Vigtige overvejelser i forbindelse med rapport og SRP-skrivning.

- **<u>1) Man må ikke glemme at vise "rådata"</u>**, når der er tale om en overskuelig mængde data. Hvis man vil være sikker på at man får data med så vedlæg dem som bilag bagerst i opgaven. Er man i tvivl så spørg vejleder/læreren!! Nummerer gerne tabeller, så de er nemme at referer til.
    - Husk også at tænk over hvor mange cifre det giver mening at vise data med. Har vi f.eks. lavet en undersøgelse af det frie fald med videoanalyse kan man ikke forvente højere præcision i positionsbestemmelse end f.eks. millimeters nøjagtighed (hvis man er grundig.) Samtidig er det også vigtigt at knytte en tekst der fortæller hvilke parametre der blev målt ved den viste datatabel.

Data fra forsøg med tennisbold:

	VideoAnalysis					
	Time (s)	X (m)	Y (m)	X Velocity (m/s)	Y Velocity (m/s)	a (m/s^2)
1	5,400	2,257	2,697	-0,323	2,923	-6,
2	5,433	2,243	2,797	-0,216	2,755	-7,
3	5,467	2,243	2,891	-0,155	2,454	-9,
4	5,500	2,236	2,963	-0,180	2,102	-9,
5	5,533	2,229	3,027	-0,150	1,815	-9,
6	5,567	2,229	3,085	-0,192	1,497	-10,
7	5,600	2,214	3,128	-0,186	1,156	-11,
8	5,633	2,214	3,164	-0,138	0,749	-11,
9	5,667	2,207	3,178	-0,144	0,335	-11,
10	5,700	2,207	3,185	-0,210	-0,048	-9,
11	5,733	2,193	3,171	-0,270	-0,317	-8,
12	5,767	2,185	3,164	-0,234	-0,557	-7,
13	5,800	2,178	3,135	-0,216	-0,827	-7,
14	5,833	2,171	3,106	-0,186	-1,048	-9,
15	5,867	2,164	3,070	-0,114	-1,413	-10,

<u>Tabel 1</u>: Måling af position og hastighed for tennisbold med m=0,0581kg og radius r=0,34cm. Den meterstok brugt til længdekalibrering er målt til l =1,25m

Tid t/s	Vandret position x/m	Lodret position y/m	Vandret hastighed v_x/m	Lodret hastighed v_y/m	Lodret acceleration a_y/m/s
5,400	2,257	2,697	-0,323	2,923	-6,225
5,433	2,243	2,797	-0,216	2,755	-7,633
5,467	2,243	2,891	-0,155	2,454	-9,092
5,500	2,236	2,963	-0,180	2,102	-9,414
5,533	2,229	3,027	-0,150	1,815	-9,455
5,567	2,229	3,085	-0,192	1,497	-10,091
5,600	2,214	3,128	-0,186	1,156	-11,105
....	....	....	....	.....	.....

- **<u>2) Man må ikke glemme regneeksempler.</u>**
    - Hvis der indgår en beregning i databehandlingen (også selv om den er udført af loggerpro, så skal jeg dokumentere at jeg kan lave beregningen)
    - F.eks. kan den potentielle energi bestemmes ved "New Calculated Column", men beregningen skal dokumenteres så vis at

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot y = 0{,}0581kg \cdot 9{,}82\frac{N}{kg} \cdot 2{,}697m \approx 1{,}536103J \approx 1{,}54J$$

<u>Afrund resultaterne</u> så man kan se at der er tænkt over måleusikkerheden. De afrundede værdier indsættes så i tabellen fra før.

Tid t/s	Vandret position x/m	Lodret position y/m	Vandret hastighed v_x/m	Lodret hastighed v_y/m	Lodret acceleration a_y/m/s	Potentiel energy: E_{pot}/J
5,400	2,257	2,697	-0,323	2,923	-6,225	1,54
5,433	2,243	2,797	-0,216	2,755	-7,633	1,60
....	....	....	....	....	....	....

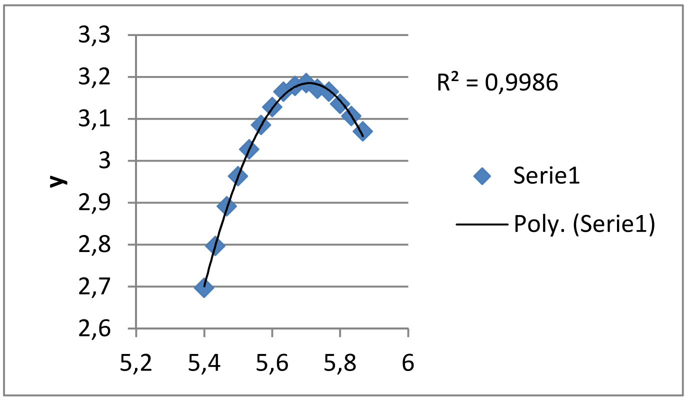
Vigtige overvejelser i forbindelse med rapport og SRP-skrivning.

- **<u>3) Man må ikke glemme at kommentere ORDENTLIGT på, hvad man kan se ud af de grafer der er med i opgaven og hvordan grafen passer til teorien, hvis der er en sådan</u>**. Hvis man ikke ved hvilken model data skal fittes til, så spørg vejleder/læreren!!
- **<u>3.1) Man må heller ikke glemme at gøre grafen færdig</u>**. Der skal aksetitler på og der skal være styr på enhederne.

Et godt trick er at kommentere på alle grafer i teksten lige under grafen og nummerer dem lige som med tabellerne. Så glemmer man ikke at gå i detalje med grafen og man ender ikke bare med at skrive at grafen passer med teorien.

Følgende virker f.eks. ikke særligt gennemarbejdet.

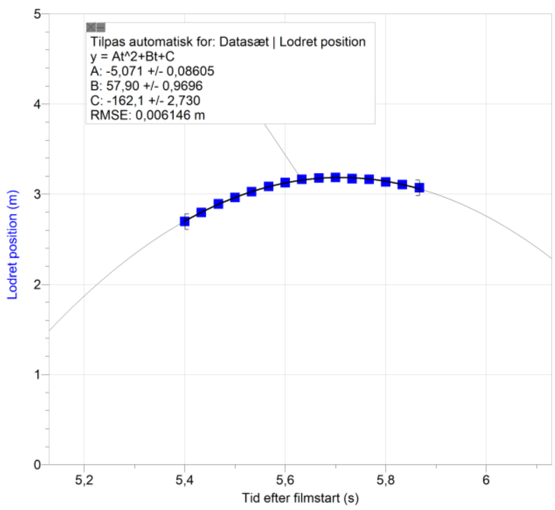
<u>Graf over det frie fald med tennisbold.</u>



Ved at se på R^2-værdien kan man se at teorien passer fint med en parabel.

Hvorimod følgende virker meget gennemarbejdet .

<u>Graf 1: Lodret position som funktion af tiden. Data fra tabel 1.</u>



Den lodrette position som funktion af tiden, er fittet til et 2. gradspolynomium. Af RMSE-værdien på 0,006146 m kan man se, at datapunkterne kun afviger ganske lidt fra den fittede kurve, så da vi fra teorien ved at den lodrette bevægelse skal beskrives med et 2. gradspolynomium mht. tiden kan vi slutte at der er pæn overensstemmelse mellem teori og de eksperimentelle data. Ved at sammenligne 2. gradskoefficienten på *A*=-5,071 $\frac{m}{s^2}$ kan vi bestemme en eksperimentel værdi for tyngdeaccelerationen $0{,}5 \cdot g = A$

$$g_{eks} = 2 \cdot A = 2 \cdot -5{,}071\frac{m}{s^2} \approx -10{,}142\ \frac{m}{s^2} \approx -10{,}1\frac{m}{s^2}$$

Den statistiske usikkerhed bestemt af loggerpro er $A_{spred} = \pm 0{,}086\frac{m}{s^2}$ SÅ vores bestemmelse af g bliver med en statistisk usikkerhed på: $g_{spred} = \pm 2 \cdot 0{,}086\frac{m}{s^2} \approx \pm 0{,}172\frac{m}{s^2}$. Afrundet til de 3 betydende cifre som jeg vurderer vi kan bestemme positionen til, bliver den samlede bestemmelse af $g_{eks} = -10{,}1\frac{m}{s^2} \pm 0{,}2\frac{m}{s^2}$. Vi kan se at der er overensstemmelse med den kendte tyngdeacceleration $g = 9{,}82\frac{m}{s^2}$ indenfor 2 spredninger, og overvejer man der også bør medregnes den fejlkilde der kan komme ind i forbindelse med længdekalibreringen, så må det siges at der er pæn overensstemmelse mellem måling og teori.

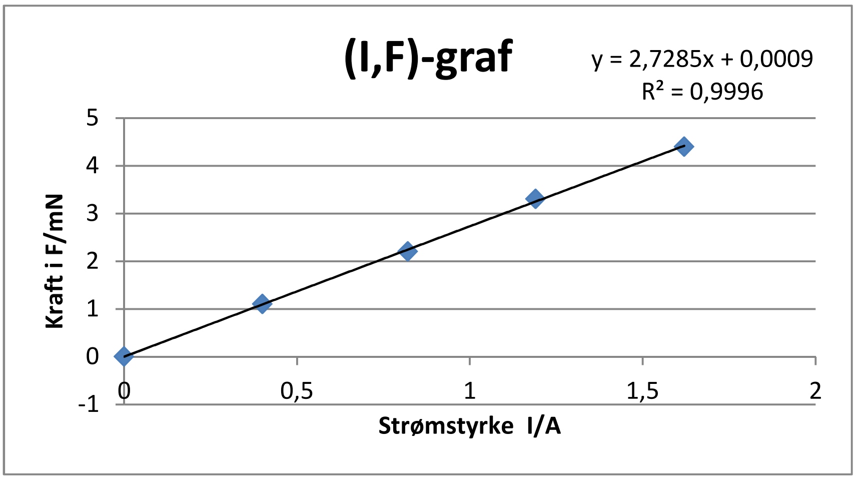
Gode tricks: **Usikkerheder:** Hvis man godt vil have statistiske usikkerheder på de parametre der er i den fittede funktion skal man bruge loggerpro (Hvis ikke usikkerhederne vises til sart, så klik på tekstboksen med forskriften og tryk på vis usikkerheder).

Tydelige tekstbokse: Dobbelttryk på tekst boksene og lav teksten tydelig, så man kan læse den i jeres opgaver.

R^2-værdi frem for RMSE-værdi: Hvis man bedre kan lide R^2-værdien frem for RMSE-værdien kan man lave regression i Excel, men så kan man ikke få vist usikkerheder på sine fits, og man skal selv sørge for at akserne ser pæne ud.

- **4) Alt er ikke bare lineære sammenhænge.**
  Hvis man har en teori der siger at kraften *F* på en leder i et homogent magnetfelt er proportionel med den strømstyrke *I*, der løber i lederen $F = k \cdot I$, så vises dette ikke blot ved at plotte sine (*I*,*F*)-data i et koordinatsystem og så lave lineær regression på data og tjekke R^2-værdien. Et eksempel kunne være:

Graf 2: Kraft som funktion af Strømstyrken. Længde af leder L=2,3cm, magnetisk fluxtæthed B=126mT Data fra tabel …



Af grafen kan man se at data passer meget fint til den ligefremproportionale model der blev postuleret i teoriafsnitet. Dels er forklaringsgraden $R^2 = 0{,}9996$ meget tæt på 1, og dels går den bedste rette linje stort set igennem punktet (0,0), idet skæringen på b=0,0009mN er meget lille sammenlignet med de andre y-akseværdier. Proportionalitets konstanten k er her bestemt til $k_{eks} = 2{,}72\frac{mN}{A}$. Den teoretiske hældning burde være:

$k_{teori} = L \cdot B = 0{,}023m \cdot 0{,}126T \approx 0{,}002898\frac{N}{A} \approx 2{,}9\frac{N}{A}$. Her er valgt at afrunde til 2 betydende cifre da vi kun kan bestemme L med millimeters nøjagtighed. Ved sammenligning ses det nu at den %-vise afvigelse er: $\frac{2{,}72\frac{mN}{A} - 2{,}9\frac{mN}{A}}{2{,}9\frac{mN}{A}} \cdot 100\% \approx -6{,}2\%$. Denne afvigelse kan dels forklares med den måleusikkerhed der er på målingen af den magnetiske fluxtæthed, som efter målingerne ikke viser sig at være konstant i hele den permanentemagnet. Den største fluxtæthed blev målt i centrum af magneten, og derfra aftog feltstyrken en ca. 18mT ud til kanten af magneten dvs. en 14% ændring . Den noterede magnetiske fluxtæthed er en skønnet middelværdi jeg vurderer derfor at den målte afvigelse på godt 6% kan forklares ved den inhomogenitet der er i den permanente mangnet.

- **5) Man må ikke glemme at lave en god figur der viser den eksperimentelle opstilling.**

- **6) Man må ikke glemme at kvalificere sit diskussionsafsnit med en rigtigt diskussion af måleusikkerhed og fejlkilder.**
  - Det er ikke nok at skrive at der var 5% afvigelse mellem den målte værdi af en størrelse og den teoretiske værdi, og at det skyldes at altid er fejlkilder og måle usikkerhed i et forsøg, og så ikke gå yderligere i detalje med hvad der ellers menes med det.

Vigtige overvejelser i forbindelse med rapport og SRP-skrivning.

Man skal dels **forklare hvilken betydning måleusikkerhed har haft i forsøget**,
Og man også **forklare hvilken betydning fejlkilder/systematiske fejl har haft i forsøget.**

For at kunne vurdere måleusikkerhed kan man ty til flere tricks:

6.1) Størrelsen og betydningen af måleusikkerhed afsløres tit i antallet af cifre i de målte størrelser. F.eks. giver en måling af længde med 3 betydende cifre $L = 2{,}32m$ en hvis begrænsning på, hvor mange cifre der kan komme i målte størrelser der bygger på den længdemåling. F.eks. kan en hastighed regnet udfra L ikke være med mere end 3 cifre. Hvis man har usikkerheder på de størrelser man benytter i databehandlingen kan man også regne **max-min-værdier** af den fundne størrelser ud. F.eks. vi måler en tid for en bevægelse med $\Delta t = 1{,}12s \pm 0{,}1s$ og en længde $L = 2{,}32m \pm 0{,}005m$. Så vil den største hastighed man kan få blive $v_{maks} = \frac{2{,}32m+0{,}005m}{1{,}12s-0{,}1s} \approx 2{,}28\frac{m}{s}$

$v_{min} = \frac{2{,}32m-0{,}005m}{1{,}12s+0{,}1s} \approx 1{,}90\frac{m}{s}$

Dvs. hastighedsbestemmelsen ligger mellem $1{,}90\frac{m}{s} - 2{,}28\frac{m}{s}$. Man kan også bruge "Pythagoras usikkerheds" officielt kaldet **"Ophobningsloven for usikkerhed"** . Man regner den relative usikkerhed ud på de størrelser der indgår i vores udregning $\Delta t_{rel} = \frac{0{,}1s}{1{,}12s} \approx 8{,}9\%$ og $L_{rel} = \frac{0{,}005m}{2{,}32m} \approx 0{,}21\%$

Den størrelse vi regner ud afhænger af usikkerheden i både tid og længde, så man finder

$v_{rel} = \sqrt{(8{,}9\%)^2 + (0{,}21\%)^2} \approx 8{,}9\%$ Dvs. at vi kan v er bestemt med 8,9% måleusikkerhed.

$v_{eks} = \frac{2{,}32m}{1{,}12s} \approx 2{,}07\frac{m}{s} \pm 2{,}07 \cdot 0{,}089\frac{m}{s}$ Dvs. $v_{eks} = 2{,}07\frac{m}{s} \pm 0{,}18\frac{m}{s}$. **At der er en stor eller lille afvigelse mellem en målt og en teoretisk størrelse er derfor ikke altid så interessant**. **Det der er interessant er om den målte afvigelse der er acceptabel målt i forhold til den måleusikkerhed der er i forsøget.**

6.2) Størrelsen og betydningen af fejlkilder/systematiske fejl.

Størrelsen og betydningen af fejlkilder eller systematiske fejl i forsøget kan være svære at få hold på, så en god start er altid at **forklar, hvorledes man har ønsket at mindske disse ved at lave måleprogrammet på en særlig måde eller at man i sin databehandling har valgt analyse metoder der mindsker systematiske fejl.**

F.eks. kan det at vende strømmen i lederstykket i forsøget med Laplaces lov fjerne betydningen af jordfeltet eller en ikke perfekt placering af lederstykket vinkeret på B-feltet.

Når man måler en masseændring Δm i stedet for en fast masse m, så undgår man også at en systematisk fejl i vægtens nulpunkt ødelægger data fordi forskellen i masse ikke vil være påvirket af et forkert nulpunkt.

Når man anvender lineærregression undgår man også at en fast nulpunktsfejl i datas x- og y-værdier ødelægger analysen alt for meget. Hældningen af en graf er nemlig uafhængig af om der er lagt en konstant til x- og y-værdierne, og er der f.eks. en systematisk fejl i y-værdierne, så viser det sig blot som en ændret b-værdi for forskriften $y = ax + b$. Nogle gange vil det være svært at sige hvor stor en størrelse den systematisk fejl i forsøget har, men så kan det også være godt nok at fortælle i hvilken retning fejlen vil trække resultatet af databehandlingen. F.eks. kan hastigheds målingen fra før nemt blive lidt for lille, hvis man har en tendens til at stoppe tidsmålingen for sent.

Idet $v = \frac{L}{\Delta t}$ vil blive systematisk for stor, hvis tiden måles for lang.

Kan man ikke andet er det dog altid en god ide at opliste de systematiske fejl der kan være i forsøget, også selvom det ikke er let at sige præcis hvor stor en betydning de har haft for forsøget. På den måde fortæller man læseren at man har tænkt over at de udover de tilfældige måleusikkerheder også er systematisk fejl i forsøget.