

Lämpöopin pääsäännöt

0. Eristetyssä systeemissä lämpötilaerot tasoittuvat
1. Systeemin **sisäenergia** U kasvaa systeemin tuodun lämmön Q ja systeemiin tehdyn työn W verran:
$$\Delta U = Q + W$$
2. Eristetyn systeemin **entropia** kasvaa, ts. systeemi hakeutuu kohti tasapainotilaa (energia ”huononee”)
3. Absoluuttista nollapistettä ei voi saavuttaa

1. pääsääntö: Systemin sisäenergia U kasvaa systeemin tuodun lämmön Q ja systeemiin tehdyn työn W verran: $\Delta U = Q + W$

Sisäenergia = atomien/molekyylien tms. liike- ja potentiaalienergia

- Systeemiin tuodaan lämpöä ($Q > 0$) esim. kun vettä kuumennetaan keittimellä
- Systeemistä poistuu lämpöä ($Q < 0$), esim. kun kuuma tee viilenee

Systeemiin voidaan tehdä työtä esim. ...

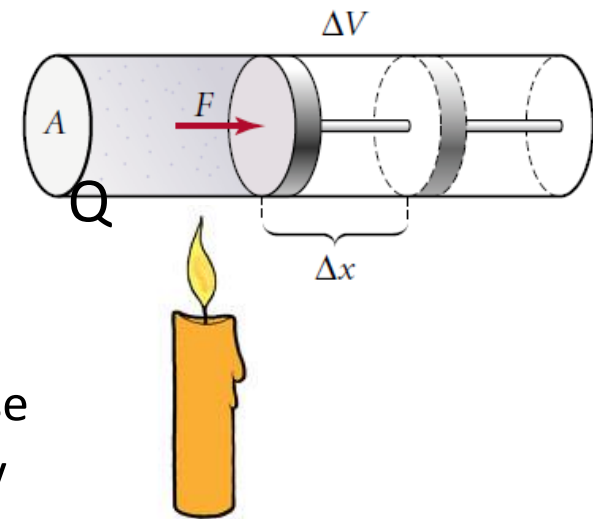
- Kiinteää kappaletta hankaamalla, iskemällä, taivuttelemalla,...
- Puristamalla kaasun tilavuus ΔV :n verran pienemmäksi

Tilavuudenmuutostyö (vakiopainneessa):

$$W = F \cdot \Delta x = p \cdot A \cdot \Delta x = p \cdot \Delta V$$

Kun kaasu laajenee (esim. lämmitettäessä), kaasu tekee itse työtä ($W < 0$). Sisäenergian muutos on silloin $\Delta U = Q - p \cdot \Delta V$

Huomaa! Kun esim. vesi höyrystyy, höyry laajenee ja tekee työtä!



2. Pääsääntö: Eristetyn systeemin entropia kasvaa, ts. systeemi hakeutuu kohti tasapainotilaa

Entropia = epäjärjestyksen mitta

Itsestään tapahtuvissa prosesseissa entropia eli epäjärjestys kasvaa. Esimerkiksi...

- lämpötilaerot tasoittuvat
=> eroja ei voi enää muuttaa työksi lämpövoimakoneella
- mekaaninen energia muuttuu lämmöksi
=> energia "huononee", vaikka ei vähene
- kaasut ja nesteet sekoittuvat



Järjestys: väri ja vesi **erillään**
Epäjärjestys: väri **sekoittunut** veteen. Järjestys ei palaudu itseksään (irreversiibeli muutos)

Esim. squash-pallo iskeytyy seinään:

mekaaninen energia (= pallon molekyylien samansuuntainen liike) muuttuu lämmöksi eli molekyylien liikkeeksi satunnaisiin suuntiin; ei voi kokonaan palauttaa pallon liikkeeksi (edes lämpövoimakoneella).

Miten käy kosmokselle pitkän ajan kuluessa?

Tuomalla energiaa ulkopuolelta (ei ole enää eristetty!) järjestys voidaan palauttaa, esim. jääkaapin kompressorin palauttaa huoneilman ja kaapin sisällön lämpötilaeron tekemällä työtä, johon energia tulee ulkopuolelta (sähkö).

Toinen pääsääntö, muita muotoiluja:

Lämpövoimakoneen avulla ilmaistuna:

- Sellaista lämpövoimakonetta, joka muuttaisi kaiken ottamansa energian työksi, ei voida rakentaa

⇒ Ns. toisen lajin ikiliikkuja ei mahdollinen
(ensimmäisen lajin ikiliikkuja: "luo" uuttaa energiaa)

- Esim. voimalaitoksissa osa höyryn lämpöenergiasta hukkaantuu lauhdeveteen, vain osa pyörittää turbiinia/generaattoria

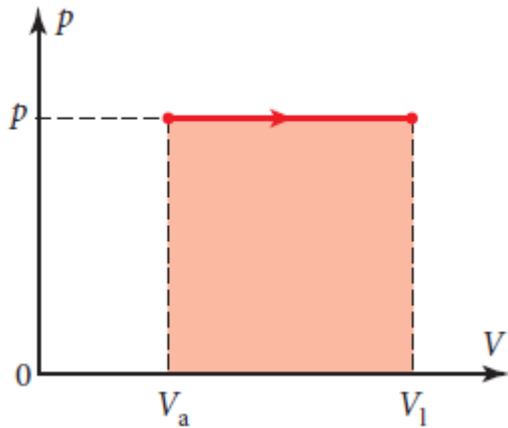
Energian huononemisen avulla ilmaistuna:

- Termodynaamisissa prosesseissa yhä vähemmän energiaa on käytettävissä työksi

KOLMAS PÄÄSÄÄNTÖ:

- Absoluuttista nollapistettä ei voi saavuttaa

Kaasun tekemä työ tilanmuutoksissa



Isobaarinen prosessi:

- Paine vakio

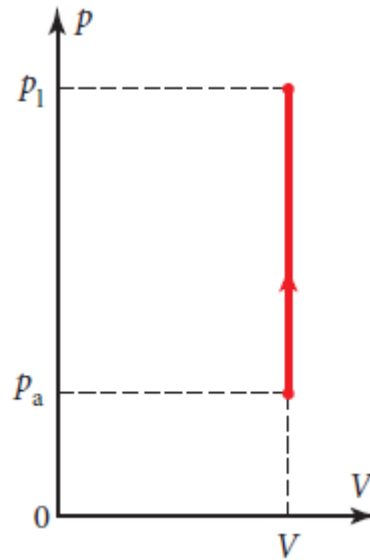
Työ kaavasta $W = p\Delta V$

Esim. esim. vesi kiehuu

=> höyry laajenee
normaalipaineessa

(1dl vettä kiukaalle

=> n. 150 höyryä)

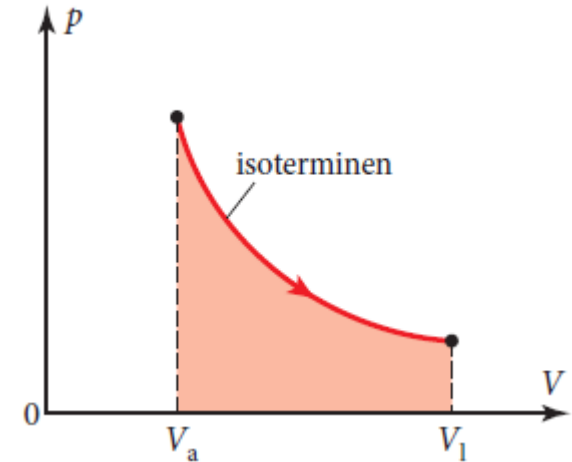


Isokoorinen prosessi:

- Tilavuus ei muutu

=> Kaasu ei tee työtä

Esim. metallinen
kaasupullo lämpenee,
mutta sen tilavuus ei
kasva



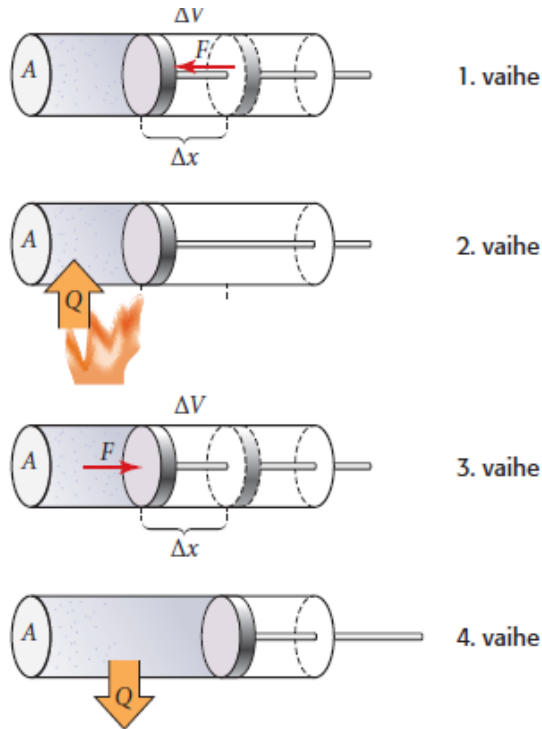
Isoterminen prosessi:

- Lämpötila vakio

Työ esim. graafisesti
integroimalla

Esim. ilmakupla nousee
tasalämpöisessä vedessä
(hydrostaattinen paine alenee
=> tilavuus kasvaa)

Lämpövoimakone muuttaa lämpöä työksi

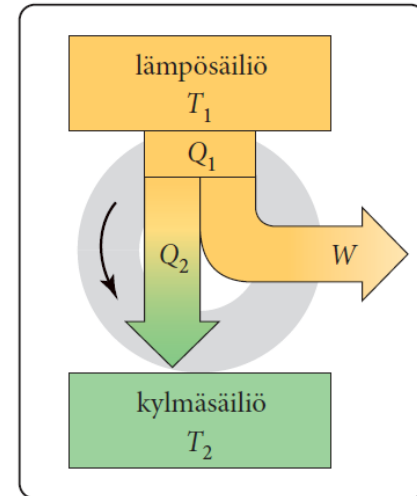


Lämpövoimakoneen kiertoprosessi:

2: Kaasuun tuodaan lämpöä Q (esim. palava polttoaine), niin että kaasu alkaa laajeta ja tekee fysikaalista työtä (3).

Kaasu jäähdytetään (4), ja se puristetaan taas pienempään tilavuuteen (1).

Esim. [Stirling-moottori](#)
[Limsapurkista](#)



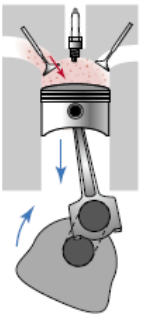
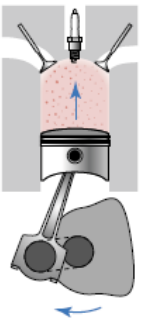
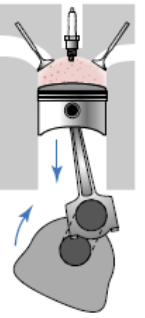
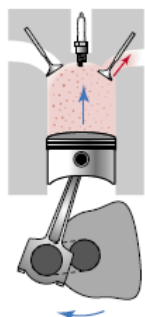
Lämpövoimakoneen ottamasta lämpömäärästä Q_1 osa muuttuu työksi W , osa (Q_2) poistuu ympäristöön (kylmäsäiliö).

Hyötysuhde:

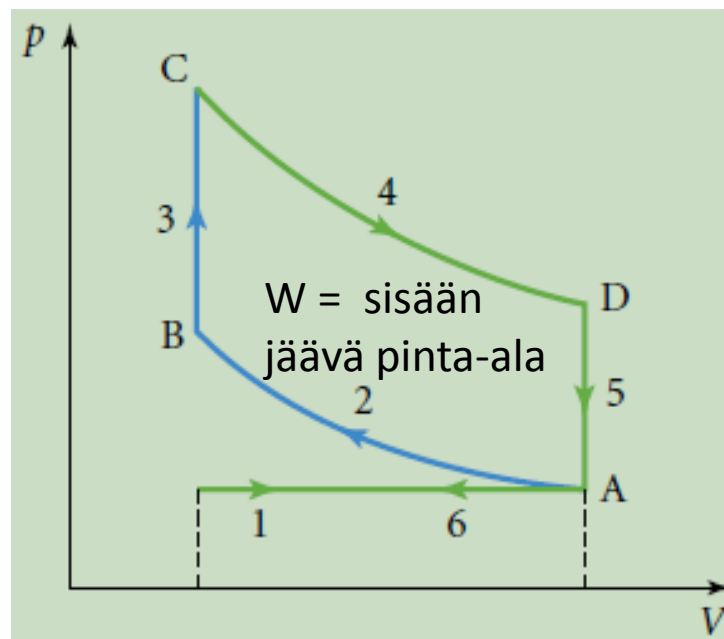
$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Teoreettinen maksimihyötysuhde
(Carnot-hyötysuhde):

$$\eta_{\max} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

	Vp-kaavion vaihe
Imutahti	1. 
Puristustahti Q_1 kaasun sisä- energia kasvaa	2. ja 3. 
Työtahti W työ	4. 
Poistotahti Q_2 poistuva lämpö- määrä	5. ja 6. 

Polttomoottori lämpövoimakoneena (4-tahtinen bensiinimoottori)



1. Imuventtiili auki, mäntä "imee" ilman ja polttoaineen seoksen (imutahti)
2. Mäntä puristaa kaasuseoksen adiabaattisesti: lämpötila nousee (puristustahti)
3. Polttoaine sytytetään palamaan ($\Rightarrow Q_1$), lämpötila ja paine kasvavat
4. Kaasut laajenevat adiabaattisesti (lämpöt. laskee) ja työntävät männän alas (työtahti)
5. Pakoventtiili avautuu, pakokaasu virtaa ulos ja (6) mäntä työntää pois lopunkin pakokaasun (poistotahti).