

Tillämpad termodynamik, MJ1112

9 hp, Vårterminen 2019

Kursens roll i utbildningsprogrammen

Kursen avser att ge civilingenjörstudenter inom programmen *Maskinteknik, Design och produktframtagning, Industriell teknik och hållbarhet* samt *Industriell ekonomi med inriktning Energisystem och hållbar utveckling*, nödvändiga grundläggande kunskaper i termodynamik. Detta omfattar grundläggande lagar och processer för energiomvandling samt introduktion till 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 generellt 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 bör vara väl inhämtade.

Kursens delområden (översiktlig beskrivning av kursinnehållet)

1. Energiformer, termodynamiska grundbegrepp. Nollte huvudsatsen. Tillämpningar av första huvudsatsen på slutna och öppna system, energiekvationen. Tillståndstorheter (temperatur, tryck, volymitet, inre energi, entalpi) samt energiformerna värme och arbete. Avsnitt¹ 1.01-2.60.
2. Ideala gasers och ideala gasblandningars egenskaper, samt orientering om förbränningslära och stökiometri. Avsnitt 3.01-3.66.
3. Idealiserade tillståndsändringar såsom isothermiska, isobariska, isochoriska och isentropiska förlopp, samt den generaliserade *polytropiska* tillståndsändringen. Processer i kompressorer och turbiner. Carnotcykeln, andra och tredje huvudsatsen, begreppen entropi och exergi. Avsnitt 4.01-5.63.
4. Kretsprocesser med gasformiga medier såsom t.ex. Otto-, Diesel-, Joule/Brayton-, Ericsson-, och Stirlingcykeln. Blandad cykel. Avsnitt 6.01-6.57.
5. Verkliga mediernas egenskaper, deras representation i tillståndsdigram och allmänna tillståndslagar. Avsnitt 7.01-7.42, 7.63-65, 7.79-90.
6. Enkla och avancerade ångkraftprocesser, begreppen flerstegsexpansion, mellanöverhettning och matarvattenförvärmning. Avsnitt 8.01-8.24.
7. Kompressordrivna förångningskylprocessen, värmepumpar, begreppen underkylning och överhettning. Avsnitt 9.01-9.24.
8. Grundläggande samband för inkompressibel och kompressibel strömning i kanaler och munstycken för såväl reversibla fall som för strömning med förluster. Avsnitt 10.01-10.91.
9. Grundbegrepp, allmänna lagar och beräkningsmetoder för värmeöverföring och för värmeväxlare. Avsnitt 11.01-11.100.
10. Fuktig lufts egenskaper, dess tillståndsdigram och tillämpningar. Avsnitt 12.01-12.51.

¹Avsnitten refererar till läroboken *Tillämpad termodynamik* av I. Ekroth och E. Granryd.

Lärare

Föreläsare, kursansvarig och examinator

Hans Havtun

KTH Energiteknik, Avd. Tillämpad termodynamik och kylteknik

Telefon: 790 7426, Email: hans.havtun@energy.kth.se

Besöksadress: Brinellvägen 68, plan 4, rum K429.

Övningslärare

Grupp A (CDEPR): Viktoria Martin, 08-790 7484, viktoria.martin@energy.kth.se

Grupp B (CINEK, CMAST-ITSY): Oxana Samoteeva, 08-790 7455, oxana.samoteeva@energy.kth.se

Grupp C (CMAST): Erik Björk, 08-790 8602, erik.bjork@energy.kth.se

Läraktiviteter

Kursen ges under vårterminen, period 3 och 4. Undervisningen genomförs i form av föreläsningar (46 h), övningar (54 h) och räknestugor (36 h). Härutöver tillkommer 8 timmar för prova-på-examination (som sker under kursens workshoppar) samt 8 timmar för kontrollskrivningar.

Föreläsningarna kommer att ge de övergripande idéerna och sambanden. För de tillämpade avsnitten (kapitel 8-12) kommer all teori att gås igenom på föreläsningarna. Övningarna har karaktären av lektioner. Här varvas problemlösning med introduktion av nytt stoff. Räknestugorna vänder sig till de teknologer som vill ha tillgång till en handledare vid självständig lösning av övningsproblem.

