



Oktatási Hivatal

A 2012/2013. tanévi FIZIKA Országos Középiskolai Tanulmányi Verseny döntő fordulójának megoldása

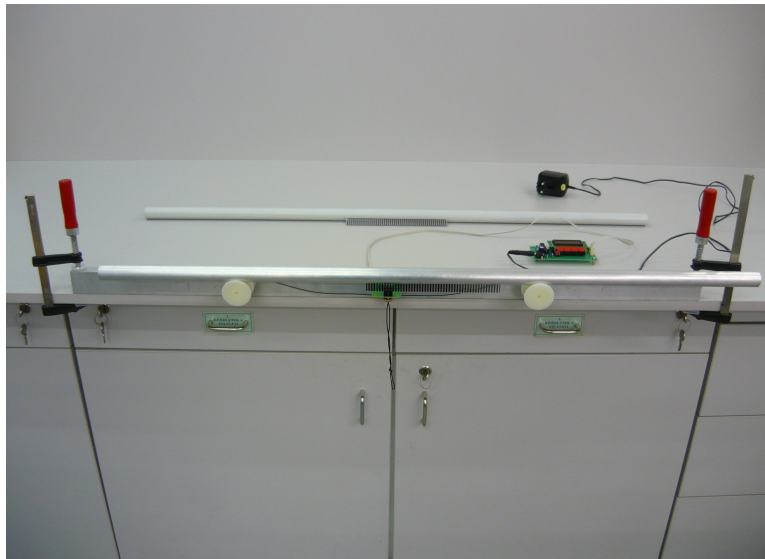
I. kategória

ELTE Anyagfizikai Tanszék

Budapest, 2013 április 13.

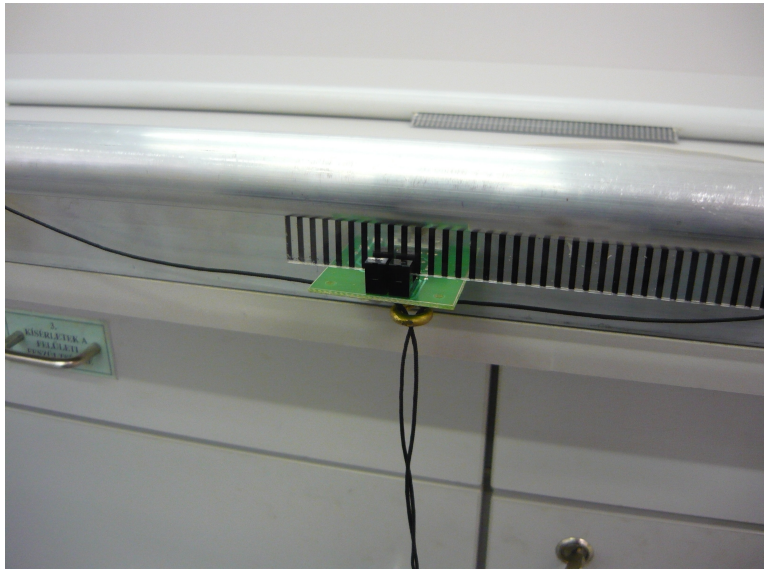
Forgó hengerekre helyezett rúd mozgásának vizsgálata

A mérési feladat két szemben forgatott hengerre helyezett rúd oszcilláló mozgásának vizsgálata. A berendezés az alábbi fényképeken látható:



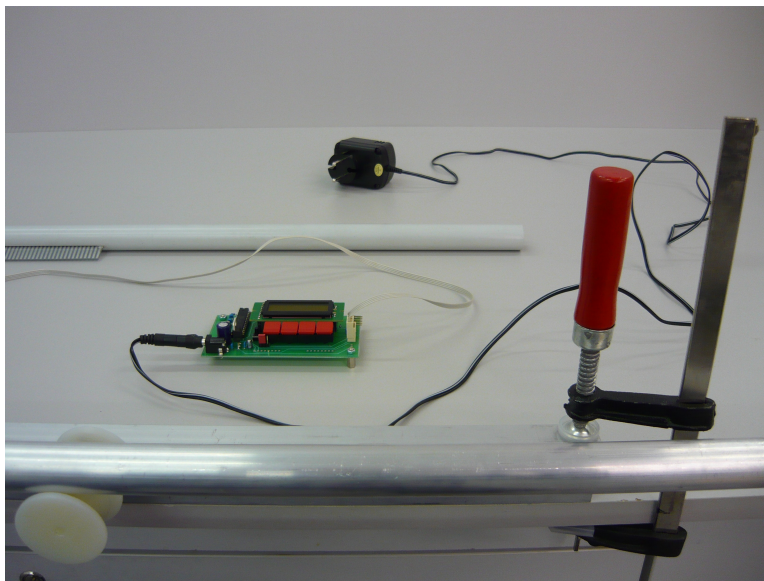
1. ábra A mérőberendezés

A rúd elmozdulását egy optikai kapupár előtt elmozduló kódtárcsa méri (2.ábra).



2. ábra: Elmozdulás kódtárca az optikai kapupárral

Az adatokat egy mikrokontroller gyűjti amihez kapcsolt nyomógombok és kijelző teszi lehetővé a mérés elindítását és a mért idő-elmozdulás adatpárok kiolvasását (3.ábra).



3. ábra Adatgyűjtő elektronika

A méréshez a versenyzők az alábbi leírást kapták:

A mérés elvégzése a következőképpen történik:

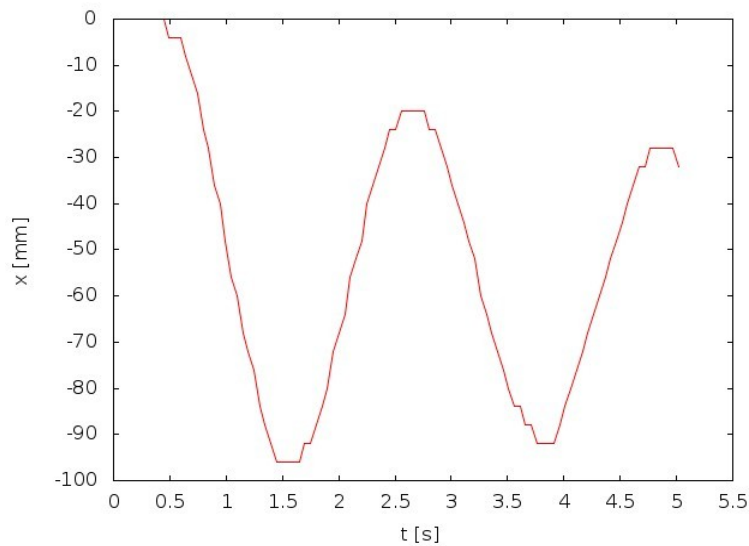
1. A kapott berendezésen a két orsóra szorosan úgy tekerje fel a madzagot, hogy a hengerek a madzag húzása közben szembe forogjanak felülről nézve befelé.

2. Helyezze a két rúd közül az egyiket a két hengerre úgy, hogy a kódléc kerüljön a tartón elhelyezett optikai leolvasó két U alakú detektorának középre. Azért, hogy a rúd a mozgás során ne forduljon el a rudak egyik oldala kicsit le van marva. Mindig úgy tegye fel a tudat, hogy a marás kifelé legyen. A rúd közepe a tartó közepétől kb. 5 cm távolságra legyen.
3. Nyomja meg az adatgyűjtő elektronika bal szélső gombját. Ekkor elindul az adatgyűjtés. A kijelzőn a „Running” felirat jelenik meg. Alapértelmezésben az adatgyűjtő 50 ms-omként felveszi a rúd elmozdulását. Egy teljes mérés 100 adatot gyűjt. (Megjegyezzük, hogy az adatgyűjtő jobb szélső gombjának megnyomásával változtatni tudja az adatgyűjtés idejét, de az 50 ms használata a legoptimálisabb.) Az adatgyűjtés végével a kijelzőn a „Stop” felirat jelenik meg.
4. A mérés elindítása után viszonylag lassan és lehetőleg egyenletesen húzza a madzagot. Ekkor a rúd rezgőmozgásba kezd.
5. A felvett idő-elmozdulás adatpárok a balról második gomb nyomogatásával kiolvashatók. A balról harmadik gomb megnyomása az adatkiolvasás mutatóját visszaviszi az elejére. Ezzel lehet újra kezdeni a kiolvasást. Megjegyezzük, hogy ha a kiolvasás mutató nem az elején áll akkor a „start” megnyomása nem indít el új mérést. Ezzel elkerülhető, hogy a még nem kiolvasott adatokat véletlenül felülírjuk.
6. A mérés során változtatni tudja a hengerek távolságát. A két hengert mindig szimmetrikusan helyezze el. A lehetséges távolságok: 45, 55,65,75 cm. (A legszélső pozíciókat ne használja.)

Az elvégzendő feladatok a következők voltak:

1. A mérést először az alumínium rúddal kezdje 45cm-es henger távolságnál. A mellékelt táblázatba vegye fel mind a 100 mérési adatpárt majd a milliméter papíron ábrázolja a rúd elmozdulásának időfüggését. (10 pont)
2. Adjon részletes elméleti magyarázatot a megfigyelt jelenségre. Határozza meg, hogy milyen összefüggés van a rezgésidő és a rudak távolsága ill. az egyéb releváns fizikai paraméterek között. (15 pont)
3. A további három hengertávolság mellett vegye fel a mozgást, de itt már elegendő minden 4. adatpárt felvenni. Ezután állapítsa meg a rezgésidőt a hengerek távolságának függvényében. A rezgésidő négyzetét ábrázolja a hengertávolság függvényében. Milyen fizikai paraméter határozható meg ebből a görbéből és mennyi az értéke? (10 pont)
4. A 55cm-es henger távolság mellett vizsgálja a műanyag rúd mozgását. Magyarázza meg az alumínium és a műanyag rúd mozgása közötti különbség okát. (5 pont)

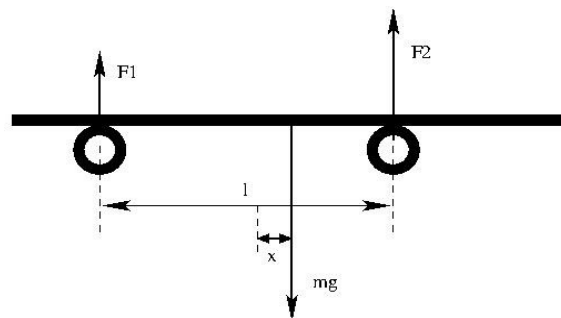
A feladatok megoldása:



4. ábra Al rúd elmozdulás-idő diagramja 55cm-es hengertávolságnál

1. feladat: Az Al rúd esetén 55cm hengertávolság esetén kapott elmozdulás-idő diagram látható a 4. ábrán. A kötélt nem teljesen kontrollálható kezdeti meghúzásából adódó rövid ideig tartó „szabálytalan” mozgás után a rúd jó közelítéssel harmonikus rezgést végez.

2. feladat : A rúd mozgásának leírásához először számítsuk ki a feltámasztásoknál ható erőket akkor ha a rúd középpontját a hengereket összekötő l hosszúságú szakasz felezőpontjához képez x -el elmozdítjuk. Ekkor az 5. ábra alapján felírhatjuk az erők összegére hogy,



5. ábra: A hengereken fellépő erők kiszámítása.

$$F1 + F2 = mg$$

ahol m a rúd tömeg, g pedig a nehézségi gyorsulás. A forgatónyomatékok egyenlőségét a rúd közepére felírva adódik, hogy

$$F1\left(\frac{l}{2}+x\right)=F2\left(\frac{l}{2}-x\right)$$

Az egyenleteket megoldva kapjuk, hogy

$$F1=mg\frac{\frac{l}{2}-x}{l}$$

$$F2=mg\frac{\frac{l}{2}+x}{l}$$

Amennyiben a két hengert szembe forgatjuk akkor a rúdra ható vízszintes a súrlódás következtében fellépő erő

$$F=\mu(F1-F2)=-\mu\sqrt{2}mg\frac{2x}{l},$$

ahol μ a súrlódási együttható. Megjegyezzük, hogy a $\sqrt{2}$ szorzó abból adódik, hogy a rúd két egymással derékszöget bezáró kúpon van feltámasztva (lásd 1. ábra), így a feltámasztási felületre ható teljes nyomóerő a függőleges erő $\sqrt{2}$ -szerese. (Ha a versenyző nem vette figyelembe a $\sqrt{2}$ -es szorzót 2 pont levonást kapott.) Innen a rúd mozgásegyenlete:

$$ma=-\mu 2\sqrt{2}\frac{mg}{l}x,$$

amely egy harmonikus rezgőmozgás egyenlete. A rezgés T periódus ideje a mozgásegyenletből leolvasható:

$$T=2\pi\sqrt{\frac{l}{\mu 2\sqrt{2}g}}$$

Ezért amennyiben a hengerek távolságának függvényében ábrázoljuk a rezgésidő négyzetét egy egyenest kell kapjunk. Az egyenes meredekségéből a súrlódási együttható meghatározható.

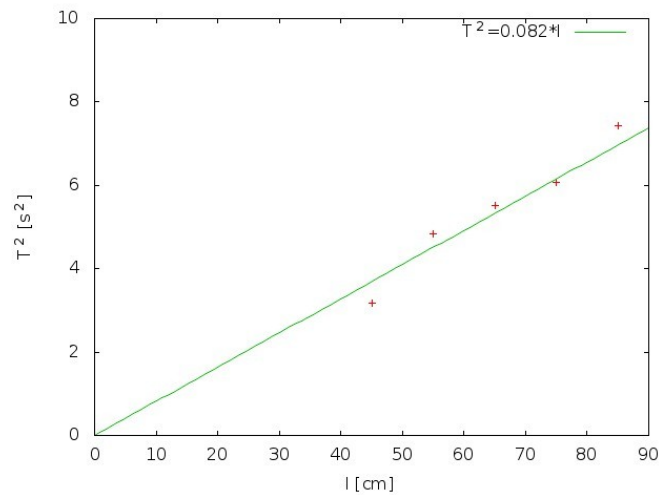
3.feladat. Az A1 rúd esetén különböző hengertávolságok mellett az alábbi rezgésidőket mérhetjük:

Hengertávolság [cm]	45	55	65	75	85
Rezgésidő [s]	1.78	2.2	2.35	2.46	2.72

A méréseket többször megismételve megállapítható, hogy a periódusidő adatok 5%-os hibával határozhatók meg.

Ábrázolva T^2 -et a hengertávolság függvényében majd az adatpárookra egy egyenest illesztve az egyenes meredekségére 0.082 cm/s^2 adódik (lásd 6.ábra). Innen a súrlódási együttható a fenti képlet alapján (megjegyezzük, hogy a nehézségi gyorsulást cm/s^2 -ben kell beírni)

$$\mu = \frac{4\pi}{0.082} \frac{1}{\sqrt{8}} = 0,17$$



6. ábra A rezgésidő négyzete a hengertávolság függvényében

4. feladat: 55 cm-es hengertávolság mellett a műanyag rúdra 1.8 s-os rezgésidő adódik. Ez valamivel nagyobb mint a az Al rúdnál mért 2.2s. Így a műanyag rúd esetében a súrlódási együttható kisebb.