






[Karbo anhidrāze](#) 2015. 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>

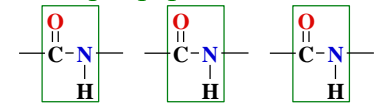
Vizualizācijas - [Display](#) iespējas (izvēlnē: **Bumbiņu un Nūjiņu=Ball & Stick** **Nūjiņu=Stick Van der Vālsa rādījumos =Spacefill**

| 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 **mugurkauls** ir Aminoskābju C α oglekļa atomu

polipeptīdu treks



sānu virknes: **hidrofobas pelēkas**

polāras/polāras rozā un **gaiši zilas**

fizioloģiskā **pH=7.36** vidē

skābe-COO⁻ negatīvs lādiņš

bāze-NH₃⁺ pozitīvs lādiņš

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

Lys.... Cik aminoskābes veido CA virkni ... 3. Lpp., kuru pārstāv **2VVA.pdb**.

(261-1 **kļūda**)=260; 260-3+1=....? Kļūda secībā **Thr125-Lys127**, iztrūkstošais ir ...

2. Kādas otrējās struktūras satur karbo anhidrāze (CA)?.....**spirāles**;.....**virknes**

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

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

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

5. Aprakstīt karbo anhidrāzes aktīvā centra ģeometriju? aktīvais centrs izvietotsÅ koniska dobuma pamatnē, kas atrodas olbaltuma molekulas.....

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

7. Kuras trīs aminoskābes atrodas aktīvā centra karbo anhidrāzē?

His.....,His.....,His.....

8. Kurš jons veido koordinācijas sfēru?.....Kuri atomi trīs aminoskābēs koordinējas ap centrālo metāla jonu metālenzīmā karbo anhidrāzē CA? trīs Histidīnuatomi.

9. Kura ūdens molekula un kurš tās atoms koordinējas ar donora-akceptora saiti ar centrālo metāla jonu metālenzīmā karbo anhidrāzē 2VVA.pdb? **H₂O**.....tā.....atoms.

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

11. Kuras ūdens molekulas izkārtotas aktīvajā centrā karbo anhidrāzē?,.....

12. Uz kuru ūdens molekulu orientēts oglekļa dioksīds **O=C=O**? **H₂O** Nr=.....

13. Ievietot koordinācijas sfērā

četrus ligandu atomus !



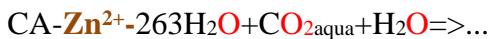
14. Kuras četras aminoskābes līdzinās karbo anhidrāzes aktīvā....

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

Leu....., Trp....., Val....., Val.....

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

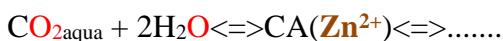
(1a). ūdens 263 HOH protolīze $\text{H}^+_{\text{His64}}$ un OH^- sadursme $\text{OH}^- + \text{CO}_{2\text{aqua}}$;



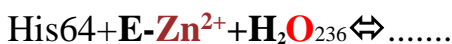
(1b) otras ūdens molekulas protolītiskā protonēšanā rodas :



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

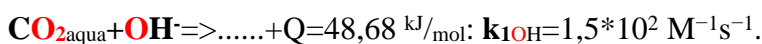


17. Uzrakstīt **H₂O₂₃₆** koordināciju **Zn²⁺** aktīvajā centrā **CA-Zn²⁺**!



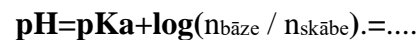
Liela ātruma protolīzes biosfēras atraktors pH=7,36 atrodas līdzsvara stāvoklī, kamēr homeostāze neatgriezeniski turpina ģenerēt koncentrācijas gradientus $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{HCO}_3^-$ transportam un $\text{H}_2\text{O} + \text{O}_{2\text{aqua}}$ osmozei, jo ir ne līdzsvara stāvoklis. [Prigožina](#)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

