

**Megoldás.** A méréshez felhasznált eszközök:

- Digitális konyhai mérleg, amit tömegmérésre használtam. (A 2 ml-es szintig töltöttem bele vizet.)
- Tű, amit a fecskendő végéhez illesztettem.
- Vízzel teli pohár.
- 10 üres (levegővel telt) patron papírdobozban.
- 10 teli (szén-dioxiddal telt) patron papírdobozban. (A patronok névleges térfogata 10 ml, és legalább 6 g tömegű természetes szén-dioxidot tartalmaz egy-egy patron.)

*A mérés elve.* A patronban lévő szén-dioxid átlagsűrűségének meghatározásához a szén-dioxid  $m$  tömegét és az általa kitöltött  $V$  térfogatot kellett meghatározni, hiszen a sűrűség:  $\rho = m/V$ .

*A tömeg mérése.* Konyhai mérlegen megmértem az üres és a teli patronokat tartalmazó dobozok tömegét. Ezek tömegkülönbsége egyenlő a 10 teli patronban lévő szén-dioxid tömegével. (Elhanyagoltam a patronokban lévő levegő tömegét, illetve a teli patronokat lezáró vékony hárták milligramm nagyságrendű tömegét is.)

*A térfogat mérése.* Az orvosi fecskendőt megtöltöttem a pohárból vízzel, majd egészen a 2 ml-es jelzésig kipréseltem belőle a vizet. Ezt követően egy tűt illesztettem rá, és az üres patronokba töltöttem a vizet. Az alapján, hogy egy-egy patron megtöltéséhez minden esetben 5-ször kellett újratöltenem a fecskendőt, és hogy az utolsó fecskendőben mennyi víz maradt, mire a patron megtelt, ki tudtam számítani a patron térfogatát.

*Tapasztalatok és problémák.* A tömeg mérésével nemigen gyúlt meg a bajom, a térfogat mérésnél viszont több probléma is adódott. A fecskendő teljes megtöltése után többször is maradtak benne légbuborékok, de ezeket vagy kinyomtam, vagy újratöltöttem a fecskendőt. Kétszer is előfordult, hogy a tűt nem megfelelően helyeztem a patron nyílásához, és némi víz félreömlött; ekkor kiráztam a patronból a vizet, és újra kezdtem a mérést.

*A mérések eredménye.* A konyhai mérlegen a teli patronos papírdoboz tömegét 359, az üreseket tartalmazóét 279 g-nak mértem.

A térfogat mérését 6 patronon végeztem el – ebből 4 esetben 9,8 ml-t, a másik két esetben 9,9 ml-t kaptam a patronok belső térfogatára. Ezek átlaga 9,83 ml, így tehát a szén-dioxid mért átlagsűrűsége:  $\rho = 0,82 \text{ g/cm}^3$ .

*Hibaszámítás.* A konyhai mérleg 1 g pontossággal mér – tehát a 10 teli patronos papírdoboz  $359 \pm 1 \text{ g}$ , a másik papírdoboz  $279 \pm 1 \text{ g}$  tömegű. Innen megkaptam, hogy egyetlen patronban lévő szén-dioxid (átlagos) tömege  $8,0 \pm 0,2 \text{ g}$ .

A fecskendő 0,1 ml-es pontosságú leolvasást tesz lehetővé. Ez azt jelenti, hogy egy fecskendőbe  $2 \pm 0,1 \text{ ml}$  vizet töltöttem, az egy patron megtöltéséhez szükséges 5 fecskendőbe pedig  $10 \pm 0,5 \text{ ml}$ -t. Emellett az utolsó fecskendőben maradt víz térfogatának leolvasása is 0,1 ml-es hibát okoz. Vagyis – átlagolva a mérések eredményeit – a szén-dioxid  $9,83 \pm 0,6 \text{ cm}^3$  térfogatot foglal el egy patronban.

Ez alapján a patronban lévő szén-dioxid átlagsűrűsége:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{(8,0 \pm 0,2) \text{ g}}{(9,8 \pm 0,6) \text{ cm}^3}.$$

Látható, hogy a hiba kb. 10 százalékos (a sűrűség  $0,75 \text{ g/cm}^3$  és  $0,89 \text{ g/cm}^3$  között lehet).