

Kompendium Bæredygtig Energi – Fysik

Indhold

Introduktion til bæredygtig energi – fysik/naturgeografi	2
Tekster, opgaver og øvelser	5
SI-enheder og Titalspotenser.....	5
Opgave om energiomdannelser	9
Varmefylde	11
Miniøvelse om energiomdannelse i en elkedel	15
Miniøvelse om brændværdi af stearin.....	17
Forsøg om varmfylde af vand	19
Overbliksspørgsmål til NV-fysik	28

Introduktion til bæredygtig energi – fysik/naturgeografi

Ord som ”klimaforandringer” og ”bæredygtighed” fylder meget i den offentlige debat, i dansk og udenlandsk politik og i jeres uddannelse. Klimaforandringer har længe været kendt men først inden for de sidste par årtier har det været fokus på de store konsekvenser og endnu vigtigere, hvad der kan gøres ved det. Klimaforandringer kommer af den stigende mængde af drivhusgasser i atmosfæren, som er med til at temperaturerne stiger. Store dele af klimaforandringerne kan kobles til den store udledning af drivhusgasser fra forbrændingen af fossile brændsler. Dette ses især efter den industrielle revolution. Derfor er en af de vigtige områder, når vi snakker indsatsområder, også energisektoren. Her er flere former for bæredygtige energiformer som kan benyttes. Brønderslev forsyning har flere former for disse. Brønderslev forsyning brænder hovedsageligt træflis af, som omdannes fra kemisk til termisk energi. Dette er med til at producere varme til Brønderslev. Den anden måde er ved hjælp af solvarmeanlægget, hvor Solens *elektromagnetiske strålingsenergi* omdannes til *termisk energi*, når den fokuseres på sortfarvede rør indeholdende olie, som derved opvarmes. Rørene i solfangeranlægget er sorte. Men hvor stor forskel er der mellem en lys og mørk overflade i forhold til udnyttelse af energi? Det er noget af det i kommer til at lære om igennem forløbet i NV.



Figur 1: <https://nordjyske.dk/nyheder/solvarme-i-badet/9fe97776-81b8-4f12-b53b-60e29af64611>

Man kan selvfølgelig brænde træflis af døgnet rundt, men energi fra Solen er kun til stede om dagen. Derfor er det interessant at se på, hvordan man kan gemme termisk energi til senere brug. Én måde er at opvarme vand, og det er netop, hvad man gør på Brønderslev Forsyning, hvor der findes en stor vandbeholder et lille stykke væk fra selve flisværket. Når vand tilføres

energi, så stiger dets temperatur, og vi siger, at vandet bliver varmere. Men hvor meget energi skal der tilføres, for en mængde vand bliver varmere, og hvor meget varmere?



Figur 2: <https://nordjyske.dk/nyheder/maalet-er-lav-pris-paa-fjernvarme/68743dab-a3b1-4230-9c80-88dc25a84a6e>

Tekster, opgaver og øvelser

Disse tekster er lektier ud over jeres grundbog. Der vil stå oplyst i lektionen, hvornår I skal læse hvad.

SI-enheder og Titalspotenser

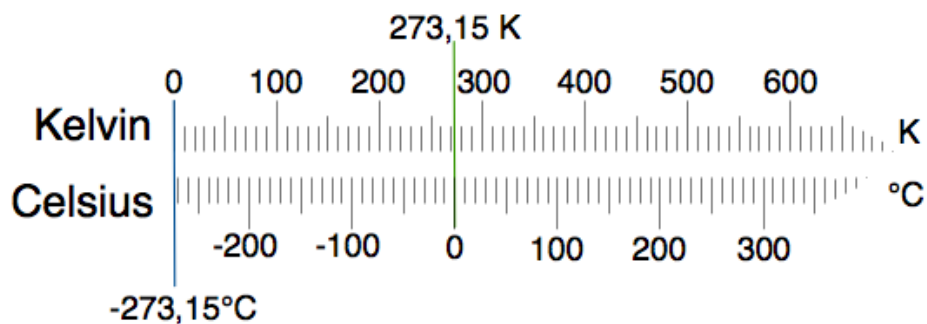
I fysik bruges et specielt sprog. Det er et meget konkret sprog, som gør det muligt at beskrive naturen, den fysiske verden præcist og enkelt. Man har derfor indført en række symboler og standardenheder (SI-enheder) for de forskellige fysiske størrelser. I tabellen nedenfor er oplistet de vigtigste fysiske størrelser, deres symboler og SI-enheder.

Fysiske størrelser og SI-enheder

Fysiske størrelse	Symbol	Enhed	Navn på enhed
Længde	l	m	meter
Masse	m	kg	kilogram
Tid	t	s	sekund
Temperatur	T	K	Kelvin
Energi	E	J	joule
Elektrisk strøm	I	A	ampere
Stofmængde	n	mol	mol

Som det ses af tabellen, er Kelvin standardenhed for temperatur. Vi er vant til at bruge 'grader Celsius' som enhed. Som I senere vil se, handler det ofte om at finde temperaturforskelle og da måleskalaen er ens for de to enheder, er det uden betydning om man benytter den ene eller anden enhed. Vi foretrækker derfor 'grader Celsius', der forkortes med °C.

Figuren nedenfor illustrerer, at kelvinskalaen starter det sted, hvor alt er nået under sit frysepunkt (kaldet "Det absolutte nulpunkt"), hvorimod celsiuskalaens nulpunkt er ved vands frysepunkt. Figuren illustrerer også, at afstandene på de to skalaer er ens.



Titalspotenser

For at gøre det nemmere af håndtere meget store og meget små, så bruger man tit titalspotenser eller deres forkortelse, når man skriver dem. Tabellen nedenfor viser titalspotenserne fra 10^{-15} til 10^{15} , samt deres præfiks og forkortelse.

Præfiks	Forkortelse	10^n	Decimal
peta	P	10^{15}	1000 000 000 000 000
tera	T	10^{12}	1000 000 000 000
giga	G	10^9	1000 000 000
mega	M	10^6	1000 000
kilo	k	10^3	1000
hekto	h	10^2	100
deca	d	10^1	10
			1
deci	d	10^{-1}	0,1
centi	c	10^{-2}	0,01
milli	m	10^{-3}	0,001
mikro	μ	10^{-6}	0,000 001
nano	n	10^{-9}	0,000 000 001
pico	p	10^{-12}	0,000 000 000 001
femto	f	10^{-15}	0,000 000 000 000 001

Eksempler på fysiske størrelser, deres symboler og enheder. Værdier er givet med titalspotens og præfiks.

Fysisk størrelse	Symbol	Værdi	Enheden	Værdi med titalspotens	Enheden med præfiks	
↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Længde	l	= 0,001	m	= $1 \cdot 10^{-3}$	m	= 1 mm
Masse	m	= 3500	g	= $3,5 \cdot 10^3$	g	= 3,5 kg
Energi	E	= 3600000	J	= $3,6 \cdot 10^6$	J	= 3,6 MJ

Opgaver

1. Omskriv følgende enheder.

- 250g til kg
- 3,5kg til g
- 4,5MJ til J
- 3,6mm til m
- 2,4nm til m
- 0,074ms til s

2. Omregn disse tal til SI-enheder

- 2 timer
- 1 time og 45 minutter
- 0,123 km
- 350 cm
- 300 g
- 1.000.000nm

3. SI-enheden for energi er J, men ofte måles også i kWh (kilowatttimer). Der gælder, at $1kWh=3,6MJ$. Omskriv følgende enheder:

- 1kWh til J
- 2,3kWh til MJ
- 7000kWh til GJ

- d. 1J til kWh
- e. 123MJ til kWh

Opgave om energiomdannelser

1. Skriv de 7 forskellige energiformer her:

2. På hver af de 7 tegninger sker der en omdannelse af energi fra en form til en anden. Skriv for hver tegning, hvilken energiomdannelse, der sker.



Varmefylde

Supplement til "Naturvidenskabeligt grundforløb" side 21.

Når noget skal varmes op, kræver det energi, men hvor stor en energimængde der skal tilføres, afhænger af, hvor meget der skal varmes op, hvad det er der skal varmes op og hvor høj en temperatur det skal varmes op til. I fysik oversætter man begreber til:

ΔE , der er energimængden, der tilføres (målt i Joule, J)

m , der er massen af det der skal opvarmes (målt i gram, g)

ΔT , der er temperaturforskellen fra start til slut (målt i °C)

c , der er varmfylden og kræver nærmere forklaring

Ved et stofs **varmfylde** forstås:

den energi, der skal tilføres for at opvarme 1g af stoffet 1° C.

Eks. 1. Varmefylden for vand er $c = 4180 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C}$

I tabeller er varmfylden ofte angivet i en anden enhed.

Eks. 2. Varmefylden for vand er $c = 4180 \frac{J}{kg \cdot ^\circ C} = 4,18 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

Energiltilvækst er lig med varmekapacitet ganget med temperaturtilvæksten, så får vi

$$\text{energiforskel} = \text{masse} \cdot \text{varmefylde} \cdot \text{temperaturforskel}$$

Eller

$$\Delta E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Her er en tabel over varmefylde for nogle stoffer. Enheden for dem alle er angivet i $\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{grad}}$

Vand	4,18	Sprit	2,43
Is(ved 0°C)	2,04	Granit	0,80
Messing	0,38	(typisk for "sten")	
Aluminium	0,896	Nylon	1,7
Jern	0,45	Træ	1,3 - 1,7
Rustfri stål	0,51	Jord (blanding, porøs)	0,92
Kobber	0,385	Jord (fast)	0,80

Opgaver

1. Beregn hvor meget energi, der skal bruges for at
 - a) opvarme 200 g vand fra 10°C til 20°C
 - b) opvarme 200 g vand fra 27°C til 37°C
 - c) opvarme 200 g jord fra 25°C til 35°C
 - d) opvarme 200 g vand fra 8°C til 50°C
 - e) opvarme 1,0 kg vand fra 8°C til 100°C

2. 2kg jern opvarmes fra 5°C til 75 °C. Hvor meget energi skal der tilføres?

3. En spandfuld vand (5kg) opvarmes fra 5°C til 35°C. Hvor meget energi skal der tilføres?

4. 800g vand opvarmes så temperaturen stiger fra 15°C til 100°C. Hvor meget energi skal der tilføres?

5. En sten af granit, som vejer 15 kg opvarmes fra 5°C til 30°C. Beregn den tilførte energimængde.

6. En aluminiumsgryde med 2L vand skal opvarmes fra 10°C til 100°C. Gryden vejer 500g. Hvor meget energi skal der i alt tilføres?

7. Et solvarmeanlæg lavet af aluminium (8kg) og glas (5kg) indeholder 7L vand. Temperaturen i anlægget stiger fra 18°C til 42°C. Varmefylden for glas er 840 J/(kg*°C). Hvor meget energi er der blevet tilført?

Miniøvelse om energiomdannelse i en elkedel

Når man fylder en elkedel med vand og tænder for den, sker der en energiomdannelse fra elektrisk energi til varmeenergi.

Den tilførte elektriske energi ΔE kan beregnes vha. denne formel:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t$$

hvor P er *effekten* af elkedlen og Δt er *tiden* den er tændt.

Den modtagne varmeenergi ΔE kan beregnes vha. denne formel:

$$\Delta E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

hvor m er massen af vandet, der skal varmes op, c er vandets varmekapacitet og ΔT er temperaturforskellen fra start til slut.

Når man opvarmer vand i en elkedel, vil der være et varmetab, der f.eks. kan mærkes ved at kedlen bliver varm. Men man kan med god fornuft opstille følgende hypotese, der kan afprøves i et eksperiment:

Hypotese: Tilnærmelsesvist al den elektriske energi, der tilføres en elkedel med vand omdannes til varmeenergi i vandet.

Øvelse:

1. Hvad har I brug for at vide for at beregne den tilførte elektriske energi?

Hvordan kan disse størrelser måles eller findes på anden måde?

Hvilke enheder vil I gerne måle i?

2. Hvad har I brug for at vide for at beregne den modtagne varmeenergi?

Hvordan kan disse størrelser måles eller findes på anden måde?

Hvilke enheder vil I gerne måle i?

3. Beskriv hvordan I vil undersøge hypotesen. Skriv hvilket udstyr I vil bruge og tegn evt. en lille skitse.

4. Lav et skema, hvor I er klar til at skrive målingerne ned.

5. Gennemfør eksperimentet (Stop ved cirka 60°C)

6. Udfør beregningerne.

7. Vurder resultaterne og lav en konklusion, der hænger sammen med hypotesen.

Miniøvelse om brændværdi af stearin

Når man afbrænder et stearinlys, kan man bruge flammens varme til at opvarme noget vand.

Den tilførte energi ΔE kan beregnes vha. denne formel:

$$\Delta E = m \cdot B$$

hvor m er *massen* af det afbrændte stearin og B er stearinets *brændværdi*.

Den modtagne varmeenergi ΔE kan beregnes vha. denne formel:

$$\Delta E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

hvor m er massen af vandet, der skal varmes op, c er vandets varmekapacitet og ΔT er temperaturforskellen fra start til slut.

Når man opvarmer vand med et stearinlys, vil der være et varmetab. Men man kan med god fornuft opstille følgende hypotese, der kan afprøves i et eksperiment:

Hypotese: Hvis man antager, at al energien fra stearinlysets flamme kan omdannes til varmeenergi i det vand, der holdes over flammen, kan benytte dette til at bestemme stearinets brændværdi eksperimentelt.

Øvelse:

1. Hvad har I brug for at vide for at beregne den tilførte energi?
Hvordan kan disse størrelser måles eller findes på anden måde?

Hvilke enheder vil I gerne måle i?

2. Hvad har I brug for at vide for at beregne den modtagne varmeenergi?

Hvordan kan disse størrelser måles eller findes på anden måde?

Hvilke enheder vil I gerne måle i?

3. Beskriv hvordan I vil undersøge hypotesen. Skriv hvilket udstyr I vil bruge og tegn evt. en lille skitse.
4. Lav et skema, hvor I er klar til at skrive målingerne ned.
5. Gennemfør eksperimentet. Tag billeder.
6. Udfør beregningerne. Vær opmærksom på, at det er B , der skal beregnes.
7. Find den procentvise afvigelse i forhold til tabelværdien. Brug denne formel:

$$\frac{\text{beregnet værdi} - \text{tabelværdi}}{\text{tabelværdi}}$$

8. Vurder resultaterne og skriv hvilke årsager der kan være til et evt. dårligt resultat.
9. Lav en konklusion, der hænger sammen med hypotesen.
10. Skriv en minirapport med rapportelementer 1, 2, 5, 6, 7, 8 og 10 fra bogens side 91.

Forsøg om varmfylde af vand

Formål:

Formålet med forsøget er at bestemme varmfylden af vand ved hjælp af lineær regression.

Teori:

Til opvarmning af vand bruger man normalt en elkedel. Man kan også benytte en dyppekoger. De omdanner begge elektrisk energi til termisk energi (varmeenergi). Man kan måle effekten af en elkedel eller dyppekoger med et wattmeter.