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



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

20. Uzrakstīt Hendersona Haselbalha buferim $[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_2]$ pH izteiksmi!



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

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

22. Ievietot koordinācijas sfērā četrus ligandu atomus !

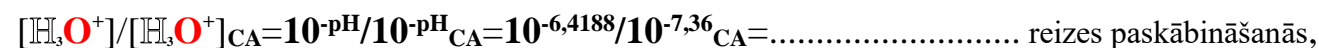


23. Izskaitļojiet sārma rezervi, attiecību $[\text{HCO}_3^-]/[\text{CO}_{2\text{aqua}}]$ asinīs

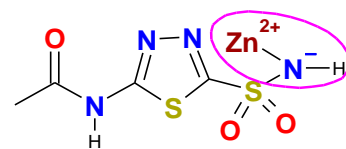
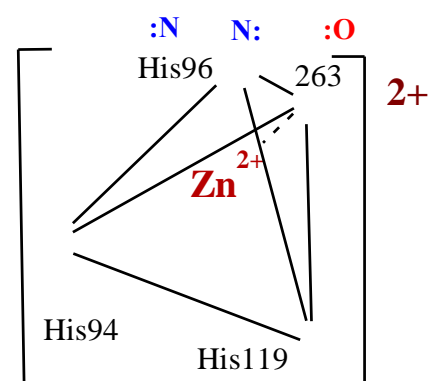
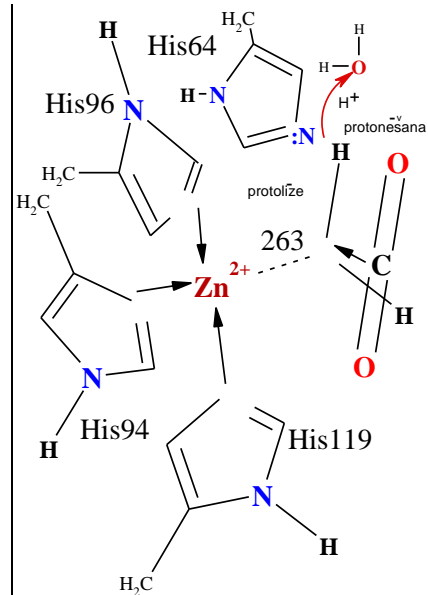


24. Kādas briesmas šūnām un organismiem no pH=6,4188 $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-6,4188} \text{ mol/L}$ asinīs

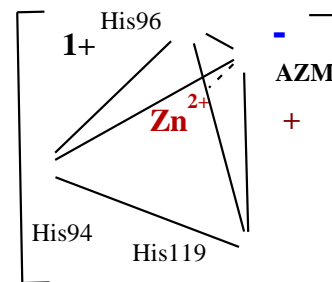
inhibējot **CA** karbo anhidrāzes, ja norma ir $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{CA}} = 10^{-\text{pH}_{\text{CA}}} = 10^{-7,36} \text{ mol/L}$ ar **CA**?



burbulošana $\text{CO}_2 \uparrow$ gāzes,,stress.



Acetazolamīds **AZM**



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 | DPSLKPLSVS | YDQATSLRIL | NNGHAFNVEF | DDSQDKAVLK |
| 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 |
| GGPLDGTYRL | IQFHFWGSL | DGQGSEHTVD | KKKYAAELHL | VHWNTKYGDF | GKAVQPPDGL | AVLGIFLKV | SAKPLQKVV |
| 170 | 180 | 190 | 200 | 210 | 220 | 230 | 240 |
| DVLDSIKTKG | KSADFTNFDP | RGLLPESLDY | WTPYGLSTTP | PLLECVTWIV | LKEPISVSSE | QVLKFRKLN | NGEGEPEELM |
| 250 | 260 | | | | | | |
| VDNWRPAQPL | KNRQIKASFK | CAH2 | Human | | | | |

