

# MEKANIIKAN PERUSTEITA

## TUTKINNON OSAAN FYSIKKA JA KEMIA

### SISÄLTÖ

### SIVU

|                    |    |
|--------------------|----|
| Nopeus             | 2  |
| Keskinopeus        | 2  |
| Kehänopeus         | 3  |
| Kiihtyvyys         | 3  |
| Putoamiskiihtyvyys | 4  |
| Voima              | 5  |
| Kitka              | 6  |
| Työ                | 7  |
| Teho               | 8  |
| Energia            | 9  |
| Paine              | 10 |

# Mekaniikka

Mekaniikan moniste sisältää peruskäsitteet laskuesimerkkeineen.

## Laskutehtävien ratkaiseminen

Fysiikassa tehtävien ratkaisu vaatii laskemista. Laskeminen on usein helpompaa kun noudattaa seuraavaa ratkaisutapaa:

1. Mieti mitä kysytään ja merkitse se omalla suurennuksella. Esim. kun kysytään massaa merkitse se seuraavasti: **m = ?**  
Suurennusten osaaminen on välttämätöntä.

2. Katso tehtävästä mitä tiedetään ja merkitse ne omilla tunnuksilla. Esim. kun tiedetään voima ja kiihtyvyys merkitse ne seuraavasti:

**F = 500 N** ja **a = 5 m/s<sup>2</sup>**.

3. Selvitä mitkä laskukaavat sopivat laskemiseen. Ne ovat sellaisia joissa esiintyy kysytty termi ( **m** ) ja tiedetyt termit ( **F** ja **a** ).

4. Jos laskukaavoissa on tehtävä tekijän yhtälön muokkausta tee se. Jos tarvitaan eri laskukaavojen yhdistämistä, niin tee sekin.

5. Tee tarvittaessa laatumuunnokset ( esim. km / h muotoon m / s )

6. Sijoita arvot ja ratkaise tehtävä

## Nopeus

Nopeus on kuljettavan matkan suhde aikaan eli:

$$v = \frac{s}{t}$$

missä

$v$  = nopeus ( m / s )

$s$  = matka ( m )

$t$  = aika ( s )

## Keskinopeus

Yleensä jonkin kappaleen, kuten auton nopeus ei ole tasaista vaan nopeus vaihtelee. Tällöin kuljettu matka jaettuna kulutetulla ajalla on keskinopeus  $v_k$

Nopeuden yksikkö on m/s. Hyvin usein kuitenkin käytetään yksikköä km/h. Laskennassa yksikköjä joudutaan muuntamaan koska muutoin vastaukset eivät olisi yksiköiltään oikeita eivätkä lukuarvotkaan.

Nopeuden yksikköjen muuntaminen:

| Alkuperäinen | Muunnettu | Kerroin |
|--------------|-----------|---------|
| m/s          | km/h      | 3,6     |
| km/h         | m/s       | 0,277   |

Laskuesimerkki:

Mikä on ollut juoksijan keskinopeus kun hän on juossut 100 metriä aikaan 12 s?

Vastaus:

$$v_k = \frac{100m}{12s} = 8,33 \frac{m}{s}$$

Laskuesimerkki:

Mikä on auton nopeus yksikössä m/s kun sen mittarilukema on 80 km/h?

$$v = \frac{80m}{h} \times 3,6 \frac{km/h}{m/s} = 72 \frac{m}{s}$$

Vastaus:

Laskuesimerkki:

Mikä on tuulen nopeus yksikössä km/h kun sen nopeus on 20 m/s?

Vastaus:

$$v = 80 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times 0,2777 \frac{\text{m/s}}{\text{km/h}} = 22,2 \text{ m/s}$$

### Kehänopeus

Kun pyöreä kappale kuten auton rengas pyörii, on renkaalla kaksi pyörimisnopeutta.

#### a) Kierroksia sekunnissa ( 1 / s tai r / s )

Usein käytetään myös yksikköä rpm joka on ( kierrosta minuutissa = rounds per minute ).

