

A mérés technika alapjai

Házi feladat (HF)

7-ből 5 „jó HF megoldás”

1. Mérje meg (!) a π értékét egyenes vonalzóval.
(Modell: $\pi = K/D$, ahol K: a kör kerülete, ami „legördítéssel” mérhető egyenes vonalzóval és D: átmérő. A mért adatokból számítással kapjuk π -t. [Pi /szám/](#))
2. Hogyan lehet 6 liter vizet kimérni, ha csak két edényünk van: egy 9 literes és egy 4 literes? A hengeres edények alaplapja azonos nagyságú, faluk *nem* átlátszó és a falon belül *nincs* beosztás, hogy leolvassuk az arányos vízmagasságot!
(Csak a megoldás elve [virtuálisan öntözgetünk], mert a víz kincs.)
3. Hagyományos analóg (mutató) órán, *pontosan* (!) mennyi idő múlva fedik egymást *ismét* a kis és nagymutató?
4. (a) Hány „láb” a Föld kerülete? ([láb](#) , [Föld](#))
(b) Mérje meg, hány „saját(!) hüvelyknyi” méretű az A4-es lap? ([hüvelyk](#))
5. „Új sebesség mértékegység”: *galilei* = 1 m magasról *leejtett* kő végsebessége.
Kérdés: 5 galilei hány km/óra?
(Az energia megmaradást felhasználva: $mgh = \frac{1}{2} mv^2$. [Galilei](#))
6. Milyen sebességgel halad – a realitást is figyelembe véve – a mozifilmen (látszólag) *álló* kerekű postakocsi, ha a kerék átmérője: 1 m és a keréken egyenletes elosztásban 8 küllő van?
(A film mintagyakorisága: 24 kép/s. [Wagon-wheel effect](#))
7. Bekapcsolva felejtett 40 W-os villanykörte 1 nap alatt hány kWh energiát fogyaszt? ([kWh](#))

Metrology Forum: **Just for Fun**

http://metrologyforum.tm.agilent.com/fun_metric.shtml

Understanding the Metric System

1 billion microphones = 1 megaphone

1 million bicycles = 2 megacycles

10 monologs = 5 dialogues

2 monograms = 1 diagram

10 rations = 1 decoration

.....

Koppenhágai Egyetem, **fizika** vizsga.



A kérdés: „**Hogyan mérné meg egy felhőkarcoló magasságát barométerrel?**”

Az egyik hallgató válasza: „(1) A barométerre rákötünk egy hosszú zsinórt, majd *lelógatjuk* a földre. A zsinór hosszúságának és a barométer magasságának összege megegyezik a felhőkarcoló magasságával.”

A választ a vizsgáztató *nem* fogadta el. A diák *nem* hagyta magát, szerinte a válasz helyes!

Az egyetem kijelölt egy független bírát, aki behívatta magához a hallgatót, hogy az bizonyíthassa, a fizikai alapismeretek birtokában van.

A diák szótlanul ült, homlokát ráncolva gondolkodott, majd a biztos nógatasára belekezdett:

„(2) Nos, az első ötletem az, hogy a barométert *leejtjük* a felhőkarcoló tetejéről. Mérjük a földet éréséig eltelt időt, amiből a magasság kiszámítható. Viszont ez a módszer nem túl szerencsés a barométer szempontjából.

(3) Ha süt a nap, mérhetjük a barométer magasságát, és az *árnyékát*. Majd megmérjük a felhőkarcoló árnyékának hosszát, és arány párok segítségével kiszámítjuk a magasságát is.

(4) De *ha nagyon tudományos akarunk lenni*, akkor egy rövid zsinórt kötve a barométerre, ingaként használhatjuk azt. A földön és a tetőn megmérve a gravitációs gyorsulást, kiszámíthatjuk a kért magasság értékét.

(5) Ha van *tüzlétra*, akkor megmérhetjük, hogy az épület a barométernél hányszor magasabb, majd a barométer hosszát megmérve egyszerű szorzással megkapjuk a kívánt eredményt.

(6) De ha Ön az *unalmas, bevett módszerre* kíváncsi, akkor a barométert a **légnomás mérésére** használva, a földön és a tetőn mérhető nyomás különbségéből is megállapítható a felhőkarcoló magassága.

(7) Itt az egyetemen mindig arra buzdítanak bennünket, hogy próbáljunk **eredeti módszereket** kidolgozni. Ezért kétségtelenül a *legeredetibb* módszer, ha bekopogunk a portáshoz, és azt mondjuk neki:



„Ha megmondod, milyen magas ez az épület, neked adom ezt a szép új barométert.”

A történet csattanója, hogy ezt a renitens diákokat Niels Bohrnak hívták, a független bírát pedig Rutherfordnak.

(Ez a *vándortörténet* számos WEB lapon – magyarul és angolul is – megtalálható.)

*

MAGASSÁGMÉRÉS 'UNALMAS, BEVETT MÓDSZERREL'

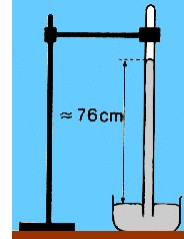
A barométer *légnyomásmérő*, a légnyomás pedig *változik* a magassággal.¹

(a) A Toricelli kísérlet (1643) jól szemlélteti, hogy van légnyomás.² A h magasságú folyadékoszlop súlyából származó p nyomás (a ρ sűrűség felhasználásával)³

$$p = \frac{G}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho \cdot h \cdot g,$$

ez tart egyensúlyt a külső légnyomással.

Példa: $\rho_{\text{higany}} = 13595 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,80655 \text{ m/s}^2$ és $h = 0,76 \text{ m}$ értékkel
 $p = 101325 \text{ Pa}$ (= 1013,25 mbar = 1 atm = 760 Hgmm (torr)).



(b) Már Pascal felismerte (1648), hogy (ha a higany magasságát a levegő súlyából eredő légnyomás hozza létre, akkor) a tengerszint feletti magasságtól függően a higanyoszlop magasságának csökkenie kell.⁴

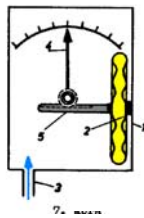
A Δp légnyomás csökkenés a magasság-különbség (Δh) nagyságú levegőoszlop súlyának felel meg:

$$\Delta p = \rho_{\text{levegő}} \cdot \Delta h \cdot g$$

és így $\Delta p = p_{\text{földszint}} - p_{\text{tető}}$ mérésével megadható a keresett Δh (ahol $\rho_{\text{levegő}} = 1.293 \text{ kg/m}^3$, 0°C-on).

Ha $\rho_{\text{levegő}} = \text{konstans}$ (lenne), akkor a feladatot meg is oldottuk (volna).⁵

¹ A barometrikus magasságmérés (bár közvetlen mutató is lehet, de nem túl pontos), azóta kényelmes, amióta aneroid (folyadékmentes), vagyis fémbarométerek készülnek.



A műszer-házban (1) lévő légüres szelence (2) a nyomás hatására összenyomódik. A magasság növekedésével a statikus nyomás (3) csökken, ennek következtében a szelence kitér és az áttételen (5) keresztül a mutatót (4) elmozdítja, amely egy méterben kalibrált számlap előtt mozog.

² A légnyomást normális esetben nem érzékeljük. Gyors változásait azonban igen, de ennek követeése testünkben lassú folyamat. (Ha gyorsan jövünk le hegyről autóval, fülünk „bedugul”, mert nyomás-különbség lép fel a dobhártya két oldalán.)

³ A nyomás egysége: *pascal* [$\text{Pa} = \text{N/m}^2$], a sűrűség egysége: [kg/m^3]

⁴ A hegy lábánál hagyott barométer és a 800 méterrel magasabban lévő barométer között jól mérhető, kb. 8 cm különbség lépett fel.

⁵ Azonban $\rho_{\text{levegő}}$ nem konstans, hanem a magassággal exponenciálisan változik. (Kb. 5,5 km-ként feleződik. A Himalája csúcsán a normál érték 35%-a, a „ritka levegő” miatt kell oxigénpalack.) Ennek az izgalmas problémának a megoldása (és egyéb hatások, pl. a hőmérséklet figyelembe vétele) a légtörfizikusok dolga.

Kis Δh esetén élhetünk a fenti közelítéssel.