

# LÆRERVEJLEDNING TERMODYNAMIK A-NIVEAU



## Formål

At eleverne får skabt en sammenhæng mellem teorien bag termodynamiske maskiner og moderne anvendelser af disse.

At eleverne får omsat den teoretiske viden til praksis ved at besøge en virksomhed, hvor der anvendes termodynamiske maskiner.

## Fag

Fysik A-niveau på htx, evt. som supplerende stof på stx.

## Indhold

Forløbet er inddelt i følgende emner:

- Termodynamiske processer
- Termodynamiske maskiner
- Kredsprocesser
- Energikvalitet og effektfaktor

## Tidsforbrug

Ca. 7 moduler

## Materialer

Materialet indeholder teori og opgaver om emnerne.

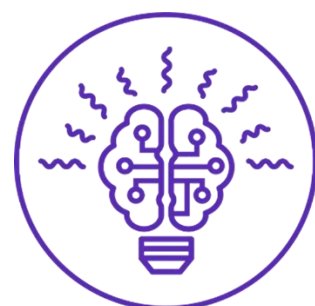
## Besøg

Klassen skal besøge en virksomhed, der udvikler, servicerer eller anvender kraftvarme- eller varmepumpemaskiner.

## INDHOLD

Kort om forløbet.....	2
Kort oversigt over undervisningsplan.....	3
Forslag til lektionsplan .....	4
Virksomhedsbesøg .....	7
Kernestof og faglige mål.....	8

Materialet er udviklet af  
Stefan Mossor Rathmann, Sukkertoppen Gymnasium,  
og DA Åben Virksomhed



## Kort om forløbet

Termodynamik er et undervisningsforløb, hvor eleverne arbejder med temperaturstyring via kraftvarme- og varmepumpemaskiner – og de besøger en virksomhed, der udvikler, servicerer eller anvender termodynamiske maskiner. Gennem forløbet opnår eleverne en faglig viden, der indgår i læreplanen for fysik på A-niveau. Samtidig opnår eleverne en almen viden om det private erhvervsliv og det samfund, de indgår i.

Undervisningsforløbet er udviklet af en fysiklærer fra gymnasieverdenen, så undervisningen lever op til de faglige mål i læreplanen. Undervisningsforløbet består af seks moduler i klassen inden virksomhedsbesøget, et virksomhedsbesøg på ca. 2 timer og efterfølgende ét modul i klassen. Her definerer du som lærer en opsamlende opgave, der kan indeholde databehandling og udarbejdelse af rapport og/eller en præsentation med henblik på brug til den mundtlige eksamen.

I materialet her finder du en kort oversigt over undervisningsplanen og forslag til indholdet i de enkelte moduler. Du kan som lærer udvælge og tilpasse stoffet i materialesamlingen efter klassens niveau og den tid, der er til rådighed, og de enkelte moduler kan læses uafhængigt af hinanden. Det er dog en forudsætning, at eleverne har kendskab til emnerne inden besøget.

Bagerst kan du se en oversigt over det kernestof og de faglige mål, materialet bidrager til at opfylde.

**Inden du går i gang med forløbet, er det en god idé at kontakte virksomheden og få fastlagt en dato for besøget. Når besøget nærmer sig, kan I tales ved og forventningsafstemme besøgets indhold. Læs mere afsnittet Virksomhedsbesøg.**

## Kort oversigt over undervisningsplan

Modulnr.	Indhold	Materialesamling
1	Opsummering/overgang fra Termodynamiske processer	Side 2-9.
2	Termodynamiske maskiner	Side 10.
	Bonusmodul: Sjovt eksperiment – The Zeerpot	Side 13.
3	Kredsprocesser for termodynamiske maskiner	Side 14-17.
4	Eksperiment – Stirlingmotoren	Side 18.
5	Energikvalitet, effektfaktor og præsentation af virksomhed	Side 20-21.
6	Forberedelse til virksomhedsbesøg	Side 22-24.
7	Opsamling på besøg og afrunding af forløbet.	Side 25.

