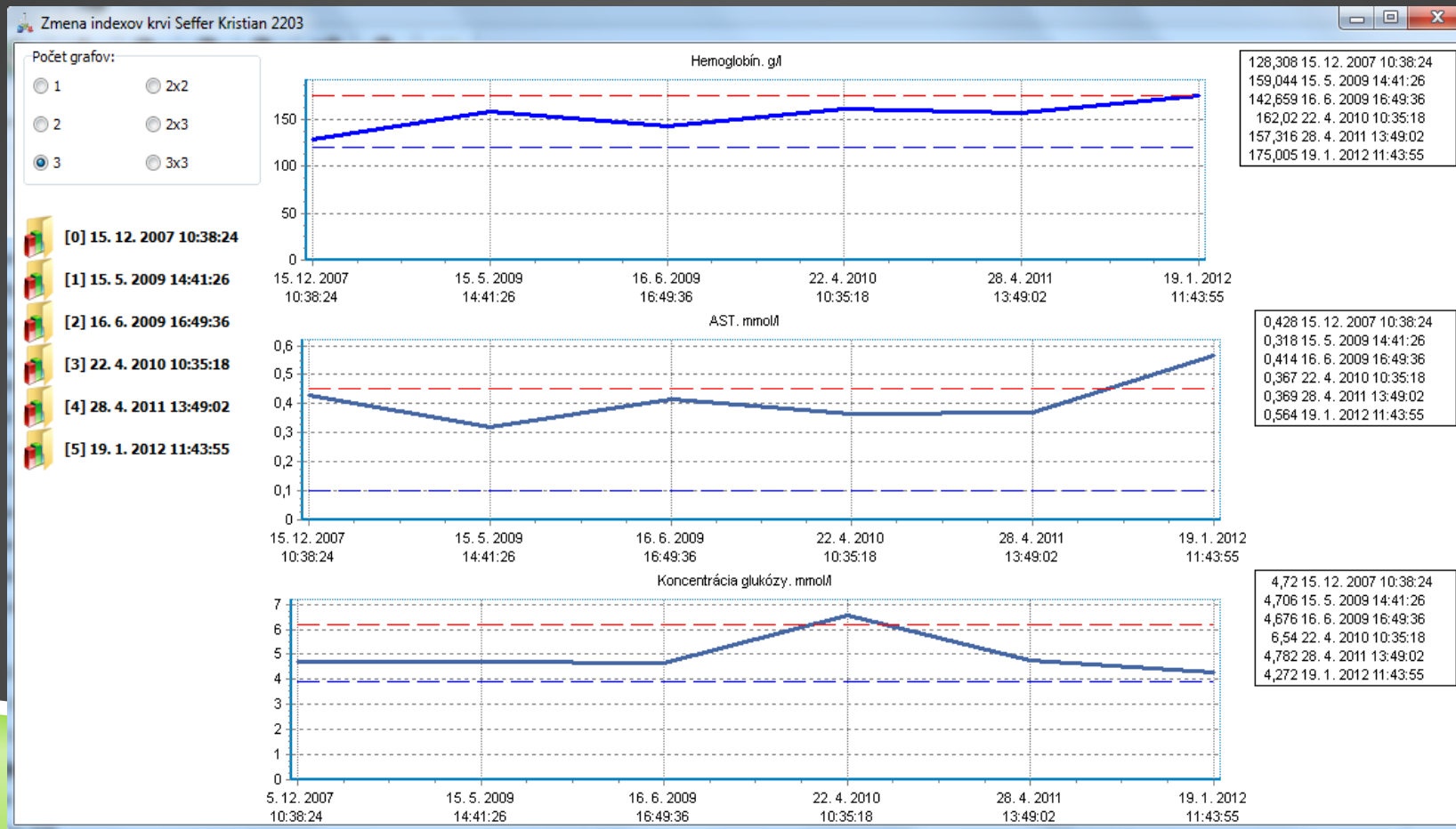
# SENZOR NA MERANIE TEPLoty

- ▶ DSI8B20 digitálny teplomer umožňuje 9-bitové až 12-bitové merania stupňov Celzius
- ▶ Rozsah pracovných teplôt je od  $-55^{\circ}\text{C}$  do  $+125^{\circ}\text{C}$  s presnosťou  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  v rozsahu od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ .

**Senzor na meranie teploty v referenčných bodoch**



# SLEDOVANIE DYNAMIKY PARAMETROV



# UKÁŽKA VÝSLEDKOV AMP



## Noninvasive Hemogram Analyzer AMP REPORT

92	The			
93	The	60	Tf	
94	pH.	61	Tf	
95	Srl.	62	Tf	
96	The	The intern		
97	The	63	Tf	
98	The	64	Tf	
99	Mu.	65	Tf	
100	My.	66	Tf	
101	The	67	Tf	
102	The	68	Tf	
103	The	69	Tf	
104	The	The intern		
105	The	70	Tf	
106	The	71	Tf	
107	The	72	Tf	
108	The	73	Tf	
109	Tot.	74	Tf	
110	Extr	75	Tf	
111	Cell	76	Tf	
112	Tot.			
113	The	77	Tf	
114	The	78	Tf	
115	The	The time		
116	Bas.	79	Pf	
117	Prot	80	Cf	
	It is preli	81	Cl	
	It is the vag	82	Tf	
	It is necessary	83	Sy	
	It is necessa	84	Di	
	There is the	85	Tf	
	the pulmonary-<	86	Tf	
	It is disting.	87	Tf	
	There is the	88	Tf	
	It may be th	89	Pf	
	There is the	90	Tf	
	The tonic di	91	Tf	
	mmol/l=2,4l			
27	The total protein. g/l	60-85	71,252	
The oxygen elimination and transportation:				
28	The plasma density.	1048-1055	1048,18	
29	The volume of circulatory blood. ml/kg	68-70	60,48	PF:20
30	The minute volume of circulatory blood. l/min	3,5-4,3	3,38	
31	The rate of O2 delivery to tissue. ml/sec	260-280	176,11	45
32	The surface of gaseous exchange. sq.m.	3500-4300	2658,50	
33	The vital capacity of lungs. sq.cm.	3500-4300	2255,61	Value
34	The transportation of oxygen. ml/min.	900-1200	803,52	
35	The quantity of assimilated oxygen on 100 gr. of tissue. ml	2,8-3,4	2,55	32,622
36	The content of O2 in arterial blood. %	95-98	83,17	1,134
37	The cardiac ejection. ml	60-90	49,18	0,930
38	The quantity of assimilated oxygen on kg. ml/min/kg	4-6	3,77	1,521
39	The pulmonary ventilation. l/min	4-12	9,12	7,305
40	The quantity of assimilated oxygen. ml/min	200-250	271,59	3,868
41	The quantity of myocardial oxygen consumption. ml/min	7-10	9,87	2,768
42	The deficit of circulatory blood. ml	0-250	246,84	4,396
43	The vital capacity of lungs in an expiration phase. sq.cm.	-----	-----	6,602
44	The maximum flow of air. l/min	74-116	91,49	
45	Test Tiffeneau. %	84-110	58,10	1,482
The time:				
46	The fibrinogen. g/l	2-3,5	2,79	1,516
47	The concentration of creatinine. mkmol/l	55-123	58,18	1,920
48	The dopamine B-hydroxylase. nanom/ml/min	28-32,5	21,16	46,481
49	The concentration of lactic acid. mmol/l	0,99-1,38	1,16	11,49"
50	The concentration of urea. mmol/l	2,5-8,3	3,81	12,37"
51	The concentration of glucose. mmol/l	3,9-6,2	4,11	76,224
52	The concentration of triglyceride. mmol/l	0,55-1,85	1,17	4,763
The cholesterol total. mmol/l				
53	The cholesterol total. mmol/l	3,11-6,48	4,38	1,370
54	B- lipoprotein. mmol/l	17-55	33,45	1,903
55	B- lipoprotein. g/l	3-6	3,36	8,228
56	Low-density lipoproteins. mmol/l	2,35-2,43	2,01	7,004
57	Lowest-density lipoproteins. mmol/l	0,2-0,52	0,41	1,389
58	High-density lipoproteins. mmol/l	1,25-4,25	1,11	9,193
The CO2 assimilation and transportation:				
59	CO2 discharge. ml/min	119-300	179,40	1,338
				1,371
				1,858

## Noninvasive Hemogram Analyzer AMP REPORT

Noninvasive screening hemogram analyzer AMP				
Name: Patient 3150				
Sex:1	Age:30	Weight:68	PS:56	BF:20
28,56		28,06		0
	25,87		143,0900	745
30,48		30,12		
No	Characteristic	Norm	Value	
Blood formula:				
1	Hemoglobin HGB. g/l	120-175	132,622	
2	Erythrocytes RBC. x10E12/l 1mm3	4-5,6	4,134	
3	Lymphocytes. %	19-37	8,930	
4	Leukocytes WBC x10E9/l	4,3-11,3	11,521	
5	Segmented neutrofiles. %	47-72	47,305	
6	Erythrocyte sedimentation rate ESR. mm/h	1-14	13,868	
7	Eosinophils. %	0,5-5,8	2,768	
8	Monocytes. %	3-11	14,396	
9	Stab neutrofiles. %	1-6	26,602	
Electrolyte metabolism:				
10	Calcium (Ca) in plasma. mmol/l	2,25-3	2,482	
11	Magnesium (Mg) in plasma. mmol/l	0,7-0,99	0,516	
12	Potassium (K) in plasma. mmol/l	3,48-5,3	3,920	
13	Sodium (Na) in plasma. mmol/l	130,5-156,6	146,481	
The system of blood coagulation:				
14	The begining of fibrillation. min	0,5-2	01'49"	
15	The end of fibrillation. min	3-5	02'37"	
16	The thrombocytes. thousands.	180-320	176,224	
17	The haematocrite. %	35-49	34,763	
The fermentative system:				
18	AST. mmol/l	0,1-0,45	1,370	
19	ALT. mmol/l	0,1-0,68	1,903	
20	AST. U/l	8-40	48,228	
21	ALT. U/l	5-30	67,004	
22	ALT/AST	0,8-1,2	1,389	
23	The amylase. g/l*h	12-32	29,193	
24	The total bilirubin. mkmol/l	8,6-20,5	11,338	
25	The conjugated bilirubin. mkmol/l	2,2-6,1	2,371	



# SPOCHYBŇOVANIE



SISYFOS

Český klub skeptiků  
Czech Skeptics' Club



**Prof. MUDr. Jiří Heřt, DrSc**

- ▶ ...Že jde v případě AMP analyzátoru o nesmysl, pochopí snad každý, kdo chodil do základní školy.
- ▶ ...Zázrak? Ale ne, jde nejspíš o hezky starý figl. Před vyšetřením na přístroji totiž udělá dobře vyškolená sestřička podrobnou anamnézu, vyptá se na příznaky, na předchozí i současné nemoci a vše poctivě zaznamená do počítače, třeba i s přesnými údaji o zdravotním stavu pacienta, pokud ten svěří sestřičce svou kartu informačního systému ISIP. A zázračná krabička snadno a bystře pomocí vhodného expertního programu může provést orientační diagnózu a podle ní také vytiskne seznam očekávaných chemických změn.
- ▶ ...Asi jsem ještě neřekl, že v reklamních materiálech na webu nikde nezjistíme, co jsou to „bioaktivní body“ a jak byly zjištěny ....
- ▶ ...Končím, protože hromaděním dalších a dalších argumentů je zbytečné posilovat to, co je „absolutní“ jistotou, totiž že analyzátor AMP je nesmyslný, autoři šarlatáni a lékaři propagátoři v lepším případě naivní důvěřivci.



## Ondřej Vrtiška

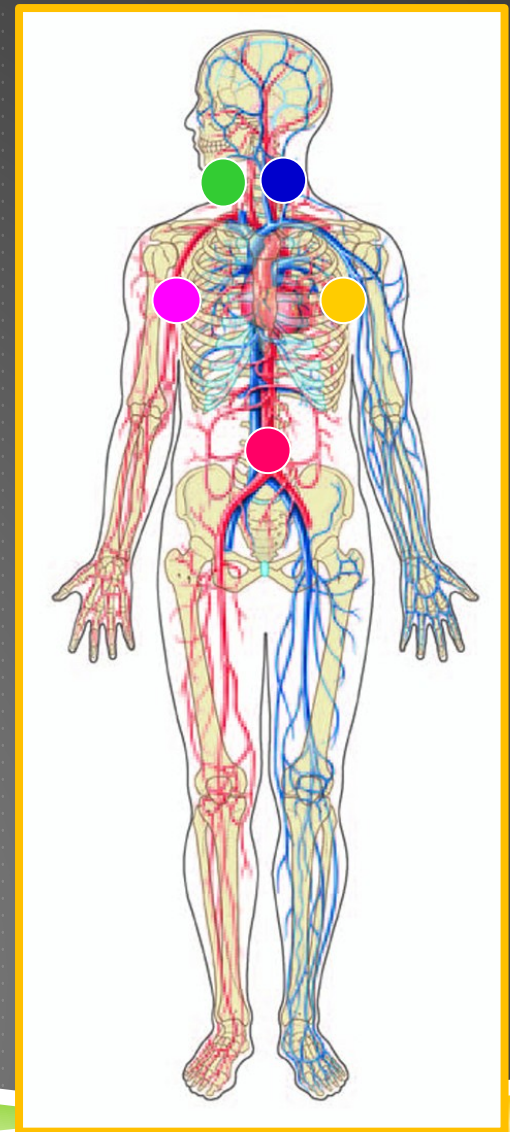
- ▶ ...Anatolije Vitalijeviče Malykhina - neurochirurga z Charkova, který metodu vyvinul. Pronesl přednášku, v níž se to hemžilo odbornými výrazy: peptidová vazba, koenzymy, oxidoreduktázy, laktátdehydrogenázy, chaperony, neurotransmitery, mediátory, fosfolipidy... Vybaven polozapomenutými znalostmi z přednášek z biochemie a fyziologie jsem měl pocit, že jsou nám předčítána vysokoškolská skripta. Jen mi nějak uniklo, jak dlouhý proslov souvisí s oněmi pěti čidly měřícími teplotu.
- ▶ „... absence hodnověrných důkazů účinnosti, princip metody popírající základní poznatky přírodních věd.“

# REFERENČNÉ „BIOAKTÍVNE BODY“

Čo sú tie „bioaktívne body“ (uprednostňujeme označenie „referenčné body“), a kde sú umiestnené?

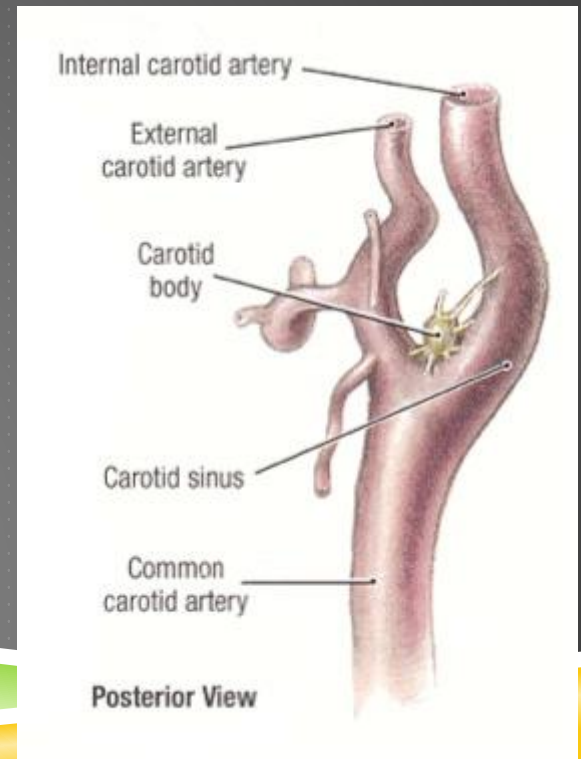
**Malychin zvolil 5 bodov na ľudskom tele, kde sa umiestňujú termosenzory.**

- ▶ Bifurkácie pravej a ľavej krčnej tepny (dva body)
- ▶ Pravé a ľavé podpazušie (dva body)
- ▶ Pupok / Regio paraumbilicalis (jeden bod)



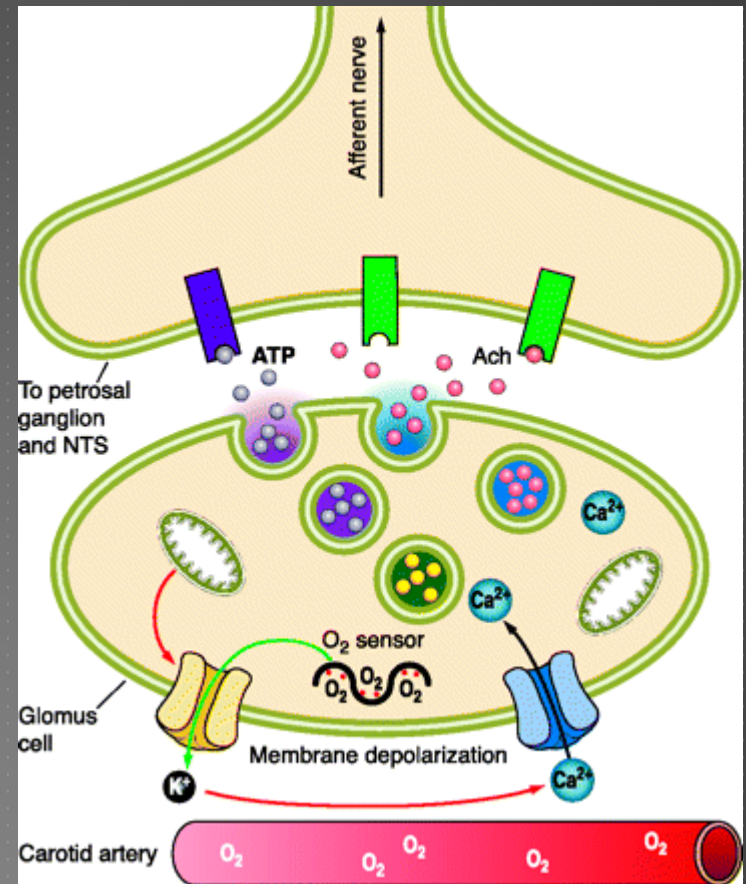
# BIFURKÁCIE PRAVEJ A ĽAVEJ KRČNEJ TEPNY

- ▶ Bifurkácie pravej a ľavej krčnej tepny – umiestnenie najdôležitejšieho chemoreceptora tzv. karotídne teliesko (glomus caroticum)
- ▶ Fernando De Castro (1925 – 1929) Laboratorio de Investigaciones Biológicas (Madrid, Spain) študoval novými histologickými postupmi a jemnú štruktúru a inerváciu karotidného telieska. Opisal jeho presnú lokalizáciu. Karotidne teliesko považoval za senzorný receptor (chemoreceptorov) glomulárnych buniek, ktoré sú špecificky určené na detekciu zmien chemického zloženia krvi.
- ▶ **Za hypotézu chemoreceptorov bola v roku 1938** Corneille Heymans
- ▶ udelená Nobelova cena za Fyziológiu alebo Medicínu.

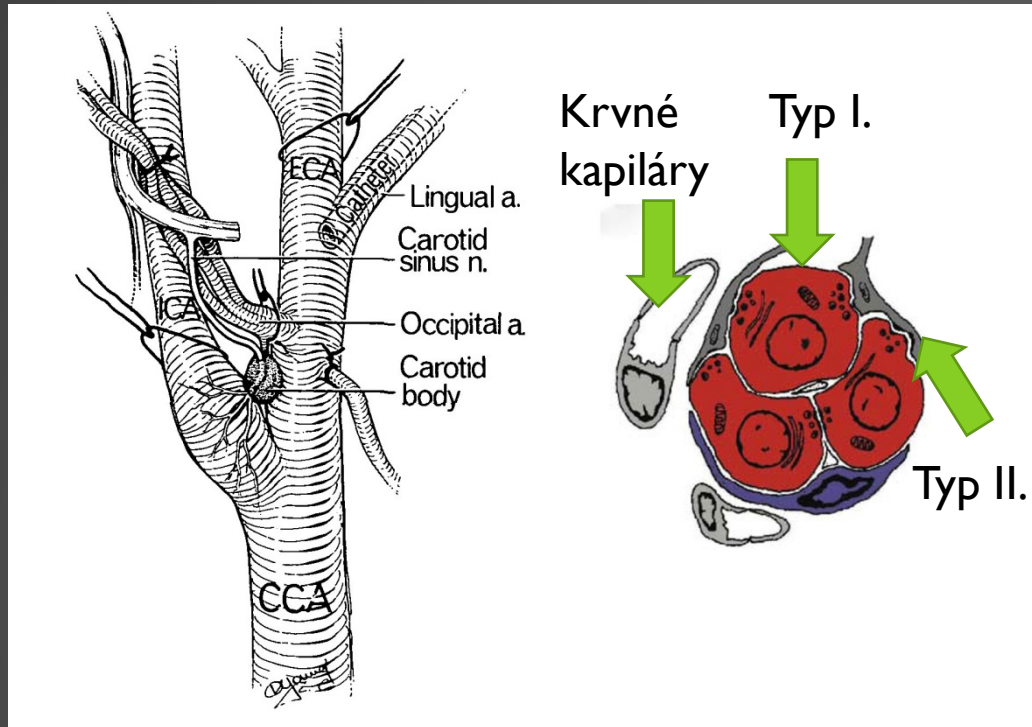


# KAROTÍDNE TELIESKO

- ▶ **Karotídne teliesko** je bilaterálne umiestnené na bifurkácii krčnej artérie, má najväčší pomer prietoku krvi k metabolizmu v tele (2000ml/min na 100g)
- ▶ anatomicky a biochemicky veľmi zložitý orgán.
- ▶ Nielen, že má bunky, špecializujúce sa na snímanie hladiny kyslíka, ale v skutočnosti, sú to polymodálne a veľmi citlivé bunky na rôzne druhy stimulov, ako sú tlak, hyperkapnia, acidóza, hyperkaliémia, hyposmolalita, cirkulujúce hormóny, hypertermia, hypoglykémia a na početné farmakologické preparáty.



