

EEN-E1030, Thermodynamics in energy technology

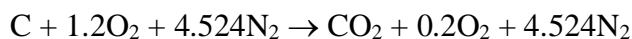
Exam, December 13, 2021

Questions in Finnish on pages 3-4

You can answer the questions either in English or Finnish
(Jos vastaat suomeksi, kurssin suorituskieleksi merkitään suomi)

PROBLEM 1

Carbon (C) is combusted in a combustion chamber to heat pressurized nitrogen (N_2) (see Fig. 1), which flows through a separate heating unit. After the heating unit Nitrogen is lead into a gas turbine where it expands to the atmospheric pressure producing mechanical work. Excess air factor for the combustion is 1.2 in which case the combustion reaction of carbon becomes



- What is the molar flow rate of Carbon into the combustion chamber if the molar flow rate of Nitrogen through the heating unit is 160 mol/s? You find other necessary initial values in Figure 1.
- What is the change of entropy (i.e. entropy generation rate) for N_2 over the turbine?
- What is the chemical potential of N_2 at 25°C at the standard state?

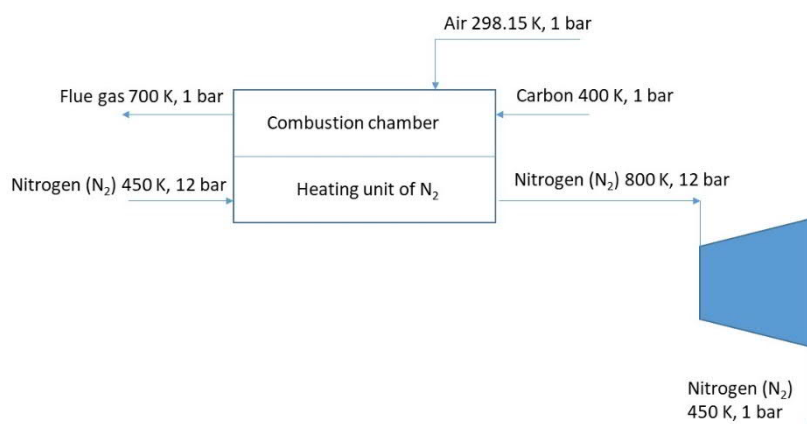


Fig. 1. Flow sheet of the process

PROBLEM 2

Heat is recovered from humid exhaust air in a heat exchanger at a paper machine. Air temperature and relative humidity before the heat exchanger are 60°C and 80%, respectively. After the heat exchanger air temperature is 43°C and air is fully saturated. Total pressure is 100kPa. Calculate:

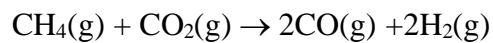
- What is the dew point temperature of air before the heat exchanger?
- What is the wet bulb temperature of air after the heat exchanger?
- How much heat is recovered in the heat exchanger (kW), if the mass flow rate of air is 21 kg_{da}/s ?

PROBLEM 3

Research scientist Laukkanen makes a water-ethanol solution that freezes at -15°C at 1 bar. How many liters of ethanol must research scientist Laukkanen pour into a water tank that contains 8 liter of water if the solution is assumed to be an ideal one? Molar mass of ethanol is 46.07 g/mol and density 789 kg/m^3 .

PROBLEM 4

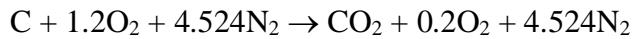
CH_4 and CO_2 convert to CO and H_2 according to the following reaction:



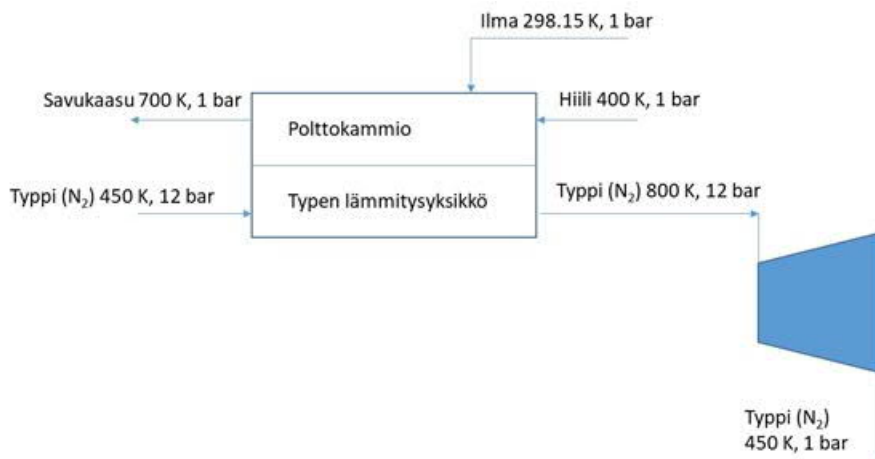
Mole inputs of CH_4 and CO_2 into the reactor are 2.4 mol and 2.4 mol, respectively. At equilibrium, mole amounts of CH_4 and CO_2 are approximately 1.092 mol and 1.092 mol, respectively. The pressure in the reactor is 5 bar at equilibrium. Does the reaction occur at 1000 K or at 1300 K when it is at equilibrium? Justify your answer. Pure guessing does not give any points.

TEHTÄVÄ 1

Polttokammiossa poltetaan hiiltä, jolla lämmitetään paineistettua typpeä, joka virtaa erillisen lämmitysyksikön lävitse kuvan 1 mukaisesti. Lämmitysyksikön jälkeen typpi johdetaan turbiinille, jossa se paisuu ilmanpaineeseen tuottaen mekaanista työtä. Palamisreaktion ilmakerroin on 1.2, jolloin hiilen palamisreaktioksi saadaan



- A) Mikä on hiilen moolivirta palamiskammioon, jos typpeä lämmitetään lämmitysyksikössä 160 mol/s. Tehtävän muut lähtöarvot on esitetty kuvassa 1.
- B) Mikä on entropian muutos (ts. entropian generointinopeus) turbiinin ylitse?
- C) Mikä on typen kemiallinen potentiaali standarditilassa lämpötilassa 25°C?



Kuva. 1. Prosessin virtauskaavio

TEHTÄVÄ 2

Paperikoneen kuivausosan poistoilmasta otetaan talteen lämpöä lämmönsiirtimellä. Poistoilman lämpötila ennen lämmönsiirintä on 60°C ja suhteellinen kosteus 80%. Lämmönsiirtimen jälkeen ilma on täysin kylläistä, ja sen lämpötila on tippunut 43°C:een. Kokonaispaine on 100 kPa. Määritä:

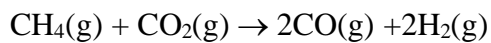
- A) Mikä on ilman kastepistelämpötila ennen lämmönsiirintä?
- B) Mikä on ilman märkälämpötila lämmönsiirtimen jälkeen?
- C) Kuinka paljon poistoilmasta otetaan lämpöä talteen lämmönsiirtimellä (kW), kun ilman massavirta on 21 kg_{ka}/s (ka = kuiva ilma).

TEHTÄVÄ 3

Erikoistutkija Laukkasen pitää valmistaa vesi-etanoliliuos, joka jääty lämpötilassa -15°C . Kuinka monta litraa etanolia on lisättävä vesiastian, joka sisältää 8 litraa vettä, jotta liuoksen jäätymispiste on -15°C . Liuos oletetaan ideaaliseksi. Etanolin moolimassa on 46.07 g/mol ja tiheys on 789 kg/m^3 .

TEHTÄVÄ 4

Metaani ja hiilidioksidi muuttuvat hiilimonoksidiksi ja vedyksi seuraavan reaktioyhtälön mukaan



Reaktion alussa metaania on reaktorissa 2.4 mol ja hiilidioksidia niin ikään 2.4 mol . Kun reaktion on saavuttanut tasapainon, on sekä metaanin että hiilidioksidin ainemäärä reaktorissa 1.092 mol . Reaktorin paine tasapainossa on 5 bar . Tapahtuuko reaktio lämpötilassa 1000 K vai 1300 K , kun se on tasapainossa? Perustele vastauksesi. Pelkästä arvauksesta ei saa pisteitä.