

1. A Föld mélyében uralkodó nagy nyomás miatt az itt lejátszódó folyamatokat a belső energiával tudjuk leírni. A grafit sűrűsége $2,250 \text{ [g/cm}^3\text{]}$, a gyémánté $3,510 \text{ [g/cm}^3\text{]}$. Az előző példa eredményeinek felhasználásával számítsa ki, mekkora az átalakulás belső energia változása 150 kbar nyomáson!

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V \rightarrow \Delta U = \Delta H - p\Delta V$$

$$p = 150\,000 \text{ bar} = 1,5 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$$

A móltérfogat számítása:

1mól szén:	12g	grafit	($\rho = 2,250 \text{ [g/cm}^3\text{]}$) : $5,33 \text{ cm}^3$
		gyémánt	($\rho = 3,510 \text{ [g/cm}^3\text{]}$) : $3,42 \text{ cm}^3$

$$\Delta V = -1,91 \text{ cm}^3 = -1,91 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \Delta U &= \Delta H - p\Delta V = \\ &= 1910 \text{ J/mól} - (-1,5 \cdot 10^{10} \text{ Pa} \cdot 1,91 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3) = 30,56 \text{ kJ/mól} \end{aligned}$$

2. ATKINS I. kötet, 2.8. számítási feladat

Az etán moláris hőkapacitását a $298\text{-}400 \text{ K}$ hőmérséklet-tartományban a következő empirikus összefüggéssel adhatjuk meg:

$C_p = 14,73 + 0,1272 T$, ahol a fajhő mértékegysége $\text{J}/(\text{K} \cdot \text{mol})$, a hőmérsékleté pedig K .

Számítsa ki, mennyi hőre van szükségünk, ha 5 m^3 etánt $25 \text{ }^\circ\text{C}$ -ról $80 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra szeretnénk felmelegíteni?

Mivel nincsen közben fázisátalakulás:

$$Q = n \cdot \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

$$pV = nRT, \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \cdot 5 \text{ m}^3}{8,314 \text{ J/molK} \cdot 298 \text{ K}} = 201,8 \text{ mol}$$

$$Q = n \cdot \int_{T_1}^{T_2} (14,73 + 0,1272 T) dT = 201,8 \text{ mol} \cdot (14,73 \cdot (378 - 298) + 0,5 \cdot 0,1272 \cdot (378^2 - 298^2)) = 931,9 \text{ kJ}$$

3. ATKINS I. kötet, 2.24. gyakorlat

Egy kockacukor tömege kb. $1,5 \text{ g}$. Számítsa ki, mennyi hő szabadul fel, amikor egy kockát felesleges levegőben elégetünk. Milyen magasra tudna jutni egy 68 kg testsúlyú ember ezzel az energiával, ha annak 20 \% -át tudná munkára fordítani?

Használja az előadáson közölt táblázatok ill megoldott példák adatait.

$$M(\text{répacukor}) = 342 \text{ g / mol}$$

$$n = \frac{1,5 \text{ g}}{342 \text{ g / mol}} = 0,0044 \text{ mol}$$

$$Q = n \cdot \Delta_c H = 0,0044 \text{ mol} \cdot (-5645 \text{ kJ / mol}) = -24,76 \text{ kJ}$$

$$\text{hasznosítható energia} : 0,2 \cdot (-24,76 \text{ kJ}) = -4,95 \text{ kJ}$$

$$W = mgh \rightarrow h = \frac{4950 \text{ J}}{68 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 7,4 \text{ m}$$

4. ATKINS I. kötet, 2.13. gyakorlat

Egy folyadék standard moláris párolgási entalpiája 26,0 kJ/mol. Számítsuk ki a hőt, a reverzibilis munkát és az entalpiaváltozást, ha 0,5 mól elpárologtatunk 250 K hőmérsékleten és 750 torr nyomáson.

$$Q = 0,5 \cdot 26 \text{ kJ} = 13 \text{ kJ}$$

Az izobár munka $W = -p\Delta V$

ΔV azonos a keletkező gőz térfogatával, mert $V(\text{g}) \gg V(\text{l})$

$$\Delta V = V(\text{g}) = \frac{nRT}{p}$$

$$W = -p \frac{nRT}{p} = -0,5 \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 250 \text{ K} = 1039 \text{ J} \cong -1 \text{ kJ}$$

izobár esetben

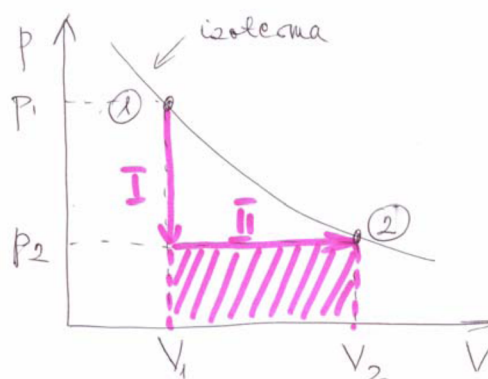
$$\Delta H = Q = 13 \text{ kJ}$$

Így a belső energia megváltozása

$$\Delta U = Q + W = (13 - 1) \text{ kJ} = +12 \text{ kJ}$$

5. 1 (p_1, V_1) pontból a 2 (p_2, V_2) pontba juttatunk el egy tökéletes gázt. $T_1 = T_2$, $p_1 > p_2$ és $V_1 < V_2$. Ehhez először a p_1 nyomásról változtatlan V_1 térfogat mellett p_2 -re növeljük a nyomását, majd ezen a nyomáson V_2 térfogatra terjesztjük ki.

Rajzolja fel a folyamatot a $p - V$ diagramban. Határozza meg a munkavégzést grafikusan és egyenlet formájában is. Indokolja az előjelet. Hasonlítsa össze a munkát az előadáson vizsgált esetekkel.

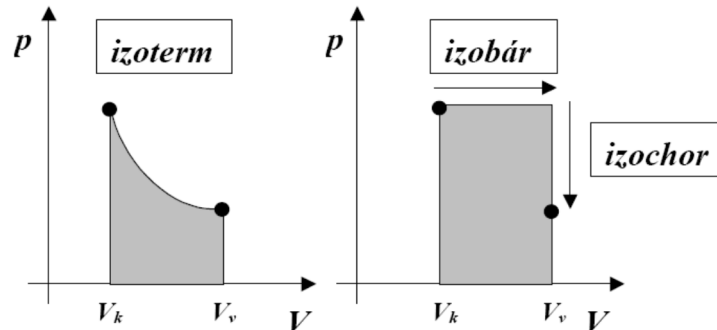


$$W = W_I + W_{II}$$

Mivel I izosztér folyamat, $\Delta V = 0$, tehát nincsen térfogati munka, $W_I = 0$.

A II. lépés izobár munka, melyet a rendszer végez, így előjele negatív lesz: a $W_{II} = -p(V_2 - V_1)$ valóban negatív, hiszen a zárójelben lévő különbség pozitív.

Összehasonlítás:



Mind az izoterm, mind az izobár+izosztér (izochor) munka nagyobb, mint az izosztér+izobár munka.

6. ATKINS I. kötet, 2.3. gyakorlat

Egy kémiai reakció 100 cm^2 keresztmetszetű tartályban megy végbe. A tartály egyik végébe könnyen mozgó dugattyút illesztettek. A reakció eredményeképpen a dugattyú az 1 atm külső nyomás ellenében 10 cm -t elmozdul. Számítsuk ki a rendszer által végzett munkát.