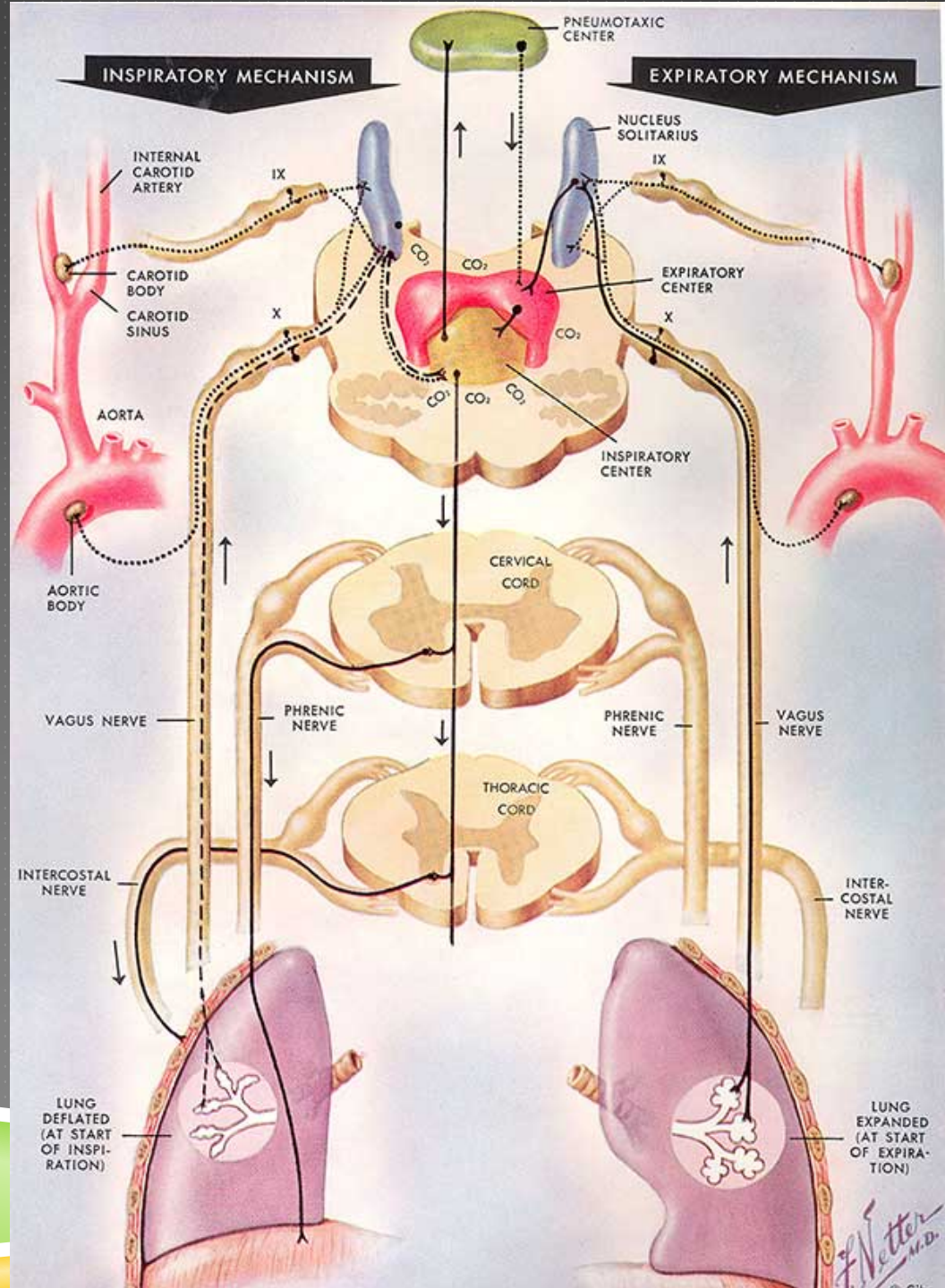
# CHEMORECEPTOR KAROTÍDNE TELIESKO



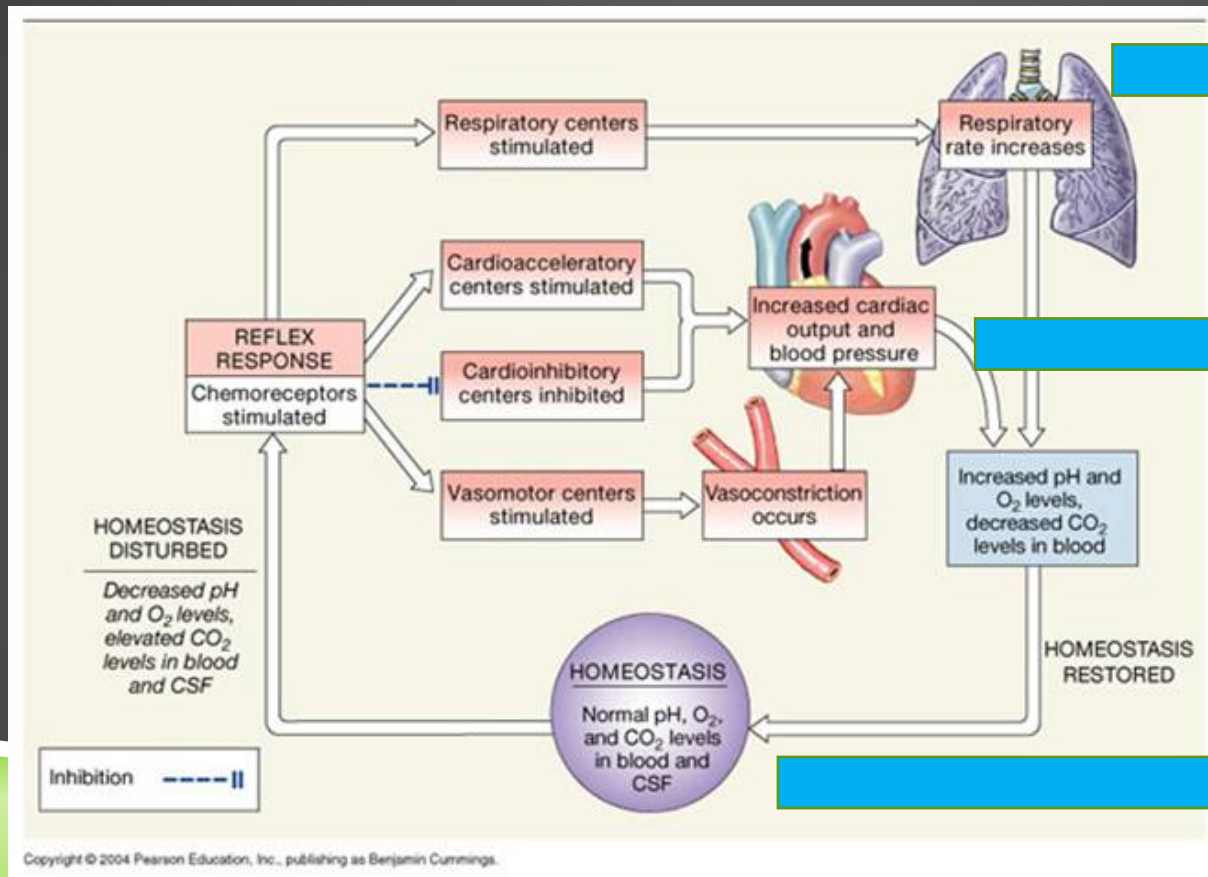
## Anatomická štruktúra karotídneho telieska

- Karotídne teliesko tvoria dva typy buniek: **glomulárne** (typ I) a **podporné** (typ II). Glomulárne bunky sú neuronálny druh, ktoré sú považované za hlavné bunky senzibilné na hypoxiu.

# NEURÁLNA REGULÁCIA DÝCHANIA



# REGULÁCIA HOMEOSTÁZY PROSTREDNÍCTVOM KAROTÍDNEHO TELIESKA



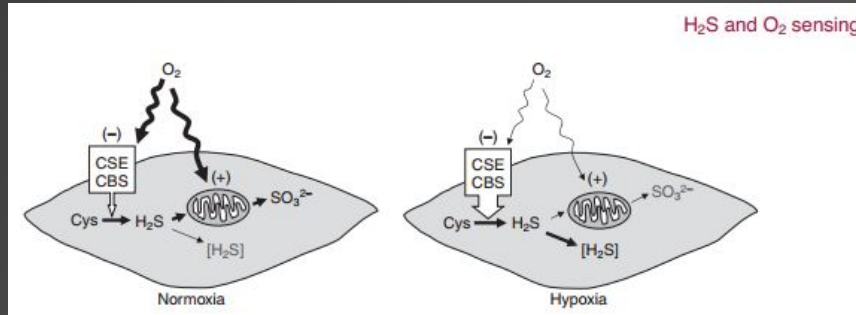
Frekvencia dýchania –  
zadáваме do AMP  
pred meraním

Pulzová frekvencia –  
zadáваме do AMP  
pred meraním

Teplota – meriame  
prístrojom AMP



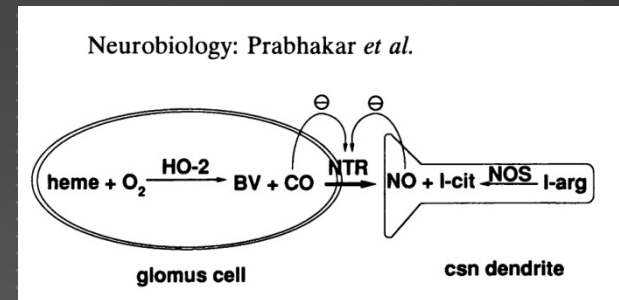
# PLYNNÝ MESSENGER „H<sub>2</sub>S“



- ▶ Glomerálne bunky exprimujú cystation gama lyázu (CSE), enzým generujúci H<sub>2</sub>S. Hypoxia indukuje tvorbu H<sub>2</sub>S, excitáciu senzorov a stimuluje dýchanie ako odozvu na nízku hladinu O<sub>2</sub>.
- ▶ Bunky karotidného telieska, senzibilné na kyslík, ako aj krvné cievy, dýchacie cesty a nadobličky iniciujú životne dôležitú homeostázu v odpovedi na hypoxiu a hypoxémiu.

The Journal of Experimental Biology 211, 2727-2734, Published by The Company of Biologists 2008, doi:10.1242/jeb.010066  
Commentary - Hydrogen sulfide and oxygen sensing: implications in cardiorespiratory control; Kenneth R. Olson

# PLYNNÝ MESSENGER „CO“

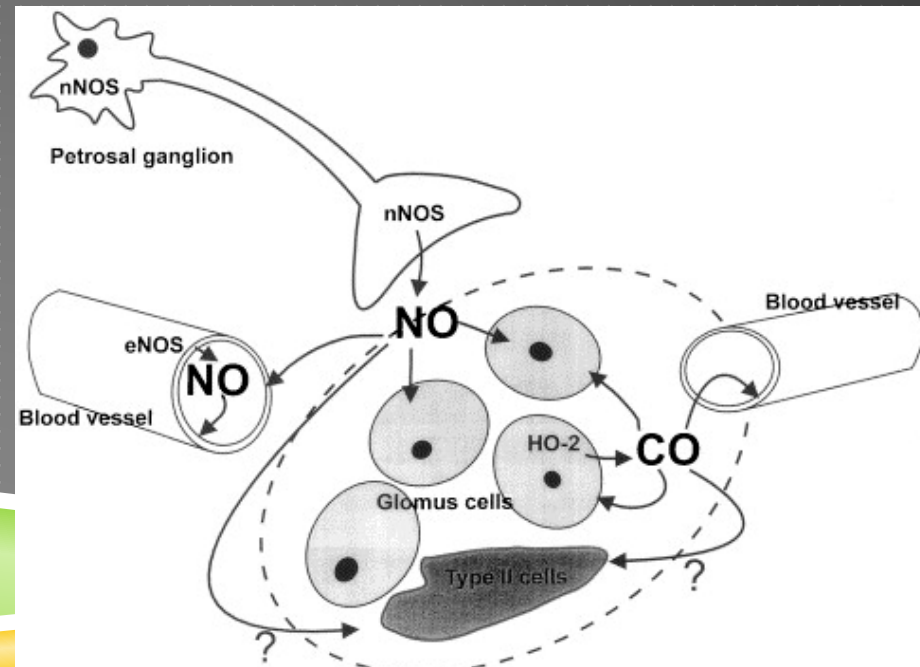


- ▶ Hemoxigenáza 2 (HO-2) štiepi hem na železo Fe, biliverdín (BV) a tiež CO v reakcii absolútne závislej od molekulárneho O<sub>2</sub>.
- ▶ HO-2 je exprimovaný na glomulárnych bunkách karotídneho telieska.
- ▶ Glomulárne bunky uvoľňujú exitačné transmitery (NTR), zväčšujúc tak stimuláciu nervových vzruchov karotídneho sinus nervu.
- ▶ CO inhibuje uvoľňovanie týchto transmiterov prostredníctvom autokrinného alebo parakrinného pôsobenia na glomulárne bunky.
- ▶ **Hypoxia teda priamo inhibuje HO-2 aktivitu prostredníctvom zníženia dostupnosti O<sub>2</sub> čo vedie k zvýšenej aktivite karotidného sinus nervu.**

# PLYNNÝ MESSENGER „NO“

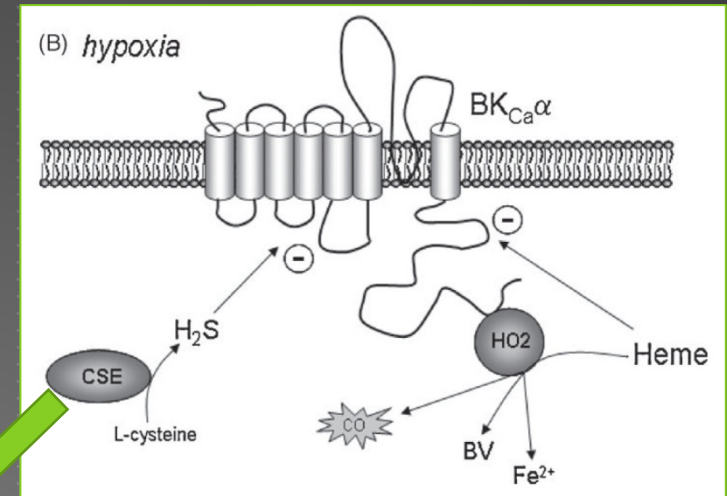
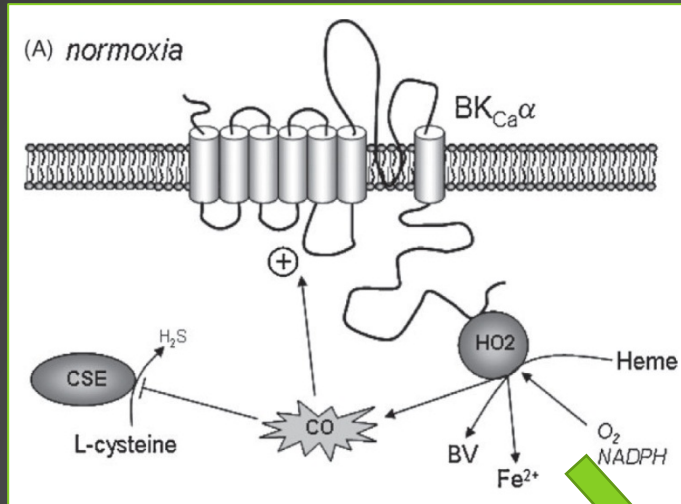
- ▶ Neuronálna NO-syntetáza (nNOS) premieňa L-arginín na NO a citrulín (cit.). nNOS je lokalizovaná na karotídnych sínus neurónoch (CSN), ktoré majú synaptický vstup na glomulárnych bunkách.
- ▶ nNOS inhibujú akceleráciu stimulácie karotídneho sínus nervu prostredníctvom odstránenia tonického inhibície fyziologických aktivít pomocou NO na glomulárne bunky. NO z karotídnych sínus neurónov reguluje glomulárne bunky ako spätný messenger. Hypoxia zväčšuje sekréciu glomulárnych buniek a stimuláciu karotídneho sínus nervu.

- ▶ **CO/NO – HO-2/nNOS**  
fyziologicky inhibujú aktivity  
karotidného telieska.

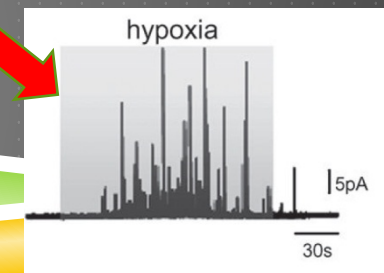
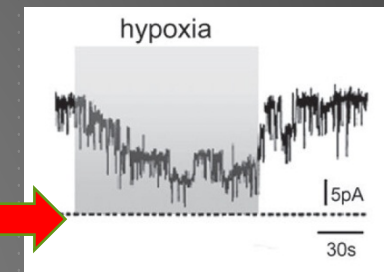
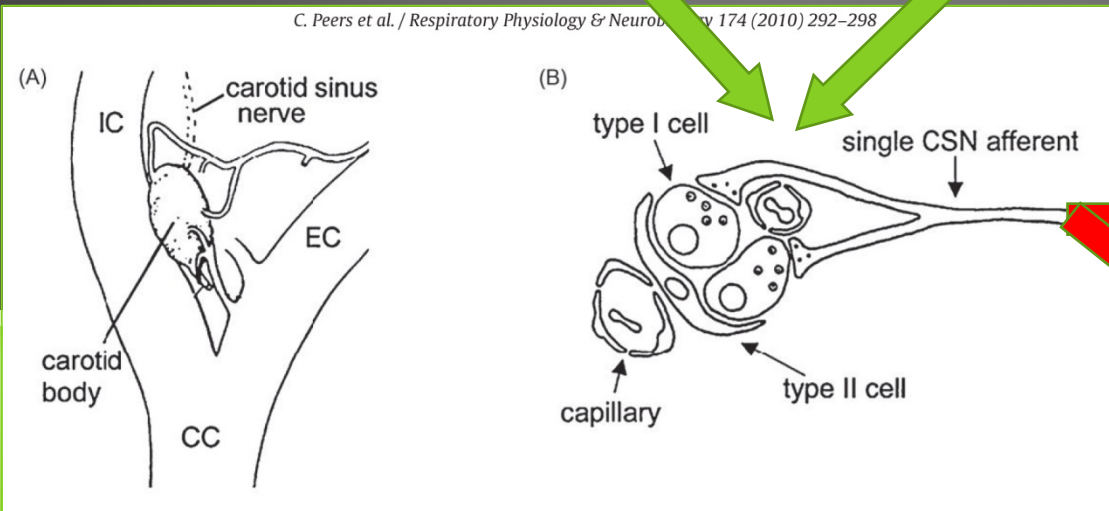


# NO, CO, H<sub>2</sub>S – PLYNNÉ MESSENGERY – AKÚTNA REGULÁCIA O<sub>2</sub> - KAROTÍDNE TELIESKO

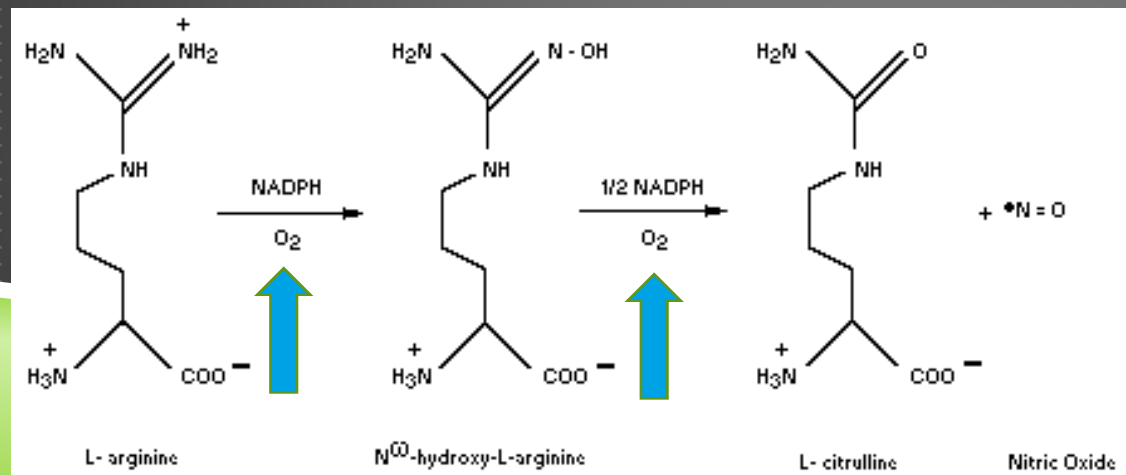
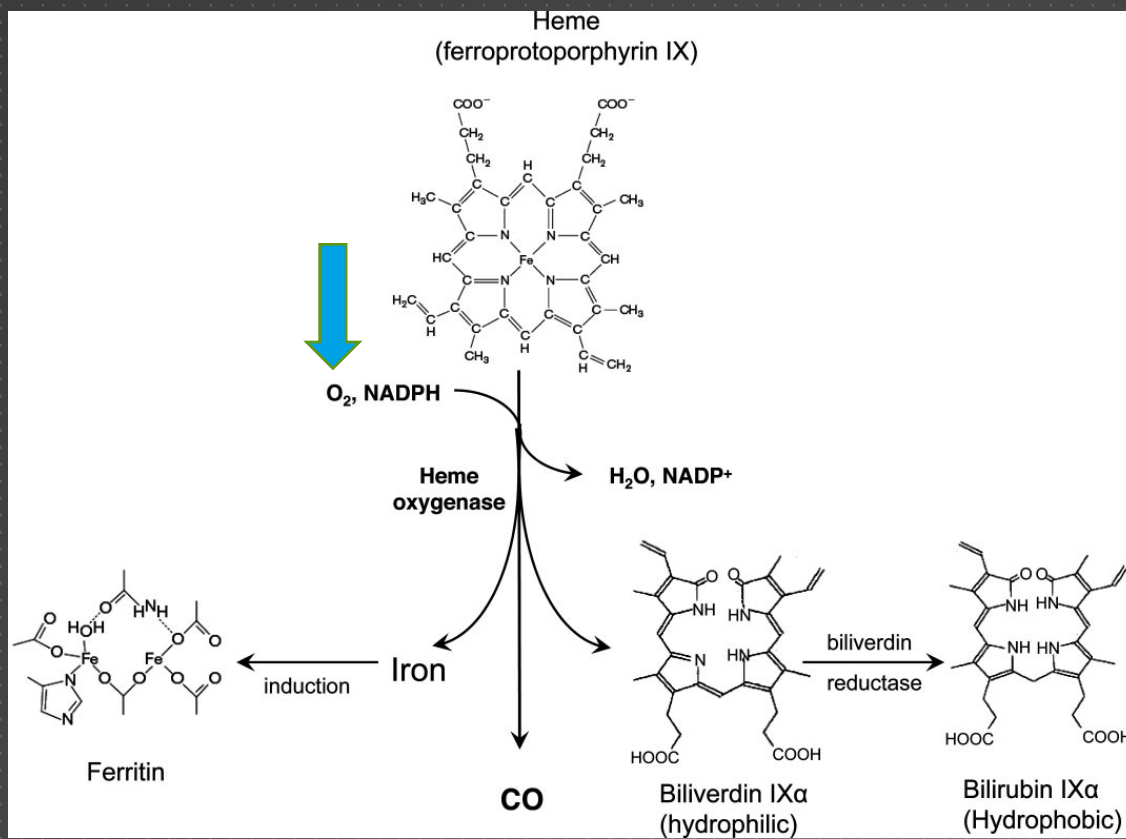
**Normoxia  
versus  
Hypoxia**



C. Peers et al. / Respiratory Physiology & Neurobiology 174 (2010) 292–298



► **Molekulárny kyslík  $O_2$**   
 (označený šípkami ↓)



# O<sub>2</sub> verzus T<sub>b</sub>

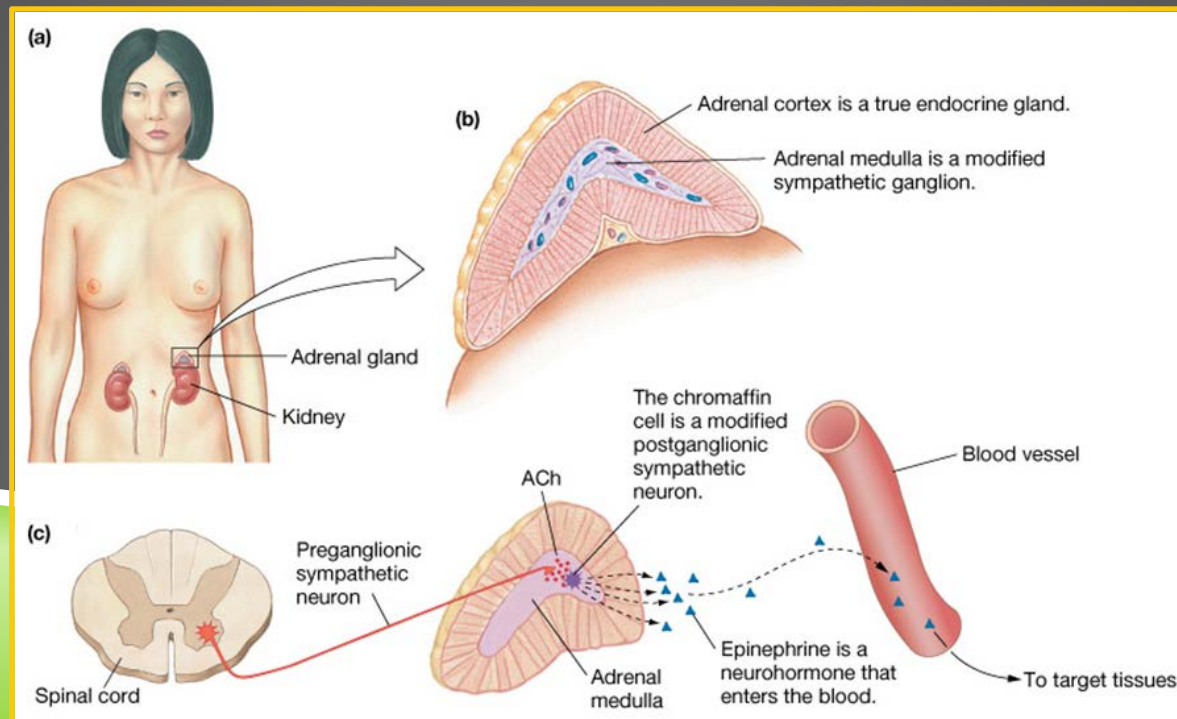


- ▶ U potkanov počas progresívnej hypoxie indukovanej krokovými zmenami v F<sub>IO<sub>2</sub></sub> (F<sub>IO<sub>2</sub></sub> 21, 17, 14, 12 a 10%) pri teplote okolia T<sub>am</sub> 25, 15 a 5 °C sa pozorovalo zníženie teploty jadra tela T<sub>b</sub>, **ktoré dosahovalo 0,27 °C/ml.min.kg spotrebovaného kyslíka (V<sub>O<sub>2</sub></sub>), nezávisle na T<sub>am</sub>.**
- ▶ F<sub>IO<sub>2</sub></sub> – frakčná koncentrácia kyslíka vo vdychovanom vzduchu

*Respir Physiol.* 1994 June; 97(1):79-91.; *Ventilatory and metabolic responses to cold and CO-induced hypoxia in awake rats.*; [Gautier H](#), [Bonora M](#).

