

HÅLLFASTHETSLÄRA I2

MHA051

Kursinformation höstterminen 2001

Institutionen för Teknisk Mekanik / Department of Applied Mechanics

SAMMANFATTNING

Kursen Hållfasthetslära för I2 ges av Institutionen för Teknisk Mekanik under läsperiod 2, läsåret 2001-2002. Kursen ger 3,0 poäng och är obligatorisk inom I-programmet.

Kursen bedrivs med integrerade föreläsningar / räkneövningar i storgrupp måndagar och onsdagar 10-12; samt med konstruktionsövningar / övningar på fredagar 10-12.

Kursens examination består av:

- Godkänt på minst tre av fyra konstruktionsövningar
- Godkänd övningsskrivning
- Godkänd inlämningsuppgift

vilket ger betyget 3 på kursen

eller

- Godkänt på minst två av fyra konstruktionsövningar
- Godkänd tentamen

Inga ytterligare *obligatoriska* moment ingår i kursen.

Uppdaterad kursinformation finns på internet under länken *utbildning* på institutionens hemsida <http://www.am.chalmers.se>.

UNDERVISNING

Undervisningen bedrivs som integrerade föreläsningar / räkneövningar i storgrupp (d v s hela årskursen) på måndagar och onsdagar 10-12. Detta kompletteras med konstruktionsövningar / övningar i tre mindre grupper på fredagar 10-12.

De avslutande föreläsningarna (preliminärt **F11** och **F12**) är översiktsföreläsningar som är tänkta att ge en viss inblick i mer avancerade ämnen. De kan även komma att användas som 'buffert' om delar av tidigare material ej hunnits gå igenom.

Schema

Schemat nedan ger en översikt över innehållet i de olika föreläsningarna / övningarna. Schemat skall ses som ett *utkast*, som kan ändras under kursens gång. Uppdaterad information finns alltid på

kursens hemsida under länken *utbildning* på institutionens hemsida <http://www.am.chalmers.se>.

Siffrorna inom parentes i schemat anger tillhörande kapitel i kursboken (se nedan).

F1: Måndag, 29/10, kl 10-12 i Vasa B

- Introduktion
- Enaxliga tillstånd I [2, 3]

F2: Onsdag, 31/10, kl 10-12 i Vasa C

- Enaxliga tillstånd II [3, 4, 6]

Ö1: Fredag, 2/11, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Enaxliga tillstånd
 - *KÖ1*
-

F3: Måndag, 5/11, kl 10-12 i Vasa B

- Materialmodeller [5]

F4: Onsdag, 7/11, kl 10-12 i Vasa C

- Balkteori I [7.1 - 7.3]

Ö2: Fredag, 9/11, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Materialmodeller o balkteori
 - *KÖ2*
-

F5: Måndag, 12/11, kl 10-12 i Vasa B

- Balkteori II [7.4 - 7.6]

F6: Onsdag, 14/11, kl 10-12 i Vasa C

- Balkteori III [7.7 - 7.9]

Ö3: Fredag, 16/11, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Balkteori
 - *KÖ3*
-

F7: Måndag, 19/11, kl 10-12 i Vasa B

- Stabilitet [8.1 - 8.4]

F8: Onsdag, 21/11, kl 10-12

- *Ingen undervisning* p g a internationell dag

Ö4: Fredag, 23/11, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Övningsskrivning
-

F9: Måndag, 26/11, kl 10-12 i Vasa B

- Allmänna spänningstillstånd [9.1 - 9.2]

F10: Onsdag, 28/11, kl 10-12 i Vasa C

- Allmänna spänningstillstånd [9.2]
- Konstitutiva ekvationer [10]

Ö5: Fredag, 30/11, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Allmänna spänningstillstånd
- Konstitutiva ekvationer
- *KÖ4*

F11: Måndag, 3/12, kl 10-12 i Vasa B

- Avancerade ämnen I [12, 14, 15, 17 + anteckn]

F12: Onsdag, 5/12, kl 10-12 i Vasa C

- Avancerade ämnen II [12, 14, 15, 17 + anteckn]

Ö6: Fredag, 7/12, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Repetition

F13: Måndag, 10/12, kl 10-12 i Vasa B

- Repetition

F14: Onsdag, 12/12, kl 10-12 i Vasa C

- Repetition

Ö7: Fredag, 14/12, kl 10-12 i Vasa 1, 2 & 5

- Räknestuga

Lärare

Föreläsningarna (F) ges av:

- Anders Ekberg
tel: 772 3480
Epost: anek@solid.chalmers.se

Övningarna (Ö) hålls i tre övningsgrupper och ges av

- Annicka Karlsson (Vasa 1)
tel: 772 1496
Epost: m95kara@mtek.chalmers.se
- Carl Fredrik Hartung (Vasa 2)
tel: 772 3476
Epost: cfh@solid.chalmers.se
- Anders Ekberg (Vasa 5)
tel: 772 3480
Epost: anek@solid.chalmers.se

Kurslitteratur

- Hans Lundh, Grundläggande hållfasthetslära, KTH, Stockholm, 2000. 260:-
- Peter W Möller, Exempelsamling i hållfasthetslära, Publication U77, Department of Solid Mechanics, Chalmers, Göteborg, 2000. 30:-
- Gamla tentor, 10:-

Kursmaterialet säljs vid institutionen för Teknisk Mekanik.

EXAMINATION

Det finns två möjligheter att få slutbetyg i kursen:

Alternativ ett (godkänd kurs)

- Godkänt på minst tre av fyra konstruktionsövningar
- Godkänd övningsskrivning
- Godkänd inlämningsuppgift

Detta ger betyget 3 på kursen.

Alternativ två (möjlighet till överbetyg)

- Godkänt på minst två av fyra konstruktionsövningar
- Godkänd tentamen

Beroende på tentamensresultat kan detta ge betyget 3, 4 eller 5 på kursen.

De olika examinationsdelarna behandlas nedan.

Tentamen

Tentamen ges på följande tider

- 18/12 kl 14.15-19.15 i V-huset
- 6/4 kl 08.45-13.45 i V-huset
- 31/8 kl 14.15-19.15 i M-huset

Tentamen är, som synes, på fem timmar och består normalt av fem uppgifter, vilka kan innehålla deluppgifter. Övervägande delen av tentamen består av räkneppgifter, *men även komplementerande teoriuppgifter ingår*. Notera att det sistnämnda är en ändring jämfört med den tidigare kursen i hållfasthetslära på I.

På tentan får följande hjälpmedel medföras

- Läroböcker i hållfasthetslära
- Formelsamlingar i matematik, fysik och hållfasthetslära
- Kalkylator i 'fickformat' med tangentbord och sifferfönster i en enhet - ingen kringutrustning accepteras

Läroböcker och formelsamlingar skall vara *publicerade* på skandinaviska, engelska, tyska eller franska (andra språk kan tillåtas efter konsultation). Kompendier räknas normalt inte som publicerade (men kan tillåtas efter konsultation). Läroböckerna och formelsamlingarna får innehålla anteckningar på befintliga sidor, men ej lösta exempel. Lösa anteckningar och exempelsamlingar är ej tillåtna. *Konsultation om tveksamma hjälpmedel skall ske i god tid innan tentamen.*

Maximal poängsumma är 15 och betygsgränserna är enligt följande:

- 6-8 poäng ger betyg 3
- 9-11 poäng ger betyg 4
- 12-15 poäng ger betyg 5

Övningsskrivning (skriftlig dugga)

En övningsskrivning ges vid ett räkneövningstillfälle. *Deltagande är frivilligt.* Syftet med övningsskrivningen är dubbelt. Dels ger en godkänd skriftlig dugga (i kombination med godkända konstruktionsövningar och inlämningsuppgift) godkänt (med betyg 3) på kursen. Dessutom ger övningsskrivningen en avstämning av hur väl man tillgodogjort sig första delen av kursen (detta stoff kommer även att ingå i tentamen).

Övningsskrivningen består av 3 till 4 uppgifter som ger en maximal totalsumma av 10 poäng. Minst 5 poäng krävs för godkänt.

Samma hjälpmedel som på tentamen tillåts. Sen ankomst leder till underkänt resultat och deltagarna får inte lämna skrivningssalen under första timmen.

Konstruktionsuppgifter

Under kursen ges fyra konstruktionsuppgifter. Dessa uppgifter är av liknande karaktär som tentamensuppgifterna. Deltagande är, till viss del, obligatoriskt.

- Minst två godkända uppgifter krävs för att få tentera.
- Minst tre godkända uppgifter, samt godkänd övningsskrivning och inlämningsuppgift ger godkänt (betyg 3) på kursen.

I övrigt inverkar konstruktionsuppgifterna inte på poängsättning av tentamen.

Konstruktionsuppgifterna skall lösas individuellt och redovisas skriftligt. De bedöms med godkänt eller underkänt. *Retur för rättning ges inte.* Övningsledarna förbehåller sig rätten att kräva kompletterande muntlig (individuell) redovisning av inlämningsuppgiften.

Detaljer för konstruktionsuppgifterna framgår av bifogad *PM för konstruktions- och inlämningsuppgifter.*

Inlämningsuppgift

För godkänt betyg i kursen utan att tentera krävs en godkänd inlämningsuppgift (förutom godkänt på övningsskrivning och konstruktionsuppgifter). Denna uppgift är kort och av en allmän karaktär. Viss beräkning kan ingå, men fokus ligger på 'teoretisk förståelse' för ämnet och i synnerhet de delar som avhandlas under de sista två föreläsningarna. Syftet är att ge en kort övning i 'konstruktionstänkande' i fall där (i absolut mening) rätta svar kanske inte ens finns.

Redovisning av inlämningsuppgifter sker enligt riktlinjerna för konstruktionsuppgifter. Själv

redovisningen (exklusive formalia) skall vara på max en A4-sida.

Detaljer för inlämningsuppgifterna framgår av bifogad *PM för konstruktions- och inlämningsuppgifter.*

KONTAKT

Kontakta gärna kursens lärare för att fråga. Frågor på kursmaterialet brukar ofta vara av det slag att det är svårt att ge konsultation via telefon eller Email. För enklare frågor (administrativa m m) går det att nå oss på telefon och E-mail, se stycket "Lärare" på sidan 2.

Internet

Uppdaterad kursinformation, samt eventuellt kompletterande föreläsningmaterial kommer att läggas upp på kursens hemsida. Denna nås från länken *utbildning* på institutionens hemsida <http://www.am.chalmers.se>.

Besök

Institutionen för Teknisk Mekanik håller hus i Maskinsektionens lokaler. Expeditionen finns på andra våningen i södra trapphuset (närmast Elektro). För beskrivning hur man hittar till respektive lärares kontor, se kursens hemsida.

En karta över institutionens lokaler finns på: <http://www.am.chalmers.se/sve/karta.html>.

ALLMÄNT OM HÅLLFASTHETSLÄRA

I hållfasthetsläran studerar man konstruktioner och mekaniska strukturers förmåga att bära och stå emot laster. För att göra detta behöver man matematiska modeller av de problem man vill studera. Gemensamt för de flesta av dessa modeller är att de är uppbyggda av tre grund samband:

- jämviktssamband som talar om hur laster och andra krafter måste förhålla sig till varandra för att jämvikt ska råda
- konstitutiva ekvationer som beskriver hur material beter sig då det deformeras,
- kinematiska samband som beskriver deformationens geometri.

Kombineras de tre sambanden får man en differentialekvation som kan lösas om man känner de randvillkor som gäller; randvillkoren beror på hur konstruktionen är förankrad till grunden och (kan bero på) hur den belastas. Lösningen till

differentialekvationen kan, tillsammans med (experimentellt framtagna) hållfasthetsdata för ingående material, användas för att avgöra om konstruktionen kommer att hålla eller inte.

Det finns flera olika typer av mekanismer som kan leda till att en konstruktion havererar: spänningarna (ett mått på hur mycket materialet ansträngs) är för stora så att brott fås, deformationerna kan bli för stora p g a att materialet plasticerar varvid konstruktionen blir oanvändbar, slanka konstruktioner som utsätts för tryck kan bli instabila och kollapsa, utmattningsbrott kan fås om belastningen varierar i tiden, *etc.*

I kursen går vi igenom de tre grundsambanden för axialbelastade stänger, vridbelastade axlar, och för balkar som utsätts för böjning. Instabilitetsproblemet studeras för tryckbelastade balkar. De samband som används i allmän elasticitetsteori (3D) behandlas också, och vi visar vilka antaganden som måste göras för att det ska vara möjligt att reducera ett elasticitetsproblem från 3D till ett plant problem (2D). Vi applicerar kunskaperna på olika konstruktioner, som tryckkärl.

I den avslutande delen ges en översikt av mer avancerade ämnesområden.

Syfte

Kursen är anpassad för I-teknologer och har som mål att ge en grundläggande förståelse för såväl klassisk, som modern (datoranpassad) hållfasthetsanalys. För att nå detta mål, så bedrivs undervisningen i två delar. I den första delen (**F1 – F12**) ges deltagarna grundläggande kunskap och övning i att tillämpa de mest fundamentala delarna av den klassiska hållfasthetsläran. Detta sker genom 'hands-on' beräkningar. I del 2 (**F13 – F14**) ges en överblick över mer avancerade områden inom modern hållfasthetslära.

Efter examination ska deltagaren

- behärska några av de vanligaste problemen som behandlas i ämnet hållfasthetslära,
- kunna dimensionera och analysera enkla lastbärande konstruktioner (med avseende på t.ex deformation, brott, plasticering, instabilitet),
- ha insikt om möjligheter och begränsningar hos dessa dimensioneringsmetoder,
- ha en viss kunskap om mer avancerade ämnesområden

Förkunskaper

Några *formella* krav på förkunskaper för att följa kursen finns inte. I *praktiken* måste man ha vissa grundläggande kunskaper i mekanik, matematik och

linjär algebra för att kunna tillgodogöra sig kursmaterialet.

- Mekanik

Kunna tillämpa allmänna jämviktssamband för godtyckliga system av krafter.

- Matematik

Deriverings- och integrationsregler; söka extremvärden till enklare funktioner; lösa ordinära differentialekvationer i en variabel och med konstanta koefficienter; vara förtrogen med begrepp som homogenlösning, partikulärlösning och randvillkor.

- Linjär algebra

Hantera matriser; lösa lineära ekvationssystem; egenvärdesproblem

Vissa konstruktionsövningar kan underlättas om programmet MATLAB används för numerisk lösning.

Några avslutande råd eller "Hur man överlever en kurs i hållfasthetslära"

Hållfasthetslära är ett ämne som, hos många teknologer, behöver en viss tid för att "mogna". Detta gäller speciellt de som aldrig tidigare varit i kontakt med ämnet. För att ge denna tid till mognad, börjar kursen i ett högt tempo. Detta ger möjlighet till att avsluta kursen med att repetera de tidiga avsnitten i skenet av vad man lärt sig i de senare delarna. Med hänsyn till detta och med erfarenhet av ett par tidigare kurser kommer ett par råd:

- Att börja med att låta böckerna ligga första veckan är ett ganska säkert recept på magsår. Förstår du inte de grundläggande koncepten, kommer de följande avsnitten att te sig som rena grekiskan (σ , ϵ , *etc.*).
- Fråga om du inte förstår! I nio fall av tio är det inte du som är korkad utan föreläsaren som glömt att nämna något fundamentalt. Och det tionde fallet får man bjuda på...
- Den teori som ingår i kursen handlar inte om att lära sig härledningar utantill (du får dessutom ha med dig boken även på teoridelen), utan att förstå matematiken och fysiken bakom formlerna.
- Av erfarenhet vågar vi påstå att det inte är en slug plan att spara hållfasthetskursen till senare...
- Av samma erfarenhet, vet vi att det bara finns ett sätt att lära sig räkna på hållfasthetsproblem och det är att kavla upp ärmarna och göra det. Att det är en rejäl suboptimering att skriva av inlämningsuppgifter har alltför många fått lära sig den hårda vägen. Däremot är det en bra ide

att lösa uppgifterna i grupp. Man behöver ju inte uppfinna hjulet själv varje gång.

- Argumentet “Jag behöver mer poäng” är ett väl beprövat, men inte speciellt framgångsrikt, recept vid tentagranskningar. Men titta gärna igenom din tenta. Vi som rättar är också mänskliga (nåja) och kan göra fel.
- Det är ingen nackdel om man kan följa din beräkningsgång i tenta- och konstruktionsuppgifter.
- Kan man dessutom tyda din handstil, så är det ytterligare ett plus.
- Att ta åt sig lite av tipsen ovan skadar inte.

Vi hoppas att du skall tycka att kursen är värd det arbete du lägger ner på den.

Annicka Karlsson, Carl Fredrik Hartung och
Anders Ekberg