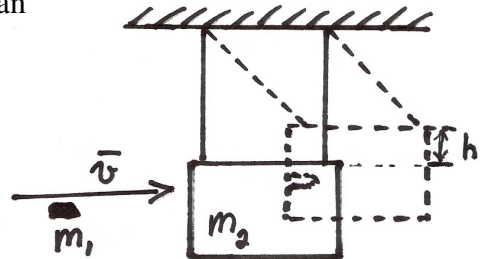


LUODIN NOPEUS = ?

1. Vuonna 1742 Benjamin Robins kehitti yksinkertaisen laitteen, ballistisen heilurin, luodin nopeuden määrittämisen. Ballistinen heiluri on esimerkiksi hiekalla täytetty laatikko tai puupölkky, joka riippuu vaakasuorassa asennossa köysien varassa.

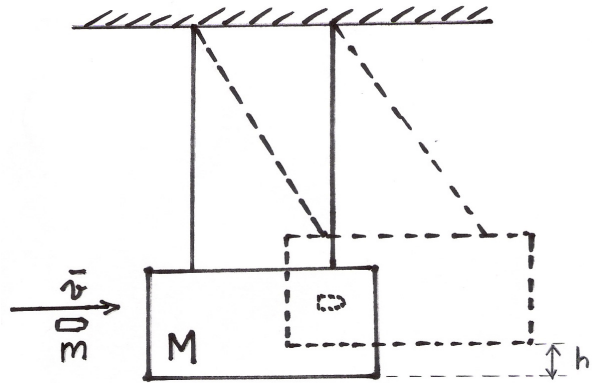
Luoti ammutaan vaakasuorassa suunnassa levossa olevaan laatikkoon tai puupölkkyyn, jonka massa tunnetaan.

Luodin osumisen seurauksena suuri heilurikappale (laatikko, puupölkky) heilahtaa ja sen painopisteen nousu mitataan (ks. kuvio). Laske luodin nopeus ennen törmäystä, kun luodin massa on 7,5 g, ja pölkyn painopiste nousee 8,8 cm. Pölkyn massa on 4,3 kg.

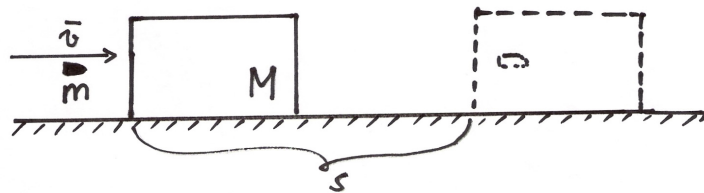


2. Ballistinen heiluri on laite, jolla voidaan määrittää ammutun luodin nopeus. Luoti ammutaan suureen heilurikappaleeseen (hiekkasäkkiin, puupölkkyyn), jonka massa on tässä esimerkissä 5,50 kg.

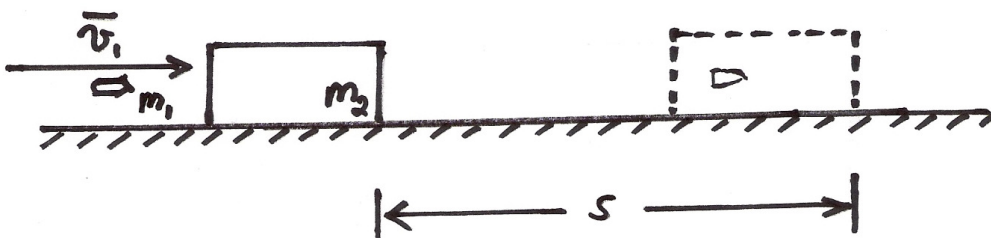
Luoti pysähtyy kappaleeseen ja heiluri heilahtaa niin, että sen painopiste nousee 0,10 m. Luodin massa on 10,0 g. Mikä oli luodin lähtönopeus?



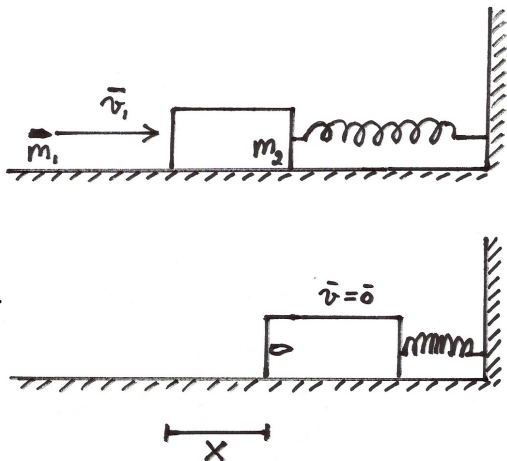
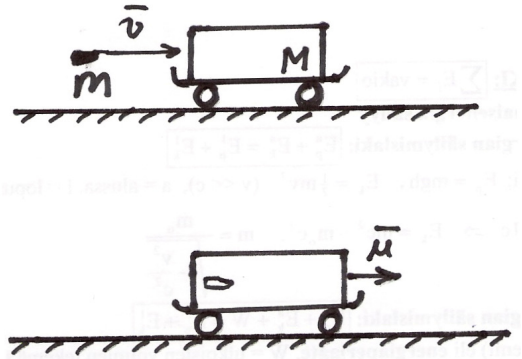
3. Pöydällä olevaan puupalikkaan on kiinnitetty sinitarra, johon ammutaan pöydän suuntaisesti ilmakiväärin luoti. Puupalikan ja sinitarran massa on 208 g ja luodin massa 0,53 g. Luoti jää kiinni sinitarraan, ja törmäyksen vaikutuksesta puupalikka siirtyy 2,6 cm. Pöydän ja puukappaleen välinen liikekitkakerroin on 0,30. Oletetaan, että törmäyksen jälkeen liike-energia kuluu kokonaan kitkan voittamiseen. Laske luodin nopeus ennen törmäystä.



4. Luoti ammutaan jäällä paikallaan olevaan puukapulaan. Törmäyksen johdosta kapula ja siihen iskeytynyt luoti liikkuvat 22 m (ks. kuva). Kuinka suuri oli luodin nopeus? Luodin massa on 12 g, puukapulan 240 g sekä kitkakerroin puun ja jään välillä on 0,024.

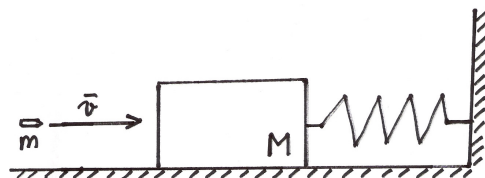


5. Ilmakiväärin luodin nopeus määritettiin ampumalla luoti puupalikkaan, joka oli kiinnitetty hyvin laakeroituun vaunuun. Vaunun nopeus mitattiin tietokoneeseen liitetyn valoportin avulla. Puupalikan ja vaunun yhteiseksi massaksi mitattiin 792 g. Luodin massa oli 0,50 g. (ks. kuvio). Luodin osuessa puupalikkaan vaunu lähti liikkeelle. Sen nopeudeksi juuri liikkeelle lähtiessä mitattiin 0,11 m/s.
- Kuinka suuri oli luodin nopeus?
 - Kuinka monta prosenttia liike-energiasta jäi jäljelle?

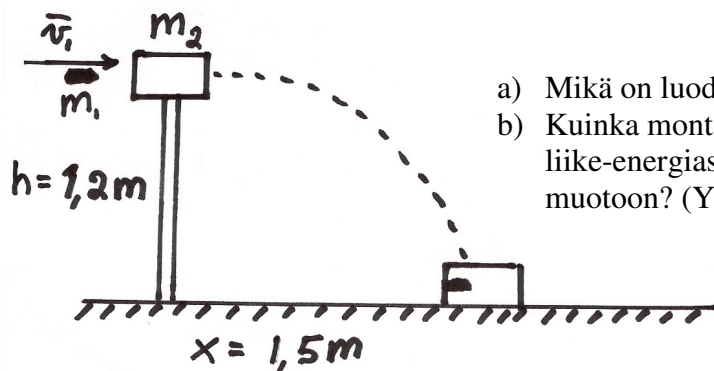


6. Luoti liikkuu vaakasuoraan ja törmää keskeisesti kitkattomalla vaakasuoralla alustalla levossa olevaan kappaleeseen pysähtyen siihen nopeasti. Kappale on kiinnitetty kevyellä jousella seinään (ks. kuvio). Luodin massa $m_1 = 5,5 \text{ g}$ ja kappaleen massa $m_2 = 4,0 \text{ kg}$ sekä jousen jousivakio $k = 150 \text{ N/m}$. Törmäyksessä jousi puristuu kasaan 10 cm. Laske luodin nopeus.

7. Luoti ammutaan kuvan mukaisesti vaakasuoralla, kitkattomalla alustalla levossa olevaan kappaleeseen, johon luoti pysähtyy. Tällöin kappaleen ja seinän väliin asetettu jousi puristuu kokoon 19 cm. Luodin massa on 15 g, kappaleen massa on 6,3 kg ja jousen jousivakio 210 N/m. Määritä, millä nopeudella luoti osui kappaleeseen.

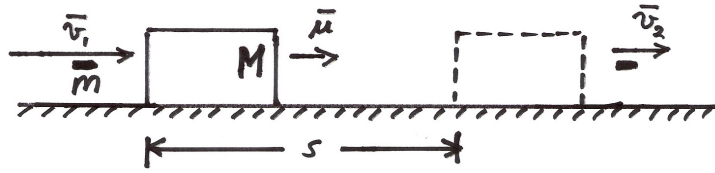


8. Pienoiskiväärin luoti ammutaan vaakasuorasti 1,2 m korkean pylvään päällä olevaan puukappaleeseen. Kappale ja siihen jäänyt luoti lentävät 1,5 m etäisyydelle pylväästä (ks. kuvio). Luodin massa on 2,69 g ja puukappaleen 305 g.



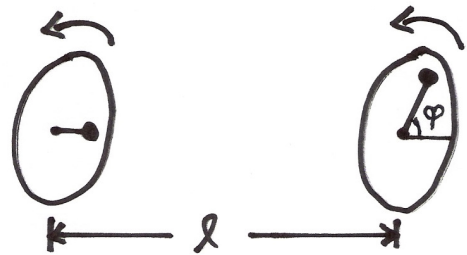
- Mikä on luodin nopeus törmäyshetkellä?
- Kuinka monta prosenttia alkuperäisestä liike-energiasta muuttuu törmäyksessä muuhun muotoon? (YO-S92-8).

9. Kappale, jonka massa on 1,500 kg, on levossa vaakasuoralla pöydällä. Kappaleen läpi ammutaan vaakasuorasti luoti, jonka massa on 10,2 g. Hyvin nopeasti tapahtuvan lävistyksen vaikutuksesta kappale lähtee liikkeelle ja liikuu pöydällä 42,0 cm. Pöydän ja kappaleen välinen liukukitkakerroin on 0,21.

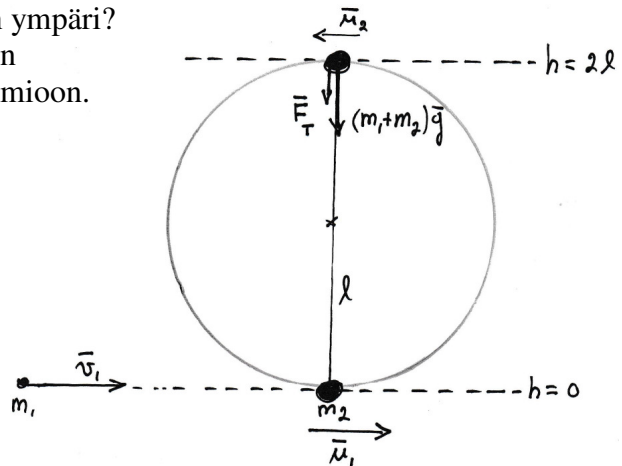


- a) Kuinka suuren kineettisen energian kappale saa törmäyksessä?
 b) Mikä on luodin nopeuden muutos lävistyksessä?
 (TKK91).

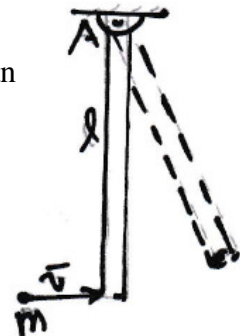
10. Luodin nopeus voidaan määrittää ampumalla se läpi kahdesta samassa akselissa pyörivästä paperikiekosta. Eräissä kokeissa paperikiekkojen välimatka oli 82 cm ja ne pyörivät kierrosnopeudella 900 rpm. Kiekoissa olevien luodinreikien välinen kiertymä oli 32° . Mikä oli luodin nopeus? Ranskalainen tutkija Armand Fizeau käytti aikoinaan samaa periaatetta yrittäessään mitata valon nopeutta.



11. Kevyen langan varassa riippuvaan pieneen palloon, jonka massa on 22,8 g, osuu vaakasuunnassa luoti, jonka massa on 0,48 g. Luoti pysähtyy palloon. Kuinka suuri täytyy luodin nopeuden vähintään olla, jotta pallo luoteineen alkaisi kiertää ympyrää pystytasossa langan kiinnityspisteen ympäri? Kiinnityspisteen ja pallon keskipisteen välinen etäisyys on 28 cm. Ilmanvastusta ei oteta huomioon. (YO-K87-9).



12. Ilmakiväärin luodin nopeuden määrittämiseksi tasapaksu puusauva ripustettiin yläpäästään kuvan mukaisesti siten, että se pääsi heilahtamaan kiinteään akseliin A ympäri. Puusauvan pituus oli 30 cm ja massa 420 g. Luoti ($m = 0,511$ g) ammuttiin siten, että se osui vaakasuoralla, akselia vastaan kohtisuoralla nopeudella sauvan alapäähän upoten siihen. Kuinka suuri oli luodin nopeus, kun sauva heilahti törmäyksen jälkeen 25° pystysuoraan suuntaan nähden? (YO-K07-10).



VASTAUKSET:

1. 750 m/s (2700 km/h).
2. 770 m/s (2800 km/h).
3. 150 m/s (550 km/h).
4. 68 m/s (240 km/h).
5. a) 170 m/s (630 km/h) b) $0,063 \% \approx 0,06 \%$.
6. 450 m/s (1600 km/h).
7. 460 m/s (1700 km/h).
8. a) 350 m/s (1250 km/h) b) $99,13 \% \approx 99,1 \%$.
9. a) 1,3 J b) 190 m/s (700 km/h).
10. 140 m/s (500 km/h).
11. 180 m/s (650 km/h).
12. 250 m/s (900 km/h). YO-K07-10.