# Vands varmefylde

#### Formål

Vi skal bestemme den *specifikke varmekapacitet*, også kaldet *varmefylden*, 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) | Δ*T* (°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  trækkes fra værdierne i kolonne 2.

b) Energierne i kolonne 4 beregnes ved at anvende formlen .

c) I et koordinatsystem afbildes energien *E* som funktion af temperaturtilvæksten.

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 , altså at  for en konstant *C*? Hvordan skal grafen se ud, hvis det er tilfældet?

f) Hældningskoefficienten for regressionslinjen kan aflæses i den boks, som er hægtet 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 . Forklaring: Sammenlign  og .

h) Sammenlign talværdien for varmefylden *c* med datahæftets ”korrekte” værdi, som er . 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/fejlkilder.

#### 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  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:



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.



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*.



7. 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 formlen , 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\*"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 skærmbilledet øverst til højre på næste side.



 Herefter skulle det gerne se således ud:



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

8. 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:



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. aksen og værdierne i kolonne 2, som er valgt på 2. aksen. Vi ønsker værdierne i kolonne 3 på 1. aksen og værdierne i kolonne 4 på 2. aksen. 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. aksen og 2. aksen:



10. Nu er vi klar til at udføre lineær regression. Tryk på den lille knap med en graflig­nen­de 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 var­me­fyl­den ...

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

