

Energian säilyminen

3.1 Mekaaninen energia

Padolla padotulla vedellä on **potentiaalienergiaa** sijaintinsa takia. Padosta alas virtaavalla vedellä taas on **liike-energiaa**.

Kappaleen mekaaninen energia koostuu sen potentiaali- ja liike-energioista.

Potentiaalienergia

Gravitaation aiheuttama potentiaalienergia liittyy kahden kappaleen väliseen gravitaatiovuorovaikutukseen, mutta maan pinnalla sanotaan yleensä, että energia on jollakin kappaleella.

Potentiaalienergia **nollatasoon nähden** korkeudella h on

$$E_p = mgh,$$

missä m on massa ja g putoamiskiihtyvyyden (maassa $g \approx 9,81\text{m/s}^2$).

Huomaa, että nollataso voidaan valita vapaasti (kannattaa valita järkevästi!)

Yleisesti **nostotyö on nostoreitistä riippumaton** (kts. s. 94 perustelua) ja yhtä suuri kuin potentiaalienergian muutos: kun kappale siirtyy korkeudelta h_1 korkeudelle h_2 pätee

$$W = mg\Delta h = mg(h_2 - h_1) = mgh_2 - mgh_1 = E_{p1} - E_{p2}$$

eli

$$W = \Delta E_p.$$

Energiaa ei siis synny tyhjästä, potentiaalienergiaa ”varastoituu” kun kappaleeseen tehdään työtä nostamalla sitä.

Huomaa, että potentiaalienergia voi olla myös negatiivinen!

Liike-energia

Kaikkeen liikkuvaan on ”sitoutunut” liike-energiaa.

Liike-energian suuruuden antaa yhtälö

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

missä v on nopeus. (Tämä voidaan johtaa N2:sta) Huomaa, että $E_k > 0$ aina.

Huomaa yksiköt:

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

kuten pitääkin.

Esimerkki 1

(vrt. esim. s. 95). Piano nostetaan hissillä kuudenteen kerrokseen 15 m maanpinnan yläpuolelle.

- Mitä voimaa vastaan tehdään työtä?
- Mikä on pianon potentiaalienergia ylhäällä, jos potentiaalienergian nollassoksi valitaan maanpinta? Entä jos nollasso on 6. kerros? Kuinka paljon työtä tehdään näissä tapauksissa?
- Varastoituuko tämä potentiaalienergia jonnekin?

Esimerkki 2

Joessa virtaa vettä tasaisessa kohdassa $2500 \text{ m}^3/\text{s}$ keskinopeudella 5 m/s . Oletetaan että kaikki virtaavan veden kineettinen energia saataisiin muutettua sähköksi. Kuinka suuri sähköteho saataisiin ulos? Mitä vedelle tapahtuisi?

3.2 Energiamuutokset mekaanisessa systeemissä

Työperiaate

Liike- ja potentiaalienergian muutoksen summa on aina yhtä suuri kuin voiman tekemä työ:

$$W = \Delta E_p + \Delta E_k.$$

Monesti potentiaalienergia ei muutu, jolloin tilanne helpottuu:

$$W = \Delta E_k = \frac{1}{2}mv^2.$$

Tätä kutsutaan **työperiaatteeksi**.

Jos kappaleen alkunopeus on v_a ja loppunopeus v_l niin tehtävä työ on

$$W = \Delta E_k = \Delta \left(\frac{1}{2}mv^2 \right) = \frac{1}{2}mv_l^2 - \frac{1}{2}mv_a^2.$$

Muista, että (vakio)voiman tekemälle työlle pätee $W = Fs$.

Mekaanisen energian säilymlaki

Esim. heiluri, kts. s. 101.

Eristetyn systeemin mekaaninen energia säilyy. Systeemi on eristetty, jos systeemin rajan läpi ei siirry energiaa eikä ainetta. Käytännössä tällöin ei yleensä huomioida kitkavoimia.

Eristetyssä systeemissä siis

$$E = E_p + E_k = \text{vakio}.$$

Tai jos merkitään alkutilaa a:lla ja lopputilaa l:llä

$$E_{k,a} + E_{p,a} = E_{k,l} + E_{p,l}.$$

Tämä on **mekaanisen energian säilymlaki**.

Värähdysliikkeen energia

Kun joustaa (jousivakio k) venytetään matka x , keskimääräinen voima on

$$F_{\text{kesk}} = \frac{0 + kx}{2} = \frac{1}{2}kx.$$

Tällöin venytyksessä tehty työ on työperiaatteen mukaisesti

$$W = F_{\text{kesk}}x = \frac{1}{2}kx \cdot x = \frac{1}{2}kx^2 .$$

Työ voidaan määrittää myös graafisesti, kts. s. 102.

Venytyksessä jouseen ”varastoituu” **potentiaalienergia**:

$$E_p = \frac{1}{2}kx^2 .$$

Kun värähtelijä on ääriasennossa, eli poikkeama on amplitudi A , kaikki värähdysliikkeen energia on potentiaalienergiana:

$$E = \frac{1}{2}kA^2 .$$