Funktionsnedsättning

Om du har en varaktig funktionsnedsättning kan du få stöd via Funka. Läs mer på:

<https://www.kth.se/en/student/studentliv/funktionsnedsattning>

Kursens pedagogiska idé

Kursens pedagogiska grundtanke är att *studenterna under kursen aktivt ska arbeta med kursmaterialet* vilket stöds av kursens kontinuerliga examination. Under föreläsningar och övningar introduceras och demonstreras lösningsmetoder för problem inom kursens ämnesområde vilka sedan kan tillämpas vid självstudier eller vid kursens räknestugor där återkoppling ges. Under kursen ska även 6 hemuppgifter lösas och lämnas in. Under kursen ges studenterna möjlighet att göra 4 kontrollskrivningar. *En god förståelse av hemuppgifterna kommer att testas på kontrollskrivningarna och tentamen.* Godkänt på minst 3 av 4 olika kontrollskrivningar under loppet av ett (1) år ger godkänt betyg på tentamen (se avsnittet *Examination*).

Återkoppling och ”Prova-på-KS”

Återkoppling på ditt lärande kommer framför allt ges muntligt vid kursens räknestugor, då du har möjlighet att fråga om och/eller diskutera dina lösningsförslag till problem i kursen, samt efter varje KS och tentamen i form av ett skriftligt lösningsförslag. Du kommer också att erbjudas att göra ”Prova-på-KS” vilket innebär att du kommer att få möjligheten att skriva en gammal KS innan den riktiga KSen under realistiska förhållanden. ”Prova-på-KS” ger dig återkoppling på ditt lärande genom dels genom att fungera som ett diagnostiskt prov inför den verkliga examinationen och dels genom att du ges möjlighet att diskutera dina lösningsförslag med lärare och andra studenter som också skrev ”Prova-på-KSen” på de efterföljande räknestugorna. Dessa ”prova-på”-tillfällen inträffar under de *workshoppar* som erbjuds under kursen och som finns i kursens schema.

Lärandemål

Efter kursen skall studenten kunna

1. formulera, modellera och lösa problem för tekniska system och apparater med olika typer av energiutbyte och energiomvandling.
2. tillämpa systemsynsättet som metod för att identifiera delsystem och komponenter i tekniska system.
3. presentera skriftliga lösningar till problem inom termodynamiken som är stringenta och begripliga.

Kursfordringar

En skriftlig tentamen (TEN1, 7,5 hp, Betyg A-F), godkända hemuppgifter, (ÖVN1, 1,5 hp, Betyg P/F).

Examination av kursfordringar och lärandemål

Kontrollskrivningar

Under kursen ges fyra kontrollskrivningar (KS). Kontrollskrivningarna är frivilliga men examinerar indirekt kursens samtliga lärandemål. Varje KS består av 3 räkneuppgifter á 3 poäng. Poäng utdelas i steg om 1 poäng. Krav för godkänt på respektive KS är 5 poäng. Godkänt resultat på en KS tillgodoräknas på tentamen. För högre betyg krävs deltagande vid skriftlig tentamen. *KS-resultaten gäller under ett (1) år räknat från den dag KSen skrevs.*

Kontrollskrivningarna är kumulativa, dvs de tar upp de avsnitt som dittills behandlats i kursen med *fokus på de nya avsnitten*. KS1 och KS2 hålls i period 3, medan KS3 och KS4 hålls i period 4.

Datum, tider och omfattning för kontrollskrivningar:

KS1: 2019-02-04 kl 08.00-10.00, omfattning: kapitel 1.01-4.31.

KS2: 2019-02-22 kl 08.00-10.00, omfattning: kapitel 1.01-6.57.

KS3: 2019-03-25 kl 08.00-10.00, omfattning: kapitel 1.01-8.24.

KS4: 2019-04-12 kl 08.00-10.00, omfattning: kapitel 1.01-10.79.

Föranmälda studenter kommer i förväg få en salstilldelning skickad per email.

Det är obligatorisk föranmälan till kontrollskrivningarna via mina sidor senast 14 dagar innan respektive skrivning! För att kunna föranmäla dig måste du vara kursregistrerad.

Tillåtna hjälpmedel vid kontrollskrivningar är skrivdon inkl. linjal, miniräknare (ej förprogrammerad) och kursens formelsamling (se avsnittet kurslitteratur). Det är tillåtet att skriva in egna anteckningar i formelsamlingen. Det får dock inte vara lösningar till problem. Du får inte ha med några lösa papper.

Tentamen (TEN1)

Tentamen examinerar kursens samtliga lärandemål och består av en godkänd-del (A-del) med 10 grundläggande uppgifter á 1 p som täcker alla kursens delområden (se sida 1), och en problemdel (B-del) med 5 mer omfattande och/eller avancerade uppgifter á 3 p. Poäng utdelas i steg om 1 poäng på både A- och B-delen.

