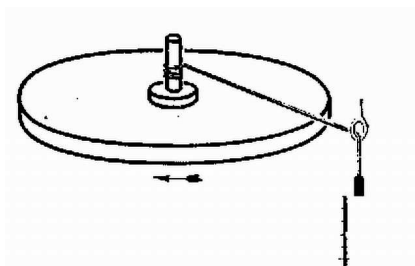


Aki hozzáfog a rendszeres fizikatanuláshoz, először a mechanika, a mozgástan jelenségeivel ismerkedik meg, így történik ez azokkal is, akik a gimnázium II. osztályában az idén kezdik meg komolyabb fizikai tanulmányaikat. Elsősorban számukra ismertetünk egy módszert, amellyel különféle mozgásokat állíthatunk elő; azonkívül útbaigazítást ad ez a cikk arra nézve, hogyan lehet a mozgásokat tudományosan leírni és tárgyalni.

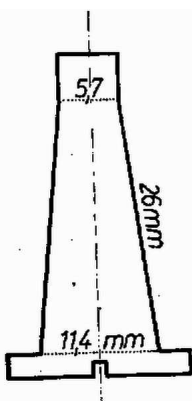
Eszközünk egy hanglemezjátszó készülék, amelynek villamos motorja a tányért állandó fordulatszámmal forgatja. Például normállemez lejátszásakor a percenkénti fordulatszám 78, a másodpercenkénti 1,3, viszont a szokásos mikrolemez lejátszásakor a tányér percenként 33,3, vagyis másodpercenként 0,555 fordulatot tesz meg. Kifaragunk egy 5,7 mm (azaz 0,57 cm) átmérőjű hengeres fapálcát, alsó végét meghagyjuk széles korong formájúnak, és aljába lyukat fúrunk. Ilyen módon a fapálcát úgy állíthatjuk rá a lemezjátszó tányérjára, pontosan a közepre, hogy a közepén elhelyezett függőleges fapálca a tányérral együtt forog, mintha a gépezet tengelyének folytatása lenne. Vékony, hajlékony pamutszálat erősítünk az 5,7 mm átmérőjű hengeres rész aljára (például csomózással, ragasztással), s a fonalat kb. 50 menetben felcsavarjuk a fapálcára úgy, hogy a fonál menetei pontosan egymás mellett helyezkedjenek el, szép rendben. A pamut végét vízszintesen vezetjük el a tányér fölött, belül sima gyűrűn, karikán vezetjük át, és függőlegesen lelógó végére 10–20 dekás súlyt akasztunk. A lelógó súly mellé függőleges helyzetű mérőlécezt állítunk (1. ábra).



1. ábra

Most következik a kísérlet: megindítjuk a lemezjátszót a mikrolemezek lejátszásánál szokásos fordulatszámmal. A fonál lecsavarodik a hengeres pálcáról, a végén lógó súly a mérőléce mellett süllyed lefelé. Könnyen belátható: mozgása egyenletes. A pálca kerülete $\pi \cdot 5,7 = 18 \text{ mm} = 1,8 \text{ cm}$. Mivel 1 másodperc alatt 0,555 fordulat történik, a súly 1 másodperc alatt megtett útja $1,8 \cdot 0,555 = 1 \text{ cm}$, tehát a súly egyenletes mozgásának sebessége éppen 1 cm/sec , a sebesség egysége. Ha a lemezjátszót átállítjuk a normállemez forgási sebességére, akkor 1 másodperc alatt 1,3 fordulat történik, így a súly süllyedési sebessége $1,8 \cdot 1,3 = 2,34 \text{ cm/sec}$. A sebességet általában v -vel jelöljük. A sebesség az egyenletes mozgás végbemenetele folyamán állandó érték, de természetesen mozgásonként különbözik. A fonál végén lógó súly útja egyenesen arányos az idővel: $s = vt$ (itt s a megtett utat, t az időt jelenti).