AApK_{COO}-pK_{NH₃}+pK_{RR} Nr AA pK_{COO}-pK_{NH₃}+pK_{RR}Nr

| | | | | | | |
|---|-------|-----|----|--------|----------|----|
| M | 9,21 | 1 | 1 | Y | 10,07114 | 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 | 10,53126 | 48 |
| H | 6 | 10 | 6 | Y | 10,07127 | 49 |
| E | 4,25 | 14 | 7 | D | 3,65 129 | 50 |
| H | 6 | 15 | 8 | K | 10,53132 | 51 |
| H | 6 | 17 | 9 | D | 3,65 138 | 52 |
| K | 10,53 | 18 | 10 | K | 10,53148 | 53 |
| D | 3,65 | 19 | 11 | K | 10,53153 | 54 |
| K | 10,53 | 24 | 12 | K | 10,53158 | 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 | 10,53167 | 58 |
| D | 3,65 | 34 | 16 | K | 10,53169 | 59 |
| H | 6 | 36 | 17 | K | 10,53171 | 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 | 12,48181 | 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 | 10,07190 | 66 |
| R | 12,48 | 58 | 24 | Y | 10,07193 | 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 | 10,53212 | 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 | 10,53224 | 73 |
| K | 10,53 | 80 | 31 | R | 12,48226 | 74 |
| D | 3,65 | 85 | 32 | K | 10,53227 | 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 | 12,48245 | 81 |
| H | 6 | 107 | 39 | K | 10,53251 | 82 |
| D | 3,65 | 110 | 40 | R | 12,48253 | 83 |
| K | 10,53 | 111 | 41 | K | 10,53256 | 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 summa 624,1

Uzdevums karbo anhidrāzes 2 molekulas CA2 aprēķinam

Protolītisko konstanti pK_a izoelektrisko punktu IEP=pK_a aprēķina saskaitot sānu virkņu ΣpK_aRsānu grupu, un pK_aNterminālsNH₃ un pK_aCterminālsCOO-konstanšu summu izdalot ar skābes grupu skaitu molekulā NpK_a:

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

1. Summārais protolītisko līdzsvaru skaits ir NpK_a=83+2=....
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 saskaitīta kā

$$\Sigma pK_{aRside\ group}+pK_{aNterminal}+pK_{aCterminala}=.....$$

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

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

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

plus (+)—nulle lādiņš „0” IEP=pH—mīnus (-)→ 14 pH skala
-COOH & -NH₃⁺ pozitīvs -COO⁻ & -NH₂ negatīvs -COO⁻ & -NH₂

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

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

Pasvītro eksistējošu:

COOH,NH₃⁺ pozitīvu+ pH=7.36<IEP=7,37 negatīvu -COO⁻,NH₂.

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

Pasvītro eksistējošu:

COOH,NH₃⁺ pozitīvu+ IEP=7,37<pH=8,8 negatīvu -COO⁻,NH₂.

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

Ostvalda atšķaidīšanas likumā logaritmam no C

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

Atraktora 7,36 CA2 koncentrācija ir C=.....M .

Karbo anhidrāzes CA sintēze nepieciešams atraktors CO_{2,gas} šķīdībai un CO_{2,aqua}+2H₂O aktivēšanai.

Gāzveida CO_{2,gas} endoerģiskas šķīdības G_{škCO2}=8.38 kJ/mol aktivēšanai CO_{2,aqua}+2H₂O nepieciešamā karbo anhidrāzes (CA) reaktivitāte ar liela ātruma protolīzi produktos 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 neatgriezenisko homeostāzi evolūcijai un izdzīvošanai.

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

Šķīdības konstante: $K_{šk} = \frac{[CO_{2,aqua}]}{[CO_{2,gas}] \cdot [H_2O]} = EXP(-\Delta G_{škCO2}/R/T) = EXP(-8379/8,3144/298,15) = \dots\dots$

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

| Viela | ΔH°_H , kJ/mol | ΔS°_H , J/mol/K | ΔG°_H , 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<=>CO_{2,aqua}+Q=20,3 kJ/mol;
 $\Delta H_{šk} = \Delta H^\circ_{CO2aq} - \Delta H^\circ_{CO2gas} = -413,7976 - (-393,509) = -20,3 \text{ kJ/mol};$
 $G_{škCO2} = \Delta G^\circ_{CO2aq} - \Delta G^\circ_{CO2gas} = -385,98 + 394,359 = 8,379 \text{ kJ/mol};$

Tīras gāzes 100%=[CO_{2,gas}]=X_{CO2gas}=1 mol daļai šķīdība ir
 $[CO_{2,aqua}] = K_{šk} \cdot 1 \cdot [H_2O] = 0,034045 \cdot 1 \cdot 55,3457339 = 1,884 \text{ M}.$
 Atmosfēras 0,04%=[CO_{2,gas}]=X_{CO2gas}=0,0004 mol daļas
 šķīdība $[CO_{2,aqua}] = K_{šk} \cdot [CO_{2,gas}] \cdot [H_2O]$ ir

$$[CO_{2,aqua}] = K_{šk} \cdot [CO_2 \uparrow_{gas}] \cdot [H_2O] = 0,034045 \cdot 0,0004 \cdot 55,3 = \dots\dots \text{ M}; \text{ 4., 45., 46. lapaspusēs.}$$

