

# Projekt 2

## Bilbane

I denne opgave skal I arbejde med et stykke legetøj, kaldet en ”bilbane”. Opgaven løses i grupper, og rapporten skal uploades på LEARN senest **søndag d. 15. januar 2023, kl. 23:00**.

Dette dokument er både en opgavetekst og en forsøgsvejledning. Læs det hele før I begynder på arbejdet. *Det lægges vægt på passende brug af figurer/skitser og billeder gennem hele opgaven!*

### Formelle krav

- Rapporten skal indeholde en forside, der indeholder navne og studienumre på medlemmerne af gruppen, kursusnummer og titel, samt dato. Øvrig relevant information, f.eks. et billede, er også tilladt.
- Rapporten skal indeholde en indholdsfortegnelse (maks. 1 side). På samme side, eventuelt i selve indholdsfortegnelsen, angives hvilke afsnit hvert gruppemedlem har været hovedansvarlig for<sup>1</sup>.
- Siderne i rapporten skal være nummererede, tekstdørrelsen skal være punkt 11-12 i brødteksten, og letlæselig i alle figurer og tabeller.
- Brug samme nummerering i rapporten som i opgaveteksten. Undgå at citere/genbruge elementer fra opgaveteksten. Rapporten skal kunne læses som et selvstændigt dokument.
- Kildehenvisninger placeres bagerst sammen med øvrige bilag. Fodnoter må ikke bruges til kildehenvisninger.
- Maple-kode må kun optræde i rapporten, hvis det tjener et værdigt formål. Maple-kode skal indsættes som formateret tekst (ikke som skærmdump).
- En del af opgaven løses med Excel. Excel-filen skal uploades som en separat fil.
- Rapporten skal skrives i tekstbehandlingssystemet L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, og kildekoden skal gengives i et bilag<sup>2</sup>. Det er tilladt at benytte den udleverede skabelon. Rapporten skal afleveres i PDF-format. Maks. 12 sider ekslusiv bilag, forside og indholdsfortegnelse.

---

<sup>1</sup>Dette er et krav i DTUs regelsæt.

<sup>2</sup>Alternativt er det tilladt at uploadé `tex`-filerne ved siden af rapporten.

## Opgave 1 Indledning

Jeres rapporten skal have en indledning, hvor I fortæller lidt om hvad rapporten handler om. Overvej hvad der skal til for at læseren af rapporten kommer godt i gang, og ikke føler sig ”kastet ud i emnet”.

## Opgave 2 Eksperimentér

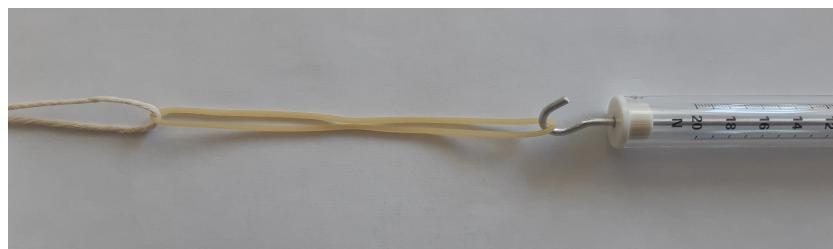
Begynd med at samle bilbanen og afprøv affyringsmekanismen. Læg mærke til, at der er 2 ”klik” på affyringsrampen, så man kan vælge mellem 2 forspændinger af elastikken. Tag et par billeder af opstillingen til brug i rapporten, f.eks. navngivning af de forskellige dele.

Bemærk, at kraftintervallerne i de følgende delspørørgsmål er **vejledende!**

## Opgave 3 Opmåling af elastikken

Denne del af opgaven handler om opmåling af elastikkens fjederkarakteristik, eller med andre ord: Hvordan afhænger trækkraften i elastikken af dennes forlængelse? Begynd med at belaste elastikken med 15 N i cirka 3 s. Overvej hvorfor det kan være en god idé?

### Spørørgsmål 3.1 Enkeltløkke



Tag 5 elastikker og benyt det udleverede *dynamometer* og tommestokken med henblik på at udfylde en tabel i stil med denne (brug Excel)

Forlængelse [cm]	Kraft <sub>1</sub> [N]	Kraft <sub>2</sub> [N]	...
0	0	0	...
...	...	...	...

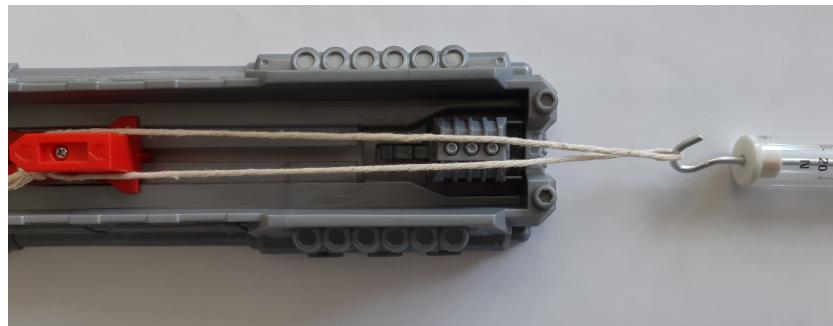
Bemærk, at I skal notere elastikkens forlængelse i forhold til den *udeformerede tilstand*. I skal tage mindst 10 målinger i intervallet [0; 15] N.

### **Spørgsmål 3.2 Dobbeltløkke**



Udfør et nyt forsøg med den forskel, at elastikken denne gang skal lægges dobbelt. Skriv måleresultaterne ind i en ny tabel. Tag mindst 10 målinger og sørge for at udnytte hele dynamometerets måleområde.

### **Spørgsmål 3.3 Affyringsrampe**



Gentag opmålingen endnu engang, hvor elastikken er monteret i affyringsrampen. Benyt eventuelt et stykke snor til at forbinde pufferen med dynamometeret. Tag mindst 10 målinger og brug hele dynamometerets måleområde.

Bemærk, at pufferen muligvis er *forspændt*. Kraften registreres derfor som funktion af pufferens vandring, hvilket ikke nødvendigvis er det samme som elastikkens forlængelse.

## **Opgave 4 Sammenligning af karakteristikker**

I skal nu sammenligne opmålingerne af kraft som funktion af forlængelse/-vandring. Databehandlingen foretages i programmet Excel. I alle grafer skal forlængelsen/vandring afsættes på den vandrette akse, mens den målte kraft afsættes på den lodrette akse.

## **Spørgsmål 4.1 Enkeltløkke**

Vis graferne for de 5 målinger fra Spørgsmål 3.1 i et fælles koordinatsystem.  
Kommentér resultatet.

## **Spørgsmål 4.2 Enkelt- og dobbeltløkke**

Lav et plot, der viser en typisk kraft–forlængelseskurve for en enkeltløkke-elastik og en dobbeltløkke-elastik. Ligger graferne oveni hinanden? Ville man forvente, at graferne var sammenfaldende?

Lav nu et nyt plot, hvor *kraften for enkeltløkke-elastikken* er skaleret op til det dobbelte af det målte, og *forlængelsen for dobbeltløkke-elastikken* er skaleret op til det dobbelte af det målte. Forklar hvorfor disse grafer i teorien burde ligge oveni hinanden.

## **Spørgsmål 4.3 Affyringsrampe**

Den sidste graf skal vise kraft–forlængelse for både dobbeltløkke-elastikken og kraft–vandring for affyringsrampen.

Det er tilladt at forskyde den ene graf en smule langs den vandrette koordinatakse for at opnå et fælles startpunkt (i tilfælde af, at elastikken er forspændt i affyringsrampen). Forklar hvad I har gjort, hvis I forskyder en af graferne.

Forklar hvorfor, der kræves en større kraft for at lade affyringsrampen. Betyder det, at elastikken indeholder mere energi, når den sidder i affyringsrampen?

Forklar hvorfor pufferens vandring ikke svarer præcis til forlængelsen af dobbeltelastikken? Kan I opstille et formeludtryk, der giver denne sammenhæng?

# **Opgave 5 Arbejdssætningen**

## **Spørgsmål 5.1 Dobbeltløkkens arbejde**

Beregn ved hjælp af numerisk integration i Excel det arbejde, der skal til for at strække elastikken, når den ligger dobbelt.

## **Spørgsmål 5.2 Affyringsrampens arbejde**

Anslå ved beregning det arbejde som pufferen yder på bilen ved affyring.  
Ideer

- Benyt først samme metode som i Spørgsmål 5.1.
- Kig på graferne i Spørgsmål 4.3. Hvad udtrykker forskellen i kraft på de to kurver?
- Hvor meget energi er der oplagret i elastikken, når affyringsrampen er spændt maksimalt?
- Kan man bruge information fra Spørgsmål 4.3 til at forbedre estimatet af affyringsrampens arbejde på bilen?

Beregning kan udføres i Excel og/eller Maple.

### **Spørgsmål 5.3 Bilens fart**

Beregn bilens fart umiddelbart efter, at pufferen har nået sit endestop efter affyring. Brug arbejdssætning på følgende to scenarier

- Bilens masse er  $m_{bil} = 32\text{ g}$ , mens massen af pufferen negligeres.
- Bilens masse er  $m_{bil} = 32\text{ g}$  og pufferens masse er  $m = 7\text{ g}$ .

Kommentér resultaterne.

## **Opgave 6 Det perfekte hop**

I skal nu undersøge hvordan man skal designe et hop, der får Monster Trucken til at flyve længst muligt gennem luften. I skal derfor designe og fremstille en "hop-holder" til bilbanen. I kan basere jeres design på eksperimenter eller beregninger, eller begge dele!!

Forklar i rapporten hvordan I er kommet frem til jeres udformning af hoppet. Indsæt teksten der hvor det passer bedst ind i de kommende delspørgsmål.

Det er tilladt at bytte rundt på afsnit Spørgsmål 6.1 og Spørgsmål 6.2, hvis I synes det passer bedre til jeres rapport.

### **Spørgsmål 6.1 Beregning på hoppet**

Beregn hvor langt Monster Trucken teoretisk set burde kunne hoppe. Beregningen skal tage udgangspunkt i det hop I har fremstillet og opmålingerne på elastikken og affyringsrampen.

Vis hvordan I beregner den teoretiske hoplængde i rapporten.

## **Spørgsmål 6.2 Fremstilling af hoppet**

Her er kravene til løsningen:

- Bilbanens loop skal afmonteres.
- Bilbanens laveste punkt må ikke være mere end 10 mm over det vandrette underlag (f.eks. gulvet eller et bord).
- Holderen til hoppet skal tegnes i SolidWorks (medtag billede i rapporten).
- Holderen til hoppet skal 3D-printes (medtag fotografi i rapporten).
- Arrangementet af affyringsrampe, bane og hop-holder skal kunnestå korrekt på en vandret flade uden brug af tape, vægtklodser, støtte fra menneskehænder eller lignende.

## **Spørgsmål 6.3 Sammenligning mellem teori og praksis**

Sammenlign jeres teoretiske hoplængde med den hoplængde I opnår i praksis.  
I skal

- foretage et passende antal hop og beregne den gennemsnitlige hoplængde. Beregn også spredningen i afstandene og kommentér resultatet.
- ændre på parametre i den teoretiske model med henblik på at opnå bedre overensstemmelse mellem teori og praksis. Hvilken parameter er mest betydende? Hvor meget skal en eller flere parametre ændres for at opnå overenstemmelse? Angiv ændringen i både absolutte tal og i procent. Kommentér resultatet. Denne analyse kaldes for en *følsomhedsanalyse*.

## **Opgave 7 Diskussion og konklusion**

Slut rapporten af med et diskussions afsnit og en konklusion.