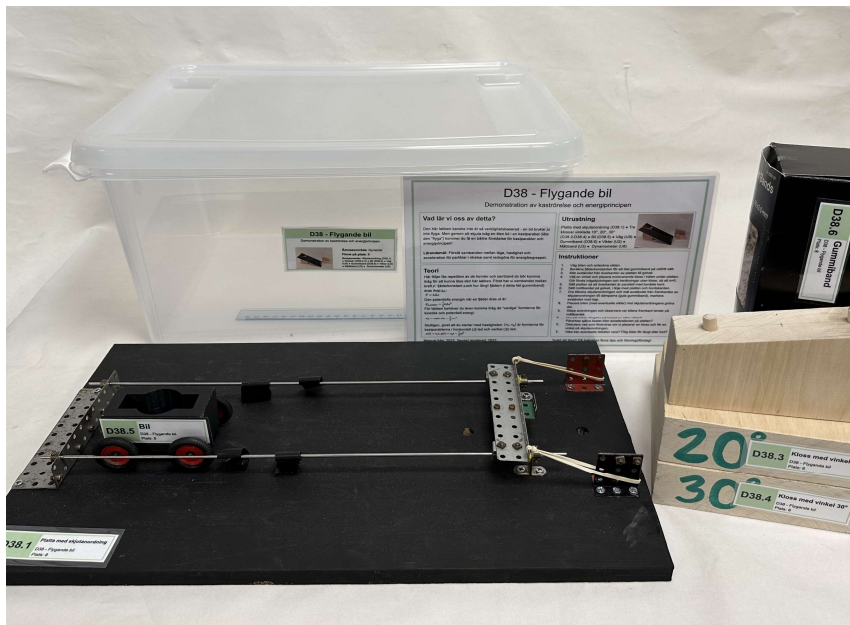




CHALMERS



# Studio i mekanik och hållfasthetslära

Systematisk digitalisering och organisering av studio med laborationer i mekanik och hållfasthetslära

Kandidatarbete inom mekanik och maritima vetenskaper

RASMUS FISCHER  
ANNA GÖTBERG  
EMMA LÖFGREN  
BJARNE SIHLBOM

INSTITUTIONEN FÖR  
MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2023  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)

KANDIDATARBETE 2023

## Studio i mekanik och hållfasthetslära

Systematisk digitalisering och organisering av studio med  
laborationer i mekanik och hållfasthetslära

Kandidatarbete i mekanik och maritima vetenskaper

RASMUS FISCHER  
ANNA GÖTBERG  
EMMA LÖFGREN  
BJARNE SIHLBOM

Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
*Avdelningen för dynamik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2023

Studio i mekanik och hållfasthetslära  
Systematisk digitalisering och organisering av studio med laborationer i mekanik  
och hållfasthetslära  
RASMUS FISCHER, ANNA GÖTBERG, EMMA LÖFGREN,  
BJARNE SIHLBOM

© RASMUS FISCHER, ANNA GÖTBERG, EMMA LÖFGREN,  
BJARNE SIHLBOM, 2023.

Handledare: Mats Ander, Institutionen för Industri- och materialvetenskap  
Examinator: Peter Folkow, Institutionen för Mekanik och maritima vetenskaper

Kandidatarbete 2023  
Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
Chalmers tekniska högskola  
SE-412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon: +46 (0)31-772 1000

Omslag: En sammanställning av producerat material från kandidatarbetet. Det inkluderar stora och små etiketter samt manual till en laboration (i detta fall *Flygande bil*).

Skrivet i L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X  
Tryckeri/Institutionen för mekanik och maritima vetenskaper  
Göteborg, Sweden 2023

## Abstract

The theme for this bachelor's thesis, *Studio i mekanik och hållfasthetslära*, has existed since 2013 but hasn't been carried out every year. The theme provides an opportunity for students to, among other things, build their own experiments in courses related to mechanics, dynamics, and strength of materials. The experiments aim to give students an intuitive understanding of various phenomena discussed in the courses.

After discussions in the group, a decision was made that the work would primarily involve organizing, structuring, and repairing the studio and its experiments in a way that makes it easier to use with existing experiments, as there were already enough experiments at the time. Other goals with the project were to make the studio better for learning and create a good foundation for future projects within the same theme.

With a focus on making the studio user-friendly, a literature search was conducted with the goal of finding an appealing way to design lab manuals and create unity among all the experiments. Then, templates for new manuals and labels, including the graphical design and guidelines for text formatting, were created during an iterative process. Following that, a total of 37 drafts for new manuals were created with accompanying labels. A Canvas page for the studio was also created.

During the process, interviews and a study visit were conducted. However, since these happened very early in the process they did not contribute much to the end result, but they did contribute to the development of the project. The literature study was a bigger contributor and aspects such as font, text size, colors, contents and the visual hierarchy were motivated with literature. Finally, ideas for future bachelor's theses were put forward, which include new experiments and advice for the future move of the studio.

## Sammandrag

Kandidatarbetesämnet *Studio i mekanik och hållfasthetslära* har funnits sedan 2013 men inte blivit av varje år. Ämnet ger en möjlighet för studenter att bl.a bygga egna experiment i kurser inom området mekanik, dynamik och hållfasthetslära. Experimenten har för avsikt att studenter ska få en intuitiv uppfattning om olika fenomen som man läser om i kurser.

Efter diskussion i gruppen valdes att arbetet skulle gå ut på att organisera, strukturera och reparera studion och dess experiment på ett sätt som gör det lättare att använda sig av den med befintliga experiment, då det ansågs finnas tillräckligt med experiment i nuläget. Andra mål med projektet var att göra studion mer pedagogisk och att skapa en bra grund för framtida arbeten inom samma ämne.

Med fokus på att göra studion användarvänlig har en litteratursökning utförts med målet att hitta ett tilltalande sätt att utforma labbmanualer och skapa en enighet med alla experiment. Därefter skapades mallar för nya manualer och etiketter i en iterativ process, med särskild hänsyn till den grafiska designen och textformateringen. Totalt 37 utkast till nya manualer skapades med tillhörande etiketter utifrån mallarna. Dessutom gjordes en ny Canvassida för studion.

Under arbetets gång skedde också intervjuer och ett studiebesök. Då dessa gjordes mycket tidigt i processen bidrog de inte mycket till slutresultatet, men de gav värdefulla insikter under arbetets gång. Litteraturstudien bidrog med mer i form av att sådant som textstorlek, typsnitt, färger, innehåll och visuell hierarki motiverades med litteraturen. Slutligen presenterades idéer för framtida kandidatarbeten, som innefattar nya experiment och råd inför studions framtida flytt.



# Förord

Denna rapport om kandidatarbetet *Studio i mekanik och hållfasthetslära* är skriven av fyra civilingenjörstudenter i årskurs tre på Chalmers tekniska högskola. Tre av studenterna läser med inriktning Maskinteknik och en läser med inriktning Teknisk fysik.

Vi vill börja med att tacka vår underbara handledare Mats Ander som med sin alltid positiva inställning har fått morgonmötena att vara smärtfria. Vi vill även ägna ett stort tack till vår examiner Peter Folkow och Mats Ander för den tiden de lagt ner på projektets olika delar. Vidare vill vi tacka Jim Brouzoulis och Ulf Gran för intervjuerna med dem som ledde till en större inblick från en lärares perspektiv. Till sist vill vi även tacka Magnus Karlsteen som tog emot oss på FysikLek och visade oss hur man på ett lite roligare sätt kan presentera information till manualer.

Till sist vill vi uppmana framtida grupper inom detta kandidatarbete att använda sig av den struktur som tagits fram under detta arbete i form av exempelvis nya nummersystem, nya designriktlinjer till manualer och ny struktur på Canvassidan.

Rasmus Fischer, Anna Götberg, Emma Löfgren, Bjarne Sihlbom  
Göteborg, 9 maj 2023

## Begreppslista

- **Canvas** - En lärplattform som används generellt på hela Chalmers.
- **Canvassidan** - Kurshemsidan för *Studio i mekanik och hållfasthetslära* på lärplattformen Canvas.
- **Gruppen** - Består av de fyra civilingenjörsstudenter, tre från Maskinteknik och en från Teknisk fysik, som skriver rapporten.
- **Kurslabbet** - Ett samlat labb för flera verksamheter i Maskinhuset på Chalmers tekniska högskola, exempelvis Formula Student och i framtiden också studion i mekanik och hållfasthetslära.
- **Lärare** - Examinatorer, undervisare, föreläsare, laborationshandledare och räkneövningsledare på Chalmers tekniska högskola.
- **Prototyplabbet** - En lokal i Maskinhuset på Chalmers som innehåller maskiner och verktyg där man kan få hjälp av erfarna anställda.
- **Studion** - Rummet i Maskinhusets källare som hushåller alla experiment i dagsläget.



# Innehåll

<b>Figurer</b>	<b>xv</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund . . . . .	1
1.2 Syfte . . . . .	2
1.3 Avgränsningar . . . . .	2
<b>2 Teori</b>	<b>3</b>
2.1 Motiverande design . . . . .	3
2.2 Att göra designval med användaren i fokus . . . . .	3
2.2.1 Kognitiv ergonomi och inläring . . . . .	4
2.2.2 Dekorativ kontra funktionell design . . . . .	5
2.3 Detaljer som utgör ett användarvänligt gränssnitt . . . . .	7
2.3.1 Text och utformning . . . . .	7
2.3.2 Rutnät och positionering . . . . .	8
2.3.3 Färg och symboler . . . . .	9
2.4 Att genomföra en utvecklingsprocess . . . . .	10
<b>3 Genomförande</b>	<b>11</b>
3.1 Inventering av studion . . . . .	11
3.2 Intervjuer . . . . .	11
3.3 Studiebesök . . . . .	11
3.4 Litteraturstudie . . . . .	12
3.5 Uppdatering av studions struktur . . . . .	12
3.6 Gränssnittsdesign av manualer och etiketter . . . . .	13
3.6.1 Inledande kartläggning av användarprofiler . . . . .	13
3.6.2 Från teori till färdigt resultat . . . . .	13
3.7 Digitalisering av studions innehåll . . . . .	15
3.8 Reparation och komplettering av befintliga experiment . . . . .	16
3.9 Utformning av nya studion . . . . .	16
<b>4 Resultat</b>	<b>17</b>
4.1 Inventering av studion . . . . .	17
4.2 Intervjuer . . . . .	17
4.3 Uppdatering av studions struktur . . . . .	18
4.3.1 Övergripande struktur . . . . .	18
4.4 Gränssnittsdesign av manualer och etiketter . . . . .	19

4.4.1	Etikettmallar . . . . .	19
4.4.2	Manualmallar . . . . .	21
4.4.3	Uppdatering av manualer och etiketter till experiment . . . . .	23
4.4.4	Uppdaterade etiketter . . . . .	23
4.4.5	Uppdaterade manualer . . . . .	26
4.5	Digitalisering av studions innehåll . . . . .	27
4.5.1	Canvassidans nya startsida . . . . .	28
4.5.2	Canvassidans moduler . . . . .	28
4.5.3	Nya möjligheter att ge tips och feedback . . . . .	29
4.6	Reparation och komplettering av befintliga experiment . . . . .	29
4.6.1	Lyft dig själv . . . . .	29
4.6.2	Balkrigg . . . . .	30
4.6.3	Två balkar som visar translation . . . . .	31
4.6.4	Flytta moment . . . . .	31
4.6.5	Gamla kulbanan . . . . .	32
4.6.6	Gyro med elektrisk anbringare . . . . .	32
4.6.7	Tyngdpunktsplatta . . . . .	33
4.6.8	Skumgummibalkar . . . . .	33
4.6.9	Spänningsoptik . . . . .	34
4.7	Utformning av nya studion . . . . .	34
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>37</b>
5.1	Planering och förarbete . . . . .	37
5.1.1	Inventering . . . . .	37
5.1.2	Intervjuer och studiebesök . . . . .	37
5.1.3	Utvärdering av övergripande planering . . . . .	38
5.1.4	Litteraturstudie . . . . .	39
5.2	Resultatet i förhållande till det teoretiska ramverket . . . . .	39
5.2.1	Motiverande design . . . . .	39
5.2.2	Att göra designval med användaren i fokus . . . . .	39
5.2.2.1	Kognitiv ergonomi och inläring . . . . .	40
5.2.2.2	Dekorativ kontra funktionell design . . . . .	41
5.2.3	Detaljer som utgör ett användarvänligt gränssnitt . . . . .	42
5.2.3.1	Text och utformning . . . . .	42
5.2.3.2	Rutnät och positionering . . . . .	42
5.2.3.3	Färg och symboler . . . . .	43
5.3	Tillämpning av studion . . . . .	43
5.4	Vidare arbete med studion för lärare . . . . .	44
5.5	Vidare arbete med studion för framtida kandidatarbeten . . . . .	44
5.5.1	Slutgiltig färdigställning av årets arbete . . . . .	44
5.5.2	Studions struktur . . . . .	44
5.5.3	Flytt av studion . . . . .	45
5.5.4	Nya experiment och manualer . . . . .	45
5.5.5	Framtida fallgropar med studion . . . . .	46
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>47</b>

---

<b>Litteraturförteckning</b>	<b>49</b>
<b>A Dokumentationsmall</b>	<b>I</b>
<b>B Intervjuer</b>	<b>IX</b>
B.1 Intervju med Jim Brouzoulis . . . . .	IX
B.2 Intervju med Ulf Gran . . . . .	X
<b>C Fler manualer</b>	<b>XI</b>



# Figurer

2.1	Fördelning av kognitiv belastning vid olika gränssnitt, inspirerad av [4]. . . . .	4
2.2	Fördelning av uppmärksamhet på olika informationsgrupper, inspirerad av [6]. . . . .	8
2.3	Exempel på standardfärger och betonande färger, inspirerad av [6]. . . . .	9
3.1	Ett exempel på den iterativa processen där färgerna till etiketterna (och manualerna) togs fram genom mättnad av färgen på etiketterna. . . . .	14
3.2	Ett exempel på den iterativa processen för manualerna, där höger och vänster bild har olika stora mellanrum mellan innehållsrutorna. . . . .	15
4.1	Färgkodningen per kategori inklusive HEX-kod. . . . .	19
4.2	Mall för laborationsetiketterna för både statik, dynamik och hållfasthetslära. . . . .	20
4.3	Etikettmall för universal-, statik-, dynamik-, och hållfasthetslära-komponenter. . . . .	21
4.4	Manualmall för hållfasthetslära (med rosa färg). . . . .	22
4.5	Mall för lösningar till en laboration, i detta fall en statiklaboration. . . . .	23
4.6	De övergripande etiketterna för laborationerna. I figuren syns tre exempel, en statik-, en dynamik- och en hållfasthetslära-laboration. . . . .	24
4.7	Etiketter för komponenter. I figuren finns exempel på dessa för de olika ämnesområdena samt för universalkomponenter. . . . .	25
4.8	De slutgiltiga etiketterna placerade på en laboration, i detta fall laborationen <i>Flygande bil</i> . . . . .	26
4.9	Färdiga manualer för en laboration i dynamik med framsida och baksida (med ledning och lösningsförslag). . . . .	27
4.10	Utdrag ur den nya startsidan till studios Canvassida. I figuren syns en bild av studio samt delar av listan av alla experiment. . . . .	28
4.11	Utdrag från Canvassidans moduler. Här syns uppdelningen mellan statik, dynamik och hållfasthetslära. . . . .	29
4.12	Jämförelse av experimentet <i>Lyft dig själv</i> innan och efter det kompletterades med en ny våg och ett nytt handtag. . . . .	30
4.13	Balkriggen innan och efter den kompletterades med en ny fot. . . . .	30
4.14	De två uppdaterade balkarna med en ny visare på ena balken och en ny linjal på den andra. . . . .	31
4.15	Laborationen <i>Flytta moment</i> med den nya momentnyckeln. . . . .	31
4.16	En bild på kulbanan som nu är bättre fastskruvad. . . . .	32

4.17	Laborationen <i>Gyron</i> som fått en ny o-ring till anbringaren. . . . .	32
4.18	Den renoverade tyngdpunktsplattan med nya snören som man kan hänga vikter i. . . . .	33
4.19	De nya skumgummibalkarna och skumgummiaxlar som köpts in. Två av dem har cirkulärt tvärsnitt och handtag och två av dem har rektangulärt tvärsnitt och inte handtag. . . . .	34
4.20	Laborationen <i>Spänningsoptik</i> , som fått nya polykarbonatskivor, med tillhörande utrustning. . . . .	34
C.1	Utkast till manual för statiklaborationen <i>Förflyttning av last på balk</i> med framsida och baksida. . . . .	XII
C.2	Utkast till manual för statiklaborationen <i>Tyngdpunktsplatta</i> med framsida och baksida. . . . .	XIII
C.3	Utkast till manual för dynamiklaborationen <i>Ölburksrace</i> med framsida och baksida. . . . .	XIV
C.4	Utkast till manual för en laboration i hållfasthetslära med framsida och baksida, i detta fall <i>Tensegritetsspall</i> . . . . .	XV

# 1

## Inledning

Det här kandidatarbetet handlar om att göra en studio med laborationer i mekanik och hållfasthetslära mer tillgänglig och praktisk. Tidigare har bristande struktur och dokumentation begränsat användningen av studion, men genom att skapa en enhetlig struktur och digitalisera materialet förväntas detta arbete öka nyttjandet av studion. Detta har åstadkommit genom att organisera befintliga experiment samt skapa nya manualer och dokumentationsrutiner. Målet är att bidra till en mer effektiv inläring av mekanik och hållfasthetslära vid Chalmers tekniska högskola.

### 1.1 Bakgrund

Mekanik och hållfasthetslära är etablerade ämnen som ingår i ett flertal kurser på olika ingenjörsprogram vid Chalmers tekniska högskola. Då kurserna behandlar grundläggande fysiska begrepp är det av stor vikt att kunskapen kan erövrats av studenterna, eftersom begreppen sedan kan komma att tillämpas i efterföljande kurser eller arbeten.

Arbetet med syfte att utveckla en studio i mekanik och hållfasthetslära introducerades första gången 2013, och har sedan dess varit ett stående kandidatarbete under institutionen för Mekanik och maritima vetenskaper eller institutionen för Industri- och materialvetenskap. Grundorsaken till kandidatarbetets uppkomst var avsaknaden av en bestämd plats för fysiska experiment [1], samt att ge studenter som genomfört berörda kurser möjlighet att skapa experiment som de anser hade gynnat undervisningen. Genomförandet av arbetet har skiljt sig åt mellan åren men med den gemensamma målsättningen att skapa komplement till undervisningen för att öka studenternas förståelse och främja inlärningsprocessen. Den nuvarande studion är placerad i ett korridorsrum i Maskinhusets källare, men på grund av omstrukturering av lokaler i Maskinhuset kommer studion inom snar framtid behöva flyttas till kurslabbet i samma byggnad.

De senaste årens kandidatarbeten i studion har fokuserat mer på att göra nya experiment, och mindre på att bibehålla en god kommunikation om och kring studion. Ett större utnyttjande av studion skulle gynna studenters lärande, då lärandemål i fysikkurser lättare uppnås med en kombination av teori och praktik [2]. Dessutom förbättras även långtidsinläringen av att kombinera teoriundervisning med laborationer. Inläringen blir ännu bättre om studenterna kan ta del av och arbeta med material tillhörande laborationen både innan och efter laborationen. Detta är något

som inte var möjligt innan projektets start då materialet inte var enhetligt och till viss del inte fanns alls. Dessutom reflekterade inte studios Canvassida den mängd material som faktiskt finns i studion, och därför användes studion inte på bästa sätt i hänsyn till praktikalitet och inläring.

