

## 1.13 Moláris tömeg meghatározása gőzsűrűség mérésével (Viktor Meyer módszer)

Hallgatói kiegészítés 2015

Mérés elve:

(„Bevezetés a fizikai-kémiai mérésekbe I. kötet (Szerk.: Kaposi Olivér)” 220-221. oldalának **kiegészített** változata)

A gázok sűrűségének ismeretében a tökéletes gázok alkalmazásával kiszámítható a gáz moláris tömege:

$$M = \frac{m RT}{V p} = \rho \frac{RT}{p},$$

ahol  $M$  a gáz moláris tömege,  $V$  a térfogata,  $m$  a tömege,  $\rho$  a sűrűsége,  $T$  a hőmérséklet,  $p$  a nyomás,  $R$  az egyetemes gázállandó. Az így mért moláris tömeg csak közelítő érték, mivel a reális gázok (kiváltképpen a gőzök) nem pontosan követik a tökéletes gázok törvényét. Az eltérés azonban általában kisebb, mint  $M$ -nek a  $V$ ,  $m$ ,  $T$ ,  $p$  meghatározásának hibáiból adódó hibája.

Mivel a gázok és gőzök sűrűsége a hőmérséklet és a nyomás függvénye, kényelmesebb a levegőre vonatkoztatott relatív sűrűséggel dolgozni. Gázok relatív sűrűsége az ideális gáztörvény értelmében független a hőmérséklettől és a nyomástól, tehát jellemző a gázra. Így a gáz (gőz) relatív sűrűségét (levegőre vonatkoztatva) megszorozva a levegő átlagos moláris tömegével ( $M_1 = 28,98$  g/mol) megkapjuk a gáz (gőz) moláris tömegét.

$$\rho_{\text{rel}} = \frac{\rho_g}{\rho_1} = \frac{M_g}{M_1} = \frac{m_g}{m_1},$$

ahol  $g$  index az ismeretlen gőzre,  $l$  pedig a levegőre utal.

A levegőre vonatkoztatott gőzsűrűséget Viktor Meyer német kémikus módszerével határozzuk meg. A módszer az Avogadro-törvényen alapul, miszerint az azonos térfogatú, azonos hőmérsékletű és nyomású gázok azonos számú részecskét tartalmaznak.

A mérés elve a következő:

A száraz levegővel töltött fűtött edényben (ld. 1. ábra c) a lemért  $m_g$  tömegű folyadék elpárolog. A folyadék gőze által kiszorított levegő  $V$  térfogatát meghatározzuk a vízzel töltött gázbürettában (1. ábra f és g). Ismerve a gőz tömegét ( $m_f = m_g$ ), a vele egyenlő térfogatú levegő tömegét ( $m_l$ ) pedig a mért állapotváltozók alapján ( $p$ ,  $T$ ,  $V$ ) kiszámítva, a gőz relatív sűrűsége a  $\rho_{\text{rel}} = m_g / m_l$  képlet alapján kiszámítható. A levegő tömegét a sűrűsége alapján számoljuk. Ha a levegő sűrűsége normál állapotban (1 atm, 0 °C)  $\rho_1 = 0,001293$  g/cm<sup>3</sup>, akkor a levegő mért térfogatát normál állapotra kell átszámítani a gáztörvény segítségével. Így a levegő tömegének ( $m_l$ ) kiszámítása a következő összefüggések alapján történik:

$$m_l = \frac{p V M_1}{RT} = \frac{p V \rho_1^{\circ} \frac{RT^{\circ}}{p^{\circ}}}{RT} = \rho_1^{\circ} \frac{p V}{p^{\circ} \frac{T}{T^{\circ}}} = \rho_1^{\circ} \frac{p V}{p^{\circ} \frac{T}{T^{\circ}}},$$

ahol a  $^{\circ}$  index a normál állapotra utal. Behelyettesítve a  $T = \vartheta + 273,15$  és  $p = b_0 - p_v$  összefüggést, valamint a  $p^{\circ} = 101325 \text{ Pa}$ ,  $T^{\circ} = 273,15 \text{ K}$ , illetve  $\rho^{\circ} = 0,001293 \text{ g/cm}^3$  értékeket, a következő egyenletet kapjuk:

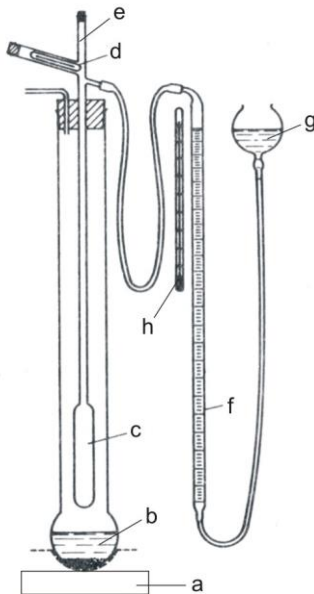
$$m_1 = 0,001293 \text{ g/cm}^3 \frac{V(b_0 - p_v)273,15 \text{ K}}{101325 \text{ Pa}(273,15 + \vartheta^{\circ} \text{C})}$$

