

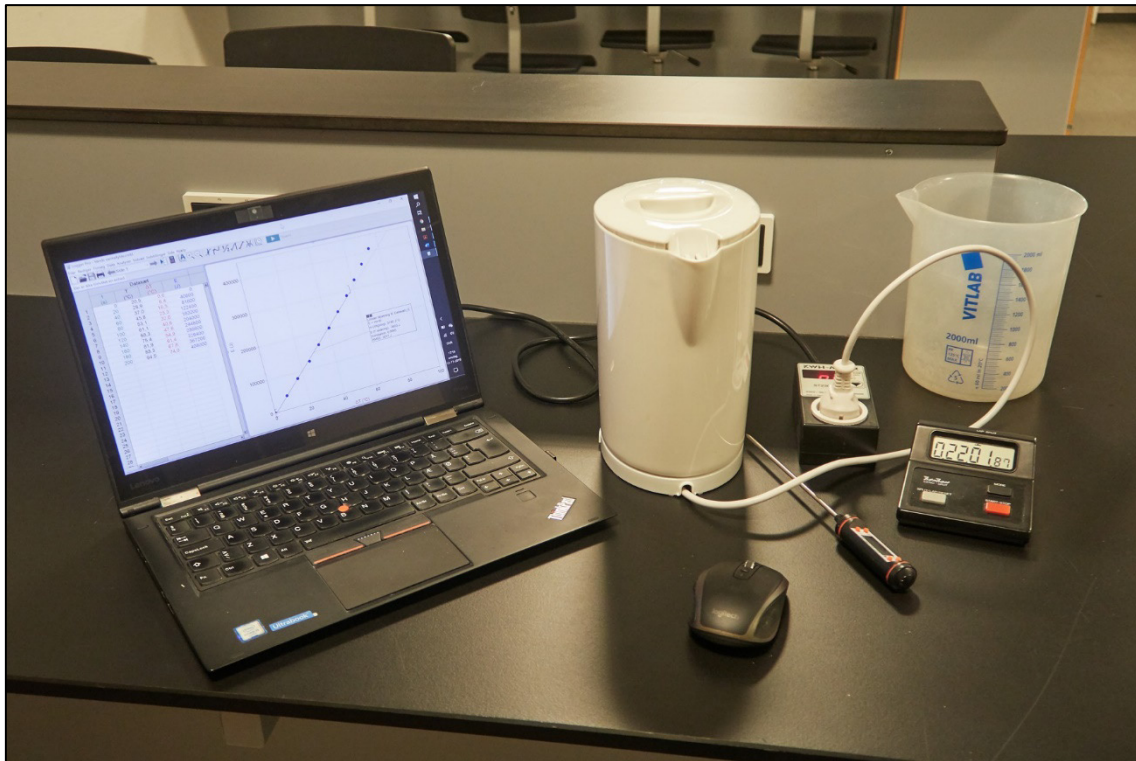
Vands varmfylde

Formål

Vi skal bestemme den *specifikke varmekapacitet*, også kaldet *varmfylden*, for vand.

Udstyr

En elkedel, et ur, et termometer, et måleglas og et Watt-meter.



Udførelse

Gennemfør følgende:

1. Afmål et sted mellem 1,0 og 1,4 liter kold vand i et bægerglas, men *ikke* præcist 1 liter. Hvad er vandets masse m ? Noter det i tabellen på næste side til højre.
2. Hæld vandet i en elkedel og tilslut elkedlen til en stikkontakt via en effektmåler (Watt-meter), mens elkedlen stadig *er slukket*.

I det følgende skal jeres øvelsesgruppe være forberedt og klar på, hvad der skal ske! I modsat fald kan det blive nødvendigt at gentage forsøget! Når en fra gruppen om lidt tænder for elkedlen, skal man være klar med stopuret og termometeret. Termometeret stikkes inden start ned i vandet på en måde, så låget på elkedlen er tilnærmelsesvist lukket i. Det er hensigtsmæssigt, at én elev aflæser termometeret og en anden elev aflæser tiden, mens en tredje elev noterer temperaturen i den anden kolonne i skemaet på næste side. Hver gang der går 20 sekunder, siger tidtageren til, mens personen med termometeret

oplæser temperaturen, som den tredje person skriver op. Det kan være fornuftigt lige at lade elkedlen komme i gang, før man starter forsøget.

