

Kitka, energia ja liikemäärä

Aiheena tänään

- Kitka
- Energia
 - Työ
 - Teho
 - Mekaanisen energian säilyminen
- Liikemäärä
 - Impulssi

Kitka, F_μ

- Kitka on voima, joka vastustaa kahden pinnan välistä hankausta (liikekitka) tai hankauspyrkimystä (lepokitka).

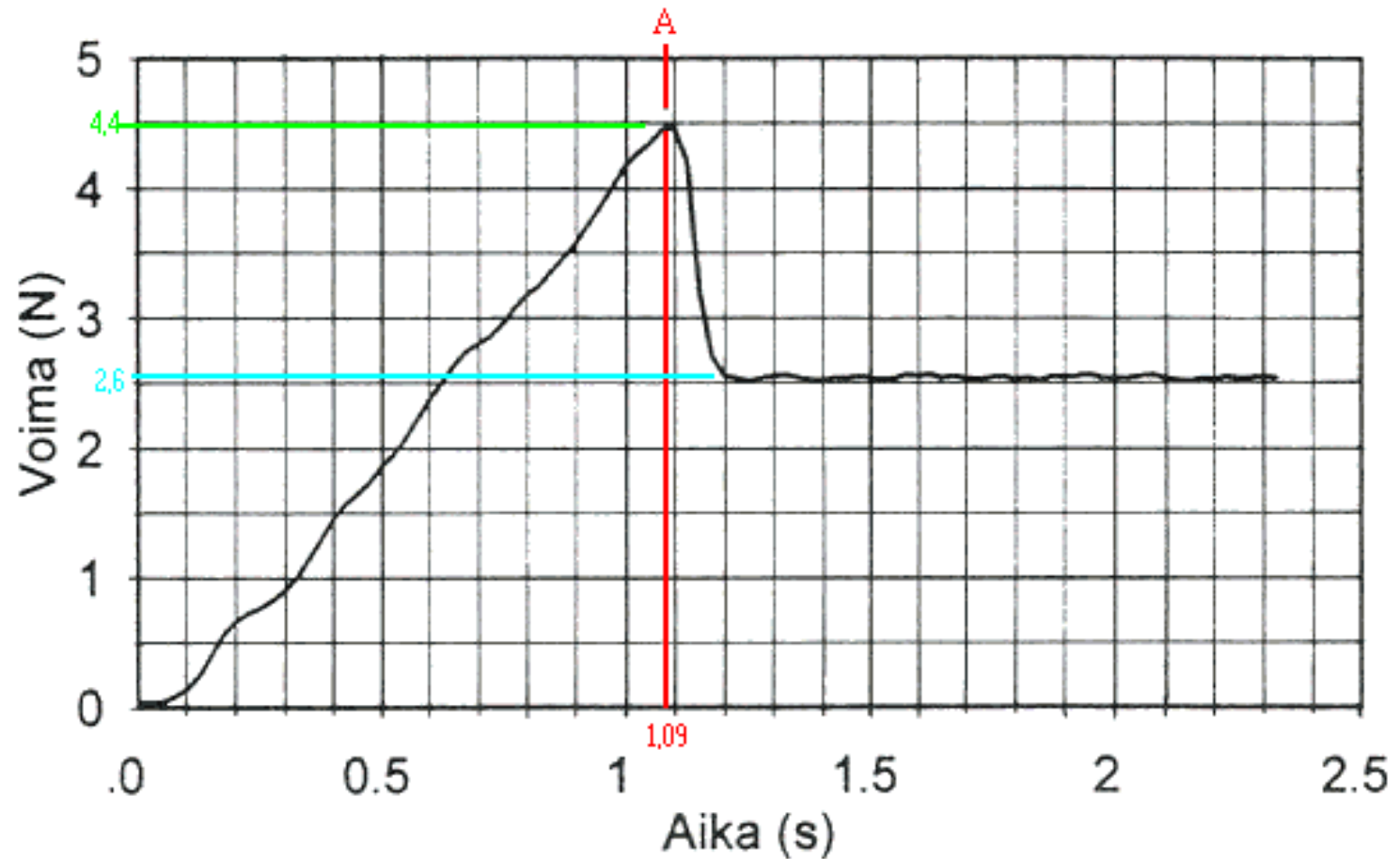
$$F_\mu = \mu \cdot N$$

aineparille ominainen
kitkakerroin, $0 \leq \mu \leq 1$

tukivoima, kohtisuorassa
pintaa vastaan

Kitka

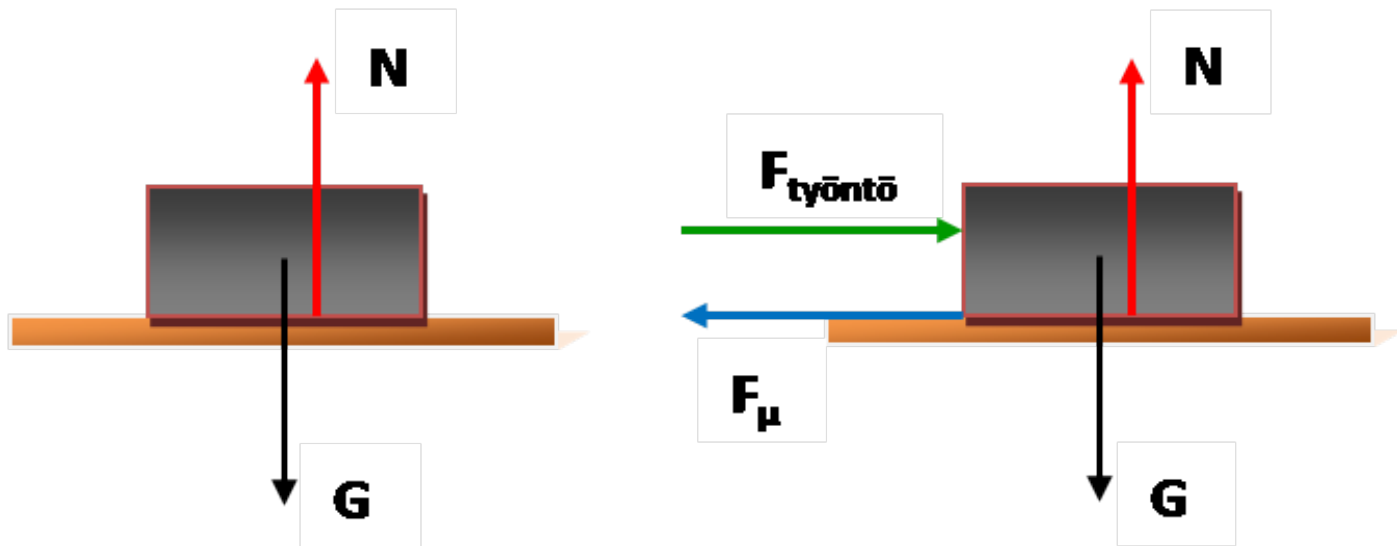
- Lepokitka $F_{\mu 0}$ ja liikekitka F_{μ} ovat erillisiä ja erisuuruisia.
- Molempia kuvaa kitkakerroin, μ_0 ja μ .
- $\mu_0 \geq \mu$
 - Kappaleen liikkeelle saanti on aina vaikeinta!
- $F_{\mu 0} = N * \mu_0$ ja $F_{\mu} = N * \mu$



Lähde:

<http://materiaalit.internetix.fi/fi/opintojaksot/5luonnontieteet/fysiikka/fysiikka9/ratkaisut>

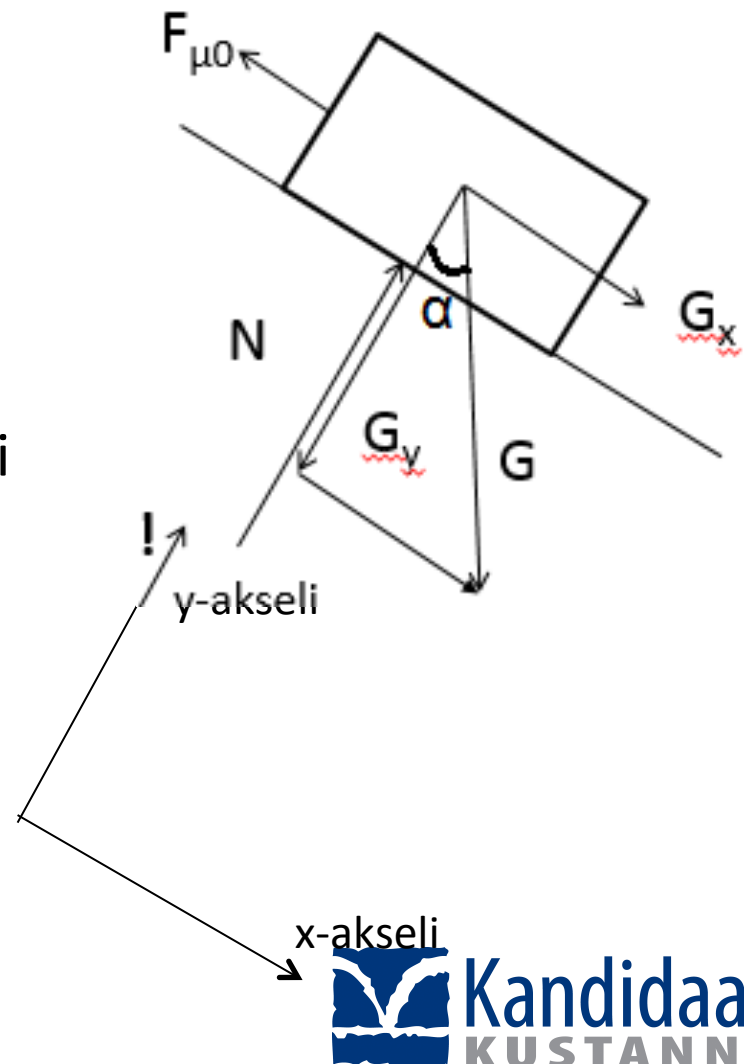
Kitkan voimakuvio



Kappale kaltevalla tasolla

- Tilanne, jossa koordinaatistoa kannattaa kiertää
- Valitaan y-suunta tasoa vastaan kohtisuoraan
- x-akseli tason pinnan suuntaiseksi
- **Jaetaan painovoima komponentteihin!**

