

Luku 8: Kiihtyvä liike

Keskeiset sisällöt

- Kiihtyvä liike
- Kiihtyvyys
- Tasaisesti kiihtyvä liike
- Fysikaalinen pinta-ala



Kiihtyvyys

Kiihtyvä liike

Edellisessä luvussa todettiin, että liike on tasaista, mikäli kappaleen nopeus ja liikkeen suunta pysyvät vakiona. Tyypillisesti näin ei kuitenkaan ole, vaan nopeus tai liikkeen suunta vaihtelevat jatkuvasti. Jotta voimme kertoa, kuinka nopeasti nopeuden muutos on tapahtunut, tarvitsemme suureen kiihtyvyys.

Kiihtyvyys

Kiihtyvyys on fysiikan suure, joka ilmaisee nopeuden muutosnopeuden. Kiihtyvyyden tunnus on a ja perusyksikkö $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Kappaleen keskikihtyvyys lasketaan jakamalla nopeuden muutos muutokseen kuluneella ajalla

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \text{ eli kiihtyvyys} = \frac{\text{nopeuden muutos}}{\text{muutokseen kulunut aika}},$$

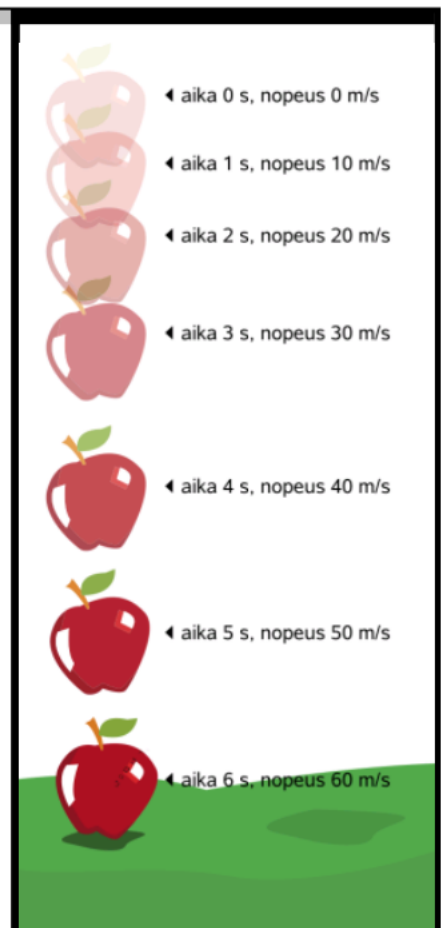
missä Δv on nopeuden muutos ja Δt on muutokseen kulunut aika.

Tasaisesti kiihtyvä liike

Mikäli kappaleen kiihtyvyys pysyy vakiona, liikettä sanotaan tasaisesti kiihtyväksi. Vapaassa pudotuksessa olevan kappaleen kiihtyvyys on tasaisesti kiihtyvää pudotuksen alkuvaiheessa. Koska putoamiskiihtyvyys on $9.81 \text{ m/s}^2 \approx 10 \text{ m/s}^2$, tippuvan omenan nopeus kasvaa jokainen sekunti noin 10 m/s . Todellisuudessa ilmanvastus kasvaa nopeuden kasvaessa, jolloin putoavan kappaleen kiihtyvyys pienenee. Tasaisesti kiihtyvän liikkeen mallin mukaisesti tippuvan omenan nopeus kasvaisi levosta nopeuteen 60 m/s kuuden ensimmäisen sekunnin aikana.



Jarruttavan junan liikettä voidaan pitää tasaisesti kiihtyvänä.



Esimerkki 1

Erään automallin on ilmoitettu kiihtyvän nolasta sataan (100 km/h) kahdeksassa (8.0 s) sekunnissa. Mikä on kyseisen auton keskikihtyvyys kiihdytyksen aikana?

Ratkaisu

Kootaan tehtävän tiedot:

Kiihdytykseen kulunut aika

$$\Delta t = 8 \text{ s.}$$

Nopeuden muutos

$$\Delta v = v_2 - v_1 = 100 \text{ km/h} - 0 \text{ km/h} = 100 \text{ km/h} = \frac{100}{3.6} \text{ m/s} = 27.78 \text{ m/s}$$

Lasketaan keskikihtyvyys kyseisellä välillä

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{27.78 \text{ m/s}}{8 \text{ s}} = 3.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Vastaus

Kiihtyvyys on 3.5 m/s^2



Esimerkki 2

Airbus A 320 kiihdyttää kiitoradalla. Kiihdytys kestää 29 sekuntia. Kuinka suureen nopeuteen lentokone ehtii kiihdyttää ennen lentoon nousua (take off speed), kun keskihihtyvyys on 2.6 m/s^2 ?

Ratkaisu

Kootaan tehtävän tiedot:

$$a = 2.6 \text{ m/s}^2, \Delta t = 29 \text{ s}, \Delta v = ?$$

Ratkaistaan Δv yhtälöstä

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad || \cdot \Delta t$$

$$\Delta v = a \cdot \Delta t$$

$$= 2.6 \text{ m/s}^2 \cdot 29 \text{ s} = 75.4 \text{ m/s} = 271.4 \text{ km/h}$$

Koska alkunopeus on nolla, loppunopeus on sama kuin nopeuden muutos.

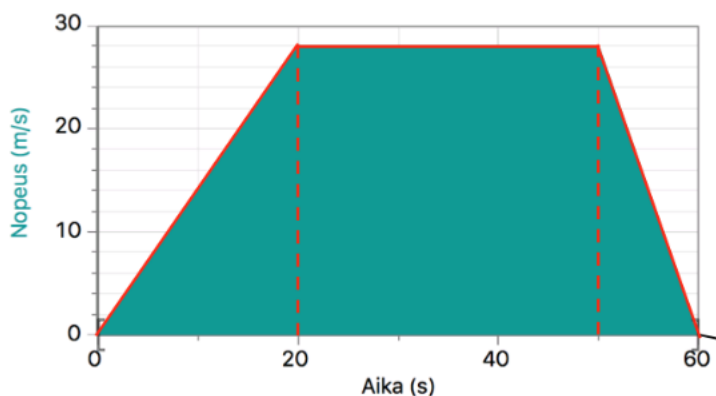
Vastaus: 270 km/h



Aika (s)

Ratkaisu

Määritetään kuljettu matka nopeuden kuvaajasta fysikaalisena pinta-alana. Pinta-ala saadaan laskettua jakamalla alue suorakulmioksi ja kolmioiksi. Vaihtoehtoisesti pinta-alan voisi laskea yhtenä puolisuunnikkaana.



Kuljettu matka välillä 0...20 s on $\frac{28 \text{ m/s} \cdot 20 \text{ s}}{2} = 280 \text{ m}$

Kuljettu matka välillä 20...50 s on $28 \text{ m/s} \cdot 30 \text{ s} = 840 \text{ m}$

