

ЗАДАЦИ

П-1 Полазећи од израза за фугасност гаса из графичке методе и користећи развој функције у МакЛоренов (McLaurin) ред показати да када α не зависи од P важи релација:

$$\frac{f}{P} = \frac{PV_m}{RT}$$

П-2 Под притиском од 40 bar-а, на 150°C, 1 мол амонијака заузима запремину од 0,7696 L. Израчунати његову фугасност (Користити формулу из задатка 1).

Решење: 35,00 bar

П-3 На температури 0°C и на 200 atm фугасност кисеоника је 174atm. Израчунати моларну запремину овог гаса под датим условима. (Формула из задатка 1)

Решење: 0,0975 l·mol⁻¹

П-4 PV/RT за азот на 0°C је следећа функција P у атмосферама (atm):

$$\frac{PV}{RT} = 1 - 5,314 \cdot 10^{-4} P + 4,276 \cdot 10^{-6} P^2 - 3,292 \cdot 10^{-9} P^3$$

Наћи фугасност азота на 400 atm.

Решење:

$$\begin{aligned} \ln \frac{f}{P} &= \int_0^P (z-1) \frac{dP}{P} = \int_0^P \left(\frac{PV}{RT} - 1 \right) \frac{dP}{P} = \\ &= \int_0^P \left(-5,314 \cdot 10^{-4} P + 4,276 \cdot 10^{-6} P^2 - 3,292 \cdot 10^{-9} P^3 \right) \frac{dP}{P} = \\ &= \int_0^P \left(-5,314 \cdot 10^{-4} + 4,276 \cdot 10^{-6} P - 3,292 \cdot 10^{-9} P^2 \right) dP = - \int_0^P 5,314 \cdot 10^{-4} dP + \\ &+ \int_0^P 4,276 \cdot 10^{-6} P dP - \int_0^P 3,292 \cdot 10^{-9} P^2 dP = -5,314 \cdot 10^{-4} P \Big|_0^{400} + 4,276 \cdot 10^{-6} \frac{P^2}{2} \Big|_0^{400} - \\ &- 3,292 \cdot 10^{-9} \frac{P^3}{3} \Big|_0^{400} = -5,314 \cdot 10^{-4} \cdot 400 + 4,276 \cdot 10^{-6} \frac{400^2}{2} - 3,292 \cdot 10^{-9} \frac{400^3}{3} \\ \ln \frac{f}{P} &= -0,21256 + 0,34208 - 0,07023 = 0,05929 \Rightarrow \frac{f}{P} = e^{0,05929} = 1,061 \\ f &= 1,061 \cdot 400 = 424,4 \text{ atm} \end{aligned}$$

П-5 На високим притисцима и температурама може се применити једначина стања за гасове $P(V-b)=RT$. Користећи ову једначину наћи фугасност 1 мола азота на 1000 atm и 1000°C ако је $b=40 \text{ cm}^3/\text{mol}$.

Решење:

$$V_m - b = \frac{RT}{P} \Rightarrow b = V_m - \frac{RT}{P} = -\alpha$$

$$RT \ln \frac{f}{P} = -\int_0^P \alpha dP = \int_0^P b dP = b \int_0^P dP = bP$$

$$\ln \frac{f}{P} = \frac{bP}{RT} = \frac{40 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot 1000 \cdot 101325 \text{ Pa}}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 1273,15 \text{ K}} = 0,3829$$

$$\frac{f}{P} = e^{0,3829} = 1,467 \Rightarrow f = 1467 \text{ atm}$$

П-6 Напон паре воде на 25°C је 23,76 mmHg, а специфична запремина паре у овим условима је 43,4 l/g. Колика је промена слободне енергије при преласку 1 мола воде из течности у пару јединичне фугасности на 25°C? Да ли је велика грешка ако се пара посматра као идеалан гас?

Решење: а) 8561,4 J (Јединична фугасност = 1 bar). б) Пара као идеалан гас:

8557,3 J. Користити релацију $\Delta G = RT \ln \frac{f_2}{f_1}$. За израчунавање фугасности

водене паре користити релацију из задатка 1. Моларну запремину водене паре израчунати множењем специфичне запремине и моларне масе.

П-7 Напон паре течног бутана у атмосферама у температурском интервалу од 272 до 348,16 K је следећа функција температуре:

$$\log P = 4,013 - \frac{1030}{T - 22,2}$$

Наћи фугасност течног бутана на 289,2 K ако је на тој температури густина његове паре 4,9 g/l.

Решење: $f = 1,02 \text{ atm}$. На основу дате једначине прво треба израчунати притисак zasiћене паре (напон паре) бутана на 289,2 K. Затим користећи формулу из задатка 1 треба израчунати фугасност. Моларну запремину паре бутана

израчунати из густине ($1/\rho$ = специфична запремина) и моларне масе (емпиријска формула бутана је C_4H_{10}).

II-8 Користећи податке за фактор стишљивости израчунати фугасност азота на 273,15 K на различитим притисцима.

P / atm	50	100	200	400	800	1000
Z	0,9846	0,9846	1,0365	1,2557	1,7959	2,0641

Решење:

P / atm	$\frac{Z-1}{P} \times 10^4$ / atm ⁻¹	I	f / P	f / atm
0	-5,185*			
50	-3,080	-0,0208	0,979	48,97
100	-1,540	-0,0322	0,968	96,8
200	1,825	-0,0296	0,971	194,2
400	6,393	0,0547	1,056	422,5
800	9,949	0,4011	1,493	1195
1000	10,641	0,6084	1,837	1837

За израчунавање фугасности користи се једначина II-22, па на основу датих података за фактор стишљивости прво треба израчунати $(Z-1)/P$, чије су вредности приказане у другој колони у табели. Затим се црта график $(Z-1)/P$ $f(P)$. Из графика се екстраполацијом на притисак $P = 0$ добија бројна вредност означена „звездом“ из друге колоне. Сада се врши графичка интеграција, што значи да се са графика одређује површина испод криве за различите притиске. Вредност добијених интеграла приказана је у трећој колони табеле. Од тачности графичке интеграције зависи тачност фугасности из пете колоне табеле.

II-9 У табели су дате вредности моларних запремина чистог водоника и азота на притиску P и температури 273,15 K. Такође су, за исту температуру, дате и вредности парцијалних моларних запремина за смешу 0,6 мола водоника и 0,4

мола азота, при чему је Р сада укупан притисак. Графичком интеграцијом одредити фугасност азота у смеси за различите укупне притиске. Упоредити ове вредности са фугасностима израчунатим коришћењем Луис-Рандаловог правила. Све ово урадити и за водоник.

P atm	V_{H_2} $ml \cdot mol^{-1}$	V_{N_2} $ml \cdot mol^{-1}$	\bar{V}_{H_2} $ml \cdot mol^{-1}$	\bar{V}_{N_2} $ml \cdot mol^{-1}$
50	464,1	441,1	466,4	447,5
100	239,4	220,6	241,3	226,7
200	127,8	116,4	129,1	120,3
300	90,5	85,0	91,1	86,9
400	72,0	70,5	72,5	71,8

Упутство за решавање:

За израчунавање фугасности гаса у смеси треба користити релацију II-47, што значи да прво треба, коришћењем парцијалних моларних запремина из табеле, одредити α_i из формуле II-42. Затим се црта график $\alpha_i = f(P)$ и екстраполацијом добија вредност $\alpha_i(P=0)$. Графичка интеграција се затим врши за различите притиске и израчунавају се вредности фугасности. За одређивање фугасности гаса у смеси из Луис-Рандаловог правила, прво треба израчунати фугасност чистог гаса коришћењем израза II-20. Прво се из моларних запремина чистог гаса (табела) израчунава α , израз II-15, а затим се црта график $\alpha = f(P)$. Из екстраполације се добија $\alpha(P=0)$. Затим се, као и у горе поменутом случају, врши графичка интеграција за различите притиске и израчунавају се фугасности чистих гасова. Ове фугасности се множе молском фракцијом, израз II-49, и добија се фугасност гаса у смеси.

Напомена: Вредности фугасности чистог азота на 50, 100, 200 и 400 atm, треба да буду исте, или приближно исте, као у задатку II-8, јер се подаци односе на исту температуру.

II-10 Моларна запремина течне воде на 25°C зависи од притиска на следећи начин:

$$V(\text{cm}^3 / \text{mol}) = 18,07[1 - 45 \cdot 10^{-6} P(\text{atm})]$$

Напон паре воде на 25°C износи 0,031 atm. Израчунати фугасност течне воде на 1000 atm на истој температури.

Решење:

$$dG = RT d \ln f = V dP \Rightarrow RT \ln \frac{f_2}{f_1} = \int_{P_1}^{P_2} V dP$$

f_1 је почетна фугасност и она се може изједначити са напоном паре воде на 25°C, тј. једнака је 0,031 atm, јер се ради о врло ниском притиску. f_2 је фугасност воде на 1000 atm и заменом израза за зависност запремине воде од притиска у горњу једначину израчунава се на следећи начин:

$$\begin{aligned} \ln \frac{f_2}{0,031} &= \frac{18,07}{82,05 \cdot 298,15} \int_0^{1000} (1 - 45 \cdot 10^{-6} P) dP = 7,387 \cdot 10^{-4} \left(P \Big|_0^{1000} - 45 \cdot 10^{-6} \frac{P^2}{2} \Big|_0^{1000} \right) = \\ &= 7,387 \cdot 10^{-4} \left(1000 - \frac{45}{2} \right) = 0,722 \Rightarrow f_2 = 0,031 \cdot e^{0,722} = 0,064 \text{ atm} \end{aligned}$$

Моларна гасна константа у задатку има вредност:

$$R = \frac{PV}{T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22412 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}}{273,15 \text{ K}} = 82,05 \frac{\text{cm}^3 \cdot \text{atm}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

II-11 За растоп LiBr-AgBr на 500°C коефицијент активности AgBr се може израчунати помоћу следеће релације:

$$\log \gamma_{\text{AgBr}} = 0,5035 N_{\text{LiBr}}^2$$

Наћи зависност коефицијента активности γ_{LiBr} од N_{AgBr} . За стандардна стања узети чисте компоненте.

Решење:

Користићемо варијанту Гибс-Дијемове једначине дате преко коефицијената активности:

$$N_{\text{LiBr}} d \ln \gamma_{\text{LiBr}} + N_{\text{AgBr}} d \ln \gamma_{\text{AgBr}} = 0$$

Како је $\log a = \frac{\ln a}{\ln 10}$, горња једначина се лако преводи у облик:

$$N_{\text{LiBr}} d \log \gamma_{\text{LiBr}} + N_{\text{AgBr}} d \log \gamma_{\text{AgBr}} = 0$$

Узимајући у обзир да је

$$d \log \gamma_{AgBr} = 2 \cdot 0,5035 N_{LiBr} dN_{LiBr} = 1,0070 \cdot N_{LiBr} \cdot dN_{LiBr}$$

следи:

$$d \log \gamma_{LiBr} = -1,0070 \frac{N_{AgBr}}{N_{LiBr}} N_{LiBr} dN_{LiBr} = 1,0070 \cdot N_{AgBr} dN_{AgBr} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \int_0^{\log \gamma_{LiBr}} d \log \gamma_{LiBr} = 1,0070 \int_0^{N_{AgBr}} N_{AgBr} dN_{AgBr} = 1,0070 \frac{N_{AgBr}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \log \gamma_{LiBr} = 0,5035 N_{AgBr}^2$$

При постављању граница интеграла мора се водити рачуна о стандардним стањима. Ако узмемо за доњу границу интеграла на десној страни једнакости $N_{AgBr} = 0$, то значи да је $N_{LiBr} = 1$, а како је на основу избора стандардног стања у том случају $a_{LiBr} = 1$, то је и $\gamma_{LiBr} = 1$. Одавде следи да је на левој страни једнакости доња граница интеграла $\log \gamma_{LiBr} = 0$. Горња граница интеграла је произвољна бројна вредност N_{AgBr} којој одговара одређена бројна вредност $\log \gamma_{LiBr}$.

Важно је напоменути да се облик решења могао претпоставити, с обзиром да облик зависности коефицијента активности једне компоненте од молске фракције друге компоненте одговара регуларним растворима.

П-12 На 300 К напони паре HCl изнад разблажених раствора HCl у течном GeCl₄ износе:

N_{HCl}	0,005	0,012	0,019
p_{HCl} / kPa	32,0	76,9	121,8

Показати да се раствори понашају по Хенријевом (Henry) закону у овој области молских фракција и израчунати Хенријеву константу на 300 К.

Решење: 6,4 МПа .

Хенријев закон има облик $p_{HCl} = k_H N_{HCl}$. Графички би се задатак решавао тако што би цртањем графика $p_{HCl} = f(N_{HCl})$ требало показати да све тачке леже на правој која пролази кроз координатно почетак, а коефицијент правца би дао Хенријеву константу. Ако би се задатак решавао рачунски требало би показати ,

користећи једначину праве кроз две тачке: $y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1)$, да се за било

који пар тачака из табеле добија иста једначина праве са коефицијентом правца 6,4 МПа и одсечком 0.

- II-13 Активност се у растворима може сматрати ефективном молском фракцијом, као што је фугасност ефективни притисак у случају гасова (у изразу за хемијски потенцијал уместо молске фракције користи се активност). Израчунати активност и коефицијент активности воде на 293 К ако је напон паре чисте воде $P^*(\text{H}_2\text{O}) = 0,02308 \text{ atm}$, а напон паре воде у раствору, који садржи 0,122 kg неиспарљивог раствора ($M = 241 \text{ g/mol}$) на 0,920 kg воде, $P(\text{H}_2\text{O}) = 0,02239 \text{ atm}$.

Решење: 0,9701 ; 0,9797

- II-14 На 1250 К напон паре сребра над раствором Ag - Au који садржи 62 молска % сребра износи $2,11 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}$, док над чистим сребром износи $4,83 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}$. Одредити релативни хемијски потенцијал сребра у раствору.

Решење: $-8607 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$. Релативни хемијски потенцијал сребра је $\Delta\mu_{\text{Ag}} = RT \ln a_{\text{Ag}}$.

- II-15 Израчунати активност и рационални коефицијент активности ацетона у воденом раствору ако је $N_{\text{ac}} = 0,318$, $p_{\text{ac}} = 152 \text{ mmHg}$ и $p_{\text{ac}}^{\bullet} = 229 \text{ mmHg}$.

Решење: 0,664 ; 2,087

- II-16 Израчунати промену хемијског потенцијала при растварању ацетона у води ако је за $N_{\text{ac}} = 0,318$ напон паре ацетона изнад раствора $p_{\text{ac}} = 152 \text{ mmHg}$, а напон паре чистог ацетона $p_{\text{ac}}^{\bullet} = 229 \text{ mmHg}$. Температура је 298 К.

Решење: $-1015 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$

- II-17 Израчунати промену парцијалне моларне ентропије сребра при грађењу чврстог раствора Ag - Au који садржи 30 молских % сребра. Зависност напона паре (у паскалима - Pa) сребра од температуре, над чистим сребром и над раствором, дата је следећим изразима:

$$\log p^{\bullet} = -\frac{16350}{T} + 12,805 \quad , \quad \log p = -\frac{15250}{T} + 11,118$$

Решење:

Да би смо решили задатак потребна нам је следећа једначина:

$$\Delta\mu_{Ag} = RT \ln a_{Ag} = \Delta\bar{H}_{Ag} - T\Delta\bar{S}_{Ag}$$

Користећи дефиницију активности и изразе из текста задатка добијамо:

$$RT \ln a_{Ag} = RT \ln \frac{p}{p^{\bullet}} = RT \ln 10 \cdot \log \frac{p}{p^{\bullet}} = -RT \frac{\ln 10 \cdot (15250 - 16350)}{T} +$$

$$+ RT \ln 10 \cdot (11,118 - 12,805) = 21058 - T \cdot 32,3 = \Delta\bar{H}_{Ag} - T\Delta\bar{S}_{Ag}$$

Одавде следи:

$$\Delta\bar{S}_{Ag} = 32,3 J \cdot K^{-1} mol^{-1}$$

- П-18 Колика је активност течне воде на 1, 10 и 100 bar-а и температури 298 К, ако моларна запремина воде, која износи 18 cm³/mol, не зависи од притиска?

Решење:

Зависност активности чисте супстанције од притиска добија се из релације (П-84), при чему се парцијална моларна запремина замењује моларном запремином:

$$\left(\frac{\partial \ln a}{\partial P} \right)_{T,N} = \frac{V_m}{RT}$$

Одавде следи, узимајући у обзир да је за чисту воду $a = 1$ на притиску $P = 1$ bar (стандардно стање):

$$\ln a = \frac{V_m}{RT} \int_1^P dP = \frac{V_m(P-1)}{RT}$$

- за притисак $P = 1$ bar:

Из дефиниције стандардног стања, а такође и из формуле, директно следи да је $a = 1$.

- за притисак $P = 10$ bar-а:

$$\ln a = \frac{V_m(P-1)}{RT} = \frac{18 \cdot 10^{-6} m^3 \cdot mol^{-1} \cdot (10-1) \cdot 10^5 Pa}{8,314 J \cdot mol^{-1} K^{-1} \cdot 298 K} = 0,00654 \Rightarrow a = 1,0066$$

- за притисак $P = 100$ bar-а:

$$\ln a = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot (100 - 1) \cdot 10^5 \text{ Pa}}{8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 0,0719 \Rightarrow a = 1,075$$

П-19 Колика је активност CaCO_3 (калцит) и CaO на 1, 10, 100 и 1000 bar-а и температури 1273 K, ако моларне запремине ове две чврсте супстанције, не зависе од притиска. $V_m(\text{CaCO}_3) = 36,92 \text{ cm}^3/\text{mol}$, $V_m(\text{CaO}) = 16,79 \text{ cm}^3/\text{mol}$?

Решење:

Коришћењем формуле за активност из прошлог задатка:

$$\ln a = \frac{V_m(P-1)}{RT}$$

добијају се следеће вредности активности, које су приказане табеларно:

P (bar)	Активност на 1273 K	
	CaCO_3	CaO
1	1	1
10	1,0031	1,0014
100	1,035	1,016
1000	1,417	1,172

Из табеле се види да се активност, обе чврсте супстанције, врло мало мења од 1 до 100 bar-а .

П-20 Показати да је на 0°C и константном притиску хемијски потенцијал леда једнак хемијском потенцијалу воде. (Користити израз $\sum_i \mu_i dn_i = 0$)

П-21 Показати да је на $+ 10^\circ\text{C}$ хемијски потенцијал леда већи од хемијског потенцијала воде и да је на $- 10^\circ\text{C}$ хемијски потенцијал воде већи од хемијског потенцијала леда. (Користити израз $\sum_i \mu_i dn_i < 0$)

Задаци за II колоквијум
из Хемijske термодинамике

① $\frac{f}{P} = \frac{PV}{RT} \rightarrow \ln f = \ln P - \frac{1}{RT} \int_0^P dP$
 $\frac{f}{P} = e^{-\frac{1}{RT} \int_0^P dP}$
 $\frac{f}{P} = e^{-\frac{dP}{RT}}$

$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!} (x-a) + \frac{f''(a)}{2!} (x-a)^2 + \frac{f'''(a)}{3!} (x-a)^3 + \dots$$

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x + \frac{f''(0)}{2!} x^2 + \frac{f'''(0)}{3!} x^3 + \dots$$

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \dots$$

$$e^{-x} = 1 - x + \frac{x^2}{2} - \dots$$

$$\frac{f}{P} = e^{-\frac{dP}{RT}} = 1 - \frac{dP}{RT} = \frac{RT - \left(\frac{RT}{P} - V\right)P}{RT} = \frac{RT - RT + PV}{RT} = \frac{PV}{RT} = \kappa$$

② $P = 40 \text{ bar}$
 $\theta = 150^\circ\text{C}$
 $n = 1 \text{ mol}$
 $V = 0,7696 \text{ L}$
 $f = ?$

$$\frac{f}{P} = e^{-\frac{dP}{RT}} = e^{-\frac{\left(\frac{RT}{P} - V\right)P}{RT}} = e^{-1 + \frac{PV}{RT}}$$

Или из релације: $\frac{f}{P} = \frac{PV_m}{RT}$

$$f = \frac{P^2 V}{RT} = \frac{1600 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \cdot 0,7696 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}}}{8,314 \text{ J/Kmol} \cdot 423,15 \text{ K}}$$

$$f = 0,35001018 \cdot 10^7 \text{ Pa} \approx 35 \text{ bar}$$

③ $\theta = 0^\circ\text{C}$
 $P = 200 \text{ atm}$
 $f = 174 \text{ atm}$
 $V_m = ?$

$$\frac{f}{P} = \frac{PV_m}{RT} \rightarrow V_m = \frac{fRT}{P^2}$$

$$V_m = \frac{17630550 \text{ Pa} \cdot 8,314 \text{ J/Kmol} \cdot 273,15 \text{ K}}{4,10670225 \cdot 10^{14} \text{ Pa}^2}$$

$$V_m = 0,974953425 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \approx 0,0975 \frac{\text{dm}^3}{\text{mol}}$$

4.

$$\frac{PV}{RT} = 1 - 5,314 \cdot 10^{-4} P + 4,276 \cdot 10^{-6} P^2 - 3,292 \cdot 10^{-9} P^3$$

$$f = ? \quad 3A \quad P = 400 \text{ atm}$$

$$\ln f = \ln P + \int_0^1 (\bar{z} - 1) \frac{dP}{P}$$

$$\ln \frac{f}{P} = \int_0^P (\bar{z} - 1) \frac{dP}{P} = \int_0^P \left(\frac{PV}{RT} - 1 \right) \frac{dP}{P} =$$

$$= \int_0^P \left(1 - 5,314 \cdot 10^{-4} P + 4,276 \cdot 10^{-6} P^2 - 3,292 \cdot 10^{-9} P^3 - 1 \right) \frac{dP}{P} =$$

$$= \int_0^P \left(-5,314 \cdot 10^{-4} + 4,276 \cdot 10^{-6} P - 3,292 \cdot 10^{-9} P^2 \right) dP =$$

$$= -5,314 \cdot 10^{-4} P + 4,276 \cdot 10^{-6} \frac{P^2}{2} - 3,292 \cdot 10^{-9} \frac{P^3}{3} = -5,314 \cdot 10^{-4} \cdot 400 \text{ atm} + 4,276 \cdot 10^{-6} \frac{(400 \text{ atm})^2}{2}$$

$$- 3,292 \cdot 10^{-9} \frac{(400 \text{ atm})^3}{3} = -0,21256 + 0,34208 - 0,07023 = 0,05929$$

$$\frac{f}{P} = e^{0,05929} = 1,061 \rightarrow f = 1,061 \cdot 400 \text{ atm} = 424,4 \text{ atm}$$

5.

$$P(V-b) = RT$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$P = 1000 \text{ atm}$$

$$T = 1000 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$b = 40 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$$f = ?$$

$$V-b = \frac{RT}{P}$$

$$b = V - \frac{RT}{P} = -d$$

$$RT \ln \frac{f}{P} = - \int_0^P d dP = \int_0^P b dP = b \int_0^P dP = bP$$

$$\ln \frac{f}{P} = \frac{bP}{RT} = \frac{40 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} \cdot 101325000 \text{ Pa}}{8,314 \text{ J/mol} \cdot 1273,15 \text{ K}} = 0,3829$$

$$\frac{f}{P} = e^{0,3829} = 1,467 \Rightarrow f = 1467 \text{ atm}$$

6.

$$T = 25^\circ\text{C}$$

$$P = 23,76 \text{ mmHg}$$

$$V = 43,4 \text{ l/g}$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$\Delta G = ?$$

$$f_2 = 1 \text{ bar}$$

$$\Delta G = RT \ln \frac{f_2}{f_1}$$

$$V_m = V M = 43,4 \text{ l/g} \cdot 18 \text{ g/mol} = 781,2 \text{ l/mol}$$

$$\frac{f_1}{P} = \frac{PV}{RT} \rightarrow f_1 = \frac{P^2 V_m}{RT} = 3162,378971 \text{ Pa}$$

$$\Delta G = 8,314 \text{ J/mol} \cdot 298,15 \text{ K} \cdot \ln \frac{1 \text{ bar}}{0,03162378971 \text{ bar}}$$

$$\Delta G = 8561,4 \text{ J}$$

$$\text{Para kao idealan gas: } \Delta G = RT \ln \frac{f_2}{P} = 8,314 \text{ J/mol} \cdot 298,15 \text{ K} \cdot \ln \frac{1 \text{ bar}}{0,0316 \text{ bar}} = 8557,3 \text{ J}$$

7.

$$\log P = 4,013 - \frac{1030}{T-22,2}$$

$$T = 289,2 \text{ K}, \text{ C}_4\text{H}_{10} \text{ (M = 58 g/mol)}$$

$$\rho = 4,9 \text{ g/l}$$

$$f = ?$$

$$\log P = 4,013 - \frac{1030}{289,2-22,2} = 0,155322092$$

$$P = 1,429950224 \text{ atm}$$

$$V_m = \frac{V}{n} = \frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{m}{M}} = \frac{M}{\rho} = \frac{58 \text{ g/mol}}{4,9 \text{ g/l}} =$$

$$= 11,83673469 \text{ l/mol}$$

$$\frac{f}{P} = \frac{PV_m}{RT} \Rightarrow f = \frac{P^2 V_m}{RT} = 103347,1893 \text{ Pa} \approx 1,02 \text{ atm}$$

8.

Задачак је објашњен у књизи.

$$\ln f = \ln P + \int_0^P (\kappa - 1) \frac{dP}{P} \rightarrow \frac{f}{P} = e^I$$

9.

Задачак је објашњен у књизи.

$$\ln f_i = \ln N_i + \ln P - \frac{1}{RT} \int_0^P d_i dP \Rightarrow d_i = \frac{RT}{P} - \bar{V}_i$$

10.

$$\theta = 25^\circ \text{C}$$

$$V \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} \right) = 18,07 (1 - 45 \cdot 10^{-6} P \text{ (atm)})$$

$$P_1 = 0,031 \text{ atm}$$

$$f = ?$$

$$P = 1000 \text{ atm}$$

$$R = \frac{PV_m}{T} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 22412 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}}{273,15 \text{ K}} = 82,05 \frac{\text{atm cm}^3}{\text{K mol}}$$

$$dG = RT d \ln f = V dP \rightarrow RT \ln \frac{f_2}{f_1} = \int_{P_1}^{P_2} V dP$$

$$f_1 = P_1 = 0,031 \text{ atm (јер } P \text{ има малу вредност)}$$

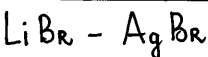
$$f_2 \text{ је на } 1000 \text{ atm}$$

$$\ln \frac{f_2}{0,031} = \frac{1}{82,05 \cdot 298,15} \int_0^{1000} 18,07 (1 - 45 \cdot 10^{-6} P) dP \Rightarrow \ln \frac{f_2}{0,031} = \frac{18,07}{82,05 \cdot 298,15} \left(P \Big|_0^{1000} - 45 \cdot 10^{-6} \frac{P^2}{2} \Big|_0^{1000} \right)$$

$$\ln \frac{f_2}{0,031} = 7,387 \cdot 10^{-4} (1000 - 45 \cdot 10^{-6} \frac{1000^2}{2}) \rightarrow \ln \frac{f_2}{0,031} = 0,722$$

$$f_2 = 0,031 \cdot e^{0,722} = 0,064 \text{ atm}$$

11.



$$\theta = 500^\circ \text{C}$$

$$\log f_{\text{AgBr}} = 0,5035 N_{\text{LiBr}}^2$$

$$f_{\text{LiBr}} = f(N_{\text{AgBr}}) = ?$$

$$N_{\text{LiBr}} d \ln f_{\text{LiBr}} + N_{\text{AgBr}} d \ln f_{\text{AgBr}} = 0$$

$$\log a = \frac{\ln a}{\ln 10}$$

$$N_{\text{LiBr}} d \log f_{\text{LiBr}} + N_{\text{AgBr}} d \log f_{\text{AgBr}} = 0$$

$$d \log f_{\text{AgBr}} = 0,5035 \cdot 2 N_{\text{LiBr}} d N_{\text{LiBr}} = 1,0070 N_{\text{LiBr}} d N_{\text{LiBr}}$$

$$d \log f_{\text{LiBr}} = \frac{-N_{\text{AgBr}} d \log f_{\text{AgBr}}}{N_{\text{LiBr}}} = - \frac{N_{\text{AgBr}} \cdot 1,0070 N_{\text{LiBr}} d N_{\text{LiBr}}}{N_{\text{LiBr}}} = -1,0070 N_{\text{AgBr}} \frac{d N_{\text{AgBr}}}{-1} =$$

$$= 1,0070 N_{\text{AgBr}} d N_{\text{AgBr}}$$

$$\int_0^{\log f_{\text{LiBr}}} d \log f_{\text{LiBr}} = 1,0070 \int_0^{N_{\text{AgBr}}} N_{\text{AgBr}} d N_{\text{AgBr}} \rightarrow \log f_{\text{LiBr}} = 1,0070 \frac{N_{\text{AgBr}}^2}{2} \rightarrow \log f_{\text{LiBr}} = 0,5035 N_{\text{AgBr}}^2$$

Код граница интeрације се води рачуна о стандардним стањима.

$$\text{Ако је } N_{\text{AgBr}} = 0 \rightarrow N_{\text{LiBr}} = 1$$

$$a_{\text{LiBr}} = 1$$

$$f_{\text{LiBr}} = 1 \rightarrow \log f_{\text{LiBr}} = 0$$

12. $T = 300 \text{ K}$
 $P_{\text{H}_2\text{O}} = K_H N_{\text{H}_2\text{O}}$

Решавање: графички и рачунски

$$y - y_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \rightarrow \text{једначина праве}$$

$$y - 32 = \frac{76,9 - 32}{0,012 - 0,005} (x - 0,005)$$

$$y - 32 = 6400 \text{ kPa} (x - 0,005)$$

$$y = 6,4 \text{ MPa} \cdot x$$

$$K = 6,4 \text{ MPa}, \quad n = 0$$

$$y - 76,9 = \frac{121,8 - 76,9}{0,019 - 0,012} (x - 0,012)$$

$$y = 6414,29 \text{ kPa} \cdot x = 6,4 \text{ MPa} \cdot x$$

$$y - 32 = \frac{121,8 - 32}{0,019 - 0,005} (x - 0,005)$$

$$y = 6,4 \text{ MPa} \cdot x$$

13. $a = ?$
 $f_e = ?$

$$T = 293 \text{ K}$$

$$P^*(\text{H}_2\text{O}) = 0,02308 \text{ atm}$$

$$n_2 = 0,506 \text{ mol} \quad (m = 0,122 \text{ kg}, \quad M = 241 \text{ g/mol})$$

$$n_1 = 51,11 \text{ mol} \quad (m(\text{H}_2\text{O}) = 0,920 \text{ kg}, \quad M = 18 \text{ g/mol})$$

\Downarrow

$$N_1 = 0,99 \quad P(\text{H}_2\text{O}) = 0,02239 \text{ atm}$$

$$\left. \begin{aligned} \mu_1 &= \mu_1^0 + RT \ln \frac{P_1}{P_1^0} \\ \mu_1 &= \mu_1^0 + RT \ln a \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{P_1}{P_1^0} = a$$

$$a = \frac{0,02239 \text{ atm}}{0,02308 \text{ atm}} = 0,9701$$

$$f_e = \frac{a}{N_1} = \frac{0,9701}{0,99} = 0,9799$$

14. $T = 1250 \text{ K}$

$$A_g - A_u$$

$$P = 2,11 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}$$

$$P_{\text{Ag}}^0 = 4,83 \cdot 10^{-1} \text{ Pa}$$

$$\Delta \mu_{\text{Ag}} = ?$$

$$\Delta \mu_{\text{Ag}} = RT \ln a_{\text{Ag}}$$

$$\Delta \mu_{\text{Ag}} = 8,314 \text{ J/mol} \cdot 1250 \text{ K} \cdot \ln 0,437$$

$$\frac{P}{P^0} = a = 0,437$$

$$\Delta \mu_{\text{Ag}} = -8,592,79 \text{ J/mol}$$

15. $N_{\text{Ac}} = 0,318$

$$P_{\text{Ac}} = 152 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{Ac}}^0 = 229 \text{ mmHg}$$

$$a = ?$$

$$f_e = ?$$

$$a = \frac{P}{P^0} = \frac{152 \text{ mmHg}}{229 \text{ mmHg}} = 0,664$$

$$f_e = \frac{a}{N} = \frac{0,664}{0,318} = 2,087$$

16. $N_{\text{Ac}} = 0,318$

$$P_{\text{Ac}} = 152 \text{ mmHg}$$

$$P_{\text{Ac}}^0 = 229 \text{ mmHg}$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$\Delta \mu = ?$$

$$\Delta \mu = RT \ln \frac{P}{P^0}$$

$$\Delta \mu = 8,314 \text{ J/mol} \cdot 298 \text{ K} \cdot \ln \frac{152}{229}$$

$$\Delta \mu = -1015,41 \text{ J/mol}$$

17.

$A_g - A_m$

30% молекуле A_g

$$\log p^* = \frac{-16350}{T} + 12,805$$

$$\log p = -\frac{15250}{T} + 11,118$$

$\Delta \bar{S} = ?$

$$\Delta \mu_{A_g} = RT \ln a_{A_g} = RT \ln \frac{p}{p^*} = RT \ln 10 \log \frac{p}{p^*} =$$

$$= RT \ln 10 \left(-\frac{15250}{T} + 11,118 + \frac{16350}{T} - 12,805 \right)$$

$$= 21058 - 32,3 T$$

$$\Delta \mu_{A_g} = \Delta \bar{H}_{A_g} - T \Delta \bar{S}_{A_g}$$

$$\Delta \bar{S}_{A_g} = 32,3 \text{ J/mol}$$

18.

$$T = 298 \text{ K}$$

$$V_m = 18 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

$a = ?$

$$P_1 = 1 \text{ бар}$$

$$P_2 = 10 \text{ бар}$$

$$P_3 = 100 \text{ бар}$$

$$\left(\frac{\partial \ln a}{\partial P} \right)_{T,n} = \frac{V_m}{RT}$$

$$a = 1 \text{ на } P = 1 \text{ бар}$$

$$\ln a = \frac{V_m}{RT} \int_1^P dP = \frac{V_m (P-1)}{RT}$$

1) За $P = 1 \text{ бар} \Rightarrow$ из дифференциале стандартной шкалы $a = 1$

$$2) \text{ За } P = 10 \text{ бар} \Rightarrow \ln a = \frac{V_m (P-1)}{RT} = \frac{18 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} (10-1) \cdot 10^5 \text{ Па}}{8,314 \text{ J/mol} \cdot 298 \text{ K}} = 0,00654$$

$$\hookrightarrow a = 1,0066$$

$$3) \text{ За } P = 100 \text{ бар} \Rightarrow \ln a = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{mol}} (100-1) \cdot 10^5 \text{ Па}}{8,314 \text{ J/mol} \cdot 298 \text{ K}} = 0,0719$$

$$\hookrightarrow a = 1,075$$

19.

CaCO_3 и CaO

1, 10, 100 и 1000 бар

$$T = 1273 \text{ K}$$

$$V_m = 36,92 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}} ; V_m = 16,49 \frac{\text{cm}^3}{\text{mol}}$$

Целью как и предыдущим заданием:

$$\ln a = \frac{V_m (P-1)}{RT}$$

(Работа се a за каждую единицу и дайте приращение);

20.

$$T = 0^\circ \text{C}$$

$$P = \text{const.}$$

$$\mu_i = \mu_{H_2O}$$

$$\sum_i \mu_i dn_i = 0$$

$$\mu_L = \mu_1, \mu_{H_2O} = \mu_2$$

$$\mu_1 dn_1 + \mu_2 dn_2 = 0$$

$$- dn_1 = dn_2$$

$$\mu_1 dn_1 + \mu_2 (-dn_1) = 0 \Rightarrow \mu_1 = \mu_2$$

21.

$$+10^\circ \text{C}$$

$$\mu_L > \mu_{H_2O}$$

$$\sum_i \mu_i dn_i < 0$$

$$\mu_1 dn_1 + \mu_2 dn_2 < 0$$

$$- dn_1 = dn_2$$

$$\mu_1 dn_1 - \mu_2 dn_1 < 0$$

$$dn_1 (\mu_1 - \mu_2) < 0$$

$$dn_1 (\mu_1 - \mu_2) < 0$$

$$dn_1 < 0$$

$$\hookrightarrow \mu_1 - \mu_2 > 0$$

$$\mu_1 > \mu_2$$