## Forslag til lektionsplan

Bemærk, at længden af et modul varierer fra gymnasium til gymnasium. Her er den sat til ca. 90 minutter. Til nogle af modulerne skal eleverne forberede sig forud for undervisningen i klassen. Teori og opgaver til eleverne findes i materialesamlingen, der ligger under ”til eleven” på hjemmesiden. Der er udarbejdet nogle ekstra opgaver til de enkelte moduler, der kan arbejdes med, hvis tiden tillader det. Det er op til dig som lærer at beslutte, hvordan eleverne skal afrunde forløbet.

OBS: Det antages, at eleverne har stiftet bekendtskab med emnet ’termodynamiske processer’ forude for dette forløb og er bekendt med begreber som idealgasligningen, termodynamikkens 1. hovedsætning, gassers arbejde, pV-diagram, isokor proces, isobar proces, isoterm proces og adiabatisk proces.

Overstående begreber bliver dog også behandlet i det første modul af forløbet.

Modul 1 – Genopfriskning: Hvad lærte vi fra termodynamiske processor?	Materialesamling
Forberedelse til modul 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne læser teksten.</li> <li>• Ser videoen: Thermodynamics: Crash Course Physics #23 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=4i1MUWJoIOU">https://www.youtube.com/watch?v=4i1MUWJoIOU</a>.</li> </ul>	Side 2-3.
Sekvenser i modulet: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduktion til forløbet og den virksomhed, I skal besøge (5 min).</li> <li>• Gruppedannelse + gennemgang af lektie i grupper (40 min).</li> <li>• Fælles opsamling (5 min).</li> <li>• Genopfrisk termodynamikkens 1. hovedsætning, idealgasligningen, pV-diagrammer, afbildning de fire termodynamiske processer i pV-diagram (OBS: Skal ikke være for dybdegående, da eleverne selv skal undersøge sammenhængen efterfølgende) (15 min).</li> <li>• Opgave 1 (20 min). Simuleringer fra denne hjemmeside: <a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_en.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_en.html</a></li> <li>• <a href="https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_en.html">https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_en.html</a></li> <li>• Fælles opsamling på opgave 1 (5 min).</li> </ul>	Side 4-9.  Se forklaring til hjemmesiden og opgaverne på side 4-8.

Modul 2 – Termodynamiske maskiner	Materialesamling
Forberedelse til modul 2. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne ser følgende video: Heat Engines, Refrigerators, &amp; Cycles: Crash Course Engineering #11 <a href="https://www.youtube.com/watch?v=iZOXW5aaCZg">https://www.youtube.com/watch?v=iZOXW5aaCZg</a></li> </ul>	Side 10.
Sekvenser i modulet: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppedannelse + gennemgang af lektie i grupper (30 min).</li> </ul>	Side 11-12.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fælles opsamling med fokus på punkt 2) (10 min).</li> <li>• Opgave 2 (40 min).</li> <li>• Præsenter kort (1-2 min) begrebet nyttevirkning (<math>\eta = \frac{A_{maskine}}{E_{tilført}}</math>). (10 min)</li> <li>• Opgave 3 (5 min).</li> </ul>	
--	--

Bonusmodul: The Zeerpot	Materialesamling
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne ser følgende video: How to Make A Zeer Clay Pot Refrigerator. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=AKCQLRSo_9o">https://www.youtube.com/watch?v=AKCQLRSo_9o</a>.</li> </ul> <p>Sekvenser i modulet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gennemgang af udleverede forsøgsbeskrivelse samt ideelle resultater af forsøget.</li> <li>• Udfører eksperimentet.</li> <li>• Opsamling: Kobling til resten af undervisningsforsøget + elementer, der kan indgå til mundtlig eksamen (den eksperimentelle del).</li> </ul>	Side 13.

Modul 3 – Kredsprocessor og deres arbejde	Materialesamling
<p>Forberedelse til modul 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne ser følgende video: Why We Can't Invent a Perfect Engine: Crash Course Engineering #10. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=2B81W6nNds0">https://www.youtube.com/watch?v=2B81W6nNds0</a>.</li> </ul> <p>Sekvenser i modulet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppedannelse + gennemgang af lektie i grupper (20 min).</li> <li>• Opgave 4 (45 min).</li> <li>• Opsamling (5 min).</li> <li>• Opgave 5 (10 min).</li> <li>• Fælles opsamling (5 min).</li> </ul>	<p>Side 14</p> <p>Side 15-17.</p>

Modul 4 – Eksperiment – Stirlingsmotoren	Materialesamling
<p>Dette modul er udarbejdet således, at der kan inddrages både et mundtligt spørgsmål og et eksperiment til eksamen i 3g. Modulet er opbygget således, at besvarelsen af det mundtlige spørgsmål kan bruges som teori til modulets eksperiment.</p> <p>Sekvenser for modulet: Modulet er delt i to og afhænger af, hvor mange stirlingsmotorer skolen har til rådighed.</p>	Side 18-19.

Modul 5- Energikvalitet, effektfaktor og præsentation af virksomhed.	Materialesamling
Forberedelse til modul 5: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne ser følgende video: Engines: Crash Course Physics #24. <a href="https://www.youtube.com/watch?v=p1woKh2mdVQ">https://www.youtube.com/watch?v=p1woKh2mdVQ</a></li> </ul>	Side 20.
Sekvenser i modulet: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppedannelse + gennemgang af lektie i grupper (30 min).</li> <li>• Præsenter begrebet effektfaktor (<math>\epsilon_{kølemaksine} = \frac{Q_{tilført}}{A_{omgivelser}}</math> og <math>\epsilon_{varmepumpe} = \frac{Q_{afgivet}}{A_{omgivelser}}</math>).</li> <li>• Opgave 7 (20 min).</li> <li>• Opsamling (10 min).</li> <li>• Opsamling og intro til virksomhedsbesøg. Hvad skal eleverne have ud af det?</li> <li>• Lad eleverne orientere sig på virksomhedens hjemmeside.</li> <li>• Præsenter den opgave, som du har planlagt, at eleverne skal arbejde med efter besøget.</li> </ul>	Side 21.

Modul 6 – Forberedelse til virksomhedsbesøg	Materialesamling
Sekvenser i modulet: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gruppedannelse og intro til dagens opgaver (15 min.).</li> <li>• Opgave 1, 2, 3, 4 og 5. (45 min.).</li> <li>• Opsamling (30 min.).</li> </ul> Husk at få aftalt besøget i god tid og få lavet en god forventningsafstemning med virksomheden.	Side 22-24.

Modul 7 – Opfølgning på virksomhedsbesøg	Materialesamling
Her er en række forslag til, hvad modulet kan indeholde: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Opsamling på og kommentarer fra virksomhedsbesøget.</li> <li>• Databehandling og udarbejdelse af rapport.</li> <li>• Plenumsnak om udvælgelse af materiale til mundtlig eksamen.</li> <li>• Arbejde med rapport samt fastlæggelse af afleveringsdato.</li> <li>• Afrunding af hele undervisningsforløbet.</li> </ul>	Side 25.

## Virksomhedsbesøg

Som en del af forløbet skal eleverne besøge en virksomhed, der udvikler, servicerer eller anvender kraftvarme- eller varmepumpemaskiner, der styrer temperaturen i bygninger.

### Før besøget: Forventningsafstemning

Det er vigtigt, at du før besøget har forventningsafstemt med virksomhedskontakten, hvad der skal ske på besøget. Spørg evt. til, hvad eleverne vil kunne se på besøget, og om de kan få et datasæt med der derfra. Fortæl også, hvad eleverne har arbejdet med forud for besøget. Det skaber de bedste forudsætninger for et godt besøg, hvor medarbejderne kan tale direkte ind i de ting, eleverne allerede har arbejdet med.

### Under besøget:

Et besøg varer omkring 2 timer. Det konkrete program aftaler du sammen med virksomhedsrepræsentanten – men herunder kan du se et forslag til indhold.

<b>Virksomheden som arbejdsplads</b>	Eleverne præsenteres for virksomheden og udvalgte medarbejdere, der fortæller om deres uddannelsesbaggrund.
<b>Rundvisning</b>	Eleverne får en rundvisning, hvor de ser maskiner, der styrer og regulerer temperaturen i bygninger, samt hvordan virksomheden eksempelvis arbejder på at optimere deres anlæg.
<b>Inddragelse af eleverne</b>	Hvis aftalt med virksomheden, præsenteres eleverne for et datasæt, som de kan arbejde med enten på virksomheden eller tilbage på skolen.  Hjælp gerne med at få skabt den faglige kobling til det, I har arbejdet med i undervisningen og opfordr eleverne til at stille spørgsmål.

### Efter besøget:

Som afslutning på forløbet kan der samles op på besøget, og eleverne kan arbejde med den opgave, som du har defineret.



## Kernestof og faglige mål

Den faglige baggrundsviden, opgaveløsningen og virksomhedsbesøget bidrager til opfyldelse af en del af kernestoffet og en række faglige mål i læreplanen for fysik A på HTX 2017 og understøtter samtidig karrierelæring. Undervisningsforløbet kan evt. benyttes som supplerende stof på stx.

Igennem forløbet arbejder klassen med følgende kernestof:

### *Den tekniske fysiks grundlag*

- SI-enhedssystemet, fysiske størrelser og enheder

### *Termodynamik*

- idealgasloven og gassers densitet
- gassers arbejde, termodynamikkens første og anden hovedsætning
- termodynamiske kredsprocesser, herunder virkningsgrad og effektfaktor

### A-niveau

#### **Faglige mål**

- have kendskab til modelbegrebet, kunne gøre rede for anvendelse af fysiske begreber og modeller indenfor det tekniske og teknologiske område, samt kunne opstille og anvende modeller til beskrivelse heraf.
- kende, kunne anvende og analysere fysiske størrelser og enheder.
- kunne analysere en problemstilling og være i stand til at udvælge, tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter og analysere og formidle resultaterne.
- kunne planlægge og udføre et større eksperimentelt arbejde, hvori analyse af problemstillingen, opstilling af løsningsmodeller, målinger, resultatbehandling og vurdering indgår.
- kunne behandle eksperimentelle data med anvendelse af it-værktøjer og digitale ressourcer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser.
- kunne redegøre for fysiske begreber og fænomener samt demonstrere kendskab til fysikken i et globalt og teknologisk perspektiv.
- kunne analysere et anvendelsesorienteret fysikfagligt problem ud fra forskellige repræsentationer af data og formulere en løsning af det gennem brug af en relevant model.
- kunne sætte sig ind i nye fysiske områder og anvende naturvidenskabelige arbejdsmetoder.
- kunne anvende fagets sprog og terminologi mundtligt og skriftligt til dokumentation og formidling til en valgt målgruppe.
- kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder.
- undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, herunder innovative løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes.

**Supplerende stof**

- Det supplerende stof skal inddrage aktuelle faglige, teknologiske, samfundsrelevante eller globale problemstillinger, herunder en belysning af fysiske aspekter af bæredygtig udvikling.

**IT**

It og digitale ressourcer skal indgå i alle aspekter af undervisningen og understøtte elevernes læringsproces gennem f.eks. informationssøgning, modellering, simulering, styring og visualisering. Eleverne skal kunne anvende it-værktøjer og digitale ressourcer til eksperimentelt arbejde og databehandling, også med større datamængder.

**Karrierelæring**

Eleverne opnår gennem undervisningen viden om og erfaringer med fagets anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og træffe valg om egen fremtid i et studie-/karrierespørgsmål samt et personligt perspektiv. På den måde bidrager forløbet også til deres karrierelæring, som skal indgå i undervisningen i gymnasiet.