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

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

CA karbo anhidrāze liek liela ātruma protolīzē reaģēt CO_{2,aqua} ar divām ūdens molekulām:

CO_{2,aqua}+2H₂O+ΔG+Q=ν^{1CA}>H₃O⁺+HCO₃⁻, kur ātruma konstante ir: k_{1CO2aqua}=1,5×10⁸ M⁻¹s⁻¹

..... ΔH_{Hess}=9.7576 kJ/mol un ΔG_{Hess}=102 kJ/mol;. [9] Hesa aprēķins:

$$\Delta H_{Hess} = \Delta H^\circ_{H3O} + \Delta H^\circ_{HCO3} - 2\Delta H^\circ_{H2O} - \Delta H^\circ_{CO2} = -285.81 - 689.93 - (2 \cdot -285.85 - 413.7976) = \dots\dots \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta G_{Hess} = \Delta G^\circ_{H3O} + \Delta G^\circ_{HCO3} - 2\Delta G^\circ_{H2O} - \Delta G^\circ_{CO2} = -213,2746 - 544,9688 - (2 \cdot -237,191 - 385,98) = \dots\dots \text{ kJ/mol};$$

$$\Delta G_{Absolute} = G_{H3O} + G_{HCO3} - (2G_{H2O} + G_{CO2,aqua}) = 22,44 + 46,08 - (2 \cdot 0 + 8,379) = 60,14 \text{ kJ/mol};$$

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

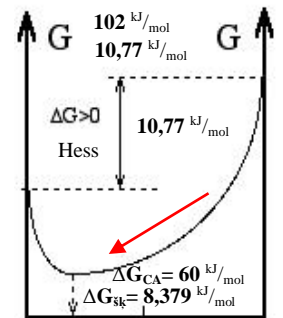
Eksotermiska ΔH_{šk}=..... kJ/mol un endoerģiska šķīdība [CO_{2,aqua}]=0,000754 M

izšķīdināšanai ir ΔG_{šk}=..... kJ/mol un protolīzes konstante ir K_{eqCA}=2,906*10⁻¹¹<1 : tā pēc pozitīvs endoerģisks brīvās enerģijas izmaiņas minimums:

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

Endoerģiskas CO_{2,gas} šķīdības un CO_{2,aq} 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 :

CO_{2,aqua}+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 CO_{2,gas}+H₂O un O_{2,aqua}+H₂O osmozē pretēji gradientam cauri akvaporīniem ieelpojot gaisa skābekli O₂. Foto sintēzē pretēji ar CA reaktivitāti ieelpo CO_{2,gas}+H₂O cauri protonu H⁺+HCO₃ bikarbonāta kanāliem un izelpo osmozes veidā O_{2,aqua}+H₂O cauri akvaporīnu kanāliem.



A+2B 50% C+D
 CO_{2,aq}+2H₂O izejvielas
 produkti HCO₃⁻+H₃O⁺
 A 50% B
 CO₂↑_{gas} Izejviela
 produkts CO_{2,aqua}

Prigožina atraktora brīvās enerģijas izmaiņas minimuma ΔG_{min} sasniegšana ir Lešateljē princips. Liela ātruma protolīzes atraktori atrodas līdzsvarā, kamēr 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 izšķīdušā oglekļa dioksīda protolīzi ar divām ūdens molekulām dzesējot [Zemes biosfēru fotosintēzē](#) : CO_{2,aqua}+2H₂O+ΔG+Q=^{CA}>H₃O⁺+HCO₃⁻ palielinot šķīdības attiecību K_{CO2aqua+HCO3-}=[CO_{2,aqua}+HCO₃⁻]/[CO₂↑_{air}]=0.023 M/0,000754 M=..... reizes CO_{2,gas}+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; 2015, 3 \(2015\).](#)
- [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, 2021.27-32.](#)
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 on New Trends in Chemistry 19-21 May, 2023. 14-19.](#)