

8. Halmazok, halmazállapot-változások

Tanulási célok	<ul style="list-style-type: none"> - felismeri, hogy egy rendszer homogén vagy heterogén - ismeri a legfontosabb állapotjelzőket - ismeri a szilárd, folyadék és gáz halmazállapotok jellemzőit - alkalmazni tudja az általános gáztörvényt, illetve annak speciális eseteit - képes az átlagos moláris tömeggel kapcsolatos számításokat végezni - meg tudja állapítani, hogy az egyes anyagok szilárd állapotában milyen ráctípus található - ismeri a különböző halmazállapot változásokat
Fogalmak	homogén, heterogén rendszer, állapotjelző, állapotegyenlet, halmazállapotok, ideális gáz, általános gáztörvény, átlagos moláris tömeg, kristályos anyagok ráctípusai, polimorfia, allotrópia, halmazállapot változások
Kapcsolódó feladatok	Példatár 5., 15. fejezet

az anyagi rendszereket vizsgáljuk, állapotukat jellemezzük

általános séma:

rendszer: vizsgálatunk jól körülhatárolt tárgya

a *rendszer állapota:* tulajdonságainak összessége

bizonyos tulajdonságok *állapotjelzők:* a rendszer makroszkopikus állapotát írják le
makroszkopikus: az alkotóelemek méreténél több nagyságrenddel nagyobb.

összefüggés az állapotjelzők között: *állapotegyenletek*

a különböző anyagfajták: a *komponensek*

homogén rendszer: a makroszkopikus tulajdonságok minden pontban megegyeznek

heterogén rendszer: nem homogén rendszer

Induljunk ki egyszerű rendszerekből, hétköznapi tapasztalatokból.

halmazállapotok: szilárd, folyadék, gáz

A megkülönböztetés alapja: a térfogat és az alak állandósága.

a szilárd halmazállapot:

térfogata, alakja állandó

példa: kavics

a folyadék halmazállapot:

térfogata állandó, alakja nem állandó

példa: a folyékony víz

a gáz halmazállapot:

térfogata, alakja nem állandó, könnyen összenyomható

példa: vízgőz a levegőben

Nem teljesen egyértelmű mi a folyadék!

a következők folyadékok? egyenként kérdezni és „megcáfolni”

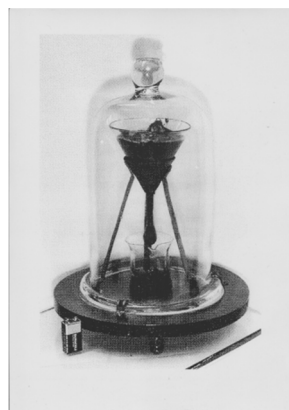
esőcsepp? hintőpor? homok? aszfalt? üveg?

Fontos az időskála és a távolságskála!

A részecskék közötti távolságot, elmozdulás lehetőségét is figyelni kell. Gázoknál a részecskék távol vannak egymástól és függetlenül mozognak, a folyadékoknál közel vannak, de egymás mellett könnyen el tudnak mozogni. Szilárd anyagoknál közel vannak a részecskék és nem tudnak könnyen elmozdulni egymás mellett.

Thomas Parnell szurokcsepp kísérlete:

dátum	esemény	időtartam hónapokban
1927	a kísérlet kezdete	
1930	a szurokszál levágása	
1938. december	az 1. csepp lecseppen	96-107
1947. február	a 2. csepp lecseppen	99
1954. április	a 3. csepp lecseppen	86
1962. május	a 4. csepp lecseppen	97
1970. augusztus	az 5. csepp lecseppen	99
1979. április	a 6. csepp lecseppen	104



1988. július	a 7. csepp lecseppen	111
2000. november	a 8. csepp lecseppen	148
2014. április	a 9. csepp lecseppen	156

a gáz halmazállapot:

térfogata, alakja nem állandó, könnyen összenyomható

példa: vízgőz a levegőben

tulajdonságainak magyarázata:

a részecskék egymástól távol vannak, és függetlenül mozognak

a gáz nagy része üres, 18 cm³ víz szobahőmérsékleten 24,5 liter, azaz 24500 cm³, ami kb. 1360-szoros térfogat!

igen gyors mozgás, nagyságrendileg egy utasszállító repülőgép sebességének felel meg!

diffúzió: a részecskék lassan, de nagy távolságokat tesznek meg

az ideális gáz

az állapotjelzők nem függetlenek egymástól

A legegyszerűbb állapotegyenlet: az általános gáztörvény:

$$pV = nRT$$

Ami ezt követi az az ideális gáz.