På tentamen kan upp till 2 bonuspoäng erhållas beroende på förmåga att presentera stringenta och begripliga skriftliga lösningar motsvarande lärandemål 3. Bonuspoängen tillgodoräknas på tentamens B-del efter att *lägst betyg D uppnåtts*. Maximal poängsumma på tentamen är 27 poäng.

För godkänt på tentamen krävs minst 6 poäng på godkänd-delen (A-delen). KS 1 tillgodoräknas på tentamen som godkänt på uppgifterna 1 och 2 på godkänd-delen (A-delen), KS 2, 3 och 4 tillgodoräknas på motsvarande sätt som godkänt på uppgifterna 3 och 4, 5 och 6 respektive 7 och 8 på godkänd-delen (A-delen). Tillgodoräknade uppgifter skall därför inte lösas på tentamen. Uppgifterna 9 och 10 kan inte tillgodoräknas eftersom de behandlar avsnitt som går igenom efter KS 4. Det åligger studenten att själv hålla reda på vilka uppgifter som tillgodoräknas.

Ordinarie tentamen hålls 2019-06-04, kl 08.00-13.00.

Föranmälda studenter kommer i förväg få en salstilldelning skickad per email.

Det är obligatorisk föransmälan till tentamen via mina sidor senast 14 dagar innan skrivningen. För att kunna föransmäla dig måste du vara kursregistrerad.

Observera att studenter som läser kursen för första gången VT2019 inte har rätt att skriva tentamen vid tentamenstillfällena som inträffar före det ordinarie tentamenstillfället.

Tillåtna hjälpmedel vid tentamen är skrivdon inkl. linjal, miniräknare (ej förprogrammerad) och kursens formelsamling (se avsnittet kurslitteratur). Det är tillåtet att skriva in egna anteckningar i formelsamlingen. Det får dock inte vara lösningar till problem. Du får inte ha med några lösa papper.

Komplettering av tentamen

- Rätt att komplettera har den student som på en tentamen erhållit betyget FX.
- Ca 1-2 veckor efter att tentamensresultatet rapporterats kommer en kompletteringstentamen att äga rum. Exakt datum, tid och plats för denna kompletteringstentamen kommer att meddelas via email till berörda studenter. *Observera att kompletteringen för ordinarie tentamen i juni 2019 kommer att äga rum under sommarlovet!* Det åligger studenten att själv ta ansvar för att hålla reda på när kompletteringstentamen äger rum.
- Kompletteringstentamen består av A-delsfrågor. Uppgifterna på kompletteringstentamen är inte samma som på den ursprungliga tentamen. Om få studenter ska komplettera kan kompletteringen ges annan utformning.
- Student skall vid kompletteringstentamen lösa de fem (5) uppgifter som motsvarar de uppgifter han/hon hade underkänt på vid det tentamenstillfälle som kompletteras. För godkänd komplettering skall minst två (2) uppgifter vara korrekt lösta.
- Det åligger studenten att själv ta ansvar för att han/hon löser rätt uppgifter på kompletteringstentamen, listar med resultatet från tentamen som kompletteras kommer att finnas tillgängliga vid kompletteringstentamen.
- Resultatet av kompletteringen blir att tentamen som kompletteras tilldelas betyg E (för godkänd komplettering), eller betyg F (för underkänd komplettering).
- Eventuell begäran om omprövning av rättningen av den tentamen som ska kompletteras skall inlämnas **senast tre (3) arbetsdagar innan kompletteringstentamen**. Kommer begäran om omprövning in senare ges ingen möjlighet till komplettering, oavsett utfall av omprövningen.

Hemuppgifter (ÖVN1)

Under kursen skall sex obligatoriska hemuppgifter lösas, lämnas in och bli godkända. Hemuppgifterna examinerar kursens två första lärandemål, ges betyget underkänt/godkänt (P/F) och räknas inte in i kursens slutbetyg.

Syftet med hemuppgifterna är att ge träning i lösning av mer omfattande och/eller mer komplicerade problem, ofta med hjälp av datorstöd. Hemuppgifterna kan vara mer avancerade än de uppgifter som finns på tentamens B-del. Uppgifterna lämnas ut i takt med att de delområden de handlar om behandlas i kursen. Inlämning av hemuppgifterna görs via Canvas där de rättas automatiskt. Krav för att få slutbetyg i kursen är att samtliga hemuppgifter är godkända. *Det finns inget sista datum för inlämning av hemuppgifterna*, men vi rekommenderar att de lämnas in före nästa betygsgrundande examinationsmoment (KS eller tentamen).

Betygskriterier

Lärandemål 1 och 2 examineras vid de obligatoriska momenten TEN1 och ÖVN1 och dessutom indirekt vid de frivilliga kontrollskrivningarna. Lärandemål 3 examineras vid det obligatoriska momentet TEN1 och indirekt vid de frivilliga kontrollskrivningarna. Vidare examineras lärandemål 3 endast på E-nivå explicit. Erhållande av bonuspoäng från lärandemål 3 kan dock medverka till ett högre betyg på tentamen och därmed på slutbetyget i kursen.

Alla typer av examinationsuppgifter i kursen inbegriper någon form av modellering där uppgiftstexten behöver omskrivas som ett matematiskt problem som därefter ska lösas. Uppgifterna på tentamens B-

del kan vara större i omfattning och innehålla ett flertal avläsningar i tabeller och diagram. De kan också vara mer matematiskt krävande och/eller kräva mer ingenjörsfärdigheter än uppgifterna på A-delen och inbegripa t.ex. större mängd algebra, iterativa lösningsmetoder, max/min-problem mm. På tentamens B-del ska, i de allra flesta fall, minst två av kursens delområden (se sida 1) kombineras för att finna lösningen.

För att bli godkänd i kursen (betyg E) behöver studenten visa att kursens lärandemål uppfylls på grundläggande nivå inom en större del av kursens delområden (se sida 1). För högre betyg behöver studenten visa antingen större bredd på grundläggande nivå och/eller större djup på avancerad nivå i sina kunskaper och färdigheter.

Tabell 1: Betygskriterier för betygen E – A.

För lärandemål 1 och 2 (som examineras på kontrollskrivningar och tentamen)

För betyg:	Efter kursen skall studenten kunna: 1. formulera, modellera och lösa problem för tekniska system och apparater med olika typer av energiutbyte och energiomvandling 2. tillämpa systemsynsättet som metod för att identifiera delsystem och komponenter i tekniska system
E:	genom att formulera, modellera och lösa grundläggande problem inom sex av kursens delområden (se sida 1) på tentamens godkänt-del (A-del) <i>och</i> få godkänt på samtliga hemuppgifter.
D:	genom kraven för E <i>och</i> visa större bredd på grundläggande nivå <i>eller</i> större djup på avancerad nivå inom vissa delar av kursen genom att formulera, modellera och lösa avancerade problem på tentamens B-del.
C-A:	genom kraven för D <i>och</i> visa större djup på avancerad nivå inom flera delar av kursen genom att formulera, modellera och lösa avancerade problem på tentamens B-del.

För lärandemål 3 (som examineras på kontrollskrivningar och tentamen)

För betyg:	Efter kursen skall studenten kunna: 3. presentera skriftliga lösningar till problem inom termodynamiken som är stringenta och begripliga
E:	genom att skriva tillräckligt stringenta och begripliga lösningar till problem vid kontrollskrivningar och tentamen i kursen.

Om lärandemål 3 inte är uppfyllt vid bedömning av en lösning till en uppgift vid kontrollskrivningar och tentamen går lösningen inte att bedöma. Uppgiften bedöms då som underkänd och tilldelas noll poäng.

För den som vid *tentamen uppnått lägst betyg D* och visar att den uppfyller lärandemål 3 *väl* eller *mycket väl* utdelas bonuspoäng som adderas till poängsumman. För *väl* utförda stringenta och begripliga lösningar till problem tilldelas 1 bonuspoäng, och för *mycket väl* utförda stringenta och begripliga lösningar till problem tilldelas 2 bonuspoäng. Bonuspoängen baseras på en *helhetsbedömning* som görs *vid rättning av tentamen*. Exempel på hur denna bedömning görs kommer att publiceras på Canvas i god tid innan tentamen.

Betygsgränser för tentamen (TEN1) och slutbetyg i kursen (= samma som tentamensbetyget)

- A: minst 19 poäng på tentamen, varav minst 6 poäng på tentamens godkänt-del (A-del).
- B: minst 15 poäng på tentamen, varav minst 6 poäng på tentamens godkänt-del (A-del).
- C: minst 11 poäng på tentamen, varav minst 6 poäng på tentamens godkänt-del (A-del).
- D: minst 8 poäng på tentamen, varav minst 6 poäng på tentamens godkänt-del (A-del).
- E: minst 6 poäng på tentamen, varav minst 6 poäng på tentamens godkänt-del (A-del).
- FX: 5 poäng på tentamens godkänt-del (A-del) – möjlighet till komplettering till betyg E.
- F: färre än 5 poäng på tentamens godkänt-del (A-del).

För att slutbetyg i kursen ska utfärdas krävs att momenten TEN1 och ÖVN1 är godkända.

Kurslitteratur

- Tillämpad termodynamik, Ekroth, Granryd, Studentlitteratur, 2006, ISBN 91-44-03980-8.
- Arbetsmaterial till Tillämpad termodynamik, Havtun, Studentlitteratur, 2014, ISBN 978-91-44-10576-5.
- Applied Thermodynamics – Collection of Formulas, Havtun, Studentlitteratur, 2014, ISBN 978-91-44-10577-2.

All kurslitteratur säljs av kårbokhandeln.

Studentexpedition

Brinellvägen 68, entréplanet. Öppettider helgfria dagar under terminstid:

Måndag-torsdag kl. 08.30-16.30,

Fredagar kl 08.30-15.00.

Email: expnord@itm.kth.se.

Kurshemsida

Canvas: MJ1112 VT19-1 Tillämpad termodynamik.

När du är kursregisterad kommer du automatiskt få tillgång till denna aktivitet. Om du läst kursen *tidigare år* måste du omregistreras för att få tillgång till den aktuella Canvas-aktiviteten. För att bli omregistrerad så skickar du ett email med ditt namn, personnummer och anger kurskoden MJ1112 till expnord@itm.kth.se.

Från kurshemsidan kan bl.a. föreläsninganteckningar, övningsanteckningar, hemuppgifter, tillägg, gamla kontrollskrivningar och tentamina laddas ned.

Detaljerat schema

	Avsnitt i boken	Uppg. på föreläsning		Uppgifter på övning		Uppgifter på övning/ räknestuga	Hemuppgifter
F1	1.01-1.17, 2.01-2.39		Ö1	4, 5, 7			
F2	2.40-2.56	6	Ö2	8, 10, 11	Ö3	12, 13, 14	
F3	3.01-3.09, 3.48-3.60	23	Ö4	22, 25, 30			H1 ut
F4	3.10-3.47		Ö5	31, 38, 39	RS1	1-3, 9, 15-21, 24, 26-29, 32-37	
F5	4.01-4.31	57	Ö6	40, 47, 51			H2 ut
F6	4.32-4.50	(54)	Ö7	53, 56, 58	WS	RS2 41-46, 48-50, 52, 55	
KS1 (t.o.m. avsnitt 4.31 i läroboken och uppgift 58 i arbetsmaterialet)							
F7	5.01-5.43		Ö8	59, 60, 61	Ö9	62, 63, 70, 72	
F8	5.44-5.63	64	Ö10	65, 66, 67			
F9	6.01-6.50		Ö11	83, 89	RS3	68-69, 71, 73-77	H3 ut
F10	6.51-6.57		Ö12	86, 93	WS	RS4 78-82, 84-85, 87-88, 90-92, 94-95	
KS2 (t.o.m. avsnitt 6.57 i läroboken och uppgift 95 i arbetsmaterialet)							
F11	7.01-7.51	102	Ö13	96, 98			
F12	7.52-7.90	106	Ö14	99, 108, 109	Ö15	100, 112, 113	
F13	8.01-8.10		Ö16	114, 115			H4 ut
F14	8.11-8.24, 9.01-9.10		Ö17	121, 124	WS	RS5 97, 101, 103-105, 107, 110-111, 116-120, 122-123	
KS3 (t.o.m. avsnitt 8.24 i läroboken och uppgift 124 i arbetsmaterialet)							
F15	9.11-9.24		Ö18	125, 126	RS6	127-136	
F16	10.01-10.40		Ö19	143, 145			H5 ut
F17	10.41-10.67		Ö20	144, 147, 149	Ö21	148, 156	
F18	10.59-10.79		Ö22	157, 159	WS	RS7 137-142, 146, 150-155, 158, 160-164	
KS4 (t.o.m. avsnitt 10.79 i läroboken och uppgift 164 i arbetsmaterialet)							
F19	11.01-11.47		Ö23	165, 173			H6 ut
F20	11.48-11.100		Ö24	177, 178, 180, 181	RS8	166-168, 170-172, 174-176, 179, 182-184	
F21	12.01-12.21		Ö25	169, 185, 188,			
F22	12.22-12.40		Ö26	187, 189, 200			
F23	12.40-12.51	193	Ö27	194, 195	RS9	186, 190-192, 196-199	

Uppgifterna på föreläsningarna är preliminära (uppgifter kan tillkomma eller strykas).

Se även katalogen ”kompletterande information” i Canvas för mer information!

Lycka till!