



LUNDS UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

Institutionen för Energivetenskaper

MMVA01 Termodynamik med strömningslära 5 hp

Kursinformation

2021

UTKAST, C. Norberg 29 juni 2021

augusti 2021

SYFTE OCH INNEHÅLL

Kursen syftar till att ge baskunskaper i klassisk termodynamik och strömningslära (fluidmekanik) samt viss förståelse av grundläggande termodynamiska processer. Kursen avser också att ge förståelse och kunskap om förlopp och fenomen som inträffar vid gasers och vätskors rörelse.

Inom kursavsnittet termodynamik behandlas begreppen temperatur, arbete, värme, energi och entropi samt termodynamikens huvudsatser (främst första och andra), inklusive tillämpningar. Gasers och vätskors egenskaper liksom övergången mellan dessa båda faser studeras. Tillståndstorheter och användandet av tillståndsdigram innefattas.

Inom kursavsnittet strömningslära introduceras först ett antal grundläggande begrepp och samband. Därefter genomgås och tillämpas olika metoder för problemlösning, baserade på differential-, integral- och dimensionsanalys. Bland dessa kan nämnas Bernoullis ekvation, impulssatsen och Reynolds likformighetslag. Dessutom behandlas omströmmade kroppar, gränsskikt och rörströmning vid inkompressibel strömning.

ORGANISATION

Kursen bedrivs i form av föreläsningar, seminarier, räknestugor och hemuppgifter. Vid räknestugor sker individuell träning i problemlösning med möjlighet till assistans av gruppleddare (anvisade uppgifter, se sista sidan). Lösningmetodik och lösningar av vissa utvalda problem går igenom vid seminarier. Räknestugor bedrivs gruppvis (2 grupper), föreläsningar och seminarier i stor grupp (alla studenter). För ytterligare träning och återkoppling erbjuds två frivilliga hemuppgifter. Två hemuppgifter är obligatoriska. Teori inom termodynamik examineras via ett separat prov (1 tim). Kursen avslutas med en skriftlig tentamen (5 tim).

KURSLITTERATUR OCH KURSHEMSIDA

- Y. A. Çengel, J. M. Cimbala & R. H. Turner, *Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences, 5th Edition in SI Units*, McGraw-Hill (2017)¹; finns på KFS AB.
- C. Norberg, *Termodynamik – sammanfattningar, tabeller m.m.*, Institutionen för Energivetenskaper, LTH (2018); finns på KFS AB samt Canvas (PDF).
- C. Norberg & Thern, M., *Grundläggande strömningslära*, Institutionen för Energivetenskaper, LTH (2021); finns på KFS AB samt Canvas (PDF).

Övrigt kursmaterial, bl.a. övningsuppgifter i grundläggande strömningslära, repetitionsfrågor, svarslista till problem (termodynamik) och typiska tentamensproblem, finns på Canvas.

HEMUPPGIFTER, MED BONUS

Hemuppgifter löses individuellt och lämnas i pappersformat till kursansvarig eller gruppleddare. Institutionens personal rättar och godkänner uppgifterna. Felaktiga, ofullständiga eller uppenbart otydliga lösningar lämnas i retur. Lösningar skall vara väl strukturerade med tydligt angivna approximationer och/eller antaganden. I förekommande fall inkluderas schematiska men tydliga figurer/skisser. Källor för t.ex. använda samband och ämnesdata skall anges. Lösningar över flera sidor bör häftas ihop. Undvik fransade bladkanter. Namn och inskrivningsår (ex. Bi-20) anges tydligt, helst längst upp till höger på första sidan (försättsblad är ej nödvändigt). Två uppgifter är frivilliga, två är obligatoriska. Om nöjaktiga

¹Textmässigt kan även upplaga 3 (3rd Edition in SI Units, 2008) och upplaga 4 (4th Edition in SI Units, 2012) användas; stöd för kapitel- och problemmnummering finns på kursens hemsida.

lösningar inlämnats före respektive angiven tid (se nedan) utdelas 0.5 bonuspoäng per uppgift. Bonuspoäng (maximalt 2 poäng) läggs till den summa som senare fås vid tentamen. Bonuspoängen gäller även vid nästföljande två ordinarie omtentamina.

TEORIPROV

Ett kortare skriftligt teoriprov genomförs under läsvecka 5 och behandlar teori inom avsnittet termodynamik. Inga hjälpmedel får användas. För godkänt krävs 5 poäng av maximalt 12 poäng. Skrivtiden är 60 minuter.

TENTAMEN OCH SLUTBETYG

En skriftlig tentamen avslutar kursen. Tentamen består av 6 poäng teori (strömningslära) och 32 poäng problem (4 uppgifter, termodynamik och strömningslära), totalt 38 poäng. Inklusiv ev. bonus är den totala poängsumman vid tentamen 40 poäng. För godkänt krävs totalt 19 poäng (inkl. bonus). Skrivtiden är 5 timmar. Tentamen är delad, vilket innebär att först genomförs teoridelen och när denna inlämnats till vaken påbörjas lösandet av problemdelen. Vid teoridelen får inga hjälpmedel användas. Vid problemdelen får häftet *Termodynamik – sammanfattningar, tabeller, m.m.*, formelblad i termodynamik, kompendiet *Grundläggande strömningslära*, föreläsningsanteckningar (utan lösta exempel), matematiska tabellverk samt räknedosa användas. Egna lösta exempel får ej förekomma vid tentamen.

För godkänd kurs, slutbetyg 3 (tre), krävs godkända obligatoriska hemuppgifter, godkänt teoriprov samt godkänd tentamen. Den maximala totala poängsumman av teoriprov och tentamen (inklusive ev. bonus) är 52 poäng. För betyg 4 (fyra) krävs minst 33 poäng, för betyg 5 (fem) krävs minst 44 poäng av den maximala totala poängsumman.

KURSANSVARIGA, EXAMINATOR

Kursansvarig och examinator är professor Christoffer Norberg.

FÖRELÄSNINGAR, SEMINARIER OCH RÄKNESTUGOR

Christoffer föreläser kursen. Seminarier och räknestugor leds av doktorand Arvid Åkerblom.

ADMINISTRATION

Kursen administreras av Institutionen för Energivetenskaper. Kursadministratör: Isabelle Frej (046-2220763, isabelle.frej@energy.lth.se), tjänsterum, KC4, rum 4MN 192-195.

LÄRARE

Christoffer Norberg (046-2228606, christoffer.norberg@energy.lth.se, KC4 4MN 156-159)
Arvid Åkerblom (046-2228xxx, arvid.akerblom@gmail.com, KC4 4MN 1xx-1xx)

KAPITELÖVERSIKT

Termodynamik

Ch.		Anm.
	⇒	Çengel, Turner & Cimbala
1	Introduktion	1-3 och 1-5 kursivt
2	Grundläggande begrepp	2-7 kursivt; 2-8 och 2.9 utgår
3	Energi, energiutbyte, allmän energianalys	s. 73–75 utgår ; 3-7 utgår
4	Egenskaper för rena ämnen	4-7 kursivt
5	Energianalys, slutna system	
6	Massutbyte och energianalys, öppna system	6-5 kursivt
7	Andra huvudsatsen	
8	Entropi	8-6, 8-10 och 8-11 kursivt; s. 314–315 utgår

Strömningslära

Ch.		Anm.
	⇒	Grundläggande strömningslära
1	Introduktion	1.10 utgår
2	Fluiders statik	2.4 och 2.5 kursivt; 2.7 utgår
3	Viskös strömning	3.2 kursivt
4	Bernoullis ekvation	4.1.2 kursivt
5	Kontrollvolymsanalys	5.1, 5.2, och 5.3 kursivt; 5.6 utgår
6	Dimensionsanalys, likformighet	
7	Omströmmade kroppar, ...	7.3, 7.5, och 7.7 kursivt
8	Rörströmning	

OBS! Med kursivt avses avsnitt som skall genomläsas för ökad förståelse alt. orientering — **kan** ingå vid hemuppgift eller tentamen, ej vid teoriprov.

DETALJSHEMA

Lv.	Aktivitet	Innehåll	Tid	Grupp	Sal	Lärare
1	Fö 1	Ch. 1/2/Kap. 1	mån 30/8, 10–12	alla	MA3	CN
	Fö 2	Ch. 3/4	ons 1/9, 10–12	alla	MA5	CN
	Sem 1	Ch. 4	tor 2/9, 10–12	alla	E:1406	AÅ
	RS 1	Ch. 4	tor 2/9, 13–15	1	V:P2	AÅ
	RS 1	Ch. 4	fre 3/9, 10–12	2	V:P2	AÅ
2	Fö 3	Ch. 4/5/6	mån 6/9, 13–15	alla	A:B	CN
	Fö 4	Ch. 6/7	ons 8/9, 10–12	alla	E:B	CN
	Sem 2	Ch. 5/6	tor 9/9, 10–12	alla	V:B	AÅ
	RS 2	Ch. 5	tor 9/9, 13–15	1	V:R2	AÅ
	RS 2	Ch. 5	fre 10/9, 13–15	2	V:P2	AÅ
3	Fö 5	Ch. 7/8	mån 13/9, 10–12	alla	MA3	CN
	RS 3	Ch. 6	mån 13/9, 13–15	1	V:P2	AÅ
	Sem 3	Ch. 7/8	ons 15/9, 10–12	alla	E:C	AÅ
	RS 3	Ch. 6	tor 16/9, 8–10	2	V:P2	AÅ
	RS 4	Ch. 6/7	tor 16/9, 10–12	1	V:P2	AÅ
	RS 4	Ch. 6/7	tor 16/9, 13–15	2	V:O2	AÅ
4	Fö 6	Ch. 8/Kap. 1/3	mån 20/9, 13–15	alla	MA5	CN
	RS 5	Ch. 8	ons 22/9, 10–12	1	V:P2	AÅ
	RS 5	Ch. 8	tor 23/9, 8–10	2	V:R1	AÅ
	RS 6	Kap. 1/2	tor 23/9, 10–12	1	V:R1	AÅ
	RS 6	Kap. 1/2	tor 23/9, 13–15	2	V:R1	AÅ
5	Fö 7	Kap. 2/4	mån 27/9, 10–12	alla	V:C	CN
	Teoriprov	Termodynamik	tis 28/9, 14:00–15:00	alla	MA 8	CN
	Fö 8	Kap. 4/5/6	ons 29/9, 10–12	alla	A:C	CN
	Sem 4	Kap. 4/5	tor 30/9, 8–10	alla	KC:D (M:E)	AÅ
	RS 7	Kap. 3/4/5	tor 30/9, 10–12	1	V:R1	AÅ
RS 7	Kap. 3/4/5	tor 30/9, 13–15	2	V:R1	AÅ	
6	Fö 9	Kap. 6/7	mån 4/10, 13–15	alla	V:A	CN
	Fö 10	Kap. 8	tis 5/10, 13–15	alla	A:B	CN
	RS 8	Kap. 5/6	ons 6/10, 10–12	2	V:P2	AÅ
	RS 8	Kap. 5/6	tor 7/10, 8–10	1	V:R1	CN
	Sem 5	Kap. 6/7/8	tor 7/10, 10–12	alla	V:B	AÅ
7	RS 9	Kap. 7/8	mån 11/10, 10–12	1	V:P2	AÅ
	RS 9	Kap. 7/8	ons 13/10, 8–10	2	V:P2	AÅ
	Fö 11	Repetition	tor 14/10, 10–12	alla	A:B	CN
9	Tentamen		mån 25/10, 8:00–13:00	alla	MA 8	CN

Lv. = Läsvecka; Ch. = Kapitel i Çengel, Turner & Cimbala; Kap. = Kapitel i kompendiet
 Fö = Föreläsning; Sem = Seminarium (problemlösning); RS = Räknestuga;
 CN = Christoffer Norberg; AÅ = Arvid Åkerblom.

DETALJPLAN PROBLEMLÖSNING

Svarslistor samt översättningslistor mellan upplagor finns på kursens hemsida!

- Uppgifter som behandlas på seminarium:

Sem.	Tid	Sal	Kursavsnitt	Uppgifter
1	tor 2/9, 10–12	V:D	termodynamik	4-24, 4-39, 4-52, 4-66
2	tor 9/9, 10–12	V:D	termodynamik	5-31, 6-45, 6-67
3	ons 15/9, 10–12	V:D	termodynamik	7-95, 8-31, 8-113, 8-140
4	tor 30/9, 8–10	V:D	strömninglära	4.3, 4.5, 5.1, 5.5
5	tor 7/10, 10–12	V:D	strömninglära	6.5, 7.2, 8.1, 8.8

- Uppgifter rekommenderade att lösa på egen hand (anvisade uppgifter) (hemstudier, räknestugor):

Vecka	RS	Uppgifter
1	1	4-19, 4-25, 4-69, 4-81, 4-99
2	2	5-4, 5-36, 5-66, 5-70*, 5-89*, 6-30
3	3 och 4	6-52, 6-65; 7-96, 7-110, 8-61
4	5 och 6	8-127, 8-144, 8-170; 1.2, 2.1, 1.4, 1.5
5	7	3.2, 4.1, 4.2, 4.4, 5.2
6	8	5.3, 5.6, 6.1, 6.2
7	9 och 10	7.3, 7.4, 8.2; 8.4, 8.5, 8.6, 8.9
8	-	tidigare tentamensuppgifter

5-70*: variabla c_p och c_v (Table A-21)

5-89*: $P_2 = 200$ kPa

- Hemuppgifter:

Kursavsnitt	Typ	Uppgift	Deadline
Termodynamik	Frivillig	6-70*	ons 16/9, kl. 17:00
Termodynamik	Obligatorisk	6-98	ons 16/9, kl. 17:00
Termodynamik	Frivillig	8-142	ons 23/9, kl. 17:00
Strömninglära	Obligatorisk	6.4	ons 14/10, kl. 17:00

6-70*: Avgaserna behandlas som ren luft, ideal gas med variabla c_p och c_v (Table A-21)

xx augusti 2021, C. Norberg