

Lösningsförslag

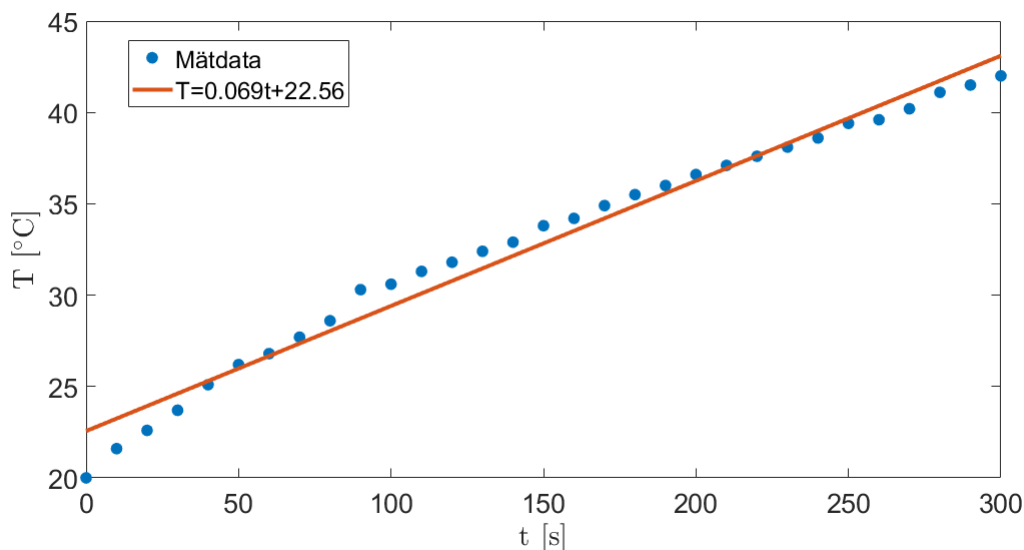
Alternativ 1: Sätt på plattan och vänta tills den har uppnått en stabil temperatur. Mät upp 50 ml vatten i mätglaset och häll i konservburken. Placera sedan konservburken på plattan och avläs temperaturen var tionde sekund. Data för en sådan mätserie visas i tabell 1 och en graf över samma mätdata visas i figur 1. Effekten som tillförs vattnet är relaterad till lutningen på denna graf enligt

$$P = c_{\text{H}_2\text{O}} m_{\text{H}_2\text{O}} \frac{dT}{dt}.$$

Med det anpassade värdet på lutningen fås att effekten blir $P = 14,3 \text{ W}$.

Temperatur [°C]	Tid [s]
20,0	0
21,6	10
22,6	20
23,7	30
25,1	40
26,2	50
26,8	60
27,7	70
28,6	80
30,3	90
30,6	100
31,3	110
31,8	120
32,4	130
32,9	140
33,8	150
34,2	160
34,9	170
35,5	180
36,0	190
36,6	200
37,1	210
37,6	220
38,1	230
38,6	240
39,4	250
39,6	260
40,2	270
41,1	280
41,5	290
42,0	300

Tabell 1: Temperatur för värmning av 50 ml vatten vid olika tidpunkter.



Figur 1: Temperatur som funktion av tid för värmning av 50 ml vatten.

Lägg sedan chokladbitar i konservburken så att botten täcks i så stor utsträckning som möjligt. Ett lämpligt antal bitar är fyra eller fem. Placera därefter återigen konservburken på plattan och mät hur lång tid det tar för chokladen att smälta. Denna tid mäts till 360 respektive 270 sekunder. Under antagande att samma effekt som tidigare tillfördes vattnet nu tillförs chokladen fås att energin som tillförts för att smälta chokladen blir $E = Pt = 5,16$ kJ för mätningen med fyra bitar och $E = 3,87$ kJ för mätningen med fem bitar. Energin för att smälta hela chokladkakan blir då $E_{\text{tot}} = 41,3$ kJ beräknat från mätningen med fyra bitar och $E_{\text{tot}} = 24,8$ kJ utifrån mätningen med fem bitar.

Anledningen till att det vid försöket tog längre tid att smälta fyra chokladbitar än det tog att smälta fem bitar är sannolikt kokplattans temperaturreglering. Den tycks nämligen reglera sin temperatur genom att slå på och av värmen, vilket innebär att plattans temperatur kan variera kraftigt. Detta är naturligtvis en mycket betydande felkälla. Beräknade värden på effekten som tillförs vattnet under uppvärmning varierade mellan 22,5 W och 6,5 W. En möjlig förbättring av försöket som skulle kunna minska påverkan från plattans temperaturvariationer är att genomföra försöket över ett vattenbad (med chokladen i en skål över en kastrull med varmt vatten på plattan) eftersom det skulle tillföra mer tröghet till systemet. Rimligtvis stämmer inte heller antagandet att effektöverföringen mellan konservburken och chokladen är lika god som mellan konservburken och vattnet. Dels blir kontaktytan mellan burken och chokladen betydligt mindre än mellan burken och vattnet, och dels är rimligtvis den termiska kontakten mellan burken och ett ämne i fast form betydligt sämre än mellan burken och något flytande. Detta innebär att denna metod ger ett för stort värde, eftersom den energi som tillförts chokladen egentligen är betydligt mindre än energin som skulle ha tillförts vattnet under motsvarande tid. Ett par mindre viktiga felkällor är att termometern uppdaterar sitt värde ganska långsamt, och att det kan vara svårt att avgöra exakt när all chokladen har smält. Ytterligare en felkälla är att behållaren har en nollskild värmekapacitet. Eftersom temperaturutvecklingen för behållaren blir något annorlunda när man värmer vatten jämfört med choklad blir då effekten som går till att värma behållaren annorlunda, och därmed blir även effekten som går till att värma det som finns i behållaren annorlunda.

Alternativ 2 Värm upp vatten i kastrullen på plattan, förslagsvis till en temperatur mellan 60 och 70 °C. Mät upp 100 ml av det varma vattnet i mätglaset och häll i skålen. Placera termometern i vattnet och läs av dess starttemperatur. Lägg sedan förslagsvis fyra chokladbitar i konservburken och placera den i vattnet. Mät tiden tills chokladen har smält och avläs temperaturen på vattnet när chokladen har smält. Upprepa försöket under lika lång tid utan chokladbitar i konservburken, för att mäta hur

mycket energi som vattnet avger till omgivningen under mätningen. Starttemperaturen mättes till $65,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Temperaturen när chokladen hade smält mättes till $48,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ och tiden det tog chokladen att smälta var 180 s. När försöket genomfördes utan chokladbitar var temperaturen efter 180 s $50,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. Energin som gått till att smälta chokladen motsvarar då den termiska energin som frigörs när vattnets temperatur ändras med $\Delta T = 50,9 - 48,8\text{ }^{\circ}\text{C} = 2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$. Denna energi blir $E = c_{\text{H}_2\text{O}}m_{\text{H}_2\text{O}}\Delta T = 880\text{ J}$. För hela chokladkakan blir då den totala energin $E_{\text{tot}} = 7,04\text{ kJ}$.

En betydande felkälla i detta fall är att det uppstår termisk jämvikt mellan vattnet och en del av skålen, så att man får en effektiv värmekapacitet som är större än vattnets värmekapacitet. Då det beräknade värdet är proportionellt mot värmekapaciteten blir det beräknade värdet för litet. Andra mindre betydande felkällor är som tidigare att termometern tar en viss tid på sig att uppdatera sitt värde och att det är svårt att avgöra exakt när all choklad har smält. Ytterligare en mindre betydande felkälla är att förlusterna inte blir exakt samma när försöket genomförs med och utan choklad, eftersom temperaturutvecklingen blir lite annorlunda och förlusteffekten beror på temperaturskillnaden mellan vattnet och omgivningen.

Spridningen av beräknade värden tycks vara klart mindre med alternativ 2 än med alternativ 1. Under fyra försök mättes E_{tot} till mellan 5,7 kJ och 9,1 kJ. Alternativ 2 undviker fel orsakade av plattans ojämna temperatur och skillnaden i termisk kontakt mellan burk-choklad och burk-vatten som innebar ganska stora fel i resultatet för alternativ 1, varför alternativ 2 anses vara bättre än alternativ 1.