Ideális gáz esetén feltételeztük, hogy a részecskék között nincs kölcsönhatás, és saját térfogatuk elhanyagolható.

Egyszerű átalakítással az egyenlet a gáz moláris tömegét illetve a gázsűrűségét is tartalmazhatja:

$$n = m / M$$

$$\rho = m / V$$

$$p \cdot V = m / M \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot M = \rho \cdot R \cdot T$$

Ha a gáz anyagmennyisége állandó, akkor a pV / T mennyiség állandó.

Ha az anyagmennyiség mellett a hőmérséklet is állandó, akkor a $p \cdot V$ szorzat állandó. Ezt nevezik Boyle–Mariotte-törvénynek.

Ha az anyagmennyiség mellett a nyomás is állandó, akkor a V / T hánydos állandó. Ezt nevezik Gay-Lussac-törvénynek.

Ha az anyagmennyiség mellett a térfogat is állandó, akkor a p / T hányados állandó. Ezt nevezik Charles – Gay-Lussac-törvénynek.

Ezek az ideális gáztörvény speciális esetei, de jól használhatók egyszerű számítások során.

Feladat: Meghatározott mennyiségű nitrogén gáz térfogata 0,0577 MPa nyomáson 32,0 cm³. Mekkora térfogatú ez a gáz, ha nyomása 0,1010 MPa, hőmérséklete pedig változatlan?

Ebben az esetben $pV = \text{állandó}$, tehát $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$

$$V_2 = p_1 \cdot V_1 / p_2 = 0,0577 \text{ MPa} \cdot 32,0 \text{ cm}^3 / 0,1010 \text{ MPa} = 18,3 \text{ cm}^3$$

Feladat: Egy fél literes szénsavmentes ásványvizes üvegből 1,5 dl vizet ivott meg a tulajdonosa egy repülőgép fedélzetén 8000 m magasságban. Az üveg teljes térfogata eredetileg 5,2 dl volt, de leszállás után az edény behorpadt és már csak 4,7 dl lett. Mekkora volt a nyomás a repülőgép fedélzetén 8000 méter magasan, ha a föld felszínén 997 hPa-t mértek? Leszállás közben a hőmérséklet nem változott.

Megoldás:

Az ásványvízből 5 dl – 1,5 dl = 3,5 dl maradt. Így a repülőgépen 5,2 dl – 3,5 dl = 1,7 dl az üvegben a gáz térfogata, míg a Föld felszínén 4,7 dl – 3,5 dl = 1,2 dl.

Ha a hőmérséklet nem változott, akkor $p \cdot V = \text{állandó}$, azaz

$$1,7 \text{ dl} \cdot p_{\text{fent}} = 1,2 \text{ dl} \cdot 997 \text{ hPa}$$

$$p_{\text{fent}} = 704 \text{ hPa}$$

Feladat: Egy ismeretlen fém 0,2339 grammját vízzel reagáltattunk. Eközben 122,0 cm³ hidrogéngáz fejlődött. A hőmérséklet 21 °C, a légnyomás 112,0 kPa volt. Mi lehet ismeretlen fém?

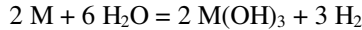
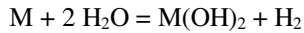
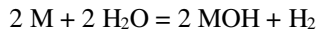
Megoldás:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$112000 \text{ Pa} \cdot 122,0 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 = n_{\text{H}_2} \cdot 8,314 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot (273,15 + 21) \text{ K}$$

$$n_{\text{H}_2} = 0,00558726 \text{ mol}$$

A feladatból nem egyértelmű, hogy milyen anyagmennyiség arányban fejlesztette a fém a hidrogént, ezért próbáljuk meg az alábbi három lehetőséget:



A fém – hidrogén anyagmennyiségének aránya:

2:1, 1:1 illetve 2:3

Azaz a fém anyagmennyisére rendre $2 \cdot n_{\text{H}_2}$, n_{H_2} , $2/3 \cdot n_{\text{H}_2}$

A fém moláris tömege: $M = m_{\text{fém}} / n_{\text{fém}} = 0,2339 \text{ g} / n_{\text{fém}}$

Behelyettesítve a fenti három értéket rendre 20,04 g/mol, 40,07 g/mol és 60,12 g/mol értékek adódnak. Ezek közül egyedül 40,07 g/mol molári tömegű fém létezik, ez a kalcium.

