

# MATERIALERNES FANTASTISKE VERDEN

## FORLØBSBESKRIVELSE



# INDHOLD

(Klik på en titel for at springe direkte til afsnittet)

## Introduktion:

Forløbsbeskrivelse .....	1
Forløbsoversigt .....	2
Tidsforbrug .....	3
Forklaringer af ikoner, grafik og øvrigt indhold.....	3

## Gennemgang af moduler:

Modul 1: Introduktion til materialer og egenskaber .....	4
Modul 2-4: Introduktion til undersøgelser .....	9
Modul 2-4: Undersøgelse af styrke .....	13
Modul 2-4: Undersøgelse af hårdhed .....	26
Modul 2-4: Undersøgelse af varmeledning .....	33
Modul 2-4: Undersøgelse af absorption .....	44
Modul 2-4: Undersøgelse af viskositet .....	54
Modul 5: Blandingsmaterialer .....	65
Modul 6: Smarte materialer .....	72
Modul 7: Forberedelser til innovationsopgaven .....	78
Modul 8-9: Innovationsopgave.....	86

## FORLØBSBESKRIVELSE

'Materialernes fantastiske verden' består af i alt ni moduler af hver to lektioner. I denne forløbsbeskrivelse finder du for hvert modul en beskrivelse, der består af først en introduktion til læreren efterfulgt af en detaljeret gennemgang af indholdet og organiseringen af undervisningen.

### Introduktion til læreren

På disse sider kan du læse:

- Et resume af modulet
- Modulets relevante læringsmål og forslag til tegn på læring
- Modulets centrale faglige pointer
- Vigtige fagord og begreber
- Forslag til evaluering
- Forslag til tidsplan

### Gennemgang af modulet

På disse sider finder du:

- En detaljeret gennemgang af indholdet og organiseringen af undervisningen
- Forslag til lærerdemonstrationer og elevaktiviteter
- Definitioner af egenskaber og eksempler på materialer
- Lærernoter: Gode råd, pointer, forhold du skal være opmærksom på
- Henvisninger til elevvejledninger og tilhørende lærersvarark
- Oversigt over forberedelser før modulet
- Materiale- og udstyrslistor

Udover denne forløbsbeskrivelse består undervisningsmaterialet af:

1. Elevvejledninger og tilhørende svarark til læreren
2. Lærervejledning
3. Lærerpræsentation
4. Hjemmeside
5. Materialekasse



*Du kan downloade alt skriftligt materiale fra hjemmesiden for Børnenes Universitet.*



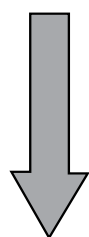
**EVALUERING**

*Hjælp os med at blive bedre. Evaluér materialet her:*

<https://drive.google.com/open?id=1tV4Y2OxbYNebJMYOMB3gukAVoSpUkGHZWZslTRjupn0>



Skematisk oversigt over forløb



**Modul 1: Introduktion**

1. Undersøgelse af elevernes forhåndsviden
2. Etablering af fælles viden om materialer og egenskaber



Mulighed for at afkorte forløb.

**Modul 2-3: Undersøgelse af materialeegenskab 1**

1. Introduktion til egenskab
2. Design
3. Undersøgelse
4. Opfølgning og diskussion



Mulighed for at forlænge forløb, bla. ved tværfaglig undervisning.

**Modul 3-4: Undersøgelse af materialeegenskab 2**

1. Introduktion til egenskab
2. Design
3. Undersøgelse
4. Opfølgning og diskussion



**Modul 5: Blandingsmaterialer**

1. Introduktion
2. Undersøgelser
3. Innovationsøvelse
4. Opfølgning



**Modul 6: Smarte materialer**

1. Introduktion
2. Undersøgelser
3. Opfølgning



**Modul 7: Forberedelser til innovationsopgaven**

1. Introduktion
2. Undersøgelser
3. Introduktion til produktudvikling
4. Introduktion til ingeniørens arbejdsmetode

**Modul 8: Innovationsopgave**

1. Introduktion til innovationsopgaven
2. Indledende øvelse i idégenerering
3. Produktudvikling baseret på ingeniørens arbejdsmetode

**Modul 9: Innovationsopgave (fortsat)**

1. Produktudvikling (fortsat)
2. Præsentation af produkter for klassen
3. Afslutning



## Tidsforbrug

Det samlede forløb tager 8-9 moduler (16-18 lektioner) afhængigt af, om elever designer deres egne undersøgelser under arbejdet med materialeegenskaberne eller om de udfører en af de foreslåede DTU-undersøgelser.

Vær opmærksom på, at udlånstiden for en kuffert fra CFU typisk er fire uger og at du har brug for kufferten til minimum modul 2-6 og evt. første lektion i modul 8. Det betyder, at du får brug for at undervise min. 10 lektioner i natur/teknologi i løbet af fire uger.

### Forkortet forløb



Hvis du ønsker et kortere forløb, kan du vælge at stoppe efter modul 4, 5 eller 6.

Du kan også afkorte forløbet ved at springe undersøgelsen af blandingsegenskaberne over og gå direkte videre til de smarte materialer. Bemærk dog, at der under undersøgelsen af blandingsmaterialerne er indlagt en innovationsøvelse for eleverne, inden de skal arbejde med den større innovationsopgave til sidst i forløbet. Elevundersøgelsen af de smarte materialer er en forudsætning for at lave innovationsopgaven. Endelig kan du finde et korte alternativ til innovationsopgaven, som kan være velegnet til de yngre klasser. Læs mere om dette i lærervejledningen under modul 8-9.

### Forlænget forløb



Forløbet med materialekufferten er tilrettelagt, så det kan nås på ni moduler. Men hvis du har mere tid til rådighed og ønsker at lade eleverne undersøge flere materialeegenskaber, øve sig yderligere i design af undersøgelser eller give dem mere tid til at arbejde med innovationsopgaven, er det selvfølgelig en mulighed. I arbejdet med innovationsopgaven vil det være oplagt at inddrage Håndværk og design. Fx kan eleverne lave mere detaljerede modeller eller fremstille prototyper af deres produkter.

## Forklaring af ikoner og øvrig grafik



### Download

Henviser til skriftligt materiale, der kan hentes på hjemmesiden.



### Video

Henviser til video på hjemmesiden, YouTube og nettet i øvrigt.



### Tværfaglighed

Henviser til muligheder for tværfaglig undervisning.



### Forlængelse

Vises ved forslag til aktiviteter, du kan inddrage, hvis du har tid til over i undervisningen eller til lektiecafe/ hjemmearbejde.



### Ikon på elevvejledning

Ikon med blyant findes på vejledninger for teoretiske aktiviteter.



### Mere viden

Vises ved henvisninger til kilder, hjemmesider, vejledninger og andre steder med mere viden.



### Ikon på elevvejledning

Ikon med hænder findes på vejledninger for praktiske aktiviteter. Kræver typisk et naturfags-faglokale.

# MODUL 1: INTRODUKTION TIL MATERIALER OG EGENSKABER

*Undersøgelse af elevernes forhåndsviden. Etablering af fælles viden.*

## 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I de følgende to lektioner undersøger elever og lærer sammen elevernes forhåndsviden om materialer og materialers egenskaber og etablerer en fælles viden.

Gennem de forskellige aktiviteter øver eleverne sig i at 1) identificere materialer, 2) beskrive materialers egenskaber og 3) se sammenhængen mellem materialers egenskaber og de produkter, de anvendes i. Dette giver anledning til følgende læringsmål:

### 1.1 Læringsmål og forslag til tegn på læring.

1. Eleverne kan identificere materialer og italesætte deres egenskaber.
  - a) Eleverne identificerer materialer på skolen.
  - b) Eleverne identificerer materialernes egenskaber.
  - c) Eleverne knytter materialernes egenskaber sammen med deres anvendelser.

### 1.2 Centrale faglige pointer

Essensen af det ovenstående læringsmål er formuleret i følgende to faglige pointer:

1. Forskellige materialer har forskellige egenskaber.
2. Materialers egenskaber har betydning for deres anvendelser og produkters funktion.

Disse to pointer er vigtige at få på plads, inden I går videre til næste modul. Pointerne bliver tydeliggjort gennem aktivitet 2.1-2.5. De øvrige aktiviteter kan du vælge at inddrage i undervisningen i det omfang, tiden tillader det. Alternativt kan eleverne lave dem i lektiecafe eller hjemme.

### 1.3 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Definition*

*Materiale*

*Forarbejdes*

*Grundstof*

*Råstof*

*Egenskab*

*(Menneskeskabt materiale)*

*(Naturligt materiale)*

### 1.4 Evaluering

Når du evaluerer elevernes læring, kan du se og lytte efter de ovenstående tegn på læring. Du kan også lytte efter elevernes brug af fagord og begreber og deres forståelse af de faglige pointer i de indledende og afrundende diskussioner i klassen.

1.5 Forslag til tidsplan for modul 1 (2 x 45 min.)

	Lektion	Aktivitet	
<b>MODUL 1</b> Introduktion	Lektion 1	2.1 Introduktion til forløb (15 min.) 2.2 Hvad er et materiale? (10 min.) 2.3 Undersøg skolens materialer (20 min.)	
	Lektion 2	2.4 Hvad er en egenskab? (10 min.) 2.5 Undersøg materialernes egenskaber (35 min.)	
	Tid tilovers/ lektier	2.7	Beskriv materialeegenskaberne til forskellige produkter
		2.8	Er det naturskabt eller menneskeskabt?



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 2. INTRODUKTION TIL MATERIALER OG EGENSKABER

### FORBEREDELSE FØR MODUL 1

1. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
2. Åbn lærerpræsentationen og find frem til de billeder og film, du skal vise undervejs.

#### 2.1 Introduktion til forløb

Introducer kort forløbet for eleverne, så de kender hovedtrækkene i, hvad de skal lave og hvad de skal lære. Gennemgå evt. forløbsoversigten, som er indsat i lærerpræsentationen.



Vis til sidst eleverne introduktionsvideoen om materialer. *Varighed: 2 min.*



#### 2.2 Hvad er et materiale?

Start med kort at diskutere med eleverne, hvad et materiale er. Bed dem komme med eksempler på materialer, de kender.

*Stikord fra lærer til elever. Spørg fx:*

Hvilke materialer er skoletasker - drikkedunke - regntøj - sko - telefoner - computere - indkøbsvogne - hylder - tallerkner - borde - vinduer - huse - veje - bildæk - biler lavet af?

#### Et materiale kan defineres som:

Et (rå)stof eller en genstand der forarbejdes og bruges til fremstilling af noget.  
Ting, der anvendes til fremstilling af noget.

DEFINITION

#### Eksempler på materialer:

Keramik, porcelæn, ler, kridt, sand, glas, træ, beton, asfalt, metal, kobber, stål, jern, aluminium, guld, papir, pap, plastik, gummi, nylon, polyester, bomuld, uld, læder, silke

#### 2.3 Undersøg skolens materialer

Inddel eleverne i mindre grupper, og del elevvejledningerne ud. Bed eleverne gå rundt på skolen (inde/udenfor) og finde eksempler på materialer. Eleverne skriver eksemplerne ned.

#### 2.4 Hvad er en egenskab?

Fortæl eleverne, at de om et øjeblik i deres grupper skal beskrive egenskaberne ved de materialer, de har fundet. Ud fra materialernes egenskaber skal eleverne begrunde materialernes anvendelser.

Før eleverne starter på aktiviteten, kan du snakke med klassen om, hvilke egenskaber de kender og hvordan man definerer en egenskab. Du kan begynde at introducere fagord og hjælpe eleverne med at bruge dem i deres svar, så de lærer ordene at kende.



**En egenskab kan defineres som:**

Det, der karakteriserer en ting eller et materiale, hvordan ser det ud, hvordan føles det, hvad kan det.

DEFINITION

Eleverne kan komme til at blande 'hvad kan det' sammen med 'hvad kan det bruges til'. Det er to forskellige ting, hvor sidstnævnte afhænger af 'hvad kan det'. Eksempelvis kan papir suge vand, derfor kan det bruges som køkkenrulle.

LÆRERNOTE

**Eksempler på egenskaber beskrevet med hverdagsprog:**

Stærkt, knækker let, bøjeligt, blødt, rides let, magnetisk, holder godt/dårligt på varmen, fast, flydende, tykt/sejt, suger godt/dårligt, vandtæt, vandafvisende, gennemsigtigt, hullet,

**Eksempler på egenskaber beskrevet med fagord:**

Høj/lav kompressionsstyrke, brudstyrke, trækstyrke, elastisk, ridesbart, varmeledende, isolerende, viskøst, høj/lav absorptionsevne, hydrofilt, hydrofob, transparent, porøst.