A képletben  $b_0$  az aktuális légköri nyomást,  $p_v$  pedig a vízgőzzel  $\vartheta^{\circ} \text{C}$ -on telített levegőben a vízgőz parciális nyomását jelenti Pa-ban. Ez utóbbit az 1. mellékletben vagy a laborban található táblázatból olvashatjuk le.  
**Szükség esetén végezzen lineáris interpolációt!**

*Feladat:* Ismeretlen folyadék relatív molekulatömegének meghatározása

*Eszközök:* Viktor Meyer-féle készülék hőmérővel és elektromos melegítővel (ld. 1. ábra), mágnes, bemérőedények, főzőpohár, csipesz, analitikai mérleg, kesztyű, vízszugárszivattyú, védőálarc

*Anyagok:* (víz), forrkő, ismeretlen folyadék



1. ábra  
Viktor Meyer féle készülék rajza

- a elektromos melegítő
- b víz forrkővel
- c elpárologtató cső
- d vasmag
- e a bemérő edényke helye
- f eudiométercső
- g nivóedény
- f és g együtt a gázbüretta
- h hőmérő

## A mérés kivitelezése:

### 1. A készülék bekapcsolása

**Kapcsoljuk be** a készülék fűtését (az adott készülékre vonatkozó pontos adatok a mérőhelyen megtalálhatók), kérjük el a technikusoktól az ismeretlen mintafolyadékot! Ellenőrizzük a készülékben és a gázbürettában a folyadékszinteket, szükség esetén a desztillált vizet pótoljuk! A köpenyben annyi víz legyen, hogy a belső edény alja ne érjen bele! Ellenőrizzük azt is, hogy van-e benne forrkő! Hiány esetén pótoljuk! A gázbürettában annyi víz legyen, hogy a maximális térfogatú osztásnál kiegyenlítve a folyadékszintet, a nivóedényből ne folyjon ki a víz!

A mérés végzése során **védőszemüveg** használata kötelező!

### 2. Mintakészítés

Mérjük le egy bemérőedényke („ampulla”) és egy kis főzőpohár **együttes** tömegét analitikai mérlegen! Utána töltsük meg az edénykének gömböcskáját körülbelül félig! Ez kb. 0,05 – 0,10 g anyagot jelent. Az első mérés után megbecsülhető, hogy mennyi anyag kell a további mérésekhez.

#### Az edényke leforrasztása:

Az ampullák leforrasztásához speciális gázégőt használjunk!

Leforrasztáskor az ampullát úgy tartsuk, hogy a nyitott vége NE felénk vagy társaink felé nézzen! A leforrasztást végző személy **védőálarcot**, a közelben tartózkodók **legalább védőszemüveget** használjanak! Leforrasztás után az ampullát ne fordítsuk meg, igyekezzünk függőlegesen tartani, mert a meleg üveghez érve a benne lévő folyadék gőzzé alakul, megnő az edénykében lévő nyomás, és az szétvetheti az ampullát. Arról se feledkezzünk meg, hogy a meleg üveg ugyanúgy néz ki, mint a hideg! (Ne nyúljunk a frissen leforrasztott részhez és a maradékhoz kézzel, míg le nem hűl!) A leforrasztott ampullát csipesszel helyezzük a főzőpohárba!

Az első ampulla leforrasztását az oktató megmutatja! Az első saját próbálkozásunknál mindenképp **szóljunk az oktatónak!**

Miután az edényke kihűlt, mérjük le az edényke, a forrasztási maradék-üvegcsont és **ugyanazon** főzőpohár **együttes** tömegét!

### **3. Mérés**

Várjuk meg, míg a víz a külső köpenyben forrásnak indul! Amennyiben a forrás túl intenzív vegyük kisebbre a fűtést! A készüléket és a gázbürettát **kössük össze** gumicsővel! Helyezzük a leforrasztott bemérőedényt gömböcskével lefele a készülék felső részén elhelyezkedő vasmagra! Helyezzünk dugót az ejtőcső oldalsó nyílásába!

Állítsuk be a gázbürettán a **kezdőszintet** (ez nem pontosan 0 cm<sup>3</sup>-t jelent, de túl alacsonyan se legyen, mert akkor a folyadékszint könnyen „kiszalad” a leolvasható tartományból): a nívóedény mozgatásával beállítjuk a körülbelüli folyadékszintet, majd bedugjuk a készülék felső nyílását.

