

EKO-C2001

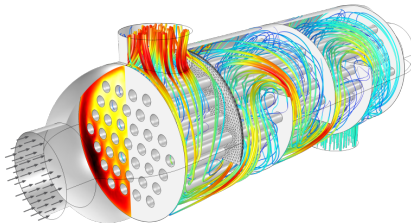
Termodynamiikan ja lämmönsiirron perusteet

Eero Hirvijoki

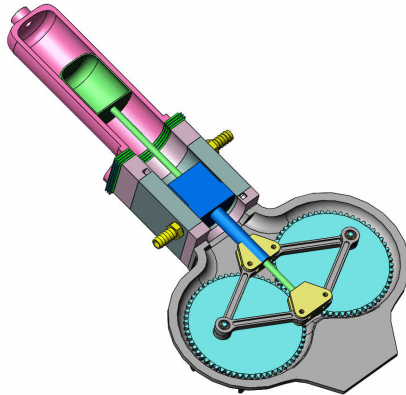
Aalto-yliopisto, Konetekniikan laitos

Tervetuloa kurssille!

Mihin termodynamiikkaa ja lämmönsiirtoa tarvitaan?



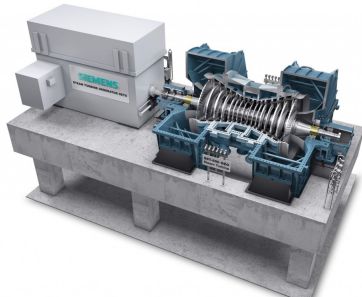
Mihin termodynamiikkaa ja lämmönsiirtoa tarvitaan?



Mihin termodynamiikkaa ja lämmönsiirtoa tarvitaan?



Mihin termodynamiikkaa ja lämmönsiirtoa tarvitaan?



Mitä termodynamiikalla kuvataan?

Systemin **tilan muutoksia** sekä **energian vaihtoa** ympäristönsä kanssa.

Mitä kuvaamiseen tarvitaan

Määritelmiä asetelman kokoonpanolle:

- **Systemi:** Mitä osaa lämpövoimalaitoksesta tarkastelemme?
- **Ympäristö:** Minkä muiden osien kanssa valitsemamme systemi vuorovaikuttaa?
- **Taseraja:** Mikä on se rajapinta, jonka kautta tarkasteltavan systemin vuorovaikutus ympäristönsä kanssa tapahtuu?

Määritelmiä vuorovaikutuksen tyypille:

- **Eristetty:** Systemi ei vaihda ainetta eikä energiaa ympäristön kanssa.
- **Suljettu:** Systemi ei vaihda ainetta, mutta vaihtaa energiaa ympäristönsä kanssa.
- **Avoin:** Systemi vaihtaa ainetta ja energiaa ympäristönsä kanssa.

Mitä kuvaamiseen tarvitaan

- Systeemin paine, lämpötila ja tilavuus:
 - **Aineen tila**
- Vuorovaikutuksessa syntyvä työ ja siirtyvä lämpö
 - **Ensimmäinen pääsääntö**
- Vuorovaikutusta rajoittavat tekijät
 - **Toinen pääsääntö**
- Vuorovaikutuksen yksityiskohtaiset mekanismit
 - **Lämmönsiirto**

Kurssi käsittelee aiheiden fysikaalisia ja matemaattisia perusteita.

Mitä aiheista pitäisi oppia?

Oppimistavoitteet: Aineen tila

Tavoitteet:

- Ideaalikaasun ja Van der Waals tilanyhtälöiden käyttö.
- Reaalisuuskertoimen laskeminen ja tulkinta.
- Höyrynlaatukertoimen laskeminen ja tulkinta.
- Tilamuuttujapiirrosten tulkinta.

Oppimateriaali ja aikataulu:

- Kurssikirjan luku 2.
- Luennot 2 ja 3

Osatessasi kyseiset oppimistavoitteet, ymmärrät

→ kuinka paine, lämpötila ja tilavuus määrittävät systeemin tilan.

Oppimistavoitteet: Ensimmäinen pääsääntö

Tavoitteet:

- Termodynamiikan ensimmäisen pääsäännön ymmärtäminen.
- Työn, lämmön ja sisäenergian muutoksen laskeminen.
- Suljetun kiertoprosessien hyötysuhteen laskeminen.
- Entalpian ja tasaisesti virtaavan systeemin energiataseen käyttö.
- Voimalaitosprosessin hyötysuhteen laskeminen.

Oppimateriaali ja käsittelyaikataulu:

- Kurssikirjan luku 3.
- Luennot 4, 5 ja 6

Osatessasi kyseiset oppimistavoitteet, ymmärrät

→ kuinka systeemin tilan muutoksesta seuraa energian siirtymistä.

Oppimistavoitteet: Toinen pääsääntö

Tavoitteet:

- Entropian käsitteen ja toisen pääsäännön ymmärtäminen.
- Fundamentaali-tila- ja tila-energioiden määritelmät ja käyttö ideaalikaasun entropiamuutoksen laskemiseksi.
- Gibbsin ja Helmholtzin vapaiden energioiden käyttö tilasuureiden laskemiseen.
- Isentrooppihyötysuhteen käyttö erilaisissa prosesseissa.
- Lämpöpumpppuolosuhteiden COP-kertoimen laskeminen.

Oppimateriaali ja käsittelyaikataulu:

- Kurssikirjan luku 4.
- Luennot 7, 8 ja 9

Osatessasi kyseiset oppimistavoitteet, ymmärrät

- kuinka entropia voi rajoittaa tilanmuutoksia
- kuinka tilasuureet lasketaan Gibbsin ja Helmholtzin funktioista.

