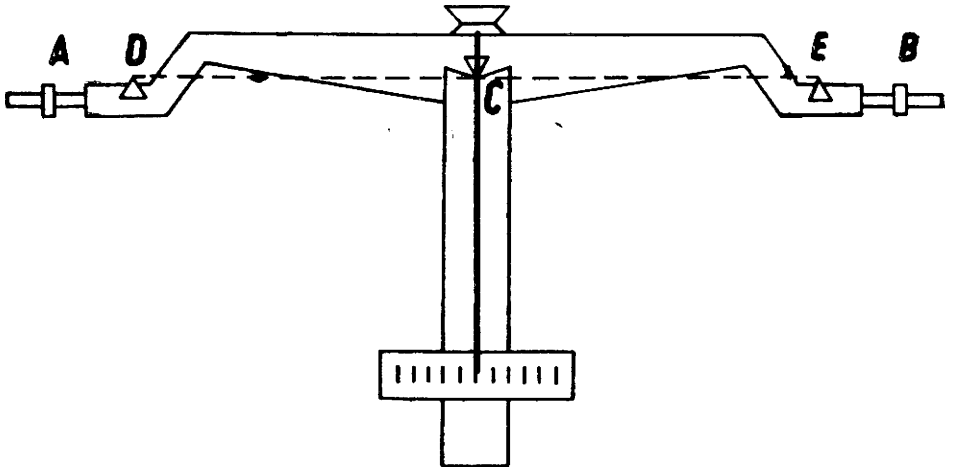


A TÁRAMÉRLEG BEÁLLÍTÁSA ÉS A GYORSMÉRÉSSSEL VALÓ TÖMEGMÉRÉS A FŐISKOLAI FIZIKA-MÉRŐGYAKORLATOKBAN

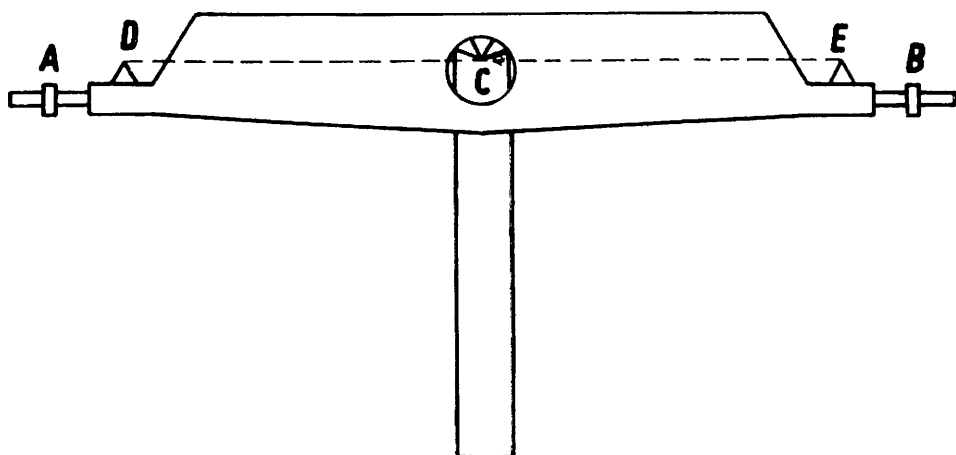
MÁRKUS JENŐ

A fizika-mérőgyakorlatoknál gyakran használatos a táramérleg. A mérleg kezelésével és használatával kapcsolatban szükséges egynéhány előírást betartani, hogy a mérés hibáját lehetőleg csökkentjük.

A mérleg beállítása. A mérleget célszerű mindig ugyanazon a helyen, lezárva tartani. Hordozás közben a mérleg egyensúlyi helyzete változik, s a mérleget vízszintezni kell. A pontos mérés egyik alapfeltétele, hogy a *C*, *D*, *E* tartóélek (1. ábra) párhuzamosak legyenek, ugyanazon vízszintes síkba essenek, csorbítatlanok és pormentesek legyenek. A *C* tartó főél kiképzése kétféleképp történhet. A megtört főélnél (1. ábra) az élág két részből áll. (meg van szakítva.) Az ilyen táramérleg kevésbé pontos és érzékeny, a szabvány szerint nem hitelesíthető. Nálunk inkább ilyet gyártanak. Pontosabb, és a szabvány sze-



1. ábra



2. ábra

rint hitelesíthető a meg nem tört főtartóélű táramérleg. Ennél a C él ágya nincs megszakítva. (L.: 2. ábra). A mérleget célszerű rögzített asztalon tartani. A mérleg három lábát kúposan bemélyedő gumi, vagy vas alátétbe helyezük, melyeket rögzítünk. Ezáltal a mérleg az asztalon sem tud elmozdulni. A mérleg lezárását olyan védődobozzal oldhatjuk meg, melynek oldala és előlapja üvegből van. Az oldal-üvegezéseket lehetőleg két, egyenlő félből készítsük, külön horonyba állítva. (L. 3. 4. ábra). Ezek egymás között jól záródjanak. Így az előlap felé eső fele a hátlap felé eltolható. A mérendő tömeget és a súlysorozat tömegeket az oldallap nyílásán át helyezük a mérleg-csészékre. Előny, hogy zárt doboznál végezhetjük a mérést. Még egy jó táramérleg is megéri a környezetet légmozgását.

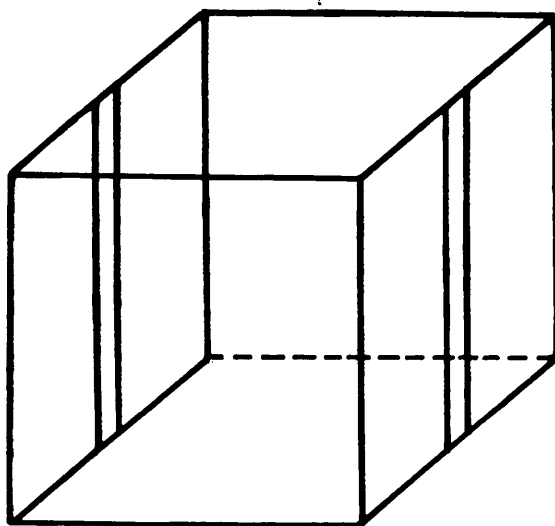
A mérleg-serpenyőket a láb-csavarokkal olyan magasságra állítjuk be, hogy azok arretálva (tehermentesítve) éppen a mérleg asztalán legyenek. A lengő részek súlya így nem terheli a mérleg éleket, ha nem mérünk. Előnyös, ha a lengő mérlegnél a mutató közepes egyensúlyi helyzete a skála „0” pontiára esik. Ha ez nem így van, beállíthatjuk a mutatót a mérlegkarok végén a csavarmeneten lévő kis csavar megfelelő ki-, vagy becsavarásával. (1. ábra A. és B. csavar) Ezzel a táramérleget a szükséghez képest beállítottuk.

A mérleg használata. A táramérleggel való mérésnél előnyös az alábbiakat betartani: (Az előírások a mérleg fölé falra kifüggeszthetők).

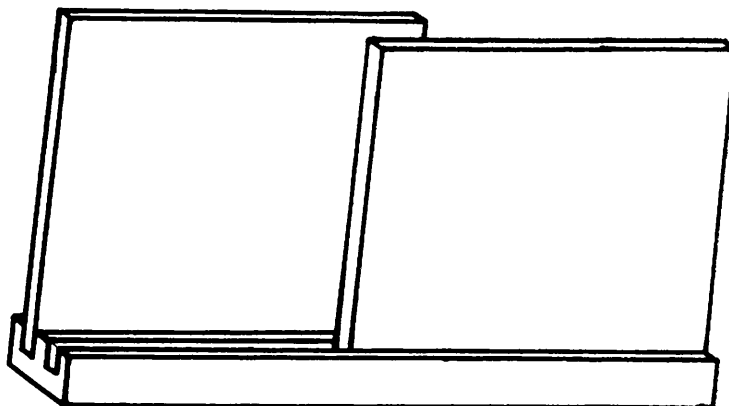
1. Minden táramérleg egyik jellemző adata: a terhelhetőség, melyet a mérleghez megadnak. A nálunk leginkább használatos táramérlegek terhelhetősége: 200 g, 500 g, 1000 g, 2000 g. A terhelhetőség azt jelenti, hogy olyan nagyságú tömegek mérhetők a mérleggel, melyek a terhelhetőségnél kisebbek. Ha a terhelhetőségnél nagyobb tömeget

mérünk a mérlegen, nem csak a mérési eredményünk lesz kisebb pontosságú, hanem az élek és karok túlterhelése miatt a mérleg „jósága” is romlik.

2. A mérlegtányérokra helyezünk azok megvédésére műanyag



3. ábra



4. ábra

tányérokat, vagy kör alakúra vágott üveglemezt. Ezeket csiszolóvászonnal egyenlő tömegűre csiszolhatjuk össze.

3. Ha a mérleg-élek beporosodtak, a mérleget szétszedve, az éleket ecsettel tisztíthatjuk. Tisztítás közben a mérleg alkatrészeit lehetőleg ne kézzel, hanem tiszta flanel-ruhával fogjuk, az élekhez ne érjünk hozzá.

4. A mérleg dobozát csak a tömeg és a súlysorozat ráhelyezésének idejére nyissuk fel, a mérést is zárt mérleg-doboznál végezzük.

5. A mérleg épségére mindig vigyázzunk, mert rázás, mozgatás a mérleg jószágát nagy mértékben rontja.

6. A bevizszintezett és beállított mérleget ne állítsuk el. Csak ellenőrizzük a vízszintezés helyességét. Ugyanígy ne változtassunk a skála közepre állításán sem.

7. Minden mérleghez, — annak dobozában — tartsuk állandóan ugyanazt a súlysorozatot, mégpedig olyat, mellyel a mérleg terhelhetőségén belüli tömegek mérhetők. A súlysorozatot lehetőleg ne cseréljük, más kísérletnél ne használjuk, mert ütődések, karcolások tömegét változtatják.

8. Mérésnél a mérendő tömeget, — ha gyors mérést végzünk (lásd alább) mindig a bal serpenyőbe, a súlysorozat tömegeit a jobb serpenyőbe helyezük. Ez azért előnyös, mert a mérlegkarok aránya így nem változik.

9. A súlysorozat tömegeit, a legnagyobbat is, — csak csipesszel fogjuk meg. Használat előtt és után ellenőrizzük, nem hiányos-e a súlysorozat.

10. Tömeget és a legkisebb súlysorozat tömegeit is csak arretált mérlegre szabad helyezni és csak arretált mérlegről szabad levenni. Dezarretált (lengő) mérleg serpenyőin levő tömeg nem változtatható.

11. Mérésnél a leolvasást mindig a mérleggel szemben ülve végezzük, hogy a leolvasási hiba minél kisebb legyen.

12. Gyorsmérésnél használjuk fel a mérleghez megadott mérési hibát, (L. alább), amely speciálisan a mérlegre vonatkozik.

Tömegmérés táramérleggel. A Gauss (felcserelési), vagy a Borda (helyettesítési) mérésmódszerek kiküszöbölik a karok egyenlőtlenségéből származó hibákat, és a tömeg számértékét nagy pontossággal adják. A táramérleggel való mérésnél, — melynek érzékenysége általában 1 skálarész/cg — jóval nagyobb pontatlanságok lépnek fel, hogy sem ezen mérési módszerekkel kapott eredményt ki tudnánk használni. Célunk egy olyan mérési módszer keresése, mely a táramérleg állapotának megfelelő pontossággal adja a mérési eredmény számértékét, amellet rövid idő alatt elvégezhető. Ezt a mérési módszert fogjuk „gyors mérésnek” nevezni. Megköveteljük azonban mérési módszertől: adjon arra nézve is felvilágosítást, hogy az egyes méréseknél milyen maximális mérési hibát követünk el?

Mielőtt e mérési módszerrel foglalkoznánk, nézzük a mérleg két jellemző hibáját.

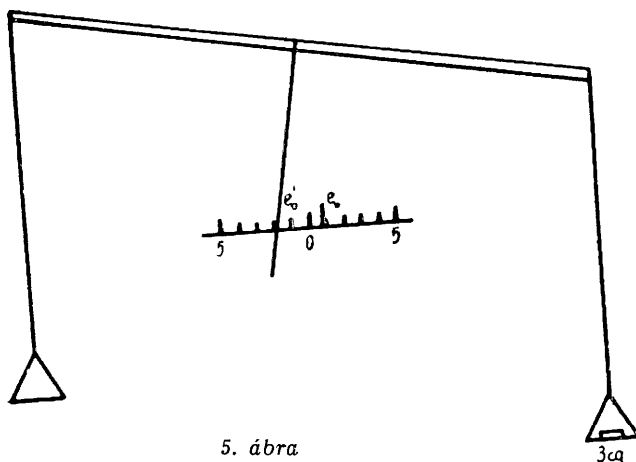
A mérleg vizsgálata. Ismerkedjünk meg a mérleg „állékonysági” és „helyességi” hibájával. Ha ezeket egy mérlegre meghatároztuk, huzamosabb időn keresztül (fél év, 1 év) használhatjuk az el nem mozdított és lezárt mérleget anélkül, hogy ezeket ismét meg kellene határoznunk.

a) *Állékonysági hiba meghatározása.*

1. Terheletlenül meghatározzuk a mérleg egyensúlyi helyzetét ötször: „ e_i ” (minden egyensúlyi helyzethez leolvassunk egymás után három kitérést jobbra és két kitérést balra.) (L. 5. ábra.)

2. Ebből meghatározzuk a terheletlen mérleg közepes egyensúlyi helyzetét:

$$e_0 = \frac{\sum e_i}{5}$$



- $e_1 = 0,5$
- $e_2 = 1,0$
- $e_3 = 0,6$
- $e_4 = 0,8$
- $e_5 = 0,7$

$$e_0 = 0,72 \text{ s. r.}$$

(skála rész)

$$\Delta = \pm 0,442 \text{ s. r.}$$

túlsúly: 30 mg

$$e'_0 = -1,78 \text{ s. r.}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_0 &= \\ &= \frac{30}{|-1,78 - 0,72|} \\ &= \frac{\text{mg}}{\text{s. r.}} \end{aligned}$$

5. ábra

$$\varepsilon_0 = 12 \frac{\text{m}_2}{\text{s. r.}}$$

Állékonysági hiba:

$$\Delta \cdot \varepsilon_0 = 5,304 \text{ mg}$$

Egyetlen mérés egyensúlyi helyzetének hibáját ebből a következőképpen számítjuk:

$$\Delta = \pm \sqrt{\frac{\sum (e_i - e_0)^2}{n-1}}$$

Ez megmutatja, hogy egyetlen egyensúlyi helyzet megállapításakor milyen maximális hibák követhetünk el. (L. 5. ábra).

3. Az 1. alatti méréssorozatnál az utolsó egyensúlyi helyzet megállapításakor túlsúllyal (jobboldali serpenyőben) is meghatározzuk a mérleg egyensúlyi helyzetét egyszer: „e’₀”, és ebből a mérleg „érzékletlenségét”.

$$\varepsilon_0 = \frac{\text{túlsúly}}{(e'_0 - e_0)} \quad \frac{\text{mg}}{\text{skála rész}}$$

Az érzékletlenség tehát azt mutatja meg, hogy a mérleg egyensúlyi helyzetében 1 skálarész eltolódást hány mg tömeg hoz létre. A mérlegnek, mint mérőeszköznek egyik hibáját a

$$\Delta \cdot \varepsilon_0$$

szorzat adja meg. Ez a mérleg „állékonysági hibája” mg-ban. Ez megmutatja, hogy egyetlen egyensúlyi helyzet meghatározásával a tömegmérésnél maximálisan hány mg hibát követhetünk el.

b) *Helyességi hiba.* Mérésnél a terhelhetőség határán belül bármilyen tömeget mérhetünk, de figyelembe kell vennünk, hogy a mérlegkarok egyenlőtlenségéből is származhat mérési hiba. Az így fellépő hiba kiszámítása végett határozzuk meg a mérleg „helyességi hibáját”.

1. A mérleg serpenyőkre teljes terhelést téve, meghatározzuk a mérleg egyensúlyi helyzetét egyszer: „e’₁₀₀”. (L. 5. ábra). Majd a serpenyőkön levő tömegeket felcserélve, ismét meghatározzuk az egyensúlyi helyzetet: „e’’₁₀₀”.

Ezek számtani közepe:

$$e_{100} = \frac{e'_{100} + e''_{100}}{2}$$

adja teljes terhelésnél a mérleg közepes egyensúlyi helyzetét.

2. A második egyensúlyi helyzet: „e’’₁₀₀” megállapítása után meghatározzuk túlsúllyal is az egyensúlyi helyzetet: „e*₁₀₀” és ebből teljes terhelésnél a mérleg érzékletlenségét:

$$\varepsilon_{100} = \frac{\text{túlsúly}}{e_{100}^* - e''_{100}} \quad \frac{\text{mg}}{s \cdot r}$$

Akkor a:

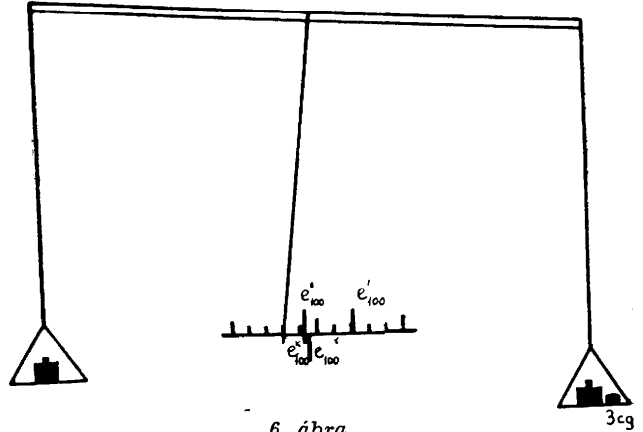
$$\pm \varepsilon_{100} \cdot (e_{100} - e_0) \text{mg}$$

adja a maximális hibát, melyet a terhelhetőség határán belül tömegmérésnél elkövethetünk amiatt, hogy a mérlegkarokat egyenlőknek tekintjük (vagyis nem vesszük figyelembe, hogy a mérleg karok között hosszkülönbség lehet). Ez a mérleg helyességi hibája. Egyetlen mérésnél a két hiba összegét követhetjük el mint maximális hibát:

mérleg hiba = \pm [(állékonysági hiba) + (helyességi hiba)]

Jó táramérlegnél az állékonysági hiba és a helyességi hiba összege kisebb 2 cg-nál.

$$\begin{aligned}
 e'_{100} &= 2,1 \text{ s. r.} \\
 e''_{100} &= -0,9 \text{ s. r.} \\
 e_{100} &= 0,6 \text{ s. r.} \\
 e^*_{100} &= -0,9 \text{ s. r.} \\
 \text{túlsúly} &= 30 \text{ mg} \\
 \epsilon_{100} &= \frac{30}{|-0,9 - 0,6|} = \\
 &= 20 \frac{\text{mg}}{\text{s. r.}}
 \end{aligned}$$



6. ábra

Helyességégi hiba:

$$\pm \epsilon_{100} \cdot |e_{100} - e_0| = 20 \cdot |0,6 - 0,72| = \pm 1,4 \text{ mg}$$

Mérleg hiba:

$$\pm (12 + 1,4) = \pm 13,4 \text{ mg}$$

Gyors mérés: Ha a beállított mérleghez a terheletlen egyensúlyi helyzetet és a mérleghibát megadjuk, ennek alapján a gyorsmérést most már könnyen elvégezhetjük.

1. Egy lengés sorozatból (3 kitérés jobbra, 2 balra) meghatározzuk a mérleg egyensúlyi helyzetét terheletlenül.

2. A mérendő tömeget a bal serpenyőbe tesszük, s ezt a jobb serpenyőbe tett súlysorozat-tömeggel egyensúlyozzuk, hogy a mérleg a megállapított terheletlen egyensúlyi helyzetre visszaálljon. Akkor

$m_{\text{mért}} = m_{\text{súlysorozat}} \pm \text{mérleghiba}$

Mint említettük, megfelelő jóságú, jól beállított táramérlegnél a mérleghiba 2 cg-nál kisebb. A gyorsméréssel való tömegmérésnél ez a pontosság kielégítő. Mérő kísérleteknél a mérendő tömeg általában legalább is g nagyságrendű. 1 g tömegmérésnél ez 2 százalékos, 5 g-nél 0,4 százalékos tömegmérési hibát jelent. Nagy előnye a mérési módszernek, hogy rövid idő alatt elvégezhető. Természetesen a módszer kielégítően csak akkor használható, ha a mérleg beállítással és használatával kapcsolatban megismert előírásokat betartjuk. A gyorsméréssel való tömegmérés bevezetése a főiskolai fizika-mérőgyakorlatok keretében célszerű. A legtöbb mérőgyakorlatnál a tömegmérés csak alárendelt szerepet játszik az egész gyakorlat szempontjából. Míg a Gauss-módszerrel való tömegmérés általában 30 percet vesz igénybe, a gyorsméréssel való tömegméréshez 3—5 perc szükséges.