Ellenőrizzük, hogy a **készülék jól zár-e**: gázbüretta nívóedényét 20–30 cm-rel a gázbürettában lévő folyadékszint alá süllyesztjük. Amennyiben a folyadék szintje megállapodik egy adott értéknél a készülék jól zár. Ellenkező esetben a folyadék szintje süllyed, ekkor ellenőrizzük a gumicső csatlakozásokat, a dugókat, illetve, hogy az ampulla nem szivárogo-e.

Állítsuk be a nívóedényt úgy, hogy a benne lévő víz azonos szintben legyen az eudiométercsőben (gázbüretta) lévő víz meniszkuszával és olvassuk le a meniszkusz helyzetét legalább 5-ször. Ha nem tapasztalunk egyirányú változást a leolvasott értékek középértékét fogadjuk el **kiindulási térfogatnak**.

Miután meghatároztuk a kiindulási térfogatot, mágnes segítségével **húzzuk el** az oldalcsőben a vasmagot, hogy a mintatartó edényke leessen. Ha a mintatartó ampulla eltörik a meniszkusz az eudiométercsőben süllyedni kezd. A folyadékszint változását folyamatosan **kövessük** a nívóedény mozgatásával! Mikor a kiszorított levegő térfogatának növekedése lassulni kezd, kezdjük el a térfogat leolvasását a kezdőérték leolvasásánál ismertetett módon. Amennyiben a térfogat egy adott érték körül ingadozik, a leolvasott 5–6 érték átlagát fogadjuk el. Előfordulhat, hogy a térfogat egy idő után elkezd csökkenni, aminek az oka az, hogy a fejlődött anyag gőze beoldódik az eudiométercsőben lévő vízbe. Ekkor a térfogatmaximumot fogadjuk el a kiszorított levegő térfogatának, s ezzel számoljunk!

Ha az ampulla mégsem törik el, megpróbálhatjuk azt fordítva betenni. Ha így sem sikerül eltörni forduljunk az oktatóhoz, aki további hasznos tanáccsal szolgálhat.

Minden mérésnél **olvassuk le** a gázbüretta melletti hőmérőről a **hőmérsékletet!**

### **4. Befejezés**

A készüléket minden mérés után **ki kell szárítani**: kesztyűvel óvatosan kivesszük a belső elpárolgató csövet, az üvegcserepeket kiöntjük a szemetesbe. Az asztal mellett található egy vízszugárszivattyúra szerelt hosszú üvegcső. Ezzel szívjuk ki az elpárolgató csőből az ismeretlen anyag gőzeinek maradékát. Szárítás lépései:

1 Nyissuk meg a csapot!

2 Vezessük a csövet az elpárolgató cső alá, majd fokozatosan húzzuk ki!

3 Zárjuk el a vízcsapot!

(A javasolt sorrend betartásával elkerülhető, hogy az elpárolgató csőbe víz jusson.)

A tiszta, száraz elpárolgató csövet tegyük vissza a készülékbe, hogy melegedjen, míg előkészítjük a következő mintát!

Ne felejtjük el feljegyezni a **légnomást**, amelyet az elektronikus barométerrel olvassunk le (korrekciót nem kell alkalmazni)!

A mérés végén **bontsuk meg a csőcsatlakozást** a készülék és a gázbüretta között vagy húzzuk ki a dugót! Az asztalt **tisztán, rendezetten** adjuk át, a fiókban tárolt eszközöket tegyük vissza!

### **Jótanácsok:**

A mérés során arról kell gondoskodni, hogy a kiszorított levegő térfogata  $V(p, T, m, M)$  megegyezzen a konstans hőmérsékleten elpárolgató folyadék gőzének azon térfogatával, amivel a bürettában uralkodó körülmények  $(p, T)$  között rendelkezne. Ezért ügyelni kell arra, hogy ne mérjünk be túl sok anyagot (a gőz térfogata kisebb legyen, mint az elpárolgató edény térfogata (kb. 30-40 cm<sup>3</sup>)), a mérés során ne változzon jelentősen a gázbürettánál a környezet hőmérséklete, illetve a végtérfogatot a kellő időben olvassuk le.

Az első mérés alapján meg tudjuk becsülni, hogy mennyi anyagot célszerű bemérni a következő méréshez. Hogy a gázbüretta túlcserélését elkerüljük, az első mérés alapján számítsuk ki, hogy a teljes térfogatnak mekkora bemért tömeg felelne meg. A következő mérésnél ne csak az üres, illetve a már leforrasztott ampulla tömegét mérjük meg, hanem mérjük meg a már megtöltött, de még le nem forrasztott ampulla tömegét is. Amennyiben ez alapján a betöltött ismeretlen mennyisége túl soknak bizonyul, még a leforrasztás előtt csökkentjük a bemért mennyiséget az 1. mérés alapján történő becslésnek megfelelően. Amennyiben túl kicsi lenne a várható térfogat, akkor növeljük a bemért tömeget. (A számításokhoz nem a leforrasztás előtt mért tömegeket használjuk fel, hisz az anyag a leforrasztás alatt még párolghat.)

A mérések során ajánlatos azonnal kiszámítani a  $V/m$  vagy az  $m/V$  hányadost. Ennek alapján, a mérések eltéréseinek nagyságából eldönthető, hogy mérési eredményeink mennyire reprodukálhatóak. **Legalább 4 (tanár-szakosok 3) értékelhető („jó”) mérést végezzünk!**

### **Beadandó**

- A légnomás értéke
- A víz tenziója a mérések hőmérsékletén
- A gőz relatív sűrűségének átlagértéke
- A moláris tömeg átlagértéke
- A moláris tömeg hibája

2008-02-26  
Zsélyné Ujvári Mária

2010-09-16  
Sziráki Laura

2014-09-30  
Zsélyné Ujvári Mária

2015-09-15  
Bencze László

1. melléklet A víz gőznyomása a hőmérséklet függvényében

$T/^\circ\text{C}$	$p/\text{kPa}$	$T/^\circ\text{C}$	$p/\text{kPa}$	$T/^\circ\text{C}$	$p/\text{kPa}$	$T/^\circ\text{C}$	$p/\text{kPa}$	$T/^\circ\text{C}$	$p/\text{kPa}$
0	0,61129	44	9,1075	88	64,958	132	286,57	176	913,03
1	0,65716	45	9,5898	89	67,496	133	295,15	177	934,64
2	0,70605	46	10,094	90	70,117	134	303,93	178	956,66
3	0,75813	47	10,620	91	72,923	135	312,93	179	979,09
4	0,81359	48	11,171	92	75,614	136	322,14	180	1001,9
5	0,87260	49	11,745	93	78,494	137	331,57	181	1025,2
6	0,93537	50	12,344	94	81,465	138	341,22	182	1048,9
7	1,0021	51	12,970	95	84,529	139	351,09	183	1073,0
8	1,0730	52	13,623	96	87,688	140	361,19	184	1097,5
9	1,1482	53	14,303	97	90,945	141	371,53	185	1122,5
10	1,2281	54	15,012	98	94,301	142	382,11	186	1147,9
11	1,3129	55	15,752	99	97,759	143	392,92	187	1173,8
12	1,4027	56	16,522	100	101,32	144	403,98	188	1200,1
13	1,4979	57	17,324	101	104,99	145	415,29	189	1226,9
14	1,5988	58	18,159	102	108,77	146	426,85	190	1254,2
15	1,7056	59	19,028	103	112,66	147	438,67	191	1281,9
16	1,8185	60	19,932	104	116,67	148	450,75	192	1310,1
17	1,9380	61	20,873	105	120,79	149	463,10	193	1338,8
18	2,0644	62	21,851	106	125,03	150	475,72	194	1368,0
19	2,1978	63	22,868	107	129,39	151	488,61	195	1397,6
20	2,3388	64	23,925	108	133,88	152	501,78	196	1427,8
21	2,4877	65	25,022	109	138,50	153	515,23	197	1458,5
22	2,6447	66	26,163	110	143,24	154	528,96	198	1489,7
23	2,8104	67	27,347	111	148,12	155	542,99	199	1521,4
24	2,9850	68	28,576	112	153,13	156	557,32	200	1553,6
25	3,1690	69	29,852	113	158,29	157	571,94	201	1586,4
26	3,3629	70	31,176	114	163,58	158	586,87	202	1619,7
27	3,5670	71	32,549	115	169,02	159	602,11	203	1653,6
28	3,7818	72	33,972	116	174,61	160	617,66	204	1688,0
29	4,0078	73	35,448	117	180,34	161	633,53	205	1722,9
30	4,2455	74	36,978	118	186,23	162	649,73	206	1758,4
31	4,4953	75	38,563	119	192,28	163	666,25	207	1794,5
32	4,7578	76	40,205	120	198,48	164	683,10	208	1831,1
33	5,0335	77	41,905	121	204,85	165	700,29	209	1868,4
34	5,3229	78	43,665	122	211,38	166	717,83	210	1906,2
35	5,6267	79	45,487	123	218,09	167	735,70	211	1944,6
36	5,9453	80	47,373	124	224,96	168	753,94	212	1983,6
37	6,2795	81	49,324	125	232,01	169	772,52	213	2023,2
38	6,6298	82	51,342	126	239,24	170	791,47	214	2063,4
39	6,9969	83	53,428	127	246,66	171	810,78	215	2104,2
40	7,3814	84	55,585	128	254,25	172	830,47	216	2145,7
41	7,7840	85	57,815	129	262,04	173	850,53	217	2187,8
42	8,2054	86	60,119	130	270,02	174	870,98	218	2230,5
43	8,6463	87	62,499	131	278,20	175	891,80	219	2273,8