(Se forklaringer i lærervejledning)

Stikord fra lærer til elever. Spørg fx:

- Hvordan vil I beskrive:
- Træ? Er det hårdt/blødt?
- En plastikpose? Kan den strækkes? Er den let/tung?
- Metal, glas? Kan I ride i det?
- Kridt, glas, plastik? Hvad sker der, hvis I taber det eller bukkes det?
- Køkkenrulle? Hvor godt suger det vand?
- Glas? Kan I se igennem det?

Stikord fra lærer til elever. Spørg fx:

Hvorfor bruger vi forskellige materialer?

Eksempler på svar:

Vi bruger

- Glas i vinduer, fordi det er gennemsigtigt (fagsprog: transparent).
- Ikke plastik i vinduer, fordi det rides let.
- Ofte porcelæn til håndvaske og toiletter, fordi det ikke suger vand og er hårdt. Men også fordi vi synes, det er pænt.
- Gips i lofter, fordi gipsplader er billige, lette og brandsikre.
- Plastik til mange ting, fordi det er billigt, holdbart, let at fremstille, kan formes og farves.
- Rustfrit stål til bestik, fordi det ikke ruster.
- Beton til broer, fordi det er stærkt og kan støbes.

Hvilke andre forhold kan have betydning for vores valg af materialer?

Eksempler på svar:

- Prisen
- Tilgængelighed. Er materialet sjældent eller er der masser af det?
- Materialets vægt, udseende, lugt, hvordan det føles. Fx foretrækker de fleste porcelæn fremfor metal til deres toiletter og tallerkner, fordi det er 'pænere' selvom det også er dyrest.

## 2.5 Undersøg materialernes egenskaber

Del elevvejledningerne ud. Bed eleverne arbejde videre i deres grupper med at beskrive egenskaberne ved de materialer, de har fundet på skolen. Ud fra egenskaberne begrundet eleverne materialernes anvendelser i de forskellige produkter.

Til sidst præsenterer hver gruppe mundtligt et materiale og dets anvendelse. De forklarer sammenhængen mellem egenskab og anvendelse for resten af klassen.

Både under diskussionen om, hvad en egenskab er, under elevernes gruppearbejde og ved deres præsentationer, kan læreren spørge eleverne om, *hvorfor det er vigtigt, at vi kender materialers egenskaber og hvordan vi ser det anvendt i hverdagen og i produkterne omkring os?*

LÆRERNOTE

Grupperne må gerne præsentere de samme materialer, blot deres eksempel på anvendelse er forskelligt. På den måde illustreres, at et materiales egenskaber kan udnyttes på forskellig vis – fx at papir både kan bruges til at skrive på og tørre hænder.

LÆRERNOTE



### Udvidelse ved tid tilovers/lektier

#### 2.6 Beskriv materialeegenskaberne til forskellige produkter

Del elevvejledningen ud. Bed eleverne beskrive, hvilke egenskaber et materiale skal have for at egne sig til det angivne produkt.

#### 2.7 Er det naturskabt eller menneskeskabt?

I denne undersøgelse lærer eleverne, at der findes både naturlige og menneskeskabte materialer og at vi mennesker kan udnytte begge typer. Eleverne kategoriserer hhv. naturlige og menneskeskabte materialer i den uddelte elevvejledning. Efterfølgende kan I diskutere svarene i klassen.

## MODUL 2-4: UNDERSØGELSER

*Design og udførelse af enkle, systematiske undersøgelser af materialers egenskaber.*

### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I de følgende tre moduler skal eleverne lære mere om forskellige materialeegenskaber samt øve sig i at designe, udføre og vurdere enkle systematiske undersøgelser af materialeegenskaber. Ved hver undersøgelse lærer eleverne om tilrettelæggelsen af videnskabelige undersøgelser og betydningen af variable. I tre af undersøgelseerne indgår der desuden hypoteser, som eleverne skal afprøve.

Hensigten med undersøgelserne er altså både at lære eleverne om naturfagernes metoder og at lære dem om materialers egenskaber, som det også fremgår af læringsmålene.

Eleverne skal undersøge to forskellige materialeegenskaber valgt fra listen på næste side. Der er afsat 1½ modul (tre lektioner) til hver undersøgelse. Hvis du har mulighed for at afsætte mere tid, kan du naturligvis vælge at lade eleverne undersøge flere egenskaber. Det er en god ide at lægge tid ind mellem den lektion, hvor eleverne designer deres undersøgelse og den lektion, hvor eleverne udfører undersøgelsen, så du og evt. eleverne har tid til at indsamle materialer og udstyr.

#### 1.1 Anbefalet skematisk oversigt over undersøgelsesforløb:

<p><b>MODUL 2-4</b></p> <p>LEKTIONSFORDELING</p>	UNDERSØGELSE 1	Lektion 1 - Modul 2
		Lektion 2 - Modul 2
		Lektion 1 - Modul 3
	UNDERSØGELSE 2	Lektion 2 - Modul 3
		Lektion 1 - Modul 4
		Lektion 2 - Modul 4

1.2 Skematisk oversigt over undersøgelser<sup>1</sup>

Egenskab		Materialer	Hypotese
	Styrke	Papir	Jo tungere et stykke papir er, desto større brudstyrke har det.
	Hårdhed	Faste materialer	
	Varmeledning	Kopper	Jo tykkere kop, desto bedre holder den på varmen.
	Absorption	Bleer	Dyre bleer absorberer mere vand end billige bleer.
	Viskositet	Væsker	

Efter de næste siders fortsatte introduktion finder du forløbsbeskrivelser til hver af de fem undersøgelser. Her kan du bla. finde forslag til konkrete materialer og til DTU-afprøvede undersøgelser, hvis du vælger at springe designfasen over. Efter at have læst forløbene igennem kan du udvælge de to materialeegenskaber, som eleverne skal beskæftige sig med.

<sup>1</sup> Se lektionernes indhold under de respektive undersøgelser.

### 1.3 Læringsmål og tegn på læring

2. Eleven kan identificere og kontrollere variabler i undersøgelser.
  - a) Eleven udpeger undersøgelsens variabler.
  - b) Eleven skelner mellem den variabel, der skal ændres, og dem der skal holdes konstante.
  - c) Eleven designer undersøgelsen, så alt holdes konstant på nær en variabel.
  
3. Eleven kan systematisk undersøge og sammenligne egenskaber ved materialer med brug af relevante fagord og begreber.
  - a) Eleven udfører og nedskriver målinger med alt konstant på nær en variabel.
  - b) Eleven udleder resultater om materialernes egenskaber ud fra deres målinger.
  - c) Eleven bruger fagord og begreber, når de sammenligner materialernes egenskaber ud fra deres resultater.

### 1.4 Centrale faglige pointer

Modul 2-4 har som i modul 1 de to følgende faglige pointer:

1. Forskellige materialer har forskellige egenskaber.
2. Materialers egenskaber har betydning for deres anvendelser for produktets funktion.

### 1.6 Om design af undersøgelser

Hvordan en undersøgelse skal designes og udføres afhænger af, hvilken egenskab og hvilke materialer der skal undersøges. Til hver af de fem egenskaber kan du derfor finde elevvejledninger (både elev- og lærerversion) med spørgsmål og viden, som du og eleverne kan bruge som hjælp til at designe undersøgelserne.

Elevvejledningerne er lavet med baggrund i og inspiration fra hæftet ”MetodeKit. Sæt metoder på skemaet”<sup>2</sup>, der er skrevet og udgivet af Experimentarium som en del af MetodeLab-projektet<sup>3</sup>.

I hæftet beskrives fem forskellige naturfaglige undersøgelsesmetoder, herunder eksperimentet. Det er dette som er modellen for undersøgelserne i materialeforløbet.

### Hypoteser og variable

Hvis eleverne ikke tidligere har lært om hypoteser og variable, kan du flette det ind i design-forløbene, fx ved at lave dem med klassen i fællesskab fremfor som gruppearbejde. Du kan læse mere om hypoteser og variable i lærervejledningen samt i MetodeKit og Ind i Naturvidenskab Grundbog<sup>4</sup>.

### 1.5 Evaluering

Når du evaluerer elevernes læring, kan du se og lytte efter de ovenstående tegn på læring. Du kan også lytte efter elevernes brug af fagord og begreber (se liste under hver undersøgelse) og deres forståelse af de faglige pointer i den indledende og afrundende diskussioner i klassen.

<sup>2</sup> [http://www.metodelab.dk/fileadmin/pdf/metodekit\\_A4.pdf](http://www.metodelab.dk/fileadmin/pdf/metodekit_A4.pdf)

<sup>3</sup> <http://www.metodelab.dk/index.php>

<sup>4</sup> Læs mere om variabler på s. 36 og 38-41 i Ind i Naturvidenskab Grundbog: [https://books.google.dk/books/about/Ind\\_i\\_Naturvidenskab\\_Grundbog.html?id=31rvywhrsREC&redir\\_esc=y](https://books.google.dk/books/about/Ind_i_Naturvidenskab_Grundbog.html?id=31rvywhrsREC&redir_esc=y)



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

**Hjælp til designforløb**

Hvis du vurderer, at eleverne har brug for hjælp med designfasen – fx hvis de ikke før har arbejdet med hypoteser og variable, kan du som nævnt lade eleverne lave den første designopgave i fællesskab, dvs. i klassen og sammen med dig. Anden gang kan du så lade dem arbejde med opgaven i grupper.

Du kan også vise eleverne udstyret fra et af forslagene, og bede dem designe en undersøgelse ud fra dette. Endelig kan du bede eleverne udvikle en af de beskrevne undersøgelsesmetoder på baggrund af stikord, som du giver dem.

Hvis du gerne vil spare tid, eller vurderer, at det vil være for stor en udfordring for dine elever selv at designe undersøgelserne (fx i de yngre klasser), kan du vælge helt at springe designfasen over. I stedet kan eleverne udføre en af de DTU-undersøgelser, som du finder forslag til i forløbsbeskrivelserne for de enkelte egenskaber.

På de følgende sider finder du beskrivelser af undervisningsforløb for hver af de fem egenskaber.

**Hjælp til designfasen**

Det er en del af undersøgelseskompetencen, at eleverne forventes at kunne designe enkle undersøgelser efter 6. klasse.

Hvis du vælger helt eller delvist at springe designfasen over, er det derfor en god ide at bruge tid på at diskutere usikkerheder og fejlkilder samt vigtigheden af at kunne sammenligne og gentage undersøgelser.

LÆRERNOTE

## UNDERSØGELSE AF STYRKE



*Design og udførelse af enkel, systematisk undersøgelse af papirs styrke.*

### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I denne undersøgelse skal eleverne lære om materialers styrke. At der findes flere former for styrke og at de forskellige typer styrke har betydning for, hvad et materiale anvendes til. Eleverne udfører en undersøgelse af en række papirmaterialers *brudstyrke* - en undersøgelse de enten selv har designet eller en af dem, der er beskrevet til sidst i dette moduls forløbsbeskrivelse. Til sidst sammenligner og diskutere grupperne deres resultater og evaluerer deres undersøgelse.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

2. Eleven kan identificere og kontrollere variabler i undersøgelser
  - a) Eleven udpeger undersøgelsens variabler.
  - b) Eleven skelner mellem den variabel, der skal ændres, og dem der skal holdes konstante.
  - c) Eleven designer undersøgelsen, så alt holdes konstant på nær en variabel.
  
3. Eleven kan systematisk undersøge og sammenligne egenskaber ved materialer med brug af relevante fagord og begreber
  - a) Eleven udfører og nedskriver målinger med alt konstant på nær en variabel.
  - b) Eleven udleder resultater om materialernes egenskaber ud fra deres målinger.
  - c) Eleven bruger fagord og begreber, når de sammenligner materialernes egenskaber ud fra deres resultater.

#### 1.2 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Påvirkning*

*Kræfter*

*Permanent*

*Brudstyrke*

*Flydestyrke*

*Trykstyrke*

*Trækstyrke*

*Deformérbart*

*Skørt*

*Hypotese*

*Variabel*

*Forudsigelse/Kvalificeret gæt*

*Fejlkilde*

*Usikkerhed*

### 1.3 Forslag til tidsplan for undersøgelse af styrke

Der er to varianter af denne undersøgelse. Begge strækker sig over tre lektioner, men med lidt forskellig fordeling af tidsforbruget. I den første variant designer eleverne selv deres undersøgelse. Du kan se et forslag til tidsforbruget herunder. I den anden variant vælger du en af DTU-undersøgelserne beskrevet længere fremme. I dette tilfælde kan du følge den nederste tidsplan, der har lidt mere luft.

#### Forslag til tidsplan ved elevdesignet undersøgelse (3 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b>  Undersøgelse af papirs styrke	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1	• Eleverne introduceres til styrke (35 min.)
	Lektion 1-2	• Eleverne designer deres undersøgelse (55 min.)
	Skemafri	Lærer (og elever) indsamler materialer og udstyr til undersøgelsen
	Lektion 3	• Eleverne udfører undersøgelse (30 min.) • Eleverne analyserer resultater (5 min.) • Klassen sammenligner deres resultater og evaluerer undersøgelsen (10 min.)

#### Forslag til tidsplan ved DTU-undersøgelse (3 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b>  Undersøgelse af papirs styrke	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1	• Eleverne introduceres til styrke
	Lektion 1-2	• Eleverne udfører undersøgelsen (45 min.)
	Lektion 3	• Oprydning (5 min.) • Eleverne analyserer resultater (10 min.) • Klassen sammenligner deres resultater og evaluerer undersøgelsen (15 min.)



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.



## 2. INTRODUKTION TIL STYRKE

### MATERIALER OG UDSTYR TIL LÆRER- OG ELEVDEMONSTRATIONER

**Disse materialer skal du selv skaffe:**

- *Lille hammer*
- *En metalbøjle, et stykke tykt metaltråd, en papirclips eller en (billig) gaffel*
- *Et stykke kridt*

**Og eventuelt:**

- *En lille metalbradepande eller en metaldåse*
- *Et stykke kridt*
- *4 vinglas*
- *Bræt - til at lægge over glas*
- *Avis eller andet underlag*
- *Fejebakke og kost*
- *Evt. elastikker, balloner eller plastposer - til den udvidede aktivitet*

### FORBEREDELSE FØR INTRODUKTIONEN

1. Indsaml materialer og udstyr – både dem fra kufferten og dem, du selv skal skaffe.
2. Læg de ting frem, som du skal bruge til demonstrationerne.
3. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
4. Åbn lærerpræsentationen og find frem til de billeder og film, du skal vise undervejs.

#### 2.1 Hvad betyder det, at et materiale er stærkt?

Fortæl eleverne, at I i dette modul skal arbejde med materialers styrke. Start med at diskutere i klassen, hvad det betyder, at et materiale er stærkt.

*Spørg fx:*

Hvorfor er det vigtigt at vide, hvor stærkt et materiale er?

Hvem kunne være interesseret i at vide noget om materialers styrke?

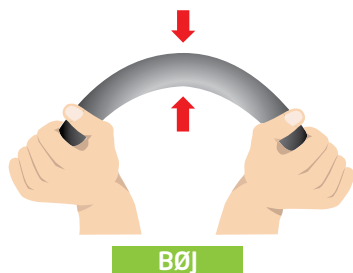
I hvilke produkter har vi brug for stærke materialer?

*Eksempler på svar:*

Fx ingeniører, der bygger bygninger, broer, fly (vinger), vindmølle (vinger), biler (karosserier) osv. Producenter af glas til vinduer, tage, mobiltelefoncovers.

Et materiales styrke kan defineres som:  
 hvor godt det kan holde til forskellige (hårde) fysiske påvirkninger – fx træk, tryk, bøj, slag, vrid eller riv.

DEFINITION



## 2.2 Materialer kan ændre form eller gå i stykker

### Lærerdemonstration 1:

Spørg eleverne, hvad der sker, hvis man bøjer et stykke metal. Knækker det?

Hvad med et stykke kridt?

Vis eleverne (eller lad dem prøve), at man kan bøje et stykke metal frem og tilbage, uden at det knækker, mens man let kan knække kridt. (Hvis I bliver ved længe nok, vil metallet dog til sidst også knække pga. metaltræthed).

Materialer: 1 metalbøjle/metaltråd/papirclips/gaffel. 1 stykke kridt.

eller

### Lærerdemonstration 2:

Man kan også vise forskellen mellem metal og kridt ved at slå på en lille bradepande (eller lignende metal) og et stykke kridt med en hammer. Metallet vil få en bule, mens kridtet knækker.

Materialer: 1 lille metalbradepande/metaldåse. 1 hammer. 1 stykke kridt.

Svar: Forklar eleverne, at nogle materialer permanent ændrer form, når vi fx slår eller trykker på dem. Man siger at, de er deformérbare eller at de 'flyder'.

Andre materialer går straks i stykker, når vi slår eller trykker hårdt nok på dem. Dem kalder vi 'skøre' eller skrøbelige. Spørg eleverne, om metal og kridt er *deformérbart* eller *skørt*?

Når vi påvirker materialer med kræfter, der overstiger materialernes styrke, vil materialerne enten permanent ændre form eller gå i stykker.

- Den kraft, der skal til for at ændre et materiales form, uden at materialet går i stykker, kaldes for materialets **flydestyrke**.
- Den kraft, der får et materiale til at gå i stykker, kaldes for dets **brudstyrke**.

DEFINITION

Metaller ændrer let form, når man slår på dem. De har en lav flydestyrke, fordi der ikke skal ret meget kraft til for at lave bu-ler i dem. Til gengæld har metaller typisk en høj brudstyrke og knækker først ved meget voldsomme slag eller sammenstød.

Se et eksempel på metals flydestyrke i biler:  
Strong as steel. Testing Toughness (2:19 min.)  
<http://www.pbslearningmedia.org/resource/nvms.sci.mate-rials.strongeract/strong-as-steel-testing-toughness/>



Metals lave flydestyrke og høje brudstyrke gør det til et godt materiale at lave biler af – ved sammenstød bliver det meste af kraften fra slaget brugt til at deformere metallet. Derved bliver risikoen for skade på passagererne mindre.

Materialer som *kridt, glas, porcelæn og beton* har derimod stort set ingen flydestyrke – dvs. de kan slet ikke ændre form, men går i stykker, når man slår på dem eller taber dem. Dvs. at brudstyrken er den eneste relevante styrke, når man skal vurdere, hvor stærke de er.

### 2.3 Materialer kan have forskellige former for styrke

Følgende eksperiment kan du enten vise eleverne som videodemonstration eller lave det som en lærer- og/eller elev-demonstration. Eleverne vil naturligvis elske selv at få lov til at prøve, men det kræver lidt ro og fokus.

#### Lærerdemonstration/elevaktivitet 3:

Start med at spørge eleverne, om de tror, at en person kan stille sig oven på et eller flere vinglas, uden at de deformeres eller går i stykker? Hvorfor/hvorfor ikke? Hvordan plejer glas at opføre sig?

Vis derefter demonstrationen på video:

(På engelsk, men billederne er vigtigst. Evt. kan læreren forin-den fortælle eleverne, hvad klippene handler om).

Vis eleverne klip fra denne film: Demonstration af glas' trykstyrke (Fra 38:35-40:05)  
<https://www.youtube.com/watch?v=FNkH8fjWlIQ5>



Eller lav demonstrationen i klassen:

Lav eksperimentet som på videoen med den tilføjelse, at glassene stilles oven på et par aviser, så det er let at fjerne evt. glasskår bagefter:

1. Fordel glassene med lige stor afstand imellem dem. Læg brættet, så dets midtpunkt er lige over glassenes midtpunkt.
2. Støt personen, der skal op og stå på brættet. Husk personen skal have sko på.
3. Fødderne skal placeres omhyggeligt på midten af brættet og trykket skal påføres jævnt. Dvs. personen skal prøve at undgå at ryste eller stå uroligt både under opstigning og deroppe.
4. Hvis vinglas er for svære, så prøv fx at stå på et eller flere vandglas.

Materialer: 4 vinglas (eller vandglas), bræt, avis, fejebakke og -børste

Snak med eleverne om, hvad der skete (hvis det lykkedes). Kan de forklare, hvorfor glassene kunne holde til trykket?

Vis dem igen figuren på side 16, med de forskellige former for kraft, som man kan påvirke et materiale med:

Træk, tryk, slag, vrid, bøj, riv.

<sup>5</sup> Hvis linket ikke virker, så søg på følgende "PBS Nova Making Stuff Stronger" på Youtube og følg link til program, der varer ca. 54 minutter.

Svar:

Glas har stort set ingen flydestyrke og vil derfor ikke ændre form under tryk. Samtidig har glas en meget høj tryk-brudstyrke. Det betyder, at det kan holde til et meget højt tryk, selv vægten fra et barn eller voksent menneske som i jeres eksperiment, uden at gå i stykker. Det er det, man udnytter, når man bygger med glasmursten i fx brusekabiner. Endelig har glas en lav brudstyrke, hvis man slår på det eller trækker i det. Så går det i stykker. Man siger, at glas er skørt.

Det samme materiale kan have både lav og høj brudstyrke (eller flydestyrke) afhængig af, om vi trækker, trykker, slår, vrider eller bøjer dem.

LÆRERNOTE

Når man skal beskrive et materiales styrke, er det altså vigtigt at forklare præcis hvilken styrke man taler om. Både flyde- og brudstyrke kan udtrykkes i flere former for styrke, afhængigt af hvordan man påvirker et materiale.



## Ved tid tilovers

### 2.4 Elasticitet

Hvis der er mere tid til rådighed, kan I også snakke om elasticitet i materialer.

Blød plastik og gummi har både lav flydestyrke og lav brudstyrke, ca. 1000 gange mindre end metallerne. Til gengæld kan de ændre deres form ret meget selv ved små belastninger – de er elastiske. Fx kan man strække en elastik og puste balloner op. Disse ændringer i materialernes form er ikke permanente, både elastik og ballon trækker sig sammen igen, når man stopper strækket.

Dog kun indtil en vis belastning. Hvis belastningen overstiger flydestyrken, ændrer materialet permanent form. Elastikken bliver lang og slap eller springer, og balloner som har været pustet godt op og tømt igen, er tit større bagefter.

Elevaktivitet: Lad eleverne strække elastikker og puste balloner op. Bed dem beskrive materialerne før og efter.

*Materialer: Elastikker, balloner, plastposer*

### 3. DESIGN AF UNDERSØGELSE AF PAPIRS STYRKE

Her følger vejledningen til design af en elevundersøgelse af papirs brudstyrke. Hvis du vil springe designforløbet over, kan du finde forslag til undersøgelser på side 22.

#### MATERIALER OG Udstyr TIL DESIGN AF UNDERSØGELSE

**Disse materialer skal du selv skaffe:**

- Fem forskellige stykker papir  
Fx blokpapir, printerpapir, aviser, reklamer, gavepapir, bagepapir, madpakke-papir, non-stick bagepapir, papirpose, papir-chippose, afdækningspapir, karton, pap, tapet.

#### FORBEREDELSE FØR DESIGN

1. Indsaml materialerne.
2. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
3. Åbn lærerpræsentationen og find frem til de billeder og film, du skal vise undervejs.

#### 3.1 Elevdesign

1. Start med at skrive hypotesen op på tavlen eller vis siden fra lærerpræsentationen. Fortæl eleverne, at de nu skal afprøve hypotesen at jo tungere et stykke papir er, desto større brudstyrke har det (hvor tungt forstås som vægt per areal).
2. Forklar eleverne, at når man køber papir, står papirets vægt ofte på pakken. Vægten angives som gram per kvadratmeter ( $\text{g/m}^2$ ), dvs. vægt per areal, og er et mål for, hvor kraftigt papiret er. Men kan man også regne med, at papirets brudstyrke stiger med vægten?
3. Vis dem forskellige papirmaterialer og forklar dem, at de selv skal designe en undersøgelse, hvor de kan afprøve deres hypotese, det vil sige afprøve og sammenligne forskellige papirmaterialers brudstyrke med deres vægt.
4. Snak med eleverne om, hvad det betyder, at et papir er stærkt?

*Eksempler på svar:*



Svært at rive over



Svært at lave hul

Det er relevant at kende *brudstyrken* af papir, når man fx skal lave tilbudsskilte, som skal hænges op i butikker eller bruger papir til indpakning og papirposer.

5. Spørg klassen, hvordan man kan sammenligne de forskellige papirmaterialers styrke?
6. Med udgangspunkt i den tilhørende elevvejledning, kan du drøfte med eleverne, hvad der kendetegner en videnskabelig undersøgelse og hvad hypoteser og variable er, hvis de ikke tidligere har lært om dette.
7. Fordel eleverne i otte grupper.
8. Fordel materialerne mellem grupperne, så de har noget konkret at forholde sig til, mens de designer undersøgelsen.
9. Del elevvejledningen med spørgsmål til undersøgelsesdesign ud. Bed eleverne arbejde videre med at designe en undersøgelse baseret på spørgsmålene i vejledningen og et af de forslag, der kom i 5.
10. Fortæl eleverne, at grupperne bagefter skal præsentere deres forslag for klassen. Klassen skal derefter i fællesskab vælge den bedst egnede undersøgelse. Denne undersøgelse skal alle grupperne så udføre i den følgende lektion.
11. Grupperne præsenterer efter tur deres forslag til undersøgelse.
12. Når klassen har besluttet sig for en undersøgelsesmetode, laver elever og lærer i fællesskab:
  - a) En liste over de materialer og det udstyr, der skal bruges.
  - b) En vejledning til undersøgelsen (tag udgangspunkt i elevvejledningen fra hjemmesiden)
  - c) Et skema til målinger og resultater i (tag evt. udgangspunkt i nedenstående skema, der også ligger på hjemmesiden).
13. Som hjemmeopgave kan du bede eleverne selv medbringe materialerne til deres undersøgelser. Hvis gruppernes resultater skal kunne sammenlignes, er det dog vigtigt, at alle undersøger de samme materialer.

