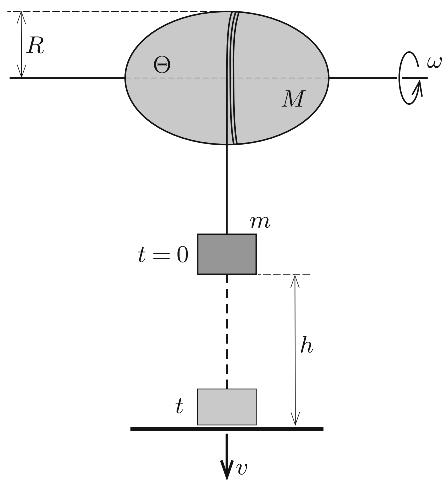
Eszközök: főtt tojás, tolómérő, stopper, mérőszalag, hústű, állványok, vékony fonál, ragasztószalag, a tojásnál kisebb tömegű súly.

A mérés menete: A tojás hosszanti tengelyén keresztülszúrtam a hústűt. A hústű végeit egy-egy állványra rögzítettem, figyelve arra, hogy a tű vízszintes legyen. A tojásra a közepénél ragasztószalaggal rögzítettem a fonalat, aminek a végére kötöttem a súlyt. A fonalat feltekertem a tojásra (végén a súllyal) majd egy bizonyos h magasságból elengedtem a súlyt, és mértem a leérkezésének t idejét.

Három magasságból indítottam a mozgást és mindegyiknél háromszor mértem az időket. Ezen időtartamok átlagából kiszámítottam a mozgás átlagsebességét, majd a tojás sugarának (R) ismeretében a meghatároztam a tojás tehetetlenségi nyomatékát.



Mérés elmélete: Feltételeztem, hogy a rendszer mechanikai energiája állandónak tekinthető:

$$E_{\text{mech.}} = \text{állandó}, \qquad \text{vagyis} \qquad mgh = \frac{1}{2}\Theta\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2.$$

Mivel ismerjük a szögsebesség és a nehezék sebessége közötti

$$\omega = \frac{v}{R}$$

kapcsolatot, valamint az egyenletesen gyorsuló mozgás h/t átlagsebessége és a végsebessége közötti összefüggést:

$$v = \frac{2h}{t},$$

ezekből kifejezhetjük a tehetetlenségi nyomaték keresett értékét a mérhető mennyiségekkel:

$$\Theta = mR^2\left(\frac{gt^2}{2h} - 1\right).$$

Mérési eredmények. Először megmértem, hogy
– a tojás tömege: $M = 0{,}069$ kg,
– a nehezék (súly) tömege: $m = 0{,}02$ kg,
– a tojás legnagyobb „sugara” a szimmetriatengelyére merőleges irányban: $R = 2{,}58$ cm,
– a tojás „hosszmérete”: $2a = 5{,}9$ cm. (Erre a méretre a kiértékelésnél nem volt szükség.)

A mért időtartamokat, azok átlagát, a belőlük számolt tehetetlenségi nyomatékokat, azok átlagát és az átlagtól való eltéréseket (a statisztikus hibát) az alábbi táblázat mutatja. A mérés pontosságáról a statisztikus hiba abszolút értékének átlaga ad felvilágosítást. (Az eltérések négyzetének átlagából, a szórásnégyzetből is lehet következtetni a mérés pontosságára.)

	h [cm]	t [s]	$\bar{t}$ [s]	Θ [kg m^2]	$\overline{\Theta}$ [kg m^2]	$\lvert\Delta\Theta\rvert$ [kg m^2]	$\overline{\lvert\Delta\Theta\rvert}$ [kg m^2]
1.	50	0,42	0,51	$2{,}06 \cdot 10^{-5}$	$1{,}94 \cdot 10^{-5}$	$12 \cdot 10^{-7}$	$4 \cdot 10^{-7}$
		0,52					
		0,58					
2.	75	0,63	0,61	$1{,}90 \cdot 10^{-5}$		$4 \cdot 10^{-7}$	
		0,60					
		0,61					
3.	100	0,74	0,70	$1{,}86 \cdot 10^{-5}$		$8 \cdot 10^{-7}$	
		0,67					
		0,70					

Összefoglalva a mérés eredményét megállapíthatjuk, hogy az adott (viszonylag nagy méretű) tojás tehetetlenségi nyomatéka a szimmetriatengelyére vonatkoztatva:

$$\Theta_{\text{tojás}} = (1{,}9 \pm 0{,}1) \cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg\,m^2}.$$

A becsült hiba nagyságát azért adtuk meg a statisztikus bizonytalanság kb. kétszereseként, mert a statisztikus hiba mellett a mért mennyiségek (időtartamok, távolságok, a tömeg mérésének leolvasási hibája és a szisztematikus hibák (pl. a tengelysúrlódás és a légellenállás), továbbá emberi tényezők (reakcióidő, tévedések) is felléphetnek.

Összehasonlítás egy elméleti értékkel: Ha feltételezzük, hogy a főtt tojás homogén anyageloszlású, tömör test, amelynek az alakja R, R és a féltengelyű forgásellipszoiddal közelíthető, akkor a tehetetlenségi nyomatéka

$$\Theta_{\text{elméleti}} = \frac{2}{5}MR^2 = 1{,}85 \cdot 10^{-5}\ \mathrm{kg\,m^2}.$$

Ennek az elméleti becslésnek is van (az M és R mennyiségek mérési pontatlansága miatt) hibája, ez kb. 1%-os lehet. Ezt növeli még a tojás alakjára és a tömegeloszlására tett feltevésünk bizonytalansága. Összahasonlítva a *mért* és a *számított* tehetetlenségi nyomatékokat megállapíthatjuk, hogy azok a mérési hibahatáron belül megegyeznek, ez a feltevéseink jogosságát támasztja alá.

Varga Áron (Keszthelyi Vajda János Gimn., 10. évf.)