Mérési jegyzőkönyv

1. számú mérés

Gravitációs gyorsulás mérése megfordítható ingával

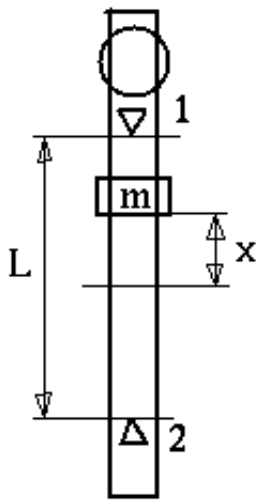
Mérést végezte : Kulyassa Róbert
Mérés időpontja : 2000. február 21. (hétfő délelőtt)

1 Mérés elve

A nehézségi gyorsulás mérésére egy megfordítható ingát használunk, úgy, beállítva azt, hogy a két ékhez tartozó lengésidő megegyezzen. Így a gyorsulás számításánál csak a két ék közötti távolság és a lengésidő a paraméter, és ha ezeket pontosan ismerjük, akkor a gyorsulás is pontosan meghatározható. A mérés pontosságat azonban tovább rontja, hogy meg kell keresnünk az ingának azt az állapotát (a súlypont változtatásával) amikor a periódusidők azonosak.

2 Mérés leírása

Az méréshez olyan megfordítható ingát (én a laboratóriumban található ingák közül a hosszabbikat) használunk, melynek súlypontja egy csuszkával állítható.



ábra 1: Mérési elrendezés

Először durván határozzuk meg a két metszéspontot, úgy. hogy 5cm-es lépésekben vaáltoztatjuk a súly helyzetét és mérjük a lengésidőket.
Eredmények: (Az inga geometriai kialakítása miatt néhány adatot nem tudtam lemérni, ezek a táblázatban üresen maradó négyzetek, a mérést azonban

Súly helyzete (cm)	10 T1 (s)	10 T2 (s)
-40	20.579	
-35	20.434	
-30	20.300	20.281
-25	20.179	20.169
-20	20.077	20.075
-15	19.986	20.004
-10	19.917	19.949
-5	19.860	19.917
0	19.825	19.895
5	19.811	19.895
10	19.816	19.905
15	19.852	19.940
20	19.914	19.983
25	20.008	20.041
30	20.124	20.108
35	20.271	20.187
40	20.462	20.282

Táblázat 1: Eredmények 10 periódus megmérése után

nem befolyásolják, mert távol vannak a metszéspontoktól)

Az ábrából jól látszik (és számolható is), hogy a második metszés (amelyik a 28 és a 29cm közé esik) meredekebb mint az első. Ezért ez a pont sokkal kevésbé érzékeny a hibákra, tehát ebből próbáljuk meghatározni a nehézségi gyorsulást.
Ehhez előbb pontosabban meghatározzuk ezt a helyet. Most 50 periódusokat mérünk, és csak a keresett pont kis környezetében, centiméteres lépésekben.

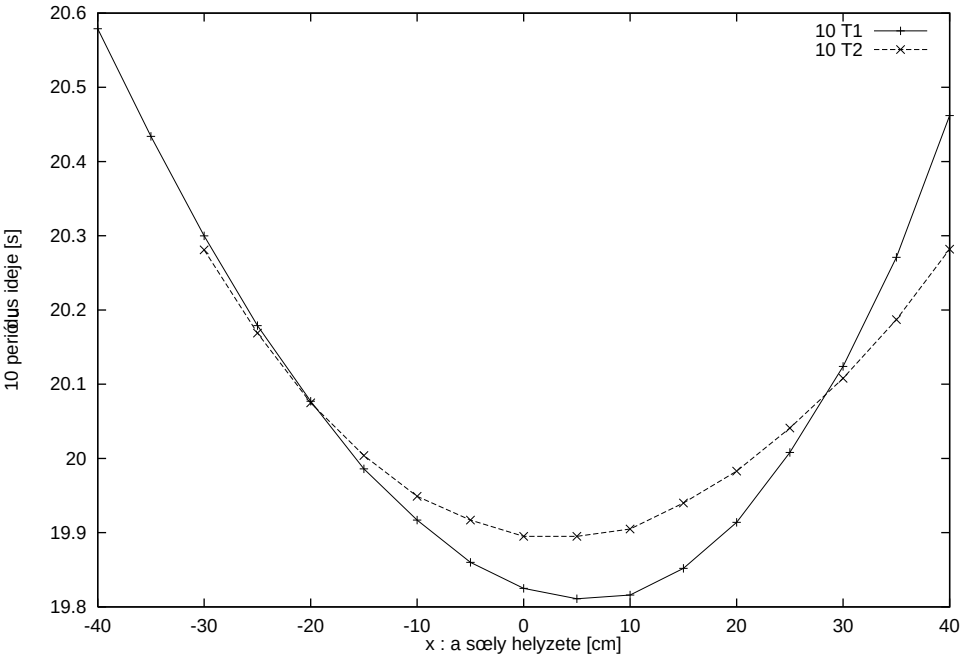
A mérési pontokra egyeneseket illesztünk:

$$50T_1 = a_1 + b_1 x, a_1 = 0.123 \pm 0.0024, b = 96.93 \pm 0.069$$

$$50T_2 = c_2 + d_2 x, a_2 = 0.072 \pm 0.001, b = 98.34 \pm 0.029$$

(Az "1" indexek az egyes, a "2" indexek a kettes ékhez tartoznak.)
A két egyenes metszéspontja:

$$x = 27.45cm, T = 2.0055s$$



ábra 2: A durva méres eredménye

3 Eredmény

Ezek alapján g-t már meg tudjuk határozni:

$$g = \frac{4\pi^2 L}{T^2}$$

(ahol:

- g a meghatározandó nehézségi gyorsulás
- L a két ék közötti távolság (ebben a mérésben L=1.0011)
- T a lengés periódusideje (amely most mindkét ékre azonos)

)

$$g = 9.82605 \frac{m}{s^2}$$

Súly helyzete (cm)	50 T1 (s)	50 T2 (s)
26	100.153	100.221
27	100.273	100.287
28	100.384	100.356
29	100.499	100.426
30	100.635	100.503
31	100.776	100.582

Táblázat 2: Eredmények 10 periódus megmérése után

Sorszám	T (s)	ΔT (s)
1.	2.0579	+0.0003
2.	2.0584	−0.0002
3.	2.0583	−0.0001

Táblázat 3: Azonos beállítású ingák perisdus ideje (10 periódusokból meghatározva)

4 A mérés hibái

Egy beállítással T-t többször is megmértem.

A táblázatban szerepló adatokból és a

$$\Delta T = \frac{|\Delta T_1| + |\Delta T_2| + |\Delta T_3|}{3}$$

hibaszámítási képletből meghatározható :

$$\Delta T = \pm 2 \cdot 10^{-4}$$

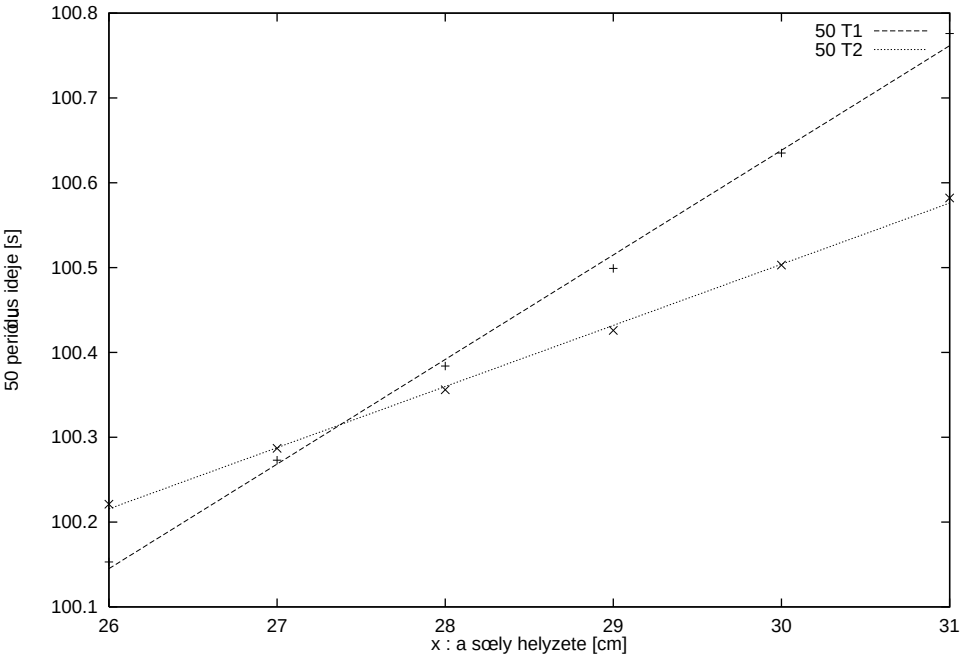
Az inga éktávolság hibája (megadott adat alapján) :

$$\Delta L = \pm 2 \cdot 10^{-4}$$

Ezek alapján már g hibáját is meghatározhatjuk:

$$\Delta g = g(\frac{\Delta L}{L} + 2\frac{\Delta T}{T})$$

$$\Delta g = \pm 0.0039 \frac{m}{s^2}$$



ábra 3: A finomabb mérés ponjai a rájuk illesztett egyenesekkel

5 Szisztematikus hibák, korrekciók

Az egyik ilyen hiba a fizikai inga lengésidejének közelítése a

$$K(\alpha) = 1 + \frac{1}{4}sin^2\frac{\alpha}{2} + \frac{9}{64}sin^4\frac{\alpha}{2} + \frac{25}{256}sin^6\frac{\alpha}{2}...$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}K(\alpha)}$$

innen

$$g = 4\pi^2 L\frac{K}{T}^2 = 4\frac{\pi^2 L}{T^2}\frac{1}{K^2}$$

$$g = Kg'$$

(ahol α az inga maximális kitérése, g' a közelítéssel számolt nehézségi gyorsulás)
képlet használata helyett. Miután az inga kitérése kisebb mint 10°, ezért K értéke körülbelül 0.996, vagyis :

$$\Delta g = g - g' = 0.0038\frac{m}{s^2}$$

Tehát a számolt értéket csökkenteni kell ezzel a számmal.
A másik szisztematikus hiba a levegő hidrosztatikus felhajtóerejének és az inga légellenállásának elhanyagolásából adódik:

$$\Delta T_h = 0.8\frac{\rho_l}{\rho_i}T$$

(ahol:

- $\rho_l = 1.259\frac{kg}{m^3}$: a levegő sűrűsége

- $\rho_i = 8500\frac{kg}{m^3}$: az inga sűrűsige

)
Adódik, hogy:

$$\Delta T_h = 2.37 \cdot 10^{-4}s$$

Miután ez az elhanyagolás növeli a periódusidőt, ezért a mért (vagy számolt) lengésidőt csökkenteni kell ΔT_h -val. Ezzel a korrekcióval számolva :

$$T = 2.005263s$$

ezzel a módosított T-vel számolva

$$g = 9.8286\frac{m}{s^2}$$

6 A végeredmény

Az elõzõ korrekciókat is figyelembe véve :

$$g = 9.8248 \pm 0.0039\frac{m}{s^2}$$