Undervejs bidrager du med viden om, hvilket udstyr der er til rådighed, vurdering af tidsforbrug, urealistiske forsøg og lignende.

PAPIRTYPE	VÆGT (gram)	FORUDSIG STYRKEN (Giv materialerne numre fra 1-5, hvor 5 er det stærkeste)	MÅLING	RESULTAT (Giv materialerne numre fra 1-5, hvor 5 er det stærkeste)

## 4. ELEVUNDERSØGELSE AF PAPIRS STYRKE

Nu skal eleverne udføre deres egen designede elevundersøgelse.

### FORBEREDELSE FØR UNDERSØGELSEN

1. Indsaml materialer og udstyr til elevernes undersøgelse. Evt. kan eleverne selv medbringe materialerne.
2. Husk en vægt. Vej evt. de forskellige stykker papir, før I klipper dem ud. Eller vej alle stykkerne sammen.
3. Regn derefter vægten per stykke papir ud for eller sammen med eleverne.
4. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
5. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
6. Gør et undersøgelseskema klar på tablen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen.

### **Elevdesignet undersøgelse**

Se tilhørende elevvejledning.

### **Efter undersøgelse – diskussion af elevdesignet undersøgelse**

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## 5. FORSLAG TIL DTU-UNDERSØGELSER AF PAPIRS BRUDSTYRKE

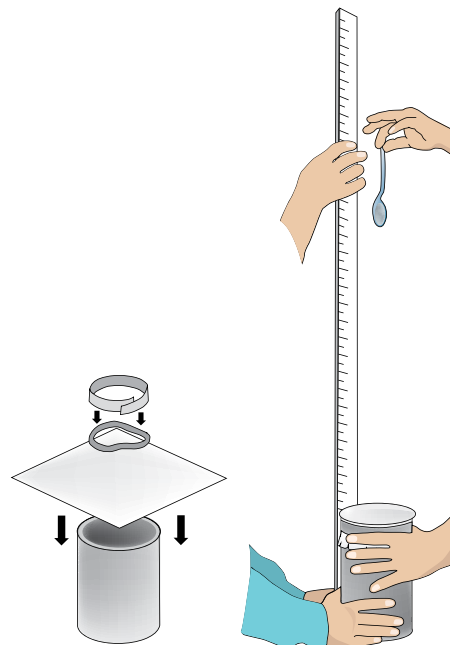
Herunder beskrives kort to DTU-undersøgelser. På de følgende sider kan du finde lister over materialer og udstyr samt vejledninger til de to undersøgelser.

### 1. Undersøgelse af brudstyrke med skeer ('Sketest')

I denne undersøgelse måler eleverne, fra hvilken højde en ske skal falde for at kunne lave hul i et stykke papir spændt ud over en dåse. Undersøgelse kan udføres med lodder i stedet for skeer. Eleverne kan evt. blot blive præsenteret for første del af undersøgelsen, og så selv skulle finde på en målemetode til at sammenligne skeernes faldhøjde.



Undersøgelsen kommer fra *MAKING STUFF Activity Guide* (side 3-7) produceret af den amerikanske videnskabs-tv-serie NOVA:  
<http://www-tc.pbs.org/wgbh/nova/assets/education/making-stuff/making-stuff-activity-guide.pdf>



### 2. Undersøgelse af brudstyrke med glaskugler

I denne undersøgelse undersøger eleverne brudstyrken af forskellige papirmaterialer ved at hænge en krog med en beholder nederst i en strimmel af hver type papir. Derefter fylder de beholderen med glaskugler én af gangen, indtil krogen river hul i materialet. Hvis der er tid til det, kan eleverne udføre forsøget to gange med hver papirstrimmel og derved lære om usikkerheder, og hvordan man minimerer dem.

Glaskuglerne kan erstattes med fx vægtlodder.

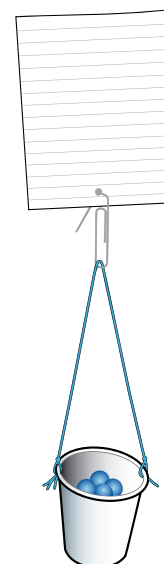


Undersøgelsen kommer fra dette amerikanske dokument, hvor du også kan finde ideer til flere forsøg med papirs styrke samt relevante matematikopgaver og i forbindelse med undersøgelsen:

[http://www.primaryscience.ie/media/pdfs/col/Paper\\_Strength\\_Activity.pdf](http://www.primaryscience.ie/media/pdfs/col/Paper_Strength_Activity.pdf)



Desuden kan du se elever udføre undersøgelsen her: <https://youtu.be/DGuXubAZpRo>.





## 5.1 DTU-undersøgelse 1: 'Sketest'

### MATERIALER OG Udstyr TIL UNDERSØGELSEN

#### Dette finder du i kufferten (per gruppe):

- 1 teske
- 1 tommestok

#### Dette skal du selv skaffe (per gruppe):

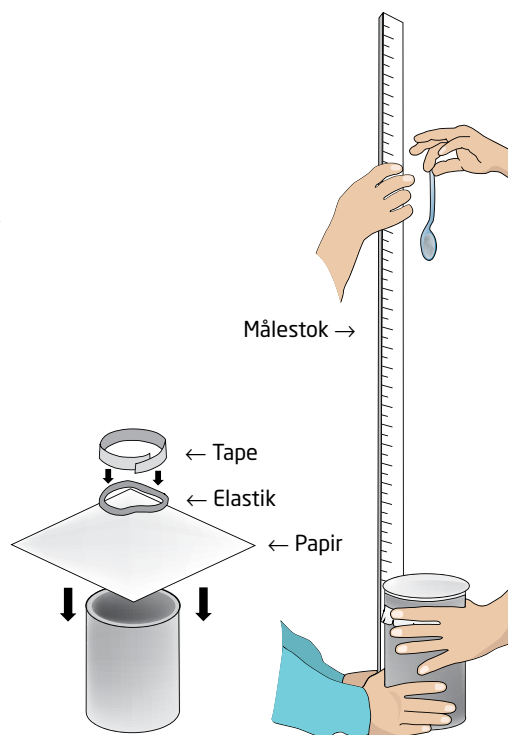
- 5 forskellige stykker papir, ca. 20 x 20 cm./stk.  
Fx blokpapir, printerpapir, aviser, reklamer, gavepapir, bagepapir, madpakkepapir, non-stick bagepapir, papirpose, papir-chippose, afdækningspapir, karton, pap, tapet.  
Hvert stykke materiale skal være stort nok til at dække bøttens åbning i sketesten. Lad evt. eleverne selv medbringe papirmaterialerne.
- 1 bøtte med en omkreds på max. 30-32 cm.  
Fx espressokaffe-metaldåser eller 850 g. konservesdåser (pas på, eleverne ikke skær sig).
- 3-4 alm. elastikker - til at holde materialerne fast på bøtterne.
- Saks
- Evt. lineal
- Vægt med 1 g-intervaller - evt. kan du veje papiret på forhånd.

### FORBEREDELSE FØR UNDERSØGELSE

1. Indsaml materialer og udstyr fra kufferten og dem, du selv skal skaffe.
2. Klip lige store stykker af de materialer, som eleverne skal undersøge. Et stykke af hvert materiale til hver gruppe. *Dette kan eleverne også selv gøre – husk så at skaffe linealer og sakse.*
3. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
4. Gør klar til at demonstrere sketesten for eleverne. Se forsøgsopstilling og vejledningen herunder.
5. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
6. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen. Du kan finde skemaet i lærerpræsentationen.

### Lærerdemonstration:

1. Forklar eleverne, at de skal undersøge forskellige typer papirs brudstyrke ved at lade en ske falde ned på dem.
2. Få en frivillig til at hjælpe.
3. Lad skeen falde ned på dåsen fra 10 cm højde. Avispapiret bør ikke gå i stykker.
4. Spørg eleverne, hvad de observerede.
5. Forsæt forsøget med stigende faldhøjder, indtil avispapiret går i stykker.
6. Spørg igen eleverne, hvad de observerede. Spørg: Har en avis høj eller lav brudstyrke?  
(*Ex: Avisen gik i stykker. Jo højere oppe skeen falder fra, før materialet går i stykker, desto stærkere er materialet.*)



### Elevundersøgelse

Se tilhørende elevvejledning.

### Efter undersøgelse: Diskussion af resultater

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.



### Ved tid tilovers

Hvis der er tid, kan eleverne prøve at lave forskellige kombinationer af materialerne – og evt. i forskellige rækkefølge – og undersøge, hvordan flyde- og brudstyrken ændrer sig.

I kan også lave en konkurrence og se hvilket hold, der laver det stærkeste materiale ud af max. to af materialerne.

Kompositter er materialer, der er sat sammen af flere lag. Ved at blande lag med forskellige egenskaber, kan man lavere stærkere materialer.

Fx består skudsikkert glas af skiftende lag af glas og plastik. Plasteren er mindre end 1 mm tyk, men meget elastisk og dermed god til at bremse projektilet ved at absorbere dets energi.

LÆRERNOTE

## 5.2 DTU-undersøgelse 2: 'Faldende glaskugler'

## MATERIALER OG Udstyr

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- 5 forskellige typer papirstimler, fx 5x20cm.
- Fx blokpapir, printerpapir, aviser, reklamer, gavepapir, bagepapir, madpakkepapir, non-stick bagepapir, papirs-  
pose, papir-chipspose, afdækningspapir, karton, pap, tapet. Lad evt. eleverne medbringe papir.
- Glaskugler- du skal bruge ca. 50 kugler (25 mm diameter) per gruppe. Du kan også bruge lodder eller vægte.
- Krog eller stor papirklips (50 mm)
- ½ liters beholder - fx creme fraichebæger
- Hullemaskine til at lave huller i beholdere
- 1 snor til at hænge beholder i krog med
- Saks
- Vægt med 1 g-intervaller - evt. kan du veje papiret på forhånd.

## FORBEREDELSE FØR UNDERSØGELSEN

1. Indsaml materialer og udstyr.
2. Klip lige store stykker af de materialer, som eleverne skal undersøge. Et stykke af hvert materiale til hver gruppe. *Dette kan eleverne også selv gøre – husk så at skaffe linealer.*
3. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
4. Vis billedet af forsøgsopstillingen på tavlen. Du kan finde billedet i lærerpræsentationen på hjemmesiden.
5. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
6. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen. Du kan finde skemaet i lærerpræsentationen.

**Elevundersøgelse**

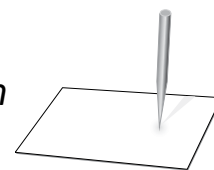
Se tilhørende elevvejledning.

**Efter undersøgelse: Diskussion af resultater**

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## UNDERSØGELSE AF HÅRDHED

*Design og udførelse af enkel, systematisk undersøgelse af hårdheden af forskellige materialers overflader.*



### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I denne undersøgelse skal eleverne lære, at der er forskel på, hvor hårde materialers overflader er. De skal også lære, at overfladens hårdhed har betydning for, hvad materialet kan bruges til, fx om det egner sig som bord eller kniv. Eleverne designer og udfører en undersøgelse af hårdheden af forskellige materialers overflader. Til sidst sammenligner og diskuterer eleverne deres resultater og deres undersøgelse.

Til denne undersøgelse medfølger der ingen forslag, men blot nogle stikord og videolinks, der kan lede hen til en undersøgelse, hvor eleverne ridser på materialernes overflade. Der er heller ikke knyttet nogen hypotese til denne undersøgelse, da forklaringen bag overfladers hårdhed, som oftest ligger i den atomare struktur og dette er over eleverne faglige niveau. Til gengæld er det en relativ simpel undersøgelse og den kan derfor være god at bruge som elevernes første erfaring med at designe undersøgelser og lære om variabler.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

2. Eleven kan identificere og kontrollere variabler i undersøgelser.
  - a) Eleven udpeger undersøgelsens variabler.
  - b) Eleven skelner mellem den variabel, der skal ændres, og dem der skal holdes konstante.
  - c) Eleven designer undersøgelsen, så alt holdes konstant på nær en variabel.
  
3. Eleven kan systematisk undersøge og sammenligne egenskaber ved materialer med brug af relevante fagord og begreber.
  - a) Eleven udfører og nedskriver målinger med alt konstant på nær en variabel.
  - b) Eleven udleder resultater om materialernes egenskaber ud fra deres målinger.
  - c) Eleven bruger fagord og begreber, når de sammenligner materialernes egenskaber ud fra deres resultater.

#### 1.2 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Hårdhed*

*Ridsefast*

*Ridsbarhed*

*Variabel*

*Forudsigelse/Kvalificeret gæt*

*Fejlkilde*

*Usikkerhed*

#### **Lærernote om hårdhed:**

Et materiale kan godt have en meget hård overflade og samtidig være blødere nedenunder. Fx lakerer man træborde med hård lak, så de ikke ridses så let, selvom træet nedenunder er blødt. I denne undersøgelse, undersøger eleverne overfladers hårdhed, ikke hele materialets.

LÆRERNOTE

1.3 Forslag til tidsplan for undersøgelse af overfladers hårdhed (3 x 45 minutter)

	Lektion	Aktivitet
<p><b>MODUL 2-4</b></p> <p>Undersøgelse af overfladers hårdhed</p>	Lektion 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne introduceres til hårdhed (10 min.)</li> <li>• Eleverne designer deres undersøgelse (35 min.)</li> </ul>
	Skemafri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lærer (og elever) indsamler materialer og udstyr til undersøgelsen</li> </ul>
	Lektion 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne udfører undersøgelse (40 min.)</li> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (5 min.)</li> </ul>
	Lektion 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (fortsat) (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (20 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af hårdhed (15 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 1. INTRODUKTION TIL HÅRDHED

### 1.1 Hvad betyder det, at en overflade er hård?

Fortæl eleverne, at de i dette modul skal arbejde med hårdheden af materialers overflader. Start med at diskutere i klassen, hvad det betyder, at et materiale har en hård overflade.

**Hårdheden af et materiales overflade kan defineres som:**

Hvor svært det er at ridse med en skarp eller spids genstand. Man kan også tale om, hvor ridsefast et materiale er.

DEFINITION

**Eksempler på ridsefaste materialer:**

Keramiske fliser, hærdet stål, glas, diamant.

**Eksempler på materialer med bløde overflader:**

Træ, plastik, bly, uhærdet stål, rent guld og sølv.

*Stikord fra lærer til elever. Spørg fx:*

Hvad betyder det, at et materiale har en hård overflade?

Kender I nogen materialer, som er svære at ridse?

Kender I nogen materialer med bløde overflader/som let bliver ridset?

## 2. DESIGN AF UNDERSØGELSE AF OVERFLADERS HÅRDHED

I det følgende er vejledningen til design af en elevundersøgelse af hårdheden af forskellige materialers overflader.

### MATERIALER OG UDSTYR TIL DESIGN AF UNDERSØGELSE

Disse materialer skal du selv skaffe:

- *Forskellige materialer med overflader af varierende hårdhed*, som eleverne kan undersøge, mens de designer deres undersøgelse.  
Fx kridt, træ, plast, tegl, keramik, kobber, messing, metal, beton, strandglas, skifer, glas, marmor, sten.



*Eksempler på materialer, eleverne kan undersøge.*

### FORBEREDELSE FØR DESIGN

1. Indsaml materialerne.
2. Print elevvejledninger og svarark til dig selv. I elevvejledningen er der spørgsmål, som eleverne kan bruge til deres undersøgelsesdesign.
3. Hent lærerpræsentationen på hjemmesiden og find de relevante sider.

Fortæl eleverne, at de nu skal undersøge hårdheden af forskellige materialers overflader. Vis eleverne de forskellige materialer og forklar dem, at de selv skal designe en undersøgelse, hvor de kan afprøve og sammenligne overfladernes hårdhed.

Du kan finde forslag til materialer, som eleverne kan undersøge i boksen ovenfor. Dertil kommer to slags teskeer af rustfrit stål, som du finder i kufferten. Den ene type teske har fået en overfladebehandling udviklet af forskere på DTU, som gør det praktisk taget umuligt at ridse skeen. Den anden ske er ubehandlet og en billig type stål, der er let at ridse. Det illustrerer en af ulemperne ved blandt billigt bestik, men også stål udsat for meget slid, fx. stålborde i slagterier, slagteknive, bestik i restauranter og kantiner osv. Læs mere om overfladebehandlingen og dets anvendelse i lærervejledningen.

## 2.1 Elevdesign

1. Spørg klassen, hvordan man kan sammenligne hårdheden af forskellige materialers overflader?  
*Eksempel på svar: Ridse i overfladen med en skarp genstand.*
2. Spørg evt. videre: Hvad kunne vi bruge til at ridse med?  
*Eksempel på svar: Metalpincet, udfoldet metal-papirklips, søm, skrue, betongulv, tegnestift, saks. Træpind og plast-tandstik til blødere overflader.*  
*NB: Skuresvampe fungerer ikke, da de blot polerer overfladen, så ridser ikke ses.*
3. Med udgangspunkt i den tilhørende elevvejledning, kan du drøfte med eleverne, hvad der kendetegner en videnskabelig undersøgelse og hvad variabler er, hvis de ikke tidligere har lært om dette.
4. Fordel eleverne i otte grupper.
5. Fordel materialerne mellem grupperne, så de har noget konkret at forholde sig til, mens de designer undersøgelsen.
6. Del elevvejledningen med spørgsmål til undersøgelsesdesign ud. Bed eleverne arbejde videre med at designe en undersøgelse baseret på spørgsmålene i elevvejledningen og et af de forslag, der kom i 1.
7. Fortæl eleverne, at grupperne bagefter skal præsentere deres forslag for klassen. Klassen skal derefter i fællesskab vælge den bedst egnede undersøgelse. Denne undersøgelse skal alle grupperne så udføre i den følgende lektion.
8. Grupperne præsenterer efter tur deres forslag til undersøgelse.
9. Når klassen har besluttet sig for en undersøgelsesmetode, laver elever og lærer i fællesskab.
  - a) En vejledning til undersøgelsen (tag udgangspunkt i elevvejledningen fra hjemmesiden.
  - b) En liste over de materialer og det udstyr, der skal bruges.
  - c) Et skema til målinger og resultater i (tag evt. udgangspunkt i skemaet på næste side).
10. Som hjemmeopgave kan du bede eleverne selv medbringe materialerne til deres undersøgelser. Hvis gruppernes resultater skal kunne sammenlignes, er det dog vigtigt, at alle undersøger de samme materialer.

Undervejs bidrager du med viden om, hvilket udstyr der er til rådighed, vurdering af tidsforbrug, urealistiske forsøg og lignende.

Hvis eleverne er helt uden ideer, kan du vise dem forskellige 'ridsepinde' eller en af disse videoer, der viser en ridsetest af safirglas: Kyocera Brigadier sapphire shield glass scratch test (fra 1:05-4:20)

<https://www.youtube.com/watch?v=TCR0R4W4qCo>

How To Scratch a Sapphire Smartphone Screen (fra 2:00-4:50)

<https://www.youtube.com/watch?v=aTpFTifoMks>

Begge ridsetest bruges på en række smartphones inkl. iPhones. Engelsk tale, men meningen fremgår tydeligt af billederne.



MODUL 2-4: UNDERSØGELSE - OVERFLADERS HÅRDHED - FORLØBSGEMMANG - DESIGN

MATERIALE	FORUDSIG OVERFLADENS HÅRDHED (1 er blødest)	MÅLING Kan rides med træpind (ja/nej)	MÅLING Kan rides med plastpind (ja/nej)	MÅLING Kan rides med metalpind (ja/nej)	MÅLING Kan rides med? (Notér hvilket materiale, der kan ride det materiale, I undersøger)	RESULTAT (1 er blødest)

### 3. ELEVUNDERSØGELSE AF OVERFLADERS HÅRDHED

Eleverne undersøger de udleverede materialer, 2) forudsiger deres overfladers hårdhed og rangordner dem derefter, 3) undersøger materialernes hårdhed samt 4) analyserer og diskuterer deres resultater og deres undersøgelse.

#### MATERIALER OG UDSTYR TIL UNDERSØGELSE

##### Dette finder du i kufferten (per gruppe):

- Teske af rustfrit stål
- Teske af overfladebehandlet rustfrit stål fra DTU

##### Disse materialer skal du selv skaffe (per gruppe):

- 5-6 materialer med overflader af varierende hårdhed – Fx kridt, træ, plast, tegl, keramik, kobber, messing, metal, beton, strandglas, skifer, glas, marmor, sten.
- Materialer og udstyr til den elevdesignede undersøgelse.

#### FORBEREDELSE FØR DEN ELEVDESIGNEDE UNDERSØGELSE

1. Indsaml de forskellige materialer – både fra kufferten og dem, du selv skal skaffe. Evt. kan eleverne selv medbringe materialerne.
2. Lav et antal bunker med materialer svarende til antallet af elevgrupper.
3. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
4. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen. Du finder skemaet på hjemmesiden.

#### Efter undersøgelse: Diskussion af undersøgelse

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

#### Afrundende diskussion af hårdhed

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## UNDERSØGELSE AF VARMELEDNING

*Design og udførelse af enkel, systematisk undersøgelse af hvor gode forskellige materialer er til at lede varme.*



### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I denne undersøgelse skal eleverne lære om varmeledning, det vil sige, hvor *hurtigt eller langsomt* forskellige materialer leder varme. I første og anden lektion skal eleverne dog blot designe og udføre en undersøgelse af en række koppers evne til at holde på varmen som funktion af deres *sidetykkelse*.

Eleverne vil erfare, at koppers tykkelse har betydning for, hvor god den er til at holde på varmen – men også at dette ikke er hele forklaringen, da tyndere kopper i nogen tilfælde faktisk er bedre til at holde på varmen. Dette kan forklares med de materialer, som kopperne er lavet af og disse materialers varmeledningsevne. Dette er din anledning til i sidste opfølgende lektion at præsentere eleverne for egenskaben varmeledning. Eleverne lærer at definere begrebet og ser demonstrationer af gode og dårlige varmeledere. De lærer også om anvendelser af varmeledende materialer.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

2. Eleverne kan identificere og kontrollere variabler i undersøgelser.
  - a) Eleven udpeger undersøgelsens variabler.
  - b) Eleven skelner mellem den variabel, der skal ændres, og dem der skal holdes konstante.
  - c) Eleven designer undersøgelsen, så alt holdes konstant på nær en variabel.
  
3. Eleverne kan systematisk undersøge og sammenligne egenskaber ved materialer med brug af relevante fagord og begreber.
  - a) Eleven udfører og nedskriver målinger med alt konstant på nær en variabel.
  - b) Eleven udleder resultater om materialernes egenskaber ud fra deres målinger.
  - c) Eleven bruger fagord og begreber, når de sammenligner materialernes egenskaber ud fra deres resultater.

#### 1.2 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Hypotese*

*Variabel*

*Forudsigelse/Kvalificeret gæt*

*Fejlkilde*

*Usikkerhed*

*Skydelære*

*Varmeledningsevne*

*Isolator*

### 1.3 Forslag til tidsplan for varmeledning

Der er to varianter af denne undersøgelse. I den første variant designer eleverne selv deres undersøgelse, og forløbet varer tre lektioner. Du kan se et forslag til tidsplanen herunder. I den anden variant springer du designøvelsen over og lader istedet eleverne udføre DTU-undersøgelsen beskrevet længere fremme. I dette tilfælde kan du følge den nederste tidsplan, der strækker sig over to lektioner.

#### Forslag til tidsplan ved elevdesign (3 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b>  Undersøgelse af varmeledning	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne designer deres undersøgelse (45 min.)</li> </ul>
	Skemafrø	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lærer (og elever) indsamler materialer og udstyr til undersøgelsen</li> </ul>
	Lektion 2-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne udfører undersøgelse (40 min.)</li> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (10 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af varmeledning (25 min.)</li> <li>• Oprydning (5 min.)</li> </ul>

#### Forslag til tidsplan ved DTU-undersøgelse (3 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b>  Undersøgelse af varmeledning	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne udfører undersøgelsen (45 min.)</li> </ul>
	Lektion 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (10 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af varmeledning (20 min.)</li> <li>• Oprydning (5 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 2. DESIGN AF UNDERSØGELSE AF KOPPERS EVNE TIL AT HOLDE PÅ VARMEN

### FORBEREDELSE FØR DESIGN

1. Print elevvejledninger og svararket til dig selv. I elevvejledningen er der spørgsmål, som eleverne kan bruge til deres undersøgelsesdesign.
2. Hent lærerpræsentationen på hjemmesiden og find de relevante sider, bla. siden med billeder af kopper.