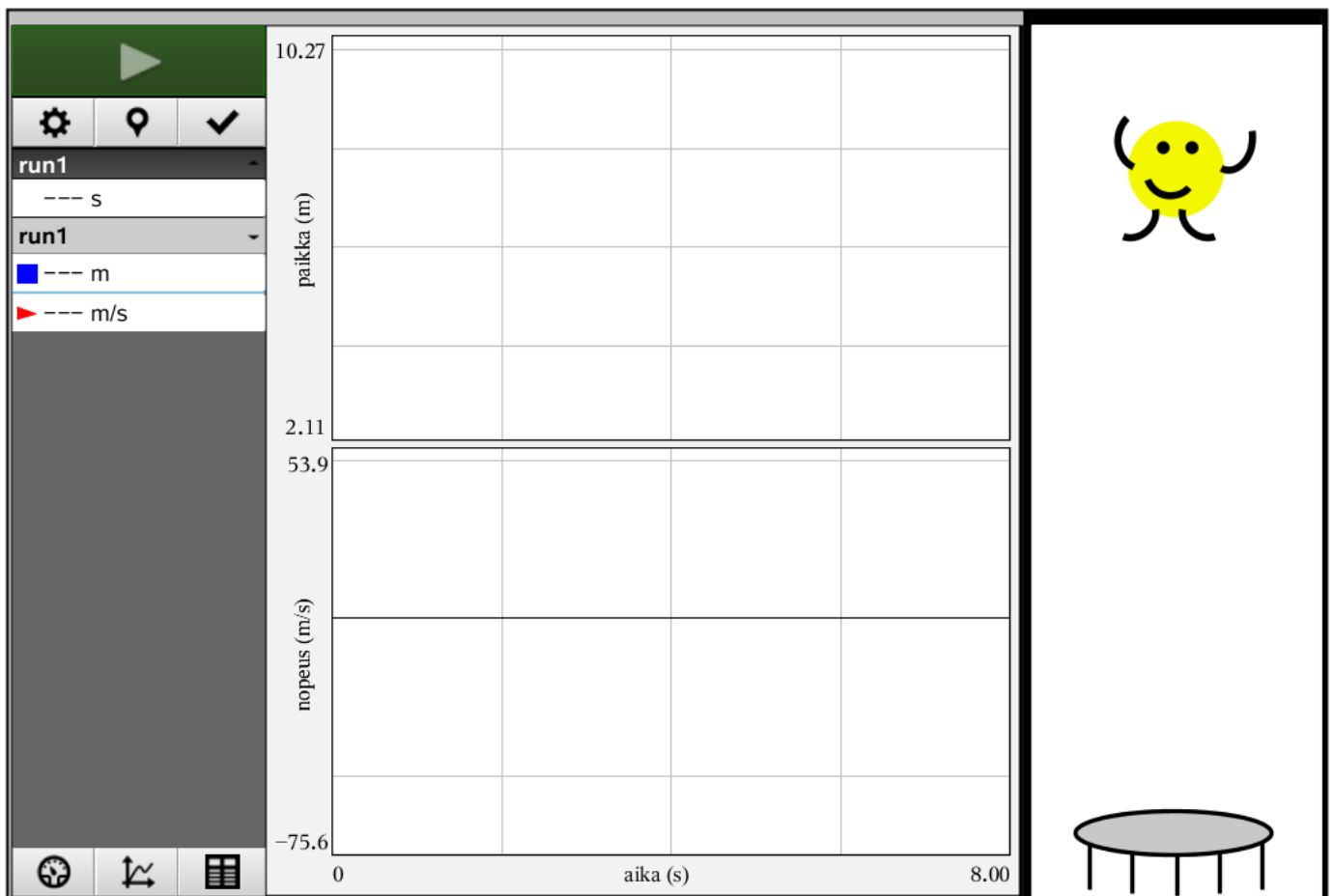
Kuljettu matka välillä 50...60 s on $\frac{28 \text{ m/s} \cdot 10 \text{ s}}{2} = 140 \text{ m}$

Kokonaismatka on tällöin $280 \text{ m} + 840 \text{ m} + 140 \text{ m} = 1260 \text{ m}$

Tutki 1

Siirry seuraavalle sivulle ja tutki simulaatiota pomppivasta miehestä. Voi käynnistää simulaation uudelleen klikkaamalla trampoliinia.

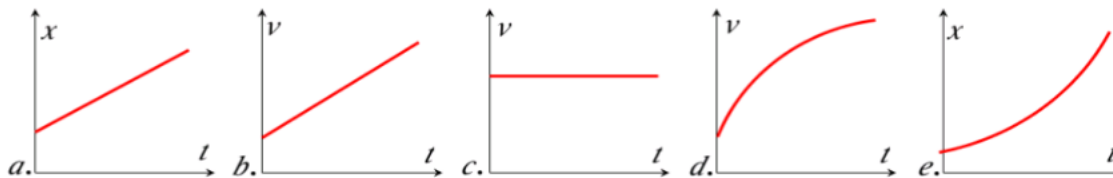
- Mitä negatiivinen/positiivinen nopeus tarkoittaa simulaation tilanteessa?
- Millä ajanhetkellä hymypoika saavuttaa lakipisteen ensimmäisen pompun jälkeen?
- Kuinka pitkän ajan ensimmäisen pompun jälkeinen ilmalento kestää?
- Määritä putoamiskiihtyvyys tarvittavien työkalujen avulla. Hiiren oikea -> Analysoi