Effekt er mængden af energi man bruger pr. tid. Det kan udtrykkes via denne formel:

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

Hvor P er *effekten*, ΔE er energien, der er blevet brugt, og Δt er den tid energiomdannelsen har fundet sted. Det vil sige, at hvis man kender effekten på apparatet og tiden det er tændt, kan man beregne den energimængde, der er brugt. Formlen bliver så:

$$\Delta E = P \cdot \Delta t$$

Energien for opvarmning af vand kan beregnes ud fra følgende formel:

$$\Delta E = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Hvor m er *massen* af vandet, c er *varmfylden* for vandet og ΔT er *temperaturforskellen*. Temperaturforskellen er:

$$\Delta T = T - T_{start}$$

Antager man, at den elektriske energi kun går til opvarmning af vandet. Så kan de to energiformler sættes lig med hinanden.


$$m \cdot c \cdot \Delta T = P \cdot \Delta t$$

$$m \cdot c \cdot (T - T_{start}) = P \cdot \Delta t$$

Denne formel kan laves om til følgende formel:

$$T = \frac{P}{m \cdot c} \cdot \Delta t + T_{start}$$

Dette ligner ligningen for en ret linje:



$$y = a \cdot x + b$$

Det vil sige, at hvis man måler sammenhørende data for sluttemperaturen og tiden, så kan man lave lineær regression. Deraf kan man bestemme a og b for den rette linje, hvilket afslutningsvist kan benyttes til at bestemme varmekapaciteten og starttemperaturen for vandet.

$$9) b = T_{start} \qquad 10) a = \frac{P}{m \cdot c}$$

Tabelværdien for vands varmekapacitet er $4,18 \frac{J}{g \cdot ^\circ C}$. Når man skal sammenligne målte værdier med tabelværdier, bruger man procentvisafvigelse. Procentvisafvigelse kan beregnes ud fra følgende formel:

$$Procentvisafvigelse = \frac{X_{eksp} - X_0}{X_0} \cdot 100\%$$

Hvor X_{eksp} er det eksperimentelt bestemte resultat og X_0 er enten en tabelværdi eller en teoretisk værdi. En procentvisafvigelse på mindre end 10% er acceptabel. Er den procentvisafvigelse større end 10%, så passer det målte resultat ikke med tabelværdien.

Hypotese:

Hvis man antager, at alt den tilførte energi omdannes til varmeenergi i vandet, der opvarmes, kan man med målinger af sammenhørende data for temperatur og tid for opvarmning, samt lineær regression bestemme varmekapaciteten af vand.

Materialer:

- Vægt

- Termometer
- Vand
- Wattmeter
- Dyppekoger
- Flamingokrus
- Stopur

Fremgangsmetode:

1. Fyld kruset næste helt op med vand og find vandets masse.
2. Mål dyppekogerens effekt.
3. Mål starttemperaturen på vandet.
4. Sæt dyppekogeren i kruset med vand. HUSK AT DYPKOGEREN IKKE MÅ VÆRE TÆNDT UDEN AT VÆRE DÆKKET AF VAND.
5. Sæt stikket fra dyppekogeren i stikkontakten og tænd samtidig med at stopuret startes.
6. Hver 30. sekund måles temperaturen og noteres.
7. Man stopper når vandet er omkring 85 °C.

Opgave inden databehandling:

Lav en gennemgang af hvordan man kommer fra formel 6 til formel 7 i teorien.

Lav en gennemgang af hvordan man beregner varmfylden, c , ud fra hældningskoefficienten, a .

Måleresultater: Alle i gruppen skal have et datasæt til databehandling.

Forsøg 1	Forsøg 2
----------	----------

$m_{krus} [g]$	
$m_{krus+vand} [g]$	
$m_{vand} [g]$	
$P_{dypkoger} [W]$	
$T_{start} [^{\circ}C]$	
Vær omhyggelig med målinger!	
$t [s]$	$T [^{\circ}C]$

$m_{krus} [g]$	
$m_{krus+vand} [g]$	
$m_{vand} [g]$	
$P_{dypkoger} [W]$	
$T_{start} [^{\circ}C]$	
Hvad har I forsøgt at gøre bedre end sidste forsøg?	
$t [s]$	$T [^{\circ}C]$

Forsøg 3

Forsøg 4

$m_{krus} [g]$	
$m_{krus+vand} [g]$	
$m_{vand} [g]$	
$P_{dypkoger} [W]$	
$T_{start} [^{\circ}C]$	
Hvad har I forsøgt at gøre bedre end sidste forsøg?	
$t [s]$	$T [^{\circ}C]$

$m_{krus} [g]$	
$m_{krus+vand} [g]$	
$m_{vand} [g]$	
$P_{dypkoger} [W]$	
$T_{start} [^{\circ}C]$	
Hvad har I forsøgt at gøre bedre end sidste forsøg?	
$t [s]$	$T [^{\circ}C]$

Matematik:

- a) Overfør dataene for *tid* og *temperatur* til en tabel i TI-Nspire for alle datasæt.
- b) Overvej, hvilken af variablene i a) der er hhv. den uafhængige variabel og den afhængige variabel. Indtegn derefter punkterne for alle datasæt koordinatsystemer i Nspire.
- c) Bestem bedste rette linje gennem punkterne.
- d) Find forklaringsgrad r^2 og tegn residualplottet.
- e) Opskriv modellen og vurder, om der er tale om en god eller dårlig model.
- f) Indsæt de nødvendige billeder fra Nspire i dette dokument, så man kan se punkter, model, forklaringsgrad og residualplot.

Fysik:

- g) Hvilken fysisk betydning har hældningskoefficienten for netop dette forsøg?
- h) Brug hældningskoefficienten til at beregne den specifikke varmekapacitet for vand vha. formel (10). Husk, først at opskrive formlen med symboler, inden der indsættes tal med enheder.
- i) Beregn procentvisafvigelse mellem den eksperimentelt bestemte værdi af c og den teoretiske
 $c_{\text{teori}} = 4,18 \frac{\text{J}}{\text{g}\cdot^{\circ}\text{C}}$. Husk, først at opskrive formlen med symboler, inden der indsættes tal med enheder.
- j) Bestem starttemperaturen ud fra jeres model.

Diskussion:

- k) I dette forsøg kan man forudse, at den eksperimentelle c bør blive større end den teoretiske. Passer det med jeres resultater? Prøv at give en forklaring på dette.¹

¹ Hint: Er der andet end vandet, der bliver varmet op?

- l) Passer den målte starttemperatur med den beregnede? Hvorfor/hvorfor ikke, tror du?
- m) Overvej, hvilke fordele der er ved at bestemme c ud fra mange målinger som i h) i stedet for at bestemme den ud fra én måling.

Der skal laves en rapport over forsøget. I skal stadig gøre som på side 91 i bogen. Denne gang skal I dog have alle punkter fra 1 til 10 med. Rapporten skal således indeholde et teori afsnit. I skal bare kopiere direkte fra dette dokument. Det eneste I selv skal fylde på, er en gennemgang af hvordan man kommer fra formel 6 til formel 7, samt hvordan man beregner varmekapaciteten, c , ud fra hældningskoefficienten, a (punkt 9 og 10).

Overbliksspørgsmål til NV-fysik

Svarene på følgende spørgsmål skulle gerne give dig et overblik over det du har lært i fysiktimerne i NV indtil videre.

1. Nævn 7 forskellige energityper.
2. Hvad vil det sige, at der sker energiomdannelser?
3. I har lært tre formler at kende: én der egner sig godt til elektrisk energi, én der egner sig godt til varmeenergi og én der egner sig godt til kemisk energi. Skriv de tre formler og skriv, hvad bogstaverne betyder og hvilke enheder, der skal måles i.
4. Lav tre eksempler, hvor du bruger formlerne. (Du må gerne tage udgangspunkt i opgaver, som du har regnet.)
5. Beskriv et eksperiment, hvor du har brugt to af formlerne.
6. Beskriv, hvordan du har brugt "Den naturvidenskabelige metode" i eksperimentet.
7. Hvordan skal man tænke laboratoriesikkerhed ind i sit eksperimentelle arbejde?