Miután a külső nyomás, aminek ellenében elmozdul a dugattyú állandó, izobár munkavégzés történik. A munkát a rendszer végzi (kiterjed), így előjele negatív kell legyen.

$$W = -p\Delta V$$

$$p = 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

$$\Delta V = 100 \text{ cm}^2 \cdot 10 \text{ cm} = 1000 \text{ cm}^3 = 1000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W = -1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = -101,3 \text{ J}$$

$$1 \text{ N} \cdot \text{m} = 1 \text{ J}$$

7. ATKINS I. kötet, 2.4. gyakorlat

$4,5 \text{ g}$ metán térfogata 310 K -en $12,7 \text{ liter}$.

a) Számítsa ki a gáz izoterm expansziója során 200 torr állandó nyomás ellenében végzett munkát, ha a térfogat $3,3 \text{ liter}$ -re nő.

b) Számítsa ki a munkát, amit akkor kellene végezni, ha ugyanez a kiterjedés izoterm körülmények között, nem állandó nyomáson valósulna meg.

a) A térfogati munka a

$$W_{\text{térf}} = - \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

képlettel számítható, ahol 1 a kiindulási, 2 a végállapotra vonatkozó index. Mivel a kiterjedés izoterm körülmények között és állandó nyomás ellenében történik, azaz a folyamat izobár, a $W = -p\Delta V$ összefüggéssel számolhatunk.

$$W = -p \cdot \Delta V = -200 \text{ torr} \cdot 3,3 \ell = -\frac{200}{760} \cdot 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = -88 \text{ J}$$

b) Reverzibilis esetben

mivel $p = \frac{nRT}{V}$

$$W_{\text{tér}} = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

összefüggést kell alkalmaznunk.

$$n = \frac{4,5 \text{ g}}{16 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$W_{\text{tér}} = - \frac{4,5}{16} \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 310 \text{ K} \ln \frac{(12,7 + 3,3)}{12,7} = -167 \text{ J}$$

8. ATKINS I. kötet, 2.5. gyakorlat

52,0 mol 260 K hőmérsékletű tökéletes gáz izoterm reverzibilis összenyomásakor a gáz térfogata a kezdeti érték egyharmadára csökken. Számítsa ki a folyamatra a W munkát.

$$W_{\text{tér}} = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = -52 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 260 \text{ K} \cdot \ln \frac{1}{3} = 123500 \text{ J} \cong 123 \text{ kJ}$$

Az előjel pozitív, hiszen az összenyomás során a rendszeren végzünk munkát.

9. ATKINS I. kötet, 2.6. gyakorlat

Egy bizonyos folyadék 0 °C-on és 1 bar nyomáson 0,450 liter térfogatot tölt ki és 0,67 %-kal összehúzódik, amikor 96 bar állandó külső nyomás mellett összenyomják. Számítsa ki a munkavégzést.

Az állandó külső nyomás miatt a $W = -p\Delta V$ képlet alkalmazható:

$$W_{\text{tér}} = -96 \text{ bar} \cdot (-0,67 \cdot 0,450 \text{ l}) = 96 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,67 \cdot 0,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = 29 \cdot 10^2 \text{ J} = 2,9 \text{ kJ}$$

A munkát a rendszeren végezzük, pozitív előjelűnek kell lennie, amint a megoldásból is adódik.

10. ATKINS I. kötet, 2.1. számítási feladat

Egy 100 cm³ térfogatú edényben 20 °C-on elpárologtatunk 5,0 g szilárd széndioxidot. Számítsuk ki a munkavégzést, ha a rendszer a) 1,0 atm nyomással szemben izoterm módon, illetve b) izoterm reverzibilis módon terjed ki.

a) Mivel a külső nyomás, ami ellen a kiterjesztés történik állandó, az izobár munkavégzésre vonatkozó összefüggés használható:

Adott körülmények között a széndioxid térfogata

$$V = \frac{nRT}{p} = \frac{\frac{5 \text{ g}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 293 \text{ K}}{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}} = 273 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3 = 2,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

lesz. (A példa megfogalmazása pontatlan. Szabatosan úgy lenne, hogy az 5,0 g széndioxid egy 100 cm³-es dugattyút tölt ki adott hőmérsékleten és ezt terjesztjük ki.)