3. Start på følgende måde: Tænd for elkedlen. Når temperaturen er vokset til ca. 25 grader, startes stopuret og starttemperaturen skrives op. Herefter måler man for hver 20. sekund temperaturen. Tag målinger indtil temperaturen lige har passeret 90°C.
4. Husk at opskrive effekten af elkedlen på Watt-meteret en gang for alle. Noter det ned i nedenstående skema til højre.

t (sek)	T (°C)	ΔT (°C)	E (J)
0			
20			
40			
60			
80			
100			
120			
140			
160			
180			
200			
220			

m (kg)	
T_0 (°C)	
P (W)	

Opgaver

I det følgende skal du benytte programmet *Vernier Graphical Analysis Pro* (VGAP). Data fra kolonne 1 og 2 indtastes i programmet. De nærmere detaljer om, hvordan det gøres, er beskrevet i afsnittet *Teknik i Vernier Graphical Analysis Pro* i slutningen af dokumentet. Du kan også vælge at se videoen her:

https://www.matematikfysik.dk/fys/videoer/energi/video_varmefylde_vgap.mp4

Overordnet skal følgende gøres:

- a) Værdierne i kolonne 3 skal beregnes. Her er tale om temperaturstigningerne i forhold til starttemperaturen, dvs. starttemperaturen T_0 trækkes fra værdierne i kolonne 2.
- b) Energiene i kolonne 4 beregnes ved at anvende formlen $E = P \cdot t$.
- c) I et koordinatsystem afbildes energien E som funktion af temperaturløbet.
- d) Der foretages *lineær regression* på data fra c).

Besvar herefter følgende:

- e) Kan du godtage, at der er tale om en *proportional sammenhæng* mellem E og ΔT , altså at $E = C \cdot \Delta T$ for en konstant C ? Hvordan skal grafen se ud, hvis det er tilfældet?
- f) Hældningskoefficienten for regressionslinjen kan aflæses i den boks, som er hængt på regressionslinjen i programmet VGAP. Hældningskoefficienten er lig med den såkaldte *varmekapacitet*, som ofte betegnes med bogstavet store C . Den afhænger af massen af materialet.
- g) Den *specifikke varmekapacitet* (også kaldet *varmefylden*) c fås ved at dividere varmekapaciteten C med massen m , altså $c = C/m$. Forklaring: Sammenlign $E = C \cdot \Delta T$ og $E = m \cdot c \cdot \Delta T$.
- h) Sammenlign talværdien for varmefylden c med datahæftets ”korrekte” værdi, som er $c = 4182 \text{ J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$. Bestem den procentvise afvigelse.
- i) Prøv at forklare, hvorfor du får en for stor/for lille værdi, hvis dette er tilfældet. Altså vurder de vigtigste usikkerheder/fejkilder.

Rapporten skal indeholde følgende:

1. En forside med rapportens titel, samt navn på rapportskriveren og de personer, som var med til at udføre forsøget.
2. En kort forsøgsbeskrivelse af forsøget samt et foto af opstillingen (helst jeres eget).
3. En tabel med de målte og beregnede data. Giv et enkelt eksempel på beregning af en værdi fra hver af kolonnerne 3 og 4.
4. En graf med E som funktion af ΔT med tilhørende regressionslinje (gerne skærmbillede fra VGAP).
5. Besvarelse af spørgsmålene e) - i) ovenfor.
6. En afsluttende konklusion: Hvad har vi vist?
7. Perspektiver: Hvorfor er begrebet *varmefylde* interessant?

Teknik i Vernier Graphical Analysis Pro

Nedenfor en vejledning i, hvordan du manuelt kan indsætte data i Vernier Graphical Analysis Pro (VGAP) og få data bearbejdet.

1. Åbn VGAP og vælg *Manuel indtastning*.
2. Gem først filen i en mappe og med et navn ved at klikke på "Ingen titel" oppe i venstre hjørne efterfulgt af *Gem som...* Herefter kan man jævnligt gemme via genvejen Ctrl+S (Windows) eller Cmd+S (Mac).
3. Til højre har du nogle datakolonner, som skal justeres og udfyldes:

	Datasæt 1		...
	X	...	Y
1			
2			
3			

4. Tryk på de tre punktummer til højre for X i kolonne 1 i datasæt 1. Vælg *Kolonneindstillinger* og sørg for, at det kommer til at se ud som på billedet nedenfor til venstre.

Kolonneindstillinger ✕

Navn: Enheder: Symbol:

Målt

Vist præcision: Decimal placering
 Signifikante tal

Brug videnskabelig notation

Datatype: Numerisk Kategorisk

Fejlbjælker: Vis fejlbjælker

Kolonneindstillinger ✕

Navn: Enheder: Symbol:

Målt

Vist præcision: Decimal placering
 Signifikante tal

Brug videnskabelig notation

Datatype: Numerisk Kategorisk

Fejlbjælker: Vis fejlbjælker

5. Tryk på de tre punktummer til højre for Y i kolonne 2 i datasæt 1. Vælg kolonneindstillinger og sørg for, at det kommer til at se ud som på billedet ovenfor til højre.
6. Før du skal i gang med at indtaste de målte værdier, laver vi lige to kolonner mere. Tryk på de tre punktummer til højre i kolonne 2 i datasæt 1. Vælg punktet *Tilføj beregnet kolonne* og sørg for, at det kommer til at se ud som vist i boksen nedenfor

til venstre. Meningen er, at vi vil have programmet selv til at udregne, hvor meget temperaturen er steget siden start (helt tilbage fra start!). Derfor skal programmet automatisk trække starttemperaturen fra alle temperaturværdierne og anbringe dem i kolonne 3. Tryk på knappen *Indsæt udtryk*. I den fremkomne boks vælges nederst punktet *Brugervalgt udtryk*. Herefter kommer man tilbage til den forrige boks, hvor man nu er i stand til at kunne skrive et udtryk i et felt. I feltet *Udtryk* skrives "T"-25.1. Husk at skrive dobbeltapostroffer om T. Det hentyder til kolonnen med T. Husk desuden at bruge din egen værdi for starttemperaturen til tiden 0 i stedet for 25.1, som blot er et eksempel. Benyt punktum i kommatallet! Afslut med at trykke på *Anvend*.

The image shows two side-by-side screenshots of a dialog box titled "Kolonneindstillinger".

Left Screenshot: The dialog box has fields for "Navn" (T tilvækst), "Enheder" (grader), and "Symbol" (a red circle). There are checkboxes for "Målt", "Vist præcision" (set to 1, with "Decimal placering" selected), and "Brug videnskabelig notation". The "Udtryk" field is empty, and there is a button labeled "INDSÆT UDTRYK". At the bottom, there are "ANNULLER" and "ANVEND" buttons. A red arrow points to the "ANVEND" button.

Right Screenshot: The dialog box is identical, but the "Udtryk" field now contains the text ""T"-25.1". The "ANVEND" button is now highlighted in dark green.

- Tryk på de tre punktummer til højre i kolonne 3 i datasæt 1. Vælg igen punktet *Tilføj beregnet kolonne* og sørg for, at det kommer til at se ud som vist i boksen øverst på næste side til venstre. Det er meningen, at vi i kolonne 4 vil have værdierne for energien E i Joule (J), og programmet skal selv regne dem ud. Her er det selvfølgelig formelen $E = P \cdot t$, som skal benyttes. Brug den værdi for effekten P , som du har skrevet op, da du udførte forsøget. Som eksempel benyttes her $P = 2100$ W. Som i forrige punkt trykkes herefter på knappen *Indsæt udtryk* efterfulgt af *Brugervalgt udtryk*, hvorefter man kan skrive følgende formel: $2100 \cdot t$. Tallet 2100 hentyder til $P = 2100$ W (Husk at bruge din egen værdi!). Gangetegnet er en stjerne og "t" hentyder til tidsværdierne i kolonne 1. Afslut med at trykke på *Anvend*. Se skærbilledet øverst til højre på næste side.

Herefter skulle det gerne se således ud:

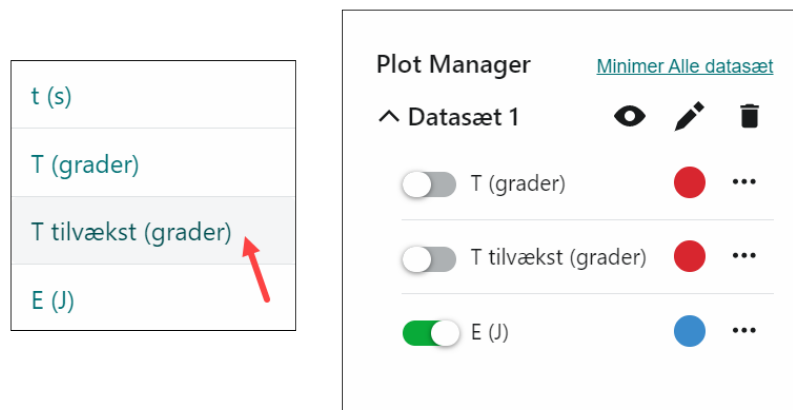
	Datasæt 1				...			
	t (s)	...	T (grader)	...	T tilvækst (grader)	...	E (J)	...
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

Bemærk, at det kan være, at du er nødt til at trække i et håndtag for at kunne se alle fire kolonner med betegnelser!

- Nu mangler du blot at fylde de målte værdier ind i kolonne 1 og 2. Tast de målte værdier ind i kolonne 1 og 2. Det ser ud som om programmet forstår det rigtigt i Windows, hvad enten man indtaster værdierne med komma eller punktum. Mac måske også, men noter lige, at det bliver rigtigt! Når du er færdig med at trykke de målte værdier ind, vil kolonnerne i kolonne 3 og 4 automatisk blive regnet ud via de formler, der er specificeret. Det skulle gerne ligne noget i retningen af:

	Datasæt 1					...		
	t (s)	...	T (grader)	...	T tilvækst (grader)	...	E (J)	...
1	0		25,1		0,0		0	
2	20		32,5		7,4		42000	
3	40		40,6		15,5		84000	
4	60		48,5		23,4		126000	
5	80		55,6		30,5		168000	
6	100		63,5		38,4		210000	
7	120		71,1		46,0		252000	
8	140		78,1		53,0		294000	
9	160		84,0		58,9		336000	
10	180		91,1		66,0		378000	
11								

9. Nu til grafer. Bemærk, at der automatisk er tegnet datapunkter i et koordinatsystem. Det er dog værdierne i kolonne 1, som er valgt på 1. akse og værdierne i kolonne 2, som er valgt på 2. akse. Vi ønsker værdierne i kolonne 3 på 1. akse og værdierne i kolonne 4 på 2. akse. Med andre ord ønsker vi at afbilde energien E som funktion af temperaturtilvæksten. Heldigvis kan det nemt ændres ved at klikke på akserne. Følgende skal ændres på henholdsvis 1. akse og 2. akse:



10. Nu er vi klar til at udføre lineær regression. Tryk på den lille knap med en graf lignende ikon på nederst i venstre hjørne (*Graf options*) og vælg punktet *Anvend kurvetilpasning*. Vælg *Linje Fit*, som sandsynligvis også er det første, der vises. Ellers kan fittet ændres via rullemenuen. Afslut ved at trykke på *Anvend*. Man får en regressionslinje vist med en kasse med data. Den kan evt. trækkes ud til siden, hvis den står i vejen. Det kan se ud som vist på næste side. Knappen *Graf options* er vist med en rød pil. I regressionskassen står en værdi for hældningkoefficienten m for linjen. Den skal du bruge til at bestemme varmfylden ...

Husk løbende at gemme via genvejen **Ctrl+S** (Windows) eller **Cmd+S** (Mac).

