

EGY ELJÁRÁS A HENGERES SÚLYSOROZAT BELSŐ PONTOSÍTÁSÁRA (JUSZTÍROZÁSÁRA)

MÁRKUS JENŐ

A „gyors tömegmérésnél” [2] láttuk, a táramérleg hibája általában 2 cg-nál kisebb. Hengeres súlyainkat ezért úgy akarjuk pontosítani (jusz-
tírozni), hogy ezeknél a valódi és a névleges érték közötti különbség ezen
tömegmérési hibahatárnál kisebb legyen. Súlydarabonként ne lépje túl
a $\pm 0,2$ mg-t.

A megkívánt pontosságú tömegmérés egyik elengedhetetlen feltétele
a szükséges pontosságú súlysorozat. Hengeres súlysorozataink egyes da-
rabjainak valódi értéke sokszor a szükségesnél nagyobb hibával tér el
a névleges értéktől. A súlysorozat-kalibrálás* lehetőséget ad az egyes
súlyok valódi értékének meghatározására. A kalibrálásnál a valódi és a
névleges érték közötti különbség általában csak mg nagyságrendű. Elő-
nyösebb, de a kalibrálás végett sokszor szükséges is, a súlysorozat egyes
darabjainak névértékét a valódi értékhez olyan közel beállítani, hogy az
eltérés a megkívánt mérési pontosság határán belül legyen.

A pontosítást — mint alább látni fogjuk —, előnyösebb mindjárt két
súlysorozattal egyszerre végezni. A felhasznált két 500 g-os súlysorozat
az alábbi névértékekből tevődött össze (grammokban):

1, 1^x, 1^{xx}, 2, 5, 10, 10^x, 20, 50, 100, 100^x, 200,

1, 1^x, 1^{xx}, 2, 5; 10; 10^x, 20, 50, 100, 100^x, 200

A jusz-
tírozáshoz szükséges eszközök:

1. Megfelelő analitikai mérleg. Az általunk használt mérleg 0,2
mg/s.r. „érzéketlenségű” [2] volt.

2. A hiányzó tömeg pótlására elektromos olvadó biztosíték ezüstszálat
használtuk háromféle átmérőben:

2. r. = 0,09, 0,17 mm és 0,35 mm.

Ebből mindig a megfelelő átmérőjű drótszálat használtuk, vagy ezek
kombinációját.

3. Finom csiszoló vászon a tömeg-többlet lecsiszolására.

4. PVC, vagy más műanyaggal behúzott gömbölyű szárú fogó a sú-
lyok gömbjének lecsavarására. Ezt lecsavarva, a táraüreg szabaddá vá-

* [1] I. kötet 2. c., d., e. pontok.

lik. A szükséges tömeg kiegészítést (adalék) ebbe tesszük. Tömegtöbbletnél a gömb csavarjának végét reszeljük.

5. Tiszta, puha flaneldarab, a súlyok megfogására.

6. Hegyesre köszörült acél drótdarab (kerékpár küllő), a táraüregből a már benne levő adalék eltávolítására. Ugyanilyen félgömbre köszörült végű acéldrót az új adalék tömítésére.

7. Normál 100 g-os, mellyel a 100 g-os súlyainkat összemérni és jusztírozni tudjuk.

A 6. pontban említetteket azért célszerű elvégezni, mivel az eredeti adalék rendszerint ólom, s így a három fém (réz, ólom, ezüst) érintkezése következtében fellépő elektromos potenciál gyorsabb korrodálást és oxidációt hozhat létre. Ez a súlyok valódi értékét idő előtt rontja (általában növeli). Célszerű még a táraüregben már benne talált adalék eltávolítása után a súlyokat tiszta alkoholban és éterben megmosni, majd szárítani, a szennyeződés eltávolítása végzett. Ezáltal is csökkentjük a korrodálási lehetőséget.

A súlyok jusztírozásának leírása előtt szükségesnek látszik a használt jelölések, valamint egyes gyakorlati eljárások ismertetése. Ezek:

1. [100] = normál 100 g-os. [] jel egyúttal a már jusztírozott súlyt is jelöli. Pl.: [10] = normálnak elfogadott, jusztírozott 10 g-os súly. Ennek névleges értéke és valódi értéke közötti különbség a megkívánt hibahatáron belül van, s ezt az eltérést ismerjük.

2. () jel a még nem jusztírozott súlyt jelöli. Pl.: (50) = 50 g-os nem jusztírozott súly.

3. (ta) = tára, vagy (u.a.ta) = ugyanaz a tára. Ez lehet más súlysorozat és vékony, szabdalható papírcsik.

4. Jusztírozásnál a Borda-féle tömegmérési módszerrel dolgoztunk. Az egyensúlyi helyzetet nem lengések középértékéből határoztuk meg, hanem megvártuk az egyensúlyi helyzet beállítását. Ez a használt légfékes mérlegnél időben teljesíthető követelmény. Ugyanazon mérésnél az egyensúlyi helyzetet egymás után többször is megállapítottuk. Ez főként akkor szükséges, ha a mérlegnek nagy az „állékonysági hibája” [2].

5. A serpenyőkre tett súlyok jelölése:

[100] (100)

jelenti: a bal serpenyőn normál 100 g, a jobb serpenyőn nem jusztírozott 100 g van.

6. A névértéknek a valódi értéktől való eltérése mg-ban értendő. Az egység esetleg itt sincs feltüntetve.

7. Az egyes súlyok eltérésének megállapításánál felhasználtuk, hogy a mérleg érzéketlensége 2 mg s.r. Az üres egyensúlyi helyzetnek és a megterhelt mérleg egyensúlyi helyzetének eltéréséből így a jusztírozatlan súly eltérése a normál értéktől könnyen számítható.

Ezután nézzük meg a fentiekben már említett két súlysorozat jusztírozásának egyes lépéseit. (A közölt számadatok egy ténylegesen elvégzett jusztírozás adatai.)

A mérleg üres egyensúlyi helyzeteit, valamint a megterhelt mérleg egyensúlyi helyzeteit nem közlöm. Különbségük a mg-ban felírt súly-

értékből számítható, figyelembe véve a mérleg érzéketlenségét. Szeretném még a figyelmet felhívni arra, hogy az üres egyensúlyi helyzet időközönként (legalább is óránként) ellenőrizendő. Ez a jusztírozást igen elősegíti.

1. 100 g-os súlyok:

(ta) [100]

Jusztírozás előtt:

(u.a.ta) (100) — 0,4

(u.a.ta) (100^x) — 4,5

(u.a.ta) ($\overset{\circ}{100}$) + 0,9

(u.a.ta) ($\overset{\circ}{100^x}$) + 0,5

Tehát (100) és (100^x) több, ($\overset{\circ}{100}$) és ($\overset{\circ}{100^x}$) kisebb a valódi értéktől. Reszelés és adalék hozzátétel után a jusztírozott súlyok:

(100) = [100] + 0 mg

(100^x) = [100] — 0,13 mg

($\overset{\circ}{100}$) = [100] — 0,20 mg

($\overset{\circ}{100^x}$) = [100] + 0 mg

A továbbiakban [] jelölés a bejusztírozott súlyokra is értendő.

2. 200 g-ak jusztírozása. Felhasználható az 1. alapján a [100] és [$\overset{\circ}{100^x}$]

Az egyensúlyi helyzet:

(ta) [100] + [$\overset{\circ}{100^x}$]

(u.a.ta) (200) — 0,08

Az eltérés a megkívánt hibahatáron belül van, s így elfogadható:

(200) = [200] + 0,08 mg

Egyensúlyi helyzet:

(u.a.ta) ($\overset{\circ}{200}$) + 0,1 mg

Igy hasonlóan:

($\overset{\circ}{200}$) = [200] — 0,1 mg

3. 50 g-ak jusztírozása:

Egyensúlyi helyzet:

$$\begin{aligned} (\text{ta}) & \quad [100^x] \\ (\text{u.a.ta}) & \quad (50) + (50) - 0,4 \end{aligned}$$

vagyis 0,4 mg-al összegük több.

Megállapítjuk egymás közötti eltérésüket. Egyensúlyi helyzet:

$$\begin{aligned} (\text{ta}) & \quad (50) \\ (\text{u.a.ta}) & \quad (50) - 0,1 \end{aligned}$$

Az egyensúlyi helyzetek alapján az alábbi egyenletek írhatók fel:

$$\begin{aligned} (50) + (50) &= [100] + 0,4 \\ (50) &= (50) \\ (50) &= (50) + 0,10 \\ (50) + (50) &= 2 \cdot (50) + 0,1 \\ 2 \cdot (50) + 0,1 &= [100] + 0,40 \\ (50) &= [50] + 0,15 \text{ mg} \\ (50) &= [50] + 0,25 \text{ mg} \end{aligned}$$

A jusztírozás további menete: (50) -t kitarázzuk, és az egyensúlyi helyzetet 1,5 skálával balra eltoljuk. Ezzel az egyensúlyi helyzetet $[50]$ -re állítottuk be. Ezután (50) -t és (50) -t reszeléssel az új egyensúlyi helyzetre állítjuk. A beállítás eredménye:

$$\begin{aligned} (\text{ta}) & \quad (50) \\ (\text{u.a.ta}) & \quad (50) - 0,15 \end{aligned}$$

alapján:

$$\begin{aligned} (50) &= [50] \\ (50) &= [50] + 0,15 \text{ mg} \end{aligned}$$

Ellenőrzés:

$$\begin{aligned} (\text{ta}) & \quad [100^x] \\ (\text{u.a.ta}) & \quad (50) + (50) - 0,15 \end{aligned}$$

4. 10 g-ak jusztírozásánál a $[50]$ -t használjuk fel. Mivel a két súlysorozatunkban csak 4 db 10 g-os van, egy harmadik súlysorozatból célszerű ezt még egy 10 g-al kiegészíteni. Jelöljük ezt: (10) .

