http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS 1. gāzveida **6CO_2** foto sintēze par **6O_{2aqua}** un **$C_6H_{12}O_6$**

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/Aprekini.xls

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Foto sintētiskajā reakcijas centrā PRC+**h•v** gāzveida **CO_2** asimilācijas reakcija ūdenī zaļajos augos ar zilo un sarkano fotonu **E=h•v** enerģiju, foto sintezējot **6O_{2aqua}** un **$C_6H_{12}O_6$** standarta apstākļos (25° C) 298.15 K, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Izejvielas => produkti glikoze + skābeklis

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
$C_6H_{12}O_{6\ (aq)}$	-1263.78	269.45
O_{2aqua}	-11.715	110.876
H_2O	-285.85	69.9565
CO_2↑gas	-393.509	213.74

6CO_2↑$_{gas}$+**6 H_2O**+ΔG +**Q**—PRC+hv> **$C_6H_{12}O_6$**+ **6O_{2aqua}**

<=biooksidēšana (Krebsa cikls, Glikolīze)

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°izejvielas$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°izejvielas$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{C6H12O} + 6\Delta H°_{O2} - 6\Delta H°_{H2O} - 6\Delta H°_{CO2}$=.....J/K/mol....
.....=-1263.78-6*11.715-(6*-285.85+6*-393.509) =-1334.07+4076154= +2742.084 kJ/mol **endotermiska**....
2. $\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = -2742.084 /298.15= -9196,9948 .....J/K/mol....
$\Delta S_r = \Delta S°_{C6H12O} + 6\Delta S°_{O2} - 6\Delta S°_{H2O} - 6\Delta S°_{CO2}$=.....J/mol/K....
.....=269.45+6*110.876-(6*69.9565+6*213.74)=934.706-1702.179= -767.473 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=-767.473 -9196,9948 = -9964,4678.....J/K/mol....
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$= +2742,084-298,15*-0,76747= +3942.084+228.8221= +2970,906.....kJ/mol **endoerģiska**....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=-9964,4678 *298,15=**-2970,9**.....kJ/mol ....saistīta TΔSn← uzkrātā enerģija

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS 1a. gāzveida **6CO_2** foto sintēze par **6O_2**↑$_{gas}$ un **$C_6H_{12}O_6$**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Foto sintētiskajā reakcijas centrā PRC+**h•v** gāzveida **CO_2** asimilācijas reakcija ūdenī zaļajos augos ar zilo un sarkano fotonu **E=h•v** enerģiju, foto sintezējot **6O_{2aqua}** un **$C_6H_{12}O_6$** standarta apstākļos (25° C) 298.15 K, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Izejvielas => produkti glikoze + skābeklis

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
O_2↑***gas***	0	205,04

6CO_2↑$_{gas}$+**6 H_2O**+ΔG +**Q**—PRC+hv> **$C_6H_{12}O_6$**+ **6O_2**↑***gas***

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{C6H12O} + 6\Delta H°_{O2} - 6\Delta H°_{H2O} - 6\Delta H°_{CO2}$=.....kJ/mol
.....= -1263,78-6*0-(6*-285,85+6*-393,509)= -1263,78+4076,154= +2812,37 kJ/mol **endotermiska**....
2. $\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = -2812,37 /298.15= -9432,59 .....J/K/mol....
$\Delta S_r = \Delta S°_{C6H12O} + 6\Delta S°_{O2} - 6\Delta S°_{H2O} - 6\Delta S°_{CO2}$=.....J/mol/K....
..... =269,45+6*205,04-(6*69,9565+6*213,74)= 1499,69-1702.179= -202,489 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=-202,489-9432,59 = -9635,079.....J/K/mol....
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = +2812,37-298,15*-0,202489 =2812,37+60,3721= +2872,74.....kJ/mol **endoerģiska**....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=-9635,079*298,15= **-2872,7**.....kJ/mol saistīta TΔSn← uzkrātā enerģija

$C_6H_{12}O_6$+ **6O_2**↑$_{gas}$ —BioOxv> **6CO_2**↑$_{gas}$+**6 H_2O**+ΔG +**Q**

1. $\Delta H_r = 6\Delta H°_{H2O} + 6\Delta H°_{CO2} - \Delta H°_{C6H12O} - 6\Delta H°_{O2}$ =.....kJ/mol....
.....= 6*-285,85+6*-393,509-(-1263,78-6*0)= -4076,154+1263,78= -2812,37 kJ/mol **eksotermiska**.....
2. $\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = --2812,37 /298.15= +9432,59 .....J/K/mol....
$\Delta S_r = 6\Delta S°_{H2O} + 6\Delta S°_{CO2} - \Delta S°_{C6H12O} - 6\Delta S°_{O2}$ =.....J/mol/K....
..... =6*69,9565+6*213,74-(269,45+6*205,04)= 1702.179-1499,69= +202,489 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=202,489+9432,59 = 9635,079.....J/K/mol....
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$= -2812,37-298,15*0,202489= -2812,37-60,3721= -2872,74.....kJ/mol **eksoerģiska**....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=9635,079*298,15= **+2872,7**.....kJ/mol saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

$$6C_{gr} + 6O_2\uparrow_{gas} \xrightarrow{Power\ Staition} 6CO_2\uparrow_{gas} + \Delta G + Q$$

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
C_{gr}	0	5.74

1. $\Delta H_r = 6\Delta H°_{CO2} - 6\Delta H°_{Cgr} + 6\Delta H°_{O2}$ =..... **eksotermiska** kJ/mol
= 6*-393,509-(6*0-6*0) =-2361,05-0= -2361,05..... kJ/mol
2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = --2361,05 / 298,15 = 7919$ ..... J/K/mol
$\Delta S_r = 6\Delta S°_{CO2} - 6\Delta S°_{Cgr} - 6\Delta S°_{O2}$ =6*213,74-(6*5,74+6*205,04)=1282,44-1264,68= 17,76 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=17,76+7919 = 7936,76..... J/mol/K
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = -2361,05-298,15*0,01776 = +2361,05-5,295 = -2366,35..... kJ/mol **eksoerģiska**....
$T\bullet\Delta S_{kopēja}$=7936,76 *298,15=**+2366,35**..... kJ/mol saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija

$$32H_{liquid} + 15C_{gr} + 23O_2\uparrow_{gas} \xrightarrow{Power\ Staition} 15CO_2\uparrow_{gas} + 16H_2O + \Delta G + Q$$

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
H_{atomic}	218.0	114.7

1.$\Delta H_r = 15\Delta H°_{CO2} + 16\Delta H°_{H2O} - 32\Delta H°_{H} - 15\Delta H°_{Cgr} - 23\Delta H°_{O2}$=-17452,2
=15*-393,509+16*-285,85-(32*218+15*0+23*0)=-10476-6976=.. kJ/mol
2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = --17452,2 / 298,15 = 58535$ ..... J/K/mol
2. $\Delta S_r = 15\Delta S°_{CO2} + 16\Delta S°_{H2O} - 32\Delta S°_{H} - 15\Delta S°_{Cgr} - 23\Delta S°_{O2}$= J/mol/K.....
.....=15*213,74+16*69,9565-(32*114,7+15*5,74+23*205,04) =4325,4-8472.42= -4147 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=58535-4147 = 54388..... J/mol/K
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$=-17452,2-298,15*-4,147= -17452,2+1236,43= -16215,8..... kJ/mol **eksoerģiska**....
$T\bullet\Delta S_{kopēja}$=54388 *298,15=**+16215,8**..... kJ/mol saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Beta oksidēšana mitohondrijā, peroksi somā palmitīnskābei ar O_{2aqua} standarta apstākļos (25°C) 298.15 K, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Izejvielas => produkti bikarbonāts +hidronija jons

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
$C_{16}H_{32}O_{2s}$	-891.5	452.4
$C_{16}H_{32}O_{2liquid}$	-838.1	
O_{2aqua}	-11.715	110.876
H_2O	-285.85	69.9565
H_3O^+	-285,81	-3,854
HCO_3^-	-689,93	98,324

$$C_{16}H_{32}O_{2s} + 16H_2O + 23O_{2aqua} \xrightarrow{beta\_oxidation} 16HCO_3^- | + 16H_3O^+ + \Delta G + Q$$

biooksidēšana (mitohondrijā un peroksisomā)

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°izejvielas$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°izejvielas$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T\bullet\Delta S_{reakcija}$

1.$\Delta H_r = 16\Delta H°_{HCO3} + 16\Delta H°_{H3O} - \Delta H°_{C6H12O} - 16\Delta H°_{H2O} - 23\Delta H°_{O2}$=.... kJ/mol
2.$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = --9853,87/298,15 = 33050$ ..... J/mol/K.
=16*-689,93+16*-285,81-(16*-285.85+23*-11.715+-891.5)=-15611,8+5757,98= -9853,87 kJ/mol eksotermiska.....
2.$\Delta S_r = 16\Delta S°_{HCO3} + 16\Delta S°_{H3O} - \Delta S°_{C6H12O} - 16\Delta S°_{H2O} - 23\Delta S°_{O2}$=..... J/mol/K....
=16*98,324+16*-3,854-(16*69,9565+23*110,876+452,4)=1511,52-4121,85= -2610,33 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=33050-2610,33= 30439,7..... J/mol/K....
3.$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$=-9853,87-298,15*-2,61033=-9853,87+778,27= -9075,6..... kJ/mol **eksoerģiska**....
$T\bullet\Delta S_{kopēja}$=30439,7*298,15=**9075,6**..... kJ/mol....saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
$C_{16}H_{32Liq}$	-328.7	587.9
$O_2\uparrow_{gas}$	0	205,04
H_2O	-285.85	69.9565
$CO_2\uparrow_{gas}$	-393.509	213.74

heksadekēns $C_{16}H_{32liq} + 24O_2\uparrow_{gas} \xrightarrow{degšana} 16CO_2\uparrow_{gas} + 16H_2O + \Delta G + Q$