### 2.1 Elevdesign

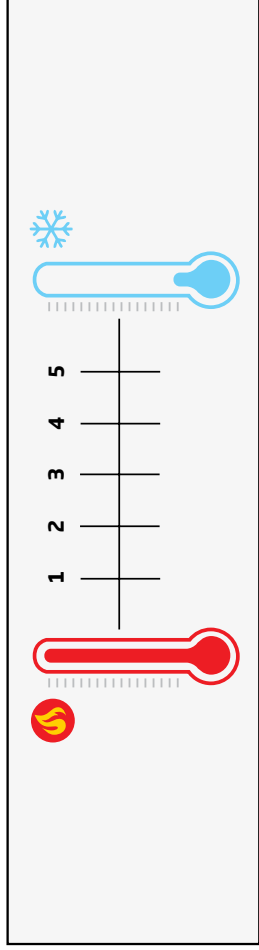
1. Spørg klassen, hvad en god kaffekop skal kunne.  
*Eksempler på svar: Holde drikken varm. Man skal kunne holde på koppen uden at brænde sine fingre på den.*
2. Forklar eleverne, at de nu skal designe en undersøgelse, hvor de kan sammenligne, hvor gode forskellige kopper er til at holde på varmen. Hypotesen er, *at jo tykkere kop, desto bedre holder den på varmen* – forstået som tykkelsen af koppers sider.
3. Skriv hypotesen op på tavlen eller vis siden fra lærerpræsentationen.
4. Spørg klassen, hvordan man kan sammenligne forskellige koppers evne til at holde på varmen.  
*Ex hvor kold/varm koppen føles på ydersiden efter man har hældt varmt vand i den. En god kaffekop holder varmen inde i koppen og føles derfor kold/lun udenpå.*
5. Vis siden med billeder af forskellige kopper fra lærerpræsentationen<sup>6</sup>.
6. Med udgangspunkt i den tilhørende elevvejledning, kan du drøfte med eleverne, hvad der kendetegner en videnskabelig undersøgelse og hvad hypoteser og variable er, hvis de ikke tidligere har lært om dette.
7. Fordel eleverne i max. otte grupper.
8. Del elevvejledningen med spørgsmål til undersøgelsesdesign ud. Bed eleverne arbejde videre med at designe en undersøgelse baseret på spørgsmålene i elevvejledningen og et af de forslag, der kom i 4.
9. Fortæl eleverne, at grupperne bagefter efter tur skal præsentere deres forslag for resten af klassen og at klassen derefter skal vælge den bedste undersøgelse. Denne undersøgelse skal alle grupperne så udføre i den følgende lektion.
10. Grupperne præsenterer efter tur deres forslag til undersøgelse.
11. Når klassen har valgt en undersøgelsesmetode, laver elever og lærer i fællesskab:
  - a) En vejledning til undersøgelsen (tag udgangspunkt i elevvejledningen fra hjemmesiden)
  - b) En liste over de materialer og det udstyr, der skal bruges.
  - c) Et skema til målinger og resultater i (tag evt. udgangspunkt i skemaet på næste side).

Undervejs bidrager du med viden om, hvilket udstyr der er til rådighed, vurdering af tidsforbrug, urealistiske forsøg og lignende.

<sup>6</sup>Vi anbefaler, at du bruger kopperne fra billedet i undersøgelsen.

MODUL 2-4: UNDERSØGELSE - VARMELEDNING - FORLØBSGEMNING - DESIGN

<b>KOP</b> (Skriv materialet)	<b>TYKKELSEN AF KOPPENS SIDE</b>	<b>FORUDSIG</b> (Giv kopperne numre fra 1-5, hvor 5 er den kop, I tror, bedst holder på varmen)	<b>MÅLING</b> (Giv kopperne numre fra 1-5, hvor 5 er den kop, der føles koldest)	<b>RESULTAT</b> (Giv kopperne numre fra 1-5, hvor 5 er den kop, der bedst holder på varmen)



### 3. ELEVUNDERSØGELSE AF KOPPERS EVNE TIL AT HOLDE PÅ VARMEN

Nu skal eleverne udføre deres egen designede undersøgelse samt diskutere resultater og undersøgelse.

#### MATERIALER OG Udstyr TIL UNDERSØGELSE (uafhængigt af elevdesign)

##### Dette finder du i kufferten (per gruppe):

- 1 plastikkop

##### Dette skal du selv skaffe (per gruppe):

- 1 engangs-flamingokop, 1 engangsplastikkop, 1 engangspapkop<sup>7</sup>
- 1 kop af keramik eller porcelæn

Prøv at finde kopper uden riller eller kanter foroven (eller klip kant af), så skydelæren kan måle sidetykkelsen korrekt.

- 1 skydelære
- Evt. saks

#### FORBEREDELSE FØR ELEVUNDERSØGELSEN

1. Indsaml de forskellige kopper og udstyr til elevernes undersøgelse.
2. Lav et antal bunker med kopper og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Print elevvejledninger og svararket til dig selv.

#### Elevdesignet undersøgelse

Se tilhørende elevvejledning.

#### Efter undersøgelse – diskussion af elevdesignet undersøgelse

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

<sup>7</sup> Disse kopper (engangsplastkop, engangspapkop, flamingokop, plastkop samt porcelænskop) har vi afprøvet og de kan understøtte pointerne omkring betydningen af sidetykkelsen og materialernes varmeledningsevne. Læs mere om resultaterne i lærervejledningen.

#### 4. FORSLAG TIL DTU-UNDERSØGELSE AF KOPPERS EVNE TIL AT HOLDE PÅ VARMEN

Herunder beskrives kort en undersøgelse. På de følgende sider kan du finde lister over materialer og udstyr samt vejledning til undersøgelsen.

##### Undersøgelse af koppers evne til at holde på varmen vha. følesansen

I denne undersøgelse sammenligner eleverne tykkelsen af forskellige koppers sider med hvor varme ydersiderne føles, når der bliver hældt varmt vand i kopperne.

Eleverne starter med at måle vægtykkelsen af de forskellige kopper med en skydelære. Derefter hælder de varmt vand i kopperne. Efter kort tid mærker de efter med fingrene, hvor varme koppernes ydersider er.





#### 4.1 DTU-undersøgelse af koppers evne til at holde på varmen vha. følesansen

##### MATERIALER OG UDSTYR TIL UNDERSØGELSE

###### Dette finder du i kufferten (per gruppe):

- 1 farvet plastikkop

###### Dette skal du selv skaffe (per gruppe):

- 1 engangs-flamingokop, 1 engangsplastikkop, 1 engangspapkop
- 1 kop af keramik eller porcelæn – prøv at finde kopper uden riller eller kanter foroven (eller klip kant af), så skydelæren kan måle sidetykkelsen korrekt.
- 1 skydelære
- 1 termokande med varmt vand - kog det inden timen, så det stadig er ret varmt, når eleverne skal bruge det.
- Køkkenrulle eller klude - til at tørre spildt vand op med.

##### FORBEREDELSE FØR UNDERSØGELSEN

1. Indsaml de forskellige kopper og udstyr – både fra kufferten og det, du selv skal skaffe.
2. Lav et antal bunker med kopper og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Print elevvejledninger og svararket til dig selv.

##### Lærerdemonstration:

1. Forklar eleverne, at de skal undersøge forskellige koppers evne til at holde på varmen.
2. Introducer hypotesen for dem.
3. Gennemgå undersøgelsen med dem. Vær opmærksom på, at nogle kopper bliver meget varme, så eleverne skal mærke forsigtigt!
4. Forklar eleverne, hvordan skydelæren virker. Evt. kan klassen i fællesskab måle koppernes sidetykkelse, hvis eleverne ikke før har prøvet at bruge en skydelære.

##### Elevundersøgelse

Se tilhørende elevvejledning.

##### Efter undersøgelse: Diskussion af resultater

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## 5. DISKUSSION AF VARMELEDNING

Rund undersøgelsen af med at diskutere varmeledning med eleverne.

### MATERIALER OG UDSTYR TIL LÆRERDEMONSTRATION 1

**Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- 2 sorte smelteblokke

**Disse materialer skal du selv skaffe:**

- 2 isterninger

### MATERIALER OG UDSTYR TIL LÆRERDEMONSTRATION 2

**Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- 1 termokop til demonstration

### MATERIALER OG UDSTYR TIL LÆRERDEMONSTRATION 3

**Disse materialer skal du selv skaffe:**

- Varmt vand (i termokande)
- 3 engangsplastikkopper

### FORBEREDELSE FØR DISKUSSIONEN

1. Indsaml materialer og udstyr.
2. Læg de ting frem, som du skal bruge til demonstrationen.
3. Læg smelteblokkene frem i god tid – og ikke på et metalbord – så de kan få stuetemperatur.

#### 5.1 Hvad er varmeledning?

Saml op på undersøgelsen af kopperne. Spørg eleverne, om deres hypotese stemte overens med deres resultater. Og hvis ikke, hvad mener de, forklaringen er på dette.

Forklar eleverne, at grunden til at hypotesen (sandsynligvis) kun delvist passede er, at alle materialer ikke er lige gode til at lede varme. Når varmen fra vandet skal ud gennem koppen, betyder tykkelsen af kopperside noget men også, hvilket materiale koppen er lavet af. Man taler om *materialernes evne til at lede varme* eller *varmeledningsevne*.

Jo hurtigere et materiale lader varme slippe igennem, jo bedre en varmeleder er det altså. Spørg eleverne, om de ud fra deres resultater kan sige noget om materialernes varmeledningsevne.

Et materiales varmeledningsevne kan defineres som, hvor hurtigt det afgiver eller optager varme fra dets omgivelser.

Man taler om gode eller dårlige varmeledere. Dårlige varmeledere kaldes også for isolatorer eller isoleringsmaterialer.

DEFINITION

**Gode varmeledere:**

Metaller, fx kobber, messing, guld, sølv, jern, nikkel, platin og aluminium. Derfor er kobber populært til gryder og pander. Aluminium er en af de bedste varmeledere.

**Dårlige varmeledere:**

Plastik og pap. Flamingo. Glas, porcelæn, mursten, træ, plastik, nylon, gummi, kork, bomuld, vand, luft.

Formentlig vil eleverne være nået frem til, at flamingokoppen holdt bedst på varmen, dvs. at den var den dårligste varmeleder.

Flamingo/Styropor består af 98-99 % luft og en lille smule plastik. Da luft er en meget dårlig varmeleder, slipper flamingokoppen kun langsomt varmen fra vandet igennem. Derfor er en flamingokop vældig god til at holde på varmen. Det er en dårlig varmeleder, men en god isolator.

Keramik og porcelæn kan både være gode og dårlige varmeledere afhængige af deres sammensætning, men kopperne bliver sm regel ret varme.

Hvis koppernes sider bliver tynde nok, mister materialets varmeledningsevne dog sin betydning. Derfor bliver engangskopper af plast og pap ofte meget varme at holde på.

5.2 Varmeledning beskriver hastigheden

**Lærerdemonstration 1:**

1. Vis eleverne de to sorte smelteblokke.  
Fortæl dem, at du nu vil lægge en isterning på hver af dem. Og at eleverne skal prøve at gætte på, hvilken isterning, der smelter først.
2. Lad evt. eleverne komme op og mærke på blokkene ved at sætte en finger på hver blok.
3. Lav en afstemning i klassen.
4. Læg nu en gummiring på hver blok og læg en isterning indenfor hver ring.
5. Observer isterningerne sammen med eleverne. Hvilken isterning smelter først?

**Varmeledning**

Mht. definitionen af varmeledning kan der let opstå misforståelser, fordi eleverne kommer til at blande *hastigheden* (= varmeledningsevne) sammen med *retningen*. Varme bevæger sig altid fra et varmt til et koldt materiale, uanset hvor dårlig en varmeleder, det varmeste materiale er.

Varmeledningsevnen siger noget om, hvor hurtigt varmeudvekslingen sker. *Gode* varmeledere afgiver og optager *hurtigt* varme fra deres omgivelser, mens *dårlige* varmeledere udveksler varme med deres omgivelser *langsomt*.

LÆRERNOTE

*Svar:* Den lette smelteblok er plastik fuld af bitte små luft-huller (som flamingokoppen). Den anden blok er lavet af aluminium. Aluminium er et af de bedste varmeledende materialer, der findes, mens plastik og luft er dårlige varmeledere. Derfor leder aluminium luftens varme hent til isterningen meget hurtigere end plastikblokken gør og derfor smelter isterningen på aluminiumsblokken hurtigst.

Det har nok forvirret nogen af eleverne, at aluminiumsblokken føltes koldere end plastikblokken. Men det skyldes igen forskellen i varmeledningsevnen – ikke temperaturen. Begge blokke har stuetemperatur. Den bedste varmeleder – aluminium – suger varmen fra elevernes fingre til sig så hurtigt, at vi oplever det som om, at blokken er kold. I virkeligheden er det vores fingre, der bliver kolde.



## 5.2 Hvorfor er det vigtigt at kende et materiales varmeledningsevne?

Spørg eleverne, hvorfor det er vigtigt at kende et materiales varmeledningsevne?

*Eksempel på svar:*

- Et materiales evne til at lede varme har stor betydning for, hvad man kan bruge det til.
- Man bruger materialer med gode varmeledningsevner alle steder, hvor man gerne vil lede varmen hurtigt igennem eller væk fra et materiale, fx:
  - gryde og pander, riste til ovne og brødrister, radiatorer og andre varmeapparater, varmeudviklende computerdele og andre elapparater.

Materialer der er dårlige til at lede varme bruges, når man gerne vil holde varmen inde eller ude, fx:

- I huse, gulve, ruder, termoruder, kopper, varmerør og varmtvandsrør
- Køletasker, køleskabe, huse, uden på rumskibe, der skal ned fra rummet og som bliver flere 1000 grader varme, når de bryder igennem atmosfæren.



### Ved tid tilovers (flere demonstrationer/elevforsøg)

#### 5.3 Termokopper

##### Lærerdemonstration 2:

Ligesom en flamingokop (og plastikblokken ovenover), udnytter en termokop også luft til at holde på varmen. Tag termokoppen fra kufferten og vis eleverne, at mellem yder- og inderside af koppen er der et mellemrum, som er fyldt med luft. Koppen kan naturligvis også bruges til at holde varme ude fra koppen, hvis man har en kold drik. (Husk at varme altid bevæger sig fra varmt til koldt. Materialets varmeledningsevne afgør blot, hvor hurtigt varmebevægelsen sker.)

#### 5.4 Lav din egen termokop

**Lærerdemonstration 3** – eller giv grupperne kopperne, så de selv kan lave forsøget:

Du kan også demonstrere lufts ringe varmeledningsevne med de tre engangskopper:

1. Tag de to af kopperne og sæt dem oven i hinanden.
2. Fyld nu varmt vand i både den enkelte kop og i 'dobbeltkoppen'.
3. Vent et 15-20 sekunder.
4. Mærk på koppernes yderside.



Luften imellem de to kopper i dobbeltkoppen holder varmen inde i koppen, mens den hurtigere trænger gennem den enkelte kop, som derfor er varmere på ydersiden.



### Ved tid tilovers (bevægelse)/lektier

#### 5.5 Find varmeledere på skolen

##### Elevaktivitet:

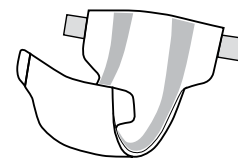
Måske kan eleverne komme på andre eksempler på, hvor vi har brug for gode eller dårlige varmeledere eller – hvis der er tid – kan du sende eleverne en tur rundt på skolen, inde eller ude, og lede efter eksempler på gode og dårlige varmeledere. Eleverne kan også lede efter eksempler derhjemme.

Fx kan de mærke forskellen på at røre ved træer og lygtepæle (af metal), sidde på bænke af træ og metal, eller toiletbrættet og direkte på kummen eller røre ved trappegelændere af træ eller metal.

Oplevelsen af, at en god varmeleder føles koldere end en dårlig varmeleder ligger bag mange af vores valg af materialer. Fx at det føles varmere at sidde på en træbænk (dårlig varmeleder) fremfor en bænk af metal (god varmeleder). Og at sidde på et plastiktoiletsæde (dårlig varmeleder) end at sidde direkte på porcelænskummen (bedre varmeleder).

## UNDERSØGELSE AF ABSORPTION

*Design og udførelse af enkel, systematisk undersøgelse af hvor meget vand forskellige bleer kan absorbere.*



### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I denne undersøgelse lærer eleverne om absorption. De lærer, hvad absorption betyder og at forskellige materialer har forskellig absorptionsevne. Eleverne designer en undersøgelse til sammenligning af forskellige bleers sugeevne i forhold til prisen. Endelig lærer eleverne også, at vi både har brug for materialer med lav og med høj sugeevne. Eleverne skal undersøge begge typer materialer og sammenligne og diskutere deres resultater.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

2. Eleverne kan identificere og kontrollere variabler i undersøgelser.
  - a) Eleven udpeger undersøgelsens variabler.
  - b) Eleven skelner mellem den variabel, der skal ændres, og dem der skal holdes konstante.
  - c) Eleven designer undersøgelsen, så alt holdes konstant på nær en variabel.
  
3. Eleverne kan systematisk undersøge og sammenligne egenskaber ved materialer med brug af relevante fagord og begreber.
  - a) Eleven udfører og nedskriver målinger med alt konstant på nær en variabel.
  - b) Eleven udleder resultater om materialernes egenskaber ud fra deres målinger.
  - c) Eleven bruger fagord og begreber, når de sammenligner materialernes egenskaber ud fra deres resultater.

#### 1.2 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Hypotese*

*Variabel*

*Forudsigelse/Kvalificeret gæt*

*Fejlkilde*

*Usikkerhed*

*Absorption(sevne)*

*Sugeevne*

*Porøst*

*Hydrogel*

### 1.3 Forslag til tidsplan for undersøgelse af absorption

Der er to varianter af denne undersøgelse. I første variant designer eleverne selv deres undersøgelse, og forløbet varer tre lektioner. Du kan se et forslag til tidsforbruget herunder. I den anden variant springer du designdelen over og eleverne udfører DTU-undersøgelsen beskrevet længere fremme. I det tilfælde kan du følge den nederste tidsplan, der strækker sig over to lektioner.

#### Forslag til tidsplan ved elevdesign (3 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b> Undersøgelse af absorption	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne introduceres til absorption (5-10 min.)</li> <li>• Eleverne designer deres undersøgelse (35-40 min.)</li> </ul>
	Skemafri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lærer (og elever) indsamler materialer og udstyr til undersøgelsen</li> </ul>
	Lektion 2-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne udfører undersøgelse (50 min.)</li> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (10 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af absorption (og oprydning) (20 min.)</li> </ul>

#### Forslag til tidsplan ved DTU-undersøgelse (2 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b> Undersøgelse af absorption	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne introduceres til absorption (5-10 min.)</li> <li>• Eleverne udfører undersøgelse (45 min.)</li> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (10 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af absorption (og oprydning) (15 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 1. INTRODUKTION TIL ABSORPTION

### MATERIALER OG Udstyr TIL LÆRERDEMONSTRATION

Disse materialer skal du selv skaffe:

- 1 stk. køkkenrulle
- 1 stk. papir
- 1 stk. sølvfolie eller plastikfilm

### MATERIALER OG Udstyr TIL ELEVAKTIVITET

Disse materialer skal du selv skaffe (per gruppe):

- 1 vejebåd eller lille skål – som der kan ligge et halvt stykke kridt i
- ½ stk. tavlekridt – 3-4 cm er nok, de farvede fra IKEA er velegnede. Almindelige hvide skolekridt er overfladebehandlede og absorberer vand dårligt
- Vand

### FORBEREDELSE FØR LEKTIONEN

1. Indsaml de forskellige materialer.
2. Læg materialer frem til hver gruppe.

#### 1.1 Hvad betyder absorption?

Hvilket materiale ville I vælge, hvis I skulle lave en ble?

Vis eleverne nogle forskellige materialer, fx et stykke køkkenrulle, et stykke papir og et stykke sølvfolie eller plastikfilm og stil dem ovenstående spørgsmål.

Bed eleverne forklare deres svar. Formentlig vil de sige noget om materialernes sugeevne og her kan du så forklare eleverne, at absorption er et andet ord for sugeevne.

#### Absorption kan defineres som

en proces, hvor væske trænger ind i et materiale og optages (absorberes) af det.

En høj og lav absorptionsevne beskriver, hvor meget væske et materiale kan opsuge, men siger ikke nødvendigvis noget om, hvor hurtigt væsken absorberes.

DEFINITION

#### Eksempler på materialer med høj absorptionsevne:

Natursvampe, sand, ler, kridt, badesvampe, køkkenrulle.

#### Eksempler på materialer med lav absorptionsevne:

Sten, metal, glas, voks, vådrumsmaling (maling til badeværelser), regntøj, plastik.



*Stikord fra lærer. Spørg fx:*

- Hvad betyder det, at et materiale har en høj absorptionsevne?
- Og en lav absorptionsevne?

### **Elevaktivitet 1**

Bed eleverne om at lægge kridtet ned i skålen og hælde vand i skålen, indtil kridtet er dækket. Bed dem beskrive, hvad de observerer.

*Svar:* Der pibler små luftbobler op fra kridtet. Kridt er fyldt med lufthuller, dvs. det er meget porøst. Porøse materialer har en høj absorptionsevne, fordi vandet kan trænge ind i alle lufthullerne. I processen fortrænges luften. Porøsitet er en af de vigtigste faktorer for et materiales absorptionsevne.

Forklar det ovenstående fænomen for eleverne. Spørg dem, om de kender andre materialer, der er gode til at absorbere vand/væsker. Hjælp eleverne med at bruge ordene absorption og absorptionsevne i deres svar, så de lærer begreberne at kende.



## 2. DESIGN AF UNDERSØGELSE AF BLEERS ABSORPTIONSEVNE

### MATERIALER OG Udstyr TIL DESIGN

Disse materialer skal du selv skaffe (per gruppe):

- 1 ble - som eleverne kan undersøge, mens de designer deres undersøgelse.

### FORBEREDELSE FØR DESIGN

1. Skaf bleerne.
2. Print elevvejledninger og svararket til dig selv. I elevvejledningen er der spørgsmål, som eleverne kan bruge, når de designer deres undersøgelse.
3. Hent lærerpræsentationen på hjemmesiden og find de relevante sider.

### 2.1 Elevdesign

1. Fortæl eleverne, at de selv skal designe en undersøgelse af, hvor meget vand forskellige bleer kan absorbere og hvordan bleernes absorptionsevne hænger sammen med deres pris.
2. Skriv hypotesen op på tavlen eller vis siden fra lærerpræsentationen og forklar eleverne, at det er denne hypotese, som de skal afprøve: *Jo dyrere ble, desto mere vand (tis) kan den absorbere.*
3. Spørg klassen, hvordan man kan sammenligne, hvor meget vand forskellige bleer kan absorbere?
4. Med udgangspunkt i det tilhørende elevark, kan du drøfte med eleverne, hvad der kendetegner en videnskabelig undersøgelse og hvad variabler er, hvis de ikke tidligere har lært om dette.
5. Fordel eleverne i otte grupper.
6. Fordel nogle bleer mellem grupperne, så de har noget konkret at kigge på, mens de designer undersøgelsen.
7. Del elevarket med spørgsmål til undersøgelsesdesign ud. Bed eleverne arbejde videre med at designe en undersøgelse baseret på spørgsmålene i elevarket og et af de forslag, der kom i 3.  
Fortæl eleverne, at grupperne bagefter efter tur skal præsentere deres forslag for resten af klassen og at klassen derefter skal vælge den bedst egnede undersøgelse. Denne undersøgelse skal alle grupperne så udføre i den følgende lektion.
8. Grupperne præsenterer efter tur deres forslag til undersøgelse.
9. Når klassen har besluttet sig for en undersøgelsesmetode, laver elever og lærer i fællesskab:
  - a) En liste over de materialer og det udstyr, der skal bruges.
  - b) En vejledning til undersøgelsen (tag udgangspunkt i elevvejledningen fra hjemmesiden)
  - c) Et skema til målinger og resultater i (tag evt. udgangspunkt i nedenstående skema, der også ligger på hjemmesiden).
10. Som hjemmeopgave kan du bede eleverne selv medbringe bleer til deres undersøgelser. Fx hvis nogen af eleverne har små søskende, der bruger ble. Bleer til større babyer (2-3 årige) fungerer bedst.

Undervejs bidrager du med viden om, hvilket udstyr der er til rådighed, vurdering af tidsforbrug, urealistiske forsøg og lignende

**Forslag til skema til gruppearbejde:**

BLE (Notér mærket)	PRIS FOR HELE PAKKE	ANTAL BLEER PER PAKKE	PRIS (For én ble)	MÅLING: MÆNGDE VAND ABSORBERET (ml)
KONTROL-BLE				

**Forslag til skema til dataopsamling i klassen:**

GRUPPE OG BLE	PRIS (For én ble)	FORUDSIG: HVILKEN BLE ABSORBERER MEST VAND (1-5, hvor 1 absorberer mest)	MÅLING: MÆNGDE VAND ABSORBERET (ml)	RESULTAT (1-5, hvor 1 absorberer mest)	MÅLING KONTROLBLE: MÆNGDE VAND ABSORBERET (ml)

### 3. ELEVUNDERSØGELSE AF BLEERS ABSORPTIONSEVNE

Nu skal eleverne udføre deres *egen designede undersøgelse* samt diskutere resultater og undersøgelse.

#### MATERIALER OG UDSTYR TIL UNDERSØGELSE

**Uanset hvilken undersøgelse eleverne designer, skal du selv skaffe (per grp.):**

- 1 ble - forskellig til hver gruppe eller minimum 3-4 forskellige bleer
- Vand
- Øvrige materialer og udstyr til den elevdesignede undersøgelse.

#### FORBEREDELSE FØR DEN ELEVDESIGNEDE UNDERSØGELSE

1. Indsaml de forskellige materialer og udstyr. Evt. kan eleverne selv medbringe nogle af bleerne.
2. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Print elevvejledninger, svararket til dig selv samt undersøgelseskemaet, som klassen lavede i sidste time.
4. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen.