Feladat: Egy 200 l-es gáztartályban szeretnénk 7 kg héliumot tárolni 60 °C-on. Megfelelő ez a tartály, amely legfeljebb 200 atm nyomást bír el? Legfeljebb hány kg hélium tárolható adott körülmények között ebben a tartályban?

Megoldás:

1. kérdésre:

Mennyi lenne 7 kg hélium nyomása ezen a hőmérsékleten ebben a tartályban?

$$m_{\text{He}} = 7 \text{ kg} = 7000 \text{ g}$$

$$n_{\text{He}} = m_{\text{He}} / M_{\text{He}} = 7000 \text{ g} / 4 \text{ g/mol} = 1750 \text{ mol}$$

$$V = 200 \text{ l} = 0,2 \text{ m}^3$$

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$p \cdot 0,2 \text{ m}^3 = 1750 \text{ mol} \cdot 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot (273,15 + 60) \text{ K}$$

$$p = 24235829 \text{ Pa} = 239,2 \text{ atm}$$

Ez több, mint 200 atm, így a tartály nem megfelelő.

2. kérdésre:

$$p = 200 \text{ atm} = 20265000 \text{ Pa}$$

$$20265000 \text{ Pa} \cdot 0,2 \text{ m}^3 = n \cdot 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot (273,15 + 60) \text{ K}$$

$$n = 1463,3 \text{ mol, ami } m = n \cdot M = 5853 \text{ g}$$

Azaz mintegy 5,8 kg hélium tárolható a tartályban.

Feladat: Metán/propán gázelegy sűrűsége 17 °C-on, 1020 hPa nyomáson 1,269 g/dm³. Határozzuk meg a gázelegy térfogatszázalékos összetételét!

Megoldás:

A fenti adatokból kiszámítható a gázelegy ÁTLAGOS moláris tömege.

$$p \cdot M = \rho \cdot R \cdot T$$

$$M = \rho \cdot R \cdot T / p$$

$$p = 1020 \text{ hPa} = 102000 \text{ Pa}$$

$$T = 17 \text{ °C} = 290,15 \text{ K}$$

$$\rho = 1,269 \text{ g/dm}^3 = 1269 \text{ g/m}^3$$

$$M_{\text{átlag}} = 1269 \text{ g/m}^3 \cdot 8,314 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 290,15 \text{ K} / 102000 \text{ Pa} = 30,0 \text{ g/mol}$$

$M_{\text{átlag}} = 30,0 \text{ g/mol}$, azaz 1 mol gázelegy 30,0 g.

Legyen a gázelegyben x% metán (és így (100-x)% propán)!

Gázokban adott körülmények (nyomás és hőmérséklet) között a térfogatszázalékos és a mólszázalékos összetétel megegyezik.

A gázelegy tömege a két gáz tömegének összege:

$$x/100 \cdot 16 \text{ g/mol} + (100-x)/100 \cdot 44 \text{ g/mol} = 30 \text{ g}$$

Az egyenletet megoldva: x=50

Azaz a gázelegy 50% metánt és 50% propánt tartalmaz.

A *reális* gázok nem követik az ideális gáztörvényt.

A fálnak ütközve erőt fejtenek ki, erő/felület=nyomás, megváltozik a nyomás

sokféle modell létezik. Egyik legegyszerűbb a van der Waals-egyenlet:

$$p = \frac{nRT}{(v-nb)} - \frac{a \cdot n^2}{v^2}, \text{ ahol } a \text{ és } b \text{ anyagi állandók}$$

a folyadék halmazállapot:

térfogata állandó, de alakja nem állandó, gyakorlatilag összenyomhatatlan

példa: víz a folyóban

tulajdonságainak magyarázata:

a részecskék közel vannak egymáshoz (kicsi a szabad hely közöttük), de el tudnak mozdulni egymás mellett

szilárd halmazállapot:

meghatározott térfogata, alakja, formája van, gyakorlatilag összenyomhatatlan

példa: jég a jégpályán

tulajdonságainak magyarázata:

a részecskék helye alapvetően rögzített, közöttük erős vonzóerő hat

az anyag legrendezettebb formája, de

bizonyos anyagok rendezettsége hosszú távú: kristályos anyagok

más anyagok szerkezete hosszú távon rendezetlen, változó: amorf anyagok

A kristályos anyagok

hosszú távú rendezettség, szabályos térbeli hálózat.

legkisebb egység: az elemi cella

kristályos anyagok rácstípusai:

atomrác, molekularác, ionrác, fémes rác

atomrác

A molekularácson kristályokban a rácspontokon atomok, atomtörzsek vannak, melyeket kovalens kötések tartanak össze. Az atomrácson anyagok magas olvadáspontú, gyakorlatilag oldhatatlan, kemény anyagok. A gyémánt átlátszó és szigetelő, de az atomrácson anyagok között előfordulnak szürkés, fémesen csillogó félvezetők is.

C, Si, Ge, SiO₂, ZnS, SiC

molekularác

A molekularácson kristályokban a rácspontokon molekulák vannak, amelyeket a molekulák közti másodrendű kötések tartanak össze. Ezek általában gyenge kölcsönhatások, így a molekularácson anyagok olvadás- és forráspontja alacsony. Közülük sok csak igen alacsony hőmérsékleten rendeződik kristályba: a közönséges körülmények között gáz-halmazállapotú és folyékony anyagok.

H₂O, CO₂, cukor, elemi gázok, sárga foszfor, kén

ionrác

Az ionrácson anyagok kristályrácsában a rácspontokon ellentétes töltésű ionok vannak. Az ionrácson anyagokban a rácsoffsetartó erő az ellentétes töltésű ionok között működő erős elektrosztatikus vonzás, az ionos kötés. NaCl, KCl, KI

fémrác

Az ionrácson anyagok kristályrácsában a rácspontokon atomtörzsek vannak, melyeket delokalizált elektronfelhő tart össze. Ez a fémes kötés. A fémrácson anyagok általában szürkés színűek, csillogó felületűek. Jó az elektromos és hővezető képességük.

ugyanazon anyag előfordulhat különböző kristályformákban:

általában: **polimorfia** (például szilícium-dioxid: kvarc, tridimit, krisztobalit alakjában (mindegyiknek két formája van (alfa és béta)); ismeretes ezen kívül a kvarcüveg, továbbá több új, mesterségesen előállított más kristályos módosulat is) elemekre külön név is van: **allotrop módosulat** (például gyémánt – grafit, sárga foszfor – vörös foszfor)

halmazállapot változások

kísérlet: jód szublimációja és felfogása hideg gömblombik alján

szilárd → folyadék	olvadás
szilárd → gőz	szublimáció
folyadék → szilárd	fagyás
folyadék → gőz	párolgás
gőz → szilárd	kondenzáció
gőz → folyadék	kondenzáció

A szilárd + folyadék halmazállapotokat együtt kondenzált fázisoknak nevezzük.

2020.04.25.

tema08_20200425.docx

olvadás

Kristályos anyagok jól meghatározott hőmérsékleten alakulnak folyadékká.

Ez a hőmérséklet az olvadáspont. Mivel függ a nyomástól azt meg kell adni. 1 atm nyomáson: normál olvadáspont.

szublimáció

Szilárd anyagok párolgása. Általában nem túl jelentős, de ezért érezhetjük a szilárd anyagok szagát.

jód szublimációját láttuk

jég: télen ha hideg is van, előbb-utóbb eltűnik a vékony jégréteg

fagyás

Az olvadás ellentéte. Folyadékok jól meghatározott hőmérsékleten alakulnak kristályos anyagokká. Ez a hőmérséklet a fagyáspont.

Mivel függ a nyomástól azt meg kell adni. 1 atm nyomáson: normál fagyáspont.

párolgás

A folyadékok sokkal könnyebben alakulnak gőzzé, mint a szilárd anyagok. A párolgás folyamatos, de bizonyos hőmérsékleten nagyon gyorsá válik, az anyag forrni kezd (gőzbuborékok jelennek meg a folyadék belsejében). A forráspont nagyon függ a nyomástól! Normál forráspont: 1 atm nyomáson.

fazék víz melegítése – először levegő!

kondenzáció

a párolgás, szublimáció fordított folyamata

ezeket az átalakulásokat energiacsere kíséri

olvadáshő=fagyáshő

párolgáshő

Hogyan tudjuk az olvadáspont, forráspont nyomásfüggését meghatározni? Mennyire párolog egy anyag? Képzeljük el: két, egymással nem elegyedő folyadék. Mindkettő folyadék halmazállapotú, de mégis különböznek valamiben. Mi történik, ha alkohol-víz elegyet párologtatunk?

A fenti kérdések miatt túl kell lépni a halmazállapot fogalmán, és egy pontosabbat kell bevezetnünk: a fázist! (De ezt már a fizikai kémia előadáson fogják tárgyalni.)