Igy: $\Sigma (10) = (10) + (10^x) + (\overset{\circ}{10}) + (\overset{\circ}{10^x}) + (\overline{10})$
 -re az egyensúlyi helyzetek:

$$\begin{aligned} (\text{ta}) & [50] \\ (\text{u.a.ta}) & \Sigma(10) - 4,46 \\ (\text{ta}) & (\overset{\circ}{10}) \\ (\text{u.a.ta}) & (\overset{\circ}{10^x}) - 0,02 \\ (\text{u.a.ta}) & (\overset{\circ}{10^x}) + 0,20 \\ (\text{u.a.ta}) & (\overset{\circ}{10}) + 0,18 \\ (\text{u.a.ta}) & (\overline{10}) - 0,32 \end{aligned}$$

Az egyensúlyi helyzetek alapján felírható egyenletek:

$$\begin{aligned} (\overline{10}) + (10) + (\overset{\circ}{10}) + (10^x) + (\overset{\circ}{10^x}) &= [50] + 4,46 \\ (\overset{\circ}{10}) &= (\overset{\circ}{10}) \\ (\overset{\circ}{10^x}) &= (\overset{\circ}{10}) + 0,02 \\ (10^x) &= (\overset{\circ}{10}) - 0,20 \\ (10) &= (\overset{\circ}{10}) - 0,18 \\ (\overline{10}) &= (\overset{\circ}{10}) + 0,32 \end{aligned}$$

Egyenletekből számolva:

$$\begin{aligned} \Sigma (10) &= 5 \cdot (\overset{\circ}{10}) - 0,04 \\ 5 \cdot (\overset{\circ}{10}) - 0,04 &= [50] + 4,46 \\ 5 \cdot (\overset{\circ}{10}) &= [50] + 4,50 \\ (\overset{\circ}{10}) &= [10] + 0,90 \text{ mg} \\ (\overset{\circ}{10^x}) &= [10] + 0,92 \text{ mg} \\ (10^x) &= [10] + 0,70 \text{ mg} \\ (10) &= [10] + 0,72 \text{ mg} \\ (\overline{10}) &= [10] + 1,12 \text{ mg} \end{aligned}$$

Az egyensúlyi helyzetnek [10]-re állításánál ugyanúgy járunk el, mint a 3-ban a [50] beállításánál. Reszeléssel jusztirozunk. Utána ellenőrzésül az eljárást megismételjük.

Ellenőrzésnél az alábbi eredmények adódtak:

$$\begin{aligned} \Sigma (10) &= [50] + 0,20 \\ (\overset{\circ}{10}) &= (10) + 0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (10^{\circ}) &= (10) + 0,07 \\ (10^{\times}) &= (10) + 0,08 \\ (\bar{10}) &= (10) + 0,20 \end{aligned}$$

Az egyenletekből számolva:

$$\begin{aligned} (10) &= [10] - 0,036 \text{ mg} \\ (10^{\circ}) &= [10] - 0,006 \text{ mg} \\ (10^{\times}) &= [10] + 0,034 \text{ mg} \\ (10^{\times}) &= [10] + 0,044 \text{ mg} \\ (10) &= [10] + 0,164 \text{ mg} \end{aligned}$$

Ezek összege:

$$(10) + (10^{\circ}) + (10^{\times}) + (10^{\times}) (\bar{10}) = 5 \cdot [10] + 0,2 \text{ mg}$$

a súlysorozatban levő négy darab 10 g-os jusztírozott.

5. A 20 g-ak jusztírozásánál felhasználhatók a $[10] + [10]$. Ezek összege 0,042 mg-al kevesebb a $[20]$ -nál. Ez az egyensúlyi helyzet közel 0,5 skála eltolását jelenti. Így

$$(ta) \quad [10] + [10]$$

egyensúlyal a $[20]$ -ra ráállhatunk.

Ezzel a 20 g-akra kaptuk:

$$(20) = [20]$$

$$(20^{\circ}) = [20]$$

6. Az 5 g-ak jusztírozásánál a $[10]$ -t használtuk. Ennek eltérése a $[10]$ -től csak 0,006 mg. Ez elhanyagolható a 0,2 mg-hoz viszonyítva.

Az egyensúlyi helyzetek:

$$(ta) \quad [10]$$

$$(u.a.ta) \quad (5) + (5) - 1,00$$

$$(ta) \quad (5)$$

$$(u.a.ta) \quad (5) - 0,75$$

Az egyensúlyi helyzetekből felírható egyenletek:

$$(5) + (5) = [10] + 1,00 \text{ mg}$$

$$(5) = (5)$$

$$(5) = (5) + 0,75 \text{ mg}$$

Ezek alapján:

$$(5) = [5] + 0,125 \text{ mg}$$

$$\overset{\circ}{(5)} = [5] + 0,875 \text{ mg}$$

(5) tárazásával ráállítjuk az egyensúlyi helyzetet [5]-re, majd mindkét súlyt jusztírozzuk. Utána ellenőrzés végett az eljárást megismételjük. Ennek alapján kaptuk:

$$(5) + \overset{\circ}{(5)} = [10] + 0,08 \text{ mg}$$

$$(5) = [5] + 0 \text{ mg}$$

$$\overset{\circ}{(5)} = [5] + 0,08 \text{ mg}$$

7. Az 1 g-aknál a [5]-t használtuk, míg a súlysorozatból:

$$(1) + (1^x) + (1^{xx}) + \overset{\circ}{(1)} + \overset{\circ}{(1^x)} = \Sigma (1)$$

darabokat.

Az egyensúlyi helyzetből adódó egyenletek:

$$\Sigma (1) = [5] + 4,00$$

$$(1) = (1)$$

$$(1^x) = (1) - 0,40$$

$$(1^{xx}) = (1) + 0,30$$

$$\overset{\circ}{(1)} = (1) - 0,40$$

$$\overset{\circ}{(1^x)} = (1)$$

Ezek alapján:

$$(1) = [1] + 0,9 \text{ mg}$$

$$(1^x) = [1] + 0,5 \text{ mg}$$

$$(1^{xx}) = [1] + 1,2 \text{ mg}$$

$$\overset{\circ}{(1)} = [1] + 0,5 \text{ mg}$$

$$\overset{\circ}{(1^x)} = [1] + 0,9 \text{ mg}$$

Jusztírozásnál a (1)-el állítottuk be a [1]-t. Az így kapott eredmények:

$$(1) = [1] + 0 \text{ mg}$$

$$(1^x) = [1] - 0,05 \text{ mg}$$

$$(1^{xx}) = [1] + 0 \text{ mg}$$

$$\overset{\circ}{(1)} = [1] - 0,02 \text{ mg}$$

$$\overset{\circ}{(1^x)} = [1] + 0,05 \text{ mg}$$

$$\Sigma (1) = [5] - 0,02 \text{ mg}$$

Az ($\overset{\circ}{1^{xx}}$) súlyt a [1] alapján külön mértük be, melyre:

$$(\overset{\circ}{1^{xx}}) = [1] + 0,02 \text{ mg}$$

eredmény adódott.

Az 1 g-os súlyokra még egy ellenőrzést végeztünk:

$$(ta) \quad (1) + (1^x) + (1^{xx})$$

$$(u.a.ta) \quad (\overset{\circ}{1}) + (\overset{\circ}{1^x}) + (\overset{\circ}{1^{xx}}) - 0,10$$

egyensúlyi helyzetekkel, mely igazolta a fent kapott eredmények helyességét.

8. A 2 g-ak jusztírozásánál a [1] és [1^{xx}]-kat használtuk.

Az egyensúlyi helyzetek:

$$(ta) \quad [1] + [1^{xx}]$$

$$(u.a.ta) \quad (2) - 0,7$$

$$(u.a.ta) \quad (\overset{\circ}{2}) - 0,5$$

Jusztírozás után:

$$(2) = [2]$$

$$(\overset{\circ}{2}) = [2] + 0,01 \text{ mg}$$

Ellenőrzés:

$$(ta) \quad (2)$$

$$(u.a.ta) \quad (\overset{\circ}{2}) - 0,01$$

Az így végzett jusztírozás után, amennyiben azt ellenőrizni kívánjuk, elvégezhető a súlysorozat kalibrálása. Ezzel a súlyok névleges értékének a valódi értéktől való eltérését számítással pontosan meghatározhatjuk. A lemezes súlyok pontosításának lehetősége még kidolgozás alatt van.

A dolgozattal kapcsolatos mérések elvégzéseért ezúttal mondok köszönetet Magyar Katalin II. éves mat.-fiz. szakos hallgatónőnek, akinek szorgalmas munkája a dolgozat megjelenését nagyon elősegítette.

I R O D A L O M

[1] F. Kohlrausch: Praktische Physik I. kötet.

[2] Márkus J.: A táramérileg beállítása és a gyorsméréssel való tömegmérés a főiskolai fizika mérő-gyakorlatokon. (Az egri Tanárképző Főiskola tudományos közleményei. 1966.)