Det fanns därmed flera brister i studion som gjorde att den inte kunde utnyttjas till fullo, och det fanns ett behov av en enhetlig struktur, digitalisering samt komplettering av material till studion. Detta är särskilt viktigt eftersom den kommande flytten till kurslabbet kräver att studios material är väldokumenterat och överskådligt. Det skulle också förbättra studenters inlärande direkt, genom bättre manualer, och indirekt, genom att studion blir mer lättanvänd för lärare. Tyngdpunkten vid årets kandidatarbete har därför legat vid att skapa en enhetlig struktur för studion med nya laborationsmanualer och dokumenteringsrutiner, anpassa befintligt material till den nya strukturen samt digitalisera detta i studios Canvassida.

## 1.2 Syfte

Syftet med årets arbete är att öka tillgängligheten av studion för studenter och lärare genom att skapa en enhetlighet i instruktioner, om hur man använder och var man hittar studios material samt att genomföra en digitalisering av studion.

## 1.3 Avgränsningar

Arbetet har en tidsmässig begränsning till vårterminen 2023, och för att inom tidsramen ges möjlighet till att uppfylla syftet för projektet har några punkter valts att inte behandlas. Årets arbete har primärt inte fokuserat på att tillverka nya experiment. Istället har gruppen inriktat sig på att göra kommunikationen (med manualer och dokumentation) kring studion tydligare samt anpassa studion för att göra den mer användbar för olika kurser. Denna avgränsning gör att årets arbete har skapat en god grund för nästa års arbete att återigen tillverka nya experiment.

På grund av att tidpunkten för studios flytt ännu inte är bestämd, finns det begränsningar i hur väl gruppen kunde anpassa nuvarande material till en specifik miljö och hur väl projektet kunde planeras. Detta innebär att arbetets omfattning och genomförbarhet har påverkats av dessa faktorer. Exempelvis har detta gjort att den nya strukturen inte kan vara fast bunden till en specifik lokal.

# 2

## Teori

Detta avsnitt innehåller all den teori som framtagits genom en litteraturstudie för att kunna utföra arbetet på korrekt sätt med argument bakom besluten som tagits. Litteraturstudien inleddes med en studie om motiverande design, som övergripande är en teori om hur design påverkar lärande. Därefter gjordes en mer ingående studie om hur designen ska utformas för optimalt lärande, med exempelvis kognitiv ergonomi, funktionell design samt detaljer som färger, typsnitt och symboler. Slutligen beskrivs i detta avsnitt en typ av utvecklingsprocess för användbara system.

### 2.1 Motiverande design

Syftet med motiverande design är att förbättra motivationen hos en person att exempelvis lära sig, arbeta eller göra en förändring i sitt liv [3]. Inom lärande kan den motiverande designen samverka med andra strategier för att förbättra lärandet, och kan ses som en delmängd av instruerande design.

Ett flertal strategier som kan användas till att konstruera lärandematerial enligt motiverande design har sammanställts till ARCS-modellen [3]. ARCS står för *Uppmärksamhet* (Attention), *Relevans* (Relevance), *Självsäkerhet* (Confidence) och *Tillfredsställelse* (Satisfaction). Inom dessa fyra kategorier finns det olika frågor som går att arbeta med för att implementera motiverande design i lärandet. Alla fyra kategorier kan och bör implementeras i motiverande design och de kan även överlappa.

Strategier för att få studenters uppmärksamhet innefattar t.ex. vad man ska göra för att få studenters intresse, hur man skapar ett kunskapssökande beteende och att man bör skapa en variation. För att skapa relevans bör lärandematerialet vara målorienterat och familjärt och man bör försöka förstå studenternas motiv. Självsäkerheten kan förbättras genom att göra kraven tydliga, ge studenterna framgång och få studenterna säkra på att det är deras förmågor som gett dem framgång. Slutligen kan tillfredsställelse skapas genom att ge studenterna möjlighet att använda deras nya kunskaper, att göra så att konsekvenserna av lärandet blir positiva samt att se till att allas framgångar värderas lika.

### 2.2 Att göra designval med användaren i fokus

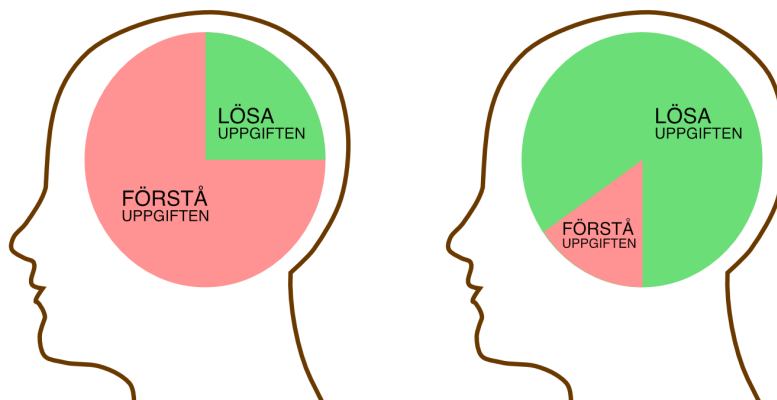
Design av en inlärningsupplevelse kräver hänsyn till användarens förutsättningar och att ha användaren i fokus vid utformning av innehåll, miljö och villkor [4]. Ett gräns-

snitt som har väntade val och alternativ går lättare för användaren att bearbeta och gör processen snabbare. Både användare och processen gynnas av lättanvändlighet då människan letar efter lätta val och snabba belöningar [5]. För att kunna avgöra vad lättanvändlighet är för användaren i fråga behöver en användarprofil skapas. Användarprofilen kan skapas genom att ställa frågorna till eller observera användaren. Arvola [5] listar lämpliga fokuspunkter att inkludera i datainsamlingen enligt nedan.

- Vilka färdigheter har användaren inom området?
- Vad vet eller tror användaren om det område produkten ska användas?
- Hur gammal är användaren?
- Hur lyder ett typiskt citat från användaren?
- Vilka typiska personlighetsdrag har användaren?
- Vad känns rätt i situationen, och vad känns fel för användaren?
- Vad räknas av användaren som en framgång?
- Vilka bakomliggande drivkrafter har användaren inom det område produkten används?

### 2.2.1 Kognitiv ergonomi och inlärning

Desto mer hjärnkapacitet som används för att förstå informationen, desto mindre finns tillgängligt för lärande. Designen på gränssnittet bör därför hållas enkelt utan onödiga distraktioner så att den kognitiva belastningen för att bearbeta informationen minimeras [4]. Det illustreras i figur 2.1 nedan.



**Figur 2.1:** Fördelning av kognitiv belastning vid olika gränssnitt, inspirerad av [4].

Om informationen delas in i grupper som tydligt urskiljer sig från varandra, vet användaren vilken data som hör ihop och inte. Designen styr på så sätt uppmärksamheten hos användaren och underlättar för arbetsminnet. Det ska också finnas en

logisk väg mellan de olika elementen så att det blir intuitivt hur ögat ska vandra på gränssnittet och det ska vara lätt att avläsa bilden för att snabbt avgöra var olika information hittas [5]. Icke-nödvändig eller tilläggsinformation kan med fördel gömmas på en annan sida. Om det inte går att lägga denna information på annan sida kan pixlarna göras mindre framträdande genom att exempelvis minska opaciteten (transparens). Några andra saker att ha i åtanke vid design av gränssnitt är att ta bort onödiga alternativ och rubriker. Ett par exempel är att reducera antalet steg för att komma åt relevant information eller att sätta ihop olika alternativ för att minska informationen som ska bearbetas [5]. Människan har ett begränsat arbetsminne och har därför svårt att hålla mycket information i huvudet samtidigt. Därför har det bästa gränssnittet all relevant information på samma sida, utan behov av att bläddra eller scrolla mellan olika sidor. Förståelsen ökar när all information är synlig samtidigt [6].

För att skapa ett lärande behöver det skapas struktur för det som ska läras in. Robert Gagné skapade en guide för detta som senare blivit populärt inom utbildning. Gagné beskriver nio olika steg för lärande enligt följande [4]:

1. Få uppmärksamhet.
2. Informera studenterna om mål.
3. Återkoppla till tidigare lärande.
4. Presentera innehållet.
5. Ge vägledning.
6. Uppmuntra träning.
7. Ge feedback.
8. Bedöm prestation.
9. Göra det möjligt att applicera kunskapen till framtida arbete.

### 2.2.2 Dekorativ kontra funktionell design

När två likvärdiga gränssnitt jämförs med varandra är det som är mer attraktivt hos användaren bedömt som mer lättanvändligt [4]. Lättanvändligheten gör gränssnittet mer effektivt och därmed även användarens arbete mer effektivt. När något upplevs som estetiskt tilltalande är användaren mer förlåtande mot eventuella hinder. Den positiva inställningen till uppgiften gör alltså användaren mer tålmodig [4].

En snygg presentation av information gör den även mer trovärdig [4]. Användaren gör snabbt en bedömning av materialets trovärdighet baserat på ytliga attribut såsom utseende och utformning. Text som är lättare att läsa är mer sannolik att uppfattas som sann. Därmed spelar det ingen roll hur många krediterade referenser som används om den visuella designen är dålig.

De dekorativa elementen bör dock balanseras mot funktionaliteten hos dem. Varje designelement ska ha ett syfte och innehålla precis tillräckligt mycket pixlar för att förmedla informationen [4]. Till exempel ska 3D-effekter och gradienter undvikas

om de inte medför extra information och en designer bör inte färglägga eller lägga till extra pixlar endast för att det ska ”bli snyggt”. Att skapa en attraktiv design handlar om att kommunicera den data som finns och göra den estetiskt tilltalande med hjälp av design men utan att lägga till extra pixlar. Det är viktigt att det inte sker på bekostnad av användarvänligheten och den kognitiva ergonomin [6].

Att ha bilder som stödjer texten främjar inläringen, förutsatt att bilden är relevant [4]. Bilder är relevanta när de hjälper läsaren tolka och bearbeta den tillhörande texten. Nedanstående frågor behövas besvaras för att avgöra en bilds relevans:

- Vad är syftet med bilden?
- Distraherar den från uppgiften eller gör den det svårare att upprätthålla fokus på resterande element?
- Är bilden generisk eller går den att anpassa mer efter sammanhanget?
- Hjälper designen att vägleda det visuella fokuset till det som är viktigast?

För att avgöra relevans för grafik listar [7] sex olika sorters grafik som används för att stödja inläring.

1. Dekorativ grafik  
Används för att dekorera en sida utan att tillföra någon information relevant till textens budskap.
2. Representativ grafik  
Beskriver ett enskilt element, till exempel en bild som visar en cykel bredvid en text om en cykel, utan att tillföra ny information.
3. Relationell grafik  
Visar relationer mellan olika variabler, exempelvis i form av grafer.
4. Organisatorisk grafik  
Kan användas för att beskriva olika delar som gör ett objekt, som en ritning.
5. Transformativ grafik  
Visar förändring av ett objekt över tid, till exempel de olika stegen vid uppblåsning av ett cykeldäck.
6. Tolkande grafik  
Illustrerar osynliga relationer som till exempel en animation av en cykelpump i användning.

Författarna avslutar beskrivningen med att rekommendera användning av organisatorisk, transformativ och tolkande grafik och avråder från dekorativ och representativ grafik. Vidare diskuteras att kombinationen av text och grafik bevisades underlätta för nybörjare vid inläring då de kunde se den nya informationen i ett sammanhang. De som redan hade goda kunskaper inom området kunde ersätta grafiken med egna mentala bilder från minnet vid läsning av text och behövde alltså

ingen stödjande grafik för att förstå texten [7]. För att denna grafik ska bli användbar för användaren behöver innehållet kodas på ett sådant sätt att användaren förstår innehållet. Detta kräver att designern ska beakta användaren vid val av språk och annan kommunikation för att kunna avgöra vad som är generisk kunskap och ej [4].

## 2.3 Detaljer som utgör ett användarvänligt gränssnitt

En standardisering av rutnät är viktigt för att användaren alltid ska veta var olika information går att hitta [5]. Det ska finnas en tydlig visuell hierarki där de centrala gränssnittselementen betonas så att användaren tydligt kan avgöra vad som är viktigast och ska få uppmärksamhet först. Val av storlek, form, position, färg och måttnad påverkar intrycket. Ju större kontrast som finns mellan elementen desto tydligare blir hierarkin.

### 2.3.1 Text och utformning

Det finns många sätt att etablera den visuella hierarkin för att rikta fokus på det viktigaste. Till exempel går det att justera textstorlek, där större skillnader i storlek ger uppfattning och större skillnad i vikt [5]. Andra sätt att öka kontrasterna mellan text är **fetmarkering**, *kursivering*, och understrykning. Det går även att använda punktlistor eller markeringar som en asterisk\* för att få texten att sticka ut utan att förändra själva textens attribut.

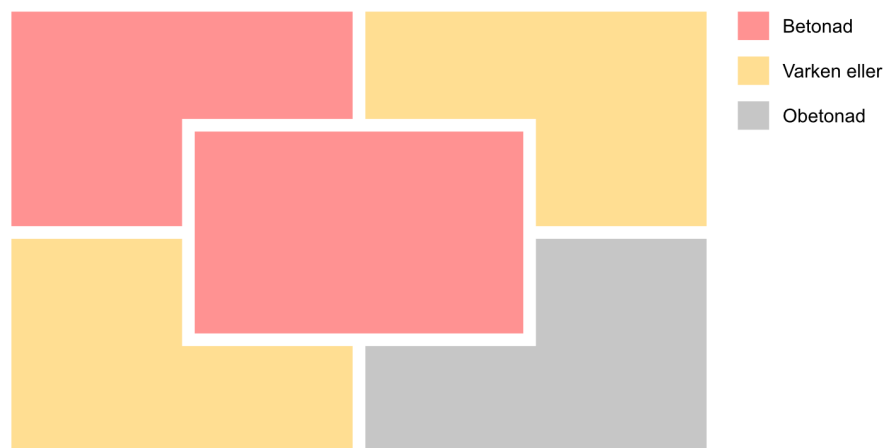
Cirka 10 procent av världens befolkning har funktionshinder som hindrar dem från att läsa eller skriva, d.v.s dyslexi, och det har visats att typsnitt påverkar läsbarheten av en text [8]. En studie har visat att icke-kursiva typsnitt utan seriffer och med jämna mellanrum mellan bokstäverna förbättrar läsförmågan både för dyslektiker och icke-dyslektiker [8]. Typsnitt som uppfyller dessa är bland andra Arial, Courier, CMU, Helvetica och Verdana. En annan studie, som behandlade exempelvis läsbarhet och läshastighet för text med och utan seriffer, visade att läsbarheten och läshastigheten inte skiljde sig åt mellan typsnitt med och utan seriffer [9]. Däremot kunde seriffer vid mycket liten text ge en liten fördel i läsbarhet eftersom bokstäver får större avstånd till varandra.

Ytterligare en studie visade att lärandet var som mest effektivt om radavståndet sattes till 1,5 gånger textstorleken samt om textstorleken inte var för liten eller för stor [10]. Dessutom var det en fördel om texten var mörk på ljus bakgrund. Detta visade också [11], där läsbarheten för text i en VR-miljö var som bäst när det var mörk text på vit, pastellblå, grå eller pastellgrön bakgrund. Sämst läsbarhet hade istället vit text på gul, grön eller blå bakgrund.

### 2.3.2 Rutnät och positionering

Vid design av ett användarvänligt gränssnitt bör det finnas ett rutnät som är samma på alla bilder, det vill säga ett tydligt mönster där användaren alltid vet vilken information som ges på vilken position varje gång. Det är därmed viktigt med tydliga del-helhetsrelationer för att kommunicera sammanhang. För att urskilja rutorna från varandra finns det några designattribut som kan användas. Det mest enkla är att använda vityta, till exempel i form av styckes- och spaltindelning mellan de olika informationselementen för att skilja dem åt och även på samma sätt skilja isär olika objekt inom en grupp [5].

Positionen av de olika elementen påverkar också hierarkin. Beroende på var informationen är placerad så får den olika mycket uppmärksamhet. Förhållande mellan olika placeringar ges i figur 2.2 nedan.



**Figur 2.2:** Fördelning av uppmärksamhet på olika informationsgrupper, inspirerad av [6].

Figur 2.2 beskriver förhållandet mellan betoningen av innehållsgruppen beroende på var den är placerad. Det är en rektangel delad i fyra rutor med en ruta på korset i mitten. Där visas det att det mest betonade är den nord-västra och mittersta rutan. Den syd-östra rutan är obetonad och den nord-östra och syd-västra är varken betonad eller obetonad.

Om det inte finns tillräckligt utrymme för att skilja grupperna åt med vityta så finns det andra sätt att åtskilja dem. Det mest effektiva för att markera grupper är ramar [6]. Där kan linjetjockleken visa på hierarkin, där en tjockare ram innehåller viktigare information. Andra former av urskiljningar är exempelvis bakgrundsfärg.

### 2.3.3 Färg och symboler

Färg är ett annat sätt att kategorisera information. En färgkodning skapar kontinuitet och mer effektiv kommunikation då färgen på ett objekt kan ge information i sig. Då minskar man på så sätt antal ord för att beskriva information och höjer data-pixel-förhållandet [4]. Vid val av färg bör intensitet och mättnad övervägas. Det är vanligt att färg används utan att färgen betyder något särskilt och det skapar därför onödigt brus. Betonande färger är färger med hög mättnad och intensitet och används för att fånga uppmärksamhet. De bör därför användas sparsamt då den starka färgen ger ett större visuellt brus och ökar den kognitiva belastningen. Vid användning av färg i ett annat syfte än att väcka uppmärksamhet rekommenderas därför standardfärger. De färgerna är mindre mättade och intensiva, och är färger som är mer vanliga i naturen och ger därför en mer lugnande känsla [6]. I figur 2.3 finns exempel på de två olika färgkategorierna.



**Figur 2.3:** Exempel på standardfärger och betonande färger, inspirerad av [6].

Vid användning av färgkodning är det också viktigt att det är tillräcklig skillnad mellan färgerna. Risken är att de annars inte går att urskilja i dålig belysning men även att det blir svårt för människor med synnedsättning att se skillnad [6]. Ännu en sak att tänka på när det är text på en färgad bakgrund är att det behöver vara tillräckligt stor kontrast mellan intensiteten på textfärgen jämfört med bakgrundsfärgen så att texten blir läsbar.

Ett annat sätt att göra information mer kompakt är att använda generiska symboler för att representera ord och på så sätt öka data-pixel-förhållandet. Vanliga exempel är olika pilar som symboliserar upp, ner eller en rotation. Även bockar och kryssymboler samt siffror är vanliga [6].

## 2.4 Att genomföra en utvecklingsprocess

Enligt [12], som behandlar framtagande av program och webbsidor, är det alltid en process att ta fram användbara (i detta fall digitala) system - en så kallad *iterativ användarcentrerad process*. Det innebär att först bör en analys göras, därefter designförslag, utvärdering och återkoppling för att sedan repeteras. Under processen bör fokus vara på användaren och dess behov och uppgifter. En tyngdpunkt läggs också vid att processen bör vara iterativ samt att aspekter som att skapa prototyper och att användarna är delaktiga i processen är viktigt. Konkret fås ett system med bra användbarhet om användaren lätt lär sig systemet [12], om det är effektivt att använda, om det är lätt att komma ihåg hur det fungerar, om det är svårt att göra fel och om det är behagligt och tilltalande att använda.

Slutligen beskriver [12] några olika metoder att utvärdera sitt system eller sin produkt, med syfte att se hur användbar den är. Några användbara metoder är exempelvis fältstudier, expertutvärdering och gruppgranskning. Dessa metoder bör kombineras och dokumenteras. Att använda enkla metoder för utvärdering är också i många fall bättre än att använda mer komplexa metoder.

# 3

## Genomförande

För att få en tydlig bild över studions befintliga skick inleddes arbetet med en inventering av studions innehåll. Sedan gjordes intervjuer och studiebesök för att bredda gruppens förståelse kring praktisk inlärning. Baserat på inventeringen, intervjuerna och studiebesöket kunde sedan en plan för förändringar i studion och en prioriteringsordning för utveckling av befintliga experiment framställas. Detta följdes av en litteraturstudie och en iterativ process för att utveckla studions nya struktur och de nya mallarna för manualer och etiketter. Parallellt pågick ett arbete med att reparera och förbättra befintliga experiment för att de skulle kunna användas i den nya studion.

### 3.1 Inventering av studion

För att upprätta en struktur i studion inleddes arbetet med en inventering, och en förteckning framställdes över befintliga experiment som uppförts av tidigare kandidaten inom samma ämne. Under inventeringen bedömdes experimenten utefter om de är användbara, om det fanns tillgängliga instruktioner och om vidareutveckling var aktuellt. Sedan delades inventeringslistan med handledare för att besluta om vidareutveckling alternativt kassering. Inventeringslistan utgjorde grunden för det dokument som använts som ett internt verktyg under hela arbetsprocessen för att identifiera vad som utförts och vad som återstod att göra.

### 3.2 Intervjuer

Tidsmässigt parallellt med inventeringen av studion genomfördes också intervjuer med lärare i relevanta kurser. Intervjuer hölls med Jim Brouzoulis, universitetslektor vid institutionen för mekanik och maritima vetenskaper, samt Ulf Gran, professor vid institutionen för fysik. En kontinuerlig dialog i samma frågor hölls med handledare och examinator, vilket dock inte var i intervjuform. Detta skedde för att vidga gruppens uppfattning av vilka experiment i studion som faktiskt användes och vad studenter kunskapsmässigt generellt har svårt att förstå.

### 3.3 Studiebesök

För att få ytterligare inspiration om hur experiment kan vara uppbyggda och presenterade gjordes ett studiebesök vid FysikLek på Chalmers. FysikLek är ett upp-

levelsecentrum för grund- och gymnasieskolelver där de kan testa olika experiment och lära sig mer om fysik på ett lekfullt sätt [13].

## 3.4 Litteraturstudie

Inför litteraturstudien gjordes en översikt inom området gränssnittsdesign för att ta reda på mer om vilken teori som behövdes för att tillverka bra mallar för nya manualer och etiketter. Efter översikten hade skapats användes sökorden *User Experience*, *UX*, *gränssnittsdesign*, *användarvänlighet*, *färgval*, *interface design* och *information design* på Chalmers bibliotek. Litteratur valdes sedan utifrån popularitet på bibliotekets hemsida. I första hand har primärkällor använts, t.ex. rapporter eller studier. I de fall primärkällan inte hittats har antologier, d.v.s. samlingar av litteratur, eller kurslitteratur använts.

## 3.5 Uppdatering av studios struktur

För att skapa en konsekvent struktur i studion gjordes flera förändringar. Nya bilder togs av nästan alla experiment för att användas i manualer, etiketter och på Canvassidan. Dessutom skapades ett nummersystem för experimenten och dess komponenter. Syftet med detta var att göra det lättare för lärare och studenter att snabbt hitta rätt material till rätt laboration. För experiment består nummersystemet av en bokstav som bestämmer vilket ämnesområde den tillhör samt en siffra som ger laborationsnumret. Varje komponent till varje experiment fick också en kod, bestående av samma kod som för laborationen samt en extra siffra som ger vilken komponent det handlar om. Utöver detta gjordes en utvärdering kring vilket material som behövde köpas in, t.ex. nya förvaringslådor, för att förbättra studios fysiska struktur.

För varje laboration utvecklades fyra typer av nytt material:

- En manual med bland annat beskrivning av laborationen, teori, instruktioner och lösningsförslag. För vissa laborationer kunde manualernas innehåll baseras helt eller delvis på gamla manualers innehåll. Processen för utformningen av dessa manualer beskrivs i avsnitt 3.6.
- En större etikett, som fästs på laborationens låda eller skåp. Denna innehåller laborationens nummer och information om laborationens komponenter. Processen för skapandet av denna beskrivs också i avsnitt 3.6.
- En mindre etikett, som fästs på varje komponent till laborationen. Den innehåller komponentens nummer och även processen för framtagandet av denna beskrivs i avsnitt 3.6.
- En modul på studios Canvassida med en mycket kort beskrivning av laborationen samt digital manual.

## 3.6 Gränssnittsdesign av manualer och etiketter

Inför utformning av manualer, etiketter och Canvassidan användes teori om User Experience (användarupplevelse, UX) som handlar om hur ett gränssnitt ska designas för att vara så användarvänligt som möjligt. Litteraturen innehöll även tips på metoder för att få fram det bästa resultatet, t.ex. genom att använda en iterativ process, i tidigt stadie.

Utkast till nya manualer och lösningsförslag riktade till studenter till alla experiment som i framtiden skulle ha en plats i studion framställdes. Till de experiment som vid inventering bedömdes sakna manualer och/eller lösningsförslag skapades utkast till helt nya manualer. De manualer och lösningsförslag som redan fanns reviderades och anpassades till den nya utformningen av manualerna. Syftet med detta var att skapa en enhetlig design och utformning av alla manualer där gränssnittet var användarvänligt och konsekvent. Alla manualer digitaliserades och laddades sedan upp på studions Canvassida.

### 3.6.1 Inledande kartläggning av användarprofiler

Inför den nya utformningen av manualerna gjordes en grundlig litteraturstudie om användarvänlig design, pedagogik och tillgänglighet. Detta gjorde att aspekter som gränssnittsdesign, läsbarhet, användarprofil samt tillgänglighet för funktionsnedsatta såsom dyslektiker och färgblinda beaktades i designprocessen.

### 3.6.2 Från teori till färdigt resultat

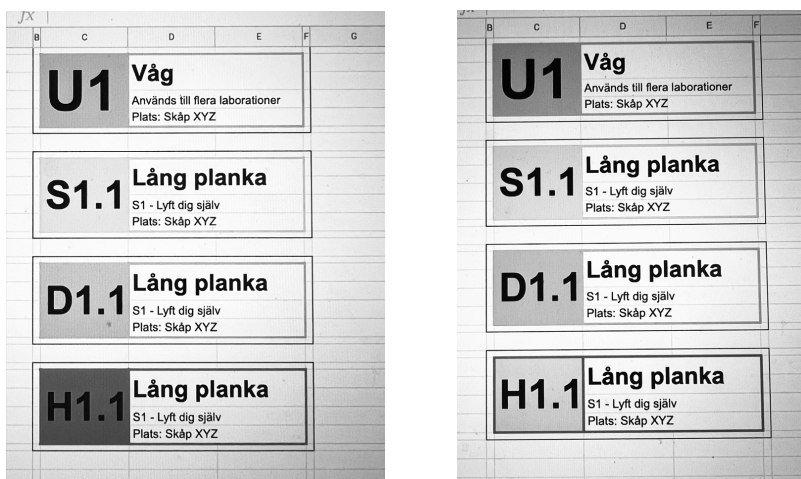
Efter att ha kartlagt användaren och dess behov, genom att hålla en dialog med lärare och studenter, gjordes ett första utkast till manual- och etikettmallar i form av en grovskiss av gränssnittet. Ett flertal utkast gjordes med olika kombinationer av bland annat färgval, rutnät och rubriknivåer för att kunna jämföra olika alternativ. I samband med att de första utkasten producerades utvärderades också tidigare års manualer för att bedöma vad som kunde tas bort och vad som kunde föras vidare. Därefter inleddes en itereringsprocess för att ta fram slutgiltiga mallar till etiketter och manualer. Färgkodningen är samma för etiketter och manualer för att skapa enhetlighet och agera konsekvent. Färgerna är av störst nytta när användaren letar efter material i förrådet så därför bestämdes färgkodningen under framtagningen av etiketterna och manualerna fick sina färger efter det.

Vid utformning av de slutgiltiga etiketterna togs det först fram flera olika mättnads- och kontrastalternativ av 4 olika färger. Det tilldelades en färg till vardera kategori, hållfasthetslära, statik, dynamik och universalkomponenter. Sedan undersökte gruppen om färgernas intensitet och kontrast gjorde färgkodningen tillräckligt tydlig. Det undersöktes delvis om de skiljde sig åt tillräckligt så att kodningen var effektiv och även om texten hade tillräcklig kontrast mot färgerna så att det gick att läsa även i dålig belysning. Utkastet uppdaterades sedan utefter utvärderingens resultat och nya skisser togs fram. Iterationen upprepades tills ett resultat kvarstod som stämde

### 3. Genomförande

---

överens med önskemål från lärare och studenter samt teorin som undersökts. Se figur 3.1 för ett exempel på den iterativa processen. Exemplet visar två varianter av färger på etiketter, där bilderna har gjorts svartvita för att visa måttnad. Därefter valdes den etiketten där färgerna (förutom universalfärgen) hade liknande måttnad.



(a) Alternativ där kontrasten mellan färgerna var olika.

(b) Alternativ där kontrasten mellan färgerna (förutom universalfärgen) var lika.

**Figur 3.1:** Ett exempel på den iterativa processen där färgerna till etiketterna (och manualerna) togs fram genom måttnad av färgen på etiketterna.

I framtagandet av det slutgiltiga gränssnittet till manualerna utvärderades det första utkastet av kandidatgruppen och jämfördes med den teori som studerats inom området. Respons gavs också av studenter och handledare. Det som utvärderades var om den visuella hierarkin stämde överens med informationens hierarki och om det var intuitivt och lätt att veta var användaren kunde hitta var informationen fanns på manualen. Olika variationer på teckenstorlek mellan rubriker och brödtext, rutnät samt helhetsintryck utvärderades. Se figur 3.2 för ett exempel på denna iterativa process för manualerna. I detta fall valdes en manual med större mellanrum mellan innehållet för att förstärka skillnaden mellan manualens olika delar och göra hierarkin tydligare.



(a) Alternativ där avståndet mellan rutorna var litet.

(b) Alternativ där avståndet mellan rutorna var större.

**Figur 3.2:** Ett exempel på den iterativa processen för manualerna, där höger och vänster bild har olika stora mellanrum mellan innehållsrutorna.

Innehållet i manualerna utvecklades också till att bli annorlunda än tidigare års manualer. Särskilt fokus lades vid att manualerna ska vara riktade mot studenter, där språket i manualerna blev mer ledigt än formellt. Vid utformningen av innehållet beaktades lärdomar gruppen fick från intervjuerna och studiebesöket vid FysikLek (se avsnitt 3.2 och 3.3). Till viss del kunde innehållet till manualerna återanvändas från gamla manualer. För vissa laborationer utvecklades även nya laborationsnamn.

### 3.7 Digitalisering av studios innehåll

Under arbetet digitaliserades alla manualer och all dokumentation av alla experiment. Baserat på resultat från inventering, intervjuer och litteraturstudie kunde även en ny Canvassida utvecklas. En modul skapades för varje ämneskategori och all dokumentation och alla manualer laddades upp i respektive moduler. För att underlätta för lärare att hitta rätt och upptäcka nya laborationer skapades en tydlig förstasida i Canvas, med kort information om studios syfte, innehåll och uppbyggnad. För att öka kommunikationen kring studion blev examinatorer i relevanta kurser inbjudna till Canvassidan.

Det lades stor vikt vid att den digitala miljön för studion skulle stämma överens med den fysiska miljön. Det innebar att om en lärare fann något av intresse på Canvassidan skulle det vara lätt att hitta detta i fysiska miljön och vice versa. Detta uppnåddes genom att använda samma färger och typsnitt i den fysiska och digitala miljön, samt att i all digital kommunikation vara tydlig var man finner motsvarande material i den fysiska miljön.

### **3.8 Reparation och komplettering av befintliga experiment**

En del av projektet var att utveckla, komplettera och reparera befintliga experiment som var i behov av detta. Vilka experiment som behövde kompletteras kartlades med hjälp av inventeringen, dialog med handledare och examinator samt intervjuerna. Reparationen av experimenten gjordes i studion och prototypplabbet och vissa komponenter köptes in nya. Detta gjordes som ett kontinuerligt arbete parallellt med utvecklingen av studions nya struktur.

### **3.9 Utformning av nya studion**

Under arbetets gång har en dialog med examinator och handledare hållts kring den framtida flytten av studion till kurslabbet.

# 4

## Resultat

Här presenteras de slutgiltiga resultaten av projektet gällande inventering, intervjuer, studiebesök och nya strukturen i studion. Dessutom redogörs för utformningen av de nya mallarna för etiketter och manualer samt färdiga etiketter och utkast till manualer. Till sist redovisas utvecklingen av befintliga experiment och den nya Canvassidan.

### 4.1 Inventering av studion

Inventeringen gav en tydlig uppfattning av studions befintliga situation och resulterade i identifiering av 46 olika experiment i varierande skick. Tillsammans med handledare beslutades kassering av sex gamla experiment som inte ansågs funktionella eller relevanta. Av de 40 övriga experimenten noterades att 16 stycken helt saknade instruktioner och att tio stycken behövde repareras, kompletteras eller vidareutvecklas. Inventeringen blev grunden till en dokumentationsmall som successivt uppdaterades med mer ingående information om experimenten under projektets gång. Dokumentationsmallen finns bifogad i appendix A.

### 4.2 Intervjuer

Efter inventeringen gjordes två intervjuer med lärare på Chalmers som undervisar i relevanta kurser för projektet.

En intervju gjordes med Jim Brouzoulis, universitetslektor på institutionen för mekanik och maritima vetenskaper, som undervisar i hållfasthetslära på civilingenjörsprogrammet i teknisk design. Han beskrev att han i nuläget använder flera experiment från studion. De experiment som han frekvent använder är *Skumbalkar* med olika tvärsnitt (H65 i nya studion), *Eulerfall* (H62), *Tryckkärl* (H71) samt *Fackverket* (finns ej kvar i nya studion). När gruppen presenterade alla inventerade experiment visade det sig att det var flera som Jim Brouzoulis glömt bort, eller inte ens visste fanns. Han nämner då att hans användning av studion hade gynnats av att allt materialet finns samlat på en hemsida. Gällande utveckling av nya experiment hade han uppskattat en tråklossmodell av en romersk båge för att illustrera tryckbelastning, eller en modell av en häng- eller bågbro. Se appendix B.1 för hela intervjun.

En annan intervju hölls med Ulf Gran, professor på institutionen för fysik. I sin

kurs i mekanik (för teknisk fysik och teknisk matematik) har han bara använt experimentet *Lyft dig själv* (S6 i nya studion) från studion vid något enstaka tillfälle. Han gör dock flera andra demonstrationer i undervisningen, dock ej med något från studion, som att demonstrera rörelsemängdsmoment med ett gyro. Även Ulf Gran uttryckte att han hade uppskattat om studion digitaliserades, eftersom han då skulle veta vad som fanns där. Det fanns flera experiment som han inte visste fanns i studion. Vidare beskrev han problematiken med digitala experiment. Enligt honom är den stora nyttan med experiment och demonstrationer diskussionen mellan studenterna efteråt, vilket inte uppnås av digitala demonstrationer. Se appendix B.2 för hela intervjun.

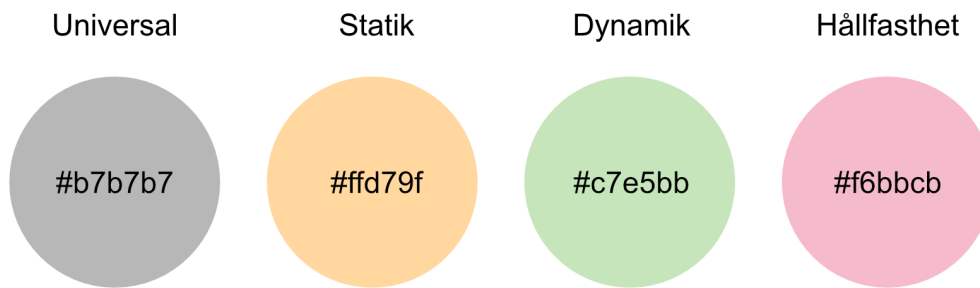
Dessutom hölls en kontinuerlig dialog med handledare och examinator. Både handledare och examinator använder regelbundet experimenten i studion i sina kurser i mekanik och hållfasthetslära. Även dessa uttryckte att digitalisering av studion var en bra idé.

### 4.3 Uppdatering av studions struktur

Studions struktur har uppdaterats på flera plan. Samtliga experiment och material har fotograferats på nytt för att få enhetliga bilder. Nya manualer och instruktioner har skapats och digitaliserats genom Canvassidan. Materialet har organiserats och tilldelats en plats i studion som är märkt med en siffra för att det ska vara lätt att hitta. Samtliga experiment har även fått en bokstav och ett nummer beroende på vilken ämneskategori de tillhör. De experiment med flera tillhörande komponenter har samlats i (delvis nyinköpta) lådor för att delar inte ska försvinna. Lådor och större experiment har märkts med en större övergripande etikett, och tillhörande komponenter har märkts med en mindre etikett. Innan den framtida flytten av studion till kurslabbet har alla laborationer fått en tillfällig bestämd plats i den befintliga studion.

#### 4.3.1 Övergripande struktur

För att göra studions material mer tillgängligt kategoriserades laborationerna efter ämneskategorierna statik, dynamik och hållfasthetslära. Statik tilldelades färgen gul, dynamik grön och hållfasthetslära rosa. Dessutom har färgen grå tilldelats material som är universalkomponenter, som används till flera eller inga laborationer. Dessa färger, se figur 4.1, följer experimenten i manualer, platsbeskrivningar och etiketter.



**Figur 4.1:** Färgkodningen per kategori inklusive HEX-kod.

Alla laborationer har numrerats och det tillhörande materialet har organiserats med en kod som hänvisar till den motsvarande laborationen. Exempelvis tillhör komponenterna S1.1 och S1.2 laborationen med märkning S1 som är statiklaboration nummer 1. Befintliga laborationer täcker inte hela nummerspannet inom ämneskategorion, för att fler experiment ska kunna tillfalla utan att strukturen brister. Mer information om hur strukturen ska bibehållas av nästkommande kandidatgrupp finns dokumenterat på Canvassidan.

Numreringen av laborationer följer enligt tabell 4.1 nedan. I tabellen står det även vilka nummer som har använts till laborationer hittills.

