

kategória

F

10-12.
osztályosok



**XVI. DÜRER
VERSENY**

Döntő:
2023. február 10-12.



**FIZIKA
MÉRÉS
FELADATSOR**

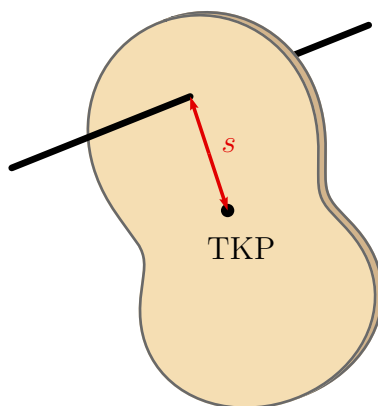
Figyelem! A teljes pontszám eléréséhez nem elegendő a megoldás számszerű közlése, a mérés lépéseit tartalmazó jegyzőkönyv és a végeredmény hibájára vonatkozó becslés is szükséges!

A mérés célja

A mérés során kvázi-kétdimenziós, inhomogén tömegeloszlású minta forgómozgását tanulmányozzuk. Célunk a test tömegközéppontján átmenő, síkjára merőleges tengelyre vonatkozó *tehetetlenségi nyomaték*ának meghatározása. Az alkalmazott módszer a test, mint fizikai inga lengésidejeinek mérése különböző felfüggesztési tengelyek mellett. Mint kiderül, a lengésidek minimumának ismerete lehetőséget ad a keresett tehetetlenségi nyomaték kiszámítására.

Elméleti bevezető

Tekintsünk a fentieknek megfelelően egy kellően vékony, kvázi-kétdimenziósnek tekinthető, M tömegű, akár inhomogén tömegeloszlású testet. A test valamely síkjára merőleges tengelyre felfüggesztve ingamozgást végez, amennyiben egyensúlyi helyzetéből kis mértékben kitérítjük; ezt illusztrálja az alábbi sematikus *ábra*.



A forgómozgás alapegyenletéből könnyedén kiszámítható, de a középiskolai tananyagból is ismert eredmény, hogy ezen fizikai inga lengésideje:

$$T_s = 2\pi\sqrt{\frac{\Theta_s}{Mgs}},$$

ahol g a nehézségi gyorsulás, s a tömegközéppont (TKP) és a felfüggesztési tengely távolsága, Θ_s pedig a test ezen tengelyre vonatkozó tehetetlenségi nyomatéka. Megmutatható, hogy a lengéside felveszi T_{\min} minimumát egy jól választott s_{\min} távolság esetén. Ezek a test adataival kifejezhetőek:

$$s_{\min} = \sqrt{\frac{\Theta_0}{M}}, \quad T_{\min} = 2\pi\sqrt{\frac{2s_{\min}}{g}} = 2\pi\sqrt[4]{\frac{4\Theta_0}{Mg^2}},$$

kategória

F

10-12.
osztályosok



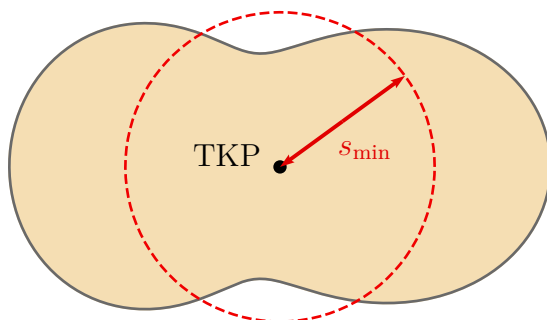
**XVI. DÜRER
VERSENY**

Döntő:
2023. február 10-12.



**FIZIKA
MÉRÉS
FELADATSOR**

ahol Θ_0 a tömegközéppontra vonatkozó tehetetlenségi nyomaték. Látható, hogy a minimális lengésidő akkor lép fel, ha a felfüggesztési tengely egy tömegközéppont körüli s_{\min} sugarú kör valamely pontján dőli át a testet, ahogyan az alábbi *ábra* is mutatja.

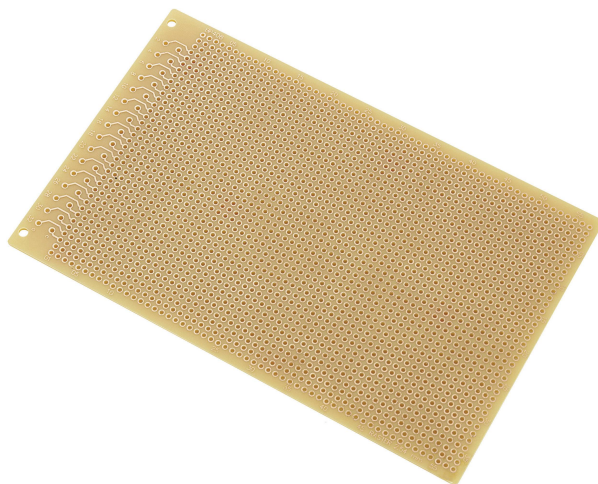


Fontos észrevenni, hogy ez a kör nem feltétlenül a test belsejében helyezkedik el, mindez a tömegeloszlás és a geometriai részletek bonyolult függvénye. Akár konvex síkidomok esetén is előfordulhat, hogy a körnek egy része a test területén kívül húzódik.

Mérési eszközök

A lengésidők méréséhez használt minta egy $M = [31 \pm 0,5]$ g tömegű, $a = [160 \pm 0,5]$ mm illetve $b = [100 \pm 0,5]$ mm oldalhosszú, téglalap alakú *nyomatott áramköri lap*, amelyet a jobb oldali *ábra* szemléltet. A mintát négyzetrácsba rendezett apró lyukak borítják, így tömegeloszlása inhomogén.

A feladat során a minta mellett rendelkezésre állnak vékony *varrótűk* és egy *kartondoboz* is. A varrótűt a minta valamely kicsiny lyukán átfűzve és a kartondobozba beleszúrva egy kellően szorosan rögzített tengelyt kapunk, amely körüli ingamozgás már vizsgálható. A lengésidők méréséhez minden csapatnak egy digitális *stopperóra* áll rendelkezésére. A nehézségi gyorsulás a következőkben minden esetben közelíthető úgy, mint $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.



kategória

F

10-12.
osztályosok



XVI. DÜRER VERSENY

Döntő:
2023. február 10-12.



FIZIKA
MÉRÉS
FELADATSOR

4. feladat

(10 pont)

A 3. feladat eredményei közül keressük ki azt a lyukat, amelyhez a legkisebb lengésidő tartozik, majd ennek környezetében (továbbra is a kiszemelt egyenes mentén) végezzünk el 8-10 újabb mérést! Ábrázoljuk az $n - T$ párokat az előzővel azonos milliméterpapíron! A mért adatok lejegyzésére használható az alábbi táblázat:

n	$15T_1$ [s]	$15T_2$ [s]	$15T_3$ [s]	T [s]

5. feladat

(10 pont)

Az 4. feladat mérési eredményeinek átlagolásával számítsuk ki a minimális T_{\min} lengésidő értékét, majd határozzuk meg a test tömegközépponti Θ_0 tehetetlenségi nyomatékát az elméleti bevezetőben látott formula inverzének segítségével:

$$\Theta_0 = \frac{Mg^2}{64\pi^4} T_{\min}^4.$$

Adjuk meg az eredmény abszolút hibáját is az M tömeg és a T_{\min} idő bizonytalanságait felhasználva! Megegyezik ez hibahatáron belül az 1. feladat eredményével?

A mérés elvégzésére és a jegyzőkönyv megírására 90 perc áll a csapatok rendelkezésére.

Sikeres versenyzést kívánnak:

a szervezők