

$$f = \frac{l \cdot d}{D - l}$$

Több mérést végezhetünk, különböző $d_1; d_2...$ távolságokra helyezve el az ernyőt, és mérve minden esetben a fényfolt $D_1, D_2,...$ átmérőjét. A mérési adatokból minden esetben számítsuk ki a fókusz távolság értékét. A kapott $f_1, f_2,...$ értékek számtani középértékét vehetjük a lencse fókusz távolságának.

Ennek a mérési módszernek az előnye abban rejlik, hogy nem a képalkotás eljárását alkalmazza, amely egyrészt feltételezi egy gyűjtőlencse alkalmazását, másrészt az éles kép helyzetének a meghatározását, ami egy lényeges hibaforrás, s így a mérés pontosságát nagymértékben befolyásolja.

Az itt ismertetett mérési módszer általánosítható és gyűjtőlencsék esetében is alkalmazható. Ugyanakkor a lencsék színi és gömbi eltérése is tanulmányozható ezzel az eljárással.

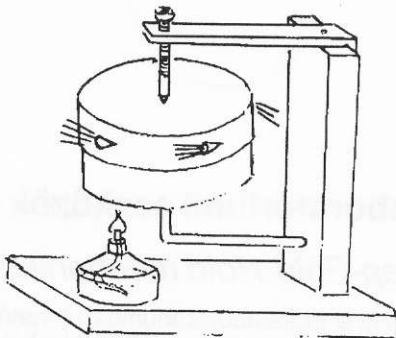
Írjátok le, hogyan alkalmazható ez a módszer gyűjtőlencsék fókusz távolságának a meghatározására valamint a gömbi és színi eltérés tanulmányozására. A beküldött legjobb dolgozatot egy következő számunkban leközzöljük.

dr. Puskás Ferenc

Készítsünk reakciós gőzturbinamodellt!

Nyomjunk cipőkrém doboz aljának és tetejének pontosan a közepébe tompegyű árral vagy pontozóval egy mélyedést, amelyekbe tartócsúcsok fognak beleilleszkedni úgy, hogy a doboz függőleges tengely körül foroghasson. A csúcsokat állványra fogjuk fel, a felső része meghegyezett csavarból készüdjön, hogy a dobozt ki-be lehessen helyezni. A henger alakú doboz felső részének palástjába ferde irányú lyukakat fúrunk árral, azért, hogy a dobozban levő víz elgőzöltetésével a kiáramló gőzök egy irányba forgassák a dobozt. A doboz alá gyertyalángot vagy szeszlángot helyezve lassan forogni fog. Kevés vizet használj!

Az ismertetett gőzgéptípust már az ókorban ismerték, az alexandriai Héron i. e. I. században írt róla (Héron gömbje).



Egy elméleti kísérlet

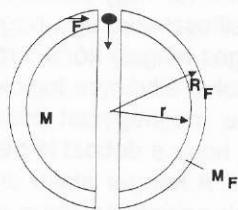
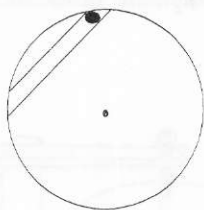
A Földet átfúró képzeletbeli alagútba ejtett test mozgása

Ha a Föld anyaga mindvégig szilárd lenne, és a hőmérséklete a felszínhez közelálló értékű, csupán technikai kérdés lenne a Föld átfúrása. A kérdés az, hogyan mozogna egy test, amely ebbe a furatba esne. Belátható, hogy a testre mindenkor egy olyan tömegvonzási erő hatna, amely a test tömegével (m), és a Földnek egy olyan belső gömbreszébe foglalt tömegével lenne egyenesen arányos (M), amelynek sugara a Föld középpontja és a test pillanatnyi helyzete által meghatározott szakasz (r), távolságnak a négyzetes értékével fordítottan arányos lenne.

$$F(r) = -k \frac{mM}{r^2} = -km M_F r / R_F^3 = -Kr,$$

tehát egy rugalmas jellegűnek tekinthető erő hatása alatt mozogna, azaz a Föld középpontja körül földszugárnyi amplitudójú harmonikus rezgéseket végezne. A rezgési periódus $T = 2\pi\sqrt{R_F/g_0} = 84,3$ percnek felelne meg. A legnagyobb sebességet a Föld középpontján való áthaladáskor érné el, méghozzá a kapott érték az első kozmikus sebességnek felelne meg (7,9 Km/s), amiből arra a következtetésre lehet jutni, hogy ez a rezgőmozgás a földfelszín közvetlen közelében az első kozmikus sebességgel köröző pont vetületének felelne meg a földátmérőre nézve. Ennek a pontnak is ugyanennyi a keringési periódusa. Hasonló periódusa lenne egy földszugár hosszúságú gravitációs inngának is, homogén gravitációs tér esetén, sőt végtelen hosszú inga esetén is.

Ha az alagút nem a Föld középpontján megy keresztül, hanem hűrként lenne megépítve, a mozgás periódusideje nem változna meg. Ilyen alagutak megépítésével fel lehetne használni indításkor és érkezéskor a Föld-test rendszer gravitációs helyzeti energiáját, félútig gyorsítás, onnan lassítás, a módszer energiatakarékos lenne, mint a hintánál.



Laboratóriumi eszközök készítése

Nap-Föld-Hold mechanikus modell

Ha a fizikalaboratóriumban lehetőség van csillagászati sarok létesítésére, amelyben a mennyezetről a parabolaantennához hasonló fél-"égbolt"-ra fel lehet venni a cirkumpoláris csillagképeket, el lehet helyezni egy naprendszer-modellt is.

Az alábbiakban bemutatott modell csak három égitest viszonylagos mozgását mutatja be a megfelelő periódusarányok mellett, de nyilván torzított

0,005%. A fénySOROMPÓK effektív pozicionális pontossága eléri a 0,05 millimétert.

A mérőrendszer több egyedi alállomásból áll, ezek külön saját 4 bites címmel rendelkeznek és multiplex üzemből egy laboratóriumi buszra csatlakoztathatók. Így összesen 15 alállomás üzemeltethető (az 1111 cím szabad buszt jelent). Az egyes alállomások bejelentkezését maguk a tanulók kérik, de ez csak akkor lehetséges, ha más éppen akkor nem mér (max. 1s várakozás).

A mért időintervallumok a gép memóriájában tárolhatók, vagy a későbbi feldolgozás érdekében hajlékonylemezre is kimenthetők. A különböző alkalmazásoknál a sorozatban mért adatokat táblázatokban illetve grafikonokban foglalhatjuk össze.

A mérőrendszer főbb jellemzői:

- a rendszerbe maximálisan 15 alállomás köthető be.
- minden alállomás teljes mértékben vezéri és dolgozza fel a tanulmányozott jelenséget.
- legkisebb mérhető időintervallum: 1ms, 1% feloldási hiba.
- közepes nagyságú időintervallumok (Például 100ms) mérési pontossága 0,01%, ennél nagyobb pontosságot csak az illető készülék különleges kalibrálásával érhetünk el.
- legnagyobb mérhető időintervallum 167s, a hiba 0,01%.
- a visszatartható elektromágnes maximális tartóereje 5N, de ez csak 8 bites D/A konverterrel szabályozható. A mindenkor remanencia általában 0,05 N erőnek felel meg.
- a lököelektromágnes képes egy 100 grammos testnek 2 m/s sebességet kölcsönözni.
- egy alállomáshoz maximálisan 7 fénySOROMPÓ kapcsolható.
- a fénySOROMPÓK érzékenységi kúpjának átmérője az elektronikus szabályozás miatt max. 0,02 mm.
- a fénySOROMPÓK elektromechanikai billentési ideje jobb mint 10 ns, bár a fényérzékelő billentési ideje kb. 10 ms.
- a fénySOROMPÓ 0,05 mm átmérőjű tárgyakat már biztonságosan érzékel, ha azok sebessége nem nagyobb mint 10 m/s.
- kis sebességek esetén is teljesen biztonságos billenés.

Alkalmazások:

Egy alállomáshoz összesen 7 fénySOROMPÓ csatlakoztatható, így különböző típusú alkalmazások lehetségesek. Eddigi kísérleteinkben maximálisan 6 fénySOROMPÓ alkalmazását tartottuk célszerűnek. A továbbiakban bemutatunk néhány jellemző alkalmazást:

1. Egy fénySOROMPÓS mérések. Ennél az alkalmazásnál általában az ismétlődő mozgások periódusát határozzuk meg. A kísérletet a számítógép vezéri. Az elektromágnes automata kioldása után előre megadott számú lengést nem vesz figyelembe, majd megméri n periódus idejét, átlagot számol, az elektromágnes újra megfogja a golyót és várja az újabb indító jelet. A software segítségével elérhető, hogy csak páros

számú fénytakarást érzékellen a gép, így valóban egész periódusok mérésére kerül sor. A számítógép ábrázolhatja a matematikai inga periódusának függését az inga hosszától, vagy az inga hosszának négyzetgyökétől.

A matematikai ingával meghatározható a nehézségi gyorsulás is. A mozgatható fénySOROMPÓ segítségével igen pontosan mérhetjük meg az inga hosszát, a periódusból pedig megkapjuk a g -t.

Mérési eredmények

n	l(n)	T(n)	g(n)
1.	0.186 m	0.866 s	9.81 m/s ²
2.	0.220 m	0.941 s	9.81 m/s ²
3.	0.255 m	1.014 s	9.81 m/s ²
4.	0.298 m	1.095 s	9.81 m/s ²
5.	0.335 m	1.161 s	9.81 m/s ²
6.	0.370 m	1.220 s	9.81 m/s ²
7.	0.397 m	1.264 s	9.81 m/s ²
8.	0.448 m	1.344 s	9.81 m/s ²
9.	0.478 m	1.388 s	9.81 m/s ²
10.	0.514 m	1.438 s	9.81 m/s ²
11.	0.544 m	1.480 s	9.81 m/s ²
12.	0.570 m	1.515 s	9.81 m/s ²
13.	0.622 m	1.582 s	9.81 m/s ²
14.	0.655 m	1.624 s	9.81 m/s ²
15.	0.706 m	1.686 s	9.81 m/s ²
16.	0.733 m	1.718 s	9.81 m/s ²
17.	0.749 m	1.736 s	9.81 m/s ²
18.	0.797 m	1.791 s	9.81 m/s ²
19.	0.831 m	1.829 s	9.81 m/s ²
20.	0.850 m	1.850 s	9.81 m/s ²

átlagérték

$g = 9.81 \text{ m/s}^2$

$\pm 0,0002 \text{ m/s}^2$

Egy más méréssorozatban igazolható az inga periódusának függése az amplitúdótól (maximálisan 30 fokig)

2. Két fénySOROMPÓ mérés. Általában átlagsebesség mérésére használható. Egy különleges kiképzésű mérőszondában két fénySOROMPÓ van. A köztük levő távolság ismeretében kiszámítható az átlagsebesség. Két-három ilyen mérőszonda alkalmazásával a gyorsulás is meghatározható. A szomszédos fénySOROMPÓK közti kis távolság miatt a módszer pontossága maximálisan 1%, tehát a nehézségi gyorsulás meghatározására nem alkalmas.

Elvileg, két fénySOROMPÓ segítségével meghatározható lenne a szabad-esés nehézségi gyorsulása, ha lehetséges lenne a leeső golyó indulási pontját meghatározni. Mivel a fénySOROMPÓT nem lehet kisebb távolságra tenni a golyótól mint mm a mérési hiba legalább 3ms, mivel a golyó nyi

ideig esik a 0,05 mm-ren Ez a többi kb. 200 ms-hez képest igen nagy hiba lenne!

3. Három fénySOROMPÓS mérések. Egyszerű számítások segítségével bizonyítható, hogy három fénySOROMPÓ esetén az indulástól az első fénySOROMPÓ-ig lévő úttól függetlenül kiszámíthatjuk a három fénySOROMPÓ helyén a sebességet és a szakaszon feltételezett egyenletes gyorsulást. Mivel a technikai felszerelés megengedi a nagyobb pontosságot, a software mindig ajánlatot tesz a pontosság növelésére. Bármelyik 2 fénySOROMPÓ állásából kiszámítja a harmadik fénySOROMPÓ ajánlott helyzetét, ahol a mérési hiba a legkisebb. A méréssorhoz tartozó adatokból a nehézségi gyorsulást is meghatározhatjuk. Bár a szabadesés itt levegőben történik, mégis egy 38 mm átmérőjű, fényes acélgolyó sűrűdása elhanyagolható. Erről úgy győződünk meg, hogy feltételezve a sűrűdást Kv , majd Kv^2 formában a számítógéppel megoldottuk a kapott transzcendens egyenletrendszer, de a megoldások mindig divergenssek voltak. Különbösen is, a kísérletileg meghatározott érték ($g = 9,805 \pm 0,005$) m/s^2 azt bizonyítja, hogy a sűrűdási erő elhanyagolható az esés első 1,5 méterén. Mivel a gyorsulás számítási képlete a számlálóban két tag különbségét tartalmazza, ilyen pontosságú meghatározás csak a minimális hibát garantáló program alkalmazásával érhető el.

A módszer egy másik jellegzetes alkalmazási lehetősége a dinamika törvényeinek bemutatására megépített berendezés. Ez lényegében egy légpárna-vonal, amelyet sűrített levegővel állítunk elő. A légpárna vonalra helyezett kocsit gyakorlatilag sűrűdásmentesen mozdulhat el. Ezzel az állítható ferdesíkkal aztán kísérletileg igazolhatunk különböző alapfeladatokat. Például az m_1 tömegű kiskocsit az m_2 tömegű test húzza egy csigán átvett zsineg segítségével.

Ennél a kísérletsorozatnál használható a legjobban az alállomások rendszerbe kötése. A laboratóriumban egy 5 atm nyomású légvezetékrendszer van, egy szelepen keresztül ide kapcsolódnak a légpárnavonalak. A számítógép mindegyik alállomásnak bejelentkezési lehetőséget biztosít. Ez az állapot addig marad fenn, amíg valaki bejelentkezik, mérni akar. Ekkor a többi alállomás bejelentkezési lehetősége megszűnik, a számítógép megnyitja a légcsapot, a légpárna kialakulása után (0,8 s) elengedi az elektromágnessel megfogott kiskocsit, a harmadik fénySOROMPÓ takarása után a monitoron megjelenik a mérést végzett csoport száma, a gyorsulás és a három fénySOROMPÓNÁL kiszámított sebesség értéke (v_0, v_1, v_2), majd mindenki visszakapja a bejelentkezési lehetőséget. Amíg az alállomás mér a többi alállomás nem zavarhatja a mérést, mert a buszra való bejutás csak a megcímzett készüléknek lehetséges. A mért adatok a gép memóriájában illetve hajlékony lemezen tárolhatók. Az óra elején előre rögzíthető az egyes csoportok maximális mérési száma és a fénySOROMPÓK közti egyedi távolságok értéke. Az óra végén az adatokat csoportokra bontva minden alállomás megkaphatja monitoron vagy nyomtatásban, illetve grafikonon.

4. Négy fénySOROMPÓS mérések. A légpárna-vonal lehetőséget nyújt az ütközések tanulmányozására. Mivel itt a mozgás eléggé egyenletes, elégsé-

ges két-két fénySOROMPÓ alkalmazása a két ütköző kocsi ütközés előtti és ütközés utáni sebességének mérésére. Ez a berendezés gyakorlatilag négy egymástól független időmérőből áll, de rendelkezik az eddig felsorolt jellemző adatokkal. Egy különleges software arról gondoskodik, hogy függetlenül az első eltakart fénySOROMPÓtól az időmérés helyesen működjék és visszafele is mérjen. A lökélektromágnes belső időzítése biztosítja, hogy a két kocsi a két-két fénySOROMPÓ takarása után találkozzék. A fizikai elrendezéstől függően sokféle ütközés tanulmányozható, de mindenkor megkapjuk az ütközés előtti és ütközés utáni sebességeket (v_1, v_2, u_1, u_2).

5. Több fénySOROMPÓS mérések. Egy állomás összesen 7 fénySOROMPÓt tud kezelni. Ezeket lehet úgy is kötni, hogy egyenként mérje meg a szomszédos fénySOROMPÓK közötti időintervallumokat, de úgy is, hogy 6 fénySOROMPÓt kötünk két 3 fénySOROMPÓS egységbe és kétszer hívjuk meg a 3 fénySOROMPÓS szubrutint. Ez az elrendezés a változó sebességű mozgások tanulmányozására alkalmas.

Még számos alkalmazási lehetőség van, ezeket a mechanikai berendezések építése és a BASIC programok átírása által rendkívül változatos módon gazdagíthatjuk.

Dr. Bartos-Elekes István , Bartos-Elekes Zsolt,
Nagyvárad, Ady Endre líceum