

jméno	test	zápočet	úkoly	průměr	známka

Čas 105 minut. Povoleny jsou kalkulačky. Nejsou povoleny žádné písemné pomůcky.

U otázek s výběrem a, b, c... odpovědi (b) kroužkujte. Platí:

- Vždy je alespoň jedna odpověď správná.
- Správných odpovědí může být více.** Pro dosažení plného počtu bodů nutno označit **všechny**, není-li uvedeno jinak.
- Nesprávná odpověď v téže otázce zpravidla ruší správnou.
- Za zvlášť nesprávnou odpověď je -1 bod.

U otázek označených **?** uvádějte vždy úvahu či výpočet, které vás dovedly k odpovědi. Jinak nebude Vaše odpověď uznána!

Toto je covidová verze vzorového testu. V případě normální výuky bude test obsahovat méně výpočtů a bude trvat 90 minut.

Můžete potřebovat

Avogadrova konstanta: $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Boltzmannova konstanta: $k_B = 1,381 \cdot 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$

Planckova konstanta: $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

Rychlost světla: $c = 2,998 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

1 mm Hg = 1 torr = 133,3 Pa

Ebulioskopická konstanta vody = $0,51 \text{ K kg mol}^{-1}$

Kryoskopická konstanta vody = $1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$

Barometrická rovnice: $p = p_0 \exp(-hMg/RT)$

Adiabatický děj ideálního plynu: $pV^\kappa = \text{const}$, $\kappa = C_{pm}/C_{Vm}$

Redlichova–Kwongova rovnice $p = \frac{RT}{V_m - b} - \frac{a}{T^{1/2}V_m(V_m + b)}$

Tlakový viriálový rozvoj: $V_m = \frac{RT}{p} + B + (C - B^2)\frac{p}{RT} + \dots$

Gibbsův fázový zákon: $\nu = k - f + 2 - C$

Chemický potenciál a aktivita: $\mu_i = \mu_i^\ominus + RT \ln a_i$

Clapeyronova rovnice: $\left(\frac{dp}{dT}\right)_{\text{fáz. rovn.}} = \frac{\Delta_{\text{fáz}} H_m}{T \Delta_{\text{fáz}} V_m}$

Clausiova–Clapeyronova rovnice: $\frac{1}{p^s} \left(\frac{dp^s}{dT}\right)_{\text{fáz. rovn.}} = \frac{\Delta_{\text{výp/subl}} H_m}{RT^2}$

Ideální roztok (1)+(2) nad pevným (1): $\left(\frac{\partial \ln x_1}{\partial T}\right)_p = \frac{\Delta_{\text{tání}} H_{m,1}}{RT^2}$

1. (4 body) V solném dole v USA jsme našli krystal krychlového tvaru. Změřili jsme hranu krychle dostupným měřítkem – viz obrázek. Váha byla naštěstí digitální a ukázala 0.60 oz (*avoirdupois ounce*). Vypočítejte hustotu krystalu v jednotkách kg m^{-3} .

1 in = 2,54 cm

1 oz = 28,349523 g



2. (4 body) Je destilována směs toluenu, *p*-xylenu a vody. Kolik fází, složek a skupenství obsahuje vařák destilační aparatury, ve kterém je uvedena kapalná směs v rovnováze s příslušnými parami? Toluén a *p*-xylen se vzájemně mísí; s vodou jsou tyto látky nemísitelné. Vzduch neuvažujte.

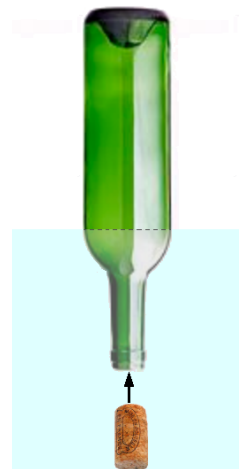
fáze:

složky:

skupenství:

3. (4 body) Do tlakové nádoby obsahující jeden mol vzduchu bylo za vyšší teploty vstříknuto 18 g vody. Všechna voda v systému se vypařila do plynné fáze a tlak se ustálil na hodnotě 180 kPa. Jaký je za daných podmínek parciální tlak vodní páry v systému?

4. (10 bodů) Na Rysech (2503 m nad mořem, teplota 7 °C) jsme vypili láhev vína (Rizling rýnský suchý, ročník 2018, oblast Malokarpatská, objem fľaše 0,75 L) a prázdnou láhev opět zazátkovali. Po návratu k Popradskému plesu (teplota vody 7 °C, 1494 m nad mořem) jsme láhev ponořili do vody hrdlem dolů, nechali vyrovnat teploty a láhev odzátkovali. Do láhve natekla voda. Láhev jsme pomalu vyzdvihovali z vody a v okamžiku, kdy byla vnitřní hladina rovna vnější hladině (tj. tlak vzduchu v láhvi se rovnal atmosférickému tlaku) jsme ji zazátkovali. Podle aplikace Aladin byl ten den atmosférický tlak 999 mbar (rozumí se na hladině moře, pro přepočítání na jinou nadmořskou výšku použijte barometrickou formuli^a pro teplotu 7 °C). Střední molární hmotnost vzduchu je 29 g mol⁻¹. Tlak nasycených par vody a ethanolu zanedbejte. Otázka: kolik vody nateklo do láhve?



^aV meteorologii se používají přesnější vzorce beroucí v úvahu proměnnou teplotu

5. (4 body) Do balonku jsme dali trochu sody a octa. Objem balonku se po dokončení reakce zvětšil o 5 L. Atmosférický tlak je 1 bar. Předpokládejte, že děje probíhají adiabaticky. Zvýšení tlaku způsobené pružnou gumovou blánou balonku i její elasticickou energii zanedbejte. Jak se změnila

- vnitřní energie systému (balonek a gumová blána),
- entalpie systému?

6. (4 body) Viriálová stavová rovnice je

$$z = \frac{pV_m}{RT} = 1 + \frac{B}{V_m} + \frac{C}{V_m^2} + \frac{D}{V_m^3} + \dots$$

Co platí pro koeficienty?

- B , C atd. jsou funkcí teploty.
- B , C atd. jsou funkcí tlaku.
- 1 odpovídá interakci dvojic molekul, B trojic, atd.
- B odpovídá interakci dvojic molekul, C trojic molekul, atd.
- B , C pro ideální plyn jsou nenulové konstanty, jinak závisí na teplotě.
- B odpovídá odpudivým interakcím (vyloučený objem), C přitažlivým interakcím, D a další kombinacím těchto interakcí.

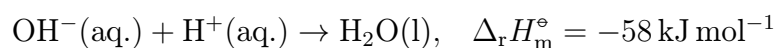
7. (4 body) **?** Parciální derivace $(\partial H/\partial T)_p$ u ideálního plynu a koná-li se jen objemová práce

- je vždy záporná
- je nulová
- může být kladná i záporná
- je vždy kladná

8. (8 bodů) Kabinu lodi Enterprise prorazil meteorit. Během několika sekund se Spockovi podařilo díru ucpat palcem, nicméně tlak klesl na dvě třetiny původního. Pak si Spock všiml, že mu je zima. Vypočtete, o kolik se v kabině ochladilo, jestliže v kabině byl vzduch ($\kappa = 1,4$) o teplotě 25 °C a tlaku 1 bar. Předpokládejte, že únik vzduchu proběhl adiabaticky.

bonus 9. (+4 body) O kolik % vzduchu přišla loď Enterprise?

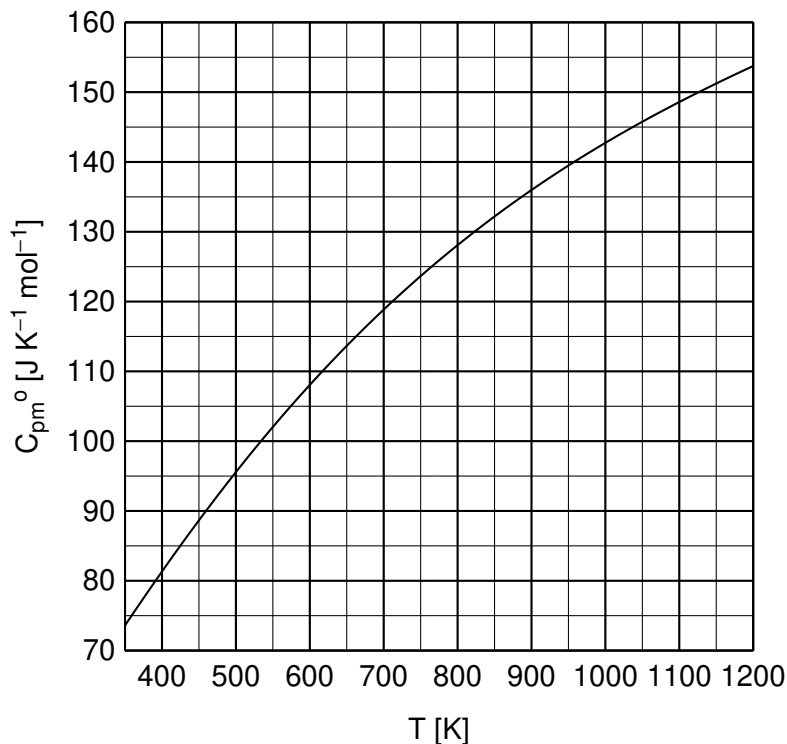
10. (8 bodů) „Neutralizační teplo“ je standardní reakční entalpie reakce



Odhadněte (tj. vypočtete za vhodných zjednodušení) teplotu roztoku, který vznikne smícháním stejných objemů 0,1 M roztoku kyseliny sírové a 0,2 M roztoku hydroxidu sodného. Teplota obou roztoků je 25 °C. Specifická tepelná kapacita vody je 4,2 J K⁻¹ g⁻¹.

11. (8 bodů) Stanovte změnu molární entropie par ethanolu v ideální plynné fázi při ohřátí z teploty 500 K na 1000 K. Použijte data z obrázku.

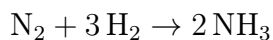
Hodnocení (v případě správného postupu): přesnost v intervalu (1,5%, 2%) = 10 bodů, horší/lepší o 0,5% = -/+ 1 bod. Nehledejte přesné (a složité) řešení, stačí aproximace!



12. (4 body) Seřadte látky **dušík**, **neon**, **rtuť**, **diamant** podle hodnoty molární entropie od nejmenší k největší za běžných podmínek (teplota okolo 25 °C, atmosférický tlak):

$$S(\quad) < S(\quad) < S(\quad) < S(\quad)$$

13. (8 bodů) Standardní reakční entalpie reakce syntézy amoniaku (Haberův proces)



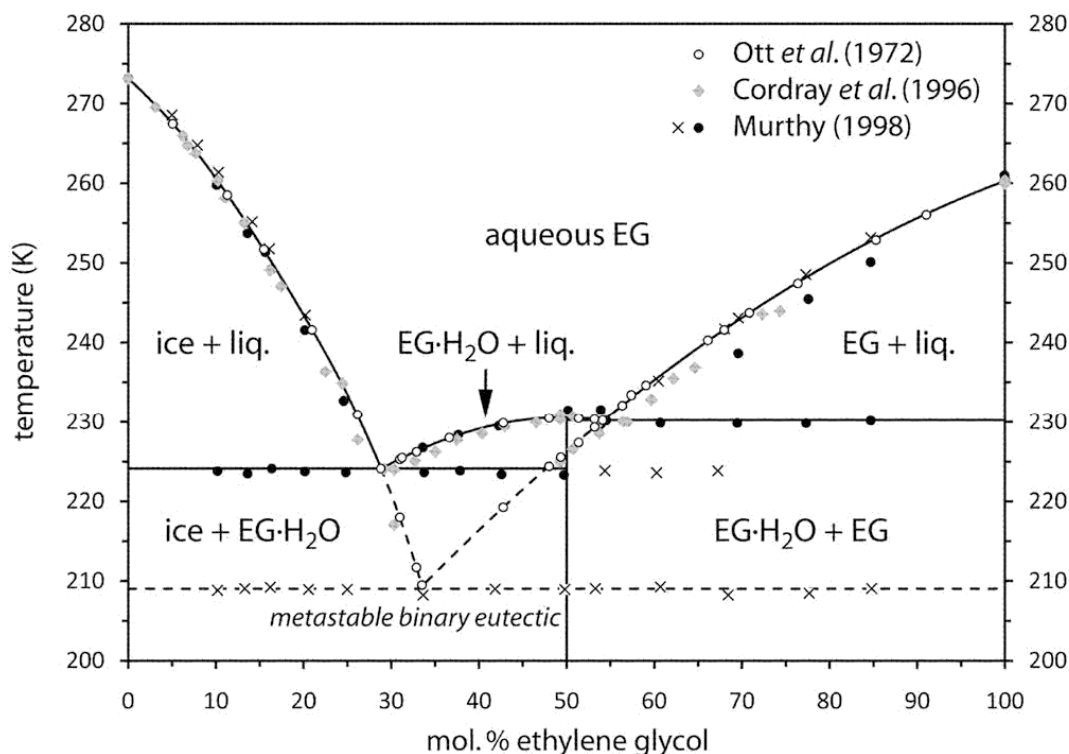
za teploty 300 K je $-92,0 \text{ kJ mol}^{-1}$. Vypočtěte standardní reakční entalpii této reakce za teploty 600 K. Střední molární tepelné kapacity v intervalu teplot (300, 600) K jsou

látko (g)	C_{pm} [J K ⁻¹ mol ⁻¹]
H ₂	29
N ₂	29
NH ₃	41

14. (4 body) Kritická teplota methanu je 191 K. Kterou metodou (metodami) lze methan zkapalnit?

- a Expanzí tryskou (škrcením) s protiproudým chlazením vstupujícího stlačeného methanu
- b Izotermickým stlačením za chlazení vodou o teplotě 20 °C
- c Izoentropickou expanzí s protiproudým chlazením vstupujícího stlačeného methanu

15. (10 bodů) Na obrázku vidíte diagram kondenzovaných fází vody a ethylenglykolu (EG) za standardního tlaku [DOI: 10.1063/1.3668311].



Data pro led: molární entalpie tání = 6 kJ mol⁻¹, $M = 18 \text{ g mol}^{-1}$

Data pro bezvodý tuhý ethylenglykol: molární entalpie tání = 10 kJ mol⁻¹, $M = 80 \text{ g mol}^{-1}$

Předpokládejte, že entalpie tání nezávisí na teplotě.

Otázky:

- a) Jaká je teplota tání čistého ethylenglykolu?
- b) Označte globální složení odpovídající krystalu monohydrátu ethylenglykolu. Jaká je jeho teplota tání?
- c) Označte eutektický bod, ve kterém je v rovnováze tento monohydrát, led a kapalina. Jaké je složení kapaliny v tomto bodě?*
- d) Máte kapalinu o tomto eutektickém složení a směs ochladíte pomalu (aby vznikl systém v rovnováze) na teplotu 200 K. Jaké bude složení heterogenní směsi, kterou dostanete? Uveďte ve hmotnostních % obou složek.
- e) Předpokládejte, že voda a ethylenglykol tvoří ideální kapalnou směs, a vypočtete teplotu tání pevného bezvodého ethylenglykolu v kapalině o složení 80 mol.% ethylenglykolu a 20 mol.% vody.

*Kapalina o tomto složení s dalšími aditivy se používá jako chladicí kapalina např. v automobilech.

16. (4 body) Systém je uzavřen v termostatu v pevné nádobě (konstantní objem). V systému probíhá samovolně chemická reakce, jejímž následkem je zvýšení koncentrace produktu, jeho občasná nukleace a krystalizace. Co můžeme s jistotou říci o systému?

