

Metallikuulan vieriminen kaltevalla tasolla

Mikko Vestola
Koulun nimi
Fysiikka luonnontieteenä
FY1-Projektityö
4.6.2002
Arvosana: K+ (10)

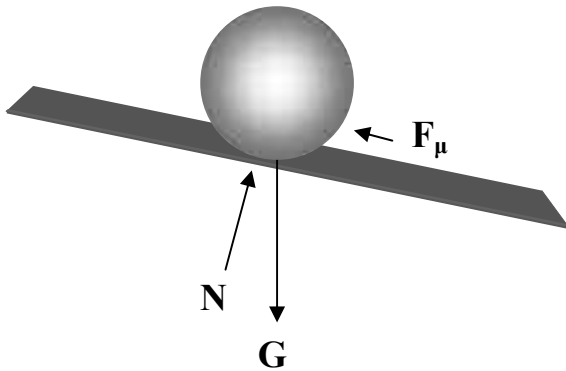
1. Työn tarkoitus

Tehtävänä oli tutkia millaisia liikeilmiöitä esiintyy metallikuulan vieressä pitkin kaltevaa tasoa.

2. Teoriaa

Kaltevalla tasolla vierivä metallikuula on gravitaatiovuorovaikutuksessa Maan kanssa ja kosketusvuorovaikutuksessa kaltevan tason kanssa ja ilman kanssa (ilmanvastus). Edellä mainituista vuorovaikutuksista metallikuulaan aiheutuvat alla olevaan kaavioon piirretyt voimat

Kuva 1. Kaltevalla tasolla olevaan metallikuulaan kohdistuvat voimat



$G = mg$, voima joka aiheutuu maan vetovoimasta kohti maan keskipistettä

N = Pinnan tukivoima, joka on kohtisuorassa tasoa vastaan

F_{μ} = Vierintävastus ja ilmanvastus

Yhdessä G ja N antavat kappaleelle kiihtyvyyden a , joka suuntautuu kaltevaa tasoa pitkin alaspäin.

Nollasta poikkeavan kokonaisvoiman vaikutuksesta metallikuulan nopeus kasvaa tasaisesti eli liike on tasaisesti kiihtyvää. Tasaisesti kiihtyvän liikkeen aika, matka-kuvaaja on paraabeli. Liikkeen hetkellinen nopeus $v(t)$ saadaan piirtämällä kuvaajaan pisteeseen (t,s) tangentti ja laskemalla tangentin fysikaalinen kulmakerroin. Piirtämällä tangenteja aika, matka-kuvaajan eri pisteisiin saadaan selville hetkellisiä nopeuksia eri ajanhetkillä. Saatujen $(t, v(t))$ pisteiden avulla voidaan piirtää aika, nopeus-kuvaaja.

3. Hypoteesi

Metallikuulan nopeus kiihtyy tasaisesti, kun metallikuula vierii kaltevaa tasoa alaspäin.