Tehtäviä

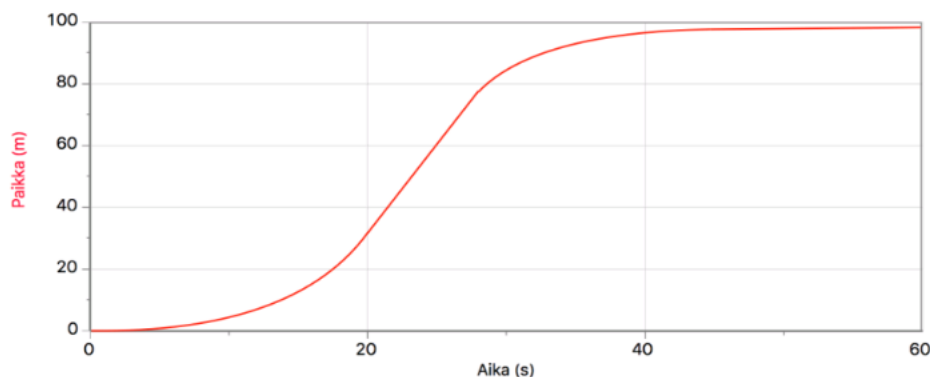
1. a) Mitä kiihtyvällä liikkeellä tarkoitetaan?
b) Mitä tasaisesti kiihtyvällä liikkeellä tarkoitetaan?

2. Mitkä seuraavista kuvaajista kuvaavat kiihtyvää liikettä?



3. Auton nopeus muuttuu nopeudesta 10 m/s nopeuteen 30 m/s. Aikaa kiihdytykseen kuluu 11 sekuntia. Mikä on auton keskikihtiävyys kyseisellä välillä?
4. Skootterin nopeus on 45 km/h. Kuljettaja alkaa jarruttamaan havaitessaan esteen. Jarrutuksen aikana skootterin keskikihtiävyys (hidastuvuus) on 3.1 m/s^2 . Kuinka kauan skootterin pysähtymiseen kuluu aikaa?

5. Miten kappaleen nopeus muuttuu kuvaajan perusteella välillä 0...60 s?

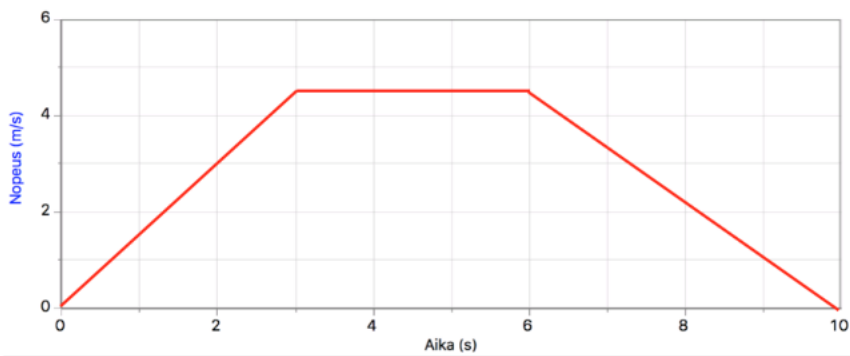


6. Pieni kivi tippuu rakennustyömaalla nosturin kuormasta. Kuinka suuri on kiven nopeus maassa, kun aikaa kuluu 1.7 sekuntia? Ilmanvastusta ei tarvitse huomioida. Käyttäisitkö työmaalla työskennellessäsi kypärää?
7. Kuinka kauan auton kiihdytys 80 km/h nopeudesta 102 km/h nopeuteen kestää, kun auton kiihtiävyys kyseisessä ohitustilanteessa on 0.9 m/s^2 ?
8. Taajamajuna jarruttaa tasaisesti nopeudesta 80 km/h pysähdyksiin 15 sekunnin aikana. Kuinka pitkä matka jarrutukseen kuluu? Voit käyttää ratkaisutavan hahmottelussa kuvaajaa apuna.

9. Määritä kuvaajan avulla

a) kappaleen kiihtyvyys väleillä 0...3 s, 3...6 s ja 6...10 s

b) kappaleen kulkema matka välillä 0...10 s.



Vastaukset

2. b, d, e

3. 1.8 m/s^2

4. 4.0 s

6. 16.7 m/s

7. 6.8 s

8. 170 m

9. a) 1.5 m/s^2 , 0, -1.1 m/s^2 b) 29 m

Luvun kuvitus:

<http://www.shutterstock.com/>

Alexey Y. Petrov (lentokone)

Toa55 (moottoripyörä)

Alexey Y. Petrov (kiitorata1)

Crystal Eye Studio (omena tippuu)

Estrada Anton (juna sisältä)

EpicStockMedia (avoauto)

muratart (kiitorata2)