Område	Numrering	Använda nummer
Statik	1-29	1-12
Dynamik	31-59	31-41
Hållfasthetslära	61-89	61-75

**Tabell 4.1:** Tabell för numrering av laborationer.

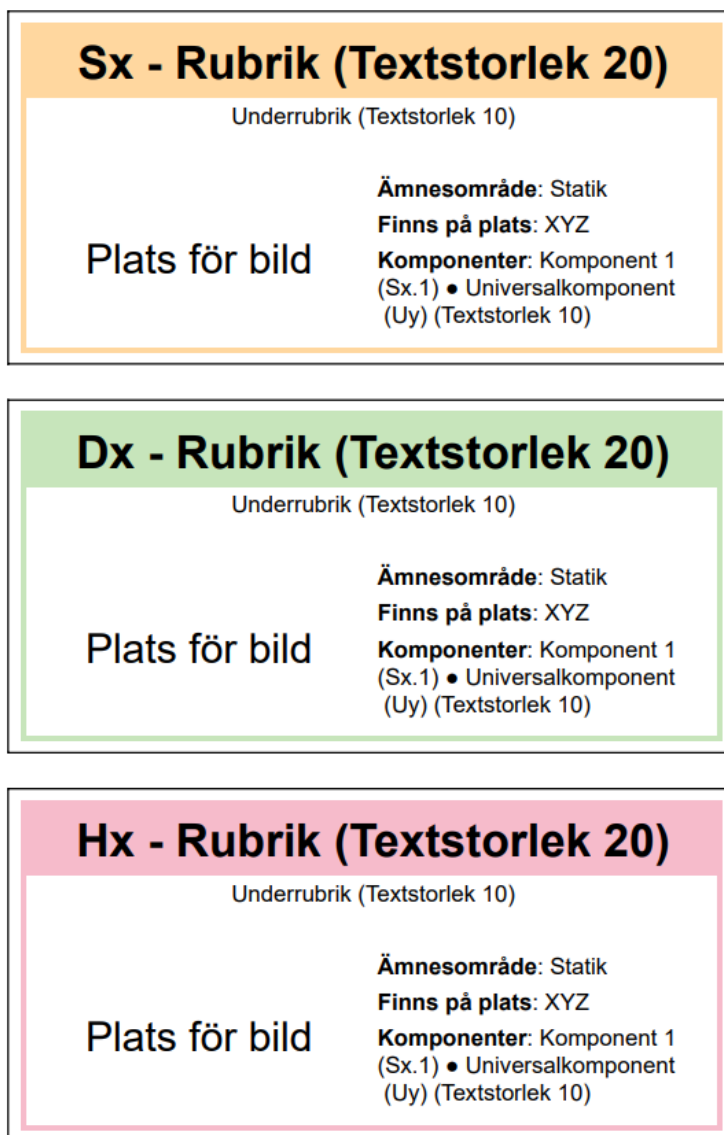
## 4.4 Gränssnittsdesign av manualer och etiketter

Baserat på litteraturstudien och dialog med lärare och studenter kunde mallar för manualer och etiketter framställas.

### 4.4.1 Etikettmallar

Till laborationerna skapades två olika typer av etiketter, i form av laborationsetiketter och komponentetiketter. För att underlätta åtkomst och sökning av laborationerna med tillhörande material har numreringen och färgkodningen gjorts tydlig och stor. För att upprätthålla strukturen står det tydligt på etiketterna på vilken plats i studion laborationen hör hemma. Komponentetiketterna är i utskrivet skick 2.5 cm höga och 8.5 cm breda, medan laborationsetiketterna är 5.5 cm höga och 11 cm breda.

Laborationsetiketterna består av en bild av laborationen, namn på laborationen i textstorlek 20 samt platsinformation, ämnesområde och vilka komponenter som hör till, skrivna i textstorlek 10. Dessa textstorlekar kan i undantagsfall minskas om t.ex. laborationsnamnet är långt. Dessutom finns det på varje etikett ett nytaget foto av laborationskomponenterna. Resultatet av etikettmallen visas i figur 4.2.



**Figur 4.2:** Mall för laborationsetiketterna för både statik, dynamik och hållfasthetslära.

Komponentetiketterna är en mindre version av etikett, vars syfte är att visa vilken laboration komponenten tillhör. De innehåller komponentkoden, beskrivning av komponenten, plats i studion och vilken laboration komponenten tillhör. Etiketterna för komponenterna har i regel textstorlek 20 på rubrik och 10 på informationstext, men som för laborationsetiketterna kan textstorleken i undantagsfall minskas. Gällande textstorlek på kodningen till vänster i etiketten har den storlek 50 om kodningen består av två symboler (t.ex. Ux), 35 vid tre symboler (t.ex. Sx.x) och 25

om den har fyra symboler (t.ex. Dxy.x). Se figur 4.3 för komponentetiketterna.



**Figur 4.3:** Etikettmall för universal-, statik-, dynamik-, och hållfasthetslära-komponenter.

#### 4.4.2 Manualmallar

För att göra enhetliga manualer skapades en ny manualmall. Mallen är densamma för alla laborationerna, och det som skiljer sig är färgsättningen som beror på ämneskategorin.

Manualerna består av 4 olika rutor på framsidan med information. Den första är en omskrivning av *Syfte och lärandemål till Vad lär vi oss av detta?*. Här beskrivs på ett ledigt studentspråk motivet till laborationen kopplat till kursens lärandemål för att väcka mer intresse hos studenterna. Den andra är ett kort teoriavsnitt om vilka begrepp som kan behöva bearbetas, som exempelvis ekvationer eller annan

bakgrundsinformation som kan vara behövlig när uppgiften ska lösas. Vidare finns en lista på vilken utrustning som behövs för att utföra experimentet enligt manualens instruktion. Instruktionen beskriver vad som ska utföras under laborationen i form av punktlister för att studenterna tydligt ska veta vad de ska göra. Rutan innehåller också beräkningsfrågor alternativt observationsfrågor som ska besvaras efter utfört experiment. Dessa frågor är inte markerade med en siffra utan med ett fetmarkerat frågetecken.

I figur 4.4 visas resultatet av gränssnittet till manualmallarna (i detta fall en laboration i hållfasthetslära). Informationstexten i rektanglarna beskriver hur avsnittet ska utformas relaterat till radavstånd, textstorlek, bildformatering och innehåll.

## Hx - Skriv rubrik här med textstorlek 37.5.

Beskrivande, helst lite "rolig" underrubrik. Textstorlek 19. Hållfasthetslära-labb

<p><b>Vad lär vi oss av detta?</b></p> <p>Detta är en text som är på studentspråk och som ska ge eleven lite motivation, kanske med hjälp av en anekdot och gärna i "Du-form". Stycket ska beskriva laborationens syfte. Avstånd 1.15 och storlek 12.</p> <p><b>Lärandemål:</b> Formalisering av det som står i stycket ovanför. Ska inte vara direkt kopierat från kursplaner, med liknande typ av formulering.</p>	<p><b>Utrustning</b></p> <p>Här radas utrustning upp, och precis som i teorin hamnar all text till vänster om bilden. Storlek 12 och radavstånd 1.15. Utrustningen ska redovisas såhär:          Kaffe (S1.1) • Rörelsemängd (S1.2) • Matta (S1.3)</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p>Här finns plats för bild på utrustningen</p> </div>
<p><b>Teori</b></p> <p>Detta är teoriavsnittet. Det bör vara så kortfattat som möjligt för att få plats i teorirutan. Teorirutan kan bli större om rutan ovanför blir mindre. Den skrivs med radavstånd 1.15 och storlek 12. Ekvationer ska skrivas i LaTeX. Vid behov kan radavståndet (inte textstorleken) göras mindre för att få plats med mer.</p> <div style="border: 1px solid #ccc; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;"> <p>Här finns plats för figurer eller formler som stödjer teorin</p> </div> <p>Innehållet ska vara de förkunskaper som krävs för laborationen (ex. formler och fakta), INTE hur man löser laborationen.</p>	<p><b>Instruktioner</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>0. Instruktionerna ska vara i en punktlista och kan börja med punkt 0, som t.ex. är säkerhetsföreskrifter.</li> <li>1. Varje punkt ska vara kortfattad och vara ett steg i det fysiska genomförandet av laborationen.</li> <li>2. Storlek 12 och radavstånd 1.5. Vid behov mindre radavstånd men ALDRIG lägre än 1.15. I så fall är instruktionen för lång.</li> <li>3. Instruktionerna ska täcka allt du gör i laborationen.</li> <li>4. Fetmarkerat frågetecken ska det vara om det är en fråga tillhör laborationen. Den ska ligga på lämpligt ställe.</li> <li>5. Typsnitt Arial gäller för allt på sidan</li> </ol>

Manual från: 2022. Senast reviderad: 2023 (om applicerbart) Svårt att lösa? På baksidan finns för tips och lösningsförslag! ↻

**Figur 4.4:** Manualmall för hållfasthetslära (med rosa färg).

På baksidan av manualerna finns ledning och lösningsförslag. Dessa är konstruerade så att ledningen ska kunna läsas utan att lösningsförslaget ges direkt till studenten, genom att de är vända åt olika håll. Tanken är att manualerna ska skrivas ut med den givna framsidan och baksidan, men det går såklart att skriva ut dem enskilt om så önskas. Nedan syns figur 4.5 som är en mall till en baksida av en manual, med ledning och lösningsförslag. I detta fall är det en statiklaboration.

## Lösningsförslag (36)

Lösningsförslaget skrivs i storlek 12 och radavstånd 1,15.

Det ska ge en grundlig förklaring till varför resultaten i laborationen blir som de blir, och särskilt ge noggranna svar (med beräkningar) på de frågor som ställs i instruktionerna.

I lösningsförslaget ska alla ekvationer skrivas i LaTeX och tydligt förklaras.

**Notera:** Vid utskrift, välj flip on short edge (ej förinställningen som är long edge) för att lösningsförslaget ska hamna upp-och-ned och studenten ska kunna lösa ledningen utan att se facit.

**Ledning (36)**

Ledningen ska skrivas i motsatt riktning som lösningförslaget så att man inte "räkar" kolla på lösningförslaget när man bara vill kolla på ledningen.

Ledningen ska skrivas i storlek 12 och radavstånd 1,15.

Avståndet mellan ledningen och lösningförslaget i horisontell led kan varieras efter behov.

Ledningen ska framför allt ge tips hur man svarar på frågorna, Lex. med relevanta formler och samband.

Ledningen kan också ge tips till hur utrustningen ska hanteras om instruktionen är lite mer friformlerad.

**Figur 4.5:** Mall för lösningar till en laboration, i detta fall en statiklaboration.

### 4.4.3 Uppdatering av manualer och etiketter till experiment

Under arbetet gjordes 37 utkast till manualer enligt den nya manualmallen, varav 16 stycken har skapats med helt ny information, och 21 stycken har baserats på material från tidigare års kandidatgrupper. Varje manual enligt de nya riktlinjerna har en märkning med året de är skapade samt senast reviderade. Gruppen hann dock inte att färdigställa alla manualer, och i slutändan färdigställdes endast en manual helt (D38, *Flygande bil*). Övriga manualer skapades endast som utkast.

Gällande etiketterna gjordes 40 stycken laborationsetiketter samt 114 stycken komponentetiketter. Samtliga mallar är uppladdade och dokumenterade på Canvassidan.

### 4.4.4 Uppdaterade etiketter

I figur 4.6 visas exempel på färdiga laborationsetiketter för en statik-, en dynamik- och en hållfasthetslära-laboration.



(a) Exempel på övergripande etikett för statiklaboration.



(b) Exempel på övergripande etikett för dynamiklaboration.



(c) Exempel på övergripande etikett för laboration i hållfasthetslära.

**Figur 4.6:** De övergripande etiketterna för laborationerna. I figuren syns tre exempel, en statik-, en dynamik- och en hållfasthetslära-laboration.

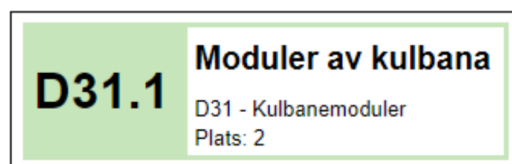
Exempel på färdiga komponentetiketter visas i figur 4.7. Etiketterna tillhör laborationer i statik, dynamik och hållfasthetslära respektive universalkomponenter (d.v.s. komponenter som används i flera eller inga laborationer).



(a) Exempel på etikett för universalkomponent.



(b) Exempel på etikett för komponent till statiklaboration.



(c) Exempel på etikett för komponent till dynamiklaboration.



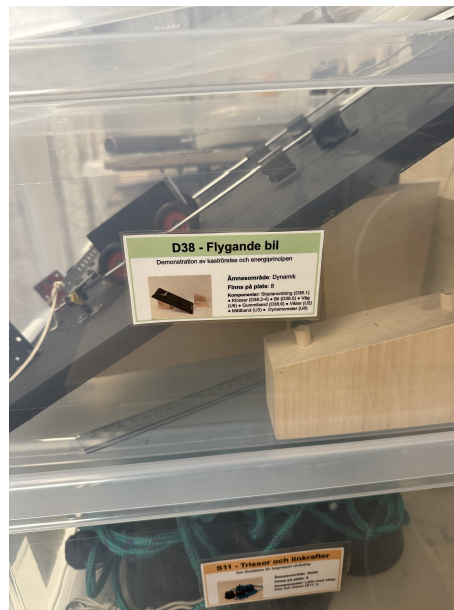
(d) Exempel på etikett för komponent till laboration i hållfasthetslära.

**Figur 4.7:** Etiketter för komponenter. I figuren finns exempel på dessa för de olika ämnesområdena samt för universalkomponenter.

I verkligheten blev etiketterna inplastade och dessutom utan svart inramning, vilket syns i figur 4.8.



(a) Exempel på verklig komponentetikett.



(b) Exempel på verklig laborationsetikett.

**Figur 4.8:** De slutgiltiga etiketterna placerade på en laboration, i detta fall laborationen *Flygande bil*.

### 4.4.5 Uppdaterade manualer

Figur 4.9 illustrerar en färdig manualframsida samt manualbaksida med ledning och lösningsförslag för en laboration i dynamik. Denna manual var den enda som färdigställdes helt. I Appendix C återfinns fler exempel på utkast till uppdaterade manualer.

## D38 - Flygande bil

Demonstration av kaströrelse och energiprincipen


### Vad lär vi oss av detta?

Den här labben kanske inte är så verklighetsbaserad - en bil brukar ju inte flyga. Men genom att skjuta iväg en liten bil i en kastparabel (låta den "flyga") kommer du få en bättre förståelse för kastparabler och energiprincipen!

**Lärandemål:** Förstå sambanden mellan läge, hastighet och acceleration för partiklar i rörelse samt redogöra för energibegreppet.

### Utrustning

Platta med skjutanelordning (D38.1) • Tre klossar vinklade 10°, 20°, 30° (D38.2-D38.4) • Bil (D38.5) • Våg (U9) • Gummiband (D38.6) • Vikter (U2) • Måttband (U3) • Dynamometer (U8)



### Teori

Här följer lite repetition av de formler och samband du bör komma ihåg för att kunna lösa den här labben. Först har vi sambandet mellan kraft  $F$ , fjäderkonstant  $k$  och hur långt fjädern (i detta fall gummiband) dras ut  $\Delta s$ :

$$F = k\Delta s$$

Den potentiella energin när en fjäder dras ut är:

$$E_{p, fjäder} = \frac{1}{2}k\Delta s^2$$

För labben behöver du även komma ihåg de "vanliga" formlerna för potentiell och kinetisk energi:

$$E_p = mgh, E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Slutligen, givet att du startar med hastigheten  $(v_x, v_y)$  är formlerna för kastparablarna i horisontell ( $x$ ) led och vertikal ( $y$ ) led:

$$x(t) = v_x t, y(t) = v_y t - \frac{1}{2}gt^2$$

Manual från: 2022. Senast reviderad: 2023

### Instruktioner

- Väg bilen och anteckna vikten.
- Beräkna fjäderkonstanten för ett löst gummiband på valfritt sätt.
- Mät avståndet från överkanten av plattan till golvet.
- Välj en vinkel och placera motsvarande kloss i hålen under plattan. Gör första ivägskjutningen och beräkningar utan kloss, så att  $\alpha=0$ .
- Sätt plattan så att överkanten är parallell med bordets kant.
- Sätt måttbandet på golvet, i linje med plattan och bordskanten.
- Dra tillbaka skjutanelordningen och mät avståndet från framkanten av skjutanelordningen till dämparna (gula gummiband), markera avståndet med tejp.
- Placera bilen (med eventuella vikter) mot skjutanelordningens gröna del.
- Släpp anordningen och observera var bilens framkant landar på måttbandet.
- Hur påverkas längden på kastet av olika vikter?
- Diskutera vad som förändras om vi placerar en kloss och får en vinkel på skjutanelordningen.
- Vilka kan eventuella felkällor vara? Flög bilen för långt eller kort?

Svårt att lösa? På baksidan finns tips och lösningsförslag!

(a) Exempel på färdig framsida till manual för laboration i dynamik.

## Lösningsförslag

Vi börjar med att räkna ut fjäderkonstanten för ett gummiband. Det görs enklast genom att fästa gummibandet i något fast och dra ut det med en dynamometer. Fjäderkonstanten fås då som:

$$k = \frac{F}{\Delta s}$$

Eftersom anordningen består av två gummiband kommer den effektiva fjäderkonstanten bli dubbelt så stor. Sedan ställer vi upp ett energisamband för att få ut starthastigheten  $v$  för bilen med massa  $m$ . Eftersom bilen dras snett uppåt med en vinkel  $\alpha$  behöver vi också tänka på lägesenergin:

$$E_k = E_{p, fjäder} - E_p$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}k(\Delta s)^2 - mg(\Delta s)\sin\alpha$$

Härifrån går det att lösa ut starthastigheten. Sedan noterar vi att komponenterna för starthastigheten i  $x$ - och  $y$ -led är:

$$v_x = v\cos\alpha, v_y = v\sin\alpha$$

För alla beräkningar väljer vi vinkeln  $\alpha = 0$ , och lite algebra ger då kastbanorna:

$$x(t) = \sqrt{\frac{k}{m}}\Delta s t, y(t) = -\frac{1}{2}gt^2$$

Antag att bordet har höjden  $h$ . I så fall fås längden bilen flyger som:

$$y(t) = -h \Rightarrow x\left(\sqrt{\frac{2h}{g}}\right) = \sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{\frac{2h}{g}}\Delta s$$

För givna värden (t.ex.)  $k = 40 \text{ N/m}$ ,  $m = 0.1 \text{ kg}$ ,  $\Delta s = 0.1 \text{ m}$ ,  $h = 0.7 \text{ m}$  blir längden bilen åker i teorin 75 cm. Större vikt på bilen kommer ge en kortare kastbana. Om du ställer upp anordningen med en vinkel kommer du även få en starthastighet i  $y$ -led, och det blir även en extra term i energiekvationen (se ovan). Det gör att kastbanan inledningsvis blir längre, och den blir maximal vid en viss vinkel.

Friktionen, som vi försummar, gör att starthastigheten är mindre än vi tror. Det gör också att kastbanan är kortare än beräknat.

Ledning

- Ställ upp kompletta uttryck för kastparablens bana i  $x$ - och  $y$ -led berörande på: 1. bilens (med vikter) massa.
- 2. fjäderkonstanten i gummibandet
- 3. hur långt bak bilen dras innan den släpps.
- Kom ihåg att vi börjar med vinkeln noll.
- Använd sedan ditt uttryck för att ta reda på hur långt bort bilen landar givet att den behöver ta sig en sträcka lika lång som bordets höjd nedåt i  $y$ -led.
- Använd dynamometern och ett gummiband för att ta reda på fjäderkonstanten. Kom ihåg att det finns två gummiband i anordningen. Detta behöver du beakta då du mäter fjäderkonstanten.
- Du kan anta att all friktion försummas, dels den när bilen rullar och den som uppstår när skjutanelordningen glider på slängerna. Du kan också anta att accelerationssträckan fortsätter hela vägen fram till kanten på plattan.
- Prova olika vinklar för att hitta den vinkeln där maximal kastlängd uppnås.

(b) Exempel på färdig baksida till manual för laboration i dynamik.

**Figur 4.9:** Färdiga manualer för en laboration i dynamik med framsida och baksida (med ledning och lösningsförslag).

## 4.5 Digitalisering av studios innehåll

Arbetet med Canvassidan resulterade i tre stora nya komponenter till Canvassidan. Dessa är den nya startsidan, modulerna samt de nya möjligheterna att ge tips och

27

feedback till studion.

### 4.5.1 Canvassidans nya startsida

Den nya startsidan består av en sammanfattning av studions funktion och syfte, en beskrivning av studions struktur med tillhörande bild samt en lista över alla studions experiment och komponenter. På startsidan finns också all information om laborationernas platser i studion samlad. För att nyttja studion och dess material i olika kurser ges även två förslag på hur lärare kan länka till Canvassidan i sina kurser. Dels kan de bjuda in studenter direkt till studions Canvassida, och dessa ser i det fallet endast utvalda delar av sidan, och dels kan de exportera valfria moduler direkt från studions till kursens egna Canvassida. Se figur 4.10 för ett utdrag ur den nya startsidan, där det också syns att samma färger användes i manualerna och på Canvassidan.

tillhör flera eller inga experiment. Varje experiment har en tillhörande mat dessa återfinns tillsammans med experimentet i moduler på Canvassida för att enkelt kunna lokalisera experimenten. Se lista och bild nedan.