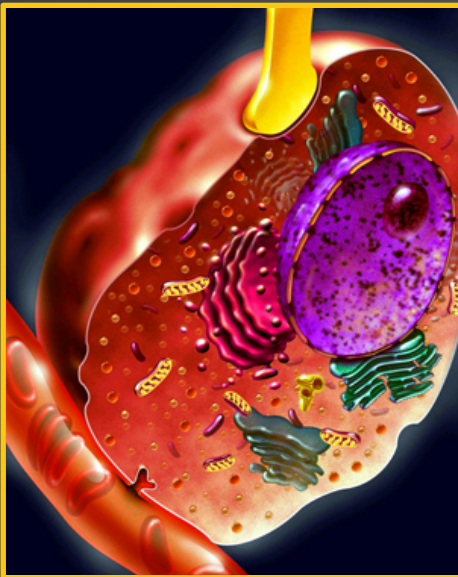
# PARAUMBILIKUM

- ▶ Dreň nadobličiek - efektorový orgán sympatiko-adrenálneho systému - produkuje adrenalín a v menšej miere noradrenalín, priamo reaguje na určité stresory - hypoxia a hypoglykémia.
- ▶ Dreň nadobličiek je inervovaná senzitívnymi vláknami spinálnych a vagových aferentných neurónov.
- ▶ Dreň nadobličiek slúži aj ako chemosenzor.



# DREŇ NADOBLIČIEK

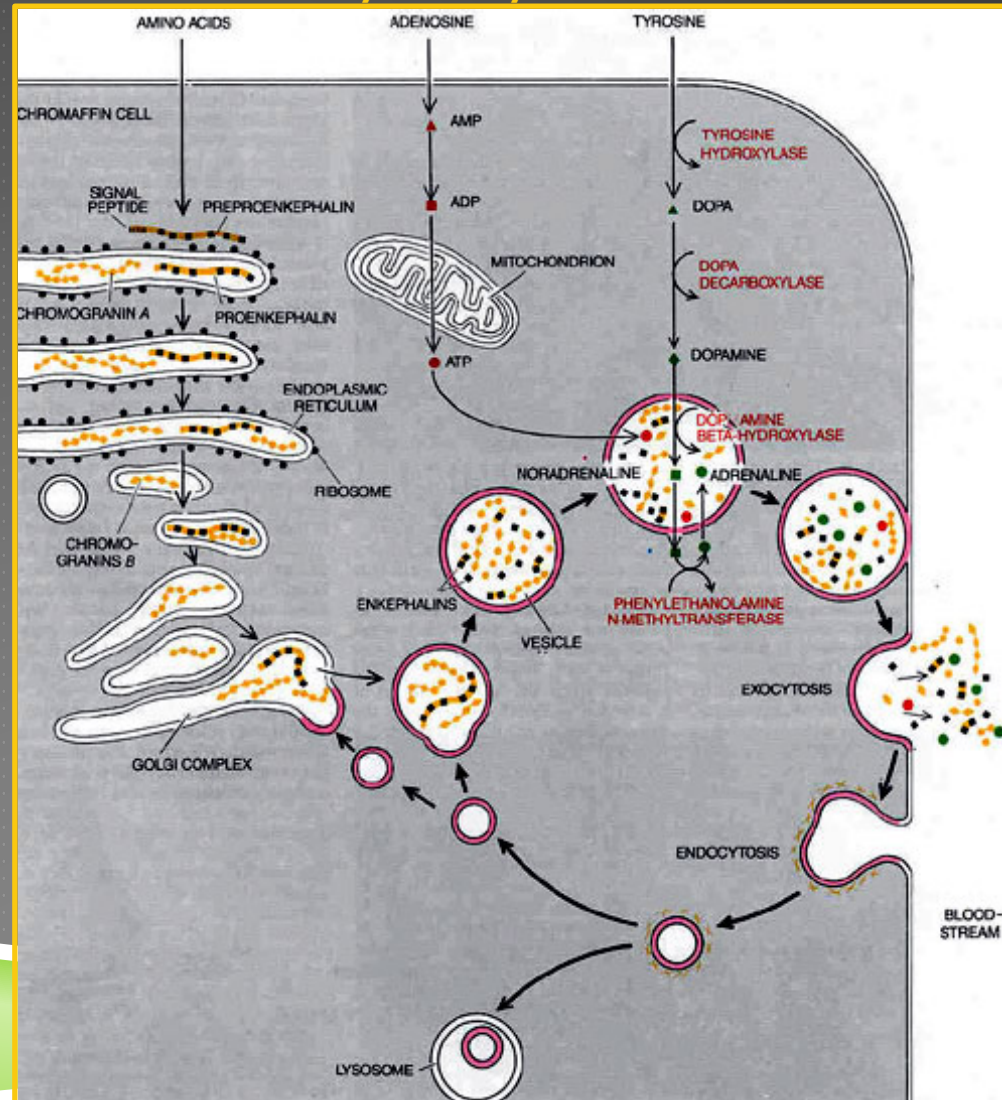
Chromafínová bunka



Exocytóza

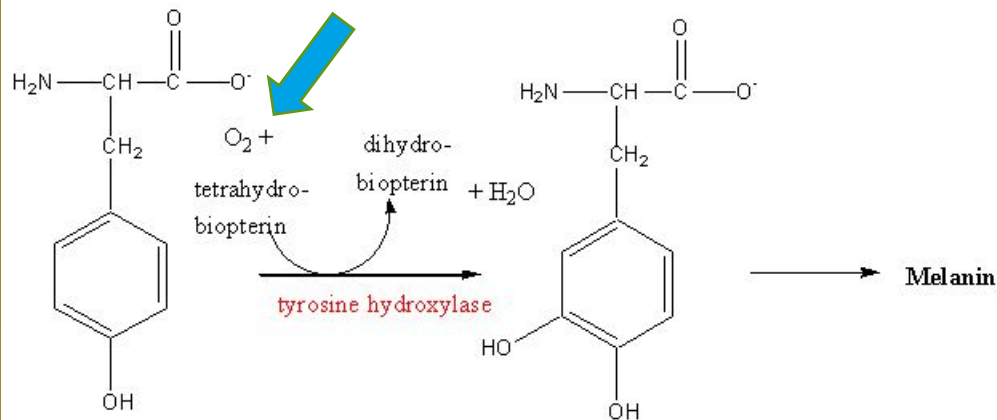


Tyrozínový metabolizmus





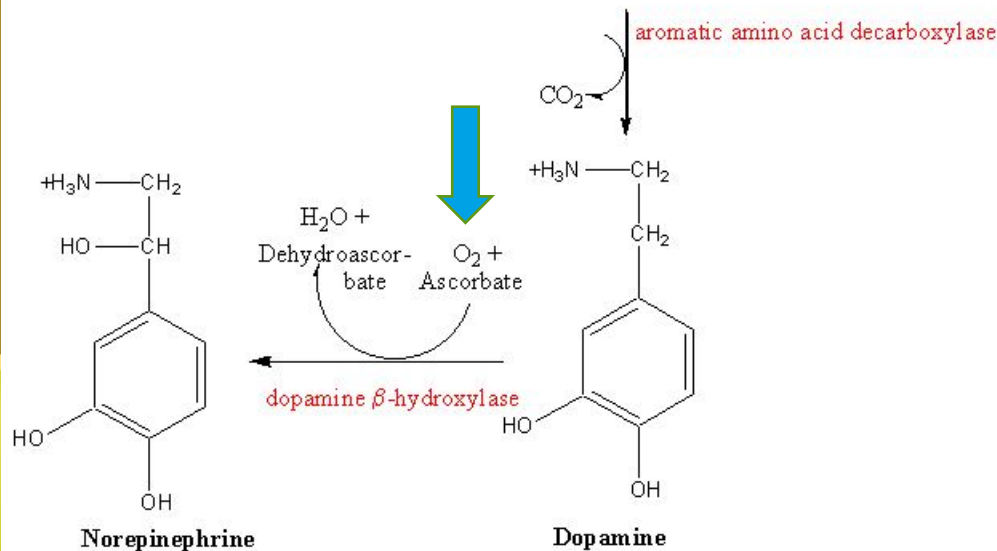
# SCHÉMA METABOLIZMU TYROZÍNU



Tyrosine

Dihydroxyphenylalanine (L-DOPA)

Melanin



Norepinephrine

Dopamine

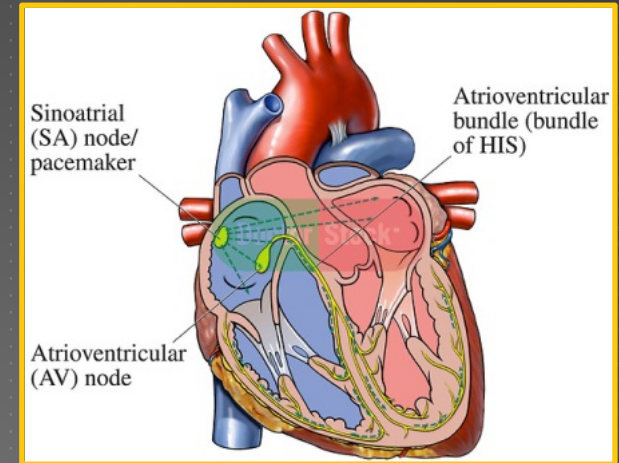
Tyrozín je metabolizovaný na L-DOPA, následne cez dopamín na nor-epinefrín.

Tento proces prebieha za prítomnosti molekulárneho kyslíka  $O_2$  (označené šípkami ↓)

# REGULÁCIA SRDCOVÉHO PULZU

## Nervová regulácia

- ▶ Rýchlosť srdcového tepu, rovnako ako jeho sila sú v rámci dvoch kardiovaskulárnych centier autonómneho nervového systému. Tieto centrá sú umiestnené v hornej časti ventrálnej steny predĺženej miechy.



## Hormonálna regulácia

- ▶ Skladá sa z dvoch amínových hormónov - **epinefrínu** (adrenalín) a **norepinefrínu** (noradrenalín), ktoré sú vylučované z drene nadobličiek.
- ▶ Oba hormóny akcelerujú rýchlosť srdcového tepu, ale pôsobia v rôznych podmienkach. Epinefrín zvyšuje srdcový tep počas „núdzových“ podmienok, zatiaľ čo norepinefrín zvyšuje srdcový tep za normálnych podmienok.

**ZÁKONY  
POUŽITÉ PRIVÝPOČTE  
CHEMICKÝCH A FYZIOLOGICKÝCH  
PARAMETROV KRVÍ  
A JEDNOTLIVÝCH ORGÁNOV**

# RÝCHLOSŤ PRÍRASTKU KONCENTRÁCIE LÁTKY

- ▶ Fyzikálna chémia skúma rýchlosti prebiehajúcich chemických zmien (reakcii) a faktory vplývajúce na túto rýchlosť – chemická kinetika.



- ▶ Všeobecne sa akceptuje pojem, že rýchlosť charakterizujeme zmenou parametra v čase. Pri chemickej reakcii prebieha zmena množstva látok ni.
- ▶ Ak chceme vedieť či daná reakcia prebieha v reaktore – bunke
- ▶ Molárna koncentracia  $C_i = n_i/V$
- ▶ Potom rýchlosť chemickej reakcii i-komponentu

$$r_i = \pm \lim_{\Delta\tau \rightarrow 0} \Delta C_i / \Delta\tau \quad r_i = \pm dC_i / d\tau \text{ [mol/(liter*s)]}$$

$$r_i = - \frac{\Delta[A]}{\Delta[t]} = - \frac{[A]_2 - [A]_1}{[t]_2 - [t]_1}$$

- ▶  $r_i$  - sa doteraz nazývala reakčnou rýchlosťou. V súčasnosti sa pre túto veličinu zaviedlo označenie **rýchlosť prírastku koncentrácie látky A**
- ▶ a závisí od **povahy reagujúcich látok** (skupenstvo), od **teploty** a od **koncentrácie**
- ▶ V reakčnej kinetike sa zaviedol spôsob vyjadrovať chemické rovnice v anulovanom tvare, ktorý vo všeobecnosti má tvar:



- ▶  $v$  - stechiometrický koeficient, pri východiskových látkach majú (-) hodnotu

# LÁTKA – SÚSTAVA

- ▶ Jednou z foriem existencie hmoty je látka. Látka sa skladá z častíc, ktoré majú určitú pokojovú hmotnosť alebo inak za látku považujeme súbor elementárnych častíc (elektrónov, protónov, neutrónov a i.), zoskupenia atómov, molekúl a iónov, koloidné častice a rôzne makroskopické útvary v rozličných skupenských stavoch.
- ▶ Množstvo látky priestorovo ohraničené, vyznačujúce sa určitým geometrickým tvarom, je teleso.
- ▶ Sústava (systém) je časť priestoru, oddelená od okolia skutočným alebo mysleným rozhraním. V sústave môže byť látka alebo zmes chemických látok, ktoré predstavujú jej zložky. Sústava je definovaná tým, že udáme, čo do nej patrí. Sústavy môžu byť homogénne alebo heterogénne.
- ▶ Fáza je homogénna časť heterogénnej sústavy, od inej časti fyzikálne oddelená a ohraničená rozhraním.
- ▶ Chemicky čistá látka alebo chemické individuum je chemická látka určitých fyzikálnych a chemických vlastností, ktoré sa nemenia a jeho zloženie je vyjadrené chemickým vzorcom.

# ZÁKON ÚČINKU HMOTNOSTI (GULDBERG-WAAGOV ZÁKON)

- ▶ závislosť rýchlosti reakcie od koncentrácie reagujúcich látok

- ▶ homogénna reakcia v plynnej fáze alebo v roztoku



- ▶ Ak má táto reakcia prebiehať, je nevyhnutné, aby sa častice látok A a B stretli. Rýchlosť prírastku koncentrácie látky C bude prirodzene tým vyššia, čím tieto stretnutia bude častejšie (aktívna zražka). Ak zvýšime n-krát koncentráciu látky A (alebo B), pri nezmenenej koncentrácii látky B (alebo A), zvýšime n-krát aj pravdepodobnosť stretnutia častíc A a B a rýchlosť prírastku koncentrácie C sa n-krát zvýši. Rýchlosť prírastku koncentrácie C je priamo úmerná súčinu koncentrácie reagujúcich látok.

$$r_c = k \cdot [A] \cdot [B]$$

- ▶ k - koeficient úmernosti je veličina pri danej teplote stála a označuje sa ako rýchlostná konštanta. Jej hodnota udáva rýchlosť prírastku koncentrácie látky C pri jednotkovej koncentrácii východiskových látok
- ▶ [B] - koncentrácie príslušných látok v danom okamihu.



Tom Gustafson, Waag

- ▶ Uvažujme o vratnej reakcii, ktorá prebieha v roztoku medzi východiskovými látkami A a B za vzniku reakčných produktov C a D



- ▶ Protismerné šípky vyjadrujú, že reakcia prebieha súčasne obidvoma smermi. Podľa zákona účinku hmotnosti platí pre rýchlosť  $r_{+1}$ , ktorou navzájom reagujú látky A a B

$$\mathbf{r_{+1} = k_{+1} \cdot [A] \cdot [B]}$$

- ▶ a pre rýchlosť  $r_{-1}$ , ktorou navzájom reagujú látky C a D

$$\mathbf{r_{-1} = k_{-1} \cdot [C] \cdot [D]}$$

- ▶ Koncentrácia jednotlivých látok sa v priebehu reakcie plynulo mení → musia sa meniť aj rýchlosti  $r_{+1}$  a  $r_{-1}$ . Koncentrácia východiskových látok A a B sa postupne znižuje, preto sa rýchlosť  $r_{+1}$  znižuje. Koncentrácia reakčných produktov C a D sa zväčšuje, takže rýchlosť  $r_{-1}$  sa zvyšuje. Ak sa rýchlosti obidvoch protichodných reakcií vyrovnajú, ustáli sa chemická rovnováha, pri ktorej za časovú jednotku vznikne také množstvo reakčných produktov C a D, aké sa opätovne rozloží na východiskové látky A a B. Z rovnovážnej podmienky  $r_{+1} = r_{-1}$  vyplýva pre koncentrácie všetkých reakčných zložiek za rovnovážneho stavu vzťah

$$\mathbf{k_{+1} \cdot [A] \cdot [B] = k_{-1} \cdot [C] \cdot [D]}$$
, ktorý sa môže písať v tvare

$$K_c = \frac{k_{+1}}{k_{-1}} = \frac{[C][D]}{[A][B]}$$

- ▶ Táto rovnica vyjadruje, že pomer súčinu rovnovážnych koncentrácií reakčných produktov a súčinu koncentrácií východiskových látok má za danej teploty konštantnú hodnotu (Guldberg-Waagov zákon).  $K_c$  - definovaná rovnovážnymi koncentraciami a nazýva sa rovnovážna konštanta. Jej hodnota pre danú chemickú reakciu závisí iba od teploty, pri ktorej reakcia prebieha.

# ZÁVISLOST RÝCHLOSTI REAKCIE OD TEPLoty

- ▶ Mimoriadne dôležitým činiteľom, ktorý ovplyvňuje rýchlosť chemických reakcií, je **teplota**. Vzrast rýchlosti reakcie so zvyšovaním teploty je spôsobený vzrastom rýchlosti neusporiadaného pohybu molekúl a tým aj pravdepodobnosť ich vzájomných zrážok. Avšak podľa kinetickej teórie plynov je počet zrážok úmerný odmocnine z absolútnej teploty, kým rýchlosť reakcie rastie s teplotou exponenciálne, teda oveľa rýchlejšie. Tento zdanlivý nesúlad sa vysvetľuje tým, že molekuly môžu pri zrážke reagovať jedine vtedy, ak majú určitý minimálny obsah energie, ktorý sa nazýva **aktivačná energia**  $E_a$ .
- ▶ Vzťah medzi aktivačnou energiou a reakčnou rýchlosťou našiel v r. 1899 Arrhenius definovaním rýchlostnej konštanty  $k$ :

$$k = A \cdot e^{-(E_a / RT)}$$

$$\ln k = \ln A - E_a / RT$$

$A$ ,  $R$  a  $E_a$  sú konštanty, ktoré nezávisia od teploty,

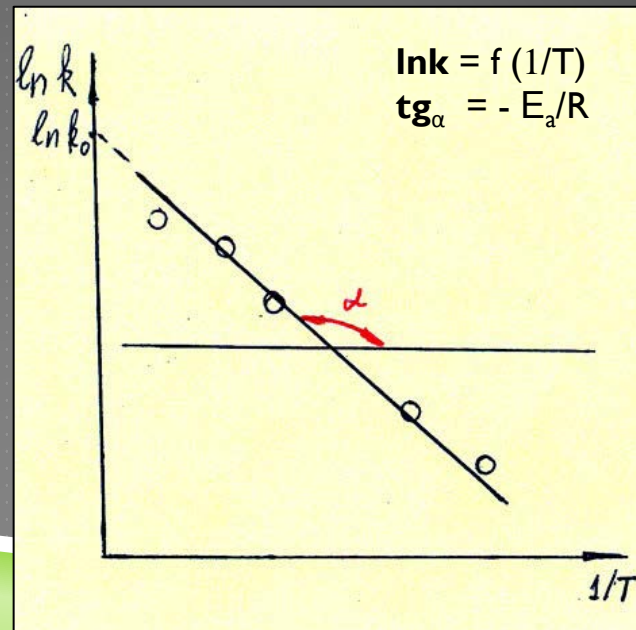
$R$  - univerzálna plynová konštanta

$E_a$  - experimentálna aktivačná energia

(nutná energia, ktorú musí mať častica/molekula aby mohla za daných podmienok vstúpiť do reakcie) [kJ/mol]

$T$  - absolútna teplota

$e$  - základ prirodzeného logaritmu



Arrhenius



# HETEROGÉNNE PROCESY

▶ **D → S → R → P**

▶ Charakteristickou črtou postupných procesov je to, že celková rýchlosť procesu je determinovaná rýchlosťou najpomalšieho štádia – limitujúce štádium. Ak chceme s intenzívniť následnosť postupných procesov je nevyhnutne zvýšiť rýchlosť ich limitujúcich štádií.

▶ **Prvé štádium heterogénneho chemického procesu (D) – Difúzia**

**Difúzia** – samovoľný proces premiestnenia častíc z oblasti vyššej koncentrácie do oblasti s nižšou koncentráciou na úkor ich chaotického pohybu.

Otázka – zodpovedá tento proces II. počiatku termodynamiky?

▶ **Druhé štádium heterogénneho procesu (S) – proces sorpcie (pohltenia)**

**Absorpcia** – keď hranica rozdielu fáz v systéme je kvapalina.

**Adsorpcia** – na povrchu tuhej látky.

▶ **Tretie štádium heterogénneho procesu (R)**

je chemická reakcia medzi absorbovanými/adsorbovanými molekulami.



# RÝCHLOSŤ PROCESU DIFÚZIE JE DEFINOVANÁ PRVÝM ZÁKONOM FICKA

$$dn / dt = -DS dC / dx$$

- ▶ **Fickov zákon** je empirický zákon, ktorý vyjadruje skutočnosť, že tok častíc cez povrch je priamo úmerný koncentračnému gradientu.
- ▶ **D - difúzny koeficient** ( $[D]=m^2.s^{-1}$ ) je závislý len od teploty analogický ako rovnica Arrheniusa, pričom energia aktivácie difúzie  $E_D$  je menšia než energia aktivácie chemickej reakcie  $E_A$ .

