

Fizikaverseny, Döntő, Mérési forduló 2013. február 9.

Balesetvédelmi felhívás

A mérési fordulóban elektromos eszközzel mértek, melyen nem teljes az érintésvédelem, ezért ennek használata fokozott óvatosságot kíván. Ugyan a berendezés vezérlő elektronikája alacsony feszültséggel üzemel, de a mérés során csak a mikrokapcsolót (kicsi, 2 mm-es fekete henger a nyomtatott áramkör közepe környékén) és a potmétert (a nyomtatott áramkörtől lelógó, tekerhető szabályozó) érintsék!

A berendezés forgó alkatrészt tartalmaz. Figyeljete rá, hogy a hajtókat ne kapja be! A forgó alkatrészt a forgásban ne akadályozzátok, mert finom mechanikai elemeket tartalmaz! A tartóoszlop, a nyomtatott áramkör és csavarok szélei élesek, ezért vigyázzatok velük, mert a szervezőknél csak korlátozott számban és súlyos Dürer Dollárok ellenében vehető át a sebtapasz és a fertőtlenítő ;)

Mérési eszközök bemutatása

- A mérőasztalon egy fizikai ingát találtok, melyet egy elektromotor hajt. (Az ingára egy vékony, hajlékony műanyag lap van rögzítve, melyet nem szabad eltávolítani.)
- A motort hajtó elektronika a bal kezeteknél található (nyomtatott áramköri elem), melynek segítségével az inga fordulatszámja szabályozható a potméteren keresztül 0 - 2,00 fordulat/s-os tartományban. (A mérés során 1,7 fordulat/s-os fordulatszámot nem kell átlépni.)
- Az inga forgatását a mikrokapcsolóval indíthatjátok el, illetve állíthatjátok le.
- Az aktuális fordulatszámot a LED kijelzőről olvashatjátok le (fordulat/s).
- Az inga kitérését a felfüggesztés alatt található mérőszalag segítségével határozhatjátok meg.

Mérési leírás

Az inga tengelye merőleges a függőleges forgástengelyre a mérés során. Az ingát a motorral egyre nagyobb sebességű forgásba hozzuk úgy, hogy minden egyes frekvencia értéknél megvárjuk, hogy az inga forgástengelyhez viszonyított kitérésének nagysága időben már ne változzon (stacionárius állapotba kerüljön).

Eleinte, kis szögsebességeknél az inga kitérése kicsi, majd egy adott ω_{krit} szögsebesség elérése után ugrásszerűen megnő. Ezt a jelenséget tanulmányozzuk!

A jelenség megértéséhez vázoljuk a probléma matematikai leírását. Írjuk fel a rendszer tehetetlenségi nyomatékát, melyből a perdületet, majd annak megváltozását adjuk meg. A perdület megváltozását a forgatónyomatékok okozzák, s így felírva a rendszerre ható erőket az asztalhoz rögzített vonatkoztatási rendszerhez képest - ami inerciarendszer -, megkapjuk az inga kitérése és a szögsebesség kapcsolatát. Így a rendszerre csak a nehézségi erő hat forgatónyomatékkal, $M_g = \frac{1}{2}mg \cdot \sin(\alpha)$.

A rúd tehetetlenségi nyomatéka $\Theta_{rúd} = \frac{1}{3}ml^2$, a forgató motor $\vec{\omega}$ szögsebességének rúdra merőleges irányú komponensének nagysága $\omega_{\perp} = |\vec{\omega}| \sin(\alpha)$, így a rúd perdületének nagysága $N = \omega_{\perp} \cdot \Theta_{rúd}$, és iránya a rúdra merőleges. A perdület nagysága adott szögsebesség mellett (stacionárius esetben) állandó, de mint vektor, iránya körbejár, így a perdület (mint vektor) idő szerinti változása nem 0. A függőleges komponense állandó, de a vízszintes (a forgástengelyre merőleges) komponense időben változik, nagysága $N_{\perp} = N \cdot \cos(\alpha)$.

Ahogy körmozgás esetén a sebességet (helyvektor megváltozását) a sugár (helyvektor nagysága) és a szögsebesség szorzataként kapjuk, ugyanígy itt is, a perdület megváltozását a szögsebességgel való szorzás adja, így $M = \frac{\Delta N_{\perp}}{\Delta t} = N_{\perp} \cdot |\vec{\omega}|$.

Mérési feladatok

1. A mérési leírás alapján írd fel az összefüggést a kitérés szögére a rendszer paramétereinek függvényében! A kifejezés a kitérés szögének szögfüggvényét tartalmazza.
2. Elemezzétek az összefüggést, milyen megoldások lehetségesek? (Vegyétek figyelembe a szögfüggvények értékészletét!) Ábrázoljátok hozzávetőlegesen a - stacionárius esetben - az inga kitérését a szögsebesség függvényében!
3. Mérjétek meg az inga kitérését a szögsebesség függvényében! Ábrázoljátok a kapott eredményeket! Adjatok becslést a mérési eredmények hibájára és okaira!
4. Vessétek össze a kapott mérési adatokat az elméleti számolással!

Bónusz 1.

A kitérés szöge a várt szögsebesség érték alatt kis mértékben nő a szögsebességgel, majd csökken, ezt követően a kritikus szögsebesség elérésével - a várakozásunk szerint - ugrásszerűen megnő. Mi az oka annak, hogy a kritikus szögsebesség alatt is van kis kitérése a rendszernek?

Bónusz 2.

Miért van az ingán a műanyag lap?

*Sok sikert kívánunk!
a szervezők*

1. ábra. Mérési elrendezés

