

EKO-C2001

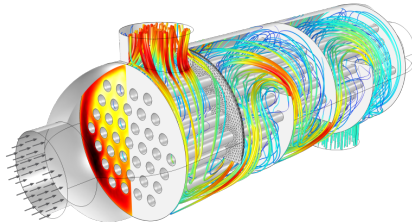
Termodynamiikan ja lämmönsiirron perusteet

Eero Hirvijoki

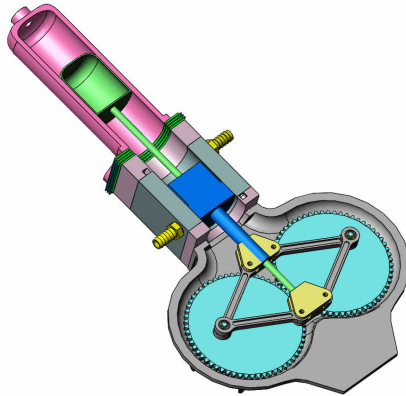
Aalto-yliopisto, Konetekniikan laitos

Tervetuloa kurssille!

Mihin termodynamiikkaa ja lämmönsiirtoa tarvitaan?



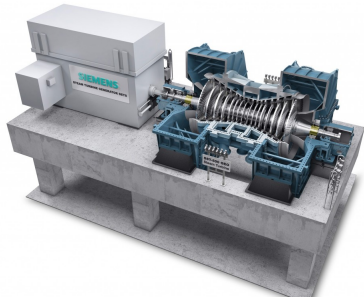
Mihin termodynamiikkaa ja lämmönsiirtoa tarvitaan?



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:

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

Määritelmiä vuorovaikutuksen tyypille:

- **Eristetty:** Systeemi ei vaihda ainetta eikä energiaa ympäristön kanssa.
- **Suljettu:** Systeemi ei vaihda ainetta, mutta vaihtaa energiaa ympäristönsä kanssa.
- **Avoin:** Systeemi 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.
- Lämpöpumpun prosessin 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 värikoodattuja:

- 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: