

A FORGÓMOZGÁS VIZSGÁLATA

Sáray István, Wiener Csilla, Illy Judit, Szommer Péter, Zavacki Csilla

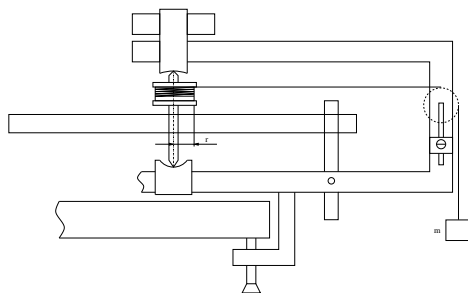
Ebben a gyakorlatban egy rögzített tengely körül forgó merev test mozgását vizsgáljuk külső forgatónyomaték hatására. Próbatestként hengeres rudat illetve korongot alkalmazunk, amelyet a korongra illetve a rúdra merőleges tengely körül forgatunk. A forgatónyomatékat egy, a tengellyel együttforgó könnyű tárcsára tekert fonál segítségével gyakoroljuk, amelynek a végére súlyokat akasztunk.

A rendszer mozgását leíró egyenletek (1.ábra):

$$\Theta\beta = Kr - M_s \text{ és } ma = mg - K,$$

ahol r a fonaltárcsa sugara, Θ a tehetetlenségi nyomaték, m a húzó súly tömege, β a szöggyorsulás, K a kötél erő, M_s pedig a súrlódásból eredő fékezőnyomaték. Eszerint, ha M_s állandóságát is feltételezzük, akkor adott húzó súlynál az a gyorsulás és a β szöggyorsulás állandó. A K kötél erőt kiküszöbölve és az $a=r\beta$ figyelembevételével kapjuk, hogy

$$\Theta\beta + M_s = mr(g - a), \text{ vagy } \Theta\beta + M_s = mr(g - r\beta)$$



1.ábra. Forgómozgás sematikus rajza.

Vezessünk be új változókat: legyen $y = mr(g - r\beta)$ és $x = \beta$, amelyekkel

$$y = \Theta x + M_s$$

alakban is írható a mozgásegyenlet.

1. A mérés menete:

A számítógép bekapcsolása előtt győződjünk meg arról, hogy a Science Workshop 750 Interface nevű készülék be van-e kapcsolva (ég-e a zöld jelzőlámpa). A számítógép bekapcsolása után kattintsunk a DATA STÚDIÓ program ikonjára. A bejelentkező lapon válasszuk a „CREATE EXPERIMENT”-opciót. A megjelenő „EXPERIMENT SETUP” ablak „SENSORS” részéből keressük ki a

„SMART PULLEY”

szenzort, és kétszer kattintsunk rá. Ekkor megjelenik a szenzor ikonja, amelyre kétszer rákattintva megjelenik a

„SENSOR PROPERTIES”

ablak. Ebben keressük meg a „MEASUREMENT” almenüt és kétszer kattintsunk rá. A MEASUREMENT list-ben szereplő pipával jelöljük ki a

„VELOCITY”

opciót. Ezután kattintsunk a „CONSTANT” szenzorbeállító gombra. A „VALUE:” felirat alatt a " SPOKE ANGLE SPACING " felíratra kattintva a "36"-os számnak kell megjelenni. Ez a fénykapunál használt smart pulley küllőbeosztásának felel meg. A mérés során sebességet fogunk mérni m/s egységben. A szenzorbeállítás után jelenítsük meg a diagram rajzolót a „DISPLAYS” mezőben található

„GRAPH”

ikonra kétszer kattintva. Ekkor megjelenik a diagram rajzoló koordináta rendszer, amelyre a mérőrendszer automatikusan ráírja a felvett adatpárokat. (Célszerű a diagram ablakot felnagyítani, hogy a görbék jobban láthatóak legyenek.)

Most készítsük elő a szerkezetet mérésre (2.ábra)!



2.ábra. Forgómozgás kísérleti megvalósítása.

Helyezzük fel a fonál végére a kívánt súlyokat, a minta forgatásával tekerjük fel a fonalat a mintával együttforgó tárcsára, de csak egyrétegűen annak érdekében, hogy az erőkar ne változzon meg mérés közben. A készüléken lévő kis kallantyú segítségével fékezzük be a mintát, miközben a kurzort vigyük rá a zölden világító „START” gombra. Mielőtt még megnyomnánk a „START” gombot engedjük ki a féket, így biztosítva azt, hogy a mérés kizárólag a húzóerő hatására történő mozgásra vonatkozzék. A fonál letekeredése alatt a kurzort tartjuk a „STOP” gombbá átalakult előbbi „START” gombon, és közben figyeljük a fonaltárcsát is, hogy a „STOP” gomb megnyomása még a fonal teljes letekeredése előtt megtörténjen. A mérési pontok már az adatfelvétel során megjelennek a diagramon. Az adott húzóerőhöz tartozó görbepontokra a „FIT” gombbal tudunk görbét illeszteni. Mivel a pontokat egyenesre illeszkedőnek várjuk, a legördülő listából válasszuk a „LINEAR FIT”-et. Ez azt jelenti, hogy a program egy

$$v = mt + b$$

típusú egyenest illesztett a görbepontokra, ahol v jelenti a pillanatnyi sebességet, és ennek megfelelően az „ m ” paraméter a gyorsulás. Az „ m ” és „ b ” paraméterek a görbe mellett megjelenő kis ablakban találhatóak. Nekünk csak az „ m ” gyorsulásra van szükségünk, ezt jegyezzük fel, majd újabb méréseket hajthatunk végre. Ha zavaró a sok adatablak, akkor kettős kattintással jelöljük ki az eltávolítandókat, majd a billentyűzet „Delete” gombjával töröljük azokat.

A forgómozgás alapegyenletének igazolásához az illesztés során nyert gyorsulás értékekből számítsuk ki a megfelelő szöggyorsulás értékeket a

$$\beta = \frac{a}{r}$$

összefüggés segítségével, ahol r a mintával együtt forgó tárcsa sugara.

A minták felhelyezésénél óvatosan járjunk el! Ne szorítsuk be erősen a minták tengelyét, mert a tücsapágyak hegye könnyen letörhet. Inkább hagyjuk „lötyögősen”, abból nem lehet baj, de kérhetjük a gyakorlatvezető segítségét is. Ahhoz, hogy jól értékelhető eredményeket kapjunk, háromszor mérjük minden súllyal, és legalább hat pontból álljon minden görbe!

A mérés abból áll, hogy egyrészt a fent leírt módon felvesszük a $v(t)$ görbéket és meghatározzuk a szöggyorsulás értékeit különböző húzóerők esetén, másrészt - a különböző m_i és β_i adatok alapján az y_i és x_i összetartozó értékeit kiszámítva - görbeillesztéssel igazoljuk a mozgásegyenlet feltételezett alakját.

Ha mérésünk alapján igazolódik az y és x közötti lineáris kapcsolat, akkor a görbe meredekségéből megkapjuk a Θ tehetetlenségi nyomaték mért értékét valamint a tengelymetszetből az M_s fékezőnyomaték értékét is.

2. Mérési feadatok:

1. A mérőkészletben található vékony rúd, illetve alumínium korong estén hat különböző húzóerő alkalmazásával vegyük fel a sebesség-idő diagramokat, és határozzuk meg a szöggyorsulásokat mindkét minta esetében.

2. Mérjük meg a minták adatait. Mérleggel a tömegüket, tolómérővel az alumíniumtárcsa R sugarát, a rézrúd l hosszát és ρ sugarát, valamint a fonaltárcsa r sugarát, továbbá a külön rendelkezésre álló fonaltárcsa tömegét.

3. Ábrázoljuk külön-külön mindkét mintánál az e jegyzetben található képleteknek megfelelő $y_i = m_i r (g - r \beta_i)$ mennyiséget a $x_i = \beta_i$ függvényében. Ennek a görbének a meredeksége alapján határozzuk meg mindkét minta esetében a $\Theta_{mért}$ tehetetlenségi nyomaték mért értékét, valamint adjuk meg a $\Delta \Theta_{mért}$ hibák értékeit is a téglalap módszer segítségével.

4. A korongra vonatkozó $\Theta_{korong} = (1/2)mR^2$, valamint a rúdra vonatkozó $\Theta_{rúd} = (1/4)m\varrho^2 + (1/12)ml^2$ képlet alapján határozzuk meg a $\Theta_{szám}$ tehetetlenségi nyomaték számított értékeit és annak $\Delta\Theta_{szám}$ hibáját úgy, mintha a hiba nagyságát egyedül a tömegmérés bizonytalansága adná, vagyis $(\Delta\Theta_{szám}/\Theta_{szám}) = (\Delta m/m)$. A tömegmérés Δm bizonytalanságát vegyük azonosnak a tengely és a fonaltárcsa együttes tömegével.

5. Foglaljuk eredménytáblázatba és vessük össze a tehetetlenségi nyomatékok számított és mért értékeit!