$$W_{\text{tér}} = -p \cdot \Delta V = -1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} (2,73 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 - 100 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3) = -1,013 \cdot 2,63 \cdot 10^2 \text{ J} = -266 \text{ J}$$

b) Izoterm reverzibilis esetben

$$W_{\text{tér}} = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1} = - \frac{5 \text{ g}}{44 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{molK}} \cdot 293 \text{ K} \cdot \ln \frac{2,83 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{10^{-4} \text{ m}^3} = -925 \text{ J}$$

11. Számítsuk ki az oxigén gáz állandó nyomáson vett hőkapacitását 300 K, 500 K és 1300 K. Ha a

$$C_{m,p}(\text{O}_2) = 24,495 + 9,93 \cdot 10^{-3} T - 4,20 \cdot 10^{-4} T^2 \quad \text{J/molK}.$$

Megoldás:

$$C_{m,p}(300 \text{ K}) = 24,495 + 9,93 \cdot 10^{-3} \cdot 300 \text{ K} - 4,20 \cdot 10^{-4} \frac{1}{(300 \text{ K})^2} =$$

$$= 27,007 \text{ J/molK}$$

$$C_{m,p}(500 \text{ K}) = 29,292 \text{ J/molK}$$

$$C_{m,p}(1300 \text{ K}) = 37,379 \text{ J/molK}$$

12. Mennyi hő szükséges légköri nyomáson 1kg víz felmelegítéséhez 10 °C-ról 40 °C-ra?

a) Elhanyagoljuk a hőkapacitás hőmérséklet függését.

$$\text{b) } C_p(\text{H}_2\text{O}) = 4,2121 - 2,28 \cdot 10^{-3} T - 36,78 \cdot 10^{-6} T^2 \quad \text{J/gK}$$

Megoldás:

$$Q = m \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

a)

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T = 1000 \text{ g} \cdot 4,2121 \text{ J/gK} \cdot (313 - 283 \text{ K}) = 84,242 \text{ kJ}$$

b)

$$\begin{aligned}
Q &= 1000 \int_{283}^{313} 4,2121 - 2,28 \cdot 10^{-3} T + 36,78 \cdot 10^{-6} T^2 dT = \\
&= 1000 \cdot \left[4,2121 \cdot (313 - 283) - 2,28 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{2} (313^2 - 283^2) + 36,78 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{3} (313^3 - 283^3) \right] = \\
&= 1000 \cdot (126,363 - 2,28 \cdot 10^{-3} \cdot 17880 \cdot \frac{1}{2} + 36,78 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{3} \cdot 95136) = \\
&= 1000 \cdot (126,363 - 20,383 + 1,167) = 107,146 \text{ kJ}
\end{aligned}$$

13. Az etán moláris hőkapacitását a 298-400 K hőmérséklettartományban a következő empirikus összefüggéssel adhatjuk meg: $C_{m,p} = 14,73 + 0,1272T$, ahol a fajhő mértékegysége J/(K mol), a hőmérsékleté meg K. Számítsa ki, mennyi hőre van szükségünk, ha 25 dm³ etánt 100 °C-ról 30°C-ra szeretnénk lehűteni.

Hasonlóan, mint a 4. példában.

$$Q = n \cdot \int_{T_1}^{T_2} C_{m,p} dT$$

$$pV = nRT, \quad n = \frac{pV}{RT} = \frac{10^5 \cdot 0,025 \text{ m}^3}{8,314 \text{ J/molK} \cdot 373 \text{ K}} = 8,06 \text{ mol}$$

$$Q = n \cdot \int_{T_1}^{T_2} (14,73 + 0,1272T) dT = 8,06 \text{ mol} \cdot (14,73 \cdot (303 - 373) + 0,5 \cdot 0,1272 \cdot (303^2 - 373^2)) = -4,04 \text{ kJ}$$

4,04 kJ energiát kell elvonnunk.

