

Mekaaninen energia

- Energian säilymislaki
- Työ, teho, hyötysuhde
- Mekaaninen energia
- Sisäenergia
- Lämpö = siirtyvää energiaa



- Suppea energian määritelmä:
 - Energia on kyky tehdä työtä
=> mekaaninen energia
 - Ei kata kaikkea, esim. säteilyenergia, massan energia, tyhjiöenergia,...

Energian säilymislaki

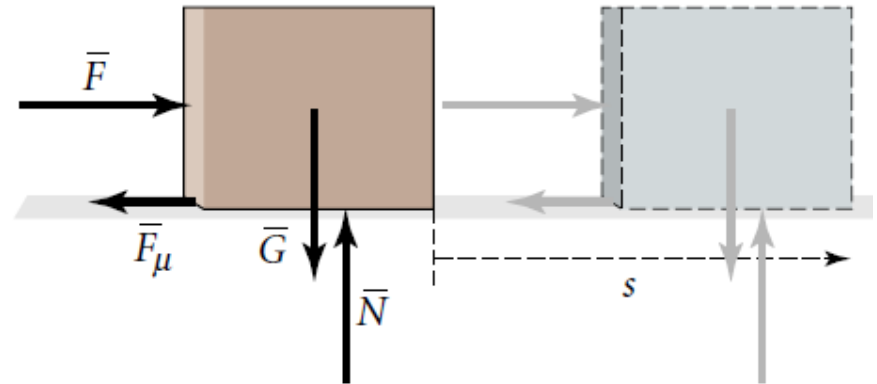
- Energia voi siirtyä tai muuntua toiseen muotoon, mutta energiaa ei synny eikä häviä
- Esim. Polttoaineen kemiallinen energia muuttuu auton moottorissa lämpöenergiaksi, edelleen auton liikeenergiaksi, ja lopuksi kitkan ja ilmanvastuksen kautta ääni- ja lämpöenergiaksi

Voiman tekemä työ

$$W = F \cdot s$$

F = kappaleeseen vaikuttava voima

s = siirtymä voiman suunnassa



Yksiköt: $[W] = 1\text{N} \cdot 1\text{m} = 1\text{Nm} = 1\text{J}$

Huomaa: jos voima liikkeen suuntaa vastaan, työ $W = -Fs$ (esim. kitka)

Esim. Laatikkoa työnnetään lattiaa pitkin (oheinen kuva):

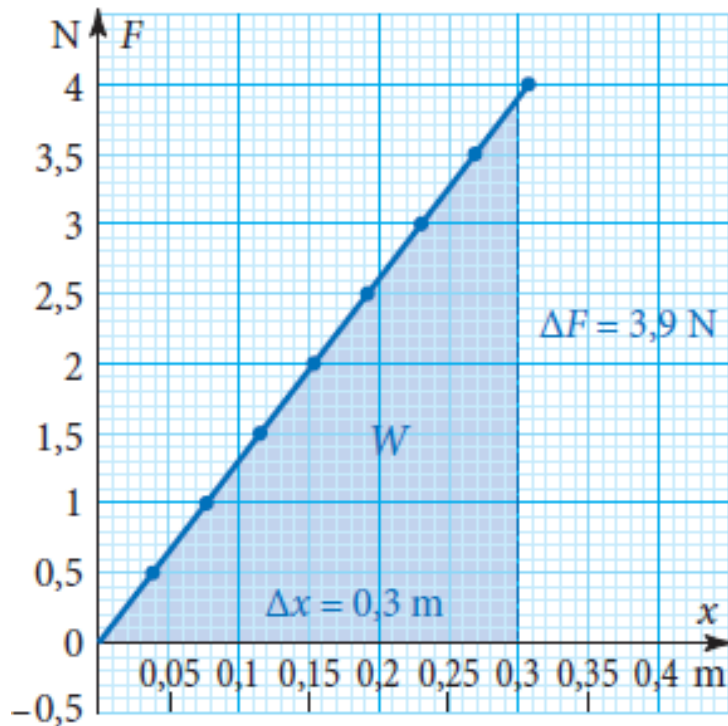
- Työntävä voima F tekee työn $W = F \cdot s$
- Kitkavoima tekee työn $W_{\mu} = -F_{\mu} \cdot s$
- Painovoima G ei tee työtä: laatikko ei siirry voiman suunnassa
- Tukivoima N ei tee työtä
 - => esim. laukun kannatteleminen ei ole työtä fysiikan merkityksessä!

