

# **Leikkiauton vieriminen kaltevalla tasolla**

**Mikko Vestola**  
**Koulun nimi**  
**Fysiikka luonnontieteenä**  
**FY3-Projektityö**  
**1.5.2002**  
*Arvosana: K+ (10)*

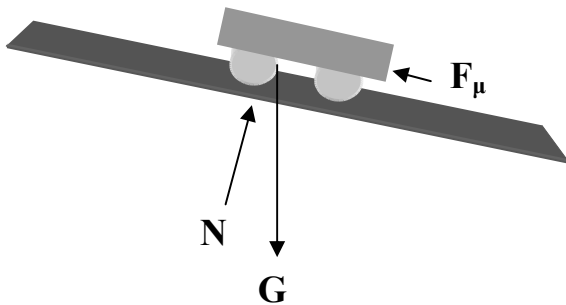
## 1. Työn tarkoitus

Tehtävänä oli tutkia leikkiauton kulkemista kaltevaa tasoa alaspäin: määrittää sen keskinopeus, loppunopeus ja nopeus matkan puolivälissä.

## 2. Teoriaa

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

**Kuva 1.** Kaltevalla tasolla olevaan leikkiautoon kohdistuvat voimat



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

$N$  = Pinnan tukivoima, joka on kohtisuorassa tasoa vastaan

$F_{\mu}$  = Vierintävastus ja ilmanvastus

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

Nollasta poikkeavan kokonaisvoiman vaikutuksesta leikkiauton nopeus kasvaa tasaisesti eli liike on tasaisesti kiihtyvää. Tasaisesti kiihtyvän liikkeen aika, matka-kuvaaja on paraabeli.

## 3. Hypoteesi

Leikkiauton nopeus kiihtyy tasaisesti, kun leikkiauto kulkee kaltevaa tasoa alaspäin.