14. Mennyi hőt kell befektetnünk, hogy 0 °C-os vízből 150 °C-os vízgőzt nyerjünk?

Ha elhanyagoljuk a fajhő hőmérsékletfüggését:

$$\begin{aligned}
Q &= \int_{273}^{373} C_{m,p}(l) dT + H_m(\text{pár}) + \int_{373}^{423} C_{m,p}(g) dT = \\
&= 75,29 \cdot (373 - 273) + 40700 + (30,12 \cdot (423 - 373)) = \\
&= 49,74 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

Ha a 150 °C-os vízgőzből nyernénk 0 °C-os vizet, a számítás menete:

$$\begin{aligned}
Q &= \int_{423}^{373} C_{m,p}(g) dT + H_m(\text{kond}) + \int_{373}^{273} C_{m,p}(l) dT = \\
&= -49,74 \text{ kJ/mol} \\
H_m(\text{kond}) &= -H_m(\text{pár})
\end{aligned}$$

15. Egy aranyhal, melyet 20 °C-os akváriumban tartunk anyagcseréje következtében adott idő alatt 10 J hőt ad át a víznek. Mennyivel változtatja ez meg a víz entrópiáját?

$$T = 20 \text{ °C} = 293 \text{ K}, Q_{\text{rev}} = 10 \text{ J}$$

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T} = \frac{10 \text{ J}}{293 \text{ K}} = 0,034 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Tehát a víz entrópiája ennyivel növekszik.

16. Számítsuk ki az entrópiaváltozást, ha 25 kJ energiát közlünk hó formájában – reverzibilisen és izoterm körülmények között – egy nagyméretű vaskockával a) 0 ill. b) 100 °C-on?

$$Q_{\text{rev}} = 25 \text{ kJ}$$

$$\text{a) } T = 0 \text{ °C} = 273 \text{ K}$$

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T} = \frac{25 \text{ kJ}}{273 \text{ K}} = 91,6 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\text{b) } T = 100 \text{ °C} = 373 \text{ K}$$

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T} = \frac{25 \text{ kJ}}{373 \text{ K}} = 67,0 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Amint az várható volt, a magasabb hőmérsékleten kisebb az entrópia változás.

17. A kezdetben 15,0 l térfogatot kitöltő 250 K hőmérsékletű és 1,0 atm nyomású tökéletes gázt izoterm módon összenyomjuk. Mennyivel csökken a gáz térfogata, ha entrópiája 5,0 J/K-nel csökken?

Izoterm folyamatokban a térfogati munka:

$$W_{\text{tér}} = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}, \text{ ahol a 1 a kiindulási, 2 a végállapot, és } W_{\text{tér}} = -Q_{\text{rev}}.$$

$$\Delta S = \frac{Q_{\text{rev}}}{T} = nRT \ln \frac{V_2}{V_1} \rightarrow \frac{\Delta S}{nR} = \ln \frac{V_2}{V_1} \rightarrow V_2 = V_1 e^{\frac{\Delta S}{nR}}$$

$$nR = \frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{1 \text{ atm} \cdot 15,0 \text{ l}}{250 \text{ K}} = \frac{1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 15,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{250 \text{ K}} = 6,08 \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

Így

$$V_2 = 15,0 \text{ l} \cdot e^{\frac{-5,0 \text{ J/K}}{6,08 \text{ J/K}}} = 15,0 \text{ l} \cdot e^{-0,822} = 6,6 \text{ l}$$

A gáz térfogata 6,6 l-re csökken.