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°izejvielas$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°izejvielas$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T\bullet\Delta S_{reakcija}$

1.$\Delta H_r = 16\Delta H°_{CO2} + 16\Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{C16H32} - 24\Delta H°_{O2}$=..... kJ/mol
=16*-393,509+16*-285,85-(24*0-328,7) =-10869,7+328,7=-10541 kJ/mol eksotermiska.....
2.$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = --10541/298,15 = 33050$ ..... J/mol/K.
2.$\Delta S_r = 16\Delta S°_{CO2} + 16\Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{C16H32} - 24\Delta S°_{O2}$=..... J/mol/K....
=16*213,74+16*69,9565-(24*205,04+587,9) =4539,14-5508,86=-969,716 J/mol/K.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=33050-969,716= 32080,7..... J/mol/K....
3.$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$=-10541-298,15*-0,969716=-10541+289,121= -10251,9..... kJ/mol **eksoerģiska**....
$T\bullet\Delta S_{kopēja}$=34385*298,15=**10251,9**..... kJ/mol....saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS II. GAISA **CO_2** izšķīšanas reakcija ūdenī **CO_{2aqu}**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? No GAISA ūdenī **CO_2** izšķīšanas reakcija zaļajos augos +atvārsnīšu iekļautā šūnu membrānu virsmā standarta apstākļos 298.15 K lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
CO_{2aqua}	-413,7076	117,57
H_2O	-285,85	69,9565
$CO_2\uparrow_{gas}$	-393,509	213,74

Izejvielas => produkti

$CO_2\uparrow_{gas}+H_2O+\Delta G \xrightarrow{atvārsnītes\_Šūnu\_Membrānas} H_2O+CO_{2aqua}+Q$

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T\bullet\Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{CO2aqua} - \Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{CO2gas}$=.....kJ/mol....
.....=-413,7076-285,85-(-393,509+-285,85) =-413,7076-(-393,509) = -20,1986 kJ/mol **eksotermiska**....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T$ =20,1986/298.15= 67,746436 .....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{CO2aqua} - \Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{CO2gas}$=..... J/mol/K....
.....=117,57+69,9565-(213,74+69,9565)= 117,57-(-213,74)= -96,17..... J/mol/K....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=-96,17 +67,746436 = -28,424 .....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
3.$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = -20,1986-298.15*-96,17= -20,1986+28.673 = +8,474....
.....kJ/mol....
.....**endoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
$T\bullet\Delta S_{kopēja}$=-28,424*298,15K=**--8,47**.....kJ/mol ....
saistīta TΔSn← uzkrātā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←... Q= -3942.084 kJ/mol .....**nav patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ = +8,474kJ/mol.....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS III. Bikarbonāta **6HCO$_3^-$+6H$_3$O$^+$** foto sintēze **6O$_2$** un **C$_6$H$_{12}$O$_6$**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Bikarbonāta asimilācijas ūdenī zaļajos augos ar zilo un sarkano fotonu **E=h•v** enerģijas absorbciju foto sintētiskajā reakcijas centrā PRC+**h•v** producē **6O$_{2aqua}$** un **C$_6$H$_{12}$O$_6$** standarta apstākļos 298.15 K. Lietojiet tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Izejvielas ⇔ produkti glikoze + skābeklis+ ūdens

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
C$_6$H$_{12}$O$_{6\ (aq)}$	-1263,78	269,45
O$_{2aqua}$	-11,715	110,876
H$_2$O	-285,85	69,9565
H$_3$O$^+$	-285,81	-3,854
HCO$_3^-$	-689,93	98,324

6HCO$_3^-$+6H$_3$O$^+$+ΔG+Q $\xrightarrow{PRC+hv}$ **C$_6$H$_{12}$O$_6$+6O$_{2aqua}$+6H$_2$O**

<biooksidēšana (Krebsa cikls, Glikolīze)

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T•\Delta S_{reakcija}$

.....

1.$\Delta H_r = \Delta H°_{C6H12O6} + 6\Delta H°_{O2} + 6\Delta H°_{H2O} - 6\Delta H°_{H3O} - 6\Delta H°_{HCO3} = +2805,27$ kJ/mol....

..... =6*-689,93+6*-285,81-(-1263,78-6*11,715-6*285,85)=-3049,17+5854,44 = +2805,27 kJ/mol **endotermiska**.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r/T = -2805,27-298,15*0,8286665 = -2558,2031$ J/mol/K

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_r = \Delta S°_{C6H12O6} + 6\Delta S°_{O2} + 6\Delta S°_{H2O} - 6\Delta S°_{H3O} + 6\Delta S°_{HCO3} =$ J/mol/K....

.....=6*98,324+6*-3,854-(269,45+6*110,876+6*69,9565)=566,82-1354,45= -787,625 J/mol/K.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = -787,625-9408,9217 = -10196,55$ J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r = +2805,27-298,15*-0,787625 = +2805,27+247,0669 = 3040,1$ kJ/mol....

.....**endoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

.....

T•$\Delta S_{kopēja}$= -10196,55/K/$_{mol}$•298,15K= **-3040,1**.....kJ/mol ....

saistīta TΔSn← uzkrātā enerģi $\Delta G_{pretreakcija}$←....Q= -2805,27 kJ/mol.....**nav patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ = 3040,1 kJ/mol.....

p.3:http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/BioChemicalPproces.pdf.

Uzkrātā enerģija $T\Delta S_{kopēja}$= **-3040,1** kJ/mol ir saistīta produktos: **C$_6$H$_{12}$O$_6$+6O$_{2aqua}$+6H$_2$O**.....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS IV. vitamīnam B_3 etanālu $H_3CCH{=}O$ reducējot H_3CCH_2OH etanols

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Reakcija standarta apstākļos 298.15 K. Vitamīna B3 aneiroba etanāla reducēšana par etanolu alkohola dehidrogenāzes fermentācijā! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
H_3C-CH=O$_{aq}$	-212,23	-281,84
NAD**H**$_{(aq)}$	-1036,66	-140,50
$H_3O^+_{(aq)}$	-285.81	-3,854
H_3C-CH_2-OH$_{aq}$	-288,3	-357,74
$NAD^+_{(aq)}$	-1007,48	-183
$H_2O_{(aq)}$	-285.85	69,96

Izejvielas => produkti+**Δ**G+**Q**

H_3C-CH=O+NAD**H**+**H_3O^+**=>**H_3C-CH_2-OH**+NAD^++**H_2O**

<=aeroba alkohola dehidrogenāzes B3 vitamīna fermentācija

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°izejvielas$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°izejvielas$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T\bullet\Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{CH3CH2OH} + \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{NAD+} - \Delta H°_{H3O} - \Delta H°_{CH3CHO} - \Delta H°_{NADH}$ =.....kJ/mol.... .....= -288,3-1007,48-285,85-(-212,23-1036,66-285,81)= -1581,63+1534,7= -46,93- $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\Delta S_{izkliedēta} = - \Delta H_r / T = - -46{,}93/298.15 = +157.4$.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_r = \Delta S°_{CH3CH2OH} + \Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{NAD+} - \Delta S°_{H3O} - \Delta S°_{CH3CHO} - \Delta S°_{NADH}$ =.....kJ/mol.... .....= -357,7394-183+69,956-(-281,838-140,50-3,854)= -470,78+426,192= -44,588 $^{J}/_{mol/K}$.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$= 157.4 -44,588= +112.812.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = -46,93-298,15*(-44,588)/1000= -33,636 .....kJ/mol.... .....**eksoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

$T\bullet\Delta S_{kopēja}$= +112.812 3 $^{J}/K/_{mol}\bullet$298,15 K= **+33.635**.....kJ/mol....

saistīta TΔSn← zaudēta enerģi $\Delta G_{pretreakcija}$ ←...Q= +46,93kJ/mol **patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ = -33,636 kJ/mol

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS V sāls **Na^+Cl^-** kristāliem hidratācijas reakcijā ar ūdeni

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r**.** Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Reakcija standarta apstākļos 298.15 K sāls **Na^+Cl^-** kristāliem hidratācijas reakcijā ar ūdeni lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
kristālisks **Na^+Cl^-**	-411.12	72.00
Na^+_{aqua}	-240.10	59.00
Cl^-_{aqua}	-167.2	56.50

Izejvielas => produkti

kristālisks **Na^+Cl^-** + $12\mathbf{H_2O}_{brīvo}$ + **Q** => **Na^+_{aqua}** + $6\mathbf{H_2O}$ + **Cl^-_{aqua}** + $6\mathbf{H_2O}$ + ΔG

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$

2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$

3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{Na^+} + \Delta H°_{Cl^-} - \Delta H°_{Na^+Cl^-}$ =.....kJ/mol....

.....= -240.1-167.2-(-411.12) =-407.3+411.12= +3.82 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T$ = -3.82 /298.15= -12.812 .....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_r = \Delta S°_{Na^+} + \Delta S°_{Cl^-} - \Delta S°_{Na^+Cl^-}$= 59.00+56.50-(72.00)= 115.5-72.00= +43.5.....$^{J}/_{mol/K}$....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$= -12.812+43.5= +30.688.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = +3.82 -298.15*0.0435 = -9.15 .....kJ/mol....

.....**eksoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=+30.688 $^{J}/_{K/mol} \bullet$298,15 K=**+9.15** .....kJ/mol....

saistīta $T\Delta Sn$←zaudēta brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$←..Q= -3.82 kJ/mol.....**patvaļīga** ΔG_r=-9.15 kJ/mol.....

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos (298.15 K). Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Enzīma karboanhidrāzes (CA) skābes/bāzes līdzsvars $H_2O^{/CA/}CO_2/H_3O^+ + HCO_3^-$ virza CO_{2aqua} reakciju ar ūdens molekulām $2H_2O$ lietojot tabulas datus! Miniet vai būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
H_3O^+	-285.81	-3.854
HCO_3^-	-689.93	98.324
H_2O	-285.85	69.9565
CO_{2aqua}	-413.7976	117.5704

Izejvielas => produkti

$CO_{2aqua} + 2H_2O + \Delta G + Q \xrightarrow{CA} H_3O^+ + HCO_3^-$.....

1. $\Delta H_{reakcija} = \Delta H°_{produkti} - \Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Delta S°_{produkti} - - \Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H3O} + \Delta H°_{HCO3} - 2\Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{CO2}$ =.....

....=-285.81-689.93-(2*-285.85-413.7976) =-975.74+985.3276= +9.7576 **endotermiska**.....

..... $^{kJ}/_{mol}$....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = -9.7576 / 298.15 = -32.727$ .....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H3O} + \Delta S°_{HCO3} - 2\ \Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{CO2}$=..... $^{J}/_{mol/K}$....

.....=-3.854+98.324-(2*69.9565+117.5704)= 94.47-257.482= -163.0134 $^{J}/_{mol/K}$.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = -32.727 - 163.0134 = -195.169$.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r = +9.7576 + 298.15*0.1630134 = +58.19$.....kJ/mol....

.....**endoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

.....

$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=-195.7404*298,15 K=**-58.19**.....kJ/mol....

saistīta TΔSn← uzkrāj brīvo enerģiju $\Delta G_{pretreakcija}$ ←.Q=-9.7576 kJ/mol **endoerģiska** $\Delta G_{reakcija}$=+58.19kJ/mol....

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS VII H_2O+CO_2lietojot jonu kanālus H_3O^++HCO_3^- virza uz CO_{2gas}

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos (298.15 K). Skābes/bāzes līdzsvars H_2O+CO_2, lietojot jonu kanālus H^++HCO_3^- virza plaušās reakcijas produktus uz izelpu CO_{2gas} ar ūdens molekulām $2H_2O$ (**eksotermiski**, **atermiski** vai **endotermiski**?). Lietojiet tabulas datus! Minēt reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
H_3O^+	-285.81	-3.854
HCO_3^-	-689.93	98.324
H_2O	-285.85	69.9565
$CO_2\uparrow_{gas}$	-393,509	213,74

Izejvielas => produkti

H_3O^++HCO_3^-+Q =$\underline{\text{kanāli}H^+; HCO_3^-}$=>$CO_{2gas}$+$2H_2O$+ΔG.....

<=asimilējas fotosintēzes vajadzībām augu atvārsnītēs

1. $\Delta H_{reakcija}$= $\Delta H°_{produkti}$- $\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija}$= $\Delta S°_{produkti}$- - $\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija}=\Delta H_{reakcija}-T\bullet\Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r=2\Delta H°_{H2O}+\Delta H°_{CO2}-\Delta H°_{H3O}-\Delta H°_{HCO3}$ =.....kJ/mol....
.....=2*-285,85-393,509-(-285,81-689,93)=-965,209+975,74= +10,531 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**....
.....
.....
.....
.....
.....

$\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T =-10,531/298,15= -35,3211….....J/K/mol....
.....kJ/mol....
.....
.....
.....
.....
.....

2. $\Delta S_r=2\Delta S°_{H2O}+\Delta S°_{CO2}-\Delta S°_{H3O}-\Delta S°_{HCO3}$ =.....$^{J}/_{mol/K}$....
.....=2*69,9565+213,74-(-3,854+98,324)= 353,653-94.47= 259,183.....
.....
.....
.....
.....
.....

$\Delta S_{kopējā}$= ΔS_r+ $\Delta S_{izkliedēta}$=259,183-35,3211= +223,8619.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....

3. ΔG_r = ΔH_r – T*ΔS_r =10,531-298,15*0,259183 = -66,744411.....kJ/mol....
.....**eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....

T•$\Delta S_{kopēja}$=223,8619*298,15 K= **+66.7444**.....kJ/mol....
saistīta TΔSn← $\underline{\text{zaudēta brīvā enerģija}}$ $\Delta G_{pretreakcija}$ Q=-10,531 kJ/mol **eksoerģiska patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ =-66,7444 kJ/mol....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS VIII. glicīns + glicīns=>glicilglicīns dipeptīda sintēze

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos (298.15 K). Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Peptīda sintēze poli kondensācijas Enzīma ribosomas virzīta reakcija ar amino skābi glicīnu Gly (G) lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

..... J.Phys.Chem.Ref.Data, Vol. 19, No. 4, 1990; Chem. Phys. CRC, 2010-2005, p.876,882,1220,1223

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
Gly$_{aqua}$	−554.56	76.45
Gly-Gly$_{aqua}$	-790.99	-1
H_2O	-285.83	69.9565
I=0 M	**I=0,1 M**	I=0.2 M
-180.13	**-177.07.**	-176.08
-200.55	**-195.65**	-194.07
-213.275	-213.275	213.275

glicīns + glicīns→glicilglicīns dipeptīda sintēze

Gly$_{aqua}$ + **Gly**$_{aqua}$ +**Q** +$\Delta G \rightarrow^{Ribosoma}\rightarrow$ **Gly-Gly**$_{aqua}$+ **H_2O**.....

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

$\Delta G°_{rašanās}$ kJ/mol $\Delta G°_{H2O}$ = -237.19 $^{kJ}/_{mol}$

Gly$_{aqua}$ $\Delta G_r = \Sigma\Delta G°_{produkti} - \Sigma\Delta G°_{izejvielas}$

Gly-Gly$_{aqua}$; ΔG_r=-200,5-213,275-(2*-180,13)= -53.515 $^{kJ}/_{mol}$ **endoerģiska**

H_2O

ΔG_r=-195.65-213,275-(2*-177.07)= -54,785 $^{kJ}/_{mol}$ **endoerģiska**.....

ΔG_r= -194,07-213,275 (2*-176,08)= -55,185 $^{kJ}/_{mol}$ **endoerģiska**.....

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{Gly-Gly} + \Delta H°_{H2O} - 2\,\Delta H°_{Gly}$=-790.99-285.83-(2*-554.56)=-1076.82+1109.12=+32.3 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**.....
..... $^{kJ}/_{mol}$

2. $\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T =-32.3/298.15= -108.335..... $^{J}/_{mol/K}$

.....

$\Delta S_r = \Delta S°_{Gly-Gly} + \Delta S°_{H2O} - 2\,\Delta S°_{Gly}$ =..... $^{J}/_{mol/K}$

.....=-1+69.9565-(2*76.45)=68.957-152,9= - 83,944 $^{J}/_{mol/K}$.....

.....

3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=-108.335-83.944= -192,279..... $^{J}/_{mol/K}$

Lapa 3: http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/08ThGlyGlyH2OCRC10LatSol.pdf

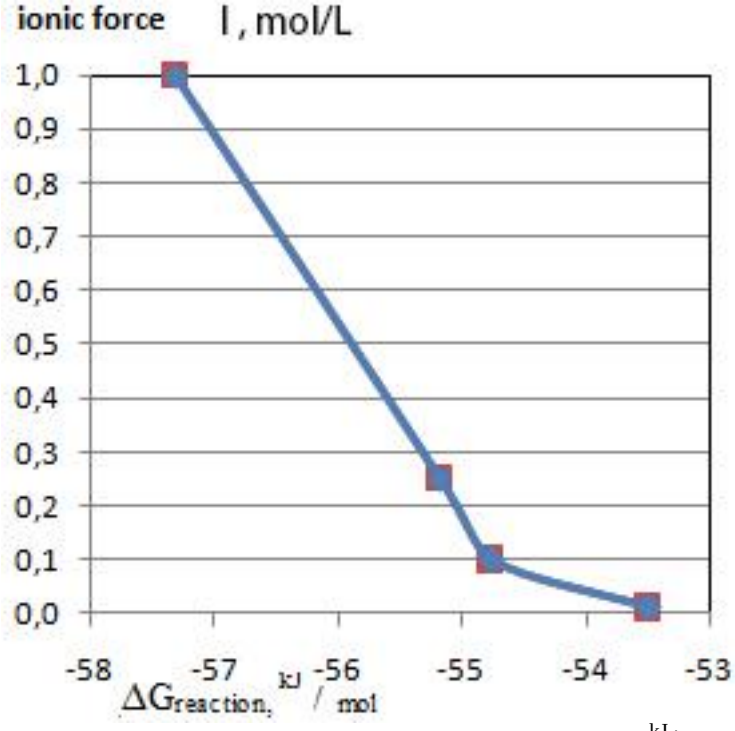
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =32.3-298.15*-0.083944=32,3+25,0279=57,328 kJ/mol **endoerģiska**..... $^{kJ}/_{mol}$

jonu spēks ir kopējā jonu summas koncentrācija
I = 1 $^{mol}/_{L}$ (1 M)

standarta entalpijas $\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$
un
standarta entropijas $\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$

mērījumā aprēķināts
ΔG_r = 57 $^{kJ}/_{mol}$

Chem. Phys. CRC, 2010-2005,
p.876,882,1220,1223



$T \bullet \Delta S_{kopēja}$ =-192,279 $^{J}/_{K/mol} \bullet$298,15 K= **-57,328**..... $^{kJ}/_{mol}$

saistīta $T\Delta Sn \leftarrow$ zaudētā brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$..Q= -32.3 ..... $^{kJ}/_{mol}$ **endoerģiska**.ne**patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ =57,328l..... $^{kJ}/_{mol}$

Uzdevums 6 (**11 punkts**) Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K. Vai reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Koncentrācijas gradientu virzienā$[H_3O]_{pa_labi}/[H_3O]_{pa_kreisi}$, $[HCO_3]_{palabi}/[HCO_3]_{pa\_kreisi}$ paralēli cauri protonu H^+, bikarbonāta HCO_3^- kanāliem plaušās izelpojot CO_2 , H_2O. Lieto tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
H_3O^+	-285,81	-3,854
HCO_3^-	-689,93	98,324
H_2O	-285,85	69,9565
$H_2O\uparrow_{gas}$	-241,8352	188,7402
$CO_2\uparrow_{gas}$	-393,509	213,74

Izejvielas => produkti

$H_3O^+ + HCO_3^- + Q = \underline{\text{kanāli } H^+;\ HCO_3^-} => H_2O + H_2O\uparrow_{gas} + CO_2\uparrow_{gas} + \Delta G.$

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

H^+ kanāli: $\Delta G_H = \mathbf{RTln}([H_3O]_{pa\_labi}/[H_3O]_{pa\_kreisi})$

HCO_3^- kanāli: $\Delta G_{HCO3} = \mathbf{RTln}([HCO_3]_{pa\_labi}/[HCO_3]_{pa\_kreisi})$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{H2O\uparrow gas} + \Delta H°_{CO2} - \Delta H°_{H3O} - \Delta H°_{HCO3}$= .....$^{kJ}/_{mol}$....
...= -285,85-241,8352-393,509-(-285,81-689,93) =-921.19+975.74= +54.546 $^{kJ}/_{mol}$**endotermiska**.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = -54,546/298,15= -182,9475.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
ΔS_r==$\Delta S°_{H2O}$+ $\Delta S°_{H2O\uparrow gas}$ + $\Delta S°_{CO2}$-$\Delta S°_{H3O}$-$\Delta S°_{HCO3}$=.....J/K/mol....
.....= 69,956+188,74+213,74-(-3,854+98,324)= 353,652-94.47= +377,966 $^{J}/_{mol/K}$.....
ΔS_H=**-Rln**(10-5,5/0,02754)=75,42909 $^{J}/_{mol/K}$.....ΔS_{HCO3}=**-Rln**(0,0154/0,0338919)=6,55847 $^{J}/_{mol/K}$.....
ΔS_{rH}=377,966+75,42909+6,55847 = 459,954 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
3. $\Delta S_{kopēja}$= ΔS_r+ $\Delta S_{izkliedēta}$= -182,95+377,966 =195,016 J/K/mol.....
$\Delta S_{Hkopēja}$= ΔS_{rH}+ $\Delta S_{izkliedēta}$= -182,95+459,954=277,004 J/K/mol.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = +54,546-298,15*0, 377966 = -58,144 $^{kJ}/_{mol}$.....
ΔG_H=**RTln**($[H_3O]_{pa\_labi}/[H_3O]_{pa\_kreisi}$)=-22,48918 $^{kJ}/_{mol}$.....ΔG_{HCO3}=**RTln**($[HCO_3]_{pa\_labi}/[HCO_3]_{pa\_kreisi}$)=-1,9554$^{kJ}/_{mol}$.....
$\Delta G_{rH} = \Delta H_r - T*\Delta S_{rH}$ = +54,546-298,15*0,459954 = -82,589.....$^{kJ}/_{mol}$....
.....**eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
T•$\Delta S_{kopēja}$=195,016 $^{J}/K/_{mol}$•298,15 K=+**58,144**.....kJ/mol....
T•$\Delta S_{Hkopēja}$=277,004 $^{J}/K/_{mol}$•298,15 K=+**82,589**=-58,144-22,48918-1,9554 $^{kJ}/_{mol}$.....
saistīta TΔSn← zaudēta brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$.Q= -54,546 kJ/mol.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ =-58,14 kJ/mol...
saistīta TΔSn← zaudēta brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$.Q= -54,546 kJ/mol.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ =-82,589 kJ/mol...

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS X. **HCO_3^-+H_3O^+** uz alveolu epitēlija šūnu virsmas veido **H_2CO_3**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Bikarbonāta un protona pārnese cauri membrānas kanāliem no šūnām ***plaušās*** uz epitēlija šūnu virsmas veidojot **H_2CO_3** .Lieto tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**! Izejvielas => produkti

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
H_3O^+	-285.81	-3.854
HCO_3^-	-689.93	98.324
H_2O	-285.85	69.9565
H_2CO_3	-699,65	187.00

H_3O^+ + HCO_3^- $\xrightarrow{\text{Membrānu}}$ **H_2O + H_2CO_3 +ΔG+Q.**

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{H2CO3} - \Delta H°_{H3O} - \Delta H°_{HCO3}$= .....kJ/mol....
=-285,85-699,65-(-285,81-689,93) =-985,5+975,74= -9.76 $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = +9.76 /298.15= +32.735.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{H2CO3} - \Delta S°_{H3O} - \Delta S°_{HCO3}$=.....$^{J}/_{mol/K}$....
.....=69,956+187-(-3,854+98,324)= 256,956-94,47= +162,486 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{kopēja}$= ΔS_r+ $\Delta S_{izkliedēta}$= +32.735 +162,486=195,221.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =-9,76 -298,15*0,162486= -58.2052.....kJ/mol....
.....**eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
T•$\Delta S_{kopēja}$=195,221 $^{J}/_{K/mol}$•298,15 K=**+58,2052**.....kJ/mol....
saistīta TΔSn← zaudēta brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$..Q= -9.76 kJ/mol.....**patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ =-58.2 kJ/mol ....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XI. **CO_{2aqua}** ūdens molekulām 2**H_2O** ***plaušu*** virsmā, veidojot **H_2CO_3**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Oglekļa dioksīda ūdens šķīdumā virza **CO_{2aqua}** reakciju ar ūdens molekulām 2**H_2O** ***plaušu*** epitēlija šūnu virsmas veidojot **H_2CO_3**! Atzīmējiet **eksoerģiska** vai **anenerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
CO_{2aqua}	-413.7976	117.5704
H_2O	-285.85	69.9565
H_2CO_3	-699,65	187.00

Izejvielas => produkti

2 **H_2O** + **CO_{2aqua}** $\xrightarrow{\text{Membrānu}}$ => **H_2CO_3** + **H_2O** $+Q+\Delta G$

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$.....

. 1. .$\Delta H_r = \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{H2CO3} - 2\Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{CO2aqua}$ = ...$^{kJ}/_{mol}$....
=-285.85-699,65-(2*-285.81—413,7976) =-985.5+985.418= -0,0824 $^{kJ}/_{mol}$ **atermiska**.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = +0,0824 / 298.15 = +0,27637$.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{H2CO3} - 2\Delta\ S°_{H2O} - \Delta S°_{CO2aqua}$ =.....J/K/mol....
.....=69.956+187-(117,5704+2*69.956)=256,956-257,4824= -0,5264 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = -0,5264+0,27637 = -0,25$.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =-0,0824-298.15*-0,0005264= 0,07455.....kJ/mol....
..... **anenerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$= -0,25 $^{J}/_{K/mol} \bullet$298,15 K=**-0,0745**.....kJ/mol....
saistīta $T\Delta Sn$← uzkrātā brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←.Q= +0,0824 kJ/mol...**anenerģiska** $\Delta G_{reakcija}$ =+0,0745kJ/mol.....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XII. **H_2CO_3** sadalās par **CO_2** gāzi un ūdeni **H_2O** ***plaušu*** virsmas

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? No ūdens ogļskābe **H_2CO_3** sadalās reakcijā par gāzveida oglekļa dioksīdu **CO_2** un ūdeni **H_2O** ***plaušu*** epitēlija šūnu virsmas nepieciešama siltuma piegāde -sildīšana! Miniet reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
CO_2 $\uparrow_{gas}$	-393,509	213,74
H_2O	-285,85	69,9565
H_2CO_3	-699,65	187,00

Izejvielas => produkti

H_2CO_3 +Q => **H_2O** + **CO_2**$\uparrow_{gas}$+ΔG. **endotermiska**

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{CO2} - \Delta H°_{H2CO3}$=.....kJ/mol....
....=-285,85-393,509-(-699,65) =-679,359+699,65= +20,291 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r/T$ =-20,291/298,15= -68,056.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{CO2} - \Delta S°_{H2CO3}$=.....J/K/mol....
.....=69,956+213,74-(187)= 257,482-94,47= +96,696 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$= -68.056 +96,696=28,64.....J/K/mol....
.....
.....
.....
.....
.....
3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =+20,291-298,15*0, 096696 = -8,538912.....kJ/mol....
.....**eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=28,64 $^{J}/_{K/mol} \bullet$298,15 K=**+8.539**.....kJ/mol....
saistīta TΔSn← zaudēta brīvā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$..Q= -20,291 kJ/mol.....**patvaļīga** $\Delta G_{reakcija}$ =-8,539 kJ/mol...

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XIII. O_2↑gāze asimilācija reakcijā cauri akvaporīniem veido $O_{2aqua\text{-}Asins}$

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K lietojot tabulas datus! Reakcija ir **eksotermiska**, **atermiska**, **endotermiska**? No GAISA ūdenī O_2↑gas asimilācija reakcijā cauri membrānu akvaporīniem veido $O_{2aqu\text{-}Asins}$ Cilvēka ķermeņa reakcija Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Izejvielas => produkti

Viela	$\Delta H°_r$, kJ/mol	$\Delta S°_r$, J/mol/K
O_{2aqua}	-11,715	110,876
H_2O	-285,85	69,9565
O_2↑gas	0,0	205,04

O_2↑$_{gas\ GAISA}$+H_2O+ΔG $\xrightarrow{Akvaporīni}$ H_2O_{Asins} +$O_{2aqua\text{-}Asins}$ + **Q**

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

.$\Delta H_r = \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{O2aqua\text{-}Asins} - \Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{O2gas\text{-}GAISA}$=.....kJ/mol....

.....=(-285,85+-11,715) (-285,85+0,0)= -285,85-11,715+285,85= -11,715 kJ/mol **eksotermiska**....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r/T = 11,715/298.15 = +39,292$.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{O2aqua\text{-}Asins} - \Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{O2gas\text{-}GAISA}$ =.....J/K/mol...

.....=69,9565+110,876-(205,04+69,9565)= 180,83-274,997= -94,164 J/mol/K.....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = -94.164+39,292 = -54.872$ .....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = -11,715+298.15*0,094164= +11,715+28.075= +16.36.....kJ/mol....

.....**endoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

$T \bullet \Delta S_{kopēja}$= -0,054872 kJ/K/mol•298,15K= **-16.36**.....kJ/mol....

saistīta TΔSn← uzkrātā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←.Q= +11,715 kJ/mol.ne-**patvaļīga endoerģiska** $\Delta G_{reakcija}$ =+16,363kJ/mol...

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XIV O_{2aqu} no ūdens iztvaikošana GAISĀ $O_2\uparrow$gas zaļajos augos

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K. lietojot tabulas datus**!** Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? O_{2aqu} iztvaikošana GAISĀ $O_2\uparrow$gas reakcijā cauri membrānu akvaporīniem zaļo augu atvārsnītēs! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
O_{2aqua}	-11,715	110,876
H_2O	-285,85	69,9565
$O_2\uparrow_{gas}$	0,0	205,04
$H_2O_{\ gas\ GAISA}$	-241,835	188,74

Izejvielas => produkti

$$H_2O_{Asins} + O_{2aqua-Asins} + Q => O_2\uparrow_{gas\ GAISA} + H_2O_{\ gas\ GAISA} + \Delta G$$

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T\bullet\Delta S_{reakcija}$

1.$\Delta H_r = \Delta H°_{H2O\ gas\text{-}GAISA} + \Delta H°_{O2gas\text{-}GAISA} - \Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{O2aqua}$=.....kJ/mol

....=-241,835+0,0-(-285,85-11,715) =-241,835+297,565= +55,73 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**.....

.....kJ/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = -55,73/298.15 = -186,9193$ .....J/K/mol....

.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H2O\ gas\text{-}GAISA} + \Delta S°_{O2gas\text{-}GAISA} - \Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{O2aqua}$=.....J/K/mol....

.....=205,04+188,74-(69,9565+110,876)= 393,78-180,8325= +212,9475 $^{J}/_{mol/K}$.....

.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=212,9475-186,9193= +26,0282.....J/K/mol....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =+55,73-(298.15*0,2129475) = +55,73-63,4903= -7,76 .....kJ/mol....

..... **eksoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

$T\bullet\Delta S_{kopēja}$= +0,0260282$^{kJ}/K/_{mol}\bullet$298,15K= **+7,76**.....kJ/mol....

saistīta $T\Delta S_n$← uzkrātā enerģi $\Delta G_{pretreakcija}$ ←...Q= -55,73 kJ/mol....ne-**patvaļīga eksoerģiska** $\Delta G_{reakcija}$ =-7,76kJ/mol.....

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XV Vitamīns B_3 $\mathbf{H_3O^+}_{in}$ pārnese $\mathbf{H_3O^+}_{out}$ cauri membrānai

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K lietojot tabulas datus! Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**? Reakcija ir **endoerģiska** vai **eksoerģiska** ? Reakcija. Vitamīnam B3 reducētā forma NADH un oksidējas veidojot $NADP^+$ pārnesot ūdeņraža jonus kā protonus cauri membrānai no iekšpuses $\mathbf{H_3O^+}_{in}$ uz mitohondrijas ārpusi $\mathbf{H_3O^+}_{out}$.

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
$NADP^+$	-1007,48	577,897
$NAD\mathbf{H}_{(aq)}$	-1036,66	-140,50
$\mathbf{H_3O^+}_{out}$	-285,81	-3,854
NADPH	-1036,66	763,005
$NAD^+_{(aq)}$	-1007,48	-183
$\mathbf{H_3O^+}_{in}$	-285,81	-3,854

Izejvielas => produkti

$NADP^+ + NAD\mathbf{H} + \mathbf{H_3O^+}_{in} \xrightarrow{\text{Membrānu}} NADPH + NAD^+ + \mathbf{H_3O^+}_{out} + \Delta G$

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

Protonu trans lokācijas ENZĪMS trans hidrogenāze (EC1.6.1.1) baktērijās un dzīvnieku mitohondrijās kas sakabināts ar reducējošo ekvivalentu pārnesi starp NAD(H) un NADP(H) protonu trans lokācijā cauri membrānai

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{\mathbf{H3O}ou} + \Delta H°_{\mathbf{NADPH}} + \Delta H°_{\mathbf{NAD+}} - \Delta H°_{\mathbf{NADP+}} - \Delta H°_{\mathbf{H3O}in} - \Delta H°_{\mathbf{NADH}} =$ ..... $^{kJ}/_{mol}$....
.....= -1036,66-1007,48 -285,81-(-1007,48-1036,66-285,81)= -2329,95+2329,95= 0.0 $^{kJ}/_{mol}$ **atermiska <u>neitrāla</u>**....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = -0/298.15 = +0,0$ ..... $^{J}/_{mol/K}$....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_r = \Delta S°_{\mathbf{H3O}ou} + \Delta S°_{\mathbf{NADP+}} + \Delta S°_{\mathbf{NADH}} - \Delta S°_{\mathbf{NADPH}} - \Delta S°_{\mathbf{H3O}in} - \Delta S°_{\mathbf{NAD+}} =$ ..... $^{J}/_{mol/K}$....
.....= 763,005-183-3,854-(577,897-140,50-3,854)= 576,2-433,543= +142,6 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = 0,0 + 142,6 = = +142,6$..... $^{J}/_{mol/K}$....
.....
.....
.....
.....
.....
3. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =0,0-298,15*(+142,6)/1000= -42,516 ..... $^{kJ}/_{mol}$....
..... **eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$=-142,6 $^{J}/K/_{mol} \bullet$298,15 K=**+42.516**..... $^{kJ}/_{mol}$....
saistīta $T\Delta Sn \leftarrow$ <u>zaudēta enerģija protona gradientā</u> $\mathbf{H^+}_{out}$.Q= +0,0kJ/mol....**patvaļīga eksoerģiska** $\Delta G_{reakcija}$=-42,516 kJ/mol...

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XVI. NAD**H**+**H_3O^+** +**O_{2aqua}**←$^{FMN(B2vitamin)}$→NAD^++**H_2O**+**H_2O_{2aqua}**+ΔG+**Q**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r standarta apstākļos 298.15 K, lietojot tabulas datus! Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska** ir **endoerģiska** vai **eksoerģiska**? Vitamīna B3 reducētā forma NADH vai NADPH flavīna B2 vitamīna FMN enzīms lietojot skābekli **O_{2aqua}** kā elektronu akceptoru oksidē NADH producējot ūdeņraža peroksīdu. Reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**! Izejvielas => produkti

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
O_{2aqua}	-11,715	110,876
NAD**H**$_{(aq)}$	-1036,66	-140,50
H_3O^+	-285,81	-3,854
H_2O	-285,85	69,9565
$NAD^+_{(aq)}$	-1007,48	-183
H_2O_{2aqua}	-191,17	143,9

NAD**H**+**H_3O^+** +**O_{2aqua}** $\xrightarrow{FMN(B2vitamin)}$=>$NAD^+$+**$H_2O$**+**$H_2O_{2aqua}$**+ΔG+**Q**

1. $\Delta H_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S_{reakcija} = \Sigma\Delta S°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G_{reakcija} = \Delta H_{reakcija} - T \bullet \Delta S_{reakcija}$

NADH un NADPH oksidāze ENZĪMS (EC 1.6.99.1)

1ΔH_r=$\Delta H°_{H2O2aqua}$+$\Delta H°_{H2O}$ +$\Delta H°_{NAD+}$-$\Delta H°_{H3O+}$-$\Delta H°_{O2aqua}$-$\Delta H°_{NADH}$=...

ΔH_r = -1007,48 -191,17-285,85-(-1036,66-11,715-285,81)= -1484,5+1334,185= -150,315 $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**.....

.....$^{kJ}/_{mol}$....

.....

.....

.....

.....

.....

.$\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = +150,315/298.15= +504,0416 .....$^{J}/_{mol/K}$....

.....

.....

.....

.....

.....

2. ΔS_r=$\Delta S°_{H2O2aqua}$+$\Delta S°_{H2O}$ +$\Delta S°_{NAD+}$-$\Delta S°_{H3O+}$-$\Delta S°_{O2aqua}$-$\Delta S°_{NADH}$ =.....$^{J}/_{mol/K}$....

.....= -183+143,9+69,9565-(110,876-140,50-3,854)= -39,1-29,624=+64,335 $^{J}/_{mol/K}$....

.....

.....

.....

.....

.....

3. $\Delta S_{kopēja}$= ΔS_r+ $\Delta S_{izkliedēta}$= +64,335+504,0416= +568,3766.....$^{J}/_{mol/K}$....

.....

.....

.....

.....

.....

ΔG_r = ΔH_r – T*ΔS_r =-150,315-298,15*(+64,335)/1000= -150,315 – 19,1815 = -169,5..... $^{kJ}/_{mol}$ l....

..... $^{kJ}/_{mol}$ l....

..... **eksoerģiska**.....

.....

.....

.....

.....

T•$\Delta S_{kopēja}$= +568,3766 $^{J}/_{K/mol}$•298,15 K=**+169.5**..... $^{kJ}/_{mol}$....

saistīta TΔSn← zaudēta enerģija NAD**H** +**O_{2aqua}**+**H_3O^+**Q= +150,315kJ/mol.**patvaļīga eksoerģiska** $\Delta G_{reakcija}$=-169,5 $^{kJ}/_{mol}$....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XVII Peroksīda 1**$2H_2O_{2(aq)}$** pārvēršana par => **O_{2aqua} + $2H_2O$ + Q**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**?
Peroksīda **2H:-••:O-:-O:••-:H** pārvēršanaiās par **O_{2aqua} +$2H_2O$ +Q** cilvēka temperatūrā (37 C) 310.15 K, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**! Izejviela oeroksīds => produkti skābeklis(aqua) + ūdens

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
$H_2O_{2\ (aq)}$	-191,17	143,9
O_{2aqua}	-11,715	110,876
H_2O	-285,85	69,9565

$2H_2O_{2(aq)}$ => O_{2aqua} + $2H_2O$ + Q + ΔG

1. $\Delta H°_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S°_{reakcija} = \Sigma\Delta S°°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G°_{reakcija} = \Delta H°_{reakcija} - T•\Delta S°_{reakcija}$

1. $\Delta H_r = 2\Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{O2} - 2\Delta H°_{H2O2}$=.....$^{kJ}/_{mol}$
.....=-11,715-2*285,85-(2*-191,17) =-.133407583,4+383,415= -201,08 $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = -(-201,08) /310,15 = 648,33$ ..... $^{J}/_{mol/K}$ l
.....
.....
.....
.....
.....
$\Delta S_r = 2\Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{O2} - 2\Delta S°_{H2O2}$=.....$^{J}/_{mol/K}$
.....=110,876+2*69,9565-(2*143,9)=250,789-287,8= -37,011 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$=-37,011+648,33 = +611,319.....$^{J}/_{mol/K}$
.....
.....
.....
.....
.....
4. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = -201,08-310,15*-0,037011 = -201,08+11,478962 = -189,601.....$^{kJ}/_{mol}$
.....**eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
$T•\Delta S_{kopēja}$=0,611319*310,15= **+189,6**.....$^{kJ}/_{mol}$
saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←....Q= -201,08 kJ/mol.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = -189,6 kJ/mol....

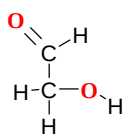
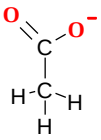
TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XVIII Glioksāla **$H_2C(OH)CHO$** pārvēršana **$H_3CCOO^- + H_3O^+ + Q$**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**?
Glioksāla **$H_2C(OH)CHO$** pārvēršana acetātā **$H_3CCOO^- + H_3O^+ + Q$** (25 C) 298.15 K,, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**! Izejviela glioksāls=> produkti acetāts + ūdens

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
$H_2C(OH)CHO$	-212	272,5
H_3CCOO^-	-486	85.3
$H_2O_{(aq)}$	-285.85	69,96
$H_3O^+_{(aq)}$	-285.81	-3,854

$H_2C(OH)CHO + H_2O \Rightarrow H_3CCOO^- + H_3O^+ + Q + \Delta G$

1. $\Delta H°_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S°_{reakcija} = \Sigma\Delta S°°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G°_{reakcija} = \Delta H°_{reakcija} - T \bullet \Delta S°_{reakcija}$

Glyoxal  **+ H_2O =>**  **+ H_3O^+ + ΔG + Q**

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H_3CCOO^-} + \Delta H°_{H3O} - \Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{H_2C(OH)CHO} = {}^{kJ}/_{mol}$.....$^{kJ}/_{mol}$.....
..... =-486-285,81-(-212-285,85)= -770,11+497,85= -273,96- $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**....
.....
.....
.....
.....
.....
2. $\Delta S_{izkliedēta}$-= ΔH_r/ T = 273.96/298.15= +918,966 ..... $^{J}/_{mol/K}$ l
.....
.....
.....
.....
.....
ΔS_r==$\Delta S°_{CH3COO}$+$\Delta S°_{H3O}$ -$\Delta S°_{H2O}$-$\Delta S°_{H_2C(OH)CHO}$ =.....$^{J}/_{mol/K}$.....
.....=85,3-3,854-(69,96+272,5)= 81,446+-342,46= -261,014 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
.....
.....
.....
.....
3. $\Delta S_{kopēja}$= ΔS_r+ $\Delta S_{izkliedēta}$=918,966-261,014 = 657,952 $^{J}/_{mol/K}$.....$^{J}/_{mol/K}$
.....
.....
.....
.....
.....
4$\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ =-273,96+298,15*0,261014= -196,139.....$^{kJ}/_{mol}$
.....**eksoerģiska**.....
.....
.....
.....
.....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$= +657,952$^{J}/K/_{mol} \bullet$298,15 K= **+196,168**.....$^{kJ}/_{mol}$
saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←....Q= +273,96 $^{kJ}/_{mol}$.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = -196,14 $^{kJ}/_{mol}$.....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XIX Glikolskābes $H_2COH\text{-}COOH$ pārvēršana $H_3C\text{-}COOH$ **+Q**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**?

Glycolic acid $H_2COH\text{-}COOH$ convertion to acetate $H_3C\text{-}COOH$ **+Q** (25 C) 298.15 K,, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

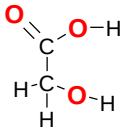
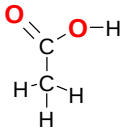
Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
$H_2COHCOOH$	- 651	318,6
$NADH_{(aq)}$	-1036,66	-140,5
$\mathbf{H_3O^+}_{(aq)}$	-285.81	-3,854
$\mathbf{H_3C\text{-}COOH}$	-480.6	85.3
$NAD^+_{(aq)}$	-1007,48	-183
$\mathbf{H_2O}_{(aq)}$	-285.85	69,96

Izejviela glikolskābe => produkti acetāts + ūdens

$H_2COH\text{-}COOH + NADH + H_3O^+ \Rightarrow H_3C\text{-}COOH + NAD^+ + 2H_2O$ **+Q**

B3 vitamin => reduction

1. $\Delta H°_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$
2. $\Delta S°_{reakcija} = \Sigma\Delta S°°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$
3. $\Delta G°_{reakcija} = \Delta H°_{reakcija} - T \bullet \Delta S°_{reakcija}$

Glikolskābe  + NADH + $\mathbf{H_3O^+}$ => etiķskābe  + $\mathbf{2H_2O}$ + NAD^+

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{CH3COOH} + 2\Delta H°_{H2O} + \Delta H°_{NAD+} - \Delta H°_{H3O} - \Delta H°_{H_2COH\text{-}COOH} - \Delta H°_{NADH} = {}^{kJ}/_{mol}$ ..... $^{kJ}/_{mol}$...
.....= -480,6-1007,48-2*285,85-(-651-1036,66-285,81)= -2059,78+1973,47= -86,31- $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**....
.....
.....
2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T$ = -86,31/298.15= +289,485..... $^{J}/_{mol/K}$ l
.....
.....
$\Delta S_r = \Delta S°_{CH3COOH} + 2\Delta S°_{H2O} + \Delta S°_{NAD+} - \Delta S°_{H3O} - \Delta S°_{H_2COH\text{-}COOH} - \Delta S°_{NADH}$ =..... $^{J}/_{K/mol}$....
.....
.....=85,3-183+2*69,956-(318,6-140,50-3,854)= 42,212+-174,246= -132 $^{J}/_{mol/K}$.....
.....
3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta}$= 289,485 -132= +157,485 $^{J}/_{mol/K}$..... $^{J}/_{mol/K}$
.....
4. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r$ = -86,31+298,15*0,132= -46,9542 ..... $^{kJ}/_{mol}$.....
.....**eksoerģiska**.....
.....
$T \bullet \Delta S_{kopēja}$= +157,485 $^{J}/_{K/mol} \bullet$298,15 K= **+46,9542**..... $^{kJ}/_{mol}$
saistīta $T\Delta Sn \leftarrow$ izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija} \leftarrow$....Q=+86,31 $^{kJ}/_{mol}$.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = -46,9542$^{kJ}/_{mol}$.....

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XX Piruvāta **$H_3CC{=}OCOO^-$** dekarboksilēšana **$H_3CCHO + HCO_3^-$**

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**?
Piruvāta **$H_3CC{=}OCOO^-$** pārvēršana acetaldehīdā **$H_3CCHO + HCO_3^-$** (25 C) 298.15 K,, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Izejviela pirovīnogskābe => produkti bicarbonāts

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
$H_3CC{=}OCOOH_{(aq)}$	-607,82	179,91
$H_3CC{=}OCOO^-_{(aq)}$	-603,7	-433,54
$H_3CCHO_{(aq)}$	-212,23	**160,2**
H_3CCHO_l	-192,2	**160,2**
$H_2O_{(aq)}$	-285,85	69,96
$H_3O^+_{(aq)}$	-285,81	-3,854
HCO_3^-	-689,93	98,324

$H_3CC{=}OCOOH + 2\,H_2O + \Delta G + Q \Rightarrow H_3CCHO + H_3O^+ + HCO_3^-$

$H_3CC{=}OCOO^- + H_2O + \Delta G + Q \Rightarrow H_3CCHO + HCO_3^-$

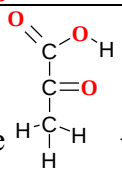
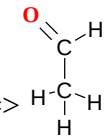
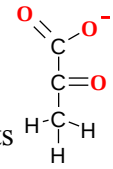
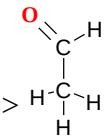
1. $\Delta H°_{reakcija} = \Sigma\Delta H°_{produkti} - \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$

MassachusettsTinstitute

CRC

2. $\Delta S°_{reakcija} = \Sigma\Delta S°°_{produkti} - \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$

3. $\Delta G°_{reakcija} = \Delta H°_{reakcija} - T \cdot \Delta S°_{reakcija}$

Pirovīnogskābe  **$+2H_2O+\Delta G+Q \Rightarrow$**  **$+H_3O^+ + HCO_3^-$**;Piruvāts  **$+H_2O^- + \Delta G + Q \Rightarrow$**  **$+HCO_3^-$**

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H3CCHO} + \Delta H°_{H3O} + \Delta H°_{HCO3} - 2\,\Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{H3CC=OCOOH} = -8{,}45\ ^{kJ}/_{mol}$.... MassachusettsTinstitute

.....=-212,23-285,81-689,93-(-2*285,85-607,82)= -1187,97+1179,52= -8,45 $^{kJ}/_{mol}$ **eksotermiska**....

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H3CCHO} + \Delta H°_{H3O} + \Delta H°_{HCO3} - 2\,\Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{H3CC=OCOOH} = +11{,}58\ ^{kJ}/_{mol}$.....

.....=-192,2-285,81-689,93-(-2*285,85-607,82)= -1187,97+1179,52=11,58 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**....

1. $\Delta H_r = \Delta H°_{H3CCHO} + \Delta H°_{HCO3} - \Delta H°_{H2O} - \Delta H°_{H3CC=OCOO^-} = +7{,}42\ ^{kJ}/_{mol}$.....

.....=-192,2-689,93-(-285,85-603,7)= -882,13+889,55= +7,42$^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**....

2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = 8{,}45/298{,}.15 = +28{,}35$ .....$^{J}/_{K/mol}$.... MassachusettsTinstitute

2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = -11{,}58/298{,}.15 = -38{,}8395$.....$^{J}/_{K/mol}$....

2. $\Delta S_{izkliedēta} = -\Delta H_r / T = -7{,}42/298{,}.15 = -24{,}8868$.....$^{J}/_{K/mol}$....

2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H3CCHO} + \Delta S°_{H3O} + \Delta S°_{HCO3} - 2\Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{H3CC=OCOOH} =$.....$^{J}/_{mol/K}$.... MassachusettsTinstitute

.....= 160,2-3,854+98,324-(2*69,96+179,91)= -187,368 -319,83= -65,16 $^{J}/_{mol/K}$....

2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H3CCHO} + \Delta S°_{H3O} + \Delta S°_{HCO3} - 2\Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{H3CC=OCOOH} =$.....$^{J}/_{mol/K}$....

.....=160,2+98,324-(69,96+179,91)= 254,67 -319,83=-65,16 $^{J}/_{mol/K}$....

2. $\Delta S_r = \Delta S°_{H3CCHO} + \Delta S°_{HCO3} - \Delta S°_{H2O} - \Delta S°_{H3CC=OCOO^-} =$.....$^{J}/_{mol/K}$....

.....=160,2-3,854+98,324-(69,96-433,54)= 258,524 -249,87=8,654 $^{J}/_{mol/K}$...

3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = -65{,}16-28{,}35 = -36{,}81\ ^{J}/_{mol/K}$..... MassachusettsTinstitute $^{J}/_{mol/K}$

3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = -65{,}16-38{,}8395 = -104\ ^{J}/_{mol/K}$..... $^{J}/_{mol/K}$

3. $\Delta S_{kopēja} = \Delta S_r + \Delta S_{izkliedēta} = 8{,}654-24{,}8868 = -16{,}233\ ^{J}/_{mol/K}$..... $^{J}/_{mol/K}$

4. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r = -8{,}45-298{,}15*-0{,}06516 = +10{,}98$.....$^{kJ}/_{mol}$ MassachusettsTinstitute.....**endoerģiska**...

4. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r = 11{,}58-298{,}15*-0{,}06516 = +31{,}01$.....$^{kJ}/_{mol}$...**endoerģiska**...

4. $\Delta G_r = \Delta H_r - T*\Delta S_r = 7{,}42-298{,}15*0{,}008654 = +4{,}84$.....$^{kJ}/_{mol}$....**endoerģiska**...

$T \cdot \Delta S_{kopēja} = -36{,}81\ ^{J}/_{K/mol} \cdot 298{,}15\ K =$ **-10,97**.....$^{kJ}/_{mol}$....MassachusettsTinstitute

saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←....Q=-8,45 $^{kJ}/_{mol}$.....**ne patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = 10,98 $^{kJ}/_{mol}$...

$T \cdot \Delta S_{kopēja} = -104\ ^{J}/_{K/mol} \cdot 298{,}15\ K =$ **-31,01**..... .$^{kJ}/_{mol}$ ....

saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←....Q=11,58 $^{kJ}/_{mol}$.....**ne patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = 31,01 $^{kJ}/_{mol}$...

$T \cdot \Delta S_{kopēja} = -16{,}233\ ^{J}/_{K/mol} \cdot 298{,}15\ K =$ **-4,84**..... .$^{kJ}/_{mol}$....

saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←....Q=7,42 $^{kJ}/_{mol}$.....**ne patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = 4,84 $^{kJ}/_{mol}$...

http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CO2O2Thermodynamic15.pdf

TERMODINAMIKA VINGRINĀJUMS XXI Laktata $H_3CCH(OH)COO^-_{aq}$ dekarboksilēšana $H_3CCH_2OH+HCO_3^-$

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r. Reakcija ir **eksotermiska** , **atermiska**, **endotermiska**?
Piruvāta **$H_3CC=OCOO^-$** pārvēršana acetātā **H_3CCHO +HCO_3^-** (25 C) 298.15 K,, lietojot tabulas datus! Miniet vai reakcija būs **eksoerģiska** vai **endoerģiska**!

Viela	$\Delta H°_r$, $^{kJ}/_{mol}$	$\Delta S°_r$, $^{J}/_{mol/K}$
$H_3CCH(OH)COO^-_{aq}$	-686,2	-557,71
$H_3CCH_2OH_l$	-277,6	160,7
$H_2O_{(aq)}$	-285,85	69,96
HCO_3^-	-689,93	98,324

Izejviela laktats=> produkti etanols + bikarbonāts

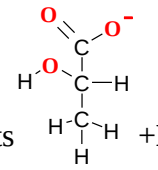
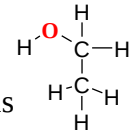
$H_3CCH(OH)COO^-_{aq}+H_2O$ +Q =>$H_3CCH_2OH_l+HCO_3^-$ +ΔG

1. $\Delta H°_{reakcija}= \Sigma\Delta H°_{produkti}- \Sigma\Delta H°_{izejvielas}$

CRC

2. $\Delta S°_{reakcija}= \Sigma\Delta S°°_{produkti}- \Sigma\Delta S°_{izejvielas}$

3. $\Delta G°_{reakcija} = \Delta H°_{reakcija} -T•\Delta S°_{reakcija}$

Laktāts  +**H_2O**+ΔG +**Q** =>Etanols  +**HCO_3^-**

1. $\Delta H_r=\Delta H°_{H3CCH2OH} + \Delta H°_{HCO3^-} - \Delta H°_{H2O}- \Delta H°_{H3CCH2OHCOO-}$ = 4,52 $^{kJ}/_{mol}$.....
.....= -277,6-689,93-(-285,85-686,2)= -967,53+972,06= +4,52 $^{kJ}/_{mol}$ **endotermiska**...
.....
.....
2. $\Delta S_{izkliedēta}$= - ΔH_r/ T = -4,52/298,15= -15,16..... $^{J}/_{mol/K}$ l
.....
.....
2. $\Delta S_r=\Delta S°_{H3CCH2OH} + \Delta S°_{HCO3^-} - \Delta S°_{H2O}- \Delta S°_{H3CCH2OHCOO-}$ =.....$^{J}/_{mol/K}$....
.....= 160,7+98,324-(69,96-557,71)= 259,02 + 487,75= 746,77 $^{J}/_{mol/K}$....
.....
.....
3. $\Delta S_{kopēja}= \Delta S_r+ \Delta S_{izkliedēta}$=-15,16 +746,77 = 731,61 $^{J}/_{mol/K}$..... $^{J}/_{mol/K}$
.....
4. $\Delta G_r = \Delta H_r – T*\Delta S_r$ =4,52-298,15*0,74677= -218,13 ..... $^{kJ}/_{mol}$.....
.....**eksoerģiska**.....
.....
T•$\Delta S_{kopēja}$= 731,61 $^{J}/K/_{mol}$•298,15 K= **218,13**..... $^{kJ}/_{mol}$
saistīta TΔSn← izkliedētā enerģija $\Delta G_{pretreakcija}$ ←....Q= -4,52 $^{kJ}/_{mol}$.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = - 218,13 $^{kJ}/_{mol}$.....

Aprēķināt ΔH_r, ΔS_r, ΔG_r un siltuma daudzumu **eksotermiska**, **atermiska** vai **endotermiska** reakcija standarta apstākļos 298.15 K. (**PRC**) foto sintētiskajā reakcijas centrā zaļo augu enzīmu kompleksa produkti glikoze $\mathbf{C_6H_{12}O_6}$ un skābeklis $6\mathbf{O_{2aqua}}$ ar +fotonu **E=h•v** absorbciju akvaporīnu substrāti skābeklis $\mathbf{6O_2}$ un ūdens $\mathbf{6H_2O}$ palielina **osmotisko** spiedienu uz šūnu ārpusi 11 reizes, jo samazinās **osmo** molārā koncentrācija šūnā no sākuma reizes 12=C_{osm}=6+6 līdz vienai glikozes $\mathbf{C_6H_{12}O_6}$ molekulai C_{osm}=1.

$$\mathbf{6HCO_3^-+6H_3O^+ + Q \xrightarrow{PRC+h\nu} C_6H_{12}O_6+6O_{2aqua}+6H_2O}$$

Tā pēc plūsma uz āru cauri akvaporīniem palielinās 11 reizes. Skābeklis $\mathbf{6O_2}$ un ūdens $\mathbf{6H_2O}$ izspiežas ārā no šūnas pretēji koncentrācijas gradientam 1/12 cauri akvaporīniem :

$$\mathbf{6H_2O+6O_{2aqua} \xrightarrow{Akvaporīniem} 6O_{2aqua}+6H_2O}$$

atermiskā $\Delta H_{kanāls}$= 0 $^{kJ}/_{mol}$ veidā bez siltuma zudumiem, lietojot **PRC** foto sintētiskā reakcijas centra enerģiju ΔG_{PCR}=3040,1 $^{kJ}/_{mol}$ (vingrinājums III):lp p.3:http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/BioChemicalPproces.pdf

Bikarbonāts + ūdeņraža jons + siltuma pievadīšana $\mathbf{6HCO_3^- + 6H_3O^+ + Q + \Delta G_{reakcija}}$ —(fotons E=hν, PRC; sarkans, zils; fotosintēze)→ glikoze + **skābeklis** + ūdens $\mathbf{C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 + 6H_2O}$

pretreakcija

Miniet vai reakcija ir **eksoerģiska** vai **endoerģiska**! Universālā gāzu konstante R=8,3144 J/mol/K.

Eksoerģiska $\Delta G_{kanāls}$=-**RTln**(C_{osm}[$\mathbf{O_{2aqua}+H_2O}$]$_{labā}$/C_{osm}[$\mathbf{O_{2aqua}+H_2O}$]$_{kreisā}$)=-12**RTln**(12/1)= -36.96 $^{kJ}/_{mol}$.....

Viela	izejviela	produkts
$\mathbf{O_{2aqua}}$	$[O_2] = 6\cdot10^{-5}$ M	$[O_2] = 6\cdot10^{-5}$ M
$\mathbf{H_2O}$	55,3 M	55,3 M

ΔG_{O_2}=-**RTln**([$\mathbf{O_2}$]$_{palabi}$/[$\mathbf{O_2}$]$_{pa\_kreisi}$)= -**RTln**($K_{līdzsvara}$)= -6. 1599.$^{kJ}/_{mol}$ ...

.....= -8,3144*298,15***ln**(12/1)= -8,3144*298,15*-2.4849= -6.1599.$^{kJ}/_{mol}$.....

$\mathbf{6O_{2aqua}}$ molekulām ΔG_{6O_2}= -6.1599*6= -36.9596 ..... $^{kJ}/_{mol}$

$\Delta G_{6\mathbf{H_2O}}$=-6**RTln**([$\mathbf{H_2O}$]$_{pa\_labi}$/[$\mathbf{H_2O}$]$_{pa\_kreisi}$)=6*8,3144*310,15***ln**(1/12)= -36.9596..... $^{kJ}/_{mol}$

.....**eksoerģiska**.....

.....

.....

ΔS_{6O_2}=-6**Rln**([$\mathbf{O_2}$] $_{palabi}$ /[$\mathbf{O_2}$] $_{pa\_kreisi}$)= -8,3144***ln**(1/12)=20,66*6=123.96..... $^{J}/_{mol/K}$...

$\Delta S_{6\mathbf{H_2O}}$=-6**Rln**([$\mathbf{H_2O}$] $_{palabi}$ /[$\mathbf{H_2O}$] $_{pa\_kreisi}$)= -8,3144***ln**(1/12)=123.96..... $^{J}/_{mol/K}$...

.....

.....

.....

$\Delta H_{kanāls}$=.0..... $^{kJ}/_{mol}$..... bez siltuma zudumiem .....

.....

T•ΔS_{6O_2}= -0, 12396•298,15=**36.9596**.....kJ/mol saistīta **PRC** TΔSn izlietotā enerģija TΔSn=3040,1 $^{kJ}/_{mol}$ izplūst $\mathbf{O_2}$

T•$\Delta S_{6\mathbf{H_2O}}$ = -0,12396•298,15=**36.9596**.....kJ/mol saistīta **PRC** TΔSn izlietotā enerģija TΔSn=3040,1 $^{kJ}/_{mol}$ izplūst $\mathbf{H_2O}$

.....

.....

.....

Molekulām $\mathbf{6O_{2aqua}+6H_2O}$ T•$\Delta S_{6\mathbf{H_2O}+6O_2}$=**36.9596+36.9596=73.919**.....kJ/mol saistīta **PRC** TΔSn=3040,1 $^{kJ}/_{mol}$

atermiska $\Delta H°_{reakcija}$ =+0 kJ/mol; Q= -0 kJ/mol.....**patvaļīga** $\Delta G°_{reakcija}$ = **-73.919** kJ/mol.....

Fotosintēze ar producētu no bikarbonāta un ūdeņraža joniem $\mathbf{6HCO_3^-+6H_3O^+}$ skābekli un ūdeni $\mathbf{6O_{2aqua}+6H_2O}$ atšķaida osmolāro koncentrāciju. Skābekļa un ūdens plūsma ārā no **PRC** šūnas cauri membrānu akvaporīniem pretēji koncentrācijas gradientam 12/1 virza standarta brīvā enerģija $\Delta G_{6\mathbf{H_2O}+6O_2}$= **-73.919** kJ/mol uz vienu glikozes $\mathbf{C_6H_{12}O_6}$ molu!