



[Karbo anhidrāze](#) 2025. CA cilvēka [Enzīmi](#) Proteīni 1995.

A. [uzdevums](#) karbo anhidrāze CA [pētījumam](#) CALatAtbilde.doc ar molekulas struktūras izpēti:

ChemScape MDL   RasMol  (RasMac ); MAGE  FireFox v.3.5.5 aplikācija.

B. lejup lādēt: <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/CA/CarbonicAnhy.kin> startē un startē Mage failu :

[CarbonicAnhy.kin](#) un startē  CA olbaltumvielu Elizabeth M. Boon '97,

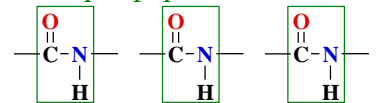
Aaron Downs '00, David Marcey: <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/CA/CAnhidrāzeII.htm>

Vizualizācijas - Display iespējas (izvēlnē: **Bumbiņu un Nūjiņu=Ball & Stick**
Nūjiņu=Stick Van der Vālsa rādiusos =Spacefill

Atoms	Simbols	Krāsa	Atoma kovalento vērtību skaits
Ogleklis	C	gaiši Pelēks vai Melns	4
Ūdeņradis	H	Balts	1
Skābeklis	O	Sarkans	2 (donoru akceptoru ligandi līdz 4)
Slāpeklis	N	gaiši Zils	3 + 1 (donoru akceptoru ligandi līdz 4)
Sērs	S	gaiši Dzeltens	2 & 6
Fosfors	P	intensīvi Dzeltens	5 & 3
Nātrija jons	Na ⁺	intensīvi Zils	+1 (donoru akceptoru līdz 6)
Kalcija jons	Ca ²⁺	tumši Pelēks	+2 (donoru akceptoru līdz 6)
Magnija jons	Mg ²⁺	Zaļš	+2 (donoru akceptoru līdz 6)
Dzelzs jons	Fe ²⁺	pelēki Dzeltens	+2 (donoru akceptoru līdz 6)
Dzelzs jons	Fe ³⁺	pelēki Dzeltens	+3 (donoru akceptoru līdz 6)

Corey, Pauling, Kultins CPK krāsu shēmu 1965 patents ASV atomu modeļu attēlošanai
Olbaltumvielas **mgurkauls** ir Aminoskābju **Ca** oglekļa atomu

polipeptīdu treks



sānu virknes: **hidrofobas pelēkas**
polāras/polāras rozā un **gaiši zilas**
fizioloģiskā **pH=7.36** vidē
skābe-COO⁻ negatīvs lādīnš
bāze-NH₃⁺ pozitīvs lādīnš

1. **N-termināla** domēna sākuma aminoskābe His3..... un **C-termināla** domēna aminoskābe

Lys261.... Cik aminoskābes veido CA virkni 260... 3. Lpp., kuru pārstāv 2VVA.pdb.

(261-1 **klūda**)=260; 260-3+1=258....? Klūda secībā **Thr125-Lys127**, iztrūkstošais ir **126**...

2. Kādas otrējās struktūras satur karbo anhidrāze (CA)?..**6 Alfa**.....**spirāles**;...**10**.....**beta-virknes**

3. Cik **alfa spirāles** veido CA polipeptīda molekula?**6 Alfa-spirāles**

4. Cik **beta struktūras, plāksnītes** un **beta virknes** veido karbo anhidrāzes (CA) molekula?

;.....**10**.....**beta-virkņu, vēdekļa β-plāksnīte**.

5. Aprakstīt karbo anhidrāzes aktīvā centra ģeometriju? aktīvais centrs izvietots15-Å koniska
dobuma pamatnē, kas atrodas olbaltuma molekulas centrā

6. Veic septiņus mērījumus izmēram!....44.Å....45 Å....45 Å....45 Å....45 Å....45 Å....45 Å....

7. Kuras trīs aminoskābes atrodas aktīvā centra karbo anhidrāzē?

His94.....,His96..... ,His119.....