18. A jég olvadás hője 6,01 kJ/mol. Mekkora a fagyással járó entrópiaváltozása 1kg víznek légköri nyomáson?

$$\Delta S = \frac{Q_{rev}}{T} = \frac{n \cdot \Delta H_m(olv)}{T} = \frac{1000 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} \cdot \frac{6,01 \text{ kJ/mol}}{273 \text{ K}} = 1,223 \text{ kJ/K}$$

19. A kloroform (CHCl₃) párolgási entalpiája 29,4 kJ/mol a kloroform normál forráspontján (334,88 K). Mekkora a kloroform párolgási entrópiája ezen a hőmérsékleten?

$$T = 334,88 \text{ K}$$

$$\Delta H_m(pár) = Q_{rev} = 29400 \text{ J/mol}$$

$$\Delta S = \frac{Q_{rev}}{T} = \frac{29400 \text{ J/mol}}{334,88 \text{ K}} = 87,79 \text{ J/mol}$$

$$\Delta S_{környezet} = -87,79 \text{ J/mol}$$

A környezet entrópia változása ugyanakkora, mint a kloroformé, csak ellentétes előjelű, így a környezet entrópiája 87,79 J/molK-nel csökken.

20. Grafít- gyémánt átalakulás 100 kbar nyomás 2000K +1,9kJ/mol entalpiaváltozással jár. Mekkora az entrópiaváltozással jár ezen a nyomáson?

$$\Delta S = \frac{Q_{rev}}{T} = \frac{1900 \text{ J/mol}}{2000 \text{ K}} = 0,97 \text{ J/molK}$$

Az entrópiaváltozás ezen a nyomáson 0,97 J/molK.

21. A $\text{CaCO}_3(s) \rightarrow \text{CaO}(s) + \text{CO}_2(g)$ reakció standard entalpiaváltozása +178 kJ/mol, standard entrópiaváltozása +161 J/molK. Adja meg azt a hőmérséklettartományt, ahol a spontán módon megy végbe.

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S < 0$$

$$178 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - T161 \frac{\text{J}}{\text{molK}} < 0$$

$$\frac{178000}{161} \text{K} < T$$

$T > 1105 \text{ K}$ felett spontán a reakció.

22. Egy argon gázminta 1 atm nyomáson reverzibilisen és adiabatikusan eredeti térfogatának kétszeresére terjed ki. Számítsuk ki a gáz végső nyomását. Használja az előző példában kiszámított állandót.

Megoldás:

$$\text{A Poisson állandó: } \kappa = \frac{C_p}{C_v}$$

$$\kappa = \frac{C_p}{C_v} = \frac{20,79 \frac{J}{mol \cdot K}}{12,48 \frac{J}{mol \cdot K}} = 1,66$$

$$P_{végső} = P_{kiind} \cdot \left(\frac{V_{kiind}}{V_{végső}}\right)^\kappa = 1 \text{ atm} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^\kappa = 0,31 \text{ atm}$$

$$\text{Mivel } T_1 \cdot V_1^{\kappa-1} = T_2 \cdot V_2^{\kappa-1}$$

a végső hőmérséklet is kiszámítható lenne. Ha a kezdeti hőmérséklet 298 K, akkor a 188 K-re hűlne le a gáz.

23. Az előadáson bemutatott táblázat alapján számolja ki az argon, a nitrogén, a hélium és a széndioxid Poisson állandóját.

Megoldás: ld. előző példa

24. A bolygók légkörének összetétele a bennük lévő gázok sebességétől is függ, mivel a gyorsabban mozgó molekulák képesek kiszökni a bolygó légköréből. Számítsa ki a He atomok ill. a metán (CH₄) átlagos sebességét 77K, 298K, 1000K hőmérsékleten!

A gázok c átlagos sebessége a $c = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3kT}{m}}$ képlettel számítható, ahol R az egyetemes gázállandó, k a Boltzmann állandó (R/Avogadro szám), M a relatív molekulatömeg és m a molekula tényleges tömege. T az abszolút hőmérséklet.

$$M_{\text{He}} = 4 \text{ g/mol} = 0,004 \text{ kg/mol}$$

$$M_{\text{CH}_4} = 16 \text{ g/mol} = 0,016 \text{ kg/mol}$$

R = 8,314 J/molK

	77K	298K	1000K
Hélium	693 m/s	1363 m/s	2497 m/s
Metán	346 m/s	681 m/s	1249 m/s

25. Melyik az a legkisebb nyomás, amelyen 25 °C-on a víz folyadék halmazállapota a stabilis?
Használja az előadáson bemutatott párolgáshő adatokat.