Az egyenesvonalú egyenletes mozgás törvényeit mindenki ismeri, ennek tanulmányozására igazán nem volt szükséges, hogy lemezjátszónkat fizikai készülékké alakítsuk át. Azonban most kezdődik az érdekesebb rész, mert készülékünk egyéb mozgások előállítására is alkalmas. Fonálunk számára egy új fatárgyat készítünk, amely csonkakúp alakú (2. ábra).



1. ábra

A csonkakúp felső körének átmérője legyen $5,7 \text{ mm} = 0,57 \text{ cm}$, alsó körének átmérője pedig $11,4 \text{ mm} = 1,14 \text{ cm}$. A csonkakúp alakú rész magassága legyen 25 mm , ekkor a csonkakúp alkotója 26 mm hosszú. Ez a csonkakúp alakú rész felül hengeres részben folytatódik, alul pedig kiszélesedik, és tegye lehetővé, hogy a fatestet a lemezjátszó tányérjának közepére erősítsük. Egy pamutszál alsó végét rögzítjük a csonkakúp alsó, széles részéhez, és a pamutszálat csavarjuk fel a fatestre úgy, hogy menetei pontosan, szépen egymás mellett feküdjenek. Ezt végezzük el addig, amíg megérkezünk a fonállal a csonkakúp alakú rész felső, keskeny részéhez. Ha a pamutszál $0,5 \text{ mm}$ vastag, akkor $26 : 0,5 = 52$ menet fér el egymás mellett. A szál felső végét most is átvezetjük a karikán, és a fonál végére pár dekás súlyt akasztunk.

Ha megindítjuk a lemezjátszót, a fonál letekeredik a csonkakúp alakú orsóról, és a súly lefelé mozog. Kérdés, milyen mozgást végez? Olvasóink végezzék el a kísérletet. A méretek betartása magától értetődően nem kötelező, példánk adatai csak a könnyebb megértést célozzák. Egy praktikus tanács: a fonál vastagságát éppen úgy állapítsuk meg, hogy figyeljük meg, a csonkakúp ismert hosszúságú oldalélére hány menetben lehet felcsavarni fonalunkat.

Indítsuk meg a lemezjátszót a normál lemezek lejátszásánál szokásos 1,3 másodpercenkénti fordulatszámmal. A fonál végén lógó súly útnak indul. Vajon egyenletes mozgással? Egyáltalán nem, hiszen egyenlő idők alatt végbemenő fordulatok mellett a későbbi fordulatok alatt több fonál csavarodik le, a sebesség növekszik, a mozgás gyorsul. A legelső menet esetében (alapul véve fenti adatainkat) a sebesség 2,34 cm/sec, mert a csonkakúp felső részén a kerület $\pi \cdot 0,57 = 1,8$ cm, ennyi fonál $1 : 1,3 = 0,77$ másodperc alatt csavarodik le, és így a sebesség valóban $1,8 : 0,77 = 2,34$ cm/sec. Amikor a csonkakúp legalján csavarodik le a fonál, ahol az átmérő kétszeres, a kerület 3,6 cm, és a sebesség is kétszeres, 4,68 cm/sec. A sebességnek 2,34-ről 4,68 cm/sec-ra való növekedése 52 fordulat, vagyis $52 \cdot 0,77 = 40$ másodperc alatt megy végbe. Mivel az átmérő és ezzel együtt a kerület egyenletesen növekszik, ezért a sebesség gyarapodása másodpercenként állandóan ugyanannyi. A sebesség növekedése a kísérlet folyamán $4,68 - 2,34 = 2,34$ cm/sec. Ez 40 másodperc alatt következett be, tehát 1 másodpercre $2,34 : 40 = 0,0585$ cm/sec sebességnövekedés jut. Ennek a fizikai mennyiségnek gyorsulás a neve, megadja, mennyi a sebesség 1 másodpercre jutó növekedése, mértékegysége az 1 cm/sec^2 , amikor is a sebesség másodpercenként 1 cm/sec -mal növekszik. Az általunk vizsgált mozgás esetében a gyorsulás állandó, az ilyen mozgás neve egyenletesen gyorsuló mozgás. A sebesség az idő lineáris függvénye: $v = v_0 + at$, itt a a gyorsulás jele, v_0 pedig az a kezdeti sebesség, amellyel kezdődött a mozgás $t = 0$ pillanatban. Érthető a lineáris függés, hiszen a csonkakúp köreinek a hossza is lineárisan növekszik, és ezek a fonaldarabok egyenlő idők alatt tekerednek le.

Felmerül még ez a kérdés: hogyan lehet kiszámítani a fonálon lógó súly útjának a hosszát? Vagyis milyen törvényt adja meg az út függését az időtől ebben az esetben? Az egyes másodpercekben megtett utakat összegezni kell. Az első másodperc alatt megtett út 2,34 cm, a 40. másodpercben megtett pedig 4,68 cm. A függés lineáris, a növekedés egyenletes, tehát ezek középértékét, $(2,34 + 4,68) : 2 = 3,51$ cm-t kell megszoroznunk 40-nel, a másodpercek számával, és megkaptuk a teljes utat: $3,51 \cdot 40 = 140,4$ cm.

Hogyan fejezhetjük ki az egyenletesen gyorsuló mozgás esetében az utat képlettel? Ugyanígy járunk el $t = 0$ -kor az 1 másodperc alatt megtett út v_0 , mert ekkor ennyi a sebesség. Miután eltelt t másodperc, a sebesség $v_0 + at$. E sebességek középértékével számolunk az egyenletes (lineáris) növekedés folytán, így az átlagsebesség $\frac{v_0 + v_0 + at}{2} = v_0 + \frac{a}{2} \cdot t$. Minthogy a mozgás t másodpercig tartott, és a helyzet a megtett út szempontjából olyan, mintha a súly mindig ezzel a sebességgel mozgott volna, a megtett út: $s = v_0 t + \frac{a}{2} \cdot t^2$.

1. *Megjegyzés.* Szigorúan véve a pamutszál alakja nem körök sorozata, hanem kiszélesedő térbeli csavarvonal. A fonál végén lógó súly mozgása már a korong egyetlen körülfordulása alatt is gyorsul. Ezért gondolatmenetünk azzal a megszorítással érvényes, hogy a fonál legyen igen vékony az alkotó hosszához viszonyítva. Más szóval a mozgás lefolyását igen rövid időközökre szétdarabolva kell vizsgálnunk.

2. *Megjegyzés.* Végezzük el a kísérletet és az egész számítást akkor, ha a lemezjátszó másodpercenként 0,555 fordulattal jár (mikrolemezre való sebességbeállítás).

3. *Megjegyzés.* Különösen egyszerű az egyenletesen gyorsuló mozgás lefolyása, ha 0 kezdősebességgel indul, $v_0 = 0$. Ezt a mi eszközünkkel nem könnyű megvalósítani, mert csonkakúp helyett csúcsban végződő kúp heggyétől lecsavarodó fonállal kellene dolgoznunk. Ekkor $v = at$, a sebesség egyenesen arányos az idővel, az út pedig $s = \frac{a}{2} \cdot t^2$, tehát az idő négyzetével arányos. Erre a mozgásra példa a szabadesés, amikor is $a = g = 980 \text{ cm/sec}^2$.

Mindebből mi a tanulság? A fizikus egy mozgás tanulmányozásakor az útnak, a sebességnek és a gyorsulásnak az időtől való függését kutatja. E három törvény szorosan összefügg egymással. Ha a három közül egy ismeretes, belőle a másik két törvényt levezethető. Így van ez minden mozgásnál. Ha lemezjátszónkra valamilyen más alak szerint kifaragott forgástestet helyezünk, az erről legombolyodó fonál vége valamilyen mozgást végez, és e mozgás sebességének, útjának az időtől való függése megállapítható.