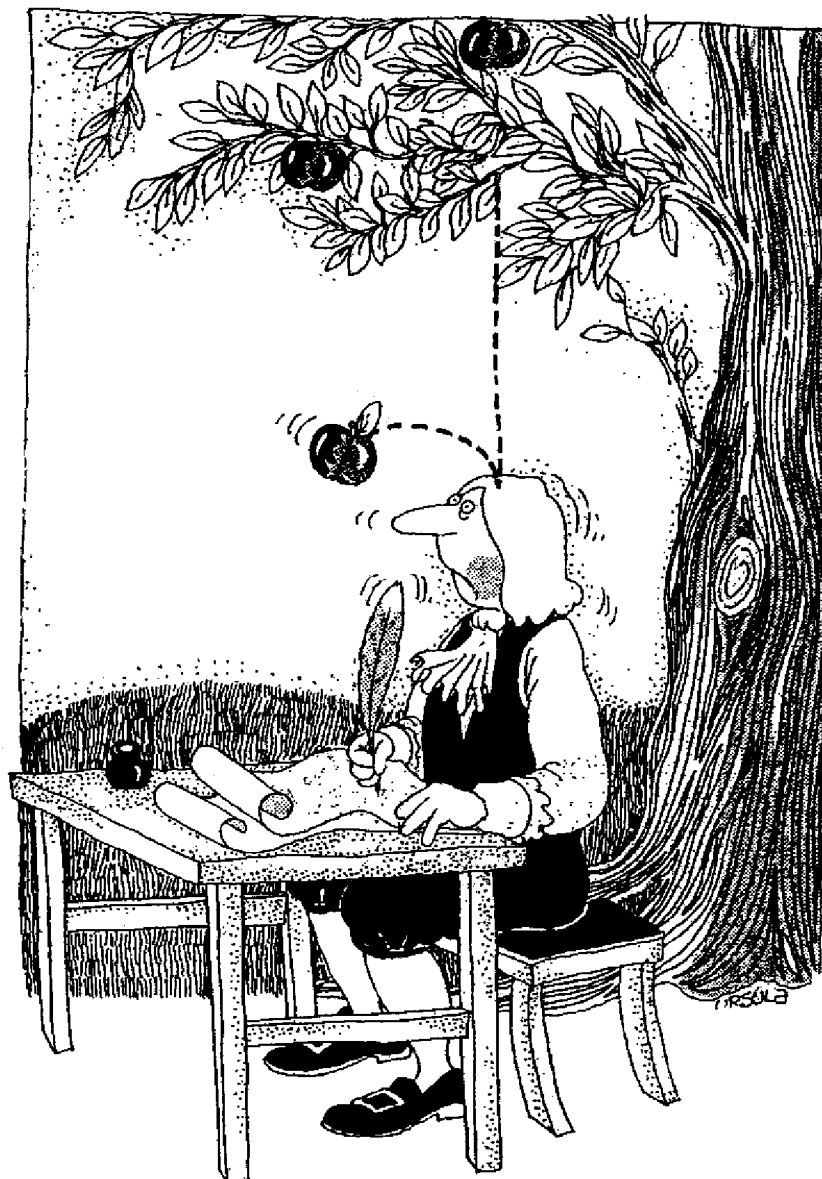


# MEKANIK för V och Bi

VSMA25 och VSMA15



Kursprogram 2019



# Mekanik för V och Bi

Kursen är obligatorisk och gemensam för V och Bi men ger 7.5 hp för V och 8hp för Bi. Kurskoder: VSMA25 respektive VSMA15.

## Allmänt

Den klassiska mekaniken studerar partiklar och stela kroppar i jämvikt (statik) och i rörelse under inverkan av krafter (dynamik). Här ges en fördjupning av den mekanik som ingår i gymnasiefysiken. Ämnet ger en naturvetenskaplig bas och övar förståelsen för de grundläggande begrepp och samband som i någon form förekommer inom de flesta ingenjörsämnena. Dessa begrepp används för att formulera de grundläggande samband som beskriver kroppar i jämvikt och rörelse. Ämnet mekanik är grundläggande för all ingenjörsutbildning. Den här kursen behandlar det område som mer specifikt brukas kallas allmän eller klassisk mekanik. Här ges en introduktion till alla de ingenjörsområden som gemensamt går under benämningen tillämpad mekanik. Du kommer att arbeta med strukturmekanik i ämnena som Byggnadsmekanik, Bärande Konstruktioner och Geoteknik, och med fluidmekanik i ämnena som Hydraulik, Byggnadsfysik, Branddynamik och Akustik.

Yrkesverksamma ingenjörer använder en rad simuleringsprogram som utgår från mekanikens lagar. Ett exempel är byggkonstruktions-programvaror för statisk dimensionering av bärande delar i byggnader. Ett annat exempel är generella finita element-programvaror som gör det möjligt att med små ”byggklossar” modellera godtyckliga strukturer och studera effekterna av statiska eller dynamiska laster. Ett tredje exempel är stelkroppssimuleringsprogram som används mycket i bilindustrin och som t.ex. gör det möjligt att köra bilen i datorn innan den byggs.

## Inlärningsmål

Du skall efter genomgången kurs ha:

- Kunskap om grundläggande begrepp som kraft, acceleration, arbete, energi, effekt, impuls och rörelsemängd
- Förståelse för de samband som beskriver kroppar i jämvikt och i rörelse utifrån de grundläggande begreppen
- Färdigheter i modelltänkande, vilket bla innebär att ur ett verkligt sammanhang i tid och rum kunna avgränsa ett problem (friläggning)
- Problemlösningsförmåga, vilket innebär att med hjälp av modelltänkande, utifrån givna förutsättningar, kunna välja en fysikaliskt och matematiskt rimlig lösningsmetod

## Innehåll

Mekaniken kännetecknas av att man försöker fånga naturens beteendemönster och fenomen i matematiska modeller. Ämnet får därmed en stark anknytning till matematik och du kommer att få stor användning av den analys och linjär algebra som du läst i matematikkurserna. I mekaniken tränas modelltänkande. Två grundläggande modeller för kroppar behandlas utförligt - partikel och stelkropp. Det är viktigt att utifrån en verklig situation kunna avgränsa ett problem (friläggning) och välja en lämplig modell för analys av problemet. Matematiska begrepp och metoder från linjär algebra och analys befästes och fördjupas när de i mekanikens modeller kan ges en klar fysikalisk tolkning.

Mekanikkursen kan grovt sett delas in i Statik och Dynamik beroende på om kropparna som studeras är i vila eller i rörelse. Dynamiken kan i sin tur delas in i Partikeldynamik och Stelkroppsdynamik beroende på om man behöver ta hänsyn till den aktuella kroppens utsträckning eller ej.

Kursen har följande detaljerade ämnesmässiga innehåll:

#### Statik:

- Kraftgeometri: definition av kraft, moment och kraftpar, samt reducerade kraftsystem i 2 och 3 dimensioner
- Jämvikt: friläggning och jämviktsberäkning i två och tre dimensioner
- Tyngdpunktsberäkning: via integrering och som sammansatta kroppar
- Coulomb-friktion

#### Partikeldynamik:

- Rörelsebeskrivning (kinematik): rät- och kroklinjig rörelse för partikel i ett plan
- Accelerationslagen (Newtons andra lag  $F=ma$ ): partikelns kinetik dvs. sambandet mellan kraft och rörelse
- Fria och påtvingade odämpade svängningar: egenfrekvens och resonans
- Arbete och energi: definitioner och användning av energisatser
- Impuls och rörelsemängd: definitioner och användning av impulslagen, speciellt med hänsyn till stötförlopp

#### Stelkroppsdyamik:

- Rörelsebeskrivning (kinematik): rotation kring fix axel, translation och generell plan rörelse för en stel kropp
- Kinetik vid rotation kring fix axel: kraft- och momentekvationerna, beräkning av tröghetsmoment, energisatser
- Kinetik vid generell plan rörelse: kraft- och momentekvationerna, energisatser, speciellt translation och rullning

Kursinnehållet beskrivs mer detaljerat i ”Kommentarer och läsanvisningar ...” nedan.

## Kursmaterial

Följande kursmaterial används:

- Litteratur: Grahn R., Jansson P.-Å. och Enelund M.: *MEKANIK, Statik och dynamik*, 4:e upplagan, Studentlitteratur 2018. Till 4:e upplagan hör också en del digitalt material i form av simuleringar mm.
- Ledningar till vissa övningsuppgifter: Byggnadsmekaniks hemsida, se nedan under ”Övrigt”
- Power Point-material föreläsningar: samtliga slides från föreläsningarna finns på hemsidan.
- Seminariematerial: Seminarieuppgifter och lösningar finns på hemsidan.
- X-tentor: Ca. 15 x-tentor med lösningar finns på hemsidan.
- Extra kompendium Ett extra kompendium om kraft, moment och jämvikt som ger en enkel introduktion till statiken finns också på hemsidan.
- Egen formelsamling En formelsamling om högst 3s, som du själv får skriva, är tillåtet hjälpmedel på problemdelen av tentamen. Men den får inte innehålla lösta exempel. (Infördes i samråd med studeranderepresentanterna -09.) Se vidare under ”Examination”.

## Undervisning och hemarbete

Kursen sträcker sig över vårterminens andra läsperiod (7 veckor) och följer i grova drag LTHs ordinarie läsårsindelning. Den schemalagda undervisningen är indelad i *Föreläsningar*, *Seminarier* och *Övningar*. Total schemalagd tid utgör ca 12 tim/vecka, varav föreläsningar + seminarier 6 tim/vecka och övningar 6 tim/vecka.

Föreläsningarna introducerar nya avsnitt. Under seminarierna presenteras lösningar till uppgifter och även korta teorisammanfattningar. Övningstillfällena är till för egen problemlösning. Övningsassistenterna gör inga generella genomgångar. Deras uppgift är framförallt att svara på individuella frågor.

Räkna också med ca 10 timmars hemarbete per vecka för genomläsning av texten och problemlösning utöver det som hinns med på övningarna. Arbete i grupp rekommenderas.

## Föreläsningsförberedande sammanfattningar och frågor

Inför (nästan) varje föreläsning kommer det att finnas sammanfattningar med tillhörande frågor på kursens hemsida. Tanken är att du skall gå igenom aktuella begrepp innan respektive föreläsningsspass. Kopplat till varje begrepp finns några frågor av samma typ som i teoritentamen. Frågorna ger max sammanlagt 3 bonuspoäng att lägga till resultatet på ordinarie tentamen. Det finns en tidsgräns för svaren (annars blir det inte föreläsningsförberedande). Senast en timme före aktuell föreläsning skall svaren vara inlämnade. Svaren lämnas via en web-sida genom en länk på kursens hemsida.

Bonuspoängen delas ut beroende på hur många procent av maxpoängen på teorifrågorna man får totalt. Mer än 30% ger 1 bonuspoäng, mer än 50% ger 2 bonuspoäng och mer än 70% ger 3 bonuspoäng. Ni får gärna samarbeta kring frågorna men svaren skall ges individuellt.

## Kursupplägg

Kursen består av en introducerande del (ca 2 veckor) som behandlar statik (plana problem) och partikeldynamik vid rätlinjig rörelse. Denna del är till för att ge översikt och helhet och en extra betoning av de centrala begreppen friläggning, jämvikt och accelerationslagen. Kunskaperna i denna del av kursen testas genom ett diagnostiskt test som inte är betygsgrundande.

Efter introduktionen följer en fördjupning som först behandlar statik (2 veckor) där bla jämviktsekvationerna tas upp igen fast nu även för tredimensionella problem. I dynamikdelen (3 veckor) tas rörelseekvationerna upp igen men nu dessutom för kroklinjig rörelse och även för kroppar med utbredd massa (stela kroppar).

Kursupplägget beskrivs mer detaljerat i aktivitetsplanerna: "Föreläsnings-, Seminarie- och Övningsplan" nedan. Där anges innehållet i aktiviteterna med nummer. Övningsplanen anger också vilka uppgifter som skall räknas. En detaljerad tidplan som anger när och var de olika föreläsningarna, seminarierna och övningarna äger rum ges nedan under "Tidplan och lokaler..".

Kunskaperna i kursen testas genom tentamen, som består av två delar, en teoridel och en problemdel, se under "Examination".

## Examination

Det finns tre tentamenstillfällen: Ordinarie tentamen i juni, första omtentamen i augusti och andra omtentamen i april.

Tentamen består av två delar: Del 1 behandlar teori och begrepp och del 2 är en problemlösningsdel. Maximalt kan 60 poäng erhållas varav 10 poäng på del 1 och 50 poäng på del 2. Till detta adderas eventuell bonuspoäng (max 3 poäng) som bara kan tillgodoräknas vid första ordinarie tentamen. Totalt 30 poäng erfordras för godkänd tentamen och slutbetyg i Mekanik.

Tillåtna hjälpmedel: Del 1: Inga. Del 2: Kursboken, egenhändigt skriven formelsamling (högst 3s) och räknare.

	30-39 poäng ger betyget 3
Slutbetyg beräknas enligt:	40-49 poäng ger betyget 4
	50-63 poäng ger betyget 5

## Lärare

Föreläsningar, seminarier och kursansvar:

Per-Erik Austrell, tel: 046-222 47 98, e-mail: [pea@byggmek.lth.se](mailto:pea@byggmek.lth.se)

Ansvarig övningar:

David Kinsella, e-mail: [david.kinsella@construction.lth.se](mailto:david.kinsella@construction.lth.se)

Övningsledning:

Johan Bengtsson, e-mail: [bas15jbe@student.lu.se](mailto:bas15jbe@student.lu.se)

Ernest Björklund, e-mail: [ernest.bjorklund.642@student.lu.se](mailto:ernest.bjorklund.642@student.lu.se)

Oscar Mårtensson, email: [oscar.martensson.8567@student.lu.se](mailto:oscar.martensson.8567@student.lu.se)

Joel Robertsson Sunesson, e-mail: [jo6070su-s@student.lu.se](mailto:jo6070su-s@student.lu.se)

## Studeranderepresentanter

En student i varje övningsgrupp utses att vara studeranderepresentant. Dvs det är två studenter från Bi och två från V som deltar i två lunchmöten med kursens lärare under kursens gång för en löpande utvärdering. Det brukar vara ett möte före och ett möte efter uppehållet.

## Övrigt

Kursprogram, ledningar till övningsuppgifter, seminarieuppgifter med lösningar och Power point-material från föreläsningarna finns tillgängliga på Byggnadsmekaniks hemsida:

*<http://www.byggmek.lth.se/utbildning/kurser/>*

under *VSMA25 och VSMA15 Mekanik*. Dessutom finns där ett extra kompendium om kraft, moment och jämvikt som ger en enkel introduktion till statiken.

# Kommentarer och läsanvisningar till kursboken

## Kapitel I Introduktion

I kapitel I ges en allmän introduktion till mekaniken. Här definieras primitiva (ursprungliga) storheter som *längd*, *massa* och *tid*. Begreppet *kraft* kan också uppfattas som en primitiv storhet och är som sådan ett mått på mekanisk verkan mellan kroppar.

## Kapitel 1 Kraftgeometri

I detta kapitel inleds mekanikens modellbyggande genom att en kraft blir representerad av en vektor. Med utgångspunkt från kraftvektorer definieras därefter krafters *resultant* och krafters *moment*.

När du lämnar kapitlet ska du:

- kunna arbeta med vektoralgebra
- förstå innebörden av begreppen kraft, moment och resultant
- kunna ställa upp ekvivalenta kraftbeskrivningar

## Kapitel 2 Jämviktslära

Kapitel 2 behandlar *friläggning och jämvikt*. Det är i mekaniken ytterst viktigt att alltid klart definiera och avgränsa dvs. frilägga det system vars jämvikt (eller rörelse) man vill studera. I samtliga kontaktpunkter mellan det avgränsade systemet och dess omgivning påverkas systemet av *yttre krafter*. Att frilägga består till stor del av att i dessa kontaktpunkter kunna ange de yttre krafterna på ett korrekt sätt.

Rita alltid en tydlig figur av det frilagda systemet. Lägg därefter i figuren in alla krafter som verkar på systemet. Med hjälp av den frilagda figuren är det i regel lätt att ställa upp jämviktsekvationer och lösa problemet.

När du lämnar kapitlet ska du:

- kunna avgränsa och frilägga system vars jämvikt du senare vill studera
- kunna rita tydliga figurer av frilagda system
- kunna hantera jämviktsekvationer

Avsnitt 2.2(f) ingår inte i kursen.

## Kapitel 3 Masscentrum-Tyngdpunkt

Kapitel 3 behandlar volymfördelade krafter och hur dessa kan ersättas med en resulterande kraft. En viktig volymfördelad kraft är *gravitationskraften* vars verkan vid jordytan kan ersättas med en resulterande kraft  $mg$  i kroppens masscentrum. I många kroppar kan massan antas vara jämt fördelad. Masscentrum sammanfaller då med volymens geometriska tyngdpunkt. Du får i övningsuppgifterna träning i att ställa upp och lösa integraler.

När du lämnar kapitlet ska du:

- förstå begreppen tyngdpunkt, masscentrum och geometrisk tyngdpunkt
- kunna ställa upp och lösa integraler för tyngdpunktsberäkning
- kunna utföra tyngdpunktsberäkning för sammansatta kroppar

## Kapitel 4 Speciella tillämpningar

I kapitel 4 behandlas friktion. *Coulumb-friktion* och de villkor som kopplar friktionskraften till normalkraften vid kontakt mellan kroppar diskuteras i termer av statisk och dynamisk friktionskoefficient.

När du lämnar kapitlet ska du:

- förstå innebörden av friktionsvillkor
- kunna använda friktionsvillkoren i samband med jämviktsberäkningar och accelerationslagen

Textavsnitt 4.1(c) och 4.2 ingår inte i kursen.

## Kapitel 5 Partikelns kinematik

Detta är första kapitlet i dynamikdelen av boken. Kapitel 5 behandlar *partikel-kinematik* vilket innebär beskrivning av en partikels rörelse i en eller två dimensioner. Tredimensionell rörelse behandlas inte i kursen. Det är viktigt att förstå begreppen *hastighet* och *acceleration*. Vid rörelse längs en rät linje kan hastighet och acceleration liksom partikelns läge betraktas som skalära storheter där hastighet anger ändring av läge och acceleration anger ändring av hastighetens storlek. Lägg speciellt märke till att många av de formler som du känner igen från gymnasiefysiken är specialfall som bara gäller om accelerationen är konstant. Vid tvådimensionell rörelse är såväl hastighet som acceleration riktade storheter och uttrycks därför med matematikens vektorer. Två viktiga karakteristika är att *hastighetsvektorn* alltid är riktad i rörelsebanans riktning och att *accelerationsvektorn* kan delas upp i två delar - en som anger ändringen av hastighetens storlek  $a_s$  och en som anger ändringen av rörelsens riktning  $a_n$ . En bil som kör genom en kurva med konstant fart har ändå en acceleration, riktad mot kurvans krökningscentrum, därför att hastighetens riktning ändras.

En och samma rörelse hos en partikel kan matematiskt beskrivas på olika sätt. Är rörelsen tvådimensionell kan den beskrivas i ett *rektangulärt koordinatsystem* ( $x$ - $y$ ) eller med *naturliga koordinater* ( $n$ - $s$ ). Läge, hastighet och acceleration är fysikaliska storheter som är oberoende av koordinatsystem. Valet av koordinatsystem är snarare en fråga om vilket som är mest praktiskt med hänsyn till det aktuella problemet.

När du lämnar kapitlet ska du:

- förstå begreppen läge, hastighet och acceleration och kunna hantera sambanden mellan dem
- kunna välja och hantera ett lämpligt koordinatsystem ( $x$ - $y$  eller  $n$ - $s$ ) för att beskriva en partikels rörelse

## Kapitel 6 Partikelns kinetik

Här behandlas sambandet mellan kraftverkan och rörelse för en partikel. Kapitlet börjar med en historiska bakgrund och denna övergripande diskussion kan vara till hjälp för dig att se dynamiken i ett ingenjörsmässigt sammanhang.

Om en partikel befinner sig i jämvikt (vila eller likformig rörelse) kommer samtliga yttre krafter som verkar på partikeln att balansera varandra,  $\sum \mathbf{F} = \mathbf{0}$ . Är däremot partikeln inte i jämvikt ger de yttre krafternas resultant  $\sum \mathbf{F}$  upphov till en acceleration av partikeln  $\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$ . Studiet av sambandet mellan de krafter som påverkar en partikel och den rörelse som denna påverkan ger upphov till kallas *partikelkinetik*. Accelerationslagens vänsterled ( $\sum \mathbf{F}$ ) beskrivs genom att partikeln friläggs och samtliga yttre krafter ritas in. Ekvationens högerled  $m\mathbf{a}$  beskrivs genom att partikeln visas i sitt aktuella läge med sin rörelsebana, och där accelerationsvektorn eller dess komponenter ritas in. Är partikeln en modell av en kropp gäller att partikelns massa är kroppens massa och partikelns läge är kroppens tyngdpunkts läge.



Accelerationslagen  $\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$  uttrycker en eller flera *ögonblicksbilder* av partikeln. Om partikeln i rummet eller över ett tidsintervall påverkas av ett komplicerat kraftspel eller har en komplicerad rörelsebana, kan det vara enklare att integrera accelerationslagen över ett *lägesintervall* eller ett *tidsintervall*. Man inför då så kallade generaliserade kraftmått - *arbete*  $W = \int \mathbf{F}d\mathbf{s}$  och *impuls*  $\mathbf{I} = \int \mathbf{F}dt$ . Motsvarande rörelsemått blir *rörelseenergi*  $T = mv^2/2$  och *rörelsemängd*  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$ .

Integreras accelerationslagen över ett lägesintervall får man *lagen för kinetiska energin*. Integreras accelerationslagen över ett tidsintervall får man *impulslagen*. Två viktiga specialfall av dessa satsar är den *mekaniska energilagen* och *lagen om rörelsemängdens bevarande*.

Som en tillämpning på accelerationslagen behandlas också *fria och påtvingade odämpade svängningar*.

När du lämnar kapitlet ska du:

- förstå modellbegreppet partikel
- kunna frilägga en partikel och korrekt ange de yttre krafter som verkar på den
- kunna visa partikeln i dess aktuella läge på rörelsebanan och korrekt ange dess acceleration
- kunna hantera accelerationslagen, lagen för kinetiska energin och impulslagen
- förstå begreppen arbete, kinetisk energi, potentiell energi, effekt, verkningsgrad, impuls och rörelsemängd
- kunna ställa upp ekvationer för odämpade svängningar och förstå begreppen egensvängning och resonans

Textavsnitt 6.3(e) och 6.5 ingår inte i kursen. I avsnittet om svängningar 6.4 behandlas bara odämpade svängningar ( $c=0$ ). Övningsuppgifterna till avsnittet om svängningar är inte tagna ur kursboken. De läggs ut på hemsidan separat.

## Kapitel 7 Partikelsystem

Detta kapitel ingår inte i kursen.

## Kapitel 8 Stela kroppens plana rörelse; kinematik

Kapitel 8 behandlar *stela kroppars kinematik* (rörelsemönster) och vi studerar endast plan rörelse. En *stel kropp* är ett system av partiklar vars inbördes avstånd hela tiden är oförändrade. Det innebär bl.a. att vinklar mellan linjer i en stel kropp alltid är konstanta.

Den plana rörelsen kan delas upp i en *translationsrörelse* och en *rotationsrörelse*. Dessa rörelser kan beskrivas med kända samband från partikelkinematiken (rätlinjig rörelse och cirkelrörelse). Eftersom avståndet mellan punkter i den stela kroppen inte förändras kan man definiera en enda *vinkelhastighet*  $\omega$  och *vinkelacceleration*  $\alpha$ . Man talar om den stela kroppens vinkelhastighet respektive vinkelacceleration. Begreppet *momentancentrum* är ibland till hjälp vid rörelsebeskrivningen.

När du lämnar kapitlet ska du kunna beskriva en stel kropps rörelse med hjälp av de kinematiska sambanden för rätlinjig rörelse, cirkelrörelse och relativ rörelse, samt kunna använda begreppet momentancentrum.

## Kapitel 9 Stela kroppens plana rörelse; kinetik och Appendix I

I kapitel 9 formuleras sambanden mellan krafter och rörelser för en plan stel kropp - plan stelkroppskinetik. Partikelkinetikens  $\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$  kompletteras med en momentekvation kring masscentrum. Momentekvationen blir då  $\sum \bar{\mathbf{M}} = \bar{I}\alpha$ , där  $\bar{I}$  är kroppens masströghetsmoment kring masscentrum. På samma sätt som kroppens massa är ett mått på tröghet mot acceleration så är kroppens masströghetsmoment ett mått på tröghet mot vinkelacceleration. Notera att trögheten mot rotation är olika beroende på vilken axel kroppen roterar kring. Minst masströghetsmoment har kroppen kring en axel genom masscentrum. Appendix I behandlar begreppet masströghetsmoment.

På samma sätt som i partikelkinetiken införes integrerade kraftmått och motsvarande rörelsemått för att förenkla analysen. Arbete och energi för en stelkropp behandlas.

När du lämnar kapitlet ska du:

- kunna frilägga en stel kropp och korrekt ange de yttre krafter som verkar
- kunna visa rörelsebanan för den stela kroppens tyngdpunkt och korrekt ange tyngdpunktens acceleration och den stela kroppens vinkelacceleration
- kunna hantera rörelseekvationerna och energilagen
- förstå begreppen masströghetsmoment, tröghetsradie, arbete (av kraft resp. moment), potentiell energi, kinetisk energi (translation, rotation) och effekt

Textavsnitt 9.2(c) ingår inte i kursen.

## Kapitel 10 System av kroppar

Kapitlet behandlar konserveringslagar för energi, rörelsemängd och rörelsemängdsmoment. I 10.2 studeras stötförlopp. Rörelsemängdens bevarande i stötförlopp diskuteras. Begreppen stöt och stöttal definieras.

När du lämnar kapitlet ska du:

- förstå vad rörelsemängdens bevarande innebär i stötförlopp
- kunna hantera rak central stöt och förstå begreppen stötimpuls och stöttal

Textavsnitt 10.2(c) ingår inte i kursen.

# Föreläsningsplan

Föreläsningsplanen nedan är indelad i föreläsningspass (Fp) om 45 min. Föreläsningarna omfattar 22 pass, dvs ca 3 per vecka.

Förel.	Kursdel	Kursmoment	Kapitel i boken	Avsnitt
Fp1		kursen och ämnet		
Fp2	Introduktion	kraft och moment 2D friläggning och jämvikt 2D	1 Kraftgeometri 2 Jämviktslära	1.1, 1.2 2.1, 2.2
Fp3		friläggning och jämvikt 2D	2 Jämviktslära	2.1, 2.2
Fp4		rätlinjig rörelse	5 Partikelns kinematik	5.1
Fp5		accelerationslagen 1D	6 Partikelns kinetik	6.1, 6.2(a)
Fp6		Statik	kraft och moment 3D	1 Kraftgeometri
Fp7	friläggning och jämvikt 3D		2 Jämviktslära	2.3
Fp8	resultantsystem		1 Kraftgeometri	1.3
Fp9	tyngdpunkt		3 Masscentrum-Tyngdp.	3.1, 3.2
Fp10	friktion		4 Speciella tillämpningar	4.1
Fp11	Partikeldynamik	rörelsebeskrivning 2D	5 Partikelns kinematik	5.2
Fp12		accelerationslagen 2D	6 Partikelns kinetik	6.2(b)
Fp13		odämpade svängningar	6 Partikelns kinetik	6.4
Fp14		arbete och energi	5 Partikelns kinetik	6.3
Fp15		energisatsen	5 Partikelns kinetik	6.3
Fp16		impulslagen	10 System av kroppar	10.2
Fp17		stötförlopp	10 System av kroppar	10.2
Fp18	Stelkropps-dynamik	rotation fix axel - kinematik	8 Stela kroppens kinem.	8.1
Fp19		fix axel kinetik tröghetsmoment	9 Stela kroppens kinetik Appendix	9.1 A.1
Fp20		allmän plan rörelse	8 Stela kroppens kinem.	8.2
Fp21		plan rörelse - kinetik	9 Stela kroppens kinetik	9.2
Fp22		repetition		

## Seminarieplan

Seminarieerna och föreläsningarna följs i regel åt inom en dubbeltimme. Dvs ett 45-min pass föreläsning följs av ett 45-min pass seminarium och de berör samma kursmoment.

Seminarium	Kursdel	Kursmoment
Sp1	Introduktion	kraft och moment 2D
Sp2		friläggning och jämvikt 2D
Sp3		friläggning och jämvikt 2D
Sp4		rätlinjig rörelse
Sp5		accelerationslagen 1D
Sp6	Statik	kraft och moment 3D
Sp7		friläggning och jämvikt 3D
Sp8		resultantsystem
Sp9		tyngdpunkt
Sp10		friktion
Sp11	Partikel-dynamik	rörelsebeskrivning 2D
Sp12		accelerationslagen 2D
Sp13		odämpade svängningar
Sp14		arbete och energi
Sp15		energisatsen
Sp16		impulslagen
Sp17		stötförlopp
Sp18	Stelkropps-dynamik	rotation fix axel - kinematik
Sp19		fix axel kinetik och tröghetsmoment
Sp20		allmän plan rörelse
Sp21		plan rörelse - kinetik
Sp22		tentaräkning

## Övningsplan - Introduktion

Övning	Kursmoment	Text i boken	Övningsproblem	Extra uppgifter
1	Kraft och moment 2D	I, 1.1, 1.2 ej 1.2(e)	1.13, 1.14, 1.11, 1.15, 1.18 1.20	1.16 1.22, 1.24
2	Friläggning jämvikt 2D	2.1, 2.2 ej 2.2(e)	2.1, 2.2, 2.3a, 2.5a 2.7a,b,d , 2.9a,b	2.14
3	Friläggning jämvikt 2D		2.16a,c,e,f, 2.23, 2.32, 2.35, 2.17a,b	2.20, 2.43
4	Rörelse 1D	5.1	5.2, 5.3, 5.5, 5.7, 5.9, 5.13	5.24
5	Acc.lagen 1D	6.1, 6.2(a)	6.12, 6.15, 6.16, 6.21	6.27
6	Acc.lagen 1D		6.33, 6.29, 6.36, 6.55	6.22

## Övningsplan - Statik

Övning	Kursmoment	Text i boken	Övningsproblem	Extra uppgifter
7	Kraft och moment 3D	1.3a-d	Diagnostiskt test B1.4, 1.33, 1.39, 1.46a,b, 1.47	1.48
8	Friläggning, jämvikt	2.2 ej (e) 2.3	2.21a,b 2.65, 2.77, 2.80, 2.70	2.66
9	Resultant-system	1.2(e) 1.3(e)	1.23, 1.32, 1.27 1.60a,b, 1.64b	
10	Tyngdpunkt	3.1, 3.2	3.6, 3.11a,b,e, 3.16, 3.21a,b	
11	Friktion	4.1	4.1, 4.7, 4.15, 4.22, 4.29	4.21, 4.32

## Övningsplan - Partikelmekanik

Övn.	Kursmoment	Text i boken	Övningsproblem	Extra uppgifter
12	Acc.lagen 1D Krokinjig rörelse	6.2(a)	6.50, 6.42	6.44
		5.2	5.29, 5.51, 5.41, 5.48, 6.62	5.47
13	Acc.lagen i planet	6.2(b)	6.76, 6.84, 6.80, 6.88	6.89
14	Odämpade svängningar	6.4	Se separata övningsuppgifter på hemsidan.	
15	Arbete/ Energi	6.3	6.112, 6.113, 6.127 6.130, 6.118	6.121
16	Energi/ Impuls	6.3	6.131, 6.137, 6.138 6.150a,b, 6.155	
17	Impuls/ Stötförlopp	6.3	6.152, 6.157	
		10.2	10.27, 10.28, 10.42	10.39

## Övningsplan - Stelkroppsdynamik

Övning	Kursmoment	Text i boken	Övningsproblem	Extra uppgifter
18	Rotation fix axel Tröghetsmoment	8.1	8.1, 8.2, 8.6	
		A.I	AI.3, AI.6, AI.11	AI.16
19	Kinetik fix axel	9.1	9.1, 9.10, 9.5, 9.34, 9.27a,b	9.7
20	Plan rörelse	8.2	8.12, 8.28, 8.17, 8.38	8.36
21	Kinetik vid plan rörelse	9.2	9.61a, 9.41, 9.42, 9.76, 9.48a	9.83

## Tidplan och lokaler 2019

Vecka	Datum	Dag	Tid	Lokal	Aktivitet <sup>1</sup>
13	25/3	Månd.	13-15	V:A	Fp1, Fp2
		Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö1
	26/3		10-12	V:A	Sp1, Sp2
		Onsd.	13-15	V:O1-2,N1-2	Ö2
	27/3	Fred.	8-10	V:A	Fp3, Sp3
			10-12	V:O1-2,N1-2	Ö3
14	1/4	Månd.	13-15	V:A	Fp4, Sp4
		Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö4
	2/4		10-12	V:A	Fp5, Sp5
		Onsd.	13-15	V:O1-2,N1-2	Ö5
	3/4	Fred.	8-10	V:A	Fp6, Sp6
			10-12	V:O1-2,N1-2	Ö6
15	8/4	Månd.	13-15	V:A	Fp7, Sp7
		Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö7+Diagn. test <sup>2</sup>
	9/4		10-12	V:A	Fp8, Sp8
		Onsd.	13-15	V:O1-2,N1-2	Ö8
	10/4	Fred.	8-10	V:A	Fp9, Sp9
			10-12	V:O1-2,N1-2	Ö9
16	15/4	Månd.	13-15	V:A	Fp10, Sp10
	17/4	Onsd.	10-12	V:O1-2,N1-2	Ö10
17	26/4	Fred.	8-13	MA:9E-F	Omtenta
18					Uppehåll
19	6/5	Månd.	13-15	V:A	Fp11, Sp11
		Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö11
	7/5		10-12	V:A	Fp12, Sp12
		Onsd.	13-15	V:O1-2,N1-2	Ö12
	8/5	Fred.	8-10	V:A	Fp13, Sp13
			10-12	V:O1-2,N1-2	Ö13
20	13/5	Månd.	13-15	V:A	Fp14, Sp14
		Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö14
	14/5		10-12	V:A	Fp15, Sp15
		Onsd.	13-15	V:O1-2,N1-2	Ö15
	17/5	Fred.	8-10	V:A	Fp16, Sp16
			10-12	V:O1-2,N1-2	Ö16

**Anm.** 1) Fp: föreläsningsspass (45min), Sp: seminariepass (45 min), Ö: övning (2x45min).  
 2) Ett icke betygsgrundande test med samma upplägg som teoritentamen.

**Tidplan forts...**

Vecka	Datum	Dag	Tid	Lokal	Aktivitet
21	20/5	Månd.	13-15	V:A	Fp17, Sp17
		Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö17
			10-12	V:A	Fp18, Sp18
	22/5	Onsd.	8-10	V:B	Fp19, Sp19 <sup>3</sup>
			13-15	V:O1-2,N1-2	Ö18
	24/5	Fred.	8-10	V:A	Fp20, Sp20
10-12			V:O1-2,N1-2	Ö19	
22	27/5	Månd.	13-15	V:A	Fp21, Sp21
	28/5	Tisd.	8-10	V:O1-2,N1-2	Ö20
			10-12	V:A	Fp22, Sp22 <sup>4</sup>
	29/5	Onsd.	13-15	V:O1-2,N1-2	Ö21
22	7/6	Fred.	8-13	Vic:3	Tentamen
34	21/8	Onsd.	14-19	MA:9A-C	Omtenta

**Anm.** 3) Obs! Annan sal. 4) Repetition.