#### b) Kehänopeus ( m / s )

Kehänopeus voidaan laskea kaavalla:

$$v_{\text{kehä}} = \pi \times d \times n$$

missä:

$v_{\text{kehä}}$  = pyörän keänopeus ( m / s )

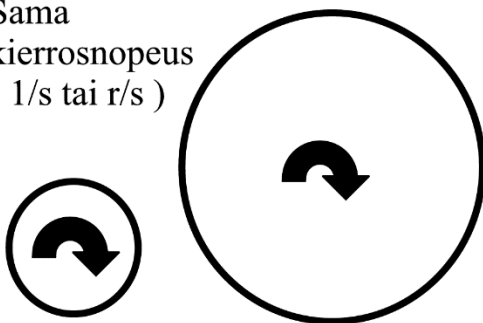
$\pi = 3,14$

$d$  = pyörän halkaisija ( m )

$n$  = pyörän pyörimisnopeus ( 1 / s )

Kuva 1. Kehänopeus

Sama  
kierrosnopeus  
( 1/s tai r/s )



Pieni  
kehänopeus

Suuri  
kehänopeus

Laskuesimerkki:

Auton pyörä pyörii nopeudella 5 r/s. Mikä on sen keänopeus kun pyörän halkaisija on 50 cm?

Vastaus:

$$v_{\text{kehä}} = \pi \times 0,5 \text{ m} \times 4 \frac{1}{\text{s}} = 6,28 \text{ m/s}$$

### Kiihtyvyys

Tasaisessa liikkeessä nopeus ei muutu vaan pysyy koko ajan samana. Kun nopeus muuttuu tapahtuu kiihtyvyyttä. Esimerkiksi autolla ajettaessa nopeus on harvoin tasaista. Nopeus joko lisääntyy tai vähenee; kiihtyy tai hidastuu.

Kiihtyvyys on nopeuden muutos jaettuna kuluneella ajalla eli:

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

missä

$a$  = kiihtyvyys ( m/s<sup>2</sup> )

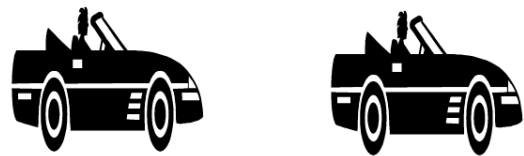
$v_2$  = loppunopeus ( m/s )

$v_1$  = alkunopeus ( m/s )

$t$  = muutokseen kulunut aika

Kuva 2. Kiihtyvyys

Nopeus alussa (  $v_1$  )      Nopeus lopussa (  $v_2$  )



Liikesuunta 

Matkaan kulunut aika ( t )

Laskuesimerkki:

Mikä on auton kiihtyvyys yksikössä m/s<sup>2</sup>, kun se kiihtyy 0-100 km/h ajassa 10 s?

Ratkaisu:

1.  $a = ?$
2.  $v_1 = 0$   
 $v_2 = 100 \text{ km/h}$   
 $t = 10 \text{ s}$

$$3. \quad a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

4. Ei muutoksia laskukaavaan koska laskettava termi (  $a$  ) on yksinään yhtälön vasemmalla puolella.

5. Nopeuden muutos yksikköön m/s on tehtävä, jotta vastaus saadaan oikeaan yksikköön ja lukuarvoltaan oikeaksi.

$$100 \text{ km/h} = 0,277 \frac{\text{m/s}}{\text{km/h}} = 27,7 \text{ m/s}$$

6. Kiihtyvyyden laskeminen

$$a = \frac{27,7 \text{ m/s} - 0}{10 \text{ s}} = 2,77 \text{ m/s}^2$$

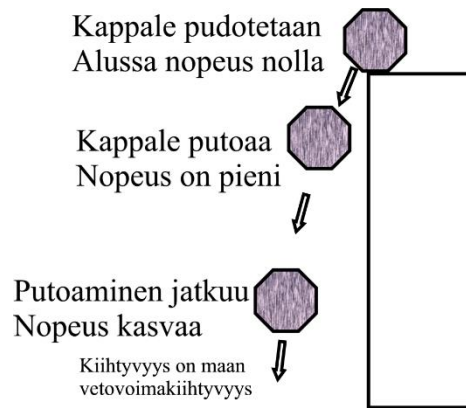
## Putoamiskiihtyvyys

Maa vetää puoleensa kappaleita. Esimerkiksi kun ihminen irrottaa otteen kappaleesta putoaa kappale maahan. Putoamisen aiheuttaja on painovoima, jonka todellista syytä ei edes tiedetä.

Painovoima aiheutuu gravitaatiosta, jossa kappaleilla on vetovoima toisiaan kohtaan. Mitä massiivisempi kappale on, sitä voimakkaammin se vetää toisia kappaleita puoleensa.

Maapallolla gravitaatio aiheuttaa painovoimakiihtyvyyden, jonka arvo on  $9,81 \text{ m/s}^2$ .

Kuva 4. Painovoima saa aikaan kiihtyvyyden putoavaan kappaleeseen



Laskuesimerkki:

Kivi pudotetaan alas tornista. Mikä on sen nopeus 3 s kuluttua?

Ratkaisu:

$$1. \quad v_2 = ?$$

$$2. \quad t = 3 \text{ s} \\ g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ v_1 = 0$$

$$3.$$

$$g = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

Koska  $v_1 = 0$ , voidaan se jättää pois kaavasta. Tällöin saadaan:

$$v_2 = g \cdot t$$

$$v_2 = 9,81 \text{ m/s}^2 \times 3 \text{ s} = 29,4 \text{ m/s}$$

Tulos ei ota huomioon ilman vastusta.

## Voima

Kun kappale saatetaan pysähdyksistä liikkeeseen tai liikkuvan kappaleen nopeutta muutetaan tarvitaan muutokseen voimaa.

Tarvittavan voiman suuruus riippuu liikkeelle laitettavan kappaleen massasta ja kappaleelle saatavasta kiihtyvyydestä.

On selvää, että suuren massan liikkeelle saattaminen vaatii enemmän voimaa kuin pienen massan liikkeelle saattaminen. Samoin suuren kiihtyvyyden aikaansaaminen vaatii enemmän voimaa, koska juuri kiihtyvyyden lisäys antaa kappaleelle lisää nopeutta.

Voima on massa kerrottuna kiihtyvyydellä eli:

$$F = m \times a$$

missä

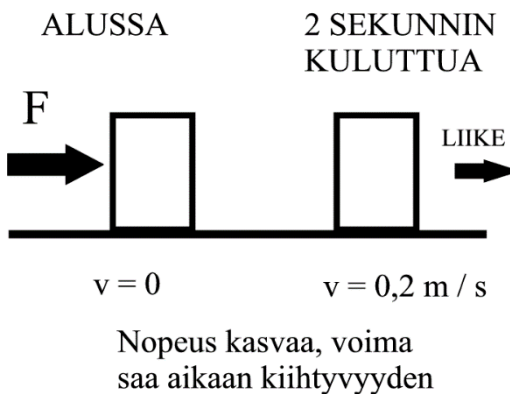
$F = \text{voima (kgm/s}^2 = \text{N)}$

$m = \text{massa (kg)}$

$a = \text{kiihtyvyys (m/s}^2\text{)}$

Voiman yksikkö on *Newton* ( N )

Kuva 3. Voima saa aikaan kiihtyvyyden



Laskuesimerkki

Miten suuri voima tarvitaan kiihdyttämään 1500 kg:n massainen auto kiihtyvyydellä 6m/s<sup>2</sup> ?

Ratkaisu:

1.  $F = ?$

2.  $m = 1500 \text{ kg}$

$a = 6 \text{ m/s}^2$

3.  $F = m \cdot a$

4. Ei kaavan muokkausta

5.  $F = 1500 \text{ kg} \cdot 6 \text{ m/s}^2 =$

$9000 \text{ kgm/s}^2 = 9 \text{ kN}$

Laskuesimerkki:

Mopo kiihtyy nopeudesta 15 km/h nopeuteen 45 km/h 5 sekunnissa. Mopon ja kuljettajan massa on yhteensä 150 kg. Miten suuri voima kiihdytykseen tarvitaan?

Ratkaisu:

1.  $F = ?$

2.  $v_1 = 15 \text{ km/h (} = 4,165 \text{ m/s)}$

$v_2 = 45 \text{ km/h (} = 12,49 \text{ m/s)}$

$t = 5 \text{ s}$

$m = 150 \text{ kg}$

3.  $F = m \cdot a ; a = (v_2 - v_1) / t$

4. Kaavan sijoitus toiseen kaavaan:

$F = m \cdot (v_2 - v_1) / t$

5.  $F = 150 \text{ kg} \cdot [(12,49 \text{ m/s} - 4,165 \text{ m/s}) / 5 \text{ s}] =$   
 $250 \text{ kgm/s}^2 = 250 \text{ N}$

Laskuesimerkki:

Auton moottori kykenee tuottamaan 4000 N voimalla 6 m/s<sup>2</sup> kiihtyvyyden. Mikä on auton massa?

Ratkaisu:

1.  $m = ?$

2.  $F = 4000 \text{ N} ; a = 6 \text{ m/s}^2$

3.  $F = m \cdot a$

4.  $m = F / a$

5.

$$m = \frac{4000 \text{ N}}{6 \text{ m/s}^2} = \frac{4000 \text{ kgm/s}^2}{6 \text{ m/s}^2} = 667 \text{ kg}$$

## Kitka

Kitka on liikettä vastustava voima jonka aiheuttajana on pintojen kosketus toisiinsa. Kitkan suuruuteen vaikuttaa ainoastaan pintojen laatu.

Kitkaa on kahdenlaista; lepokitkaa ja liikekitkaa. Lepokitka on liikekitkaa suurempaa mikä huomataan mm. työnnettäessä jokin kappale liikkeelle. Alussa kappale on vaikea saada liikkeeseen lepokitkan vuoksi, mutta kun se on saatu liikkeeseen se liikkuu helpommin.

Sekä lepokitkalla että liikekitkalla on pintojen laadusta riippuva kitkakerroin. Kitkakerroin on kitkavoiman suhde normaalivoimaan.

$$\mu = F_u / F_n, \text{ missä}$$

$\mu$  = kitkakerroin

$F_n$  = normaalivoima ( N )

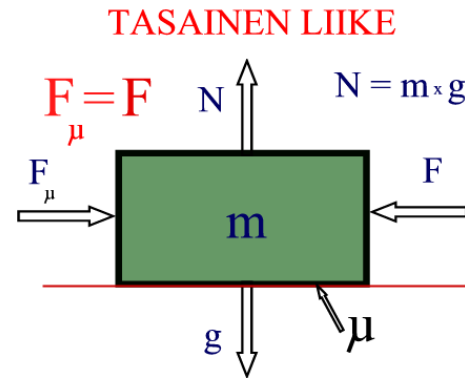
$F_u$  = kitkavoima ( N )

Normaalivoima on kappaleen massa kerrottuna putoamiskiihtyvyydellä. Tätä kautta kappaleen massa vaikuttaa kitkavoimaan.

$$F_n = m \times G$$

Normaalivoima on Newtonin 3. lain mukaan vastakkaissuuntainen kuin  $m \cdot g$ . Tämä ei vaikuta kuitenkaan laskutuloksiin, joten yllä olevaa laskukaavaa voidaan käyttää.

Kuva 5. Kitkavoima, tasainen liike



$$\mu = \frac{F_\mu}{F_n}$$

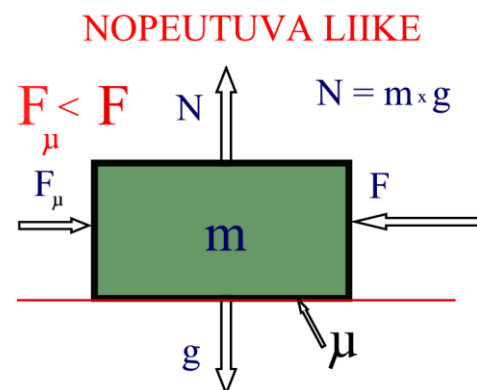
missä

$\mu$  = kitkakerroin

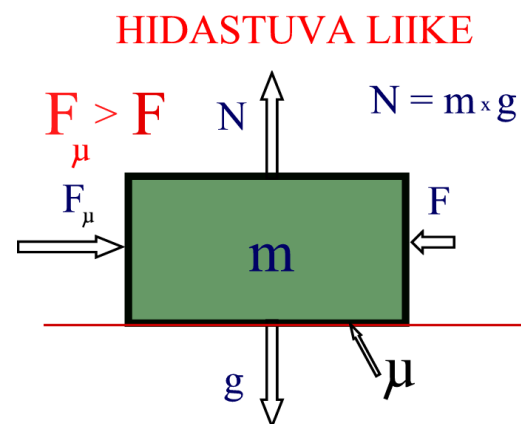
$F_n$  = normaalivoima ( N )

$F_u$  = kitkavoima ( N )

Kuva 6. Kitkavoima, kiihtyvä liike



Kuva 7. Hidastuva liike



Kitkaa pyritään vähentämään koneen osissa voitelulla ja tekemällä kappaleiden pinnat sileiksi. Kun kitka on pieni eivät osat kulu

eivätkä kuumene kitkan vaikutuksesta. Kitkaa pyritään lisäämään kun halutaan esim. pitoa auton renkaihin tai lattiapinnoitteiden ja kenkien välille. Kitkan suuruus riippuu aina molempien pintojen yhteisvaikutuksesta.

Laskuesimerkki:

Kelkan ja jään välinen kitkakerroin on 0,08. Kelkan massa on 120 kg. Miten suurella voimalla kelkkaa on työnnettävä, jotta nopeus pysyy vakiona ( samana)?

1.  $F = ?$

2.  $m = 0,08$   
 $m = 120 \text{ kg}$   
 $a = 0$

3.  $F_u = m \times F_n$   
 $F_n = m \times g$

Koska nopeus ei muutu on kitkavoiman ja työntövoiman oltava yhtä suuria. Näin ollen:

$$F_u = F$$

4. Sijoitetaan kaava  $F_n = m \times g$   
 kaavaan  $F_u = m \times F_n$  ;saadaan

$$F = \mu \times m \times g$$

5.  $F = 0,08 \times 120 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 =$   
 $1177,2 \text{ N}$

**Työ**

Työ määritellään seuraavasti:

$$W = F \times s$$

missä;

$$W = \text{työ}$$

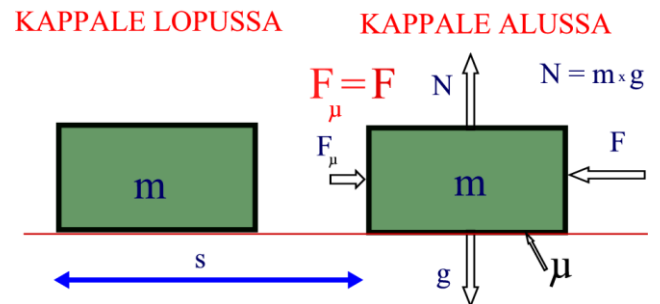
$$F = \text{voima}$$

$$s = \text{voiman suunnassa kuljettu matka}$$

Työ kappaleen liikuttamisessa

Kun kelkkaa vedetään tietyllä voimalla lattiaa pitkin, tehdään työtä. Työn määrä riippuu tarvittavasta voimasta joka taas riippuu kelkan ja lattian välisestä kitkasta ja vedettävän kelkan massasta. Jos kitkakerroin on suuri tarvitaan enemmän voimaa ja samalla tehdään enemmän työtä. Jos vedettävän kelkan massa lisääntyy niin samalla lisääntyy myös työ. Samoin jos kelkkaa vedetään pidempi matka niin työ lisääntyy.

Kuva 6. Työ vedettäessä tai työnnettäessä kappaletta



Työnnössä tai vedossa työn määrään vaikuttavat siis:

- Kappaleen massa ( m )
- Painovoima ( g = vakio )
- Matka ( s )
- Kitkakerroin (  $\mu$  )

Huomaa että aika ei vaikuta työn määrään.

Laskuesimerkki

Isä vetää lastaan pulkassa 300 m matkan. Lapsen ja pulkan yhteismassa on 35 kg ja pulkan ja lumen välinen kitkakerroin 0,2. Miten suuren työn isä tekee?

1.  $W = ?$

2.  $s = 300 \text{ m}$   
 $m = 35 \text{ kg}$   
 $\mu = 0,2$

3.  $W = F \times s$   
 $F = \mu \times m \times g$

#### 4. Sijoitetaan kaava

$$F = \mu \times m \times g \text{ kaavaan } W = F \times s$$

saadaan:

$$W = \mu \times m \times g \times s$$

$$5. W = 0,2 \times 35 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 300 \text{ m} \\ = 20601 \text{ Nm}$$

$$2. m = 30 \text{ kg}$$

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

$$h = 0,8 \text{ m}$$

$$3. W = m \times g \times h$$

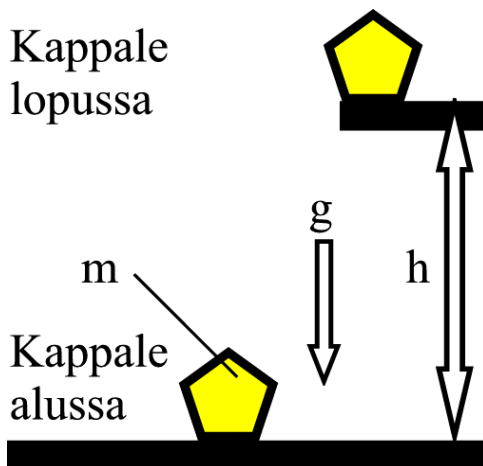
4. Ei kaavamuuotoksia tai sijoituksia

$$5. W = 30 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,8 \text{ m} \\ = 235,44 \text{ Nm}$$

### Työ nostossa

Kun jotain kappaletta nostetaan ylöspäin tarvitaan nostoon voimaa, koska maan vetovoima vastustaa nosta.

Kuva 7. Työ nostettaessa kappaletta



Nostotyön määrään vaikuttavat siis:

- Kappaleen massa ( m )
- Nostokorkeus ( h )
- Painovoima ( g = vakio )

#### Laskuesimerkki

Mies nostaa 30 kg maalipurkin maasta 80 cm korkealle pöydälle. Miten suuren työn hän tekee?

$$1. W = ?$$

### Teho

Teho on tehty työ jaettuna työhön kuluneeseen aikaan eli

$$P = \frac{W}{t} = [W] = \frac{[Nm]}{[s]}$$

missä

$$P = \text{teho ( Nm / s = W )}$$

$$W = \text{tehty työ ( Nm )}$$

$$t = \text{työhön käytetty aika ( s )}$$

Tehon yksikköä on Watti ( W )

Koska työ on voima kertaa matka (  $W = F \times S$  ), niin teho voidaan laskea myös kaavalla:

$$P = \frac{F \times s}{t} = [W] = \frac{[N \times m]}{[s]}$$

### Teho nostossa

Nostettaessa kappaletta ylös tehdään työtä.

Jos kappale nostetaan hitaasti tai nopeasti samalle korkeudelle tehdään sama työ.

Nopeassa nostossa on kuitenkin teho suurempi vaikka työ onkin sama koska nosto tehdään nopeammin.

#### Laskuesimerkki

Maalari kiipeää portaita kädessään 20 kg painava maalipurkki 5 m 15 sekunnissa. Maalarin oma paino on 60 kg. Mikä on teho nousussa?

1.  $P = ?$
2.  $m = 20 \text{ kg} + 60 \text{ kg} = 80 \text{ kg}$   
 $h = 5 \text{ m}$   
 $t = 15 \text{ s}$

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

3.

$$W = m \times g \times h$$

Sijoitus:

$$P = \frac{m \times g \times h}{t}$$

$$P = \frac{80 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 5 \text{ m}}{15 \text{ s}} = 261 \text{ W}$$

## Energia

Energia on arkielämässä keskeinen käsite. Ihminen tarvitsee elääkseen ruuan kautta energiaa. Samoin lämmittämiseen, valaistukseen, autojen liikuttamiseen, koneiden käyttöön jne. tarvitaan energiaa.

**Energia on häviämätöntä, mutta se voi muuttaa muotoaan monilla eri tavoilla.**

Esimerkiksi auringon säteilyn sisältämän lämpöenergian avulla kasvit kasvavat. Tapahtumassa lämpöenergiaa on muuttunut kasvien yhteyttämisen kautta kemialliseksi energiaksi. Ihminen voi syödä kasvin, ja kasvista saamallaan energiallaan ajaa polkupyörää, jolloin kemiallinen energia muuttuu liike-energiaksi. Ylämäkeä ajaessaan pyöräilijään varastoituu myös potentiaalienergiaa, jonka avulla hän voi laskea alamäkeä polkematta. Polkupyörän renkaiden ja tien välinen kitka hidastaa

osittain pyörän liikettä. Kitkavoima saa aikaan renkaiden lämpenemistä, jolloin liike- ja potentiaalienergia muuttuu lämpöenergiaksi.

Fysiikassa tärkeimmät energiamuodot ovat liike-energia, potentiaalienergia, lämpöenergia ja sähköenergia. Mekaniikassa liike- ja potentiaalienergia. Energian yksikkö on Joule ( J ).

## Liike-energia

Jotta jokin kappale saadaan liikkeeseen on tehtävä työtä. Työn tekemiseen taas tarvitaan energiaa. Liike-energian määrä voidaan laskea kaavalla:

$$E_k = \frac{m \times v^2}{2}$$

missä

$E_k$  = liike-energia ( kineettinen energia )

$m$  = liikkeessä olevan kappaleen massa

$v$  = liikkeessä olevan kappaleen nopeus

Liike-energian yksiköksi saadaan

$$E_k = \frac{\text{kg} \times (\text{m/s})^2}{2} = \text{kgm/s}^2 \times \text{m} = \text{Nm} = \text{J}$$

Liike-energian yksikkö joule ( J ) joka toisaalta on myös newtonmetri ( Nm ). Näin ollen työ voi muuttua energiaksi ja energia työksi.

Laskuesimerkki:

Auton massa on 1400 kg ja sen nopeus on 80 km/h. Mikä on auton liike-energia?

1.  $E_k = ?$
2.  $m = 1400 \text{ kg}$   
 $v = 80 \text{ km/h}$

$$3. \quad E_k = \frac{m \times v^2}{2}$$

$$4. \quad 80 \text{ km / h} = 22,2 \text{ m/s}$$

$$5. \quad E_k = \frac{1400 \text{ kg} \times (22,2 \text{ m/s})^2}{2} = 345 \text{ kJ}$$

Laskuesimerkki:

Paljonko auton nopeutta pitää laskea jotta liike-energia puolittuisi?

$$1. \quad v = ?$$

$$2. \quad E_k = 34,5 \text{ kJ} / 2 = 172,5 \text{ kJ}$$

$$3. \quad E_k = \frac{m \times v^2}{2}$$

$$4. \quad v = \sqrt{\frac{2 \times E_k}{m}}$$

$$5. \quad v = 15,7 \text{ m/s} = 56,6 \text{ km/h} \quad (\text{uusi nopeus})$$

Liike-energian kaavasta havaitaan että liike-energian kasvu riippuu enemmän nopeuden kuin massan lisäyksestä. Jos kappaleen massa kaksinkertaistuu ja samalla nopeus pysyy samana niin liike-energia kaksinkertaistuu. Jos taas nopeus kaksinkertaistuu ja massa pysyy samana niin liike-energia nelinkertaistuu.

### Potentiaalienergia ( asemaenergia)

Kun jokin kappale nostetaan ylöspäin maasta on tehtävä työtä maan vetovoimaa vastaan. Jos kappale noston jälkeen jää korkeampaan asemaan maan pintaan nähden kuin mitä se oli alussa, on siihen varastoitunut asemaenergiaa. Työ on muuttunut energiaksi. Asemaenergian suuruus voidaan laskea kaavalla:

$$E_p = m \times g \times h$$

missä

$E_p$  = asemaenergia

$m$  = kappaleen massa

$g$  = maan vetovoimakiihtyvyyys

$h$  = nostokorkeus

Asemaenergian yksiköksi saadaan:

$$E_p = kg \times m / s^2 \times m = Nm = J$$

Laskuesimerkki:

Paljonko autoon jonka massa on 1200 kg sitoutuu potentiaalienergiaa kun se nousee mäkeä ylös 125 metriä?

$$1. \quad E_p = ?$$

$$2. \quad m = 1200 \text{ kg}$$

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

$$h = 125 \text{ m}$$

$$3. \quad E_p = m \times g \times h$$

$$4. \quad E_p = 1200 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 125 \text{ m} = 1471,5 \text{ kJ}$$

Laskuesimerkki:

Jos edelle olevan auton potentiaalienergia muunnettaisiin liike-energiaksi niin mikä olisi auton nopeus? Oletus on, että auto lähtee pysähdyksistä eikä liikettä vastustavat voimat vaikuta loppunopeuteen?

$$1. \quad v = ?$$

$$2. \quad E_k = 1471,5 \text{ kJ}$$

$$m = 1200 \text{ kg}$$

$$3. \quad E_k = \frac{m \times v^2}{2}$$

$$4. \quad v = \sqrt{\frac{2 \times E_k}{m}}$$

$$5. v = \sqrt{\frac{2 \times 1471500 \frac{kgm}{s^2} \times m}{1200kg}} = 49,5m/s$$

Nopeus vastaisi 178 km/h tuntinopeutta.

Kappale joka sisältää potentiaalienergiaa kykenee tekemään työtä. Esimerkiksi rakennuksen perustan paalutuksessa ylös nostettu paino pudotetaan alaspäin, jolloin se lyö betonipaalua maan sisään.

### Kappaleen kokonaisenergia

Kappaleen kokonaisenergia on sen yhteenlaskettu liike-energia ja asemaenergia eli:

$$E = \frac{m \times v^2}{2} + m \times g \times h$$

### Paine

Kun voima vaikuttaa pintaan aiheuttaa se paineen. Paine on siis voima jaettuna pinta-alalla. Paineen yksikkö on Pascal.

$$P = \frac{F}{A}$$

Mitä suurempi on voiman vaikutus pinta-alan nähden, sitä suurempi on paine. Esim. jos tuhannen kilon paino on 1 cm<sup>2</sup>:n alan päällä on paine alustaa vasten 100 kertaa suurempi kuin jos paino olisi 1 dm<sup>2</sup>:n alan päällä.

#### Laskuesimerkki

Mikä on 60 kg:n aiheuttama paine pintaan kun paino kohdistuu 1 cm<sup>2</sup>:n alalle?

1. P=?

2. m=60 kg

$$A=1 \text{ cm}^2 ; 1 \text{ cm}^2 = 0,0001 \text{ m}^2$$

$$3. F = m \times a$$

4. Sijoitetaan kaava  $F = m \times a$  kaavaan  $P = F/A$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{[N]}{[m^2]} = [Pa]$$

$$P = \frac{m \times g}{A}$$

$$P = \frac{60kg \times 9,81 \frac{m}{s^2}}{0,0001m^2} = 5886000 Pa$$

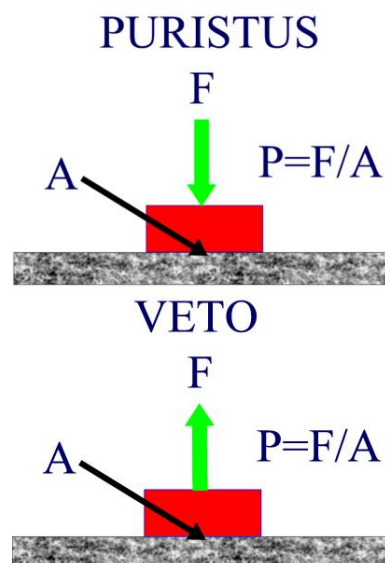
### Puristus ja veto

Kun voima painaa pintaa toista pintaa vasten on pintojen välille paine joka on puristusta.

Kun voima vetää pintaa irti toisesta pinnasta on pintojen välillä paine joka on vetoa.

Puristus ja veto ovat toistensa vastakohtia. Molempien yksikköinä on paineen yksikkö Pascal.

Kuva 8. Puristus ja veto



$$m = \frac{P \times A}{g}$$

Maalin tartuntaa alustaan voidaan mitata vetokokeella. Hyvin alustaan tarttunut maali kestää vetoa 2 MPa. Koe tehdään liimaamalla vetonuppi maalipintaan ja liiman kuivuttua nuppia vedetään irti laitteella joka näyttää murtumishetken vedon ( paineen ).

#### Laskuesimerkki

Maalin tartunnan mittausta varten kattoon on liimattu pyöreä nuppi jonka halkaisija on 20 mm. Jos maalin vetolujuus ylittää 2 MPa, niin miten paljon painoa nuppiin voitaisiin ripustaa jottei se irtoisi pinnasta?

1.  $m = ?$
2.  $P = 2 \text{ MPa} = 2000000 \text{ Pa}$   
 $A = \pi \times r^2$
3.  $P = F/A ; F = m \times g$   
 $P = m \times g / A$
4.  $m = P \times A / g$
5.  $m = 2000000 \text{ Pa} \times 0,000314 \text{ m}^2 /$   
 $9,81 \text{ m} / \text{s}^2 = 64 \text{ kg}$

Voit tarkastaa saadun yksikön oikeellisuuden seuraavasta esimerkistä.

#### Ilmanpaine

Maapallon ilmakehällä on massa. Ilman massa aiheuttaa ilmakehän paineen joka on meren pinnan korkeudella n. 101 kPa. Kun nousee ylemmäs merenpinnasta ilman paine laskee, koska yllä olevan ilman määrä ja massa vähenee koko ajan ylöspäin mentäessä.

Ihminen ei havaitse ilmakehän painetta, koska sen vaikutus on joka suuntaan sama. Liikkeessä ilman olemassaolo on helposti havaittavissa ilman vastuksena. Kaasut puristuvat kasaan paineen vaikutuksesta. Tällöin niiden paine kasvaa. Samasta syystä

ilman tiheys alenee kun nousee ylöspäin merenpinnan tasosta.

Laskuesimerkki:

Miten suurta massaa vastaavan paineen ilman paine aiheuttaa neliömetrin alalle?

1.  $m = ?$
2.  $A = 1 \text{ m}^2$   
 $P = 101 \text{ kPa} = 101000 \text{ Pa}$
3.  $P = F/A ; F = m \times g$

4. Sijoitus:

$$P = \frac{m \times g}{A}$$

Kaavan muokkaus:

$$m = P \times A / g$$

5. Laskeminen

$$m = \frac{101000 \frac{\text{kgm}}{\text{s}^2 \times \text{m}^2} \times 1 \text{ m}^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 10295 \text{ kg}$$

Kaikki yksiköt on muutettu perusyksiköiksi, jolloin voidaan supistamalla todeta että vastauksen yksikkö on oikea.

Tuloksesta on havaittavissa että ilmakehän paine on neliömetrinpinta-alaa kohden on suuri. Se vastaa suunnilleen veden aiheuttamaa painetta kymmenen metrin syvyydessä.

Jos vesisäiliön korkeus on 10 m ja sen pohjan pinta-ala  $1 \text{ m}^2$ , niin silloin vesisäiliöön mahtuu vettä  $10 \text{ m}^3$  ja veden massa olisi 10000 kg. Tällöin sen aiheuttama paine  $1 \text{ m}^2$  alalle olisi noin 100 kPa.