- x-suunnassa: $G_x - F_{\mu 0} = m a$
- y-suunnassa: $N = G_y$



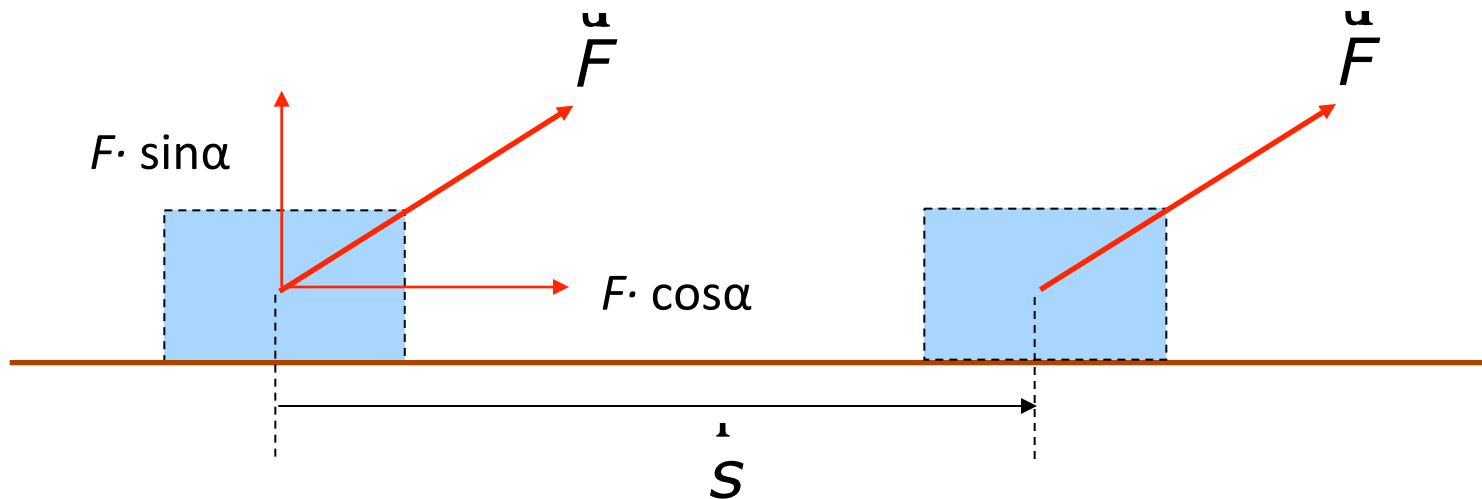
Energia, E

- Energian säilymislaki: Energia voi siirtyä ja muuttaa muotoaan, mutta energian kokonaismäärä ei muutu.
 - tunnus E
 - yksikkö joule, 1 J; $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$
 - muita: $1 \text{ kcal} = 4,1868 \text{ kJ}$
 $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$
 $1 \text{ elektronivoltti} = 1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}$

Työ, W

- Työn määritelmä:
 - Jos vakiovoima vaikuttaa kappaleeseen liikkeen suunnassa, matkalla s voima tekee kappaleeseen työn
- $$W = F \cdot s$$
- yksikkö: $[W] = [F] \cdot [s] = 1N \cdot 1m = 1J$
 - Jos voima ei vaikuta liikkeen suunnassa, on voimasta otettava huomioon vain liikkeen suuntainen komponentti

Tarkastellaan tilannetta, jossa vakiovoima $\vec{F}$ siirtää kappaletta siirtymän s verran. Voima $\vec{F}$ tekee työtä, jos voiman vaikutuspiste siirtyy.



Työn määrittely kuvan tilanteessa

$$W = F \cdot s \cdot \cos \alpha$$

Kiihdytystyö

Isä työntää lapselleen pulkkamäen päällä tasamaalla vauhtia. Isän työntö suuntautuu vaakatasossa. Kuinka suurella voimalla isän on työnnettävä, jotta pulkka kiihtyisi nopeuteen 4 m/s kahdessa sekunnissa? Pulkka painaa tytön kanssa 17 kg ja kitkakerroin lunta vasten on 0,15. Kuinka suuren työn isä tekee?

Teho

- Teho kertoo nopeuden, jolla työtä tehdään

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

- Toisaalta etenemisliikkeessä

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F \cdot \Delta s}{\Delta t} = Fv$$

- ja pyörimisliikkeessä

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{M\Delta\varphi}{\Delta t} = M\omega$$

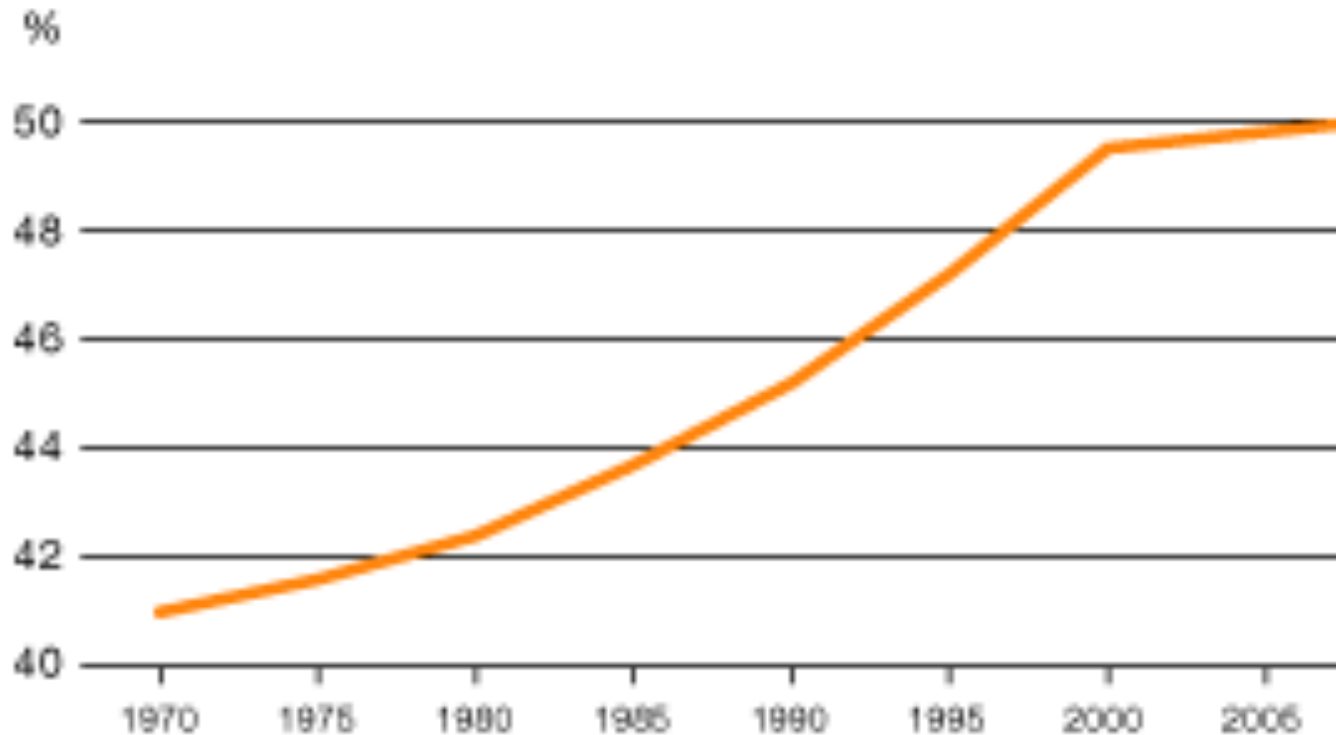
Hyötysuhde

- Hyötysuhde on koneen/ihmisen hyödyksi saaman energian (työn) ja koneen/ihmisen käyttämän kokonaisenergia (työn) suhde

$$\eta = \frac{E_{hyöty}}{E_{koko}} = \frac{W_{hyöty}}{W_{koko}} = \frac{P_{hyöty} \cdot t}{P_{koko} \cdot t} = \frac{P_{hyöty}}{P_{koko}}$$

- Laitteesta ilmoitetaan käytännössä aina ottoteho (=kokonaisteho) eli teho, jonka laite ottaa virtalähteestä. Antoteho (=hyötyteho) eli hyödyksi saatava teho on aina ottotehoa pienempi.

Development of the shaft efficiency of Wärtsilä's best engines

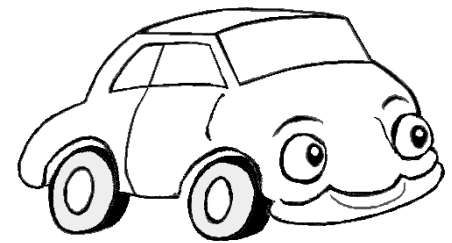


<http://www.wartsila.fi/fi/kestava-kehitys/Environmentalresponsibility/Productsandenvironmentalaspects/Engineefficiency>

Liike- eli kineettinen energia

- Kappaleen liike-energia eli kineettinen energia E_k on yhtä suuri kuin työ (=kiihdytystyö), joka tarvitaan, jotta paikaltaan lähtevä kappale saataisiin liikkumaan nopeudella
 - Toisaalta saman suuruinen työ on tehtävä, jotta nopeudella v liikkuva kappale saataisiin pysäytetyksi

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

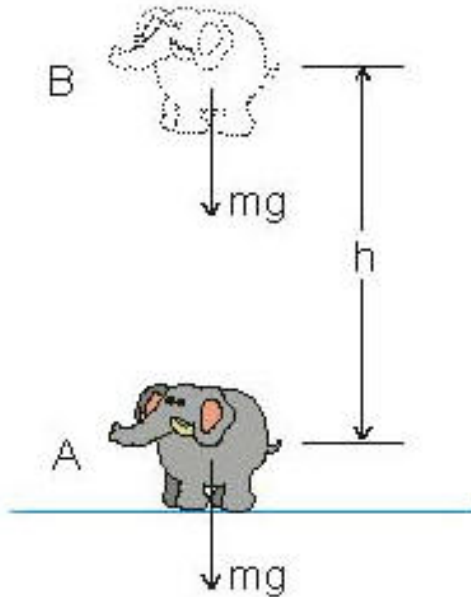


Potentiaalienergia

- Jos ulkoinen voima F siirtää kappaleen korkeudelle h , saadaan voiman tekemäksi nostotyöksi

$$W = F \cdot h = mgh$$

- Kappaleella on tämän jälkeen asemansa perusteella "varastossa" työtä, jota sanotaan *potentiaali-* eli *asemaenergiaksi* E_p , ja joka on nostotyön suuruinen eli.



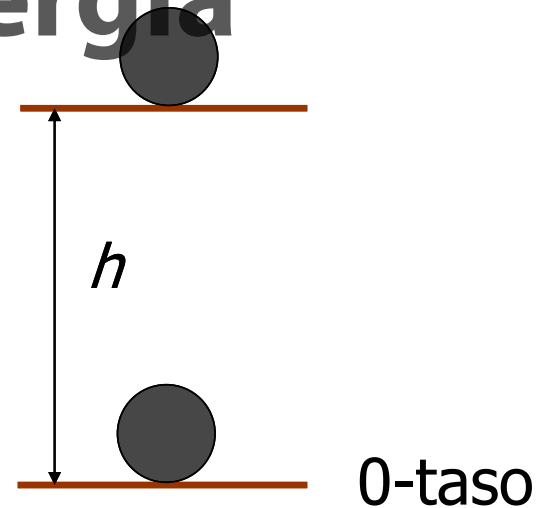
$$E_p = mgh$$

Potentiaalienergia

- Siis korkeudella h olevan kappaleen potentiaalienergia on yhtä suuri kuin työ, joka tarvitaan kappaleen nostamiseksi tuolle korkeudelle

- Potentiaalienergialle on tyypillistä:

- potentiaalienergian muutos ei riipu siitä, mitä reittiä kappale liikkuu, vaan ainoastaan kappaleen alku- ja loppuaseman korkeuserosta
- potentiaalienergian nollataso voidaan valita vapaasti, lopputulos sama valitusta nollatasosta riippumatta
→ nollatason järkevällä valinnalla lasku helpottuu huomattavasti.
- nollatason yläpuolella $h > 0$ ja potentiaalienergia positiivinen, nollatason alapuolella $h < 0$ ja potentiaalienergia negatiivinen.



Mekaanisen energian säilyminen

- Suljetun systeemin mekaaninen energia säilyy
 - eli jos vastusvoimia ei ole, liike-energian ja potentiaalienergian summa ei muutu

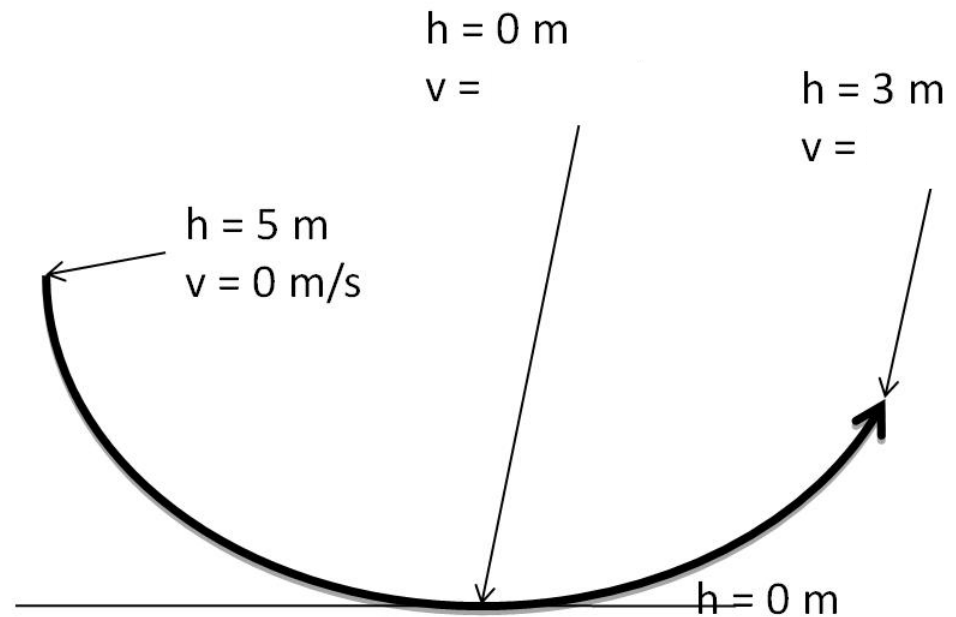
$$E_m = E_k + E_p = \text{vakio}$$

- Mekaniikan energiaperiaate
 - Kappaleen mekaanisen energian muutos on yhtä suuri kuin kappaleeseen kohdistuvien voimien tekemä kokonaistyö