Oppimistavoitteet: Lämmönsiirto

Tavoitteet:

- Fourierin lain käyttö yhdessä dimensiossa kiinteän kappaleen lämpötilaprofiilin määrittämiseen.
- Lämmönsiirtokertoimen määrittäminen usean materiaalikerroksen tapauksessa levymäiselle elementille.
- Konvektiisen lämmönsiirtokertoimen laskeminen.
- Lämmönsiirron analysointi putken läpi virtaavaan fluidiin.
- Säteilylämmönsiirron soveltaminen aurinkolämpökeräimeen.

Oppimateriaali ja käsittelyaikataulu:

- Kurssikirjan luku 5.
- Luennot 10, 11, ja 12

Osatessasi kyseiset oppimistavoitteet, ymmärrät

→ insinöörisovelluksissa tarvittavat lämmönsiirron peruseräatteen.

Oppimistavoitteet: Missä tarvitaan

Ensisijaisesti: Lähtötiedot erityisesti kursseille:

- EKO-C1016: Termiset voimalaitokset ja uusiutuva energia
- EKO-C1017: Lämmönsiirto ja simulointi
- EKO-C1018: Termodynamiikka energiatekniikassa
- EKO-C1019: Virtausprosessit energiatekniikassa

Lisäksi: Kurssin aihepiiri on osa insinöörin yleissivistystä.

Miten saavutat tavoitteet?

Opiskelumetodi oppimistavoitteiden saavuttamiseksi:

Kurssilla on paljon asiaa:

- Tee töitä **säännöllisesti**. Jokaisella viikolla pitää oppia uutta.
- 6h kontaktiopetusta per viikko plus 5-6h itseopiskelua per viikko.

Luennoilla käydään läpi oppikirjan materiaalia:

- Tule luennolle **valmistautuneena**.
- Tutustu aiheeseen **ennalta**, saat luennosta enemmän irti.
- Tee muistiinpanoja **ennalta** kotona ja **kysy** rohkeasti luennolla.

Laskutuvissa harjoitustehtäviin tarjotaan tukea, ei valmiita vastauksia:

- Tule laskutupiin **valmistautuneena**.
- **Laske** jokainen tehtävä mahdollisimman pitkälle ennen laskutupaa.
- Hyödyntäkää vierustoveria. Muodostakaa vertaisryhmiä.

Opiskelumetodi oppimistavoitteiden saavuttamiseksi:

Säännöllisyys

Valmistautuminen, Laskeminen

Älä aliarvioi viikoittaista 11-12h työmäärää

Kuinka kurssi suoritetaan?

Kurssin suorittaminen:

Tapa I: Välikokeet + laskuharjoituspisteet

- Ensimmäinen välikoe:
 - Monivalintatehtäviä, $12 \times 1p = 12p$, väärästä vastauksesta $-0.5p$
 - Aihepiiri kurssikirjan luvut 2 ja 3
- Toinen välikoe:
 - Monivalintatehtäviä, $12 \times 1p = 12p$, väärästä vastauksesta $-0.5p$
 - Aihepiiri kurssikirjan luvut 4 ja 5
- Harjoitustehtävät:
 - 48 kpl tehtäviä, skaalataan vastaamaan 4p
 - Lasketaan vasta läpipääsyn jälkeen. Nostaa arvosanaa maks. yhdellä.

Tapa II: Tentti (sovelletaan myös uusintatentteihin)

- Monivalintatehtäviä, $2 \times 12 \times 1p = 24p$, väärästä vastauksesta $-0.5p$
- Aihepiiri kurssikirjan luvut 2-5
- Ei laskaripisteitä. Järjestetään toisen välikokeen yhteydessä.

Alustava läpipääsyraja noin 8p.

Kurssin suorittaminen:

Välikokeet/tentti:

- Monivalintatehtävät ovat pääosin **laskutehtäviä**.
- Graafinen laskin ei sallittu. Hanki itsellesi halpa funktiolaskin.
- Kokeeseen saa ottaa mukaan **yhden kaksipuoleisen käsinkirjoitetun A4-arkin**.
- Laadi itsellesi omat muistiinpanot ja kaavakokoelma kurssin edetessä.

Harjoitustehtävät:

- Noudata aikatauluja.
- Mallivastaukset jaetaan harjoituskierroksen sulkeuduttua.
- Myöhästyneitä vastauksia ei tämän vuoksi arvostella.

Kurssin suorittaminen:

Harjoitustehtävät värikoodattuina:

- Välttämättömien perusteiden hallintaa mittaava tehtävä. Osaamistaso, joka vaaditaan kurssin läpäisemiseksi arvosanalla 1/5.
- Aiheen ymmärrystä mittaava tehtävä. Osaamistaso, jota odotetaan kurssin läpäisemiseksi arvosanalla 3/5.
- Syvällisen osaamisen ja oivaltamisen mittaamiseen tarkoitettu tehtävä. Osaamistaso, jota odotetaan kurssin läpäisemiseksi arvosanalla 5/5.

Välikoe- ja tenttitehtävät testaavat kurssin oppimistavoitteita.
Oppimistavoitteita harjoitellaan harjoitustehtävillä.

Tehtävien osaaminen \neq Assistentilta vastauksen lypsäminen

Tekoälyn käyttö:

Kurssilla kannustetaan hyödyntämään tekoälyä:

- Kokeile, osaako chat-GPT ratkaista harjoitustehtävät
- Kokeile, miten chat-GPT selittää kurssilla kohdattavia termejä

Muista kuitenkin:

- Tekoäly on vain tuki
- Tekoäly ei välttämättä anna oikeaa vastausta harjoitustehtäviin.
- Välikokeissa/tentissä ei tekoälyä ole saatavilla.

Ja sitten itse asiaan: