

BUDAPESTI
CORVINUS
EGYETEM

CORVINUS

In hoc anno consilio nato semel inter septuaginta et
generatione universitatis civitatis regiam in anno octavo alio
propter hungariae que volumini in eisdem declaraturis quod ad
inspirationem pontificis in celeritate nra debet dinotari. Alio
modo quod ad id quod septuaginta illorum sequitur volumine
et in anno octavo in eisdem civitate hungarorum.
In hoc anno octavo in eisdem illis septuaginta et octavo
regalis consilii civitatis et duo generationes post
in fine xxv de dicitur et de septuaginta. In fine
et in fine consilii octavo in fine illis septuaginta
et in fine illis septuaginta in fine illis septuaginta
et in fine illis septuaginta in fine illis septuaginta

Fizika gyakorlatok, 1. félév

Fizika

Fizika részterületei az 1. félévben

- o Kinetika, kinematika, dinamika
- o Hidrosztatika, hidrodinamika, aerosztatika
- o Szilárdságtan, reológia
- o Fénytan, optika, színtan

- Sűrűségmérés Bernoulli törvénye alapján
- Felületi feszültség mérése sztalagmométerrel
- Mohr-Westpal mérleg alkalmazása
- Viskozitás mérése
- Termények szilárdságtani tulajdonságainak mérése penetrométeres eljárással
- Ömlesztett anyagok folyási tulajdonságainak mérése nyíródobozzal

- Viskozitási együttható mérése Ostwald-Fenske viszkoziméterrel
- Oldatok összetételének meghatározása refraktométerrel
- Gyümölcsök felületi (reflexiós) színének meghatározása MOMCOLOR 100 színmérővel

<http://fizika.uni-corvinus.hu>

<http://fizika3.uni-corvinus.hu/jegyzet>

<http://fizika2.uni-corvinus.hu>

ciklus	típus	Mérés témája
1.	P	Folyadék sűrűsége (areométeres mérés)
	P	Szilárd test sűrűsége (térfogat és tömeg mérése)
2.	D	Mohr-Westphal mérleg (sűrűségmérés)
	P	Felületi feszültség mérése sztalagmométerrel
3.	D	Haake rotációs viszkoziméter
	D	Höppler esőtestes viszkoziméter
	P	Ostwald-Fenske kapilláris viszkoziméter
	P	Sűrűség mérése Bernoulli törvénye alapján
4.	D	SMS Texture Expert, Texture Analyser
	D	Nyíródoboz (Jenike készülék)
	P	Kézi penetrométer, finométer (reológia)
5.	D	Hunterlab színmérő
	D	Spectralyzer infravörös elemző
	P	Refraktométer (törésmutató mérése)
	P	Színmérés (Mompolor 100)

P= publikus, D=demonstrációs mérés

Jegyzőkönyv elkészítése, hibák

- Hiányzik valamelyik rész
- A műszer téves azonosítása
- A vizsgált anyag téves megjelölése
- Illogikus okfejtés és sorrend
- Hiányos táblázat
- Számítási hiba, hiányzó végeredmény a celziusz fok és a kelvin tévesztése
- Nem engedélyezett mértékegység
- Ellenőrzetlen végeredmény

Jegyzőkönyv elkészítése

Fizikai mennyiségek szabályos jelölése

- Például: sebesség
- Jele \mathbf{v}
- Mértékegysége $[\mathbf{v}]=\text{m/s}$
- Mérőszáma $\{\mathbf{v}\}=18$
- Dimenziója dim $\mathbf{v}=\text{LT}^{-1}$

**Tilos a mértékegységet zárójelbe írni
akár táblázatban, akár diagramon!**

Mértékegységek jelölése

- <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/sec07.html>
- The numerical value can therefore be written as $\{A\} = A / [A]$, which is a convenient form for use in figures and tables. Thus, to eliminate the possibility of misunderstanding, an axis of a graph or the heading of a column of a table can be labeled “ $t/^\circ\text{C}$ ” instead of “ $t (^\circ\text{C})$ ” or “Temperature ($^\circ\text{C}$).”
- Ennél fogva, a félreértések elkerülése végett diagram tengelyfeliratául, vagy táblázatok fejlécében írjuk azt: $t/^\circ\text{C}$; ahelyett, hogy „ $t (^\circ\text{C})$ ”, vagy „hőmérséklet ($^\circ\text{C}$)”

INTERNATIONAL STANDARD

Quantities and units

Grandeurs et unités

**ISO
80000-1**

First edition
2009-11-15

ISO 80000 consists of the following parts, under the general title *Quantities and units*:

- *Part 1: General*
- *Part 2: Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology*
- *Part 3: Space and time*
- *Part 4: Mechanics* ←
- *Part 5: Thermodynamics*
- *Part 7: Light*
- *Part 8: Acoustics*
- *Part 9: Physical chemistry and molecular physics*
- *Part 10: Atomic and nuclear physics*
- *Part 11: Characteristic numbers*
- *Part 12: Solid state physics*

IUPAC
Green Book



Jellegzetes hibák az első méréseknél

- Felhasznált eszközök (pl. melyik mérleg, melyik mérőhenger) $\bar{x} \pm \sigma_x$
- Eredmény SI mértékegységrendszerben
- Átlag és szórás a tömeg, térfogat, sűrűség adatokra
- A szórás és az átlag szórása
- Hibaterjedés számítása (a sűrűség hibájának becslése)
- Annak ellenőrzése, hogy a répa elsüllyedt-e , vagy úszott (reláció)
- Az eredmény átlaga és szórása utolsó számjegyének azonos helyi értéken kell állnia.
- A mérési bizonytalanság jelölése a szokásos módon
- Az eredmény kritikai értékelése (hihetősége)

Jellegzetes hibák az első méréseknél

- Felhasznált eszközök listája (areométerek azonosítása)
- A vizsgált folyadék azonosítója (az ABC betűivel jelöltük)
- Ismeretlen oldat összetételi aránya számítással és az ábráról is
- Eredmény SI mértékegységrendszerben
- kg/kg, kg/m³ és mol/m³ átszámítás, értelem szerint
- Szabályos, jól értelmezhető ábra (grafikon)
- Lineáris regresszió számítása (némi részletezéssel)
- A regressziós együttható és a szórás mértékegysége
- A regresszió eredményének összehasonlítása az ábrával
- Regressziónál nem szabad átlagot és szórást számítani

Az oldatok összetételét sóoldatokon gyakoroljuk

Összetétel: a vizsgálni kívánt komponens (értékes komponens) mennyiségét *elosztjuk* az egész elegy (oldat) mennyiségével

A mennyiség mérhető a komponens

- tömegével, kg
- térfogatával, m³
- anyagmennyiségével, mol
- darabszámával, db

A gyakoribb összetétel mérő mennyiségek:

- tömegtört
 - térfogattört
 - anyagmennyiség-koncentráció
-
- ✓ Sűrűség: a komponens tömege osztva **a komponens** térfogatával , kg/m^3
 - ✓ Tömegkoncentráció: a komponens tömege osztva **az egész elegy** térfogatával, kg/m^3

Hogy is van ez?

$$\frac{300\text{kg}}{1\text{m}^3} = \frac{0,3\text{kg}}{1\text{l}} = \frac{0,3\text{kg}}{1000\text{ml}} = \frac{300\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{30\text{g}}{100\text{ml}}$$

Az nem baj, hogy „háromszáz” helyett azt mondják, hogy „harminc százalék”. A baj az, hogy ugyanezt mondják a tömegtört esetén is!

$$\frac{300\text{kg}}{1000\text{kg}} = \frac{0,3\text{kg}}{1\text{kg}} = \frac{0,3\text{kg}}{1000\text{g}} = \frac{300\text{g}}{1000\text{g}} = \frac{30\text{g}}{100\text{g}}$$

Végezzük el az átszámításokat a sóoldat méréséhez használt mintáknál!

Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal (az OMH utóda)

A térfogat- és sűrűségmérések szolgáltatásai és legjobb mérési képességei (CMC)

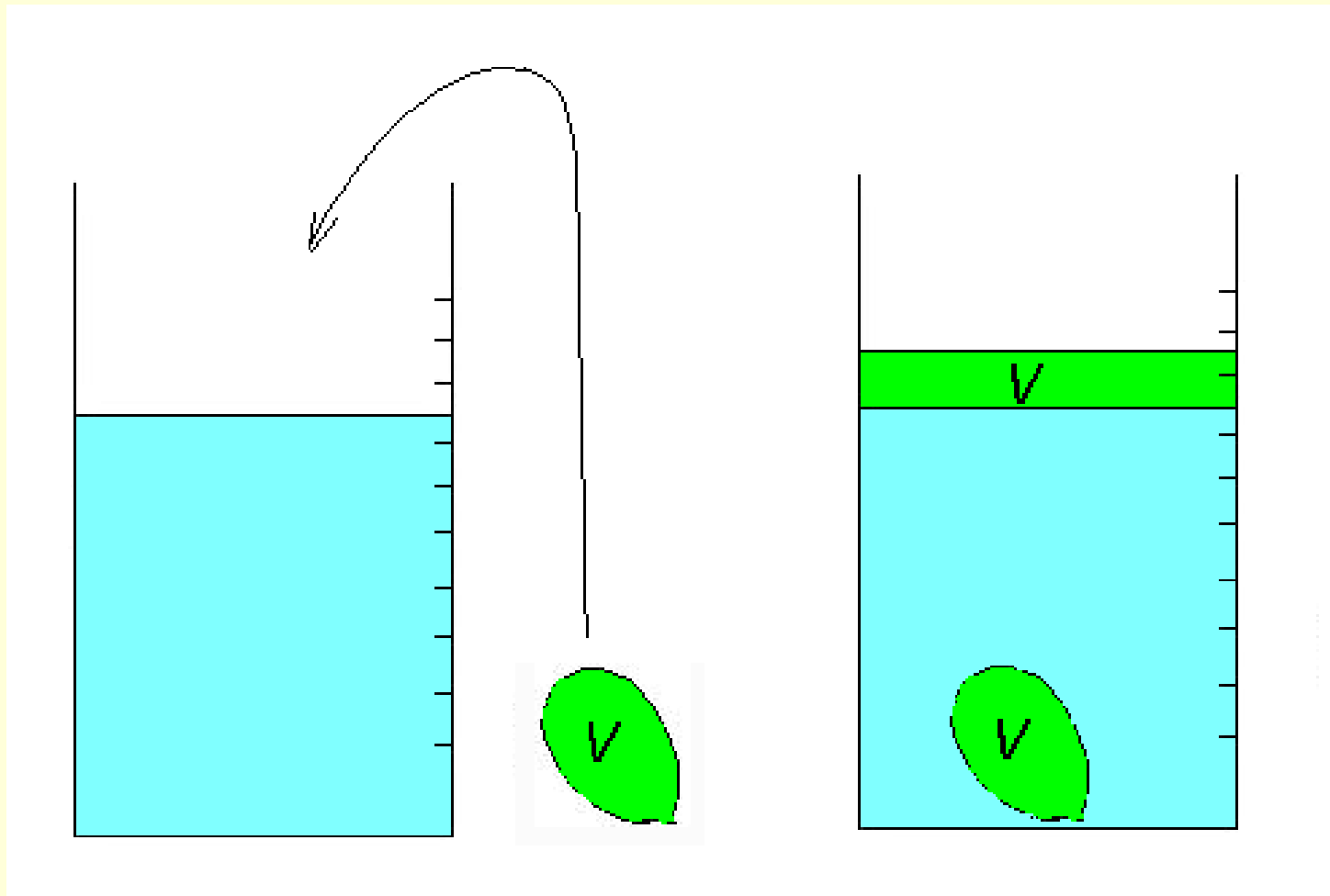
Sorszám	Megnevezés	Mérési tartomány	Mérési bizonytalanság ($k = 2$)	Megjegyzés
1.	folyadék sűrűség	(650 ... 1100) kg/m ³ (650 ... 1100) kg/m ³ (650 ... 1100) kg/m ³ (650 ... 1100) kg/m ³ (1100 ... 2500) kg/m ³	0,005 kg/m ³ 0,007 kg/m ³ 0,01 kg/m ³ 0,01 kg/m ³ 0,02 kg/m ³	(15...30) °C; < 1100 mPa·s (30...40) °C; < 1100 mPa·s (40...70) °C; < 1100 mPa·s (15...70) °C; < 3000 mPa·s (5...40) °C; < 1100 mPa·s
2.	szilárd test térfogat (golyó)	(50 ... 450) cm ³	(0,4 ... 2) mm ³	20 °C
3.	súly térfogat	(0,1 ... 130) cm ³ (250 ... 2500) cm ³	(0,0004...0,0015) cm ³ 0,09 cm ³	
4.	lab. rezgőcsöves sűrűségmérő	(600 ... 2000) kg/m ³	(0,005 ... 1) kg/m ³	
5.	ipari rezgőcsöves sűrűségmérő	(600 ... 2000) kg/m ³	0,1 kg/m ³	
6.	areométer	(600 ... 2000) kg/m ³	(0,015 ... 0,05) kg/m ³	20 °C
7.	piknométer	(25 ... 100) cm ³	0,0016 cm ³	
8.	mérőlombik	(5 ... 5000) cm ³	(0,01 ... 0,2) cm ³	
9.	mérőhenger	(5 ... 2000) cm ³	(0,02 ... 4) cm ³	
10.	pipetta	(1 ... 100) cm ³	(0,003 ... 0,08) cm ³	
11.	büretta	(1 ... 50) cm ³	(0,005 ... 0,02) cm ³	
12.	normaledény	(20 ... 2000) liter	(0,02 ... 0,05)%	
13.	tároló tartály	(1 ... 80000) m ³	(0,5 ... 1)%	
14.	tartályszintmérő tartályszintmérő szonda	(0 ... 27) m (1 ... 3) m	1 mm	

Sorszám	Megnevezés	Mérési tartomány
1.	folyadék sűrűség	(650 ... 1100) kg/m ³ (650 ... 1100) kg/m ³ (650 ... 1100) kg/m ³ (650 ... 1100) kg/m ³ (1100 ... 2500) kg/m ³
2.	szilárd test térfogat (golyó)	(50 ... 450) cm ³
3.	súly térfogat	(0,1 ... 130) cm ³ (250 ... 2500) cm ³
4.	lab. rezgőcsöves sűrűségmérő	(600 ... 2000) kg/m ³
5.	ipari rezgőcsöves sűrűségmérő	(600 ... 2000) kg/m ³
6.	areométer	(600 ... 2000) kg/m ³
7.	piknométer	(25 ... 100) cm ³

Szilárd anyag sűrűségének mérése

- Mérőpohárba, mérőhengerbe közepes magasságig vizet töltünk (sűrűségét a hőmérséklete alapján tudjuk)
- Megmérjük a mérendő test tömegét
- Belemerítjük a mérendő testet (burgonya, répa, alma)
- Leolvassuk a kiszorított víz térfogatát
- Sűrűség: a tömeg és a térfogat hányadosa

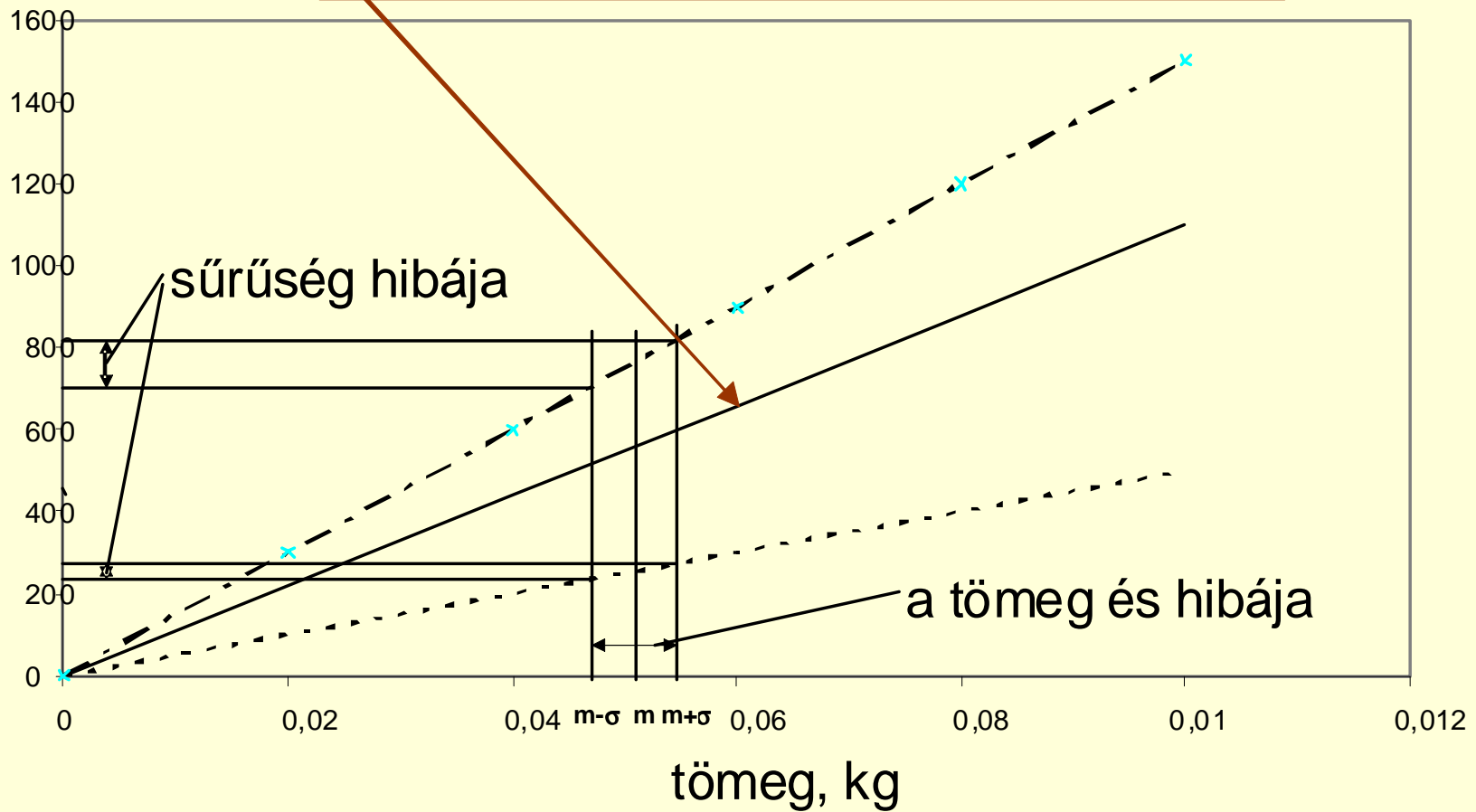
Szilárd anyag sűrűségének mérése



Szilárd anyag sűrűségének mérése

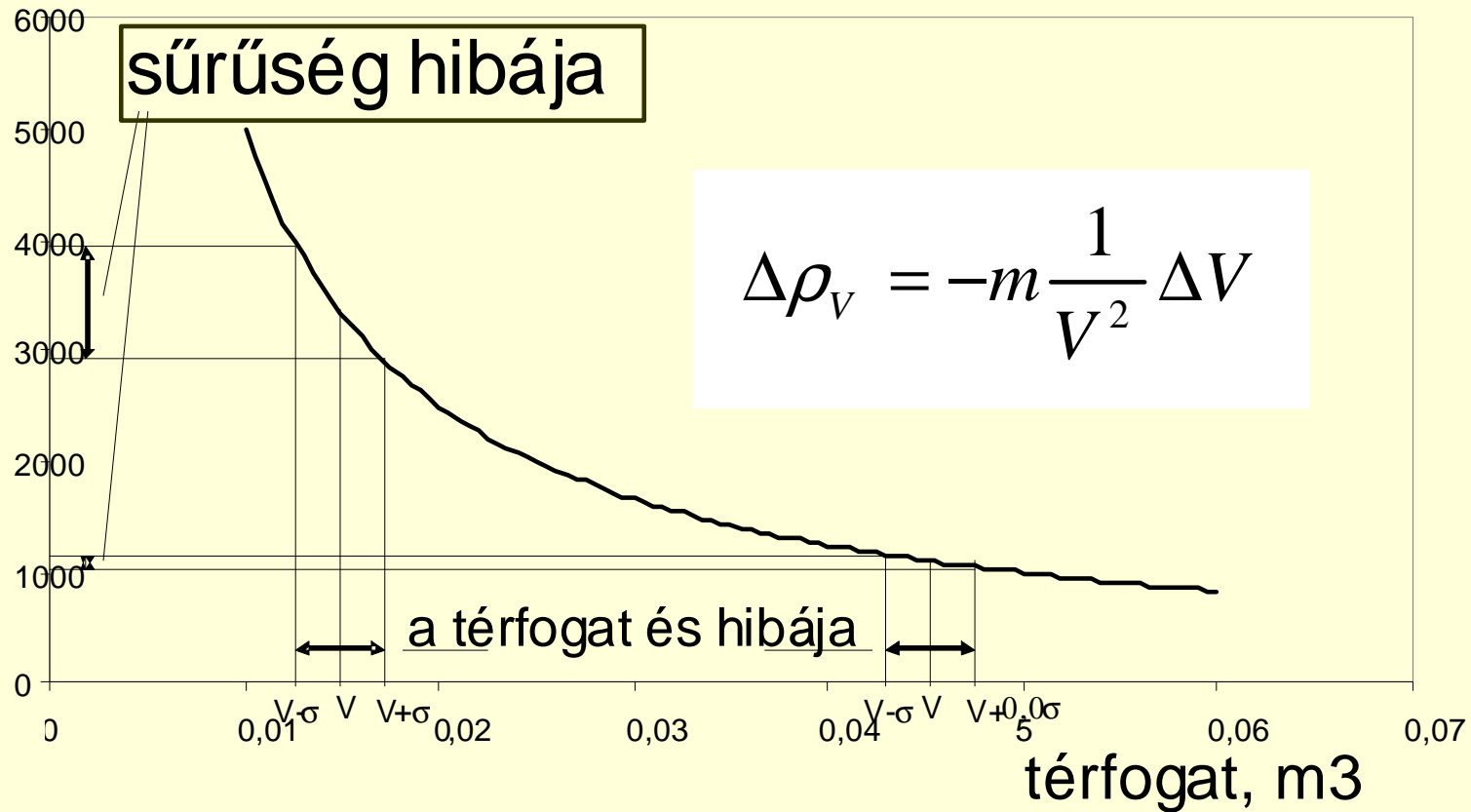
sűrűség, kg/m³

meredekség: a térfogat reciproka, $1/V$



Szilárd anyag sűrűségének mérése

Sűrűség, kg/m³



Szóhasználat

Valódi érték, Mért érték

Hiba (átlag – mért érték) *kivonás*

Számítani középarányos (átlag)

Helyes érték (általában az átlag)

Az adatok szóródása

A szórás alapján a mérési bizonytalanság
becslése (választhatjuk szigorú, vagy
engedékeny értékűre)

Szóhasználat

- Részletesebben: szervereinkről a VIM, GUM és a „mat stat” anyagok

Vocabulaire Internationale de Métrologie

- Például: az m_i tömegmérések szórása:

$$\rho_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (m_i - \bar{m})^2}{n-1}}$$

Szilárd anyag sűrűségének mérése

A hibaterjedés számítása parciális deriváltakkal

- Δ a mérési bizonytalanság a ρ sűrűségre, m tömegre és V térfogatra (szórásból)
- m a tömegmérések átlaga
- V a térfogatmérések átlaga

$$\Delta\rho = \sqrt{\left(\frac{1}{V}\right)^2 \Delta m^2 + \left(-m \frac{1}{V^2}\right)^2 \Delta V^2}$$

Szilárd anyag sűrűségének mérése

*A hibaterjedés
számítása relatív
szórásokkal*

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2}$$

A tömeg és a térfogat
szórásának **egyetlen
adat** ismételt
méréséből kell
származnia

A számítás
eredménye a
sűrűség mérési
bizonytalansága

A hétköznapi életben e két mennyiséget hibának nevezik,
pedig annak csak becslése

Szilárd anyag sűrűségének mérése

Problémák:

A műszereink
felbontóképessége
kicsi, ezért valamennyi
adat azonos, nem lehet
szórást számítani

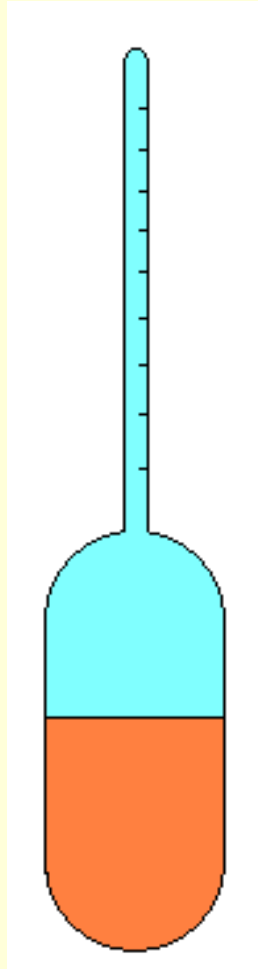
$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2}$$

Helyettesítő megoldás:

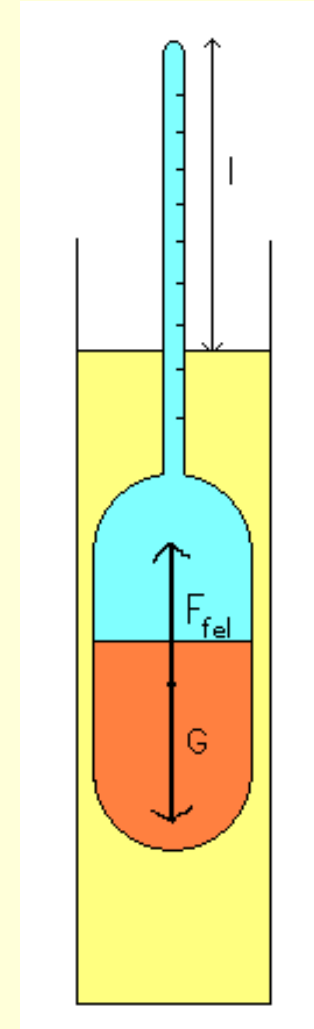
A szórás helyébe írjuk be
a műszerek
felbontóképességét
(a mérleg például 0,1g
felbontóképességű)

A helyettesítő megoldás
nem a mérés, hanem a
műszerek
alkalmasságát írja le

Folyadékok sűrűségének meghatározása



Mérés areométerrel: a kiszorított folyadék térfogatával arányos felhajtóerő mérésével





Mohr–Westfal mérleg

- A Mohr-Westphal mérleg egyik karja a skála nullpontjára mutat. Másik karján üvegtest függ, amelyen a folyadék a sűrűségével arányos felhajtóerőt termel. Ezt mérlegsúlyokkal egyenlítjük ki, amelyeket formájuk miatt lovasoknak nevezünk. Sorrendben:

tömege	neve	helyettesítő
0,1 g	1	10
1g	10	100
10g	100	1000

A Mohr-Westphal mérleg karján beosztások vannak 1-től 9-ig. A 10-es beosztás az a hely, ahova az üvegtestet felfüggesztettük. Ha tehát van egy 1000-es lovas az 1-es helyen és a 10-es helyen is (ez a mérlegkar vége), az összesen 1100 kg/m^3 -nek felel meg.

Mohr-Westphal mérleg elve

Példa: lovast helyeztünk el

- 1,0 L a kar végénél
- 0,1 L a 0,3 beosztásnál
- 0,01 L a 0,8 beosztásnál
- 0,001 L a 0,5 beosztásnál
- A forgatónyomaték az L lovasok és az l karhosszak szorzatából számítható:

$$F_{\text{felfolyadék}} l = Ll + 0.1L0.3l + 0.01L0.8l + 0.001L0.5l$$

Sóoldatok összetételének meghatározása

Összetétel: a vizsgálni kívánt komponens (értékes komponens) mennyiségét *elosztjuk* az egész elegy (oldat) mennyiségével

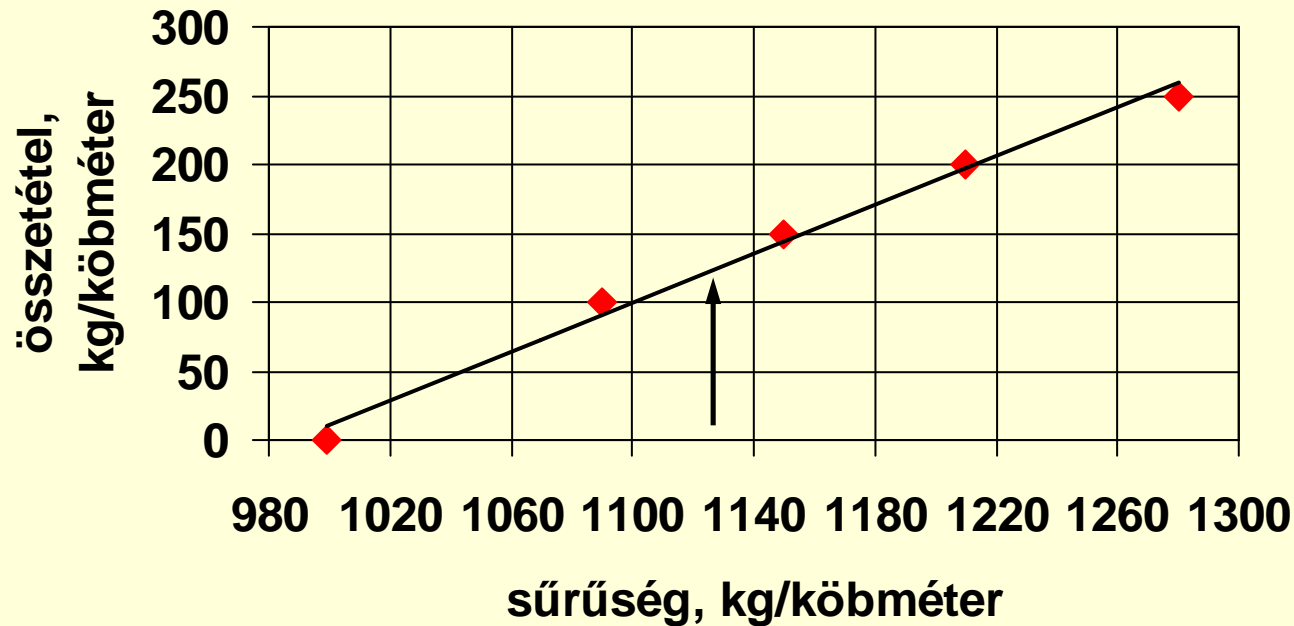
A mennyiség mérhető a komponens

- tömegével, kg
- térfogatával, m³
- anyagmennyiségével, mol
- darabszámával, db

A gyakoribb összetétel mérő mennyiségek:

- tömegtört
 - térfogattört
 - anyagmennyiség-koncentráció
-
- ✓ Sűrűség: a **komponens** tömege osztva **a saját térfogatával** , kg/m³
 - ✓ Tömegkoncentráció: a **komponens** tömege osztva **az egész elegy** térfogatával, kg/m³

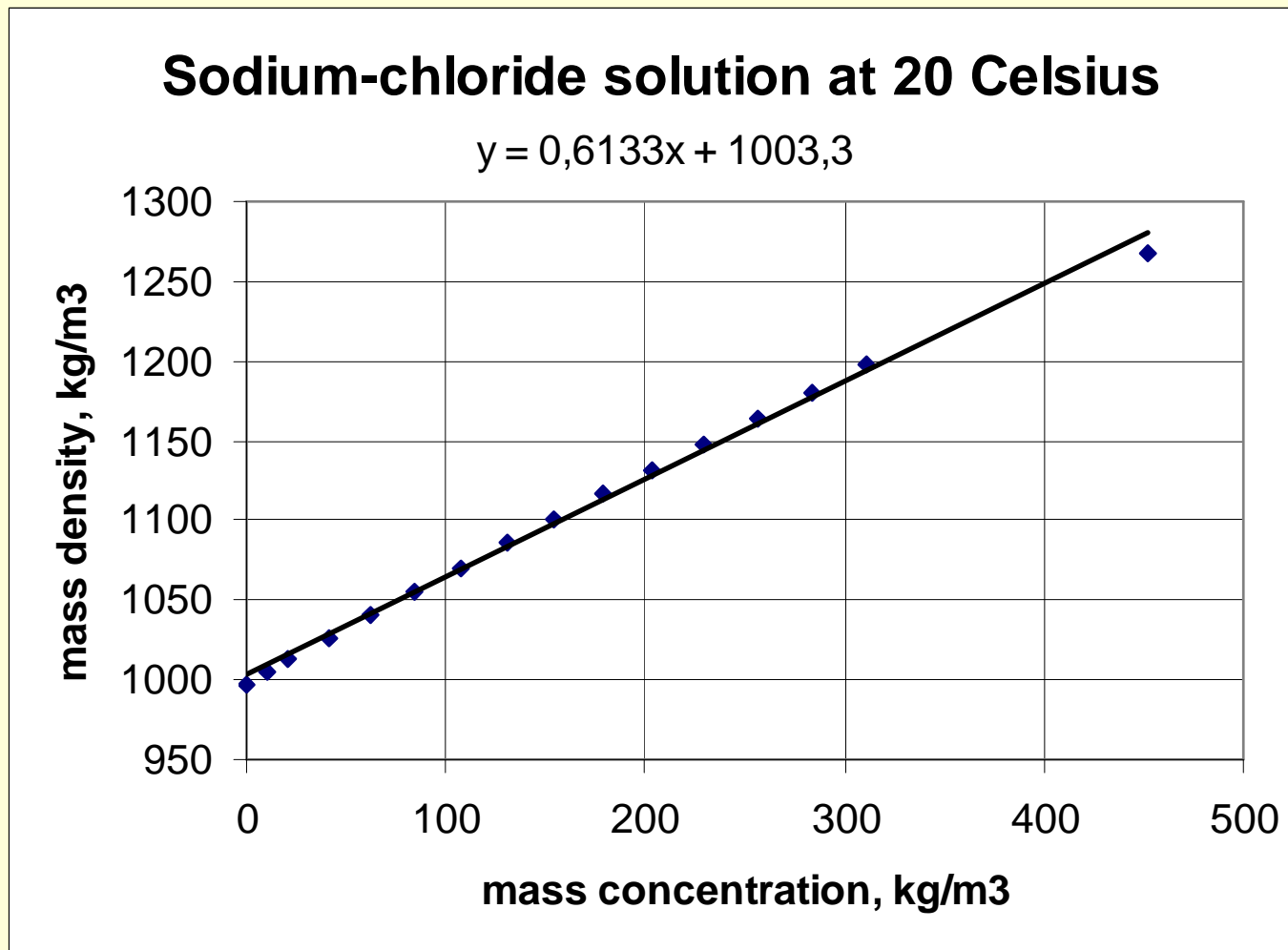
Összefüggések ábrázolása



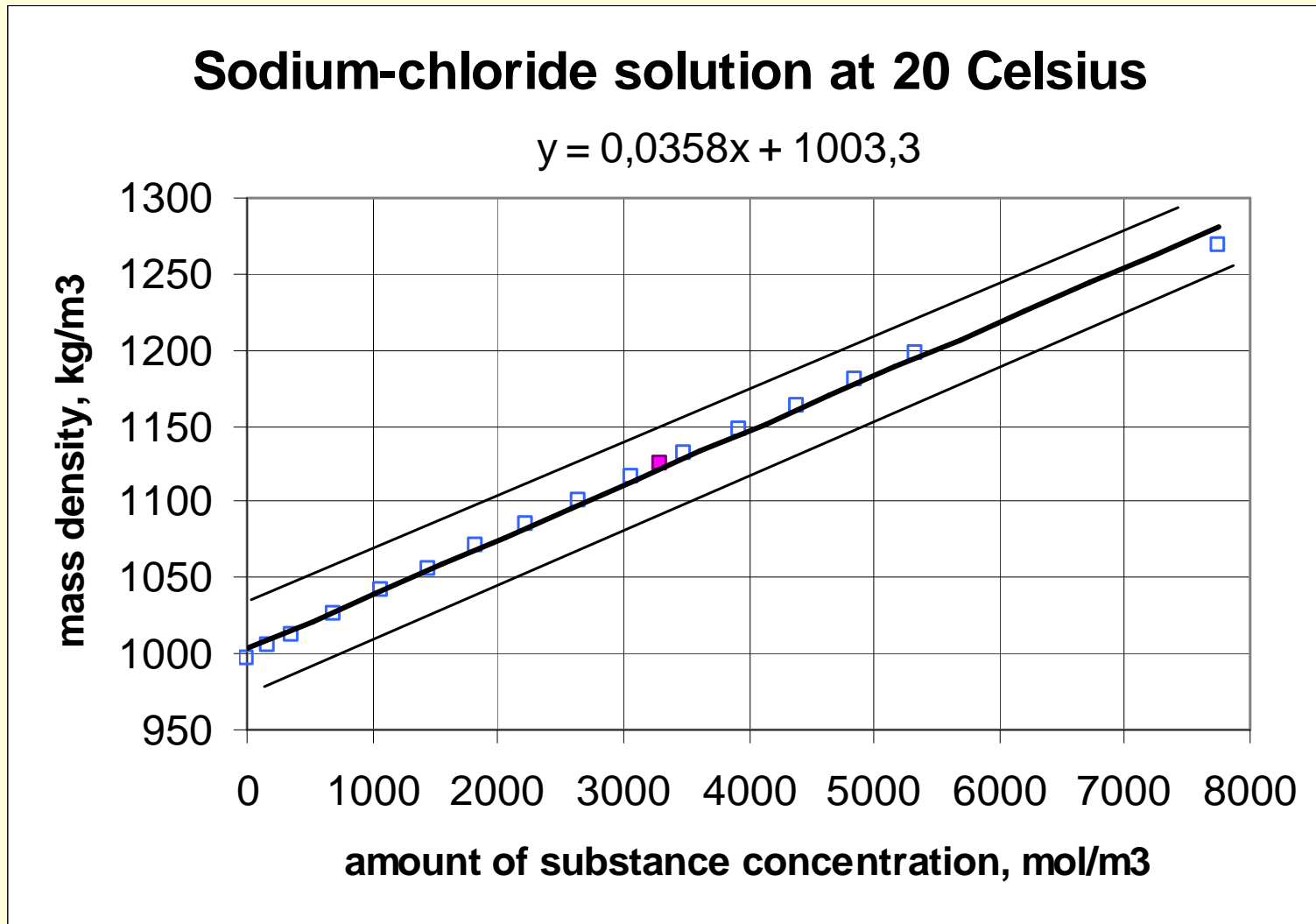
Az összetételi arány tizedrészét (hibásan) százalék mértékegységként jelölik

Ennek ismeretében, – megmérve az ismeretlen közeg sűrűségét, – az ábráról leolvassuk az összetételi arány értékét. Az oldatok összetételi arányát esetleg kg/kg-ban mérjük (tömegtört)!

Sóoldatok összetételének meghatározása



Sóoldatok összetételének meghatározása





Bernoulli kísérlet

Daniel Bernoulli, Johannes Bernoulli

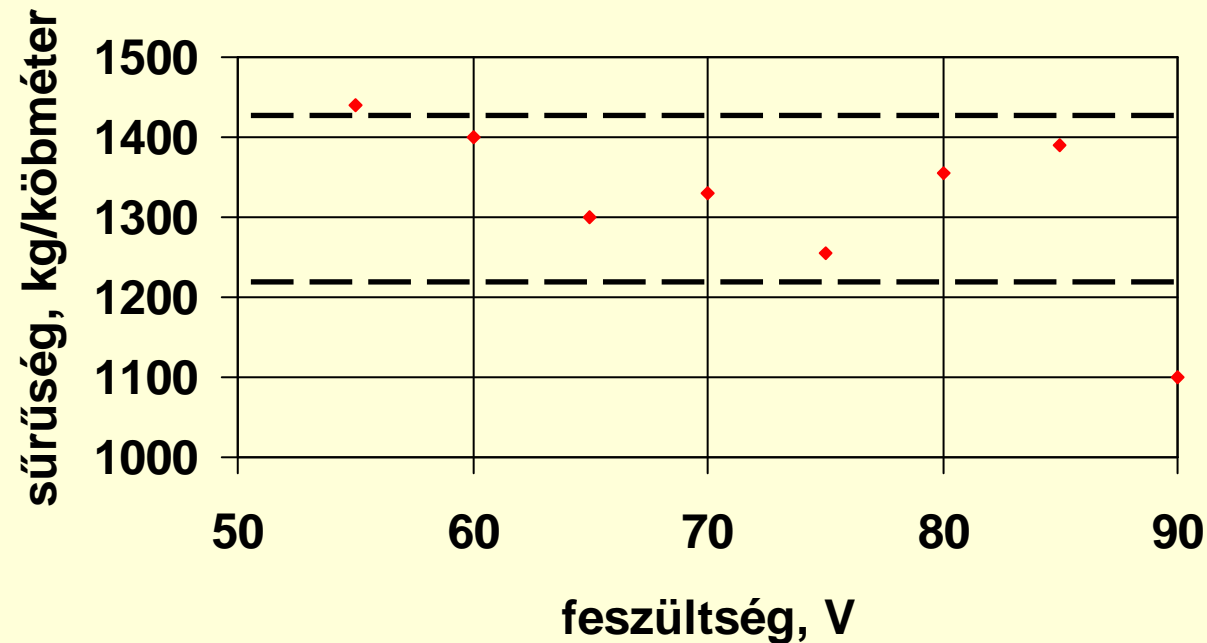
$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 + p_1 \frac{m}{\rho} = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 + p_2 \frac{m}{\rho}$$

Nyomás mértékegységű alakban:

$$\frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho gh_1 + p_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho gh_2 + p_2$$

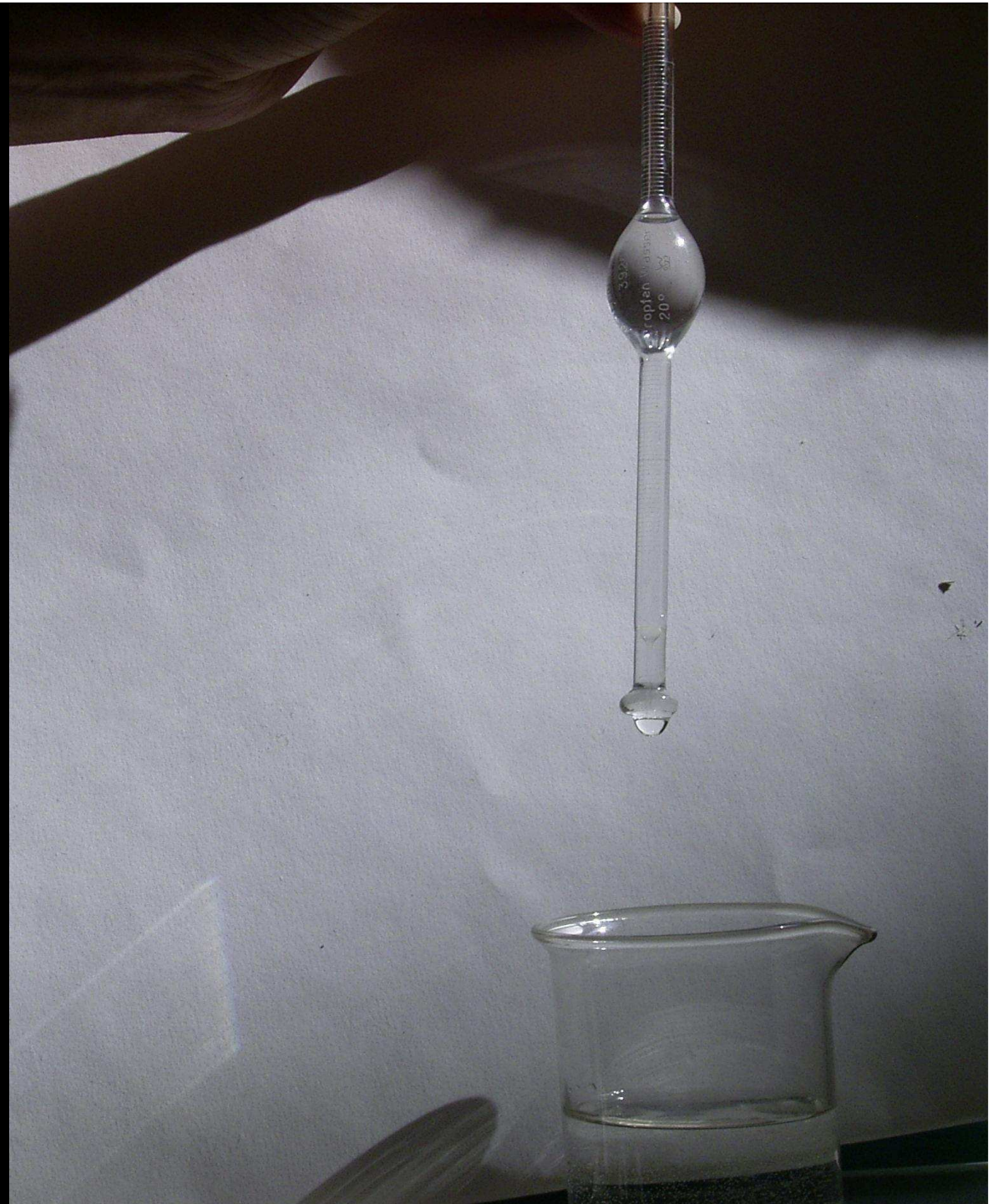
Folyadék sűrűségének mérése

Eredmények



A mért folyadék sűrűsége nem függhet a mérőfeszültségtől. Ezért az átlag felett és alatt a szórás értékével változtatott értékek között van a sűrűség becsült értéke

Sztalagmométer



- Sztalagmométer adatainak értelmezése

$$2r\pi\gamma = \frac{V\rho}{n}g$$

r a csepp sugara

γ a felületi feszültség

V a csepp térfogata

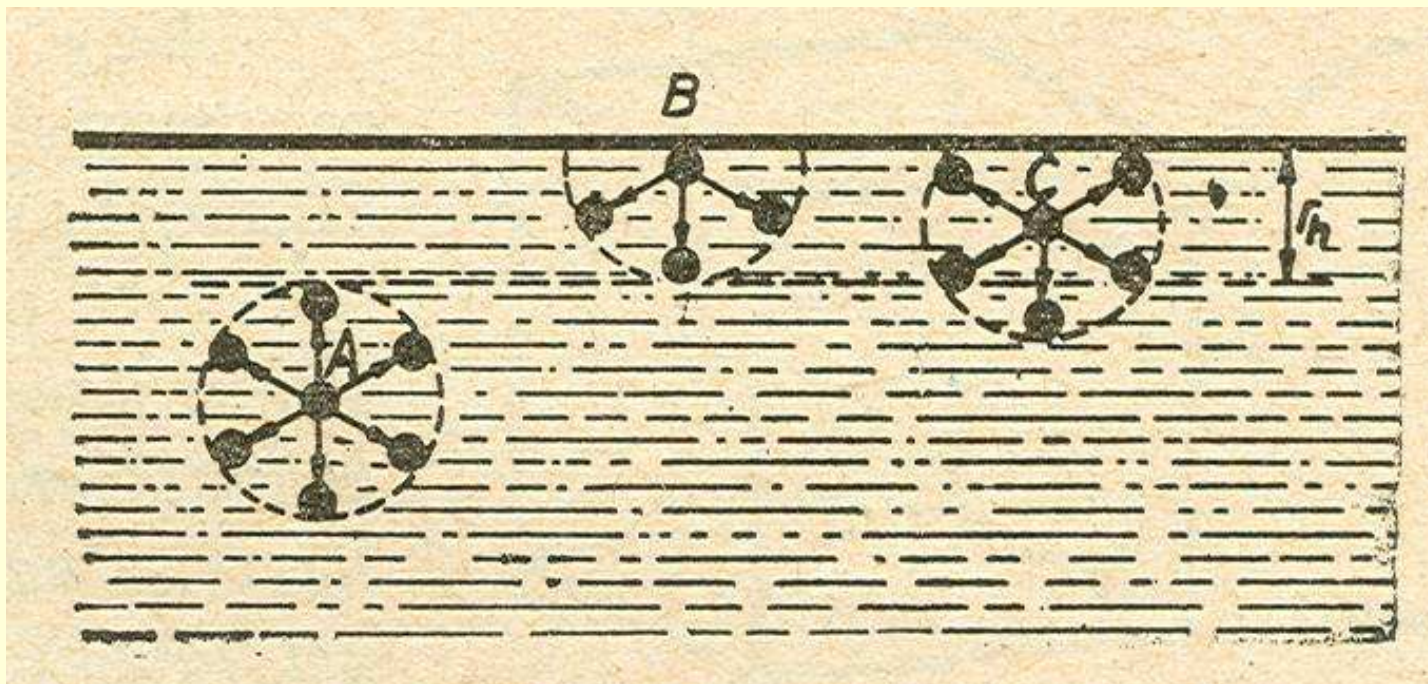
ρ a sűrűség

n a cseppek száma

g a nehézségi gyorsulás

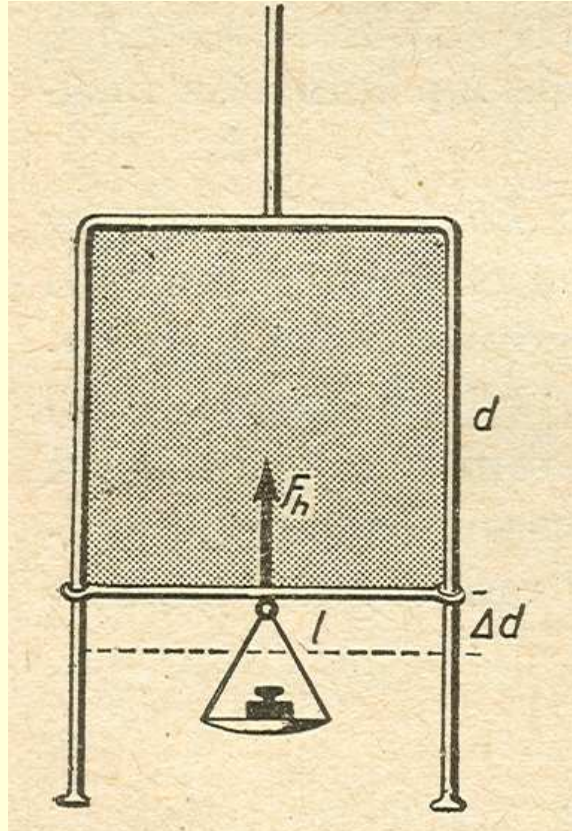
Felületi feszültség

Surface tension



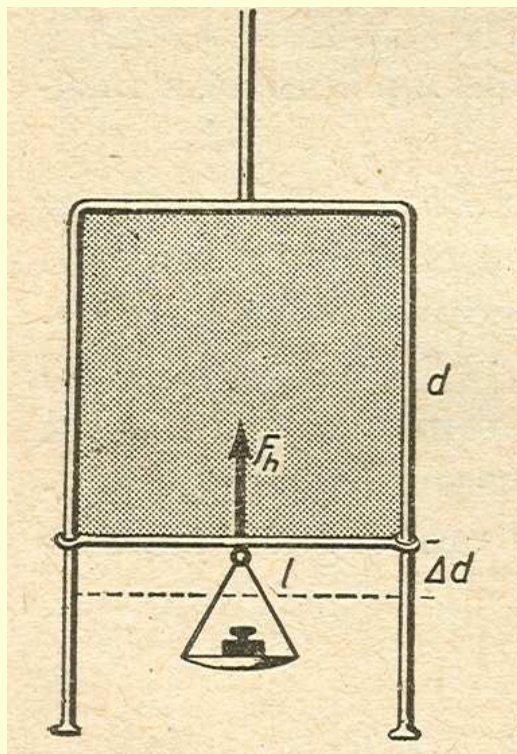
A molekuláris erők a felszínen
nem egyenlítődnek ki

Felületi feszültség



Georg Hermann Quincke
1834 XI 19 Frankfurt an der Oder
1925 I 13 Heidelberg

Felületi feszültség felületi specifikus energia



$$F=2\gamma l$$

$$W=\gamma l \Delta d$$

$$W=\gamma \Delta A$$

víznél a felületi
feszültség kb.
0,08 N/m

F erő, γ felületi feszültség,
 W felületi specifikus energia,
 Δd elmozdulás, l vonal-elem

- A mérést egy ismert felületi feszültségű közeggel kezdjük (csapvíz), majd **azonos** feltételekkel megmérünk egy ismeretlen felületi feszültségű anyagot is (összehasonlító mérés)
- A sztalagmométeren a felső jel és az alsó jel közelében apró beosztások vannak. A mérés megkezdése előtt számláljuk meg, hány osztást mozdult el a folyadékfelszín egyetlen csepp lecseppenésekor (törtcseppszám)
- Meg kell figyelni, hogy pl. az első csepp lecseppenésekor hány osztással volt feljebb, vagy lejjebb a folyadékfelszín

A tényleges mérésnél a cseppszámot korigálni kell a törtcseppszám értékével; az ismert és az ismeretlen folyadéknál is. Ezért a cseppszám nem egész, hanem tizedestört. Az eredmény:

$$\gamma_x = \gamma_i \frac{n_i \rho_x}{n_x \rho_i}$$

Itt x az ismeretlent, i az ismertet jelenti

A felületi feszültség függése a hőmérséklettől

A hőmérsékletfüggést az Eötvös Loránd-féle képlettel egy hőmérséklet értékre ellenőrizni kell

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

V_m a *folyadék* moláris térfogata, m^3/mol

T_c kritikus hőmérséklet, K

k Eötvös-állandó, $2 \cdot 10^{-7} \text{ J}/(\text{K mol}^{2/3})$

További mérések

- A továbbiak ismertetése internetes szervereinken megtalálható:
- Laboratóriumi mérések (jegyzet)
- Fizika gyakorlatok 2013 évi szövege (ez a bemutató annak rövidített változata)

Az oktatási anyagaink pdf formátumúak, Adobe Acrobat Reader használatát feltételezzük

Fructométer



finométer



Jelölési hibák a penetrométeren:

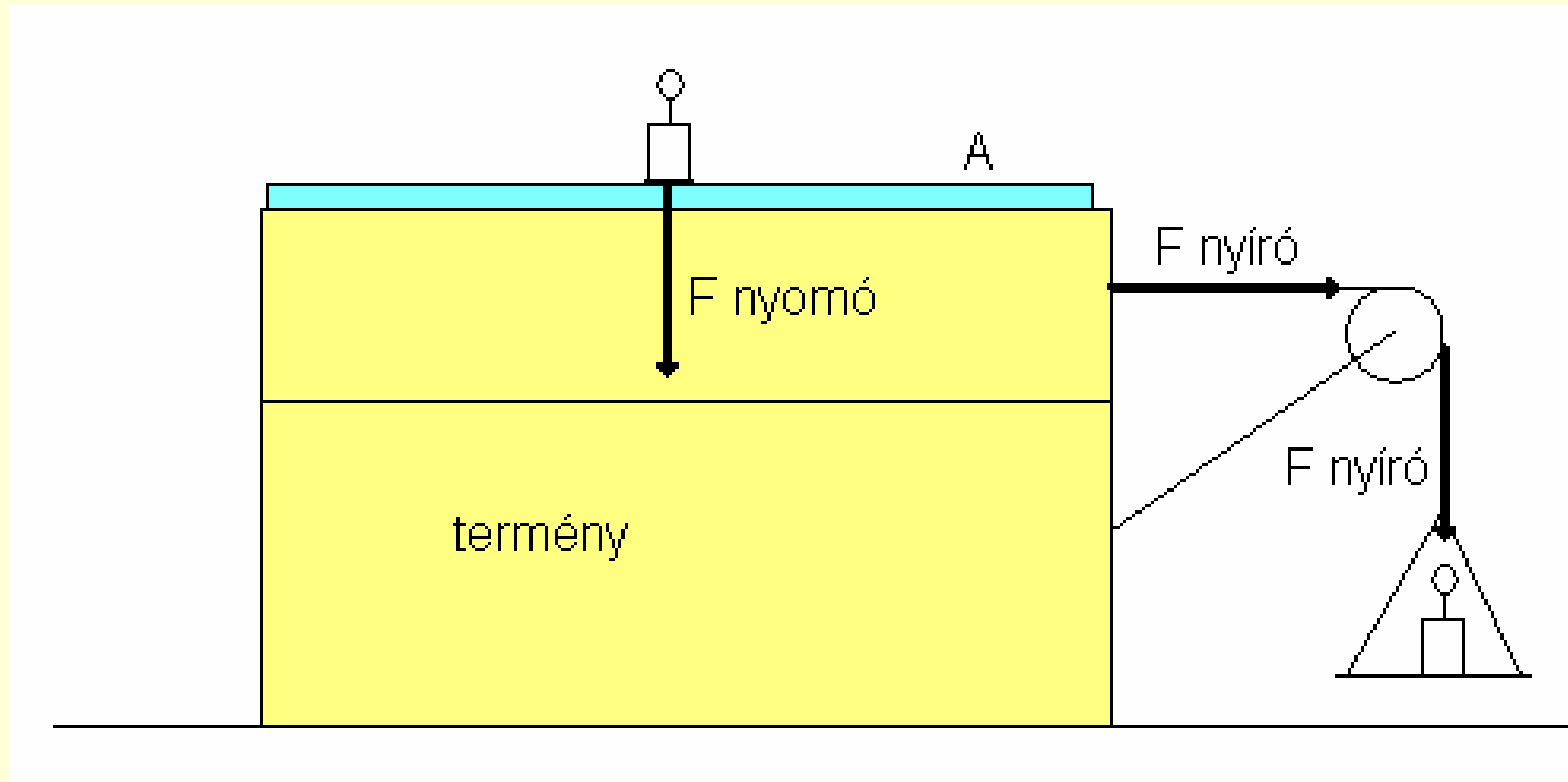
Lbs *helytelen*; az angolszász mértékegységrendszerben a következőket használták (az SI bevezetése előtt):

- lbf (pound-force) erő mérésére
- lbm (pound-mass, avoirdupois) tömeg mérésére

További hibája, hogy a mértékegység jele után nem szabad pontot tenni; az nem rövidítés



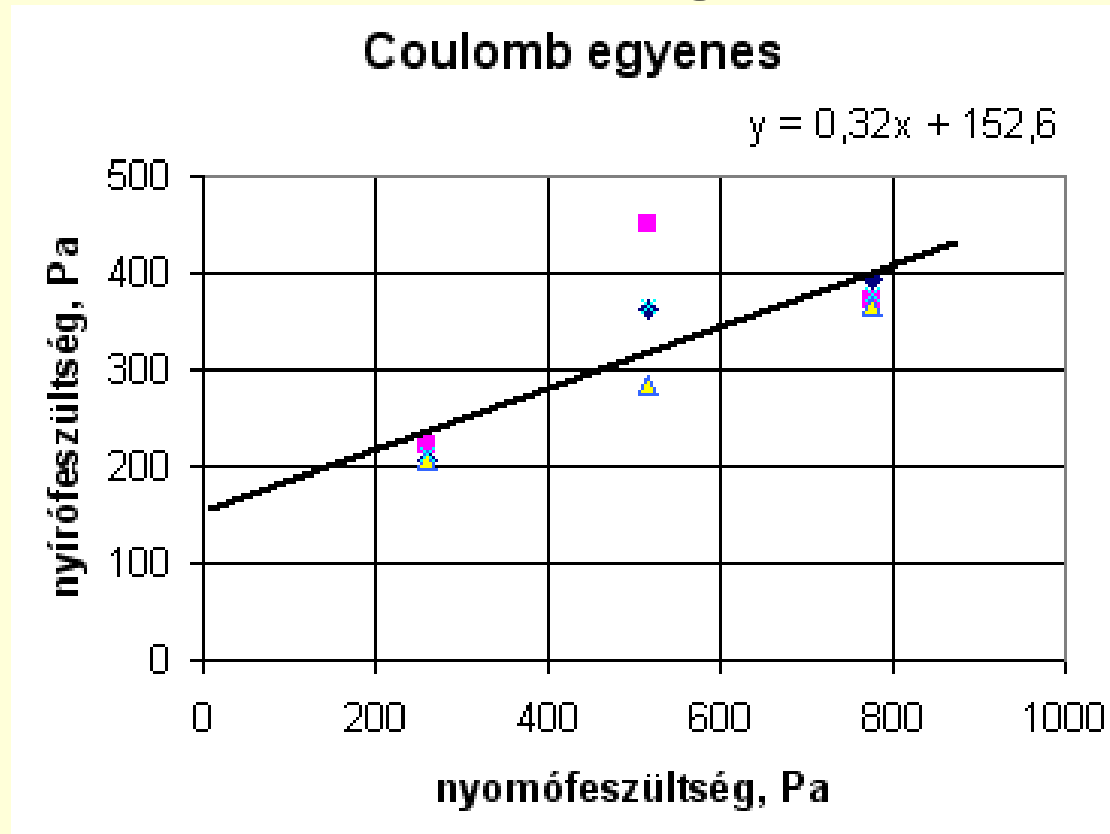
Nyíródoboz



nyíródoboz



Coulomb-egyenes

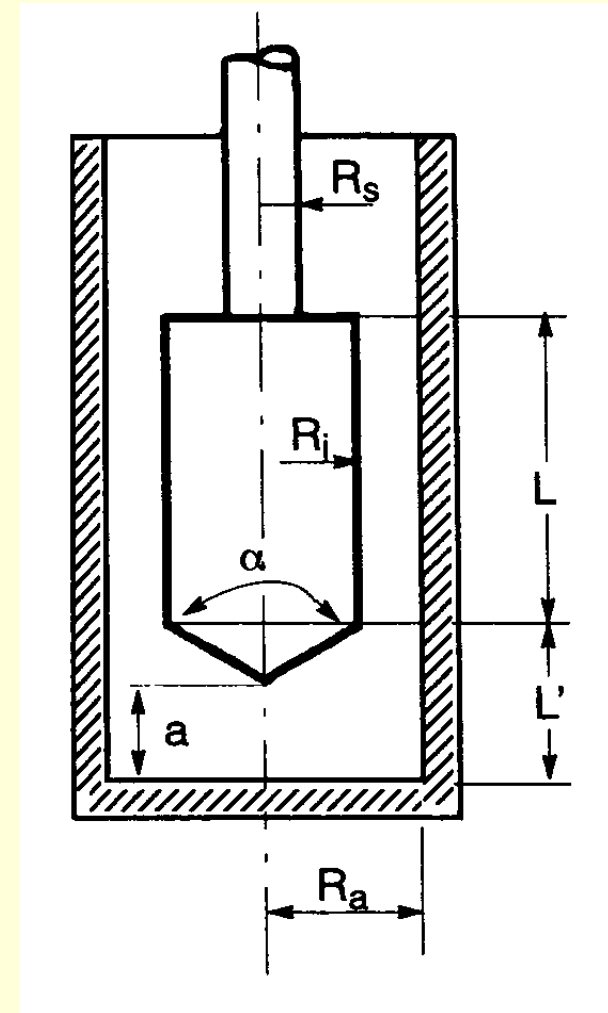


A lineáris regresszió képletével számíthatóak az egyenes adatai

Haake RotoVisco1

Rotációs viszkoziméter
Bemutató gyakorlat

Az ábrán kúp-lap
elrendezést látunk: az
 α kúpszögű forgórész
 a távolságú síklapú
állórészben forog





A két oszlop között
felül a rotor
forgató rendszere
látható

Alul a termosztátba
helyezzük a
serleget

Ostwald-Fenske viszkóziméter



Viszkozitás mérése Ostwald-Fenske viszkoziméterrel

A Hagen–Poiseuille-törvény értelmében a kapillárison időegység alatt átfolyó térfogat:

$$V = \frac{\Delta p r^4 \pi}{8\eta l} t$$

- A Δp a hidrosztatikai nyomásból származik. r a kapilláris sugara, η a dinamikai viszkozitási együttható, l a kapilláris hossza és t az idő.

Összehasonlító mérést végzünk. Ismert közegként használhatunk csapvizet; az ismeretlen közeg többnyire bor szokott lenni. Az ismeretlen közeg viszkozitása:

$$\eta_x = \eta_i \frac{\rho_x t_x}{\rho_i t_i}$$

Ez azt jelenti, hogy mindkét közeg sűrűségét meg kell határoznunk. t az átfolyási idő.

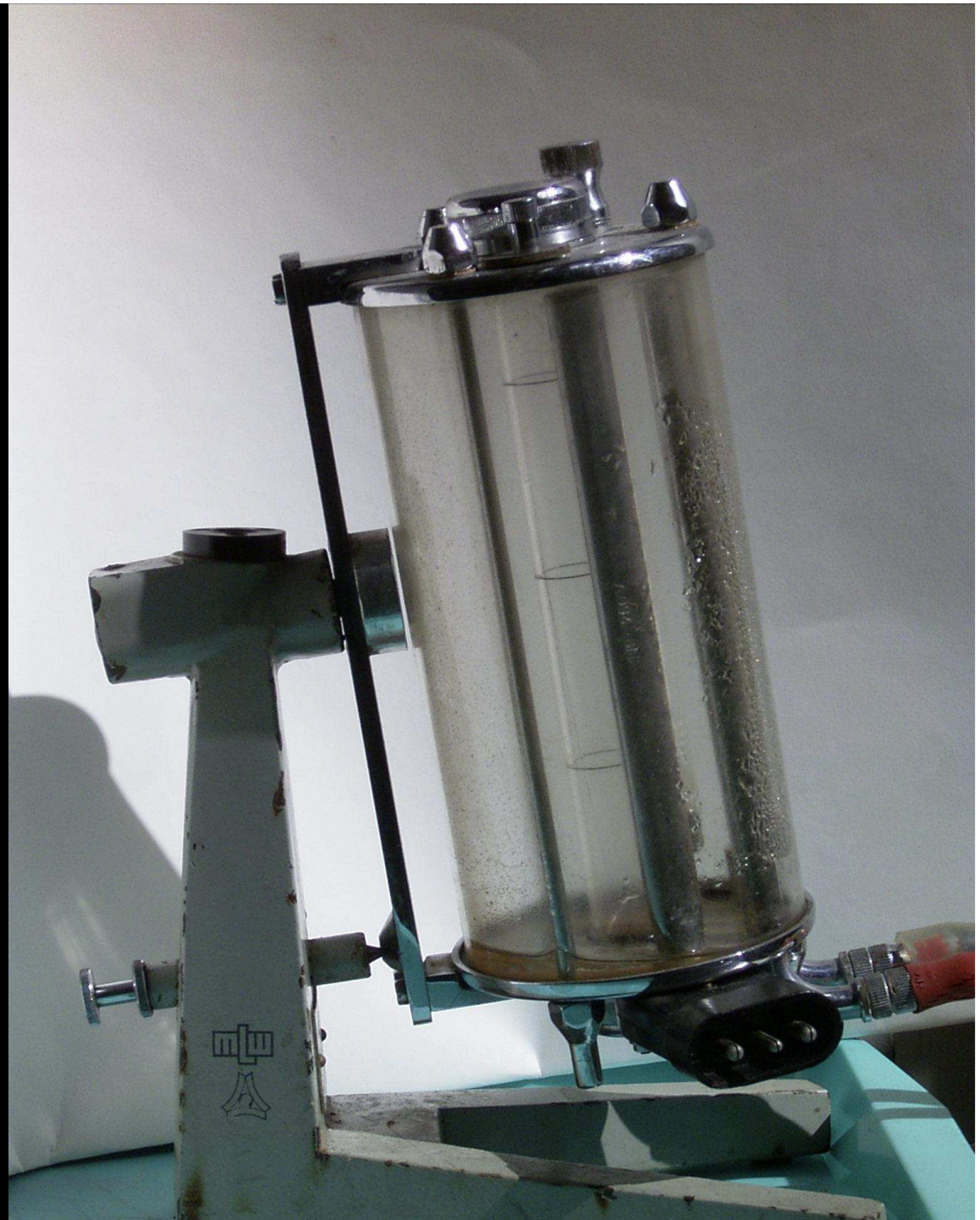
Számítsuk ki a mérések átlagát és szórását! Az ismeretlen közeg viszkozitásának szórása az időmérések szórásából számítható:

$$\Delta \eta_x = \frac{\partial \eta_x}{\partial t_i} \Delta t_i + \frac{\partial \eta_x}{\partial t_x} \Delta t_x$$

A parciális deriváltakat az alábbi képlet szerint az időmérések átlagával és szórásával helyettesítjük (nem jelöltük az átlagot):

$$\Delta \eta_x = \eta_i \frac{\rho_x}{\rho_i} \left(\frac{t_x}{t_i^2} \Delta t_i + \frac{1}{t_i} \Delta t_x \right)$$

Höppler viszkóziméter



Viszkozitásmérés Höppler viszkoziméterrel

Esőtestes viszkozimétereknél a viszkozitás az esési idő függvénye (Stokes-törvény):

$$\eta = \frac{2g(\rho_g - \rho_f)r^2}{9l}t$$

A golyó és a mérendő folyadék sűrűségének különbségét látjuk, a golyó sugarát, az esési úthosszat, és végül az esési időt

A Stokes-képlet a korlátozatlan ülepedést írja le. Esetünkben erről szó sem lehet. Ezért bevezetjük a golyóállandó, vagy műszerállandó nevű K_h tényezőt:

$$\eta = K_h (\rho_g - \rho_f) t$$

A golyókon felirat nem helyezhető el. Ezért mikrométerrel mérve azonosítjuk őket átmérőjük alapján, és egy próbamérést is végzünk tiszta vízzel.

A hőmérsékletfüggés

Svante Arrhenius és de Guzmán szerint:

$$\eta = A e^{-\frac{\Delta E}{RT}}$$

η a viszkozitás, A anyagi konstans,
 E az energia, R a gázállandó,
 T az abszolút hőmérséklet

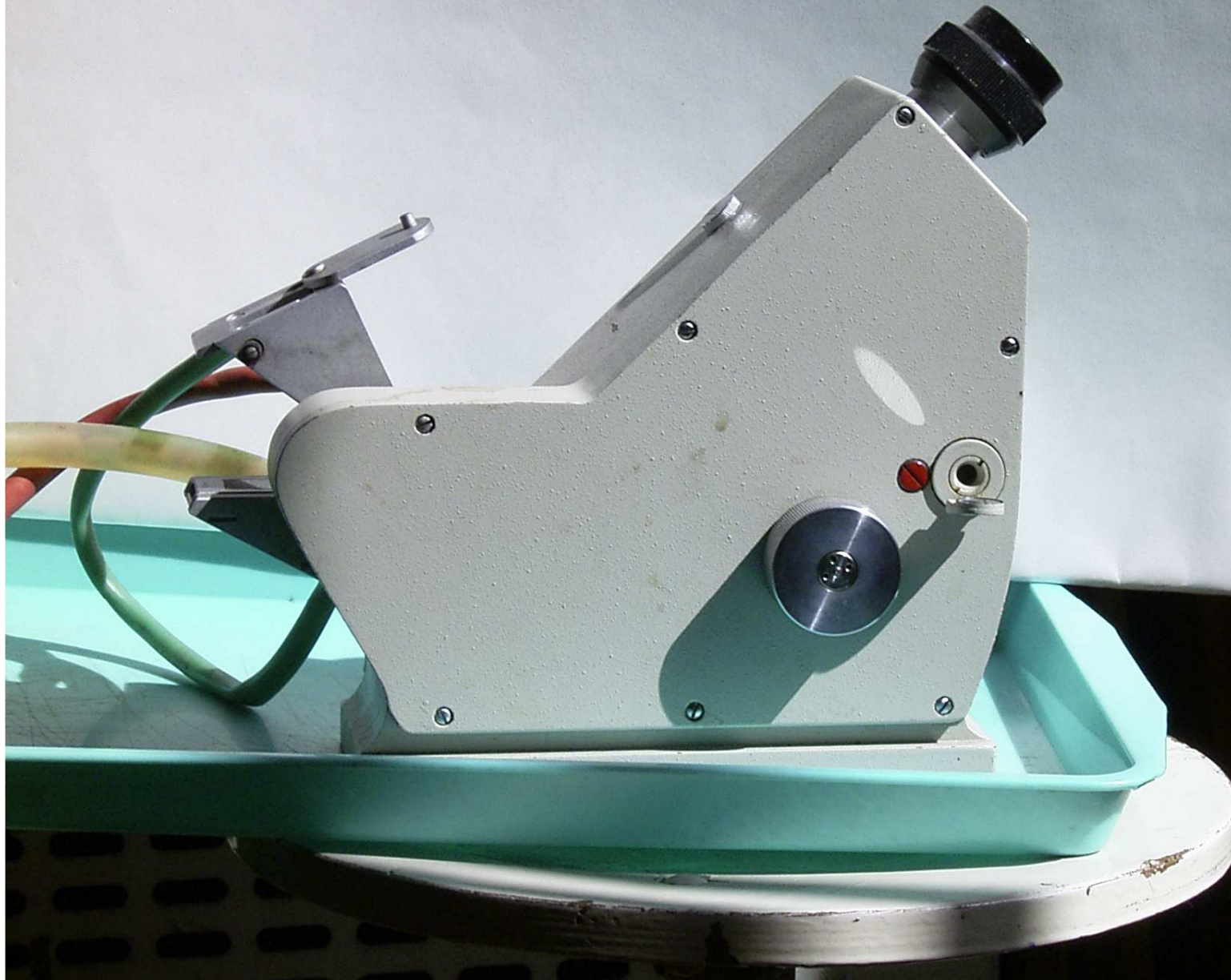
A hőmérsékletfüggés

példa (a viszkozitás Pa·s-ban értendő) :

$$\eta = A e^{-\frac{\Delta E}{RT}} = 0,001 = 1 \cdot e^{-\frac{17000 \text{ J/mol}}{8,31 \text{ J/molK} \cdot 293 \text{ K}}}$$

Ellenőrizzük a számítást és ábrázoljuk az eredményt! A fenti példában $A=1$ -re választottuk a preexponenciális együtthatót. Az aktiválási energia 17000 J/mol (tiszta víznél).

Refraktométer



Refraktométer





Infravörös spektrométer



Infravörös spektrométer
(nyitott mintatartóval)



Ultrascan vizuális spektrométer



Vizuális spektrométer
(nyitott mintatartóval)

MOMCOLOR 100 színmérő



Bemutató mérés színmérővel

