

4. Tapadókorongos játékpisztoly-lövedék sebességének mérése ballisztikus ingával

Feladat:

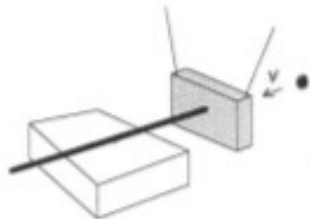
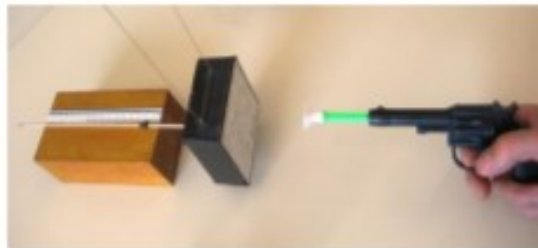
Ballisztikus inga segítségével határozza meg a játékpisztoly-lövedék sebességét! Ehhez mérje meg, hogy a lövést, majd a rugalmatlan ütközést követően mennyire lendül hátra az inga a rátapadt lövedékkel, és mekkora az együttes lengésidejük!

Szükséges eszközök:

Tapadókorongos műanyag játékpisztoly (a lövedék tömege adott), ismert tömegű, fényes felületű vastag bútorlapból készült inga, hosszú zsineggel bifilárisan állványra felfüggesztve, hurkapálca ráragasztott vékony szigetelőszalag csikkal elmozdulásának méréséhez, megfelelő magasságú támasz (fahasáb), amin a hurkapálca akadálytalanul elcsúszhat, és amelyre mm-es beosztású papír mérőszalagot ragaszthatunk, stopper.

A mérés leírása

A kísérleti összeállítást az ábra mutatja.



A bifilárisan (két szállal) felfüggesztett inga mögé néhány cm távolságba rakja le a támaszt, és erre fektesse a hurkapálcát úgy, hogy az hátulról éppen érintse az ingatest középpontját. A játékpisztollyal előlről, az inga lapjára merőlegesen lőjön, a hasáb közepét (tömegközéppontját) megcélozva. (A célzásakor a pisztolyt tartsa távolabb az ingától, mint amilyen hosszú a tapadókorongos lövedék szára!) Jó célzás esetén a tapadókorong megtapad az ingán, és az inga hátra lendül anélkül, hogy közben billegne.

- *Mérje le, mennyire tolta hátra a kilendülő ingatest a hurkapálcát a támaszon! A mérést ismételje meg háromszor, az átlaggal számoljon a továbbiakban!*
- *Stopperrel mérje meg az inga 10 lengésének idejét (a rátapadt lövedékkel együtt) és határozza meg a lengésidejt!*

- *A lengésidej és a maximális kilendülés mért értékeinek felhasználásával határozza meg a harmonikus lengés maximális sebességét! (A csekély mértékben kilendülő inga mozgása harmonikus rezgőmozgásnak tekinthető.)*
- *A rugalmatlan ütközésre érvényes lendületmegmaradási törvényt felhasználva számítsa ki a tapadókorongos lövedék sebességét az ütközés előtt!*

A mérés menete, elméleti háttér

A lengés kis kitérések mellett harmonikus rezgőmozgás. A hurkapálca „hátra tolódása” adja az amplitúdó (A) értékét, a lengésidő az ingamozgás periódusideje (T). Ezekből a maximális sebesség számolható:

$$v_{max} = A \frac{2\pi}{T}$$

A sebesség akkor maximális, amikor a test az egyensúlyi helyen halad át. Esetünkben az inga sebessége a kilendüléskor lesz ekkora.

A lövedék megtapadása során a lövedék –ingatest rendszer impulzusa megmarad. Egyenlettel:

$$m_{lövedék} v_{lövedék} = (m_{lövedék} + m_{ingatest}) v_{max}$$

Ebből a lövedék sebessége számolható.

Hibaforrások

- a hurkapálca hátra tolódása közben súrlódik
- az ingatest nem pontszerű, így nem tökéletes matematikai inga, inkább fizikainak tekinthető
- nem biztos, hogy a kitérés annyira kicsi, hogy rezgőmozgásnak tekinthetjük
- fenti elhanyagolások nélkül impulzusmomentumot kell vizsgálnunk, nem impulzust
- a lövedék sebessége nem vízszintes
- a lövedék sebessége az ingatest felé mozgás során a légellenállás következtében csökken

Mintaadatok a [Súlymérés \(ppke.hu\)](http://Sulymeres.ppke.hu) forrásból:

A méréshez 4 cm vastagságú, 8,5 x 10 cm homloklapított bútorkorongot függesztettünk fel ingaként, lemért tömege $M=229$ g. A játékpisztoly-lövedék tömege $m_{\text{lövedék}} = 3,9$ g.

A pisztolyból kilőtt tapadókorongos lövedék rátapadt az ingatestre és hátrafelé kilendítette azt. Három megismételt kísérletben mértük az inga kilendülésének vízszintes távolságát, a kilendülés átlagértéke $A=4,4$ cm.

Az ingát a rátapadt lövedékkel kitérítve mértük 10 lengés összidejét, amiből a lengésidőre $T=7,7$ sec adódott.

Az ingatest és a rátapadó lövedék ütközése rugalmatlan, az ütközés után a testek közös sebességgel mozognak tovább. Mivel az ütközés előtt az inga az egyensúlyi helyzetben nyugalomban volt, az ütközés utáni közös sebesség a lengés maximális sebessége. Az ingamozgás vízszintes vetületét harmonikus rezgéssel közelítve a maximális sebesség értéke

$$v_{max} = A\omega ,$$

ahol A a lengés amplitúdója (az inga maximális vízszintes kitérése, aminek értékét mértük), ω a lengés körfrekvenciája [$\omega = 2\pi/T$], ahol T az inga mért lengésidője.

Fentebb közölt mérési adataink felhasználásával az ütközés után hátraleendő inga és lövedék közös sebessége

$$v_{max} = A\omega = \frac{2\pi A}{T} = \frac{6,28 \cdot 4,4}{7,7} = 3,59 \frac{cm}{s}$$

A rugalmatlan ütközésre érvényes lendület-megmaradási törvény értelmében az ütköző testek ütközés előtti lendületösszege megegyezik az ütközés utáni lendülettel, azaz

$$v_{\text{lövedék}} \cdot m_{\text{lövedék}} = (M + m_{\text{lövedék}}) \cdot v_{max}$$

Innen a lövedék ütközés előtti sebességét kifejezve

$$v_{\text{lövedék}} = \frac{(M + m_{\text{lövedék}}) \cdot v_{max}}{m_{\text{lövedék}}} = 2,14 \frac{m}{s}$$