▶ Difúzia v jednom smere:  $J = -D.\partial c/\partial x$

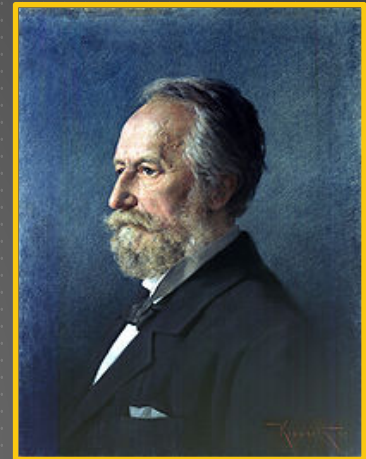
▶ Difúzia v 3D priestore:  $J = -D.grad c$

## Príbuzné zákony:

- ▶ **Fourierov** - tok tepla je úmerný gradientu teploty
- ▶ **Ohmov** - elektrický prúd je úmerný rozdielu elektrických potenciálov
- ▶ Všetky tri zákony sú empirické a vyjadrujú skutočnosť, že tok častíc (tepla, prúdu) je lineárne závislý od hnacej sily (z angl. driving force), ktorá ho vyvoláva.

$$J = L.f$$

f - hnacia sila, L-koeficient úmernosti



Adolf Fick

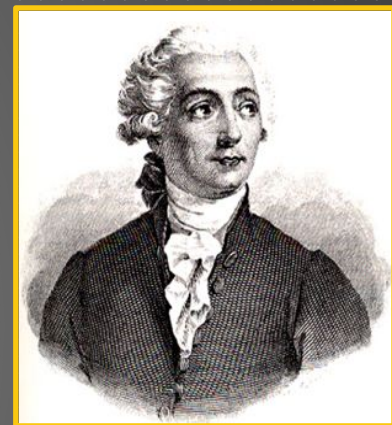
# ZÁKON ZACHOVANIA HMOTNOSTI

- ▶ Experimenty dokázali, že *hmotnosť uzavretej (izolovanej) sústavy je konštantná a nezávisí od zmien, ktoré v tejto sústave prebiehajú.*
- ▶ Celkový počet atómov jednotlivých prvkov v reaktantoch musí byť rovnaký ako celkový počet atómov jednotlivých prvkov v produktoch.
- ▶ Je to jeden z najvýznamnejších a najvšeobecnejších prírodných zákonov. Pôvodne ho nezávisle od seba formulovali Lomonosov a Lavoisier ako zákon zachovania váhy látok v chemických reakciách.
- ▶ Chemickou reakciou hmota nezaniká, ani nevzniká, iba mení svoju formu.

Zákon zachovania hmotnosti  $\sum m = \text{konšt.}$



Michail V. Lomonosov



Antoine L. Lavoisier

# ZÁKON STÁLÝCH ZLUČOVACÍCH POMEROV



Joseph L. Proust

- ▶ Zákon stálych zlučovacích pomerov bol objavený v roku **1799** - francúzsky chemik Joseph Louis Proust.
- ▶ **Zákon stálych zlučovacích pomerov hovorí:**

Zloženie chemickej zlúčeniny je vždy rovnaké a nezávisí od spôsobu prípravy danej zlúčeniny.

- ▶ K tomuto záveru J. L. Proust dospel na základe syntéz a analýz množstva chemických zlúčenín. Nezávisle od J. L. Prousta ho v roku 1803 sformuloval a vysvetlil aj Angličan J. Dalton.

# ZÁKON NÁSOBNÝCH ZLUČOVACÍCH POMEROV

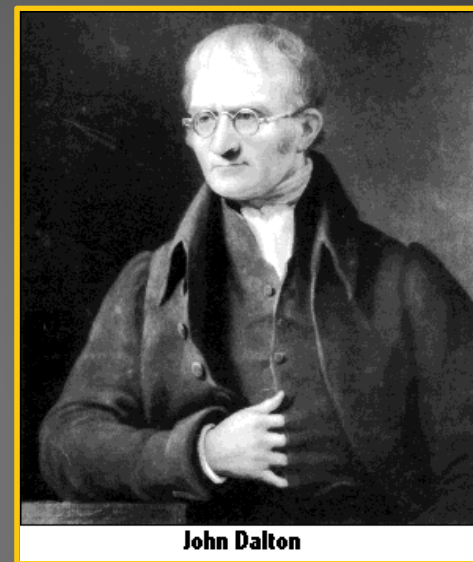
- ▶ V roku 1803 **J. Dalton** vyjadril **zákon násobných zlučovacích pomerov**:

Ak dva prvky tvoria navzájom niekoľko zlúčení, hmotnosti jedného prvku, pripadajúce v nich na jednu a tú istú hmotnosť druhého prvku, sú v pomere malých celých čísiel.

## Príklad: oxidy dusíka

- ▶  $\text{N}_2\text{O}$  – oxid dusný  $\text{N} : \text{O} = 1 : 0,571$
- ▶  $\text{NO}$  – oxid dusnatý  $\text{N} : \text{O} = 1 : 1,142$  pomer  $0,571 : 1,142 = 1 : 2$
- ▶  $\text{N}_2\text{O}_3$  – oxid dusitý  $\text{N} : \text{O} = 1 : 1,713$  pomer  $0,571 : 1,713 = 1 : 3$

Na jednotkovú hmotnosť dusíka N v jednotlivých oxidoch pripadá určitý počet jednotiek hmotnosti kyslíka O.



# TERMODYNAMIKA V BIOLOGICKÝCH SYSTÉMOCH – REFERENČNÉ BODY

- ▶ **A. Einstein:** „Klasická termodynamika je jediná univerzálna fyzikálna teória, v ktorej aplikovateľnosť jej základných konceptov nebude nikdy narušená“.
- ▶ **A.S. Eddington:** „Ak Vaša teória nie je v súlade s druhým termodynamickým zákonom, tak túto teóriu nečaká nič iné, len hlboký neúspech.“
- ▶ **M.V. Volkenstein:** „Fyzikálne uvažovanie o ľubovoľnom systéme, vrátane biologického, začína jeho fenomenologickým termodynamickým popisom.“
- ▶ Termodynamika študuje transformáciu energie v makroskopických systémoch a súčasne neposkytuje žiadne informácie o mikroskopickom stave hmoty, ani o rýchlosti procesov v systéme.
- ▶ Termodynamický popis systému je založený na niekoľkých relatívne jednoduchých zákonoch.

# TERMODYNAMICKÝ SYSTÉM – BUNKA – ORGÁN – ORGANIZMUS

- ▶ Pod termodynamickým systémom rozumieme časť vesmíru, ktorý je ohraničený nejakou hranicou a je charakterizovaný určitými termodynamickými vlastnosťami, ktoré sa nazývajú stavové veličiny:

Tlak	Objem	Teplota	Energia	Látkové množstvo
$p$	$V$	$T$	$E$	$n$

- ▶ Bunka – orgán – organizmus predstavujú hranice systému cez ktorú sa môže vymieňať látka a energie vo forme tepla a práce. Biologické systémy sú otvorené termodynamické systémy, ktoré vymieňajú s okolím látku aj energiu.

## Homeostáza – stav termodynamickej rovnováhy

- ▶ Biologický systém sa nachádza v ustálenom stave (angl. steady state) - homeostaze, ak hodnoty termodynamických parametrov sa nemenia, ale existuje tam tok látky a energie medzi systémom a okolím (zdravý organizmus).

# TERMODYNAMICKÉ ZÁKONY

- ▶ Tzv. nultý zákon termodynamiky (zákon tepelnej rovnováhy):

Ak objekt A je v tepelnej rovnováhe s objektom B a objekt B sa nachádza v tepelnej rovnováhe s objektom C, tak potom aj objekt C sa nachádza v tepelnej rovnováhe s objektom A.

- ▶ Inými slovami, ak termodynamické systémy sú vo fyzikálnom kontakte, tak v rovnovážnom stave je teplota týchto systémov rovnaká.



# I. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON (ZÁKON ZACHOVANIA ENERGIE)

- ▶ Energia sa môže zmeniť z jednej formy na inú, ale nemôže samovoľne vznikáť ani zanikať (tento zákon je empirický).
- ▶ I. termodynamický zákon dáva do súvisu teplo (Q), prácu (W) a vnútornú energiu (E) systému.

$$\Delta E = Q + W$$

alebo

$$dE = dQ + dW$$

- ▶ Teplo (Q) a práca (W) - formy energie, prostredníctvom ktorých systém mení svoju vnútornú energiu.
- ▶ **Teplo** – neusporiadaná forma energie
- ▶ **Práca** – usporiadaná forma energie (mechanická, chemická, elektrická..)

# ENTALPIA

- ▶ Entalpia je stavová funkcia determinujúca teplo, ktoré sa uvoľní resp. absorbuje počas reakcie pri konštantnom tlaku pričom nezávisí od konkrétneho priebehu reakcie, ale len od počiatočného a konečného stavu (Hessov zákon).

$$p = \text{konšt.}: Q_p = \Delta H$$
$$\text{entalpia: } H = E + p \cdot V$$

## Zmeny entalpie

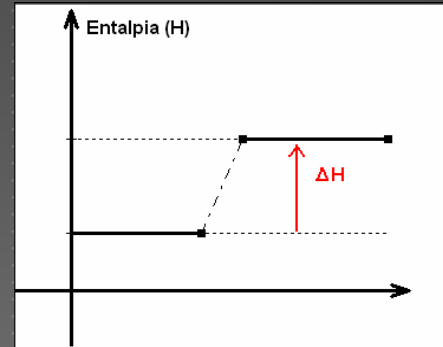
- ▶  $A \rightarrow B \Rightarrow \Delta H_{AB} = H_B - H_A$
- ▶  $A \rightarrow B \rightarrow C \Rightarrow \Delta H = H_C - H_A = (H_C - H_B) + (H_B - H_A) = \Delta H_{AB} + H_{BC}$
- ▶  $\Delta H > 0$  - endotermický proces
- ▶  $\Delta H < 0$  - exotermický proces
- ▶ Štandardná entalpia molekúl  $H^0$ : Entalpia 1 molu molekúl pri štandardných podmienkach ( $t=25^\circ \text{C}$ ,  $p=100 \text{ kPa}$ ). Tieto hodnoty sú uvedené v tabuľkách. Využitie týchto hodnôt pri určovaní zmien entalpie v chemických reakciách.

**Reakčné teplo ( $\Delta H^\circ_{R,298}$ ) sa rovná súčtu zlučovacích tepiel produktov ( $\sum v_i \cdot \Delta H^\circ_{z1,298,PROD}$ ), zmenšenému o súčet zlučovacích tepiel reaktantov ( $\sum v_i \cdot \Delta H^\circ_{z1,298,REAKT}$ ).**

# ENTALPIA

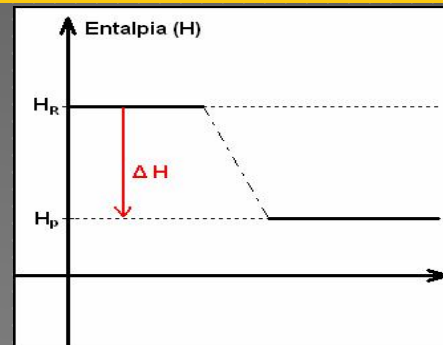
- ▶  $\Delta H < 0$
- ▶  $H_p$  – entalpia produktov
- ▶  $H_R$  – entalpia reaktantov
- ▶  $\Delta H = H_p - H_R$
- ▶  $\Delta H < 0$

pre reakčné teplo platí:  $Q = -\Delta H$



- ▶  $\Delta H > 0$
- ▶  $H_p$  – entalpia produktov
- ▶  $H_R$  – entalpia reaktantov
- ▶  $\Delta H = H_p - H_R$
- ▶  $\Delta H > 0$

pre reakčné teplo platí:  $Q = \Delta H$



## Termochemické zákony

- ▶ Prvý termochemický zákon objavili v roku 1780 Lavoiser a Laplace:
- ▶ Hodnota reakčného tepla priamej a spätnej reakcie je rovnaká a líši sa len znamienkom.

# II. TERMODYNAMICKÝ ZÁKON

(ZÁKON ENTROPIE RESP. ZÁKON SPONTÁNNOSTI PROCESOV)

- ▶ Nie je možné zostrojiť permanentne pracujúci cyklický stroj, ktorý by prijaté množstvo tepla z okolia úplne premenil na prácu alebo teplo nemôže samovoľne prechádzať z telesa chladnejšieho na teleso teplejšie.
- ▶ Entropia je termodynamická stavová funkcia, ktorá dosahuje maximum v rovnovážnom stave izolovaného systému. Vyjadruje stupeň neusporiadanosti daného systému.

**vratné procesy:  $dS = dQ/T$  resp.  $\Delta S = Q/T$**

**nevratné procesy:  $dS > dQ/T$  resp.  $\Delta S > Q/T$**

- ▶ Pre spontánne procesy platí:  $\Delta S_{\text{systém}} + \Delta S_{\text{okolie}} = \Delta S_{\text{vesmír}} > 0$

- ▶ Clausiusova nerovnosť:  $\Delta S_{\text{systém}} \geq Q/T$

- ▶ Teplotná závislosť entropie v prípade, ak  $c_p$  nie je funkciou teploty:

**$S(T_2) = S(T_1) + c_p \cdot \ln(T_2/T_1) \Rightarrow$  Entropia a procesy v biologických systémoch**

- ▶ Nevratnosť biologických procesov je dôsledkom II. termodynamického zákona nakoľko biologické organizmy sú otvorené systémy, v ktorých sa môžu pri spontánných procesoch vytvárať usporiadané štruktúry. Zvýšenie usporiadanosti v živých systémoch je kompenzované zvýšením entropie okolia biologického systému.