8. Kurš jons veido koordinācijas sfēru?**Zn²⁺**.....Kuri atomi trīs aminoskābēs koordinējas ap.....
centrālo metāla jonu metālenzīmā karbo anhidrāzē CA? trīs Histidīnu **N**.....atomi.

9. Kura ūdens molekula un kurš tās atoms koordinējas ar donora-akceptora saiti ar centrālo
metāla jonu metālenzīmā karbo anhidrāzē 2VVA.pdb? **HOH263**.....tā.....**O**-atoms.

10. Kāds koordinācijas skaitlis centrālajam metāla jonam-kompleksa veidotājam? N = 4

11. Kuras ūdens molekulas izkārtotas aktīvajā centrā karbo anhidrāzē?263...,292...,318...,338

12. Uz kuru ūdens molekulu orientēts oglekļa dioksīds **O=C=O**? HOH Nr=263.....

13. Ievietot koordinācijas sfērā

četrus ligandu atomus!



14. Kuras četras aminoskābes līdzinās karbo anhidrāzes aktīvā...

centra pamatnē ar attālināto ūdeni **HOH338** hidrofobā kabatā? ...

Leu198....., Trp209....., Val143....., Val121.....

15. Uzrakstīt sadursmi **CO₂** ar **CA-Zn²⁺<=OH₂+His64!**(1a,1b)

(1a). ūdens 263 HOH protolīze $\text{H}^{+\text{His64}}$ un OH^- sadursme $\text{OH}^- + \text{CO}_{2\text{aqua}}$;

$\text{CA-Zn}^{2+} - 263\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_{2\text{aqua}} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CA-Zn}^{2+} + (-\text{OH}^- + \text{CO}_{2\text{aqua}}) + \text{H}^{+\text{His64}} + \text{H}_2\text{O} \dots$

(1b) otras ūdens molekulas protolītiskā protonēšana:

$\text{CA-Zn}^{2+} + (-\text{OH}^- + \text{CO}_{2\text{aqua}}) + \text{H}^{+\text{His64}} + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{CA-Zn}^{2+} \dots$

16. Summārā reakcija liela ātruma **CO_{2aqua}** protolīzei ar **2H₂O**:

$\text{CO}_{2\text{aqua}} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CA}(\text{Zn}^{2+}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-; \dots$

17. Uzrakstīt **H₂O₂₃₆** koordināciju **Zn²⁺** aktīvajā centrā **CA-Zn²⁺**!

$\text{His64} + \text{E-Zn}^{2+} + \text{H}_2\text{O}_{236} \rightleftharpoons \text{His64} + \text{E-Zn}^{2+} + \text{OH}_2_{236} \dots$

Liela ātruma protolīzes biosfēras atraktors pH=7,36 atrodas līdzsvara stāvoklī, kamēr homeostāze neatgriezeniski turpina ģenerēt koncentrācijas gradientus $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$ transportam un $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_{2\text{aqua}}$ osmozei, jo ir ne līdzsvara stāvoklis. [Prigožina](#) atraktors: Nobela prēmija ķīmijā 1977. gadā.

18. **CO_{2aqua}** lēna eksotermiska reakcija ar hidroksīda **OH⁻** joniem!

$\text{CO}_{2\text{aqua}} + \text{OH}^- \Rightarrow \text{HCO}_3^- \dots + Q = 48,68 \text{ kJ/mol}; k_{\text{OH}} = 1,5 \cdot 10^2 \text{ M}^{-1}\text{s}^{-1}$.

19. Aprēķināt **CA** pKa=! $K_a = K_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]^2 = 2,906 \cdot 10^{-11} \cdot 55,3^2 = 10^{-7,051} = 10^{-\text{pKa}} \dots$; pKa=7,051.....

20. Uzrakstīt Hendersona Haselbalha buferim **[HCO₃⁻]/[CO₂]** pH izteiksmi!

$\text{pH} = \text{pKa} + \log(\text{nbāze} / \text{nskābe}) = 7,051 + \log([\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2]) \dots$

21. Kā inhibē Karbo Anhidrāzi asaru šķidrūmā un novērš glaukomas spiedienu uz redzes nervu šķiedrām acu ābolā **AZM**?

cieši saistīta **CA** aktīvajā centrā pie **Zn²⁺**..... katjona.

22. Ievietot koordinācijas sfērā četrus ligandu atomus!



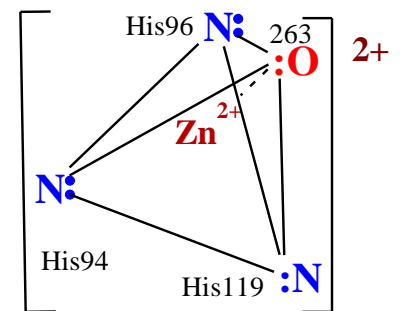
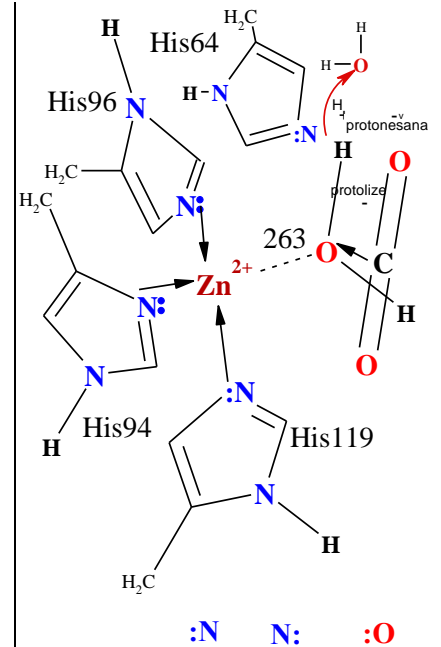
23. Izskaitļojiet sārma rezervi, attiecību **[HCO₃⁻]/[CO_{2aqua}]** asinīs

$\text{pH} = 7,36, \text{pKa} = 7,0512! [\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_{2\text{aqua}}] = 10^{(7,36 - 7,0512)} = 10^{0,3088} \dots = 2,0263 / 1 \dots$

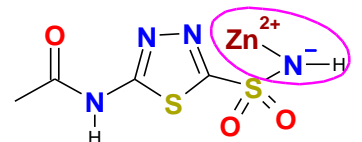
24. Kādas briesmas šūnām un organismiem no pH=6,4188 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-6,4188} \text{ mol/L}$ asinīs inhibējot **CA** karbo anhidrāzes, ja norma ir $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{CA}} = 10^{-\text{pH}_{\text{CA}}} = 10^{-7,36} \text{ mol/L}$ ar **CA**?

$[\text{H}_3\text{O}^+] / [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{CA}} = 10^{-\text{pH}} / 10^{-\text{pH}_{\text{CA}}} = 10^{-6,4188} / 10^{-7,36} = 8,734$ reizes paskābināšanās.....

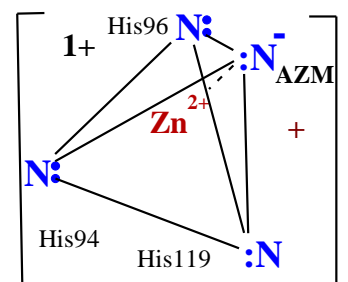
burbuļošana **CO₂**↑ gāzes embolija....., **acidoze**....., oksidatīvais stress.....



Tetragonāla koordinācijas ģeometrija ap cinka **Zn²⁺** jonu



Acetazolamīds **AZM**



Cilvēka karbo anhidrāze2 (CA2) bikarbonāta bufera šķīdums ar $pK_a=7,0512$

Hidrolīze E3 klase $CO_{2(aq)}+2H_2O \rightleftharpoons H_3O^++HCO_3^-$ neutralizācija. Protolītiskās skābes/bāzes bufera līdzsvars

25. Veikt CA2 izoelektriskā punkta $IEP=pH=pK_a$ -vid analīzi fizioloģiskajā $pH=7,36$ vidē .

Nosaka draudzīgu ūdens šķīduma $pH=7,36$ CA2 koncentrāciju $C=10^{-7,3502}$ M (mol/Litrā)!

<http://aris.gusc.lv/ChemFiles/CA/2VVApIStudLat.doc> ; <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/CA/2VVApI.xls>

Virkne 260 AA karboanhidrāzes molekulā CA2 2VVA, 2VVB, 4G0C.pdb :

10	20	30	40	50	60	70	80
MSHHWGYGKH	NGPEHWHKDF	PIAKGERQSP	VDIDTHTAKY	DPCLKPLSVS	YDQATSLRIL	NNGHAFNVEF	DDSQDKAVLK
90	100	110	120	130	140	150	160
GGPLDGTYRL	IQFHFHWGSL	DGQGSEHTVD	KKKYAAELHL	VHWNTKYGDF	GKAVQQPDGL	AVLGIIFLKVG	SAKPGLQKVV
170	180	190	200	210	220	230	240
DVLDSIKTKG	KSADFTNFDP	RGLLPESLDY	WTYPGSLTTP	PLLECVTWIV	LKEPISVSSE	QVLKFRKLN	NGEGEPEELM
250	260						
VDNWRPAQPL	KNRQIKASF	CAH2 Human					

AA	pK _{COO}	pK _{NH3}	pK _{RR}	Nr	AA	pK _{COO}	pK _{NH3}	pK _{RR}	Nr
M	9,21	1	1	Y	10,07	114	44		
H	6	3	2	E	4,25	117	45		
H	6	4	3	H	6	119	46		
Y	10,07	7	4	H	6	122	47		
K	10,53	9	5	K	10,53	126	48		
H	6	10	6	Y	10,07	127	49		
E	4,25	14	7	D	3,65	129	50		
H	6	15	8	K	10,53	132	51		
H	6	17	9	D	3,65	138	52		
K	10,53	18	10	K	10,53	148	53		
D	3,65	19	11	K	10,53	153	54		
K	10,53	24	12	K	10,53	158	55		
E	4,25	26	13	D	3,65	161	56		
R	12,48	27	14	D	3,65	164	57		
D	3,65	32	15	K	10,53	167	58		
D	3,65	34	16	K	10,53	169	59		
H	6	36	17	K	10,53	171	60		
K	10,53	39	18	D	3,65	174	61		
Y	10,07	40	19	D	3,65	179	62		
D	3,65	41	20	R	12,48	181	63		
K	10,53	45	21	E	4,25	186	64		
Y	10,07	51	22	D	3,65	189	65		
D	3,65	52	23	Y	10,07	190	66		
R	12,48	58	24	Y	10,07	193	67		
H	6	64	25	E	4,25	204	68		
E	4,25	69	26	C	8,18	205	69		
D	3,65	71	27	K	10,53	212	70		
D	3,65	72	28	E	4,25	213	71		
D	3,65	75	29	E	4,25	220	72		
K	10,53	76	30	K	10,53	224	73		
K	10,53	80	31	R	12,48	226	74		
D	3,65	85	32	K	10,53	227	75		
Y	10,07	88	33	E	4,25	233	76		
R	12,48	89	34	E	4,25	235	77		
H	6	94	35	E	4,25	237	78		
H	6	96	36	E	4,25	238	79		
D	3,65	101	37	D	3,65	242	80		
E	4,25	106	38	R	12,48	245	81		
H	6	107	39	K	10,53	251	82		
D	3,65	110	40	R	12,48	253	83		
K	10,53	111	41	K	10,53	256	84		
K	10,53	112	42	G 2,34	260	85			
K	10,53	113	43						

CA2 7,36988 ; 85 ; summa 624,1

Ir uzskaitīts 1 cisteīna Cys204 atlikums ar $pK_{RR}=8,18$;

Saskaitītas 85 pK_a vērtības no tabulas 624,1.

Uzdevums karbo anhidrāzes 2 molekulas CA2 aprēķinam

Protolītisko konstanti pK_a izoelektrisko punktu $IEP=pK_a$ aprēķina

saskaitot sānu virkņu $\Sigma pK_{aRsānu}$ grupu, un $pK_{aNtermināls}$ NH_3 un

$pK_{aCtermināls}$ COO -konstanšu summu izdalot ar skābes grupu skaitu

molekulā NpK_a :

$IEP=pK_a=(\Sigma pK_{aRsānu}$ grupa + $pK_{aNtermināls}$ + $pK_{aCtermināls})/NpK_a$

1. Summārais protolītisko līdzsvaru skaits ir $NpK_a=83+2=85$

260 aminoskābes no tām ar $83+2$ protolītiskām pK_a sānu grupām

N-termināla metionīns M $pK_{aNtermināls}=9,21$ un

C-termināla lizīns K $pK_{aCtermināls}=2,34$

Summa ir saskaitāma kā

ΣpK_{aRside} group + $pK_{aNterminal}$ + $pK_{aCterminal}$ = 624,1.....

2. Vidējais $pK_{vid}=pK_a=IEP$ IZOELEKTRISKAIS PUNKTS

$NpK_a=83+2=85$; $IEP=624,1 / 85 = 7,36988$

Izoelektriskā punkta $pH=IEP$ vērtībā aminoskābes un olbaltumvielas **kopējais lādiņš** ir nulle „0”

plus (+) — nulles lādiņš „0” $IEP=pH$ — mīnus (-) — 14 pH skala

$-COOH$ & $-NH_3^+$ pozitīvs $-COO^-$ & $-NH_2$ negatīvs $-COO^-$ & $-NH_2$

Pasvītros eksistējošu: pozitīvu (+) vai nulles lādiņu vai negatīvu (-)!

3. CA2 molekulas lādiņa zīmi + nulli „0” vai - fizioloģiskā $pH=7.36$

Pasvītros eksistējošu:

$COOH, NH_3^+$ pozitīvu + $pH=7.36 < IEP=7,37$ negatīvu $-COO^-, NH_2$.

4. CA2 lādiņa zīmi + nulli „0” vai - elektroforēzes $pH 8.8$

Pasvītros eksistējošu:

$COOH, NH_3^+$ pozitīvu + $IEP=7,37 < pH=8,8$ negatīvu $-COO^-, NH_2$.

5. Aprēķina $C=10^{-7,3502}$ M CA2 šķīduma pH

Ostvalda atšķaidīšanas likumā logaritmam no C

$$pH = \frac{pK_a - \log C}{2} = \frac{7,36988 - \log 10^{-7,3502}}{2} = \frac{7,36988 + 7,3502}{2} = 14,7201 / 2 = 7,36.....$$

Atraktora 7,36 CA2 koncentrācija ir $C=10^{-7,3502}$M .

Karbo anhidrāzes CA sintēze nepieciešams atraktors CO₂gas šķīdībai un CO₂aqua+2H₂O aktivēšanai.

Gāzveida CO₂gas endoerģiskas šķīdības G_{škCO2}=8,38 kJ/mol aktivēšanai CO₂aqua+2H₂O nepieciešamā karbo anhidrāzes (CA) reaktivitāte ar liela ātruma protolīzi produkta H₃O⁺+HCO₃⁻ rada daudz funkcionālu globāla atraktora pH=7,36 vērtību. Biosfēras paš-organizējoši atraktori CA un pH=7,36 ģenerējot H₃O⁺+HCO₃⁻ koncentrācijas gradientus akumulē brīvo enerģiju G_{H3O++HCO3-}=G_{škCO2}+G_{CA}=8,38 kJ/mol+60 kJ/mol, kura kā Brauna molekulārie dzinēji darbina neatgriezenisku homeostāzi evolūcijai un izdzīvošanai.

CO₂ nereaģē ar ūdeni H₂O bez CA klātbūtnes. CO₂ ir maz šķīstošs un lēni reaģē ar OH⁻.

Šķīdības konstante: $K_{šk} = \frac{[CO_2\text{ aqua}]}{[CO_2\text{ gas}] \cdot [H_2O]} = \text{EXP}(-\Delta G_{šk\text{ CO2}}/R/T) = \text{EXP}(-8379/8,3144/298,15) = 0,034045 \dots\dots$

$G_{šk} = -R \cdot T \cdot \ln(K_{šk}) = -8,3144 \cdot 298,15 \cdot \ln(0,034045) = 8,38 \dots\dots\dots \text{ kJ/mol}$

Viela	$\Delta H^\circ_H, \text{ kJ/mol}$	$\Delta S^\circ_H, \text{ J/mol/K}$	$\Delta G^\circ_H, \text{ kJ/mol}$
H ₃ O ⁺	-285,81	-3,854	-213,274599
HCO ₃ ⁻	-689,93	98,324	-586,93988
HCO ₃ ⁻	-692,4948	-494,768	-544,9688
H ₂ O	-286,65	-453,188	-151,549
H ₂ O	-285,85	69,9565	-237,191
CO ₂ aqua	-413,7976	117,5704	-385,98
CO ₂ ↑gas	-393,509	213,74	-394,359

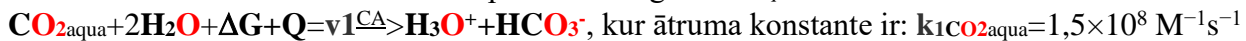
Šķīšana CO₂↑gas+ΔG<=>CO₂aqua+Q=20,3 kJ/mol;
 ΔH_{šk}=ΔH^oCO_{2aq}-ΔH^oCO_{2gas}=-413,7976-(-393,509)=-20,3 kJ/mol;
 G_{škCO2}=ΔG^oCO_{2aq}-ΔG^oCO_{2gas}=-385,98+394,359=8,379 kJ/mol;
 =-385,98+394,359+237,191=8,379 kJ/mol;
 Tīras gāzes 100%=[CO₂gas]=XCO₂gas=1 mol daļai šķīdība ir
 [CO₂aqua]=K_{šk}*1*[H₂O]=0,034045*1*55,3457339=1,884 M.
 Atmosfēras 0,04%=[CO₂gas]=XCO₂gas=0,0004 mol daļas
 šķīdība [CO₂aqua]=K_{šk}*[CO₂gas]*[H₂O] ir

$[CO_2\text{ aqua}] = K_{šk} \cdot [CO_2\text{ ↑gas}] \cdot [H_2O] = 0,034045 \cdot 0,0004 \cdot 55,3 = 0,000754 \text{ M}; 4., 45., 46. \text{ lapaspusēs.}$

$\Delta G_{\text{hydrationHess}} = \Delta H_{\text{hydrationHess}} - T \cdot \Delta S_{\text{hydrationHess}} = -17,9 - 298,15 \cdot -0,09617 = 10,77 \dots\dots\dots \text{ kJ/mol}$ hidratācija.....

CA karbo anhidrāzes protolītiskā reaktivitāte rada funkcionāli aktīvu bikarbonāta buferi. [9,14]

CA karbo anhidrāze liek liela ātruma protolīzē reaģēt CO₂aqua ar divām ūdens molekulām:



endotermiski..... ΔH_{Hess}=9,7576 kJ/mol un **endoerģiski**..... ΔG_{Hess}=102 kJ/mol;. [9] Hesa aprēķins:

$\Delta H_{\text{Hess}} = \Delta H^\circ_{H_3O} + \Delta H^\circ_{HCO_3} - 2\Delta H^\circ_{H_2O} - \Delta H^\circ_{CO_2} = -285,81 - 689,93 - (2 \cdot -285,85 - 413,7976) = 9,7576 \dots\dots\dots \text{ kJ/mol};$

$\Delta G_{\text{Hess}} = \Delta G^\circ_{H_3O} + \Delta G^\circ_{HCO_3} - 2\Delta G^\circ_{H_2O} - \Delta G^\circ_{CO_2} = -213,2746 - 544,9688 - (2 \cdot -237,191 - 385,98) = 102 \dots\dots\dots \text{ kJ/mol};$

$\Delta G_{\text{Absolute}} = G_{H_3O} + G_{HCO_3} - (2G_{H_2O} + G_{CO_2\text{ aqua}}) = 22,44 + 46,08 - (2 \cdot 0 + 8,379) = 60,14 \text{ kJ/mol};$

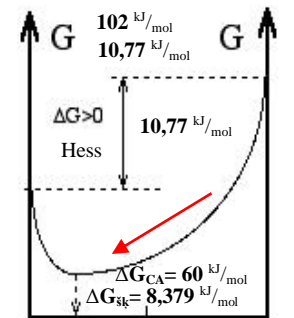
CA vājas skābes līdzsvars $K_{eqCA} = \frac{[HCO_3^-]_{\text{aqua}} \cdot [H_3O^+]}{[CO_2]_{\text{ aqua}} \cdot [H_2O]^2} = K_a/[H_2O]^2 = 10^{-(7,0512)}/55,3457339^2 = 2,906 \cdot 10^{-11}$

Eksotermiska ΔH_{sp}=-20,3..... kJ/mol un endoerģiska šķīdība [CO₂aqua]=0,000754 M izšķīdināšanai ir ΔG_{škHess}=10,77..... kJ/mol un protolīzes konstante ir K_{eqCA}=2,906*10⁻¹¹<1: tā pēc pozitīvs endoerģisks brīvās enerģijas izmaiņas minimums:

$G_{CA} = -R \cdot T \cdot \ln(K_{eqCA}) = -8,3144 \cdot 298,15 \cdot \ln(2,906 \cdot 10^{-(11)}) = 60 \dots\dots\dots \text{ kJ/mol.}$

Endoerģiskas CO₂gas šķīdības un CO₂aq protolīzes Hesa brīvās enerģijas izmaiņa pozitīva ΔG_{škHess} 10,77 kJ/mol un ΔG_{protolīzesHess} 102 kJ/mol, bet minimizējas sasniedzot līdzsvara maisījumu šķīdībai G_{šk}=8,38 kJ/mol un protolīzei ΔG_{min}=G_{CA}=60 kJ/mol:

CO₂aqua+2H₂O protolīze ģenerē nepieciešamos koncentrāciju H₃O⁺+HCO₃⁻ gradientus akumulējot brīvo enerģiju G_{škCO2}+G_{CA}=8,38 kJ/mol+60 kJ/mol. Lietojot gradientu enerģiju Brauna molekulārie dzinēji darbina neatgriezenisku homeostāzi ar H₃O⁺+HCO₃ transportu lejup pa gradientu cauri membrānu kanāliem izelpojot CO₂gas+H₂O un O₂aqua+H₂O osmozē pretēji gradientam cauri akvaporīniem ieelpojot gaisa skābekli O₂. Foto sintēzē pretēji ar CA reaktivitāti ieelpo CO₂gas+H₂O cauri protonu H⁺+HCO₃ bikarbonāta kanāliem un izelpo osmozes veidā O₂aqua+H₂O cauri akvaporīnu kanāliem.



A+2B 50% C+D
 CO₂aq+2H₂O izejvielas
 produkti HCO₃⁻+H₃O⁺
 A 50% B
 CO₂↑gas Izejviela
 produkts CO₂aqua

Prigožina atraktora brīvās enerģijas izmaiņas minimuma ΔG_{min} sasniegšana ir Lešateljē princips. Liela ātruma protolīzes atraktori atrodas līdzsvarā, kamēr neatgriezeniska homeostāze turpinās, jo ir ne līdzsvara stāvoklis. Prigožins: deklarē līdzsvara stāvoklis ir atraktors ne līdzsvara stāvokļiem: Nobela prēmija ķīmijā 1977. Gads. [4]

CA karbo anhidrāze veic neatgriezeniski izšķīdusā oglekļa dioksīda protolīzi ar divām ūdens molekulām dzesējot Zemes biosfēru fotosintēzē: CO₂aqua+2H₂O+ΔG+Q=^{CA}>H₃O⁺+HCO₃⁻ palielinot šķīdības attiecību K_{CO2aqua+HCO3-}=[CO₂aqua+HCO₃⁻]/[CO₂↑air]=0,023 M/0,000754 M=30,6..... reizes CO₂gas+H₂O ieelpā. [14]

Literatūra.

- [1] [David R. Lide. CRC Handbook of Chemistry and Physics .90th ed. Taylor and Francis Group LLC; 2010 .](#)
- [2] Prigogine I., Defey R. Chemical Thermodynamics. Longmans Green & co ©; 1954.
- [3] Prigogine I., Nicolis G. Self-Organization in Non-Equilibrium Systems. Wiley, 1977.
- [4] [Prigogine I. Time, Structure and Fluctuations. Lecture, The Nobel Praise in Chemistry; 1977.](#)
- [5] [Kuman M. New light on the attractors creating order out of the chaos. Int J Complement Alt Med.; 2018; 11\(6\); 337.;](#)
- [6] [Nelson DL, Cox MM. Lehninger Principles of Biochemistry. 5th ed. New York: W.H. Freeman and company; 2008.](#)
- [7] [Xing W, Yin G, Zhang J. Rotating Electrode Method and Oxygen Reduction Electrocatalysts. Elsevier; 6 \(2014\) .](#)
- [8] [Alberty RA. Biochemical Thermodynamic's : Applications of Mathematics. John Wiley & Sons, Inc. 1-463, \(2006\).](#)
- [9] [Pinard MA, Mahon B, McKenna R. Probing the Surface of Human Carbonic Anhydrase for Clues towards the Design of Isoform Specific Inhibitors. BioMed Research International; 2025, 3 \(2025\).](#)
- [10] Kotz JC, Purcell KF. Chemistry and chemical reactivity. Saunders College Publishing; 1991.
- [11] [White VM. THE CARBON CYCLE, ISOTOPES, AND CLIMATE I and II. Lectures 37, 38; 2003 .](#)
- [12] [Hanania J, Pomerantz C, Stenhouse K, Toor J, Donev J. Carbon cycle. University of Calgary's 2020 .](#)
- [13] [Der wohltemperierte Planet. Der Spiegel. 2007 Nr.19:148-154. German .](#)
14. [Kaksis A. The Biosphere Self-Organization Attractors drive perfect order homeostasis reactions to link bioenergetic with functionally activate oxygen and carbon dioxide molecules. 7th International Conference on New Trends in Chemistry September 25-26, 2021.](#)
15. [Kaksis A. HIGH RATE PROTOLYSIS ATTRACTORS ACTIVATE energy over zero GH₂O=GCO₂gas=0 kJ/mol of water and carbon dioxide. FREE ENERGY CONTENT as BIOSPHERE Self-ORGANIZATION creates PERFECT ORDER IRREVERSIBLE HOMEOSTASIS PROGRESS. 9th International Conference, MAY 2023, p.14-19](#)