

Ülesanne 3

Kasutades Cantera tarkvara, arvutage välja metaani (võib valida mingi muu gaasi) prandtli arv. Koodi kirjutamisel tuleb kasutada programmeerimise akend ning tulemuste saamiseks tuleb vajutada RUN nuppu. Gaaside prandtli arv on tavaliselt ligikaudu 0.7 ning vedelikel 6.9 (toatemperatuuril). Prandtli arv iseloomustab impulsi ja termilisi difusiooni suhet. Seda kasutatakse gaaside soojusjuhtivuse määramiseks kõrgetel temperatuuridel, kuna konveksioonivoolude tekkimise tõttu on seda raske mõõta katsete ajal. Koosta graafik, võrdle ja analüüsi saadud tulemused.

Lähteandmed

- Kasutatav kogumik GRI30;
- Metaan (O_2+CH_4), üliõpilane võib valida ka mõne muu gaasi.

Õpiväljundid

Üliõpilane:

- meenutab mis on prandtli arv ning mille jaoks seda kasutatakse;
- saab teada kui suur on metaani või mõne muu gaasi prandtli arv;
- õpib Cantera programmi kasutamist/koodi kirjutamist;
- õpib simulatsiooni tulemust analüüsima ja tõlgendamist.

Ülesanne lahendus

Esialgne koodi näidis on leitav Cantera poolt valmistatud MatLabis kasutaja näidistes, kood oli täiendatud ja kohandatud vastavalt püstitud ülesandele. Ülesanne näidiseks on valitud gaasisegu metaan + hapnik.

```
function prandtl(g)

if nargin == 1
    g = gas;
else
    gas = GRI30('Mix');
end
```

Joonis 1. Esialgne funktsioon.

Joonisel 44 on toodud koodi algus, alustatakse prandtli funktsiooni määramisega. Iga funktsioon peab lõppema *end*-ga. *Nargin* on prandtli funktsiooni sisendargumentide arv. Ülesanne lahendamiseks kasutatakse GRI30 kogumiku ning *mix* transpordi mudeli.

```
pr = zeros(31,31);
xh2 = zeros(31,31);
visc = zeros(31,31);
lambda = zeros(31,31);
t = [];
xo = [];
io2 = speciesIndex(gas,'O2');
ich4 = speciesIndex(gas,'CH4');

minT = minTemp(gas);
maxT = maxTemp(gas);
dT = (maxT - minT)/30.0;
```

Joonis 2. Lähteandmed.

Joonisel 45 on toodud koodi lähteandmed, *pr* – prandtli arv, *xh2* – mooli fraktsioon, *visc* – viskoossus, *lambda* – soojusjuhtivus, *t* – temperatuuride skaala, *xo* – elementide sisaldus, *io2* – kasutatava hapniku keemiline tähis (võetakse GRI30 kogumikust), *ich4* – kasutatava metaani keemiline tähis (võetakse GRI30 kogumikust), *minT* ja *maxT* on temperatuuride minimaalsed ja maksimaalsed näitajad ning *dT* on keskmise temperatuuri valem. Number 31 tähendab tulemuste arvu (seda saab näha graafikute peal, kuna graafik kujuneb mitmest ruudukestest). Koodi kirjutamisel tuleb kindlasti lisada iga rea lõppu semikoolon, muidu kood ei lähe tööle.

```

t0 = cputime;
for i = 1:31
    t(i) = minT + dT*(i-1);
    for j = 1:31
        xo(j) = 0.99*(j-1)/30.0;
        x = zeros(nSpecies(gas),1);
        x(io2) = xo(j);
        x(ich4) = 1.0 - xo(j);
        set(gas, 'T', t(i), 'P', oneatm, 'X', x);
        equilibrate(gas, 'TP');
        visc(i,j) = viscosity(gas);
        lambda(i,j) = thermalConductivity(gas);
        pr(i,j) = visc(i,j)*cp_mass(gas)/lambda(i,j);
        x = moleFractions(gas);
        xh2(i,j) = x(ich4);
    end
end
disp(['CPU time = ' num2str(cputime - t0)]);

```

Joonis 3. Kasutatavad valemid, graafikute loomise jaoks vajalike andmete arvutamine.

