

Tillämpad termodynamik, 4A1112

6 poäng, Vårterminen 2007

Kursens roll i utbildningsprogrammet

Kursen avser att ge civilingenjörer, speciellt inom programmen Maskinteknik, Design och produktframtagning samt Industriell ekonomi med inriktning Energisystem nödvändiga grundläggande kunskaper i termodynamik. Detta omfattar grundläggande lagar och processer för energiomvandling samt strömningslära och värmeöverföring.

Kursen betonar inslaget av verkliga tillämpningar och ingenjörsmässigt tänkande. Fundamentala principer skall upptäckas/avtäckas av den enskilde studenten och kursen skall ge en god förståelse för fysiken bakom de behandlade fenomenen och utifrån detta ge generell nyttig träning i problemformulering, modellering och lösning av problem. Kursen skall även ge studenten en inblick i de teknik-, miljö- och vetenskapshistoriska perspektiven.

Förkunskaper

Grundläggande matematik med partiella differentialekvationer och integralkalkyl, Grundläggande mekanik, Elektricitets- och vågrörelselära samt gymnasieskolans fysik och kemi.

Målbeskrivning

Efter kursen skall studenten:

- kunna formulera, modellera och lösa problem för tekniska system och apparater med olika typer av energiutbyte och energiomvandling.
- kunna tillämpa systemsynsättet som metod för att identifiera delsystem och komponenter i tekniska system.
- kunna resonera stringent och generellt inom termodynamiken.

Mer detaljerade mål anges i bilaga 1 till detta dokument.

Översiktlig beskrivning av kursinnehållet

- Energiformer, termodynamiska grundbegrepp och huvudsatser.
- Verkliga mediers egenskaper, deras representation i tillståndsdigram och med allmänna tillståndslagar.
- Gasers och gasblandningars egenskaper samt orientering om förbränningslära och stökiometri.
- Tillståndsstorheter (temperatur, tryck, inre energi, entalpi, entropi) samt begrepp som värme och arbete.
- Tillämpningar av första huvudsatsen på slutna och öppna system, energiekvationen.
- Idealiserade tillståndsändringar såsom isotermiska, isobariska, isochoriska och isentropiska förlopp, samt den generaliserade *polytropiska* tillståndsändringen.
- Olika formuleringar av andra huvudsatsen - allmänna resonemang samt med tillämpningar på reversibla kretsprocesser för energiomvandlingar.
- Tekniska processer i kompressorer och turbiner samt viktiga kretsprocesser såsom förbränningsmotor-, gasturbin-, ångkraft- samt kyl- och värmepumpprocesser.
- Grundläggande samband för vätskors och gasers strömning i kanaler och munstycken såväl för reversibla fall som vid strömning med förluster.

- Grundbegrepp, allmänna lagar och beräkningsmetoder för värmeöverföring och för värmeväxlare.
- Fuktig lufts egenskaper, dess tillståndsdigram och tillämpningar.

Undervisning

Kursen ges under vårterminen, dvs period 3 och 4. Undervisningen genomförs i form av föreläsningar (46 h), övningar (54 h) och räknestugor (18 h). Härutöver tillkommer 8 timmar för kontrollskrivningar.

Övningarna har karaktären av lektioner. Här varvas problemlösning med introduktion av nytt stoff. Föreläsningarna kommer att ge de övergripande idéerna och sambanden. För de tillämpade avsnitten kommer även all teori att gås igenom på föreläsningarna. Räknestugorna vänder sig till de teknologer som vill ha tillgång till en handledare vid självständig lösning av övningsproblem.

Pedagogisk filosofi och hur kursaktiviteterna samverkar med examinationen.

Kursens pedagogiska grundtanke är att *studenterna under kursen aktivt ska arbeta med kursmaterialet*. Detta stimuleras genom att totalt sex hemuppgifter skall lösas och lämnas in. Hemuppgifterna ges betyget underkänt/godkänt och räknas inte in i kursbetyget. *En god förståelse av hemuppgifterna kommer att testas på kontrollskrivningarna*. Ut- och inlämningstider framgår av det detaljerade schemat nedan.

Under kursen ges studenterna möjlighet att göra fyra kontrollskrivningar. Godkänt på samtliga kontrollskrivningar under ett och samma läsår ger godkänt betyg på tentamen.

Föreläsare, kursansvarig och examinator

Hans Jonsson, universitetslektor.

KTH Energiteknik, Avd. Tillämpad termodynamik och kylteknik

Telefon: 790 74 26, Fax: 20 41 61, Email: hansj@¹

Besöksadress: Brinellvägen 68, plan 4, rum K429.

¹: energy.kth.se

Lärare

Övningslärare:

Design och produktframtagning (P):

Klas Andersson, 08-766 49 08, klas.a.engineering@², (grupp a)

Rahmat Khodabandeh, 08-790 74 13, rahmat@¹, (grupp b, d)

Industriell ekonomi (I):

Hans Jonsson (se ovan), (grupp c)

Maskinteknik (M)

Jaime Arias, 08-790 86 42, jaim@¹, (grupp e)

Richard Furberg, 08-790 86 53, richard.furberg@¹, (grupp f)

Åke Melinder, 08-790 74 54, ake@¹, (grupp g-h), observera schemaändringarna!

¹: energy.kth.se

²: telia.com

Kursfordringar

En skriftlig tentamen (TEN1, 5p), godkända hemuppgifter, (ÖVN1, 1p).

Examination

Kontrollskrivningar

Under kursen ges fyra kontrollskrivningar. Varje kontrollskrivning består av 3 uppgifter á 3 poäng. Krav för godkänt på kontrollskrivningarna är 5 poäng. Om godkänt resultat erhålls på alla fyra kontrollskrivningarna *under ett och samma läsår* erhålls betyget D på tentamen. För högre betyg krävs deltagande vid skriftlig tentamen.

Kontrollskrivningarna är kumulativa, dvs de tar upp de avsnitt som dithills behandlats i kursen med *fokus på de nya avsnitten*. KS 1 och 2 hålls i period 3, och KS 3 och 4 i period 4.

KS 1 hålls 2007-02-13, kl. 8-10, sal B21-25, M31-36, och omfattar kapitel 1.01-4.31

KS 2 hålls 2007-03-02, kl. 8-10, sal B21-25, M21-36, och omfattar kapitel 1.01-5.63

KS 3 hålls 2007-04-10, kl. 8-10, sal B21-24, M21-38, och omfattar kapitel 1.01-8.24

KS 4 hålls 2007-04-27, kl. 8-10, sal B21-25, M21-36, och omfattar kapitel 1.01-11.47

OBSERVERA att kontrollskrivningarna startar 08.00.

I händelse av platsbrist har årets studenter företräde. Om du läst kursen tidigare år och vill skriva årets kontrollskrivningar bör detta meddelas den kursansvarige via email så att vi kan se till att det finns tillräckligt många skrivplatser.

Tillåtna hjälpmedel vid kontrollskrivningar är miniräknare (ej förprogrammerad) och formelsamling.

Tentamen

Tentamen består av en kortsvarsdel (A-del) med 10 mindre räkneuppgifter á 1 poäng, samt en räknedel med 5 räkneuppgifter á 3 poäng där mer utförliga problem skall lösas, dvs maximalt 25 poäng.

För godkänt på tentamen krävs 7 poäng på A-delen. Kontrollskrivning 1 tillgodoräknas som godkänt på tal 1-2 på A-delen, Kontrollskrivningarna 2, 3 och 4 tillgodoräknas på samma sätt som godkänt på tal 3-4, 5-6 och 7-8 på A-delen.

Obligatorisk föranmälan senast två veckor innan tentamen via "mina sidor".

Ordinarie tentamen hålls onsdagen den 16 maj 2006, kl. 08.00-13.00 i salarna B21-25, samt M21-36.

Tillåtna hjälpmedel vid tentamen är miniräknare (ej förprogrammerad) och formelsamling.

Betygsgränser

Kursen använder ECTS-betygsskalan.

- För betyg A: 20-25 poäng, varav minst 7 poäng på A-delen
- För betyg B: 16-19 poäng, varav minst 7 poäng på A-delen
- För betyg C: 12-15 poäng, varav minst 7 poäng på A-delen
- För betyg D: 8-11 poäng, varav minst 7 poäng på A-delen
- För betyg E: 7 poäng, varav minst 7 poäng på A-delen

- För betyg Fx: 5-6 poäng – komplettering av tentamen för betyg E
- För betyg F: färre än 5 poäng.

Betyget kan på begäran omräknas till den gamla U, 3, 4, 5-skalan. Detta görs enligt följande:

Betyg A ger betyget 5,

Betyg B-C ger betyget 4,

Betyg D-E ger betyget 3,

Betyg Fx-F ger betyget U.

Komplettering av tentamen (uppdaterad 2007-06-11, ändringar = röd text)

- Rätt att komplettera äger den som skrivit tentamen och erhållit betyget Fx.
- Ca två veckor *efter att tentamensresultatet rapporterats* kommer en kompletterings-tentamen att äga rum. Exakt datum, tid och plats för denna kompletteringstentamen kommer att meddelas på kursens hemsida, samt via email till de studenter vars emailadresser vi har tillgång till.
- Kompletteringstentamen består av A-delsfrågor. **Uppgifterna på kompletterings-tentamen är inte samma som på den ursprungliga tentamen.**
- Student med tentamensresultatet 5 poäng skall lösa de fem (5) uppgifter som **motsvarar de uppgifter** han/hon hade underkänt på vid det ursprungliga tentamenstillfället av vilka tre (3) skall vara rätt lösta för att kompletteringen skall vara godkänd.
- Student med tentamensresultatet 6 poäng skall lösa de fyra (4) uppgifter som **motsvarar de uppgifter** han/hon hade underkänt på vid det ursprungliga tentamenstillfället av vilka två (2) skall vara rätt lösta för att kompletteringen skall vara godkänd.
- Det åligger studenten att själv ta ansvar för att han/hon löser rätt uppgifter på kompletteringstentamen, listor med resultatet från den ursprungliga tentamen kommer att finnas tillgängliga.
- Resultatet av kompletteringen blir antingen godkänt (betyg E), eller underkänt (betyg F).
- Överklagan av rättningen av den ordinarie tentamen skall inlämnas **senast tre (3) arbetsdagar innan kompletteringstentamen**. Kommer överklagan in senare ges ingen möjlighet till *komplettering*, oavsett bedömningen av överklagan.

Hemuppgifter

Under kursen skall sex hemuppgifter lösas. För att kunna ge återkoppling på hemuppgifterna inför kontrollskrivningar och tentamen skall de vara inlämnade senast:

Hemuppgift 1: 07-02-05, Hemuppgift 2: 07-02-22, Hemuppgift 3: 07-03-14

Hemuppgift 4: 07-03-26, Hemuppgift 5: 07-04-19, Hemuppgift 6: 07-05-07.

Kurslitteratur

- Tillämpad termodynamik, Ekroth, Granryd, Studentlitteratur, 2006, ISBN 91-44-03980-8.
- Exempelsamling i Tillämpad termodynamik, KTH Energiteknik, 2007, ISBN 978-91-7178-566-4.
- Applied Thermodynamics – Collection of Formulas, Jonsson, 2007, ISBN 978-91-631-8335-5.

“Tillämpad termodynamik” säljs av kårbokhandeln, medan exempelsamlingen och formelsamlingen säljs i institutionens reception, Brinellvägen 68, bv.

Kurshemsida

<http://www.energy.kth.se/termo>

Från kurshemsidan kan handouts, hemuppgifter, sammanfattningar, tillägg mm laddas ned. Här finns även tillgång till kursens diskussionsforum.

Detaljerat schema

	Avsnitt i boken		Uppgifter		Uppgifter	Hemuppgifter
F1	1.01-1.17, 2.01- 2.39	Ö1	13			
F2	2.40-2.56	Ö2	14, 15, 18, 21	Ö3	19, 20	H1 ut
F3	3.01-3.09, 3.48-3.60	Ö4	26, 30, 33, 36			
F4	3.10-3.22, 3.23-3.47	Ö5	43, 56, 64, 65	RS1	Tentatal, 25, 38	H1 in
F5	4.01-31	Ö6	72, 76, 77	RS2	54, 57, 78	
	KS1					
F6	4.32-4.43	Ö7	85			H2 ut
F7	4.44-4.50	Ö8	90, 91	Ö9	97, 100	
F8	5.01-5.43	Ö10	108, 112			H2 in
F9	5.44-63	Ö11	113, 104	RS3	87, 89, 105,	
F10	6.01-6.50	Ö12	125, 135	RS4	122, 123, 126, 133,136	H3 ut
	KS2					
F11	6.51-6.57	Ö13	130, 137			H3 in
F12	7.01-7.51	Ö14	164, 170	Ö15	156, 171	H4 ut
F13	7.52-7.90	Ö16	159, 168			
F14	8.01-8.24	Ö17	185,	RS5	167, 181, 182	H4 in
F15	9.01-9.24	Ö18	192 (197)	RS6	186, 190, 191	
	KS3					
F16	10.01-10.40	Ö19	197, 199			H5 ut
F17	10.41-58	Ö20	213, 214	Ö21	219, 222	
F18	10.59-10.79	Ö22	229, 230, 236			H5 in
F19	11.01-11.47	Ö23	242, 247	RS7	198, 200, 210, 212, 218	
F20	11.48-11.100	Ö24	261, 263, 266, 270	RS8	232, 246, 249, 254, 264	H6 ut
	KS4					
F21	12.01- 12.21	Ö25	273, 277			
F22	12.22-12.40	Ö26	278, 280			H6 in
F23	12.40-12.51	Ö27	285, 291	RS9	271, 280, 287	

Bilaga 1: Detaljerat kursinnehåll och lärandemål

Efter kursen skall teknologerna kunna:

- Med egna ord förklara och åskådliggöra grundläggande begrepp som system, tillstånd, jämvikt, process, cykel (kretsprocess), arbete, värme, samt andra former av energi
- Redogöra för temperaturbegreppet och nollte huvudsatsen, samt känna till olika förekommande temperaturskalor, tryckenheter etc
- Förklara och diskutera fysiken för fasomvandlingar för rena medier
- Rita upp schematiska tillståndsdigram inkl p, v, T - ytor för rena medier
- Beräkna tillståndstorheter som temperatur, tryck och volymitet med hjälp av termiska tillståndsekvationer
- Redogöra för modellbegreppet "ideal gas" samt ange dess giltighetsområde samt tillämpa ideala gaslagen för beräkningar för olika typer av system
- Använda generaliserade kompressibilitetsdiagram eller tillståndsdigram för att uttaga p, v, T data för verkliga medier
- Redogöra för begreppet specifikt värme samt uttaga värden för såväl ideal gas som för verkliga medier samt utnyttja dessa för beräkningar av förändringar av inre energi och entalpi
- Skilja på öppna och slutna system samt tillståndstorheterna inre energi och entalpi
- Formulera kontinuitetsekvationen för ett öppet system och uttrycka denna med relevanta matematiska termer samt kunna utnyttja denna för tekniska beräkningar.
- Formulera och utnyttja första huvudsatsen för att uttaga energiekvationen för öppna system samt använda denna för beräkningar av arbete och värmeutbyte med omgivningen
- Ställa upp och lösa energibalansproblem för slutna system med värme och arbetsutbyte med omgivningen för ideala gaser och verkliga medier med hjälp av tillståndsdigram och/eller ekvationer
- Formulera energibalansproblem för öppna system i fortfarighet för komponenter som dysor, kompressorer, turbiner, strypventiler och värmeväxlare
- Ställa upp samband för instationära energibalansproblem för öppna system som t.ex. laddning och urladdning av tankar
- Formulera 2:a huvudsatsen och redogöra för dess konsekvenser i vid mening
- Redogöra för begreppet perpetuum mobile av 1:a och 2:a slaget
- Ställa upp uttryck för och beräkna den termiska verkningsgraden för en ideal Carnotprocess och illustrera denna i v, p samt s, T diagram samt diskutera temperaturnivåernas konsekvenser för den termiska verkningsgraden
- Definiera begreppet entropi utifrån Clausius integral samt kunna visa att entropi är en tillståndstorhet
- Förklara kopplingen mellan 2:a huvudsatsen och begreppet entropi samt utifrån detta diskutera begreppet reversibilitet/reversibla system samt kopplingen mellan entropi och ordning
- Beräkna entropiändringen för system som genomgår enkla tillståndsförändringar

- Definiera begreppet isentropisk termodynamisk verkningsgrad för olika komponenter som pumpar, kompressorer och turbiner samt använda dessa i beräkningar för enkla processer eller termodynamiska cykler
- Diskutera begreppet exergi eller energikvalitet samt kopplingen mellan förluster och destruktion av exergi
- Genomföra beräkningar av termisk verkningsgrad och arbetsutbyte för enkla kraftprocesser med mediet i gasfas som Otto-, Diesel, Joule/Brayton (gasturbin) etc
- Beskriva skillnaden mellan ideala och verkliga processer enl. ovan
- Genomföra beräkning av arbetsutbyte och verkningsgrad för ångkraftsprocesser med hjälp av tabeller och tillståndsdigram för verkliga medier
- Redogöra för avancerade cykler som kombicykler (Ångkraft + gasturbin) samt genomföra beräkningar för dessa
- Redogöra för principen för kylmaskiner och värmepumpar
- Beräkna kyl- och värmepumpprocessers maximala verkningsgrad utifrån den ideala Carnotprocessen
- Genomföra beräkningar av köld- och värmefaktor samt kyleffekt för förångningskylprocesser med hjälp av tabeller och tillståndsdigram för verkliga (köld-) medier
- Genomföra motsvarande beräkningar för omvända gascykler
- Känna till principen för kylmaskiner arbetande enligt absorptions- och den termoelektriska principen
- Ta fram grundläggande samband för icke reagerande gasblandningar samt kunna definiera och använda begrepp som mass-, mol- samt volymkoncentration
- Förklara begreppet torr luft samt kunna beräkna den relativa fuktigheten för luft innehållande vattenånga
- Definiera och uttaga daggpunkt och kylgräns då luftens relativa fuktighet är känd
- Använda tillståndsdigram för fuktig luft för enkla luftbehandlingsberäkningar
- Känna till begreppet kemisk jämvikt
- Formulera och använda Gibbs fasregel för att uttaga erforderligt antal tillståndsstorheter för att entydigt bestämma ett termodynamiskt tillstånd i ett system
- Redogöra med egna ord för grundbegrepp inom strömningslära som stationär – instationär strömning, kompressibel – inkompressibel strömning, förlustfri – icke förlustfri strömning, laminär – turbulent strömning etc
- Härleda Bernoullis ekvation samt tillämpa denna med eller utan förlustterm
- Redogöra för principer för tryck och hastighetsmätning i strömmande medier
- Beräkna friktionstryckfall i rör och kanaler för laminär och turbulent strömning
- Avgöra om strömning är laminär eller turbulent genom att beräkna Reynolds tal
- Använda Moodys diagram för att uttaga friktionsfaktorn för rörströmning
- Använda Eulers turbinekvation

- Redogöra för gränsskikt och dess betydelse inom strömning och värmeöverföring
- Redogöra för begreppet gränsskiktsavlösning
- Redogöra för Fouriers lag samt begreppet värmeledningsförmåga
- Beräkna värmeövergångstal vid olika typer av strömning och geometrier genom att använda olika empiriska korrelationer
- Utföra beräkningar för stationär värmeledning genom sammansatta väggar med beaktande av såväl värmeledningsförmåga som värmeövergångstal
- Redogöra för huvudprinciperna för olika typer av värmeväxlare samt kunna beräkna temperaturverkningsgrad med kännedom om geometrier, ämnesdata och erforderliga randvillkor
- Utnyttja energiekvationen för ett öppet system för att uttaga samband för kompressibel strömning för ideala gaser i olika typer av dysor
- Redogöra för begreppen stagnationstryck och temperatur, ljudhastighet samt Mach-tal för en kompressibel strömmande fluid
- Genomföra beräkningar av utströmningshastighet för enkla munstycken och de Laval-dysor
- Beräkna värmeöverföring vid egenkonvektion utifrån kännedom om fluid, geometri och randvillkor
- Känna till grundprinciperna för beräkning av värmeövergångstal vid kokning och kondensation
- Beräkna strålningsutbyte mellan kroppar vid enkla geometrier
- Beskriva och modellera fenomen såsom daggutfällning och avdunstning vid fuktig luft

***Låter det mycket? Oroa dej inte – vi tar en bit i taget...
Lycka till!***