4. Työvaiheet

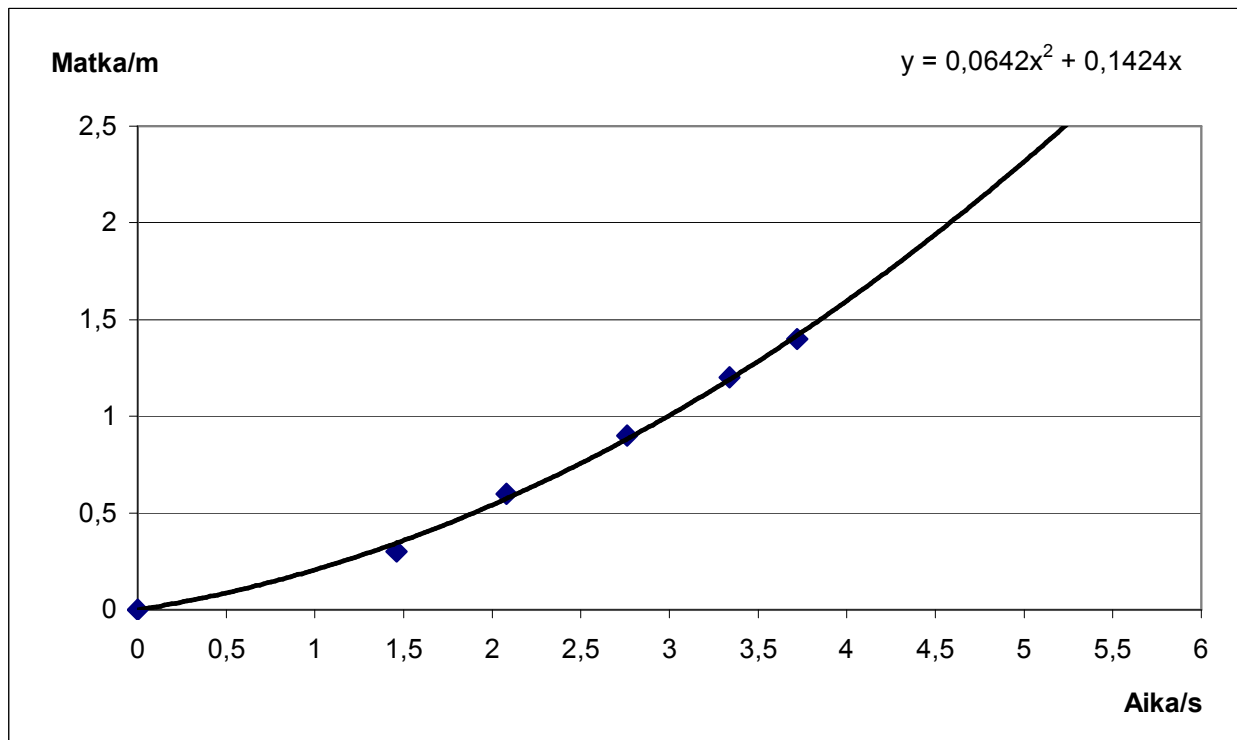
- Otettiin halkaisijaltaan 1,5 cm:n kokoinen metallikuula ja laitettiin metallikuula vierimään pitkin rullamitan "kourua" kaltevalla pöydällä (pöydän kaltevuus oli 2,5 cm 140 cm:n matkalla eli 1,0 astetta).
- Mitattiin metallikuulan kulkema matka eri ajanhetkinä. Positiivinen etenemissuunta oli kaltevaa tasoa alaspäin. Ajan nollakohta oli metallikuulan lähtöhetki. Paikan nollakohta oli paikka, jossa metallikuula päästettiin irti.
- Saatujen mittaustulosten perusteella piirrettiin metallikuulan rata eli paikka ajan funktiona.
- Aika, matka-kuvaajalle piirrettiin tangenteja, joiden fysikaalinen kulmakerroin kertoo metallikuulan hetkellisen nopeuden eri ajanhetkinä. Saatujen $(t, v(t))$ pisteiden avulla piirrettiin metallikuulan aika, nopeus-kuvaaja.
- Pääteltiin metallikuulan aika, nopeus-kuvaajan fysikaalisesta kulmakertoimesta metallikuulan kiihtyvyyttä.

5. Työn tulokset

Taulukko 1. Metallikuulan vieriminen kaltevalla tasolla (1,0 asteen kaltevuuskulma).

Aika (s)	Matka (m)
0,00	0,0
1,46	0,3
2,08	0,6
2,76	0,9
3,34	1,2
3,72	1,4

Kuvaaja 1. Kaltevalla tasolla (kaltevuuskulma 1,0°) vierivän metallikuulan aika, matka-kuvaaja.



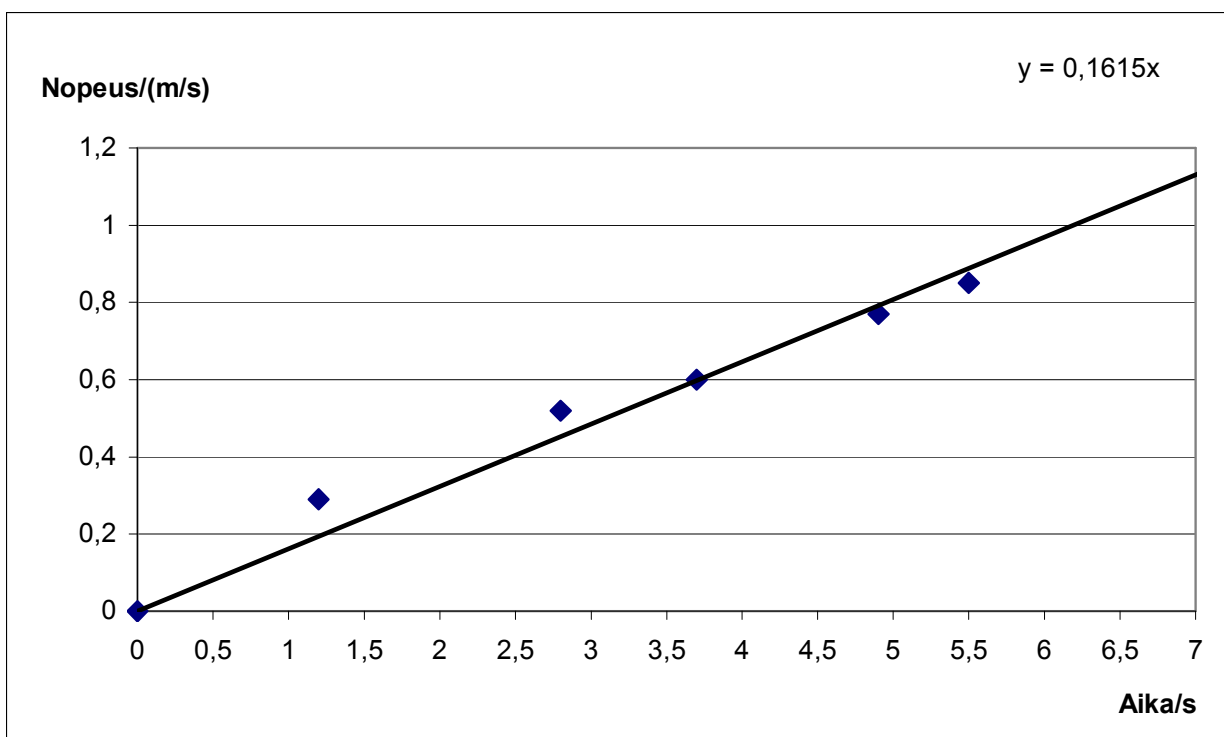
Piirretään siis metallikuulan aika, matka-kuvaajaan tangentteja käyrän eri pisteisiin, joista saadaan selville metallikuulan hetkellinen nopeus eri ajanhetkinä. Esimerkiksi käyrälle pisteeseen (2,7s; 0,8m) piirretyn tangentin fysikaalinen kulmakerroin, eli tässä tapauksessa hetkellinen nopeus, on:

$$v(2,7s) = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2,0 \text{ m}}{(5,1 - 1,0) \text{ s}} = \frac{2,0 \text{ m}}{4,1 \text{ s}} \approx 0,49 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

Lasketaan vielä samalla tavalla lisää metallikuulan hetkellisiä nopeuksia eri ajanhetkillä. Taulukoidaan tulokset ja piirretään niiden avulla metallikuulan aika, nopeus-kuvaaja.

Taulukko 2. Metallikuulan aika, matka-kuvaajan tangenteista laskettuja nopeuksia eri ajanhetkillä.

Aika (s)	Nopeus (m/s)
0,0	0,0
1,2	0,29
2,8	0,52
3,7	0,60
4,9	0,77
5,5	0,85

Kuvaaja 2. Kaltevalla tasolla (kaltevuuskulma $1,0^\circ$) vierivän metallikuulan aika, nopeus-kuvaaja.

Nähdään, että metallikuulan hetkelliset nopeudet eri ajanhetkinä asettuvat suunnilleen samalle suoralle aika, nopeus-kuvaajalla mittaustarkkuuden antamissa rajoissa. Nyt voidaan laskea metallikuulan aika, nopeus-kuvaajasta suoran fysikaalinen kulmakerroin, jolloin saadaan selville metallikuulan kiihtyvyyttä a .

$$a_{\text{metallikuula}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0,95 \frac{m}{s}}{6 s} \approx 0,16 \frac{m}{s^2}$$

6. Tulosten tarkastelu

Kokeellisesti saadut havainnot ovat yhtäpitäviä kirjallisuudessa ilmoitetun teoria kanssa. Aika, matka-arvoista voidaan päätellä, että metallikuula kulkee ajan edetessä saman matkan yhä lyhemmissä ajassa eli metallikuulan nopeus kasvaa jatkuvasti. Tämän seurauksena kaltevaa tasoa pitkin vierivän metallikuulan radan kuvaaja on kauniisti kaartuva paraabeli. Aika, matka-kuvaajalle piirrettyjen tangenttien fysikaalisista kulmakertoimista lasketut metallikuulan hetkelliset nopeudet asettuvat aika, nopeus-koordinaatistossa samalle suoralle mittaustarkkuuden antamissa rajoissa.

Koetta olisi mielekästä jatkaa siten, että selvitetäisiin, miten kaltevan tason kulman muuttaminen vaikuttaa metallikuulan saamaan kiihtyvyyteen. Toisaalta olisi myös mielenkiintoista tietää, miten kauan metallikuulan nopeus kasvaa ennen kun se saavuttaa rajanopeuden eli nopeuden, jonka jälkeen nopeus ei enää kasva.

7. Lopputulos

Metallikuulan (halkaisija 1,5 cm) kiihtyvyys metallialustalla 1,0 astetta kaltevalla tasolla on $0,16 \frac{m}{s^2}$.

8. Lähteet

1. Lavonen, Kurki-Suonio, Hakulinen, **Galilei 1 Fysiikka luonnontieteenä**, Weilin+Göös, Porvoo 1995, s.36-39 ja s. 49-56.
2. Laurikainen, Nurmi, Qvickström, Rosenberg, **Lukion fysiikka 1**, WSOY, Porvoo 1974, s.14-26.
3. Hassi, Hatakka, Saarikko, Valjakka, **Lukion fysiikka Vuorovaikutus**, WSOY, Porvoo 1996, s. 27-38.