# GIBBSOVA VOĽNÁ ENERGIA

- ▶ Termodynamická stavová funkcia umožňujúca predpovedať smer fyzikálno-chemických procesov pri konštantnom tlaku a teplote sa nazýva **Gibbsova voľná energia (G)**.

$$G = H - T.S$$

$$(dG)_{T,p} \leq 0 \text{ – pri spontánnych procesoch}$$

- ▶  $\Delta G < 0$  – exergonické procesy
- ▶  $\Delta G > 0$  – endergonické procesy
- ▶  $\Delta G$  predstavuje maximálne množstvo neexpanzívnej práce, ktorá môže byť systémom vykonaná pri konštantnom tlaku a teplote, pri prechode systému z nerovnovážneho do rovnovážneho stavu.

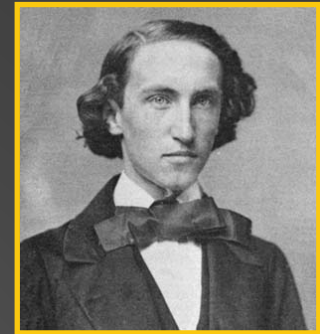


Pre každý spontánny proces pri konštantnom tlaku a teplote je  $\Delta G < 0$ .

Hodnota  $\Delta G$  určuje veľkosť „hnacej“ sily nejakého procesu, avšak neposkytuje žiadne informácie o rýchlosti tohto procesu.

- ▶ Vlastnosti Gibbsovej energie:

$$dG = dH - T.dS - S.dT$$
$$dH = dE + p.dV + V.dp$$



*J. Willard Gibbs*

# ROVNOVÁŽNA KONŠTANTA CHEMICKEJ REAKCIE



$$\Delta G = \Delta G^0 + R.T.\ln\left(\frac{[C]_{eq}^c \cdot [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a \cdot [B]_{eq}^b}\right)$$

▶  $[A]$ ,  $[B]$  ... – koncentrácie molekúl A a B

▶ V rovnovážnom stave  $\Delta G = 0 \Rightarrow$

$$\Delta G^0 = -R.T.\ln\left(\frac{[C]_{eq}^c \cdot [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a \cdot [B]_{eq}^b}\right) = -R.T.\ln K_{eq}$$

▶  $K_{eq} = \left(\frac{[C]_{eq}^c \cdot [D]_{eq}^d}{[A]_{eq}^a \cdot [B]_{eq}^b}\right)$  - rovnovážna konštanta reakcie, procesu

▶  $\Delta G^0$  - zmena štandardnej Gibbsovej energie

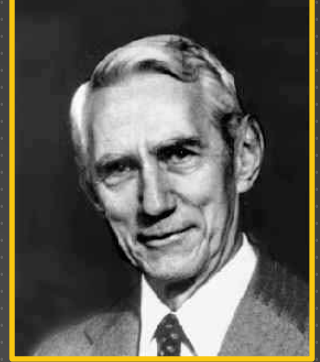
▶ Vplyv teploty na  $K_{eq}$

$$\ln K_{eq} = -\Delta G^0/R.T = -(\Delta H^0/R).(1/T) + \Delta S^0/R$$

# „ŽIVÉ = NEŽIVÉ + INFORMÁCIA“

- ▶ Generácie fyzikov, ktorí sa zaoberali biologickými javmi v dôsledku kvantovej mechaniky konštatovali, že k pochopeniu života, je nielen potrebné pochopiť tok energie (ako v neživých systémoch), ale aj tok informácií.
- ▶ Takmer všetky učebnice štatistickej mechaniky uvádzajú, že entropia plynu je mierou nedostatku informácií o mikroskopickom stave molekúl, avšak často je toto spojenie ponechané trochu vágne alebo kvalitatívne.
- ▶ V roku 1948, Shannon potvrdil teorému, ktorá robí prepojenie presným: Entropia je unikátna miera dostupných informácií, existujúca v súlade s istými jednoduchými a vierohodnými požiadavkami. Entropia ďalej tiež odpovedá na praktické otázky a to aký veľký priestor musíme použiť na napísanie opisu signálov alebo stavov, ktoré pozorujeme.

# ENTROPIA A INFORMÁCIA



**Shannon**

- ▶ Keď sa snažíme pochopiť pojem informácia, musíme spomenúť aj pojem entropia.
- ▶ Claude Shannon (1948) prvýkrát spojil chápanie pojmov entropia a informácia.

Shannon použil entropiu ako mieru pozitívnej informácie v procesoch prenosu signálov. Pod pojmom informácia Shannon chápal potrebné signály, ktoré sú vhodné pre prijímateľa. Nepotrebný signál predstavoval šum a rušenie.

- ▶ Keď signál na výstupe kanála spojenia je presnou kópiou signálu na vstupe to z pohľadu teórie informácií znamená neprítomnosť entropie. Neprítomnosť šumu znamená maximum informácie. Previazanosť entropie a informácií je vyjadrená v rovnici:

$$H + Y = 1$$

H – entropia, Y – informácia

Tento kvantitatívny záver predložil Brillen.

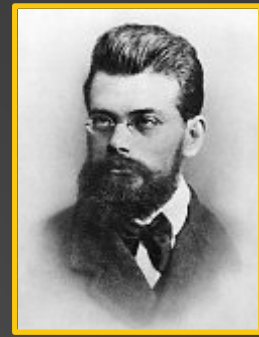
- ▶ Shannon pre výpočet entropie predložil rovnicu  $H = \sum P_i \log_2 1/P_i = -\sum P_i \log_2 P_i$ , ktorá pripomína klasický výraz entropie navrhnutej Boltzmanom.



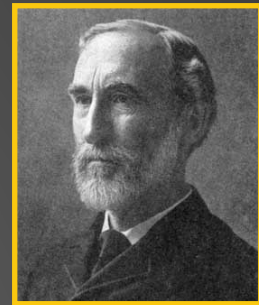
# ENTROPIA A INFORMÁCIA

- ▶ Pokúsime sa objasniť aký vzťah je medzi entropiou Shannona a termodynamicky chápanou entropiou podľa Clausiusa a Boltzmannna.
- ▶ Clausius 1865 entropiu chápal ako funkciu termodynamického stavu systému.
- ▶  **$S = Q/T$**  ( $Q$  – teplo,  $T$  - teplota). Klasiky nespájali entropiu s informáciou.
- ▶ Boltzman 1872 metodami štatistickej fyziky odvodil teoretický výraz pre entropiu  **$S = K \ln \Omega$** .

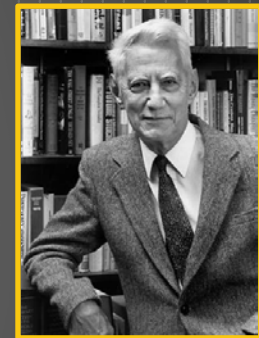
*$\Omega$  – termodynamická pravdepodobnosť,  $K$  - konštanta*



**Boltzmann**



**Gibbs**



**Shannon**

# BOLTZMANN – GIBBS - SHANNON

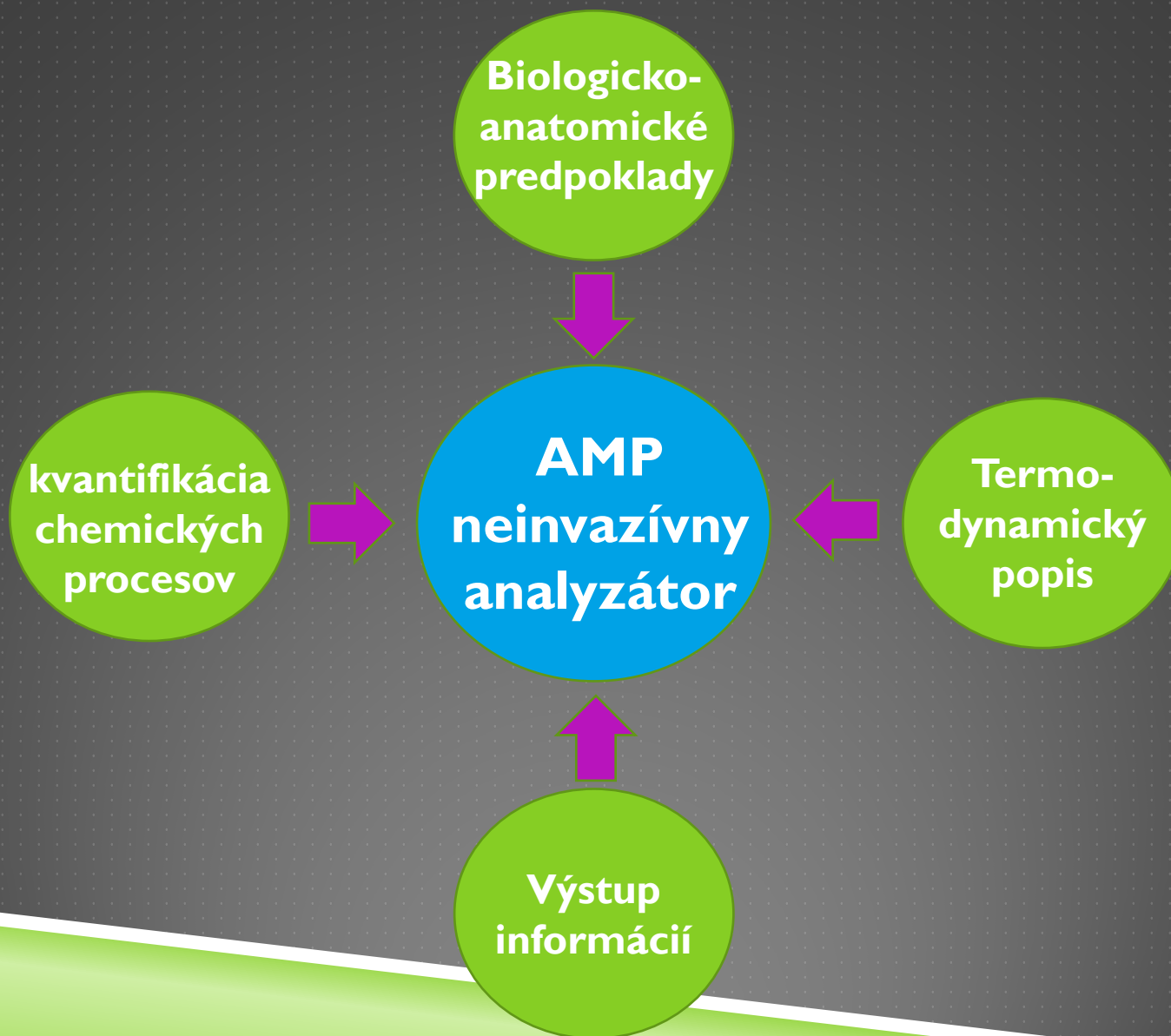
Thermodynamic entropy:  $\Delta S = S_f - S_i = \int_R^f \frac{\delta Q_R}{T}$

Boltzmann entropy:  $S_B(\Gamma_{D_i}) = -Nk \sum_j p_j \log p_j + \text{const.}$

Gibbs entropy:  $S_G(\rho) = -k \int_{\Omega} \rho(x, t) \log(\rho(x, t)) dx$

Shannon entropy:  $H(X) = -\sum_i p_i \log p_i$

# MATERIÁLOVO – ENERGETICKÁ – INFORMAČNÁ BILANCIA



- ▶ ...Že jde v případě AMP analyzátoru o nesmysl, pochopí snad každý, kdo chodil do základní školy.

*Prof. MUDr. Jiří Heřt, DrSc.*



**Vladimír Iljič Lenin**

Základná škola na to v žiadnom prípade stačiť nebude.

*Ing. Peter Jusko*

**„УЧИТЬСЯ, УЧИТЬСЯ, УЧИТЬСЯ!“**

**Učiť sa, učiť sa, učiť sa!**