A Clausius –Clapeyron egyenlet felhasználásával belátható, hogy ez a nyomás éppen egyenlő a víz 25 °C-on mutatott tenziójával (telítési gőznyomásával), ami a fázisdiagram alapján 2,85 kPa.

26. A menta egyik alkotója a karvon-keton, melynek relatív molekulatömege 150,2. A következő gőznyomás-mérési adatokat ismerjük:

Hőmérséklet, °C	57,4	100,4	133,0	157,3	203,5	227,5
Nyomás, torr*	1,00	10,0	40,0	100	400	760

* ha nem ismeri ezt a nyomásegységet, nézzen utána.

Mekkora a karvon normális forráspontja és párolgási entalpiája?

Normál forráspont: légköri nyomáson mért forráspont, az a hőmérséklet, amikor a folyadék tenziója eléri a külső nyomást.

1 atm=760 torr, ezért a kavron normál forráspontja 227,5 °C.

A párolgási entalpia számítása:

A)

$$\ln \frac{p_{fp}}{p_1} = \frac{\Delta H_{pár}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_{fp}} \right)$$

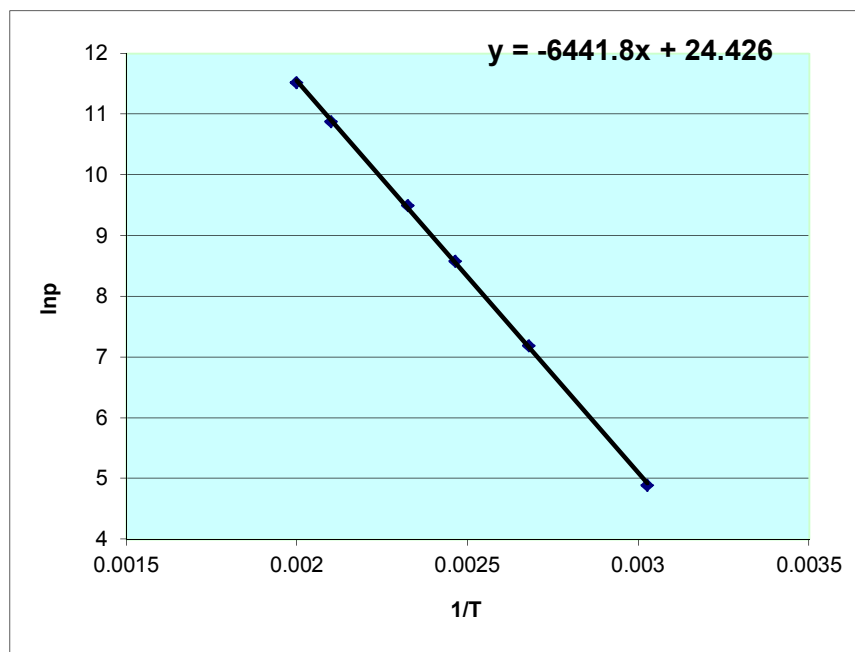
alapján:

$$\ln \frac{760}{1} = \frac{\Delta H_{pár}}{8,314} \left(\frac{1}{330,4} - \frac{1}{500,5} \right)$$

amiből $\Delta H_{\text{pár}}=53657 \text{ J/mol}$ adódik.

B) Mivel több mérési adatpár áll rendelkezésre, ezért az $\ln p - 1/T$ ábrázolás korrektebb eredményt, az egyenes meredekségéből pontosabban meg lehet határozni a $\Delta H_{\text{pár}}$ -t.

t(°C)	p(torr)	p(Pa)	lnp	1/T (1/K)
57,4	1	133,322	4,892767	0,003027
100,4	10	1333,22	7,195352	0,002678
133	40	5332,88	8,581647	0,002463
157,3	100	13332,2	9,497937	0,002324
203,5	400	53328,8	10,88423	0,002099
227,5	760	101324,7	11,52609	0,001998



$$Y = 24.42487 - 6441.2371 X$$

$$R^2 = 0.99983$$

$$m = -6441,8 \text{ vagyis: } \frac{-\Delta H_{\text{pár}}}{R} = -6441,8$$

ahonnan $\Delta H_{\text{pár}} = 53557,1 \text{ J/mol}$

A két módszer közötti kismértékű eltérés abból adódik, hogy a 2 pontból számított érték esetén a mérési pontatlanságok nagyobb hatást gyakorolnak.

27. Mekkora a benzol forráspontja, ha gőznyomása 35 °C-on 20 kPa, 58,8 °C-on 50,0 kPa?

$$T_k = 35^\circ\text{C} = 308,15\text{K}$$

$$T_v = 58,8^\circ\text{C} = 331,95\text{K}$$

$$p_k = 20\text{kPa} = 2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_v = 50\text{kPa} = 5 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

$$p_0 = 101,325\text{kPa} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$R = 8,314 \text{ J / molK}$$

$$T_{\text{forrás}} = ?$$

$$\ln \frac{p_v}{p_k} = \frac{\Delta_{\text{pár}}H}{R} \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_v} \right)$$

$$\ln \frac{p_v}{p_k} = \frac{\Delta_{\text{pár}}H}{R} \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_v} \right) \Rightarrow \Delta_{\text{pár}}H = \frac{\ln \frac{p_v}{p_k} \cdot R}{\left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_v} \right)} = \frac{\ln \frac{5 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{2 \cdot 10^4 \text{ Pa}} \cdot 8,314 \text{ J / molK}}{\left(\frac{1}{308,15\text{K}} - \frac{1}{331,95\text{K}} \right)} = 32741,7 \text{ J / mol}$$

$$\ln \frac{p_0}{p_k} = \frac{\Delta_{\text{pár}}H}{R} \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_{\text{forrás}}} \right) \Rightarrow \frac{1}{T_{\text{forrás}}} = \frac{1}{T_k} - \frac{\ln \frac{p_0}{p_k} \cdot R}{\Delta_{\text{pár}}H} = \frac{1}{308,15} - \frac{\ln \frac{101325\text{Pa}}{20000\text{Pa}} \cdot 8,314 \text{ J / molK}}{32741,7 \text{ J / mol}} = 0,002833 \frac{1}{\text{K}}$$

$$T_{\text{forrás}} = 1 / 0,002833 \frac{1}{\text{K}} = 352,96\text{K} = \underline{\underline{79,8^\circ\text{C}}}$$

28. Mekkora a víz felületi feszültsége 90 °C-on?

$$\gamma V_m^{2/3} = k_E (T_c - 6 - T)$$

$$T_c = 374^\circ\text{C} = 647 \text{ K}$$

$$V_m = \frac{M}{\rho} = \frac{18 \text{ g/mol}}{0,9653 \text{ g/cm}^3} = 18,65 \text{ cm}^3/\text{mol}, \text{ ahol víz sűrűsége } 90^\circ\text{C-on } 0,9653 \text{ g/cm}^3.$$

$$\gamma = \frac{k_E(T_c - 6 - T)}{V_m^{2/3}} = \frac{2 \cdot 10^{-7} \text{ J}/(\text{K} \cdot \text{mol}^{2/3}) \cdot (647 \text{ K} - 6 - 363 \text{ K})}{(1,865 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{mol})^{2/3}} = 0,079 \text{ J/m}^2 = 79 \text{ mJ/m}^2$$

29. Mekkora a toluol felületi feszültsége 75 °C-on, ha móltérfogata ezen a hőmérsékleten 87,6 cm³/mol ?

Az előzőhöz hasonlóan.