$$\Delta E_m = W_{\text{kok}}$$

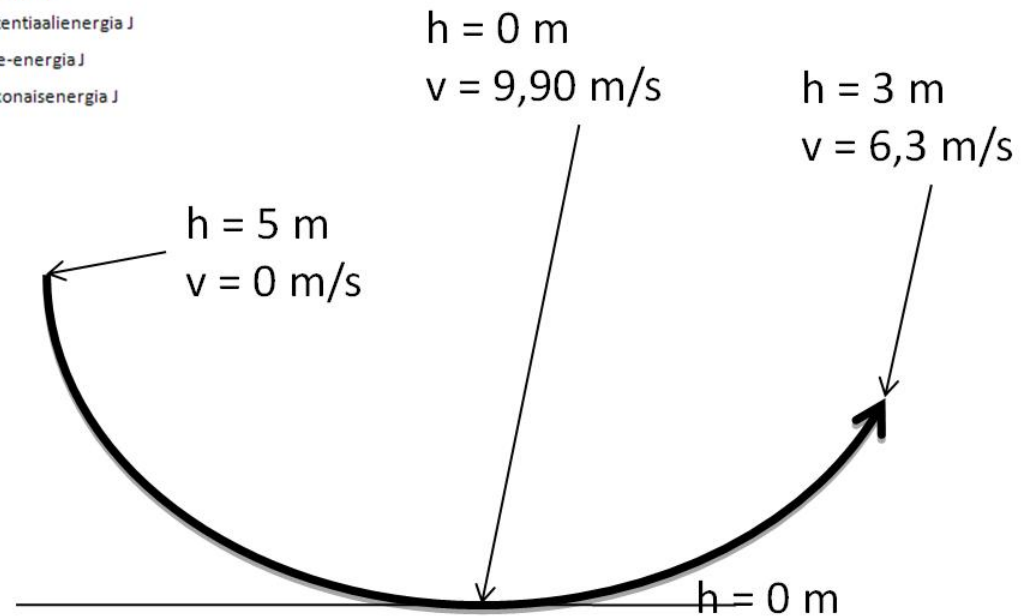
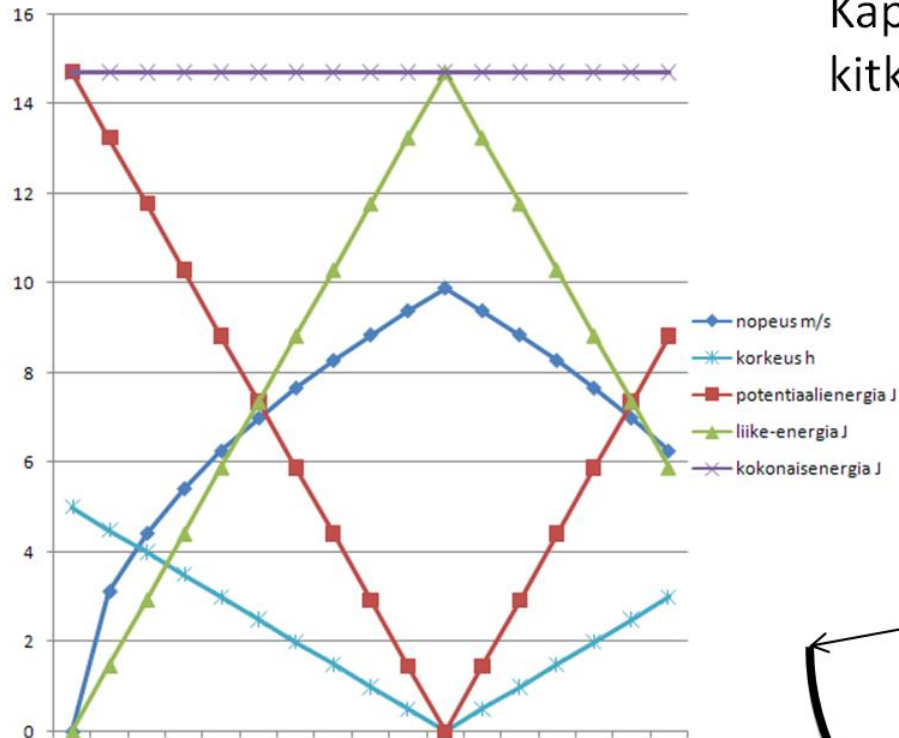
Esimerkki

Kappale rampissa, $m = 0,3 \text{ kg}$, liike
kitkatonta



Esimerkki

Kappale rampissa, $m = 0,3 \text{ kg}$, liike
kitkatonta



(Oliko kappaleen massalla merkitystä nopeuden kannalta?)

Liikemäärä

- Liikemäärä = kappaleen massan ja sen nopeusvektorin tulo

$$p = mv$$

- Eristetyn systeemin liikemäärä on vakio, eli jos kaikkien tapahtumaan osallisten kappaleiden liikemäärät lasketaan yhteen ennen ja jälkeen tapahtuman niin on aina:

$$\sum p_{\text{alku}} = \sum p_{\text{loppu}}$$

Impulssi

- Kappaleen saama impulssi on siihen kohdistuvan voiman ja voiman vaikutusajan tulo.

$$I = F\Delta t$$

- Kappaleen saama impulssi on yhtä suuri kuin sen liikemäärän muutos

$$I = F\Delta t = \Delta p = m\Delta v$$

Esimerkki

- 32 kiloinen poika hyppää nopeudella 3,0 m/s paikallaan olevalla pulkalle, joka painaa 3,0 kiloa. Pulkan ja lumen välinen liukukitkakerroin on 0,072. Kuinka kauas pulkka liukuu?

Esimerkki

- Muuttohaukka ($m = 900,0 \text{ g}$) iskee vaakasuoraan lentävään pikkulintuun suoraan takaapäin yläviistosta nopeudella 120 km/h ja 35° kulmassa. Pikkulinnun ($m = 150 \text{ g}$) nopeus ennen törmäystä oli 37 km/h . Määritä, millä nopeudella haukka jatkaa matkaansa pikkulintu nokassaan. Selvitä myös nopeuden suunta.