

**Megoldás.** Az inga összeállítása általában nem okozott gondot a mérők számára. A pingponglabdára a fonalat vagy cellul-szalaggal ragasztották rá, vagy pedig egy felforrósított tűvel átfúrták a labdát egyik átmérője mentén, és a lyukon keresztül rögzítették a „nehezéket”. Szálként varrocérna, hímzőfonál és horgászdamil egyaránt előfordult.

A légellenállási erő által egy félperiódus alatt végzett munkát minden versenyző ugyanolyan módon, az energiacsökkenés mérésével határozta meg, az átlagteljesítményt pedig a munka és a féléngés idejének hányadosaként kapták meg. Ehhez mérni kellett az inga indítási magasságát, továbbá azt, hogy milyen magasra emelkedett az inga a túloldalon, és a közben eltelt időt. Ezt a „többkezes” feladatot már különböző módon oldották meg a kísérletezők. Íme néhány ezek közül:

*Szabó Áron* (Debrecen, Fazekas M. Gimn., 11. évf.) szülői segítséget vett igénybe az inga indításához, ő maga pedig az egyik kezével elkapta a túloldalon felemelkedő labdát a pálya legmagasabb pontjánál, miközben a másik kezével a telefon stopperét használva mérte az időt.

*Vigh Máté* (Pécs, PTE Babits M. Gyak. Gimn., 11. évf.) egy, az inga felfüggesztési pontjába szerelt zseblámpaizzó segítségével levetítette a labda árnyékát a talajra. A labda indításához ő is külső segítséghez folyamodott, de még így is megoldhatatlan kérdés maradt számára: „hogyan tud két ember egyszerre időt mérni, ingát indítani és a pingponglabda árnyékát bejelölni a talajon összesen  $2 + 2 = 4$  kézzel?!” Ezért videokamerával felvette az egész mérést, majd a felvételt lassítva visszajátszva határozta meg a félperiódusok időtartamát.

*Szilágyi Péter* (Debreceni Egyetem Kossuth L. Gyak. Gimn., 11. évf.) egy beltéri falból kiálló kampóra szerelte az ingát, amelynek helyzetét a „szögmérővé preparált” falon követte.

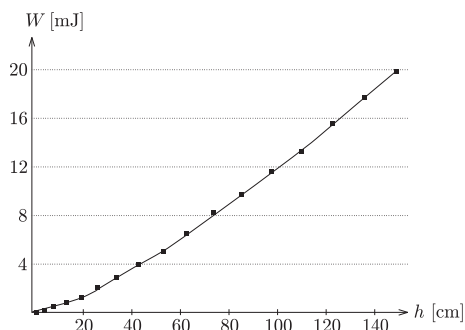
*Juhász Anikó* (Eger, Gárdonyi G. Gimn., 12. évf.) fél centiméterenként beosztott skála segítségével határozta meg a labda indítási és felemelkedési magasságát. A lengési sík állandóságát úgy biztosította, hogy nem egyetlen szádra, hanem „bifilárisan”: két – egymással valamekkora szöveget bezáró – fonálra függesztette fel a labdát.

*Rakya Péter* (Révkomárom, Selye J. Gimn., 11. évf.) – igen ötletesen – egy segédszál segítségével úgy oldotta meg a magasságmérést, hogy az inga lengés közben valamekkora hosszban maga után húzta a szálát.

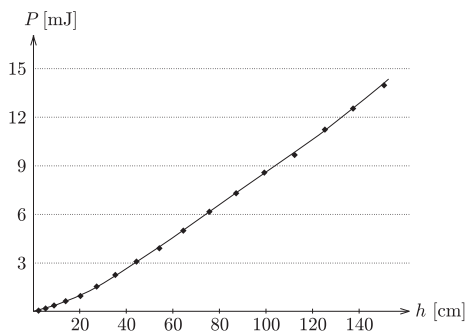
Többen észlelték, hogy viszonylag kis kitérések esetén az inga periódusideje jól egyezik egy matematikai inga lengésidejével, nagyobb kitéréseknél viszont ennél nagyobb. *Szekeres Balázs* (Szolnok, Verseghy F. Gimn., 12. évf.) semmit nem vett kézpénznek, még a gravitációs gyorsulás értékét is megmérte. Eredménye  $9,89 \text{ m/s}^2$ , és ennek a mérésnek a hibáját – nem az „irodalmi” és a mért érték eltéréseiből, hanem az időmérés és a távolságmérés pontosságából – 1 százalékosnak becsülte.

A mérési feladat jól körülhatárolt feltételei (pingponglabda, 1,5 m hosszú szál) miatt a különböző versenyzők mérési eredményei jól összehasonlíthatók, hiszen a pingponglabdák tömege, mérete jó közelítéssel mindenhol ugyanakkora. Csupán a felfüggesztő szál minősége okozhat némi különbséget, illetve a mérés körülményei. (Többen észrevették, hogy az inga lengései igen érzékenyek a huzatra meg egyéb légáramlatokra.)

Az eredmények azt mutatják, hogy a közegellenállási erő félperiódus alatt végzett munkája, illetve ennek átlagteljesítménye majdnem lineárisan változik az indítási magassággal. A mellékelt grafikonok Szilágyi Péter mérési adatait mutatják.



1. ábra. A légellenállási erő munkája az indítási magasság függvényében



2. ábra. A légellenállási erő átlagos teljesítménye az indítási magasság függvényében

Többen hatványfüggvény-illesztéssel megadták a  $W(h)$  és  $P(h)$  függvénykapcsolatok egyenleteit is. Íme néhány függvényalak (cm, mW és mJ egységeket használva):

$$W = 0,04 \cdot h^{1,23}; \quad P = 0,03 \cdot h^{1,19}$$

Szabó Áron (Debrecen) mérése szerint,

$$W = 0,037 \cdot h^{1,3}; \quad P = 0,033 \cdot h^{1,28}$$

Vigh Máté (Pécs) adatai alapján, végül

$$W = 0,033 \cdot h^{1,28}; \quad P = 0,037 \cdot h^{1,18}$$

Szekeres Balázs (Szolnok) kísérleti eredményeit felhasználva. Látható, hogy az ország különböző részein különböző versenyzők eltérő eszközökkel elvégzett mérési eredményei kb. 10 százalékon belül ugyanazokat a szabályszerűségeket mutatják. Ez igen jó egyezés!