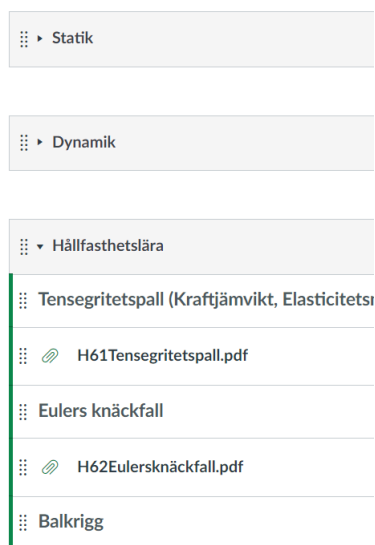
#### Statik

- S1. **Förflyttning av last på balk:** Demonstrerar stödkrafter. Plats: 7 & 8.
- S2. **Emmas steg:** Visar hur friktion påverkar ett system. Plats: 8.
- S3. **Stabilitetsmodell:** Modell för att visa tyngdpunkt. Plats: 2.

**Figur 4.10:** Utdrag ur den nya startsidan till studions Canvassida. I figuren syns en bild av studion samt delar av listan av alla experiment.

### 4.5.2 Canvassidans moduler

Canvassidans moduler fungerar som samlingsplats för allt digitalt material till studion. Här laddades alla manualer och befintliga filmer till experimenten upp. Modulerna sorterades efter statik, dynamik och hållfasthetslära. Laborationerna är sorterade i nummerordning i modulerna med respektive manual som indrag. Se figur 4.11 för ett utdrag från Canvassidans moduler.



**Figur 4.11:** Utdrag från Canvassidans moduler. Här syns uppdelningen mellan statik, dynamik och hållfasthetslära.

### 4.5.3 Nya möjligheter att ge tips och feedback

I den nya Canvassidan ges fler möjligheter för tips och feedback. Det skapades en sida med tips för framtida kandidatprojekt. Innehållet i sidan liknar det som redovisas i avsnitt 5.5. Dessutom skapades ett quiz där studenter i fritextsvar kan skriva vad de tycker om studios material, experiment och Canvassida. En motsvarande sida skapades också för lärares feedback.

Utöver detta skapades också en sida där lärare kan dela med sig av olika typer av relevant material till studenter och andra lärare, exempelvis litteraturtips, onlineresurser eller videor.

## 4.6 Reparation och komplettering av befintliga experiment

Under arbetets gång har nio experiment kompletterats eller utvecklats. Nedan följer en redogörelse av dessa experiment med en kort beskrivning av vad som gjorts.

### 4.6.1 Lyft dig själv

Detta är en konstruktion som illustrerar linkrafter. Studenten ska stå på lådan och dra i handtaget, och på så sätt lyfts övre delen av lådan och studenten förflyttas uppåt. På handtaget finns en våg för att visa vikten som lyfts. Experimentet är från 2013 [14]. Ett nytt handtag har gjorts för att underlätta lyftet och en ny våg har införskaffats för att tydliggöra vikten som lyfts. En säckkärra har frigjorts för användning för att lättare kunna förflytta experimentet till och från studion. Se figur 4.12 för det nya handtaget och den nya vågen.



(a) Lyft dig själv innan uppdateringen.



(b) Lyft dig själv efter uppdateringen.

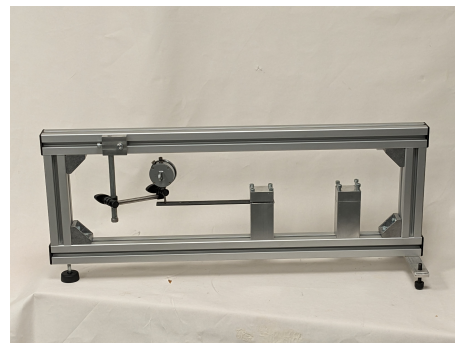
**Figur 4.12:** Jämförelse av experimentet *Lyft dig själv* innan och efter det kompletterades med en ny våg och ett nytt handtag.

#### 4.6.2 Balkrigg

Balkriggen används för att demonstrera hur balkar deformeras vid belastning med olika villkor för inspänning. Balken belastas med en hängande vikt, och utböjning och vinkeldeformation kan mätas. Experimentet är från 2016 [15]. Vid reparation har det fästs en ny fot på nederkanten av balken. Se figur 4.13 för en bild av den nya foten.



(a) Balkrigg utan den nya foten.



(b) Balkrigg med den nya foten.

**Figur 4.13:** Balkriggen innan och efter den kompletterades med en ny fot.

### 4.6.3 Två balkar som visar translation

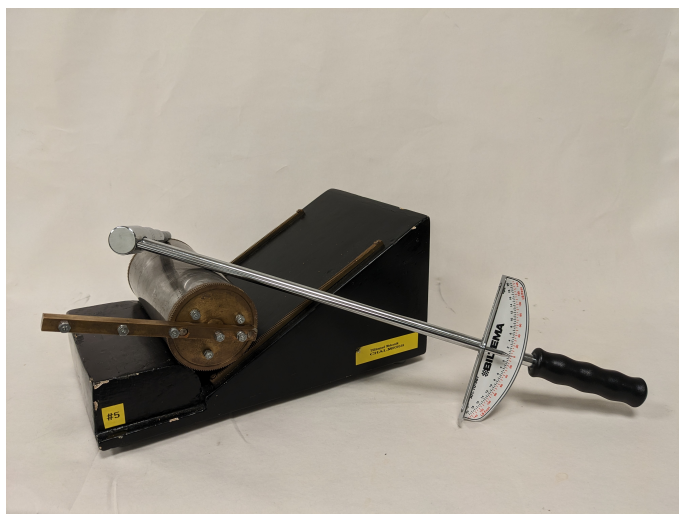
Experimentet visar två balkar som kan belastas för att visa translation. En ny visare har gjorts till den ena balken och det har limmats på en linjal på den andra. Se figur 4.14 för de två uppdaterade balkarna.



**Figur 4.14:** De två uppdaterade balkarna med en ny visare på ena balken och en ny linjal på den andra.

### 4.6.4 Flytta moment

Laborationen består av en tung cylinder och ett lutande plan. Genom att vrida en momentnyckel kring en bultskalle kan cylindern precis lättas från stödet och börja rulla uppför planet. Syftet är att med hjälp av momentnyckeln visa att momentets angreppspunkt inte spelar någon roll. Experimentet är från 2016 [15]. En ny momentnyckel har införskaffats. Momentet som krävs är dock så lågt så det knappt syns på momentnyckeln. Se figur 4.15 för laborationen med dess nya momentnyckel.



**Figur 4.15:** Laborationen *Flytta moment* med den nya momentnyckeln.

### 4.6.5 Gamla kulbanan

Kulbanan är en bana med en loop och beroende på från vilken höjd kulan släpps kan kulan ta sig runt banan eller ej. Laborationen visar på energibevaring. Kulbanan har skruvats fast på sin platta för att upplevas mer stabil. Se figur 4.16 för en bild på kulbanan.



**Figur 4.16:** En bild på kulbanan som nu är bättre fastskruvad.

### 4.6.6 Gyro med elektrisk anbringare

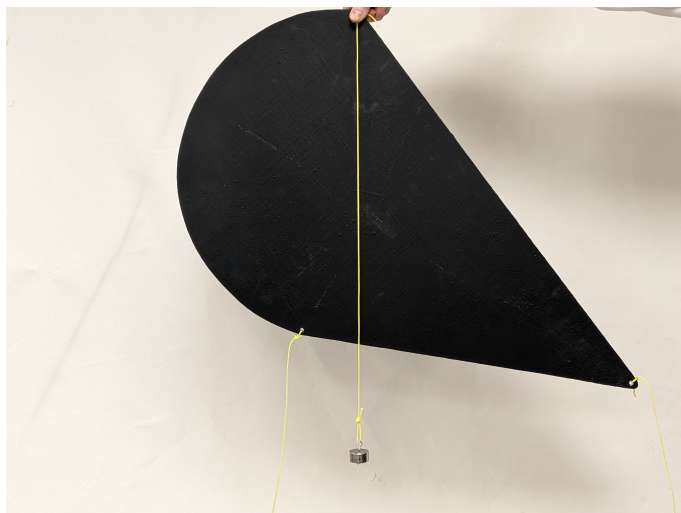
En gyro är en roterande enhet som används för att mäta eller upprätthålla rörelse eller orientering. Anbringaren används för att få gyron att rotera. Den fungerar genom att utnyttja principerna för rörelsemängdsmomentet, som innebär att en roterande massa kommer att fortsätta att rotera med samma hastighet och i samma riktning om ingen yttre kraft verkar på den. Det har 3D-printats en ny o-ring till anbringaren. Se figur 4.17 för en bild på den uppdaterade gyron.



**Figur 4.17:** Laborationen *Gyron* som fått en ny o-ring till anbringaren.

### 4.6.7 Tyngdpunktsplatta

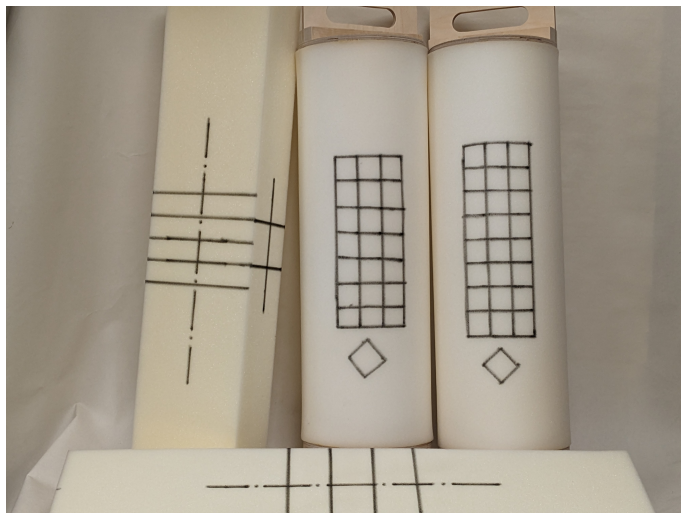
Tyngdpunktsplattan består av en plan skiva med formen av en halvcirkel sammansatt med en triangel. Den används för att experimentellt bestämma tyngdpunktens läge. Experimentet är från 2016 [15]. Plattan har fått nya snören i hålen med möjlighet att fästa vikt i. Se figur 4.18 för en bild av tyngdpunktsplattan med de nya snörena.



**Figur 4.18:** Den renoverade tyngdpunktsplattan med nya snörena som man kan hänga vikter i.

### 4.6.8 Skumgummibalkar

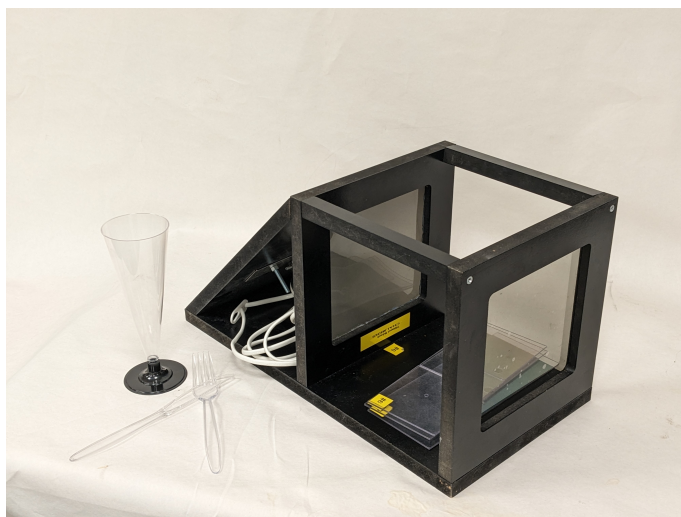
Skumgummibalkarna visar på deformation av olika tvärsnitt. Rutnätet och linjerna är markerade för att tydliggöra materialförändringarna vid vridning respektive böjning (se figur 4.19). Nya skumgummibalkar och skumgummiaxlar har köpts in och mönster är ritat på dem för att visa på deformationen när de böjs respektive vrids. Det har köpts två med rektangulärt tvärsnitt och två med cirkulärt tvärsnitt. Nya handtag har tillverkats till balkarna med cirkulärt tvärsnitt.



**Figur 4.19:** De nya skumgummibalkarna och skumgummiaxlar som köpts in. Två av dem har cirkulärt tvärsnitt och handtag och två av dem har rektangulärt tvärsnitt och inte handtag.

### 4.6.9 Spänningsoptik

Spänningsoptik är ett fenomen som möjliggör att spänningarna i ett material kan illustreras. Experimentet är från 2013 [14]. Nya polykarbonatskivor till laborationen har beställts. De har sedan sågats och borrarats för att kunna användas till experimentet. Se figur 4.20 för en bild på laborationen med tillhörande utrustning.



**Figur 4.20:** Laborationen *Spänningsoptik*, som fått nya polykarbonatskivor, med tillhörande utrustning.

## 4.7 Utformning av nya studion

Eftersom flytten till den nya studion (som ligger i kurslabbet) kommer inträffa efter tidsramen för projektets genomförande har gruppen inte arbetat direkt med flytten.

Istället har gruppens arbete gjorts med beaktande av en kommande flytt. Detta har resulterat i att materialet till studion har skapats så att det är lätt att anpassa till en ny lokal. De nya manualerna saknar därför hänvisningar till laborationens placering i studion. Denna information finns endast på de övergripande etiketterna samt på studions Canvassida. Gruppens förhoppning är att t.ex. skåpsnummer ska kunna överföras till den nya studion men om så ej är fallet kommer endast två saker (etiketter och Canvassidan) behöva ändras.



# 5

## Diskussion

Under arbetets gång finns det flera saker som gått bra och några saker som gått mindre bra. Orsakerna till och konsekvenserna av dessa diskuteras i följande avsnitt. Resultatets förankring i den genomförda litteraturstudien diskuteras också. Dessutom presenteras de möjliga fortsättningarna av arbetet, dels för lärare och dels för framtida kandidatprojekt.

### 5.1 Planering och förarbete

I arbetets inledande fas gjordes ett planeringsarbete för projektets olika delar bestående av intervjuer, studiebesök, inventering, litteraturstudie samt en övergripande planering för projektet. I detta avsnitt kommer utfallet av planeringen att diskuteras i förhållande till hur det har påverkat resultatet.

#### 5.1.1 Inventering

Under de första veckorna av arbetet gjordes en stor inventering. Utan inventeringen hade inte gruppens arbete varit möjligt. Inventeringsmallen, som återfinns i bilaga A, bidrog exempelvis till att flera experiment kunde kasseras. Inventeringen hade dock kunnat vara mer strukturerad. Till exempel skedde inventeringen till en början, tillsammans med inventeringsmallen, via post-it-lappar som sattes på experimenten för att kunna identifiera dessa. Lapparna ramlade lätt av vilket bidrog till att både inventeringen och studion blev mer ostrukturerad än vad den hade behövt vara. Detta hade kunnat förhindras genom att ta bilder av experimenten vid ett tidigare skede och använda dem i inventeringsprocessen.

#### 5.1.2 Intervjuer och studiebesök

I början av arbetet gjordes intervjuer med Jim Brouzoulis och Ulf Gran, det gjordes även ett studiebesök vid Fysiklek. Dessa intervjuer och studiebesök gjordes innan en slutgiltig planering gjordes vilket innebar att materialet och lärdomarna därifrån inte blev lika relevanta som gruppen hade önskat. Vid tidpunkten av intervjuerna och studiebesöket var gruppen fortfarande inriktad på att skapa nya experiment och stort fokus vid intervjun och studiebesöket lades därför vid att utreda vilka nya experiment som kunde tillverkas för studion. Detta var självklart inte onödigt, eftersom denna information kommer kunna användas i framtida kandidatprojekt och då det gav inspiration till gruppen.

Andra delar av intervjuerna och studiebesöket var däremot mer relevanta. Diskussionerna kring laborationer på distans bidrog till gruppens beslut att förbättra studios fysiska struktur medan intervjuerna i allmänhet visade att kommunikationen kring studion borde vara bättre. Intervjuerna gav också en bra förståelse för hur lärarna i nuläget använder studion samt vilka laborationer som är av prioritet. Studiebesöket hos FysikLek påverkade starkt utformningen av de nya manualerna, där ledning och lösningsförslag hamnade på baksidan av manualerna, men även i detta fall hade gruppen fått ut mer av studiebesöket om det skedde efter att gruppen hade beslutat om den generella inriktningen av arbetet. I så fall hade gruppen fokuserat mer på struktur och kommunikation vid studiebesöket istället för att bara få en generell överblick av miljön på FysikLek. Studiebesöket gav också idéer till hur nya studion skulle kunna vara uppbyggd, och några av dessa idéer dokumenterades på Canvas-sidan inför den försenade flytten.

Skulle arbetet göras igen hade gruppen därför gjort intervjuerna och studiebesöket vid ett något senare skede, för att få mer relevanta svar för det som arbetet faktiskt skulle handla om. Dessutom hade fler intervjuer gjorts för att få en större mängd data att utgå ifrån. På grund av tidsplanen ansågs det inte möjligt att genomföra fler intervjuer. Å andra sidan var intervjuerna ovärderliga i gruppens beslut att fokusera på att utveckla studios struktur och kommunikation, och därför hade troligen det bästa alternativet varit att göra flera omgångar av intervjuer. Att genomföra fler intervjuer när syftet för arbetet var bestämt hade också lett till att fler lärare blivit informerade om att studion finns samt vår plan för den. Det hade även gett en chans att visa upp det vi gjort hittills för att kunna få ta del av lärares och eventuellt studenters åsikter kring det.

### 5.1.3 Utvärdering av övergripande planering

Under arbetet med planeringsrapporten gjordes en övergripande planering genom ett Gantt-schema. I huvudsak innebar det att planeringsfasen skulle vara färdig i mitten av februari 2023, arbetsfasen i mitten av april 2023 och rapportskrivningsfasen i mitten av maj 2023. Planeringsfasen blev klar enligt tidsplan medan arbetsfasen blev några veckor längre än planerat. Detta beror på att arbetet med studios Canvas-sida gjordes betydligt senare än planerat, eftersom den delen av arbetet behövde invänta färdigställandet av studios nya struktur. Arbetet med manualerna blev också längre än planerat. Det första utkastet av manualmallarna blev klart relativt tidigt, men det tog ganska lång tid att därefter arbeta fram den slutgiltiga mallen för manualerna och att korrekt tillämpa dem på studios experiment. Reparationen av befintliga experiment blev dock klart flera veckor tidigare än planerat, eftersom att de nya delarna var smidiga att införskaffa och gruppen fick bra stöd från personalen i prototypplabbet.

Enligt den ursprungliga planeringen skulle gruppen också göra filmer till laborationerna, men på grund av tidsbrist blev detta inte av. Detta är något som skulle kunna göras av lärare eller av framtida kandidatprojekt.

### 5.1.4 Litteraturstudie

I litteraturstudien har, som nämnts i metodkapitlet, sökord som *User Experience*, *UX*, *gränssnittsdesign*, *användarvänlighet*, *färgval*, *interface design* och *information design* använts. Den litteratur som hittats med de sökorden gav en teoretisk grund för att ta fram och motivera de allra flesta designval i manual- och etikettmallar tillsammans med datan insamlad från intervjuer.

## 5.2 Resultatet i förhållande till det teoretiska ramverket

I avsnittet nedan diskuteras resultatet i form av manualer, etiketter, tillhörande mallar, processen och den nya strukturen i förhållande till teorin (d.v.s. litteraturstudien).

### 5.2.1 Motiverande design

Lärandematerial kan skapas enligt motiverande design med hjälp av ARCS-modellen [12] som står för faktorerna *Uppmärksamhet*, *Relevans*, *Självsäkerhet* och *Tillfredsställelse*. Gruppen har beaktat dessa faktorer när mallar har utformats. Exempel på var vardera av dessa faktorer har dykt upp är:

- *Uppmärksamhet*: Detta har syns genom att studenters intresse väckts med fler färger än tidigare på manualer och etiketter. Det har även gjorts medvetna ordval vid framtagning av underrubriker och inledningar till manualerna för att locka studenter till att läsa vidare. Exempel på detta är rubriken *Vad lär vi oss av detta?*.
- *Relevans*: Även denna faktorn syns bäst i den nya rubriken *Vad lär vi oss av detta?* i manualerna som gjort att manualerna blivit mer målorienterade.
- *Självsäkerhet*: Exempel på ökad självsäkerhet syns i den nya placeringen av ledningen i manualerna. Eftersom den är vänd upp och ned får studenterna inte lösningen direkt. Detta understryker att det är deras egna kunskap som hjälpt dem lösa uppgiften, vilket ökar självsäkerheten. Detta skulle dock kunna förbättras ytterligare genom att till exempel göra instruktionerna i manualerna mer fria.
- *Tillfredsställelse*: Det är troligen vid den här punkten som gruppens arbete hade kunnat förbättras. Efter en avklarad laboration i studion finns det inget som sker efteråt (som till exempel en avslutande text på manualen) som ger studenterna bekräftelse och en positiv konsekvens av lärandet.

### 5.2.2 Att göra designval med användaren i fokus

Designvalen gjordes efter användarprofiler av studenter och lärare och baserades på intervjuer. Användarprofilerna blev inte dokumenterade under arbetet utan var ett informellt verktyg för gruppens interna arbete. Studenters kunskapsnivå och språk, lärarens språk och invanda rutiner samt förhållningssätt till studenters lärande beaktades vid utformning av manualmallarna.

### 5.2.2.1 Kognitiv ergonomi och inläring

I den iterativa processen lades stort fokus på att hålla gränssnittet enkelt för att upprätthålla en god kognitiv ergonomi. Vid utformningen av manualmallar (se figur 4.4) placerades därför den nödvändiga informationen för att lösa uppgiften på framsidan och ledning samt lösningsförslag på baksidan. Det är dels bra för att inte lösningen ska vara tillgänglig innan studenten löst uppgiften, men också på grund av att det är icke-nödvändig information som hade bidragit till ett stökigare gränssnitt om det låg på framsidan. Kronologin på hela manualen följer en logisk väg och är i linje med Gagnés nio steg för lärande [5]. En direkt jämförelse med de nio stegen ges i listan nedan.

1. Få uppmärksamhet  
Detta möts genom att varje experiment har en stimulerande rubrik, och även genom den första rutans rubrik som är *Vad lär vi oss av detta?*
2. Informera studenterna om mål  
Under rubriken *Vad lär vi oss av detta?* i den första rutan förmedlas syfte med uppgiften på studentspråk.
3. Återkoppla till tidigare lärande  
I den andra rutan ges en kort teoribakgrund inom området som motsvarar de förkunskaper studenter bör ha för att genomföra uppgiften.
4. Presentera innehållet  
I den tredje rutan ges materialet som behövs för att genomföra experimentet, tillsammans med en bild på det.
5. Ge vägledning  
I den fjärde och sista rutan på framsidan ges instruktioner för utförandet av experimentet, samt frågor som ska besvaras i samband med dem.
6. Uppmuntra träning  
Efter att ha läst instruktionerna ska studenten genomföra dem på samma sätt som beskrivet.
7. Ge feedback  
När studenten vänder på manualen syns först en lösningsledning, där kan studenten få respons på om lösningen är på rätt väg eller inte.
8. Bedöm prestation  
När studenten sen roterar manualen 180° presenteras lösningen och studenten kan då se om den fått rätt svar eller inte.
9. Göra det möjligt att applicera kunskapen till framtida arbete.  
Denna nionde punkt är svår att applicera direkt på experimentmanualerna.

Ett förslag för att kunna applicera även denna punkt är att lärare kan hänvisa till räkneuppgifter på liknande område för att visa på hur det används i andra sammanhang.

Genom att följa de nio stegen för lärande hjälper manualmallens ordningsföljd att leda användarens uppmärksamhet i en kronologisk ordning och underlättar därmed avkodningen av datan. Att ha en mall för hur utformningen ska ske gör också att utseendet på alla manualer blir likadana och kontinuiteten gör det också lätt för studenten att avkoda informationen då till exempel teorin alltid finns i det nedre vänstra hörnet. På så sätt minimeras ansträngningen för att förstå uppgiften och mer energi kan läggas på att lösa uppgiften.

När det gäller de små etikettmallarna (se figur 4.3) har de också en enhetlig och konsekvent design. Samtlig information hittas alltid på samma ställe, till exempel att plats för materialet alltid står längst ner till höger. De stora etikettmallarna (se figur 4.2) har även de en enhetlig och konsekvent design där alla etiketter ser likadana ut för att informationen alltid ska vara lätt att hitta.

#### 5.2.2.2 Dekorativ kontra funktionell design

När användaren är nybörjare inom området är rekommendationen att använda bilder som komplement till text [7]. Därför finns det bilder i manualmallen. I teorirutan finns plats för grafik till höger om texten, där det kan placeras figurer eller liknande som hjälper studenten att förstå koncepten. Lämpligast är tolkande grafik som hjälper studenterna förstå samband som inte går att se med blotta ögat, till exempel kraftpilar eller rörelseriktningar. Det andra grafiska elementet finns i utrustningsrutan till höger om texten. Där kan en bild på hur utrustningen ser ut placeras så att det blir lättare att hitta materialet. En sådan bild skulle klassas som representativ grafik, som inte är rekommenderat [7]. Dock kan det i det här sammanhanget motiveras om användaren ska leta efter specialgjord utrustning eftersom det kan vara svårt att veta hur till exempel komponenten *Stöd* som finns i experiment S1 ser ut. Därför ansågs ett grafiskt element i form av en bild på alla ingående komponenter ändå vara motiverat.

I mallen för de stora etiketterna finns likt i utrustningsrutan i manualerna representativ grafik för att visa hur de ingående komponenterna ser ut. Vikt lades på enhetlighet mellan de stora etiketterna och manualerna och därför designades mallarna så lika som möjligt utan att kompromissa på funktionen av dem. Vid design av de små etiketterna (för komponenter) användes ingen grafik då det inte kunde motiveras. Eftersom att dekorativ grafik inte bör användas [7] och ingen annan grafik bedömdes behövas blev etiketterna utan.

### 5.2.3 Detaljer som utgör ett användarvänligt gränssnitt

Under arbetets gång har flera designval gjorts med avseende på mindre detaljer (till exempel typsnitt, färger och positionering av designelement i mallar) som tillsammans har skapat en helhet. Nedan kommer därför dessa designval att diskuteras och motiveras av teorin i avsnitt 2.3.

#### 5.2.3.1 Text och utformning

Som standardtypsnitt i studion valdes Arial, som ej har seriffer och som har jämnt mellanrum mellan bokstäverna. Detta förbättrar läsbarheten, i synnerhet för dyslektiker [8]. Detsamma gäller radavståndet, som generellt valdes till 1,5 gånger textstorleken. För att öka läsbarheten ytterligare säkerställdes att texten i studios material alltid var svart text på ljus eller pastellfärgad bakgrund [11]. Läsbarheten hade förstås kunnat förbättras ytterligare, exempelvis genom att använda seriffer vid mycket liten text, då dessa har visat sig vara fördelaktiga i det fallet [9]. Dock hade detta inte givit någon enhetlighet, vilket hade gjort materialet mindre familjärt för studenterna och därmed minskat *Relevansen* enligt ARCS-modellen [12]. Det hade också gjort materialet mer stökigt och hade därför gjort den kognitiva belastningen högre [4]. Det hade i sin tur påverkat inläringen.

Gruppen var dock tvungna att vid platsbrist kompromissa med lägre radavstånd och textstorlek (för både etiketter och manualer). Samtidigt arbetade gruppen med att i dessa fall reducera mängden text för att inte minska radavstånd och textstorlek för mycket. Det resulterade i en avvägning där mängden information ställdes mot läsbarheten. Gruppens bedömning var dock att hög läsbarhet var viktigare än mer information, eftersom lärandet garanterat förbättras av det förstnämnda [10].

#### 5.2.3.2 Rutnät och positionering

Den främsta rollen av rutnät och positionering i lärandematerial är att skapa en visuell hierarki och guida läsaren till vad denne ska läsa först. Gruppen har främst utnyttjat teorin kring rutnät och positionering i skapandet av manualer. Manualerna är uppbyggda i ett rutnät med fyra rutor där rutan uppe till vänster kommer läsas först [6]. Detta är rutan med rubriken *Vad lär vi oss av detta?* som är den rubriken studenter och lärare bör läsa först. Därefter läses rutorna uppe till höger och nere till vänster. Dessa är utrustningslistan och teorin som är viktiga att läsa innan laborationen startar. Slutligen kommer rutan nere till höger att läsas, som är instruktionerna. Instruktionerna kommer och ska läsas oavsett, så det gör ingenting att de är sist i den visuella hierarkin. Det är en fördel att de läses sist så studenten och/eller läraren kan bilda sig en uppfattning om laborationen innan den startar.

I samma manualer har det också lagts fokus på att skilja informationsgrupperna (rutor) åt. Detta har gjorts med ramar som är ett effektivt sätt att skilja på hierarkin [6]. Ramarna runt rutorna är dessutom smalare än rutan kring hela manualen. Det gör att laborationsrubriken blir tydligare eftersom den ligger inuti den stora ramen med tjockare linjer, men inte innanför de smala ramarna. Detta i sin

tur gör det lättare att snabbt identifiera varje manual, då laborationsrubriken är det som syns först, vilket gör det lätt för lärarna att hitta relevant laboration.

Även på Canvassidan kan exempel på visuell hierarki ses, även om det inte är med rutnät. På startsidan har exempelvis laborationsnamn och dess plats fetmarkerats för att öka kontrasterna mellan denna information och resten [4]. Målet med detta var att lärarna snabbt ska hitta laborationens plats i studion. Vid utformandet av etiketter har mindre fokus medvetet lagts på visuell hierarki, utöver att viktigare information som laborationsnummer är större än mindre viktig information. Detta hade gruppen kunnat utveckla genom att även på etiketterna, särskilt de större övergripande etiketterna, applicera samma teori om rutnät som för manualerna.

### 5.2.3.3 Färg och symboler

Vid utvecklingen av designriktlinjer till den nya studion har gruppen valt att enbart använda fyra färger (grå samt tre olika pastellfärger). Eftersom dessa är pastellfärger var det därför också möjligt att skriva text på färgerna, exempelvis i etiketterna [11]. Gruppens förhoppning är att dessa lugnare färger ska minska det visuella brusset och därmed minska studenternas fokus på färgerna [6] och öka deras fokus på själva laborationen.

Att använda mycket färger är ett sätt att öka data-pixel-förhållandet, vilket är extra viktigt när det är manualer, etiketter och Canvassidor med begränsad plats. Ett annat sätt att öka data-pixel-förhållandet är också att använda symboler istället för ord [6]. Detta har gruppen gjort genom att göra en pil på manualen där den ska vändas till andra sidan eller genom att använda ”?” när det är en fråga i manualen som ska besvaras av studenten. Troligen hade gruppen kunnat utnyttja detta mer, exempelvis genom en symbol för mekanik, dynamik och hållfasthetslära. Detta leder dock till ett annat problem, vilket är att symbolerna riskerar att bli mer dekorativa än funktionella vilket inte är bra för användbarheten [4].

## 5.3 Tillämpning av studion

Målet med arbetet var att studion skulle bli mer användarvänlig och att experimenten och labbarna som tillverkats kommer i bruk mer än de gjort tidigare. För att detta skulle vara möjligt har studion dokumenterats och strukturerats på så vis att lärare lätt kan hitta vad det finns i studion som berör deras kurser.

Det finns så klart möjlighet för lärare att ta med sig material från studion till föreläsningar och visa upp för att elever ska få en mer intuitiv förståelse för teorin som går igenom. Sedan har gruppen ett mål att det i den nya studion kommer finnas en möjlighet att ha stationslabbar på plats där allt material finns.

## 5.4 Vidare arbete med studion för lärare

Gruppens förhoppning är att studion och dess tillhörande Canvassida i framtiden ska bli en öppen plattform för lärare att dela med sig av material och idéer med varandra. Därför har gruppen skapat en sida där lärare kan dela med sig av material som litteraturtips och onlineresurser.

I bästa fall blir konsekvensen av detta att lärare blir mer villiga att dela material med varandra och studenterna. Tidigare har lärare skapat eget material och sedan har detta materialet enbart kommit till nytta för den specifika lärarens kurs, men om lärarna utnyttjar möjligheten för delningen på den nya Canvassidan kommer materialet finnas tillgängligt för fler. Detta kommer troligen gynna undervisningen genom att det finns mer material att tillgå i de olika kurserna i mekanik och hållfasthetslära. En förutsättning för detta är dock att lärarna upptäcker denna möjlighet, vilket förhoppningsvis underlättas av att resten av studion blir mer lättanvänd för dem efter årets arbete och i och med att fler lärare nu är inbjudna till studions Canvassida.

## 5.5 Vidare arbete med studion för framtida kandidatarbeten

Då detta varit ett återkommande kandidatprojekt kommer det troligen även finnas framtida grupper som kommer arbeta med studion. Därför har gruppen nedan sammanställt några stycken om idéer och liknande till framtida grupper.

### 5.5.1 Slutgiltig färdigställning av årets arbete

Gruppens arbete med förnyande och uppdatering av strukturen för befintliga experiment och tillhörande kommunikation hann inte bli färdigställt. Granskning av manualinnehåll och revidering är något som oftast inte gjorts av kandidatgrupperna genom åren. Detta leder till att det inför detta år fanns manualer som inte var helt korrekta innehållsmässigt. I många fall har fel teori och notation använts och sedan inte korrigerats kommande kandidatgrupper. Även i år har revideringen av manualinnehåll prioriterats ned, vilket har resulterat i att endast en manual blev helt färdigställd. Detta kommer minska nyttan av studion under det kommande läsåret. Däremot ligger feedback som getts från examinator och handledare lättillgängligt fysiskt i en mapp i studion. Gruppen har alltså gjort det så lätt som möjligt för nästkommande år att ha goda underlag i en slutgiltig färdigställning av manualer.

### 5.5.2 Studions struktur

För att behålla strukturen i studion kommer det att krävas en kontinuerlig ansträngning av både lärare, handledare, examinator och framtida kandidatprojekt. På grund av detta har gruppen gjort alla mallar för etiketter och manualer tillgängliga för

framtida kandidatprojekt så att även de kan anpassa sina framtida experiment till studions nya struktur.

### 5.5.3 Flytt av studion

Gruppen valde att anpassa den nya strukturen till den gamla studion, eftersom flytten till den nya studion skulle dröja. För att den nya studion, som kommer ha andra skåp och dylikt, ska bibehålla samma grad av struktur som den gamla studion finns det två alternativ. Det ena alternativet är att använda samma numrering i den nya studion som i den gamla. I det fallet kan det ske att flera skåp i den nya studion får samma nummer, men om detta görs tydligt med skyltar bedömer inte gruppen det som något problem. Det andra alternativet är att ändra etiketterna och skapa ny numrering i nya studion. För detta syftet har gruppen enbart skrivit numrering på etiketterna och på Canvassidan (ej på manualerna) för att minimera arbetet. Dessutom har gruppen delat filer för etikett- och manualmallar på Canvassidan för framtida kandidatprojekt.

Vid en flytt av studion behöver flera saker beaktas för att den nya miljön ska bli så bra som möjligt. För att så många experiment som möjligt ska få plats i skåp behöver djupet på skåpen vara minst 35 cm då många lådor har en bredd på strax över 30 cm. Eftersom skåpen i nuvarande studion som mest är 30 cm djupa kan i dagsläget inte alla skåpsdörrar stängas helt. Dessutom bör fler skåp köpas in än vad som krävs för att underlätta tillkomst och förvaring av fler experiment. Den nya studion bör också innehålla mycket bordsyta där experiment kan genomföras och den nya miljön bör även vara mer stimulerande och lärorik än i dagens studio. Detta kan exempelvis uppnås med mycket färg, t.ex. genom att hänga upp fysikposters på väggarna, vilket var något gruppen noterade underlättade inlärningen vid studiebesöket hos FysikLek.

### 5.5.4 Nya experiment och manualer

Under arbetets gång har flera idéer för nya experiment till studion kommit upp. Idéerna har kommit från gruppen, handledare, examinator samt Jim Brouzoulis. Dessa idéer inkluderar:

- Fler labbar som involverar fjädrar. Studion innehåller redan mycket material för detta och det som saknas är labbmanualer. Exempelvis går det att göra en labb om stående vågor med slinkyfjädrarna som finns i studion.
- En manual till fackverksbron som följer de nya designriktlinjerna för studion. I dagsläget finns en fackverksbro i studion som gruppen inte valt att skapa någon dokumentation till. Detta skulle med fördel kunna göras, men det kräver då en dialog med ansvariga lärare för fackverksbron och troligtvis en revidering av manualmallarna för att få plats med mer innehåll.
- Nya kulbanemoduler till kulbanan skapad av kandidatprojektet 2022. I dagsläget finns det bara få sekvenser av moduler som gör att kulan stannar kvar i banan.
- En tråkloss-modell av ett valv, idé från Jim Brouzoulis.

- En modell av en hängbro eller bågbro, idé från Jim Brouzoulis.

### 5.5.5 Framtida fallgropar med studion

I framtida utveckling av studion finns det flera problem som kan komma att minska användbarheten av studion och dess Canvas-sida.

En fallgrop är att gruppen (från årets projekt) har begränsat sig till att enbart göra manualer som är maximalt en framsida och en baksida stora. Det gör att laborationer som kräver större manualer kommer kräva en utveckling av de nuvarande designprinciperna. Ett exempel på när detta kan ske är när en ny manual till fackverksbron ska utformas eftersom denna kräver mycket större manualer. Om en framtida grupp ska göra detta är det därför av stor vikt att de bekantar sig med designprinciperna, exempelvis genom att arbeta fram några manualer enligt nuvarande storlek på manualer, innan de utvecklar något nytt.

En annan fallgrop är den kommande flytten som sker efter genomförandet av detta kandidatprojekt. Under flytten kan experiment, manualer och struktur försvinna eller gå sönder. En flytt av studion bör därför ske med stor varsamhet och aktsamhet så att även den nya studion får en tydlig struktur med hela och fungerande experiment. Dessutom kommer numrering och dylikt behöva ändras vid en flytt, vilket inte heller ska ignoreras.

Ytterligare en risk är att gruppen inte haft någon tid att utvärdera huruvida studions experiment och struktur kommer fungera. Teorin har följts och det bör fungera men verkligheten är alltid lite annorlunda från teorin och om studion inte blir mer lättanvänd och lärorik kan strukturen behöva revideras.

# 6

## Slutsatser

Årets arbete med att strukturera upp studion var nödvändigt för att möjliggöra utveckling av studion. Genom att ha en mer enhetlig och digitaliserad studiomiljö kan framtida vidareutvecklingar och förbättringar genomföras mer effektivt och med mindre begränsningar. Förhoppningsvis kommer de nya lokalerna att vara klara i tid för nästa års kandidatarbete, så att deras fokus kan vara på utformningen av den nya studion, utvecklingen av nya experiment eller andra icke-strukturellerade projekt.

Gruppens strukturering och digitalisering av studion förväntas öka användningen av studions material bland lärare och sprida information om studions existens på ett effektivare sätt. Materialet har nu, till skillnad från innan, samlats på en plats och lärare kan enkelt få överblick över vilka laborationer som är tillgängliga genom Canvassidan. Detta kommer att underlätta för studenter och lärare att använda studion och öka möjligheterna för lärande. En tydlig översikt över de befintliga experimenten är även till fördel för kommande kandidatgrupper, som kan dra nytta av den för att utveckla nya experiment. Gruppens avsikt är att Canvassidan fortsätter att uppdateras med nya laborationer, videor eller guider enligt den struktur som i år har implementerats.

För att bibehålla strukturen som skapats är det även viktigt att handledare och examinator visar fortsatt högt intresse för studion. Det är även viktigt att framtida kandidatgrupp också jobbar på att bibehålla strukturen i studion för att den ska fortsätta vara attraktiv. Vidare behöver utkasterna till manualerna från årets arbete färdigställas för att studion ska kunna nyttjas till fullo. I framtiden hade det också varit bra med en grundlig genomgång av studion med jämna mellanrum för att se över experiment som inte används eller som behöver kompletteras, även om det inte sker ett pågående kandidatarbete.

Hela projektet har i sin grund varit en iterativ designprocess och gruppen har dragit många lärdomar av detta. En lärdom är att dålig struktur och dålig design bidrar till sämre förutsättningar för inläring, vilket är särskilt problematiskt när det handlar om stora klasser på ingenjörsprogram på Chalmers. En annan lärdom är att iterationsprocessen är nödvändig för att uppnå bra och ändamålsenlig design. Under processens gång har gruppen sett direkta fördelar efter varje cykel av den iterativa processen. Den ska därmed tas på allvar, även om det kräver extra tid. Den är så tidskrävande att gruppen inte är helt klar med den iterativa processen, utan för ett optimalt resultat hade det krävts betydligt mer extern feedback.



# Litteraturförteckning

- [1] M. Ander, privat kommunikation, 31 jan. 2023.
- [2] M. Wagner, C. Ungermanns och W. Werth, "Benefits of Experimental Supported Teaching", i *2019 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Kroatien, 2019, ss. 783-788. DOI: 10.23919/MIPRO.2019-8757072.
- [3] J. M. Keller, *Motivational Design for Learning and Performance*. New York, USA: Springer Science, 2010.
- [4] D. Peters, *Interface Design for Learning - Design Strategies for Learning Experiences*. London, Storbritannien: Pearson Education, 2014.
- [5] M. Arvola, *Interaktionsdesign och UX*. Lund: Studentlitteratur, 2017.
- [6] S. Few, *Information Dashboard Design - The Effective Visual Communicatuon of Data*. Sebastopol, USA: O'Reilly Media, Inc., 2006.
- [7] R.C. Clark och R.E. Mayer, *E-Learning and the Science of Instruction : Proven Guidelines for Consumers and Designers of Multimedia Learning..* Greensboro, USA: Center for Creative Leadership, 2011.
- [8] L. Rello och R. Baeza-Yates, "The Effect of Font Type on Screen Readability by People with Dyslexia", *ACM Transactions on Accessible Computing*, vol. 8, nr. 4, ss. 15:1-15:33, Maj 2016, DOI: 10.1145/2897736.
- [9] A. Arditi och J. Cho, "Serifs and font legibility", *Vision Research*, vol. 45, nr. 23, ss. 2926-2933, Nov. 2005, DOI: 10.1016/j.visres.2005.06.013.
- [10] L. Zhedong och W. Beihai, "Research on Text Visual Effect of Multimedia Courseware for Mobile Online Learning", i *21st International Conference on Man-Machine-Environment System Engineering, MMESE 2021*, Peking, Kina, 2021, ss. 841-847. DOI: 10.1007/978-981-16-5963-8\_115.
- [11] A. Agic, L. Mandic och N. S. Loknar, "Legibility of typefaces and preferences of text/background color variations in virtual environment", i *11th International symposium on Graphic Engineering and Design, GRID 2022*, Novi Sad, Serbien, 2022, ss. 835-841. DOI: 10.24867/GRID-2022-p92.
- [12] J. Gulliksen, B. Göransson, *Användarcentrerad systemdesign*. Lund: Studentlitteratur, 2002.
- [13] Chalmers tekniska högskola, "FysikLek", 2023. [Online] Tillgänglig: <https://www.chalmers.se/samarbeta-med-oss/aktiviteter-for-skolan/upplev-fysik-hos-fysiklek/> (hämtad: 2023-04-21).
- [14] S. Eliasson, A. Jösok, L. Nävert, L. Sundbeck, "Studio i mekanik och hålfasthetslära - Utveckling av laborationer för förståelse av grundläggande principer och fenomen", Kandidatarbete, Institutionen för Tillämpad mekanik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, Sverige, 2013.

- [15] S. Alexandersson, P. Bäckgren, S. Everett Eriksson, E. Hedin, "Studio i mekanik och hålfasthetslära - Organisering och uppdatering av experimentell utrustning", Kandidatarbete, Institutionen för Tillämpad mekanik, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, Sverige, 2016.

# A

## Dokumentationsmall

När arbetet inleddes skapades ett kalkylark där hela studion med tillhörande laborationer och utrustning dokumenterades. Denna dokumentationsmall finns bifogad i detta appendix. Dokumentationen består delvis av observationer från inledande inventering (huruvida det finns instruktioner, om laborationen funkar o.s.v.) och delvis av kommentarer från senare delen av arbetet kring reparationer, foton och nyskapade manualer. Dokumentationsmallen innehåller också en lista på allt universalmaterial, d.v.s. komponenter som tillhör flera eller inga laborationer.

Dokumentationsmallen utgjorde ett viktigt verktyg för den inledande struktureringen och inventeringen av studion samt för kommunikationen inom gruppen.

Namn på labb	Kurs	(Nytt) nummer
Tensegritetsspall	Hållfasthetslära	H61
Förflyttning av last på balk	Statik	S1
Emmas steg	Statik	S2
Kulbana	Dynamik	D31
Kulbana, gammal	Dynamik	D32
Stabilitetsmodell	Statik	S3
Eulers knäckfall	Hållfasthetslära	H62
Ölburkar	Dynamik	D33
Masströghetsmoment	Dynamik	D34
Sofias stav	Dynamik	D35
Lutande plan	Statik	S4
Kuggjul	Statik	S5
Lyft dig själv	Statik	S6
Flytta moment	Statik	S7
Svängande pinne	Dynamik	D36
Balkrigg	Hållfasthetslära	H63
Krympförband stav	Hållfasthetslära	H64
Oändlig massa	Dynamik	D37
Skumgummibalkar	Hållfasthetslära	H65
Kontinuerligt upplagd balk	Hållfasthetslära	H66
Pappersklämma		Kasserad
I-balkar		Kasserad
Fackverk		Kasserad
Kontinuerligt upplagd balk II	Hållfasthetslära	H67
Kastbana?		Kasserad
Gemensam tyngdpunkt	Statik	S8
Flygande bil	Dynamik	D38
Trådrulle	Dynamik	D39
Spänningsoptik	Hållfasthetslära	H68
Vinkeltavla	Statik	S4
Fiberexperiment	Hållfasthetslära	H69
Remväxel		Kasserad
Kraftbord	Statik	S9
Tyngdpunktsplatta	Statik	S10
strawbees	Hållfasthetslära	H70
tryckkärl	Hållfasthetslära	H71
Trissor	Statik	S11
Fackverksbro	Hållfasthetslära	H72
Gyro med elektrisk anbringare	Dynamik	D40
Stålbalksprofiler	Hållfasthetslära	H73
Rasmus fjädrar	Dynamik	D41
Balk med varierande massa		Kasserad
2 balkar	Hållfasthetslära	H74
Sak som visar egensvängningar	Dynamik	D42
Våg i hiss	Statik	S12
Nedböjning	Hållfasthetslära	H75

Kommentarer från inledande inventering (rosa färg betyder att manual ej görs, röd färg betyder kasserat experim

Finns i labbet?	Finns instruktioner?	Finns dokumenterad?	Har en lapp?	Funkar?
ja	ja, i rapporten	nej	nej	
ja	ja, papper	ja	nej	
ja	ja, papper	ja	ja	ja
ja	ja, i rapporten	nej	nej	nej
ja	nej	nej	nej	ja
ja	ja	ja	ja	nja
ja	ja	ja	ja	
ja	nej	ja	ja	ja
ja	ja, i rapporten	nej	nej	nja
ja	ja	ja	nej	ja
halvt	ja, i rapporten			
ja	nej	nej	nej	ja
ja	ja, i rapporten	nej	nej	ja
ja	ja	ja	ja	nej
ja	nej	nej	nej	ja
ja	ja	ja	ja	nej
ja	ja	ja	ja	nej
ja	typ, rapport 2021	Ja	ja	vet ej
ja	Ja	Ja	ja	nja
ja	nej	ja	nej	ja, men examina
ja	ja	nej	ja	ja
ja	ja	nej	nej	ja
ja	nej, demostation	ja	nej	ja
ja	nej	ja i rapport 2014	nej	nja
ja	nej	nej	nej	oklart
ja	nej	nej	nej	oklart
ja	ja	ja	ja	ja
ja	ja	ja	nej	ja
ej komplett	nej	ja	ja	nej
ja	ja	ja	ja	tror det
ja	nej	nej	nej	antagligen
ja	ja	ja	ja	ja
ja	nej	nej	nej	oklart
ja	nej	ja i rapport 2017	nej	nja
ja	nej	ja	nej	ja
ja	ja	ja	ja	ja
ja	ja	ja	ja	ja
ja	nej	nej	nej	verkar så?
ja	nej	nej	nej	kanske
ja	nej	nej	nej	ja
ja	nej	ja	ja	ja
ja	nej	nej	nej	nja, borde hänga
ja	nej	nej	nej	borde kompletter
ja	nej	nej	nej	Behöver lagas
ja, våg finns	ja			
ja	ja			

Namn på labb	Kurs	(Nytt) nummer
Tensegritetsspall	Hållfasthetslära	H61
Förflyttning av last på balk	Statik	S1
Emmas steg	Statik	S2
Kulbana	Dynamik	D31
Kulbana, gammal	Dynamik	D32
Stabilitetsmodell	Statik	S3
Eulers knäckfall	Hållfasthetslära	H62
Ölburkar	Dynamik	D33
Masströghetsmoment	Dynamik	D34
Sofias stav	Dynamik	D35
Lutande plan	Statik	S4
Kugghjul	Statik	S5
Lyft dig själv	Statik	S6
Flytta moment	Statik	S7
Svängande pinne	Dynamik	D36
Balkrigg	Hållfasthetslära	H63
Krympförband stav	Hållfasthetslära	H64
Oändlig massa	Dynamik	D37
Skumgummibalkar	Hållfasthetslära	H65
Kontinuerligt upplagd balk	Hållfasthetslära	H66
Pappersklämma		Kasserad
I-balkar		Kasserad
Fackverk		Kasserad
Kontinuerligt upplagd balk II	Hållfasthetslära	H67
Kastbana?		Kasserad
Gemensam tyngdpunkt	Statik	S8
Flygande bil	Dynamik	D38
Trådrulle	Dynamik	D39
Spänningsoptik	Hållfasthetslära	H68
Vinkeltavla	Statik	S4
Fiberexperiment	Hållfasthetslära	H69
Remväxel		Kasserad
Kraftbord	Statik	S9
Tyngdpunktsplatta	Statik	S10
strawbees	Hållfasthetslära	H70
tryckkärl	Hållfasthetslära	H71
Trissor	Statik	S11
Fackverksbro	Hållfasthetslära	H72
Gyro med elektrisk anbringare	Dynamik	D40
Stålbalksprofiler	Hållfasthetslära	H73
Rasmus fjädrar	Dynamik	D41
Balk med varierande massa		Kasserad
2 balkar	Hållfasthetslära	H74
Sak som visar egensvängningar	Dynamik	D42
Våg i hiss	Statik	S12
Nedböjning	Hållfasthetslära	H75

ent)				
Kommentar?		Behöver låda?	Finns manual?	
2022			ja, se 2022	
Finns utförliga instruktioner i rapporten s.16 2013		Ja, 50x30x30	ja	
2016			ja	
2022, Bör kompletteras		Ja, 50x30x30	ja	
Ska vi slänga den, för den är oklar?			nej	
2013, Det lutande planet är konstigt.		Ja, 50x30	ja	
2013			ja	
Kommer någon använda dessa?			nej	
2022, Ny ögla behövs. Finns mallar för fler storlekar			ja	
Har tveksamt pedagogiskt syfte, bra om den var större			ja	
2014, Hade gynnats av egen plats, och vinkelmätare			nej, se 2014	
2021			nej, se 2021	
2013, bör fixas så snöret inte åker ur, ny våg?			ja	
Något är konstigt med den, ny momentnyckel			ja	
Gammal, vad kan man tänkas använda denna till?			nej, ny kommer ej göras	
Saknar en fot, hade behövt bättre instruktioner			ja	
2021		Ja, 20x15	nej, se 2021	
Kulan studsar av vid vissa släpp mot ytan			nej	
tor tyckte den borde kastas			nej	
Demostreerar utböjning väl, göra räkneexempel?			ja, se 2021	
2017				
Demostreerar utböjning, kan uppdateras, skall doneras				
Vet ej hur den är Släng men spara den vita skivan				
Ena som demo i klassrum och andra i studion			ja, se 2021	
Vet ej hur den fungerar				
			ja	
2022		Ja, 50x30	ja	
			ja	
			ja	
Nån examinator har gjort den, ej från studion			nej	
Verkar vara ett komplett experiment			ja	
verkar mest vara trassel				
2017		Ja, 30x30x25	ja	
Saknar en tråd			nej	
Vill vi ha kvar detta?		Ja, 30x40	nej	
Vill vi ha kvar detta?			nej	
Finns fästen i taket			nej, se 2021	
Tillhör inte studion			ja, ny kommer ej göras	
Jättefin		Ja, 30x30x20	nej	
			nej	
is upp på väggen		Ja, 35x15x25	nej	
ras med nya visare			nej	
			nej, ny kommer ej göras	
			ja	
			ja	

Namn på labb	Kurs	(Nytt) nummer
Tensegritetsspall	Hållfasthetslära	H61
Förflyttning av last på balk	Statik	S1
Emmas steg	Statik	S2
Kulbana	Dynamik	D31
Kulbana, gammal	Dynamik	D32
Stabilitetsmodell	Statik	S3
Eulers knäckfall	Hållfasthetslära	H62
Ölburkar	Dynamik	D33
Masströghetsmoment	Dynamik	D34
Sofias stav	Dynamik	D35
Lutande plan	Statik	S4
Kuggjul	Statik	S5
Lyft dig själv	Statik	S6
Flytta moment	Statik	S7
Svängande pinne	Dynamik	D36
Balkrigg	Hållfasthetslära	H63
Krympförband stav	Hållfasthetslära	H64
Oändlig massa	Dynamik	D37
Skumgummibalkar	Hållfasthetslära	H65
Kontinuerligt upplagd balk	Hållfasthetslära	H66
Pappersklämma		Kasserad
I-balkar		Kasserad
Fackverk		Kasserad
Kontinuerligt upplagd balk II	Hållfasthetslära	H67
Kastbana?		Kasserad
Gemensam tyngdpunkt	Statik	S8
Flygande bil	Dynamik	D38
Trådrulle	Dynamik	D39
Spänningsoptik	Hållfasthetslära	H68
Vinkeltavla	Statik	S4
Fiberexperiment	Hållfasthetslära	H69
Remväxel		Kasserad
Kraftbord	Statik	S9
Tyngdpunktsplatta	Statik	S10
strawbees	Hållfasthetslära	H70
tryckkärl	Hållfasthetslära	H71
Trissor	Statik	S11
Fackverksbro	Hållfasthetslära	H72
Gyro med elektrisk anbringare	Dynamik	D40
Stålbalksprofiler	Hållfasthetslära	H73
Rasmus fjädrar	Dynamik	D41
Balk med varierande massa		Kasserad
2 balkar	Hållfasthetslära	H74
Sak som visar egensvängningar	Dynamik	D42
Våg i hiss	Statik	S12
Nedböjning	Hållfasthetslära	H75

Kommentarer från löpande arbetet			
Nyskapad manu	Reparerats?	Nytt foto taget?	
Ja		ja	
Ja		använd gamla	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja	Bättre fastskruvad	ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja	Nytt handtag, våg	ja	
Ja	Ny momentnyckel	ja	
Nej		ja	
Ja	Ny fot	ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja	Nya balkar, handtag	foto togs vid senare tillfälle	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja	Nya glasskivor	ja	
Lutande plan		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja	Nya snören	ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Nej		ja	
Ja	Ny O-ring	ja	
Ja		ja	
Ja		ja	
Ja	Ny visare och linjal	ja	
Nej			
Ja		använd gamla	
JA		använd gamla	

<b>Dokumenterat extramaterial</b>		(Nytt) nummer
Vikter med krok		U2
Låda med röda och blå delar		U19
Stativ		U16
Fackverksmoduler		U20
Gummiklädda magneter		U23
Dynamometrar		U8
50g vikter		U2
Rep		U21
Vagn med fjädrar, vikter etc		U7
Våg		U1
Gammal våg		U9
Måttband		U3
Gradskiva		U4
Linjaler		U5
Kritor		U6
Digitalt skjutmått		U10
Fjädrar inkl. slinky		U11
Lång fjäder		U12
Små fjädrar		U13
Styva fjädrar med samma längd		U14
Tråd		U15
Kärra		U17
Mola structural model		U18
Kontorsmaterial		U22
Annat material		U25
Whiteboardpennor		U26
Tejp		U24

# B

## Intervjuer

Nedan finns de två intervjuerna som genomfördes inklusive frågor som ställdes och sammanfattningar av respondenterna Ulf Gran och Jim Brouzoulis svar.

### B.1 Intervju med Jim Brouzoulis

*Vilka experiment använder du idag?*

Jim brukar demonstrera skumgummibalkarna, Eulerfall, tryckkärl och fackverket på föreläsningar. Det är de han känner att han får användning av. Han har inte full koll på vad som finns i studion. “Det hade varit bra med en hemsida” och “Det är mycket här jag inte kommer ihåg” säger han medan gruppen går igenom studios innehåll under intervjun.

*Vad saknar du för experiment?*

Det finns flera experiment som Jim gärna hade sett i studion. Bland annat innefattar det en tråklossmodell för en romersk båge (för att illustrera tryckbelastning), en enkel bågbro med bågbanan med vajrar, en hängkabelbro med brobana (likt Älvsborgsbron) och skumgummibalkar med annan tvärsnittsform (I-balk, T-tvärsnitt, C-tvärsnitt eller L-tvärsnitt).

*Vad brukar elever ha svårt med?*

Enligt Jim, som undervisar på Teknisk design, har eleverna svårt för det mesta. Det finns inget specifikt som gruppen bör ta hänsyn till, utan alla delar av statik, dynamik och hållfasthetslära är relevanta.

*Skulle det vara av intresse att ha ett digitaliserat dokument med alla befintliga dokument? Verkar detta vara en bra idé?*

För att få en överblick på vad som finns för experiment och illustrationer tycker Jim att detta vore en bra idé.

*Hur har distansundervisningen påverkat? Ser du någon vits med digitala laborationer/experiment?*

Enligt Jim är detta inte något gruppen bör prioritera men han anser att det hade varit trevligt med lite videos som illustrerar olika fenomen. Han tycker att distansundervisningen inte påverkat studenterna så mycket.

## B.2 Intervju med Ulf Gran

*Vilka experiment använder du idag?*

Rörelsemängdsmoment demonstreras med ett gyro. Han har också använt kontorstolen med hantlarna som också visar på rörelsemängdsmoment. Han har också tagit med *Lyft dig själv* från studion till en föreläsning vid ett tillfälle. Han ser inte att det finns så många fler koncept som går att visa med demonstrationer i mekanik 1.

*Vad saknar du för experiment?*

Han saknar inte något särskilt, men om det fanns en katalog över experiment skulle han kanske hitta något mer.

*Vad brukar elever ha svårt med?*

Det som är svårast är rörelsemängdsmoment, eftersom det är där intuitionen brukar ta slut. I år har studenterna också haft svårt för att räkna på tyngdpunkter, troligen eftersom det var ett stort hopp från exemplet på föreläsningen till exemplet de skulle räkna på. Att räkna på balkar brukar också vara svårt eftersom de inte sett sådant som deltafunktionen ännu. Övergången från statik till dynamik brukar också vara svår eftersom man inte är van vid att det inte är jämvikt.

*Skulle det vara av intresse att ha ett digitaliserat dokument med alla befintliga dokument? Verkar detta vara en bra idé?*

Ulf tycker detta låter som en bra idé. Han är dock mest intresserad av demonstrationsexperiment eftersom det inte finns utrymme för laborationer i hans kurs.

*Hur har distansundervisningen påverkat? Ser du någon vits med digitala laborationer/experiment?*

Distansundervisningen fungerade bättre än förväntat, särskilt för mekanik-kursen eftersom de hade en specialbyggd studio för detta. För laborationer tycker han det är bra att vara på plats men för enklare demonstrationer kan det fungera med en video, där det inte uppkommer frågor. Han ser bara en vits med mer avancerade demonstrationer om det också finns möjlighet för studenterna att diskutera demonstrationen. Därför bör det inte läggas krut på digitala laborationer/experiment.

*Har du någon användning för något av dessa (*Lyft dig själv*, *Emmas stege*, *Kulbana*) experiment?*

Han har använt *Lyft dig själv* tidigare och tyckte båda de andra experimenten (*Emmas stege* och *kulbana*) såg intressanta ut. Han visste inte om att dessa fanns.

*Har du några andra kommentarer?*

Ulf efterfrågar en kärra till *Lyft dig själv* eftersom den var väldigt tung.

# C

## Fler manualer

Nedan (i figur C.1 till C.4) följer flertalet exempel på utkast till manualer i både statik, dynamik och hållfasthetslära. Totalt producerades utkast till 37 manualer varav en kunde revideras färdigt. Dessa finns uppladdade på studions Canvassida.

## S1 - Förflyttning av last på balk

Laboration i mänsklig storlek som demonstrerar stöd krafter

### Vad lär vi oss av detta?

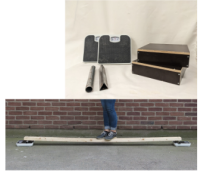
Du har säkert sett balkar med lastfunktioner på föreläsningen eller i läroboken. Nu ska du få se en på riktigt också! Dessutom kommer du lära dig hur stödkrafterna på balken ändras beroende på var du står, och hur man anpassar ett samband till uppmätta data.

**Lärandemål:** Frilägga materiella system, ställa upp jämviktsekvationer och lösa dessa.

### Utrustning

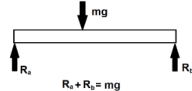
Bräda (S1.1) • 2 vågar (S1.2,S1.3) • 2 stöd (S1.4,S1.5) • Måttband (U3)

Ställ upp utrustningen enligt bilden till höger.



### Teori

Enligt Newtons tredje lag måste alla krafter vid jämvikt tas upp av lika stora men motriktade motkrafter. För en balk upplagd på två punkter finns det då två motkrafter (stödkrafter) som håller balken uppe. Storleken av dessa varierar med lastens läge.



### Instruktioner

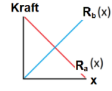
- Stå inte för nära rullstödet eftersom balken kan börja rulla.
- Mät ut längden mellan stöden.
- Gör ca 4-5 mätningar där du står på olika positioner på balken. Anteckna båda reaktionskrafterna vid varje mätning.
- Hur förhåller sig vågens utslag och den faktiska reaktionskraften?
- Skriv ner resultaten i en tabell och illustrera sedan dessa för båda reaktionskrafterna i exempelvis en graf.
- Uttryck resultaten i två samband för hur varje reaktionskraft beror på placeringen av lasten.

Manual från: 2016. Senast reviderad: 2023 Svårt att lösa? På baksidan finns tips och lösningsförslag!

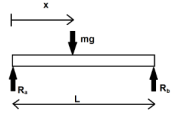
(a) Exempel på utkast till manual för *Förflyttning av last på balk*.

## Lösningsförslag

Börja med att mäta avståndet mellan stöden som plankan lutar på. Gör en tabell från de uppmätta resultaten från vågarna. Skriv ner både position av last och utslag på båda vågarna. Efter en tabell sammanställts är det lämpligt att sammanfatta resultaten i en graf, som bör se ut ungefär såhär:



Om mätningar har utförts korrekt kan man notera att utslagen för vardera våg bildar en rät linje, alltså är det lämpligt att utgå från räta linjens ekvation för att finna ett samband mellan lastens position och stödkrafterna. Definiera längder, krafter och koordinataxlar såhär:



Man kan också räkna kraft- och momentjämvikt för att få:

$$R_a(x) = ax + b = -\frac{mgx}{L} + mg$$

$$R_b(x) = ax + b = \frac{mgx}{L} + 0$$

## Ledning

- Gör mätningarna vid jämna mellanrum på balken. Om balken har längden L är ett förslag att mäta vid:  $L/5, 2L/5, 3L/5, 4L/5, L$
- Tänk på att en våg omvandlar kraften den belastas med till massan en mänskliga med den tyngdkraften hade haft.
- Om du tycker det känns svårt att skriva ett uttryck för stödkrafterna kan du först hitta uttrycken med kraft- och momentjämvikt.
- Ett alternativ är att fundera över vilket värde du borde få vid ändpunkterna. Om du står på kanten, vad blir stödkrafterna då? Detta ger också tillräckligt med information för att hitta uttrycket.

(b) Exempel på utkast till baksida för manual till *Förflyttning av last på balk*.

**Figur C.1:** Utkast till manual för statiklaborationen *Förflyttning av last på balk* med framsida och baksida.

## S10 - Tyngdpunktsplatta

Modell för att beräkna masscentrum


<p><b>Vad lär vi oss av detta?</b></p> <p>Vi lär oss att bestämma masscentrum för en fysisk geometrisk kropp både teoretiskt och experimentellt.</p> <p><b>Lärandemål:</b> Att kunna förstå begreppen masscentrum och tyngdpunkt och beräkna masscentrum för geometriska enkla kroppar.</p>	<p><b>Utrustning</b></p> <p>Tyngdpunktsplatta (S10.1) • Linjal (U5) • Krita (U6) • Stav (S10.2) • Snöre med en krok (S10.3)</p> 	
<p><b>Teori</b></p> <p><b>Masscentrum</b> för en kropp är ett medelvärde över massans fördelning i en kropp. Den beror därför på kroppens densitet och geometri.</p> <p><b>Tyngdpunkten</b> är däremot den punkten där den resulterande gravitationskraften verkar på en kropp. Om gravitationsfältet är samma överallt sammanfaller masscentrum och tyngdpunkten. Och så är det ju i studien så därför kan vi anta att de är samma!</p>	<p><b>Formler</b></p> <p><b>Totala massan</b> <math>M</math> av <math>n</math> kroppar:</p> $M = \sum_{i=1}^N m_i$ <p>Den <b>sammansatta kroppens masscentrum</b>:</p> $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{x}_i m_i}{M}$ <p>Vid <b>konstant densitet</b> kan <b>totala masscentrum</b> även beräknas som:</p> $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{x}_i V_i}{V_{total}}$	<p><b>Instruktioner</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Räkna först teoretiskt ut masscentrum av tyngdpunktsplattan. Gör det genom att dela upp kroppen i lämpliga delkroppar och genom att mäta lämpliga sträckor på kroppen. Markera punkten för masscentrum med en krita.</li> <li>Nu ska vi hitta tyngdpunkten experimentellt! Fundera själv hur du kan hitta tyngdpunkten med hjälp av utrustningen till labben. Finns det flera sätt?</li> <li>Är det någon skillnad på masscentrum och tyngdpunkt för vår geometriska kropp? När får man en skillnad mellan masscentrum och tyngdpunkt?</li> </ol>

Manual från: 2022. Senast reviderad: 2023 Svårt att lösa? På baksidan finns tips och lösningsförslag! ↻


(a) Exempel på utkast till manual för *Tyngdpunktsplatta*.

### Lösningförslag

Definiera sina koordinataxlar, origo, mått och delkroppar enligt figuren:



Vi kan räkna ut areor för de två delkropparna, och definierar vinklar enligt figur.



Vilket ger:  $\cos(\varphi) = \frac{h}{2r}$ ,  $\sin(\varphi) = \frac{b}{4r}$

Sen fås masscentrums läge utifrån origo i x-led och y-led för de två delkropparna:

$$\bar{x}_1 = \frac{3}{4}b + \frac{4r}{3\pi} \cos(\varphi) = \frac{3}{4}b + \frac{2h}{3\pi}$$

$$\bar{y}_1 = \frac{h}{2} + \frac{4r}{3\pi} \sin(\varphi) = \frac{h}{2} + \frac{b}{3\pi}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{b}{2} \quad \bar{y}_2 = \frac{h}{3}$$

Kroppen har måtten  $r = 40$  cm,  $h = 30$  cm och  $b = 52$  cm. Om du sätter in värdena får du:

$$\bar{y} = 19.8\text{cm}$$

$$\bar{x} = 40.8\text{cm}$$

**Ledning**

- Tänk på att sätta ett origo och definiera dina koordinatsystem som är bäst.
- Koordinater utifrån det! Fundera över vilket halvkörl (med konstant densitet) finns nedan:



(b) Exempel på utkast till baksida till manual till *Tyngdpunktsplatta*.

**Figur C.2:** Utkast till manual för statiklaborationen *Tyngdpunktsplatta* med framsida och baksida.

## D33 - Ölburksrace

Vilken ölburk snurrar fortast?

### Vad lär vi oss av detta?

Har du nänsin funderat på varför en full ölburk snurrar fortare än en tom? I denna labben ska du se hur massan och geometrin av en ölburk påverkar dess vinkelhastighet när den åker nedför ett plan.

**Lärandemål:** Förstå begreppen tröghetsmoment och rörelsemängdsmoment för en stel kropp, samt kunna beräkna dessa.

### Utrustning

Ölburk med betong (D33.1) • Ölburk med öl (D33.2) • Ölburk med ingenting (D33.3) • Linjal (D33.4) • Kloss (D33.5) • Tidtagare/mobil • Lutande plan (S4.1)



### Teori

**Tröghetsmomentet** kring en viss axel för en stel kropp är:  $I = \int \int \int r^2 dm$  där  $r$  är avståndet till axeln du vill beräkna tröghetsmomentet kring. För en cylinder med konstant densitet är tröghetsmomentet runt mittenaxeln från botten till toppen:  $I = \frac{1}{2}mr^2$ , där  $r$  är radien av cylindern. Om cylindern är ihålig blir istället samma tröghetsmoment:  $I = mr^2$ .

**Rotationsenergi** är en slags kinetisk energi som beror på en stel kropps vinkelhastighet kring någon axel samt tröghetsmomentet kring samma axel som:  $E_{rotation} = I\omega^2$ .

**Vinkelhastigheten**  $\omega$  kan du relatera till antal varv något snurrat per sekund (frekvensen  $f$ ) genom:  $\omega = 2\pi f$ .

### Instruktioner

0. Du kommer rulla ölburkar nedför ett lutande plan. Därefter jämförs burkens vinkelhastighet med hur långt ned den rullat.
- ?. Beräkna ett uttryck för burkens vinkelhastighet som beror på burkens massa och geometri samt höjden den rullat ned från.
- ?. Kan du dra någon slutsats av detta? Finns det något som vinkelhastigheten *inte* beror av?
1. Ställ upp det lutande planet med liten vinkel (1° till 2°) med hjälp av klossen. Mät burkarnas radie (samma radie för alla).
2. Lägg en burk högst uppe på planet och mät total fallhöjd.
3. Släpp ölburken och sätt på tidtagaruret. Räkna hur många varv burken rullat tills den nått botten och släng då av klockan.
4. Upprepa med alla burkar och räkna ut deras (medel)frekvens.
- ?. Blir det någon skillnad i vinkelhastighet mellan burkarna? Stämmer vinkelhastigheten med teorin? Vad skiljer frekvensen vid en viss höjd och medelfrekvensen fram till den höjden åt?

Manual från: 2023. Svårt att lösa? På baksidan finns tips och lösningsförslag! ↻

(a) Exempel på utkast till manual för *Ölburksrace*.

## Lösningsförslag

Eftersom burken roterar runt axeln som går från burkens topp till burkens botten använder vi det tröghetsmoment som är givet i teorin. Vi kan beräkna den totala kinetiska energin (vänsterledet) och den potentiella energin (högerledet) beroende på hur långt,  $h$ , den åkt ned:

$$\frac{1}{2}I\omega^2 + \frac{1}{2}mv^2 = mgh$$

Eftersom cylindern inte glider beror hastigheten direkt på vinkelhastigheten genom  $v = \omega r$ .

Sedan sätter vi in de givna tröghetsmomenten och skriver om alla vinkelhastigheter till frekvensen. Då får vi frekvensen som:

$$f = \frac{1}{2\pi r} \sqrt{gh}$$
 för solid cylinder (ötfyllt och betongfyllt) och
$$f = \frac{1}{2\pi r} \sqrt{\frac{2}{3}gh}$$
 för ihålig cylinder (fyllt med ingenting).

Notera att frekvensen inte beror på massan av ölburken. Det som ger skillnad i frekvens (om burkarna släpps från samma höjd) är deras geometri.

Ölburkarna har radien 0,032 m. De släpptes i något experiment från  $h = 0,025$  m. Om man stoppar in dessa siffror fås vid botten frekvensen 2,5 varv/s för solid cylinder och 2 varv/s för ihålig. Vid en faktisk mätning erhöles 7 varv under 3,2 sekunder för de solida burkarna och 6 varv under 4,5 sekunder för den ihåliga. Det ger frekvenserna 2,2 varv/s respektive 1,3 varv/s. Dessa är lägre än de teoretiska eftersom det är medelfrekvenser. I början rullar burken långsammare än i slutet vilket gör medelfrekvensen lägre.

## Ledning

- När du tar fram uttrycket för vinkelhastigheten beroende av fallhöjden: Använd energibevarelse och tänk på att du även måste ha med vanlig kinetisk energi från translation ( $E = mv^2$ ).
- Vid är sambandet mellan burkens hastighet och dess vinkelhastighet? Fundera över vilken sträcka burken tillbakalägger när den snurrar ett helt varv.
- När du mäter vinkelhastigheten: Du får fram medelfrekvensen genom att dividera antal varv burken snurrat med tiden. Därefter kan du relatera medelvinkelhastigheten till medelfrekvensen med hjälp av teorin.

(b) Exempel på utkast till baksida för manual till *Ölburksrace*.

**Figur C.3:** Utkast till manual för dynamiklaborationen *Ölburksrace* med framsida och baksida.

## H61 - Tensegritetspall

"Svävande" pall som visar linkrafter och deformation

### Vad lär vi oss av detta?

Tensegritetspallen kombinerar det bästa från statik och hållfasthetslära! Med pallen kan du lära dig lite mer om linkrafter, och du kan experimentellt beräkna elasticitetsmodulen för ett snöre.

**Lärandemål:** Förstå koncepten linkrafter, deformation och elasticitetsmodul.

### Utrustning

Tensegritetspall (H61.1) • Linor (H61.2) • Digitalt skjutmått (U10) • Våg (U1) • Vikter (U2)



Montera pallen enligt bilden till höger (fyra linor på kanten och en i mitten).

### Teori

Tensegritetsstrukturen bygger på att en struktur spänns upp av linor som bara tar dragkrafter. De olika komponenterna nuddar inte varandra utan linorna upprätthåller strukturen. All vikt läggs på mittenlinan medan linorna längs med randen på cirkeln balanserar och stabiliserar strukturen.

Beroende på var de olika vikterna placeras på topplattan kommer de yttre linorna att belastas på olika sätt. Därför är det också viktigt att tänka på den deformation som uppstår vid belastning. När vikterna placeras på ovansidan av pallen kommer mittenlinan att belastas till den punkt att den förlängs, vilket kan användas för att beräkna och analysera deformationen och därmed E-modulen hos de olika linorna.

### Instruktioner

- Sätt ihop pallen med linor av önskat material.
- Belasta med vikter tills linan får en synlig deformation.
- Mät nedböjningen av linan med skjutmättet.
- Gör om med olika tjocklek och material på mittenlinan.
- Beräkna E-modulen i mittenlinan. Använd skjutmättet för att mäta tvärsnittsarean av linan.

? Om varje lina klarar av 250 N, med vilken kraft kan pallen belastas?

? Varför byter vi bara ut linan i mitten?

? Blir det en skillnad i kraftfördelningen om pallen hålls uppe eller nere?

Manual från: 2022. Senast reviderad: 2023

Svårt att lösa? På baksidan finns tips och lösningsförslag! ↻

(a) Exempel på utkast till manual för *Tensegritetspall*.

## Lösningförslag

Nästan all kraft förs genom mitten av linan. Detta går att se genom friläggning av den övre plattan eller genom att kolla på pallen. Det gör att  $F_{belastning} \approx F_{lina}$ .

Sedan mäter man massorna på vikterna man belastat pallen med och får  $F_{belastning} = m_{belastning} \cdot g$ . Därefter mäts tvärsnittsarean  $A$  av linan med skjutmättet, och även förlängningen av linan  $\Delta l$ . Därefter använder du formelerna i ledningen och får  $E = \frac{m_{belastning} g \Delta l}{A}$ . Detta värde beror förstås på vilken lina du valt.

Eftersom det är den mittersta linan som tar nästan all belastad kraft blir den maximala lasten pallen kan belastas med också 250 N.

Eftersom det är den mittersta linan som tar nästan all last kommer det alltid vara denna linan som förlängs först.

Ja. Om den hålls i den nedre plattan blir det liknande kraftsituation som när den stod på bordet, d.v.s. mittenlinan får högst belastning. Om pallen hålls i övre plattan blir kraftsituationen annorlunda. Den övre plattan belastas nu även med en kraft  $uppdåt$ , och för att jämvikt ska erhållas belastas nu de yttre linorna med linkrafter istället för den mittersta. Dessa krafter är dock lägre än när mittenlinan fick den huvudsakliga lasten eftersom det här finns tre linor att fördela kraften på.

ledning

$$\frac{l}{\Delta l} = \epsilon$$

och

$$\frac{F}{A} = \sigma$$

dar

$$\frac{\epsilon}{\sigma} = E$$

spänning och förlängning:

användbara formler är formelerna för elasticitetsmodul, bestämma elasticitetsmodulen i linan. Några den övre plattan kan pallen användas för att

Eftersom all kraft förs genom linan i mitten (tips: frilägg

(b) Exempel på utkast till baksida för manual till *Tensegritetspall*.

**Figur C.4:** Utkast till manual för en laboration i hållfasthetslära med framsida och baksida, i detta fall *Tensegritetspall*.

**INSTITUTIONEN FÖR  
MEKANIK OCH MARITIMA VETENSKAPER  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA**

Göteborg, Sverige 2023  
[www.chalmers.se](http://www.chalmers.se)



**CHALMERS**