Työ siirtää kappaleeseen energiaa

Työ pinta-alana (graafinen integrointi)

Vakiovoima: ks.kirja s. 36

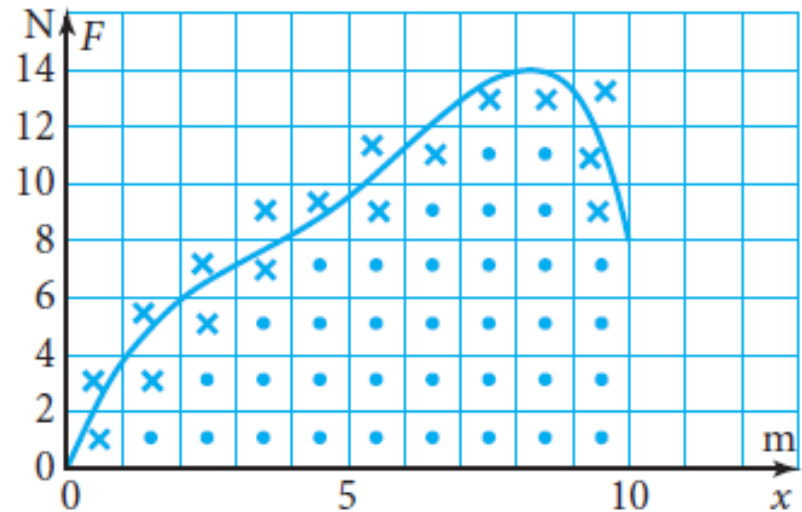
Muuttuvan voiman tekemä työ = pinta-ala (paikka,voima) -koordinaatistossa



Säännöllinen monikulmio:

- Esim. kolmion pinta-alana

$$W = 3,9\text{ N} \cdot 0,3\text{ m} / 2 = 0,585\text{ J}$$



Epäsäännöllinen kuvio:

- kokonaiset ruudut + $\frac{1}{2}$ · osaruudut

$$= 35 + \frac{1}{2} \cdot 18 = 44$$

-1 ruutu = $2\text{ N} \cdot 1\text{ m} = 2\text{ J}$

$$W = 44 \cdot 2\text{ J} = 88\text{ J}$$

Potentiaalienergia E_p

- Kun kappale nostetaan ylemmäs (Maan vetovoimakentässä), sen **potentiaalienergia** E_p kasvaa tehdyn työn ($W = G \cdot h = mgh$) verran

$$E_p = mgh,$$

jossa

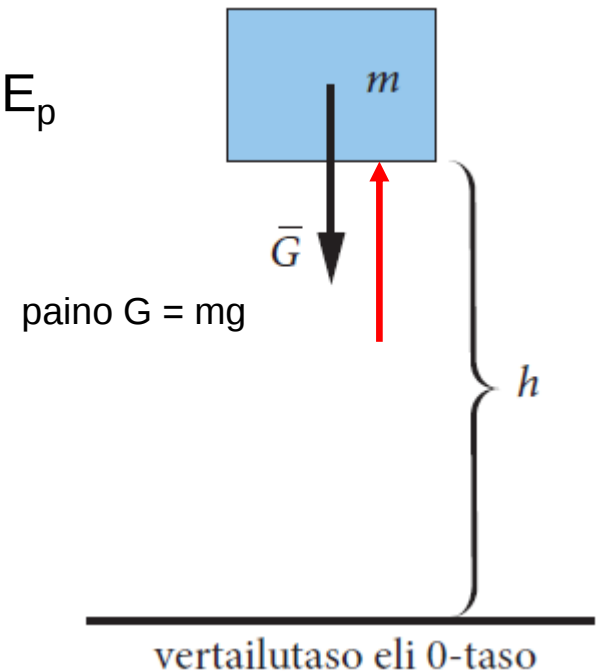
m on kappaleen massa,

g on putoamiskiihtyvyys ja

h on kappaleen etäisyys vertailutasosta eli nolatasosta.

$$g \approx 9,81 \text{ m/s}^2$$

- Yksiköt: $[E_p] = [m] \cdot [g] \cdot [h] = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m}$
 $= 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2 = \mathbf{1J \text{ (joule)}}$
- Potentiaalienergia...
 - kasvaa, kun kappaletta nostetaan
 - pienenee, kun kappaletta lasketaan alemmas
- potentiaalienergian 0-taso **valitaan** niin, että laskut tulevat yksinkertaisiksi



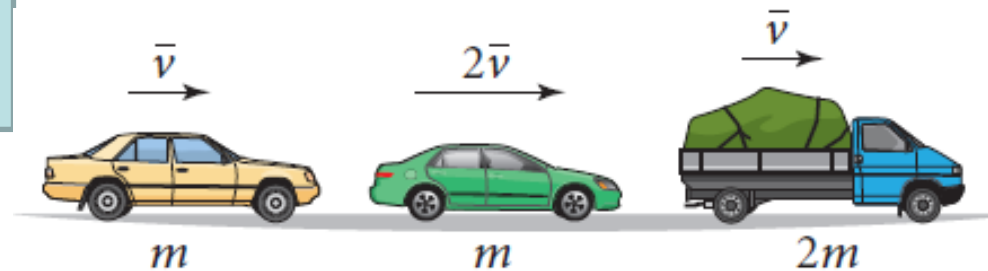
Liike-energia E_k

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

jossa

m = kappaleen massa (kg)

v = kappaleen nopeus (m/s)



Yksiköt:

$$[E_k] = [m] \cdot [v]^2 = 1\text{kg} \cdot (\text{m/s})^2 = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$$

Kun nopeus kaksinkertaistuu, liike-ene nelinkertaistuu!

nopeus	massa	liike-energia
v	m	E_k
$2v$	m	$4E_k$
v	$2m$	$2E_k$

Mekaaninen energia

= liike-energia + potentiaalienergia

Uimahyppääjän mekaaninen energia (a=alussa, l=lopussa):

- ennen hyppyä: $E_{pa} + E_{ka} = mgh + 0 = mgh$
- veden pinnassa: $E_{pl} + E_{kl} = 0 + \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}mv^2$

Kun oletetaan ilmanvastus merkityksettömän pieneksi (kitkan tekemä työ = 0), hypyn lopussa energiaa on yhtä paljon kuin hypyn alussa, siis

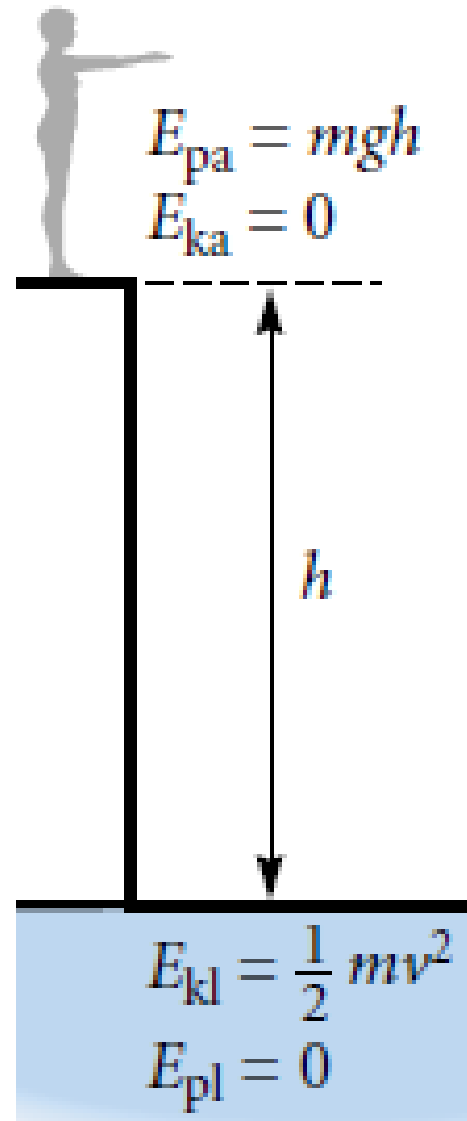
$$mgh = \frac{1}{2} mv^2$$

Hypyn aikana potentiaalienergia on muuttunut liike-energiaksi.

Yleisesti pätee, että jos energiaa ei muutu lämmöksi, systeemin **mekaaninen energia säilyy**:

energia alussa = energia lopussa eli

$$E_{pa} + E_{ka} = E_{pl} + E_{kl}$$



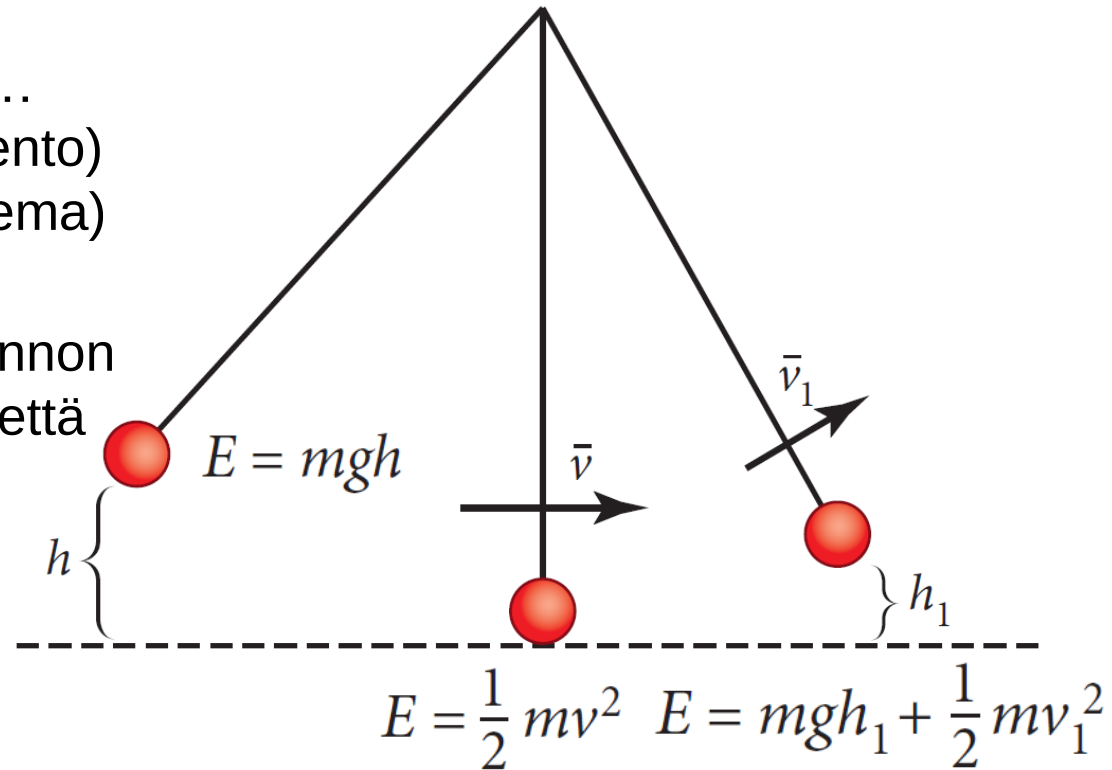
Esimerkki: heilurin mekaaninen energia

- jokaisella heilahduksella mekaaninen energia vaihtuu...
potentiaalienergiasta (ääriasento) liike-energiaksi (tasapainoasema) ja takaisin.
- Tasapainoaseman ja ääriasennon välillä heilurilla on sekä liike- että potentiaalienergiaa

simulaatiota:

[heiluri](#)

[skeittaaja](#)



(Mekaniikan energiaperiaate)

Esim. keinuja:

- Jos painovoima on ainoa vaikuttava voima, mekaaninen energia ei muutu
- Kun keinujalle annetaan lisää vauhtia työntämällä voimalla F matka s , keinujaan tehdään työ $W = Fs$
- Keinujan energia kasvaa tehdyn työn verran:

$$E_l = E_a + W$$

tai: $\Delta E = E_l - E_a = W$

Mekaniikan energiaperiaate:
energian muutos = systeemiin tehty työ



- Ilmanvastus ja kitkavoimat vaikuttavat liikettä jarruttavasti ja tekevät negatiivista työtä $W_\mu = -F_\mu \cdot s$,
=> mekaaninen energia vähitellen häviää
(muuttuu kitkatyön kautta lämmöksi) ja liike pysähtyy
- HUOM! Painovoiman tekemä työ ($Gh = mgh$) sisältyy potentiaalienergiaan, sitä ei siis lasketa tehtyyn työhön W .

Teho = työntekonoisuus

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

missä W = tehty työ (J) ja
 t = käytetty aika (s)

Tehty työ:

$$W = P t$$

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws}$$

Yksikkö: $[P] = [W] / [t] = 1 \text{ J} / 1 \text{ s} = 1 \text{ W}$ (watti).

Myös: $P = \Delta E / \Delta t$ (ajassa Δt siirtynyt energia ΔE ,
esim. sähköenergia)

Sähköenergia: $1 \text{ kWh} = 1000 \text{ W} \cdot 3600 \text{ s}$
 $= 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$
(ks. MAOL)

(Hevosvoima: $1 \text{ hv} = 1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$)



Kone, hyötysuhde

- Kone saa **ottoenergiansa** E_{otto} esim. sähkönä tai polttoaineen kemiallisena energiana
- Vain osa energiasta muuttuu **hyötyenergiaksi** E_{tuotto} , kuten liikkeeksi
- Osa energiasta muuttuu aina **hukkaenergiaksi**, kuten lämmöksi, ääneksi jne.

Hyötysuhde ilmaisee, kuinka suuri osuus (prosentteina) koneen ottamasta energiasta muuttuu haluttuun tarkoitukseen (η = "eeta"):

$$\eta = \frac{E_{\text{tuotto}}}{E_{\text{otto}}} = \frac{W_{\text{tuotto}}}{W_{\text{otto}}} = \frac{P_{\text{tuotto}}}{P_{\text{otto}}}$$

Hyötysuhde on aina pienempi kuin yksi

