**Mérési jegyzőkönyv**

**01. Nehézségi gyorsulás mérése megfordítható ingával**

A mérést végezte és a jegyzőkönyvet készítette:

Radics Máté (RAMRAAT.ELTE), Fizika BSc II. évfolyam

A leadás ideje: 2010. október 18. (kedd)

**1. A mérés célja**

A mérés célja a gravitációs gyorsulás budapesti értékének meghatározása volt

Mérési feladatok:

1. 10 lengés idejének mérése a tolósúly helyzetének függvényében, mindkét ékre vonatkozólag; a *T1(x)* és a *T2(x)* görbék felrajzolása, és a metszéspontok hibájának meghatározása
2. A triviálistól különböző metszéspontok körül -es környezetben szintén 10 teljes lengés idejének mérése, az így kapott adatok ábrázolása. Egyenesillesztés, az egyenesek adatainak alapján a metszéspont meghatározása
3. A kapott mérési eredmények alapján a nehézségi gyorsulás () értékének, és az érték hibájának megadása
4. A korrekciók alapján a szisztematikus hibák nagyságának becslése, szükség esetén a mért értékek módosítása
5. A súlypont megadása tolósúlyhelyzet esetén, a hiba megadása, valamint annak igazolása, hogy *T1*és *T2* a nem triviális megoldáshoz tartozó érték
6. A súlypont mérése több tolósúlyhelyzetnél, az görbe megadása, annak becslése, hogy mely x értéknél lenne triviális megoldás

**2. A mérőeszközök:**

* Megfordítható inga (éktávolság: 1001,1±0,2 mm)
* Időmérő
* Súlypontmérő ék

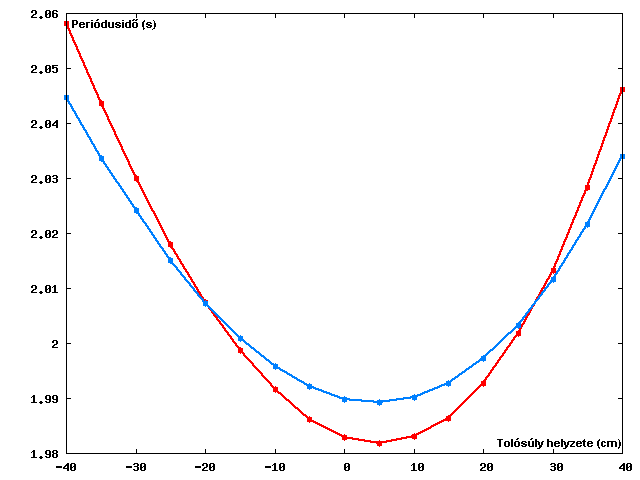
**3. A mérés elve:**

A megfordítható inga két, egymással párhuzamos ékjének (E1 és E2) távolsága le. Az inga súlypontja a két ék között, az azokat összekötő egyenes mentén helyezkedik el. A súlypont helyzete és az inga tehetetlenségi nyomatéka a két ék között elhelyezkedő tolósúllyal (m) változtatható. A mérés során a tolósúly helyzetét lépésről-lépésre változtathatjuk, és mérjük a mindkét ék körüli lengésidőket (T1 és T2) a tolósúly helyzetének (x) függvényében. Kapunk tehát két görbét, T1(x)-et, és T2(x)-et. A két görbe több x pontban metszi egymást. A metszésponthoz tartozó T időből, az ékek le távolságának ismeretében a nehézségi gyorsulás kiszámolható a képlet segítségével.

**4. A mért adatok**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tolósúly helyzete ([)** |  |  |
| -40 | 20,581 | 20,447 |
| 20,582 | 20,443 |
| 20,583 | 20,444 |
| 20,578 | 20,445 |
| 20,581 | 20,446 |
| -35 | 20,437 | 20,337 |
| -30 | 20,300 | 20,240 |
| -25 | 20,180 | 20,151 |
| -20 | 20,075 | 20,073 |
| -15 | 19,988 | 20,009 |
| -10 | 19,917 | 19,959 |
| -5 | 19,864 | 19,922 |
| 0 | 19,829 | 19,899 |
| 5 | 19,818 | 19,892 |
| 10 | 19,833 | 19,901 |
| 15 | 19,864 | 19,927 |
| 20 | 19,923 | 19,972 |
| 25 | 20,019 | 20,033 |
| 30 | 20,132 | 20,116 |
| 35 | 20,283 | 20,216 |
| 40 | 20,462 | 20,340 |

Az így kapott értékeket GNUplottal ábrázoltam:



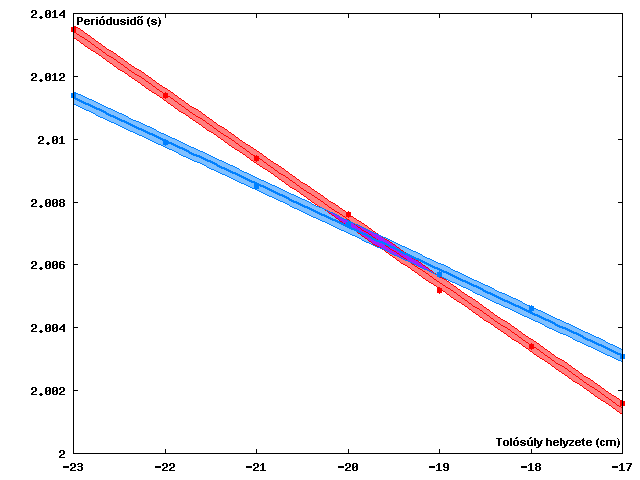
A későbbi hibaszámításhoz reprodukciós méréssorozatot készítettem a tolósúly -es helyzeténél (ld. a fenti táblázatot). Az empirikus szórás mindkét éknél kb. 0,0002 s-nak adódott, így a reprodukcióból kiszámolt hibatag:

Az ábráról leolvasható, hogy a két metszéspont kb. a tolósúly -20 és 27 cm-es helyzete környékén van, így ezen helyek ±3 cm-es környezetében 1 cm-enként haladva ismét megmértem a periódusidőt, majd az így kapott adatokra GNUplottal egyenest illesztettem.

Megjegyzés: az egyenesek körüli „konfidencia intervallum” megadásának módját ld. az 5.1 pontban.

**4.2. „Bal oldali” metszéspont**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tolósúly helyzete ()** |  |  |
| -23 | 2,0135 | 2,0114 |
| -22 | 2,0114 | 2,0099 |
| -21 | 2,0094 | 2,0085 |
| -20 | 2,0076 | 2,0073 |
| -19 | 2,0052 | 2,0057 |
| -18 | 2,0034 | 2,0046 |
| -17 | 2,0016 | 2,0031 |



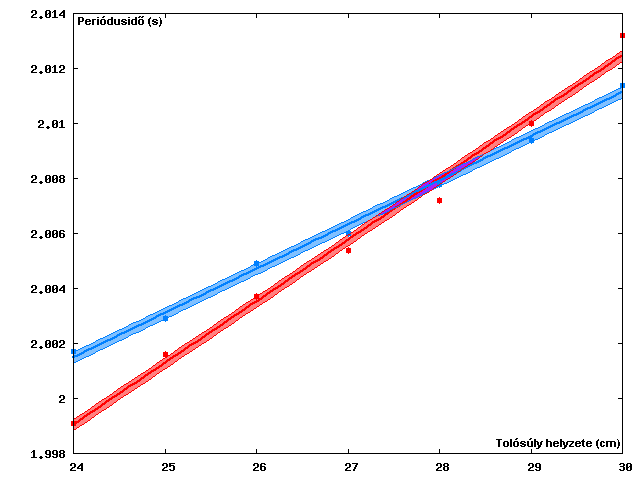
Az illesztett egyenesek adatai:

* Bal oldali metszéspont, első ék:
* Bal oldali metszéspont, második ék:

Ebből a metszéspont: , idő a metszéspontban: .

**4.3. „Jobb oldali” metszéspont**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tolósúly helyzete ()** |  |  |
| 24 | 1,9991 | 2,0017 |
| 25 | 2,0016 | 2,0029 |
| 26 | 2,0037 | 2,0049 |
| 27 | 2,0054 | 2,0060 |
| 28 | 2,0072 | 2,0078 |
| 29 | 2,0100 | 2,0094 |
| 30 | 2,0132 | 2,0114 |



Az illesztett egyenesek adatai:

* Jobb oldali metszéspont, első ék:
* Jobb oldali metszéspont, második ék:

Ebből a metszéspont: ;

A két metszéspontban számított idő átlaga: . Így a nehézségi gyorsulás értéke (egyelőre korrekciók és hibatagok nélkül):

**5. Hibaszámítás**

Mindenekelőtt az éktávolságok hibája: .

**5.1. Az időméréssel kapcsolatos hibák**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Bal oldali metszéspont** | | |
| **Tolósúly helyzete )** |  |  |
| -23 | 0,00007 | 0,00008 |
| -22 | 0,00003 | 0,00005 |
| -21 | 0,00004 | 0,00009 |
| -20 | 0,00016 | 0,00008 |
| -19 | 0,00024 | 0,00015 |
| -18 | 0,00005 | 0,00012 |
| -17 | 0,00015 | 0,00001 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Jobb oldali metszéspont** | | |
| **Tolósúly helyzete ()** |  |  |
| 24 | 0,00006 | 0,00022 |
| 25 | 0,00033 | 0,00019 |
| 26 | 0,00019 | 0,00020 |
| 27 | 0,00034 | 0,00030 |
| 28 | 0,00078 | 0,00011 |
| 29 | 0,00022 | 0,00012 |
| 30 | 0,00075 | 0,00028 |

Az illesztett egyenesektől való abszolút eltéréseket átlagoltam: , ennek alapján rajzoltam be a konfidencia intervallumot a fentebb látható grafikonokon. Megjegyzem, hogy ez az érték megegyezik a reprodukciós méréssorozatból kiszámított értékkel, mely szintén 0,0002 s. Azonban a két metszéspontnál számított idők eltérése az átlaguktól ennél nagyobb: 0,0005 s, így a mérési leírás alapján ezt kell figyelembe venni. Így a korrigált kritikus periódusidő: . Az éktávolságok hibáját is figyelembe véve: , ebből . Így

**5.2. Korrekciók**

**5.2.1. Hidrodinamikai és hidrosztatikai korrekció**

A mérési leírásban szereplő képlet alapján: , ahol , és

. . Ez az érték összemérhető a mért időadatok pontosságával, így le kell vonni a kritikus időből. Ezzel -ra változik, de ez *g* hibájában csak egy 10-3 nagyságrendű hibát okozna, így elhagyható.

**5.2.1. A közelítésből eredő hiba**

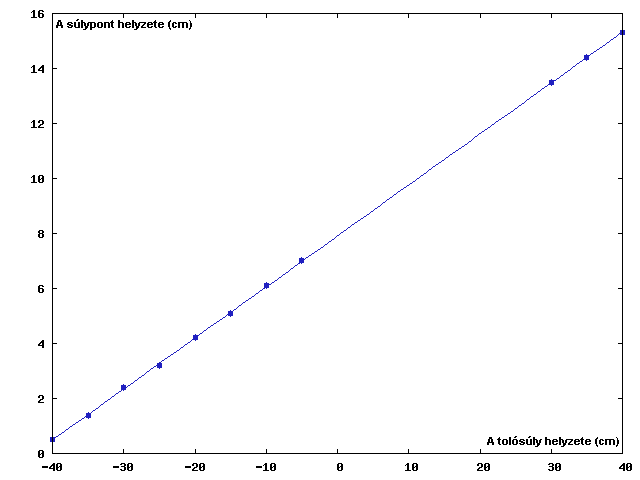
Az alátámasztási pont (saját magasságomat használva viszonyítási alapnak) kb. 2 m, a fénykapu pedig kb. 40 cm magasan helyezkedett el; az átlagos kitérés kb. félarasznyi (esetemben 5-6 cm) volt. Ebből a kitérés szöge: . A mérési leírásban szereplő táblázat alapján ez egy 0,0076%-os relatív hibafaktort ad. 6, ebből , ami két nagyságrenddel kisebb, mint az idő hibájából adódó (már korábban tárgyalt) járulék, így ez is elhagyható. Ezzel ***g* végleges értéke:**

**6. A triviális súlyponthoz tartozó tolósúlyhelyzet kiszámítása**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| A tolósúly helyzete (cm) | 40 | 35 | 30 | -5 | -10 | -15 | -20 | -25 | -30 | -35 | -40 |
| A súlypont helyzete (cm) | 15,3 | 14,4 | 13,5 | 7,0 | 6,1 | 5,1 | 4,2 | 3,2 | 2,4 | 1,4 | 0,5 |

A súlypont helyének leolvasási hibája:

A fenti adatokra GNUplot segítségével egyenest illesztettem:



Az illesztett egyenes egyenlete:

A tengelymetszetet, és így a triviális súlyponthoz tartozó tolósúlyhelyzetet a következőféleképpen kaphatjuk meg:

Ebből , hibája:

Így a triviális súlyponthoz tartozó tolósúlyhelyzet: