

### Inlämningsuppgift 4 i termodynamik hösten 2003

Dessa uppgifter är inte konstruerade för att vara lämpliga som den första uppgift som löses inom det aktuella kursavsnitt.

Ett (enda) 'sen' eller ett (enda) 'U' tillåts i protokollet men denna tolerans får inte utnyttjas för att helt enkelt hoppa över en uppgift. För att erhålla en bonuspoäng till betygstentamen krävs minst tre 'R', eller 'VG', samt inga 'sen' eller 'U'.

- 4.1 En mängd gas med massa  $m$  och vid tryck  $p_1 = 1,0 \text{ MPa}$  innesluts i en volym  $V_1$  i en cylinder av en fritt rörlig kolv. Gasen tillåts expandera kvasistatiskt till volym  $V_2$  i en process (A) under vilken  $pV^n$  hålls konstant genom att en mängd värme,  $Q_A$ , förs till gasen. I en annan process, B, expanderar samma mängd gas från samma begynnelsestillstånd till samma sluttillstånd och den mängd värme som förs till gasen mäts ( $Q_B$ ). I övrigt är detaljerna hos process B inte kända men den misstänks vara irreversibel. Gasen består huvudsakligen av vattenånga. Beräkna
- den specifika volymen,  $v_1$ , i begynnelsestillståndet,
  - det arbete,  $W_A$ , som gasmängden utför under process A,
  - ändringen i inre energi,  $\Delta U$ , under processerna,
  - ändringen i specifik inre energi,  $\Delta u$ , under processerna och
  - det arbete,  $W_B$ , som gasmängden utför under process B.

Värdena hos  $m$ ,  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $n$ ,  $Q_A$  och  $Q_B$  ges av de individuella indata. Värdena hos  $V_1$  och  $V_2$  ges med liter, 'l'.

Uppgift 4.1 lämnas in senast tisdag 4 november kl 10. Ev kompletteringar ska vara både utförda och godkända före fredag 21 november kl 9.

- 4.2 En mängd luft vid tryck 100 kPa och temperatur  $20^\circ\text{C}$  innesluts i en volym  $V_{13}$  i en cylinder av en fritt rörlig kolv. Först komprimeras luften isotermt tills trycket har höjts till  $p_{23}$ . Sedan expanderas luften isobart tills volymen är återigen  $V_{13}$ . Slutligen återförs luften isokort till begynnelsestillståndet.

- Skissera processerna i ett  $p$ - $V$ -diagramm.

Beräkna

- luftens massa;
- det värme,  $Q_{12}$ , som överförs, det arbete,  $W_{12}$ , som utförs, och ändringen i inre energi,  $(\Delta U)_{12}$ , under den isoterma processen;
- det värme,  $Q_{23}$ , som överförs, det arbete,  $W_{23}$ , som utförs, och ändringen i inre energi,  $(\Delta U)_{23}$ , under den isobara processen;
- det värme,  $Q_{31}$ , som överförs, det arbete,  $W_{31}$ , som utförs, och ändringen i inre energi,  $(\Delta U)_{31}$ , under den isokora processen;
- det värme,  $Q_{12} + Q_{23} + Q_{31}$ , som överförs, det arbete,  $W_{12} + W_{23} + W_{31}$ , som utförs, och ändringen i inre energi,  $(\Delta U)_{12} + (\Delta U)_{23} + (\Delta U)_{31}$ , under hela kretsprocessen.

forts

#### 4.2, forts

Värdena hos  $V_{13}$  och  $p_{23}$  ges av de individuella indata. Värdet hos  $V_{13}$  ges med liter, 'l'. Antag att de relevanta specifika värmekapaciteterna är konstanta och har de värden som ges i 'Termo T konc'.

Uppgift 4.1 lämnas in senast tisdag 11 november kl 10. Ev kompletteringar ska vara både utförda och godkända före fredag 21 november kl 9.

4.3 Ett mindre vattenkraftsverk drivs av vatten från ett magasin i bergen med vattenyta på höjden  $h$  ovanför turbinen. Vattnet leds från magasinet i ett rör med diameter  $d$  och strömningsförlusterna antas ges av den konstanta förlustkoefficienten,  $\alpha$ . Se s 13 och 14 i 'Samtliga Härledningarna och Bevis ...'. Värdena hos  $h$ ,  $d$  och  $\alpha$  ges av de individuella indata.

- Uttryck turbinens effekt,  $\dot{W}_{\text{axel}}$ , som en funktion av massflödet, fallhöjden och strömningsförlusterna. Massflödet och strömningsförlusterna beror på strömningshastigheten i röret,  $v$  ( $\bar{u}$  under lp 1). Antag att rörelseenergin i vattenflödet är försumbar vid turbinens utlopp.
- Tag fram ett uttryck för den strömningshastighet,  $v_{\text{maxW}}$ , som maximerar turbinens effekt.

Beräkna

- värdet hos  $v_{\text{maxW}}$ ,
- värdet hos det associerade massflödet,  $\dot{m}_{\text{maxW}}$ , samt
- den maximala effekt,  $\dot{W}_{\text{axel,max}}$ , som turbinen skulle kunna prestera.

Uppgift 4.3 lämnas in senast tisdag 18 november kl 10. Ev kompletteringar ska vara både utförda och godkända före måndag 1 december kl 9.

4.4 Välj och utför **ett** av alternativen A, B eller C nedan.

- Om du har tillgång till ett enkelt kylskåp, eller ett enkelt frysskåp, jämför det med en generell kylprocess som drivs mellan två värmemagasin. Vad är det som motsvarar det varma magasinet och vad motsvarar det kalla magasinet? Uppskatta temperaturerna hos dessa magasin. Tag reda på den elektriska effekt som kylskåpet kräver. Ger den andra huvudsatsen en möjlighet att beräkna en undre gräns, ett exakt värde, eller en övre gräns för det värme som läcker in i själva kylskåpet? Genomför den beräkning som den andra huvudsatsen möjliggör. Ett kombinerat kyl o frys eller kyl o sval är inte lämpligt för denna uppgift.
- Leta reda på en teknisk beskrivning av en värmepump, t ex på webben. Beskrivningen ska göra det möjligt för dig att uppskatta temperaturerna på det varma och det kalla 'magasinet' samt pumpens verkliga värmefaktor. Genomför dessa uppskattningar. Ger den andra huvudsatsen en möjlighet att beräkna en undre gräns, ett exakt värde, eller en övre gräns för värmefaktorn? Genomför denna uppskattning och jämför med pumpens verkliga värmefaktor.

forts

#### 4.4, forts

- C. Detta alternativ är avsett för dig som har ett 'brinnande' intresse för någon form av förbränningsmotor, t ex bensinmotorer, Dieselmotorer eller någon form av flygplansmotor. Jämför den motor som du är särskilt intresserad av med en generaliserad värmemotor. Vad är det som motsvarar det varma magasinet och vad motsvarar det kalla magasinet? Uppskatta temperaturerna hos dessa värmemagasin. Ger den andra huvudsatsen en möjlighet att beräkna en undre gräns, ett exakt värde, eller en övre gräns för motorns verkningsgrad? Genomför beräkningen och jämför resultatet med motorns verkliga verkningsgrad.

Uppgift 4.4 utförs lämpligen före fredag 21 november och lämnas in senast tisdag 2 december kl 10. Eventuella kompletteringar ska vara både utförda och godkända före tisdag 9 december.

- 4.5 Betrakta en *Air-standard dual cycle*, eller Atkinson kretsprocess, som modellerar bensin- och Dieselmotorer. Se avs 9.4 i kursboken och fig 9.7. Beteckningarna i denna figur används i uppgiftstexten. Temperaturen,  $T_2$ , trycket,  $p_2$ , och volymen,  $V_{23}$ , efter den adiabatiska kompressionen, det tillförda värmets,  $Q_{in} = Q_{23} + Q_{34}$ , samt andelen värme som tillförs isobart,  $Q_{34}/Q_{in}$  ges av de individuella indata.

- Beräkna ändringen i entropi,  $(\Delta S)_{24}$ , under uppvärmningen.
- Beror denna ändring i entropi på reversibel värmeöverföring, annan värmeöverföring eller någon annan process som inte är reversibel?
- Beräkna entropiskillnaderna  $S_2 - S_0$  och  $S_4 - S_0$  där tillstånd 0 ges av  $p_0 = 100 \text{ kPa}$  och  $T_0 = 280 \text{ K}$ .

Uppgift 4.5 lämnas in senast tisdag 9 december kl 10. Eventuella kompletteringar ska vara både utförda och godkända före tisdag 14 januari.

- 4.6 Välj och utför **ett** av alternativen A, B eller C nedan. Obs! De tre alternativen har tre olika inlämningsdatum.

A. Alternativ A bygger vidare på uppgift 4.5.

- Jämför din lösning till uppgift 4.5 med den utdelade lösningen och beräkna ändringen i exergi,  $(\Delta A)_{24}$ , under uppvärmningen. Använd en referens- eller dött tillstånd där  $p_0 = 100 \text{ kPa}$  och  $T_0 = 280 \text{ K}$ .
- Beräkna andelen  $(\Delta A)_{24}/Q_{in}$ .

Uppgift 4.6 alt A ska lämnas in senast fredag 19 december. Eventuella kompletteringar ska vara både utförda och godkända före tisdag 14 januari.

B. Leta reda på den exergi som krävs för att producera två av de följande livsmedlen;

- kött, antingen nötkött eller fläskkött, som produceras med modern jordbruksteknik.
- fisk som fångas till havs. (Glöm inte fiskebåtarnas bränslebehov.)
- en proteinrik gröda, som t ex sojabönor eller gröna linser, som odlas med modern jordbruksteknik.

Jämför siffrorna du har tagit fram.

Uppgift 4.6 alt B ska lämnas in senast tisdag 14 januari. Eventuella kompletteringar ska vara både utförda och godkända före det ordinarie skrivningstillfället för kontrollskrivning nr 3 under lp 3.

4.6, forts

- C. Betrakta en plan stötvåg i luft i en referensram i vilken stötvågen står stilla. Stagnationstillståndet,  $T_{\text{stagn},1}$  och  $p_{\text{stagn},1}$ , samt strömningshastigheten,  $v_1$ , hos uppströmsluften ges av de individuella indata. Beräkna ändringen i luftens strömnings-exergi vid stötvågen, (1) under de förutsättningar som gäller i kursdelen kompressibel strömning, och (2) relativt ett dött tillstånd i vilket  $T_{\text{död}} = 290 \text{ K}$  och  $p_{\text{död}} = 100 \text{ kPa}$ .

Lösningar till uppgift 4.6 alt C ska lämnas in senast fredag 13 februari kl 11 då en officiell lösning publiceras i Ping Pong. Pappersexemplar på lösningen kommer att finnas att hämta utanför studieexpeditionen, inst f mekanik, Osquars backe 18. Eventuella kompletteringar ska vara både utförda och godkända före det ordinarie tentamenstillfället efter lp 3.

Tony Burden, 1 december 2003