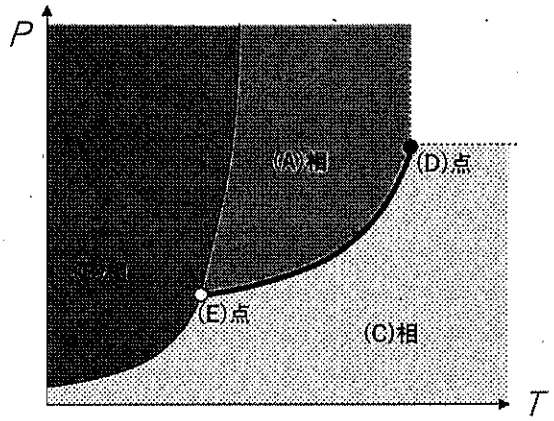
令和７年度総合生産科学研究科博士前期課程総合生産科学専攻
一般入試（夏期募集）
共生システム科学コース　電気・機械システム分野(機械系)
海洋未来科学コース（機械系）
熱力学

- P, T, v, h および s はそれぞれ，圧力，温度，比体積，比エンタルピ，および比エントロピを示す．
- s' および s'' などは，飽和液および飽和蒸気状態の物理量を示す．
- 一般ガス定数は 8.314 $\mathrm{Jmol^{-1}K^{-1}}$ とする．

1 右の P-T 線図について，以下の問いに答えよ．



(1) （A）～（E）に当てはまる言葉を埋めなさい．

(2) Gibbs の相律より（D）点および（E）点，それぞれの自由度を求めよ．

(3) （D）点から（E）点までの太い曲線を表す以下の式で□に当てはまる不等号を示せ．

$$\frac{dP}{dT}=\frac{s''-s'}{v''-v'} \square 0$$

(4) (3)の式から飽和温度 T_{sat} [K]における蒸発潜熱 r[J $\mathrm{kg^{-1}}$]を表す Clausius-Clapeyron の式を導け．ヒント：$\frac{dP}{dT}$ を用いる事．

2 湿り空気は乾き空気と水蒸気からなる，理想気体の混合系であると近似できる．乾き空気の平均モル質量を 28.97 g $\mathrm{mol^{-1}}$，水蒸気のモル質量を 18.02 g $\mathrm{mol^{-1}}$ とし，絶対湿度 χ [kg kg(D.A.)$^{-1}$]と水蒸気分圧 $P_{\mathrm{H_2O}}$ の関係式を以下に従って導け．

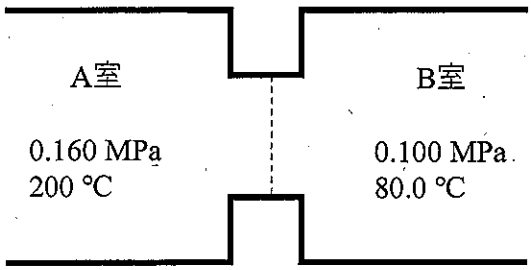
(1) 乾き空気の分圧 P_{DA} を全圧 P_{total} および水蒸気分圧 $P_{\mathrm{H_2O}}$ で表せ．

(2) 絶対湿度 χ [kg kg(D.A.)$^{-1}$]を題意の乾き空気のモル数 $\tilde{m}_{\mathrm{DA}}$ および水蒸気のモル数 $\tilde{m}_{\mathrm{H_2O}}$ で表せ．

(3) 絶対湿度 χ [kg kg(D.A.)$^{-1}$]を表す次式の(a)に当てはまる数値，(b)から(c)に当てはまる記号を答えよ．

$$\chi=\boxed{(a)}\times\frac{\boxed{(b)}}{\left(\boxed{(c)}-\boxed{(b)}\right)}\ [\mathrm{kg\ kg(D.A.)^{-1}}]$$

3 下図のように十分に大きく断熱されている A 室と B 室に定圧比熱 c_p =1000 $Jkg^{-1}K^{-1}$, 断熱指数κ = 1.403 の理想気体が入っている. 破線を境に状態が変化している. この系に外力は加えられていない. 以下の問いに答えよ.



(1) 理想気体の比エントロピ変化 ds [J $kg^{-1}K^{-1}$]を定圧比熱 c_p [J $kg^{-1}K^{-1}$], ガス定数 R [J $kg^{-1}K^{-1}$], 温度 T[K]ならびに圧力P [Pa]で示せ. ただし積分定数が出る場合は C と示せ.

(2) A 室内の比エントロピを基準とした, A 室内と B 室内の比エントロピ差 (s_B-s_A) [J $kg^{-1}K^{-1}$]を求めよ.

4 空調機の室内機と室外機の双方を, 断熱された空間内へ一緒に設置した. この空調機を冷房運転させると, 空間の平均温度は低下するか, それとも上昇するか. また, その理由を説明せよ.

5 ポンプが理想気体を 10.00 gs^{-1} で定常的に 0.1000 MPa から 0.1128 MPa まで昇圧している. この昇圧過程で, 気体は 300.00 K から 40.03 K 温度上昇し 100.0 W の仕事を受ける. この理想気体のモル質量および比熱比はそれぞれ 32.00 g mol^{-1} および 1.400, この昇圧過程をポリトロープ過程として取り扱い, 以下の問いに答えよ.

(1) ポリトロープ過程の仕事 L_{12} [W]を, 質量流量 $\dot{m}$ [kg s^{-1}], ガス定数 R [J $kg^{-1}K^{-1}$], ポリトロープ指数 n, 温度上昇ΔT_{12} [K]で表せ. ただし, 流体が外部へする仕事を正とする.

(2) この過程の比熱 c_n [J $kg^{-1}K^{-1}$]を定圧比熱 c_p [J $kg^{-1}K^{-1}$], ガス定数 R [J $kg^{-1}K^{-1}$], ポリトロープ指数 n で表せ. 導出過程を必ず示すこと.

(3) この過程のポリトロープ指数を求めよ.

(4) この過程の気体の比エンタルピ増加量 h_{12} [Jkg^{-1}] を求めよ.

(5) この過程の気体の比エントロピ増加量 s_{12} [J $kg^{-1}K^{-1}$]を求めよ.