Joonisel 46 on toodud koodi põhiline osa, kus on näha, kuidas leitakse olulised andmed graafikute loomise jaoks. *CPUtime* on käskude töötlemiseks kulunud aeg, algab uus funktsioon *for*, antud funktsiooni abil saab korrata avaldusi teatud arv kordi. Viimasel real on näha, kuidas võib kasutada meetodi *disp*, selle abil Cantera arvutab *CPUtime* ning väljastab tulemuse käsuaknas.

```

clf;
%figure(1);
subplot(2,2,1);
surf(xo,t,pr);
xlabel('Element (O2+CH4)');
ylabel('Temperatuur (K)');
zlabel('Prandtli arv');

subplot(2,2,2);
surf(xo,t,xh2);
xlabel('Element (O2+CH4)');
ylabel('Temperatuur (K)');
zlabel('CH4 Mooli fraktsioon');

```

Joonis 4. Esimesed kaks graafiku.

Joonisel 47 on toodud, kuidas Cantera abil koostatakse graafiku. Esimene graafik näitab prandtli arvu tulemusi ning teine graafik näitab puhta metaani mooli fraktsiooni.

```

subplot(2,2,3);
surf(xo,t,visc);
xlabel('Element (O2+CH4)');
ylabel('Temperatuur (K)');
zlabel('Viskoossus');

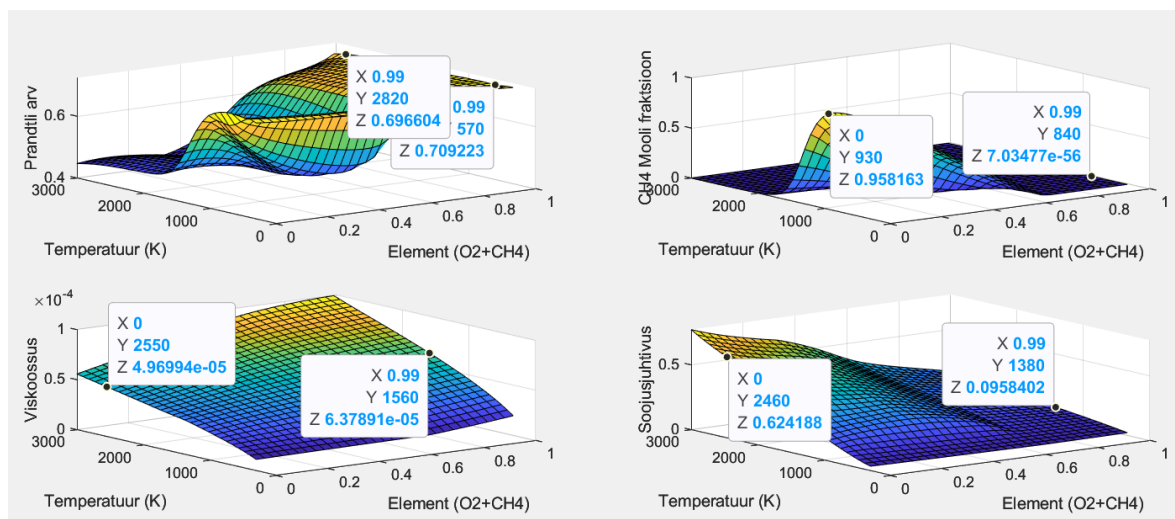
subplot(2,2,4);
surf(xo,t,lambda);
xlabel('Element (O2+CH4)');
ylabel('Temperatuur (K)');
zlabel('Soojusjuhtivus');

```

Joonis 5. Graafik 3 ja 4.

Joonisel 48 on toodud viimased kaks graafiku, kolmas graafik näitab viskoossust ning neljas graafik näitab soojusjuhtivuse.

Tulemuste analüüs



Joonis 6. Saadud tulemused.

Joonisel 49 on näha neli erinevat graafikut, nende muutus seisneb gaasisegu koostisest ehk kõige viimane näit x teljel vastab puhtale metaanile ning kõige esimene näit x teljel vastab hapnikule.

Esimene graafik, mis asub üleval vasakul pool, näitab gaasisegu prandli arvu. Selleks et saada teada puhta metaani prandli arvu tuleb vaadata x telje tulemusi. Gaaside prandli arv on tavaliselt 0.7, antud graafikul näiteks temperatuuril 2820K on see 0.696 ning temperatuuril 570K on see 0.709.

Teine graafik, mis asub üleval paremal pool, näitab metaani mooli fraktsiooni ehk kontsentratsiooniühikut. Kolmas graafik, mis asub all vasakul pool, näitab gaasisegu viskoossust. On näha, et mida suurem on metaani sisaldus, seda kõrgem on viskoossuse näit. Neljas graafik näitab gaasisegu soojusjuhtivuse, on näha, et soojusjuhtivus alandub (sõltub metaani sisaldusest).