## 4. Työvaiheet

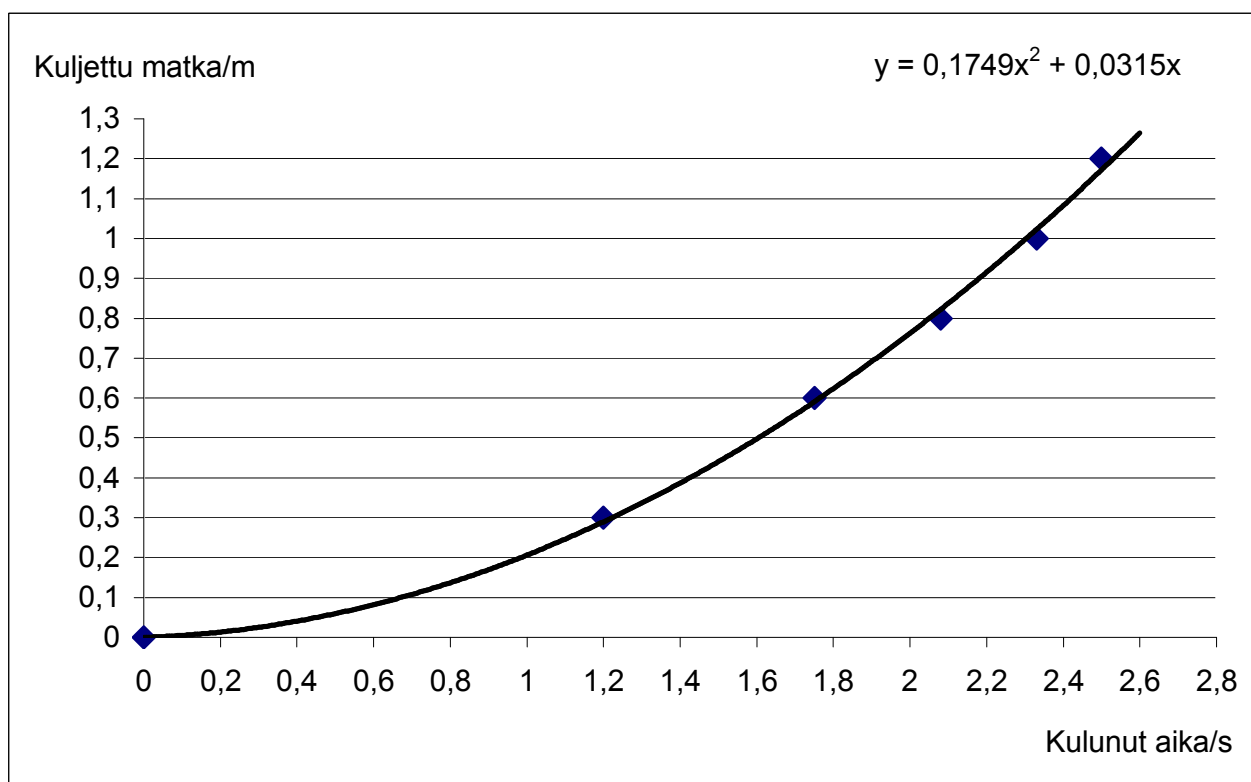
1. Hankimme tarvittavan leikkiauton ja mittasimme sen painoksi jousivaa'alla 0,51 N eli massa on 51 g.
2. Rakensimme kaltevan radan pöydästä, mittasimme pöydän pituudeksi 120 cm ja pöydän kaltevuudeksi 8 cm 120 cm:n matkalla eli kaltevuuskulmaksi tuli 3,8 astetta.
3. Positiivinen etenemissuunta oli kaltevaa tasoa alaspäin. Laitoimme leikkiauton pöydälle, siten, että leikkiauton perä oli pöydän päässä ja nokka etenemissuuntaa kohti. Ajan nollakohta oli leikkiauton lähtöhetki. Paikan nollakohta oli paikka, jossa leikkiauto päästettiin irti. Mittasimme leikkiauton kulkeman matkan eri ajanhetkinä.
4. Mittasimme sekuntikellolla ajan, kun leikkiauton perä oli kulkenut 120 cm:n matkan. Toistimme tämän myös kohdissa 30 cm, 60 cm, 80 cm ja 100 cm. Jokaisesta otimme 4 aikaa ja laskimme keskiarvot.
5. Saatujen mittaustulosten perusteella piirrettiin leikkiauton paikka ajan funktiona eli aika, matka-kuvaaja.

## 5. Työn tulokset

**Taulukko 1.** Leikkiauton kulkeminen kaltevaa tasoa alaspäin (3,8 asteen kaltevuuskulma).

Aika (s)	Matka (m)
0,00	0,0
1,20	0,3
1,75	0,6
2,08	0,8
2,33	1,0
2,50	1,2

**Kuvaaja 1.** Kaltevaa tasoa (3,8 astetta) alaspäin kulkevan leikkiauton aika, matka-kuvaaja.



Kuvaajasta 1 nähdään, että leikkiauton liike kaltevalla tasolla on suunnilleen tasaisesti kiihtyvää liikettä.

Näin ollen leikkiauton loppunopeus ja hetkellinen nopeus matkan puolivälissä (tässä tapauksessa 0,6 m) voidaan laskea lain  $v = v_0 + at$  avulla, missä  $v_0$  on leikkiauton alkunopeus (tässä tapauksessa  $0 \frac{m}{s}$ ),  $a$  on leikkiauton kiihtyvyys ja  $t$  on matkaan käytetty aika.

Lasketaan ensin leikkiauton kiihtyvyys 1,2 m:n matkalla. Se saadaan laskettua lain  $s = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2$  avulla, missä  $s_0$  on paikka ajanhetkellä 0 s (tässä tapauksessa 0 m) ja  $v_0$  on alkunopeus (tässä  $0 \frac{m}{s}$ ).

Laki saadaan supistettua muotoon  $a = \frac{2s}{t^2}$ .

Täytyy vielä laskea kuinka kauan leikkiautolla menee 1,2 m:n kulkemiseen. Se saadaan Kuvaajasta 1. Tarkka arvo saadaan sijoittamalla yhtälöön  $y = 0,1749x^2 + 0,0315x$ ,  $y$ :n paikalle 1,2 jolloin saadaan toisen asteen yhtälön ratkaisukaavalla  $x$ :n arvoksi 2,531. Sovelletaan samaa tapaa 0,6 m:n ajan laskemiseen ja saadaan  $x$ :n arvoksi 1,764. Eli leikkiautolla kestää 1,2 m:n kulkemiseen n. 2,5 sekuntia ja 0,6 m:n kulkemiseen n. 1,8 sekuntia.

Nyt voidaan laskea leikkiauton kiihtyvyys 1,2 m:n matkalla:  $a = \frac{2 \cdot 1,2m}{(2,531s)^2} \approx 0,375 \frac{m}{s^2}$

Kun leikkiauton kiihtyvyysskin on nyt tiedossa voidaan laskea helposti leikkiauton loppunopeus ja hetkellinen nopeus matkan puolivälissä lain  $v = v_0 + at$  avulla, joka supistuu tässä tapauksessa muotoon  $v = at$ .

Sijoitetaan luvut lakiin:  $v = at$

$$v_{\text{loppu}} = 0,375 \frac{m}{s^2} \cdot 2,531s \approx 0,95 \frac{m}{s}$$

$$v_{\text{puoliväli}} = 0,375 \frac{m}{s^2} \cdot 1,764s \approx 0,66 \frac{m}{s}$$

Loppunopeuden avulla voidaan sitten laskea leikkiauton keskinopeus 1,2 m:n matkalla lain

$v_k = \frac{1}{2}(v_1 + v_2)$  avulla, missä  $v_1$  on alkunopeus (tässä tapauksessa  $0 \frac{m}{s}$ ) ja  $v_2$  on loppunopeus.

$$v_k = \frac{1}{2} \cdot 0,95 \frac{m}{s} = 0,475 \frac{m}{s} \approx 0,48 \frac{m}{s}$$

## 6. Tulosten tarkastelu

Kokeellisesti saadut havainnot ovat yhtäpitäviä kirjallisuudessa ilmoitetun teoria kanssa. Leikkiauton aika, matka-kuvaajasta voidaan päätellä, että leikkiauto kulkee ajan edetessä saman matkan yhä lyhyemmässä ajassa eli leikkiauton nopeus kasvaa jatkuvasti. Tästä seuraa, että kaltevaa tasoa pitkin kulkevan leikkiauton radan kuvaaja on paraabeli.

Leikkiauton loppunopeuden ja hetkellisen nopeuden matkan puolivälissä olisi myös voinut laskea piirtämällä Kuvaajaan 1 tangentteja käyrän eri pisteisiin, mutta tämä ei olisi antanut niin tarkkaa tulosta. Lasketuista leikkiauton loppunopeudesta ja keskinopeudesta näkee, että tasaisesti kiihtyvän liikkeen loppunopeus on aina kaksinkertainen keskinopeuteen verrattuna.

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

## 7. Lopputulokset

Leikkiauton keskinopeus kaltevalla tasolla (kaltevuuskulma:  $3,8^\circ$ ) :  $0,48 \frac{m}{s}$

Leikkiauton loppunopeus kaltevalla tasolla (kaltevuuskulma:  $3,8^\circ$ ) :  $0,95 \frac{m}{s}$

Leikkiauton hetkellinen nopeus kaltevan tason puolivälissä (kaltevuuskulma:  $3,8^\circ$ ):  $0,66 \frac{m}{s}$

## 8. Lähteet

1. Lavonen, Kurki-Suonio, Hakulinen, **Galilei 3 Mekaniikka 1**, Weilin+Göös, Porvoo 1999, s.30-36.
2. Arvonen, Erätuuli, Hella, **Koulun fysiikka 9**, Otava, Keuruu 1995, s.18-22