Gibbsova energie systému:

- a klesá
- b roste
- c zůstává konstantní
- d nelze určit druh změny

Helmholtzova energie systému:

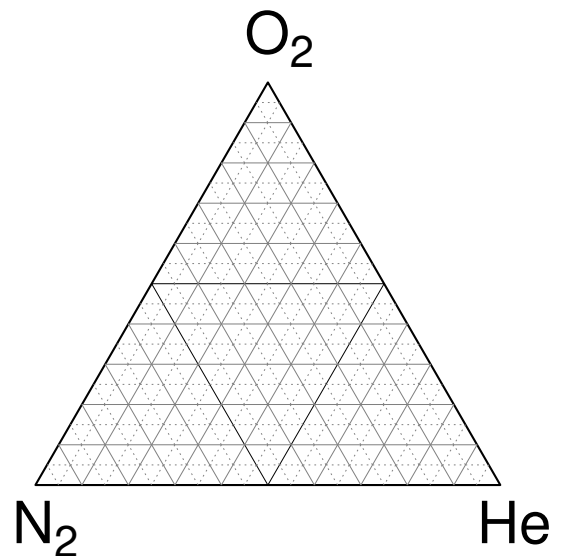
- a klesá
- b roste
- c zůstává konstantní
- d nelze určit druh změny

Entropie systému:

- a klesá
 - b roste
 - c zůstává konstantní
 - d nelze určit druh změny
-

17. (4 body) Určete aktivitu kyslíku ve vzduchu při celkovém tlaku 90 kPa a teplotě 298 K. Standardním stavem je čistý ideální plyn za teploty soustavy a tlaku 100 kPa. Předpokládejte, že vzduch se chová jako ideální plyn a je složen z 20 mol.% kyslíku a 80 mol.% dusíku.

18. (4 body) Aparatura naplněná plynným heliem nebyla těsná a postupně do ní vnikal vzduch (80 % dusíku a 20 % kyslíku) a unikalo helium. Nakreslete do diagramu čáru, po které se může pohybovat složení plynu v aparatuře.



19. (4 body) Běžný led (označovaný jako „led Ih“) plave na kapalné vodě. Jeho teplota tání tudíž s rostoucím tlakem:

- a nelze rozhodnout – může růst i klesat
- b klesá
- c se nemění
- d roste

(Celkem 100 bodů. Můžete zkusit i bonusové otázky.)

Další bonusové otázky

- bonus **20.** (+4 body) „Objemová práce“ se anglicky řekne:
- | | |
|------------------------|---------------|
| a pressure work | d piston work |
| b volume work | e bulk work |
| c pressure-volume work | f hard work |
-

- bonus **21.** (+4 body) Součinitel lineární tepelné roztažnosti ledu je $\alpha = 5,5 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Hustota ledu za teploty 0°C je 917 kg m^{-3} . Jaká je hustota ledu za teploty -33°C ?
-

- bonus **22.** (+4 body) **?** Kapaliny (1) a (2) jsou omezeně mísitelné. Aktivitní koeficienty vzhledem ke standardnímu stavu čisté kapaliny za teploty a tlaku směsi označíme $\gamma_i^{(j)}$, kde $i = 1, 2$ označuje složku a $j = 1, 2$ označuje fázi; fáze (1) je bohatší na složku 1. Obdobně $x_i^{(j)}$ označuje molární zlomek složky i ve fázi (j). Co obecně platí?

- a $\gamma_i^{(j)} > 1$ pro všechna i, j
- b $\gamma_1^{(j)} = \gamma_2^{(j)}$ pro $j = 1, 2$
- c $\gamma_i^{(j)} < 1$ pro všechna i, j
- d $\gamma_i^{(1)} = \gamma_i^{(2)}$ pro $i = 1, 2$
- e $x_i^{(1)} \gamma_i^{(1)} = x_i^{(2)} \gamma_i^{(2)}$ pro $i = 1, 2$
- f $x_1^{(j)} = x_2^{(j)}$

(Bonusy 16 bodů.)