#### **Elevundersøgelse**

Se tilhørende elevark.

## 4. FORSLAG TIL DTU-UNDERSØGELSE AF BLEERS ABSORPTIONSEVNE

Herunder beskrives kort en DTU-undersøgelse, som eleverne kan udføre, hvis I har sprunget designøvelsen over. På de følgende sider kan du finde lister over materialer og udstyr samt link til undersøgelsesvejledning.

### Undersøgelse af absorption med standardiserede bleprøver

I denne undersøgelse sammenligner eleverne absorptionsevnen af forskellige bleer klippet ud i stykker på 10 x 10 cm. Variablen er prisen på bleerne, mens størrelsen af bleprøverne holdes konstant. Som kontrol for fejl og usikkerheder imellem grupperne laver alle grupper to forsøg: Dels en undersøgelse på et blemærke fælles for alle grupperne (kontrolble) og dels på et blemærke forskelligt for hver gruppe.



Se undersøgelsen i denne video (Water - a global experiment with hydrogels): <https://www.youtube.com/watch?v=MtwSV-VPC4I>

Og se forsøget med at tilsætte salt til hydrogel på denne hjemmeside (her er hydrogelpulveret dog taget ud af bleen først): <https://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/chemistry/about/schools/primary/nappy/>



Undersøgelse er en variant af en undersøgelse fra det engelske Royal Society of Chemistry: <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00001703/water-a-global-experiment-with-hydrogels?cmpid=CMP00006202>  
Du kan også finde en dansk variant af undersøgelsen i ”fysik•kemi / natur•teknologi”-bladet fra december 2015. Bladet udgives af Danmarks Fysik- og Kemilærerforening.

#### 4.1 Undersøgelse af standardiserede bleprøvers absorptionsevne

##### MATERIALER OG Udstyr TIL DTU-UNDERSØGELSEN

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- 1 ble – af samme mærke til alle grupper
- 1 ble – af forskellig mærke til hver gruppe eller minimum 3-4 forskellige bleer, kontrolbleen kan indgå.
- Lineal
- Saks
- 1 litermål
- 2 plastik- eller foliebakker til opbevaring af prøver. Skal kunne rumme 1 liter. Fx foliebakke 4x17,5x22,5 cm.
- Vand
- Minutur/ur/telefon med ur
- 1 si – evt. blot en til deling i klassen
- Evt. frugtfarve – så det absorberede vand ses tydeligere
- 5-6 spsk. fint køkkensalt

##### FORBEREDELSE FØR DTU-UNDERSØGELSEN

1. Indsaml materialer og udstyr. Evt. kan eleverne selv medbringe nogle af bleerne.
2. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Vis billedet af forsøgsopstillingen på tavlen. Du finder billedet i lærerpræsentationen.
4. Print elevvejledninger og svarark til dig selv.
5. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen. Du kan finde skemaet i lærerpræsentationen.

**Elevundersøgelse:**

Se tilhørende elevvejledning.

**Efter undersøgelse: Diskussion af resultater**

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## 5. DISKUSSION AF ABSORPTIONSEVNE

Rund undersøgelsen af med at tale videre med eleverne om hydrogel og om absorption.

### 5.1 Afrunding om hydrogel

Start med at fortælle eleverne lidt mere om hydrogel, fx at hydrogel også bruges i kontaktlinser, bandager til brandsår og hårgæle. Her er det allerede fuldt af vand. I kontaktlinser og bandager bruges vandet til at holde øjet og såret fugtigt, i hårgæle fordamper vandet og geleen gør håret stift.

Vis eleverne billederne fra lærerpræsentation eller køb nogle vandperler, brandsårsbandager eller kontaktlinser og lad eleverne undersøge dem. Du kan også købe Nettos den farvede, billige hårgæle og lad eleverne drysse salt på den. Vandet løber ud, som med bleerne.

Spørg eleverne, om de har andre ideer til, hvor man kunne bruge hydrogel.

*Eksempel på svar:* I USA blander landmænd og gartnerier fx hydrogel i jorden for at holde på vandet omkring planternes rødder og beskytte dem mod tørke.<sup>8</sup>

### 5.2 Brug af materialer med høj og lav absorptionsevne

Bed til sidst eleverne komme med eksempler på, hvordan man udnytter materialernes høje eller lave absorptionsevne

*Stikord fra lærer. Spørg fx:*

- Giv eksempler på, hvornår man kan have brug for et materiale med hhv. høj og lav sugeevne?

*Eksempler på svar:*

- Fx når man spilder noget, når man skal tørre sig efter badet, bleer (høj)
- Fx regntøj og paraplyer, bådsejl, bygninger og andet der skal stå på (våd) jord (lav)
- For at undgå fugt i vores huse og at vores gulve bliver ødelagte, så bliver huse i Danmark (og mange andre lande) altid bygget oven på et materiale med meget lav absorptionsevne. På den måde undgår vi, at husene suger fugt op fra jorden under huset.

Pointér, at et materiales absorptionsevne afgør, hvad materialet kan bruges til, om det fx skal være end fugtspærre under et hus eller et blemateriale eller noget helt tredje. Det er en vigtig pointe, at både materialer med lav absorptionsevne og materialer med høj absorptionsevne kan være gode. Det afhænger af, hvad vi vil bruge materialerne til.

<sup>8</sup> Dette kan man lave et projekt om, fx dyrke planter med og uden hydrogel, vande dem lige meget og undersøge deres vækst.

## UNDERSØGELSE AF VISKOSITET



### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I denne undersøgelse lærer eleverne om viskositet. De lærer, hvad viskositet betyder, at forskellige væsker har forskellig viskositet, og at en væskes viskositet har stor betydning for både dets fremstilling og dets anvendelse.

Viskositet er et udtryk for en væskes modstand mod at flytte sig, og i dette modul skal eleverne designe en undersøgelse, hvor de sammenligner, hvor hurtigt forskellige væsker flytter sig, som et mål for viskositeten. Efter undersøgelsen diskuterer og evaluerer eleverne deres resultater og deres undersøgelse. Endelig lærer eleverne, hvordan man måler viskositet i industrien.

#### 1.1 LÆRINGSMÅL OG TEGN PÅ LÆRING

2. Eleverne kan identificere og kontrollere variabler i undersøgelser
  - a) Eleven udpeger undersøgelsens variabler
  - b) Eleven skelner mellem den variabel, der skal ændres, og dem der skal holdes konstante
  - c) Eleven designer undersøgelsen, så alt holdes konstant på nær en variabel
  
3. Eleverne kan systematisk undersøge og sammenligne egenskaber ved materialer med brug af relevante fagord og begreber
  - a) Eleven udfører og nedskriver målinger med alt konstant på nær en variabel
  - b) Eleven udleder resultater om materialernes egenskaber ud fra deres målinger
  - c) Eleven bruger fagord og begreber, når de sammenligner materialernes egenskaber ud fra deres resultater

#### 1.2 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Viskositet*

*Viskøs*

*Væsker*

*Gnidningsmodstand*

*Modstand*

*Sejhed*

*Variabel*

*Forudsigelse/Kvalificeret gæt*

*Fejlkilde*

*Usikkerhed*



### 1.3 Forslag til tidsplan for undersøgelse af viskositet

Der er to varianter af denne undersøgelse. I den første variant designer eleverne selv deres undersøgelse, og forløbet varer tre lektioner. Du kan se et forslag til tidsplanen herunder. I den anden variant springer du designøvelsen over og eleverne ufører i stedet en af DTU-undersøgelserne beskrevet længere fremme. I dette tilfælde kan du følge den nederste tidsplan, der strækker sig over to lektioner.

#### Forslag til tidsplan ved elevdesignet undersøgelse (3 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b>  Undersøgelse af viskositet	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne introduceres til viskositet (5-10 min.)</li> <li>• Eleverne designer deres undersøgelse (35-40 min.)</li> </ul>
	Skemafri	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lærer (og elever) indsamler materialer og udstyr til undersøgelsen</li> </ul>
	Lektion 2-3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne udfører undersøgelse (50 min.)</li> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (10 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af viskositet (og oprydning) (20 min.)</li> </ul>

#### Forslag til tidsplan ved DTU-undersøgelse (2 x 45 minutter)

<b>MODUL 2-4</b>  Undersøgelse af viskositet	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne introduceres til viskositet (5-10 min.)</li> <li>• Eleverne udfører undersøgelse (45 min.)</li> <li>• Eleverne analyserer deres resultater (10 min.)</li> <li>• Klassen evaluerer undersøgelse (10 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion af viskositet (og oprydning) (15 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 2. INTRODUKTION TIL VISKOSITET

### MATERIALER OG UDSTYR TIL LÆREREDEMONSTRATION

Disse materialer skal du selv skaffe:

- Et lille udvalg af forskellige væsker i glas, flasker, dåse, tuber. Fx ketchup, honning, tandpasta og mayonnaise, maling, creme.
- Tandpasta og tandbørste

### FORBEREDELSE FØR INTRODUKTIONEN

1. Indsaml de forskellige materialer.
2. Læg materialerne frem til dine demonstrationer.

#### 2.1 Hvad betyder viskositet?

##### Lærerdemonstration:

Vis eleverne et udvalg af væsker.

*Spørg:* Hvordan kan det være, at forskellige væsker er i forskellige beholdere? Hvorfor er fx mayonnaise i en tube, men ikke (flydende) honning?

*Svar:* Forklar eleverne, at grunden til, at forskellige væsker er i forskellige beholdere, er, at væskerne flyder forskelligt. Hvis (flydende) honning var i en tube, ville det løbe ud, så snart vi tog hættten af. Det afgørende for, hvor meget en væske flyder, er dets modstand mod at flytte sig. Jo højere modstand, des højere viskositet. Du kan sammenligne det med at prøve at cykle, mens man trykker på sin håndbremse. Så er hjulets modstand mod at flytte sig også høj.

##### Viskositet kan defineres som

En væskes (eller gas') træghed eller sejhed. Man kan også beskrive viskositet som et mål for, hvor svært det er at sætte en bevægelse i bevægelse. Mere uvidenskabeligt kan man kalde det væskens tykthed.

##### DEFINITION

##### Eksempler på væsker med høj viskositet:

Tykkere olier, sirup, mayonnaise, creme fraiche, mudder, tjære, asfalt, gummi, harpiks.

##### Eksempler på væsker med middel viskositet:

Fyringsolie, maling, trykfarver, lakker, smøremidler og fedtstoffer, ymer, yoghurt.

##### Eksempler på materialer med lav viskositet:

Vand, mælk, juice, eddike, acetone, sprit, petroleum, benzin.

Spørg eleverne, om de kender eksempler på flydende materialer med høj eller lav viskositet.

*(Det er måske en hjælp for eleverne at nævne, at væsker også er materialer som gele, mayonnaise, syltetøj, dvs. meget tyktflydende materialer som eleverne måske ikke umiddelbart tænker på som væsker).*

Hjælp eleverne med at bruge ordet viskositet og udtryk som 'væsken er meget viskøs' i deres svar, så de lærer begreberne at kende.

### 3. DESIGN AF UNDERSØGELSE AF VÆSKERS VISKOSITET

I det følgende er vejledningen til design af elevundersøgelsen. Hvis du vil springe denne del over, kan du finde forslag til undersøgelser på side 59.

#### FORBEREDELSE FØR DESIGN AF UNDERSØGELSEN

1. Print elevvejledningen og det tilhørende svarark til læreren fra hjemmesiden. I elevvejledningen er der spørgsmål, som eleverne kan bruge til deres undersøgelsesdesign.
2. Hent lærerpræsentationen på hjemmesiden og find de relevante sider.

#### 3.1 Elevdesign

1. Fortæl eleverne, at de selv skal designe en undersøgelse af, hvor de sammenligner, hvor hurtigt forskellige væsker flytter sig. Dette er et mål for væskernes viskositet.
2. Spørg klassen, hvordan man kan sammenligne, hvor hurtigt forskellige væsker flytter sig?
3. Med udgangspunkt i det tilhørende elevark, kan du drøfte med eleverne, hvad der kendetegner en videnskabelig undersøgelse og hvad variabler er, hvis de ikke tidligere har lært om dette.
4. Fordel eleverne i max. otte grupper.
5. Del elevarket med spørgsmål til undersøgelsesdesign ud. Bed eleverne arbejde videre med at designe en undersøgelse baseret på spørgsmålene i elevarket og et af de forslag, der kom i punkt 2.

Fortæl eleverne, at grupperne bagefter efter tur skal præsentere deres forslag for resten af klassen og at klassen derefter skal vælge den bedst egnede undersøgelse. Denne undersøgelse skal alle grupperne så udføre i den følgende lektion.

6. Grupperne præsenterer efter tur deres forslag til undersøgelse.
7. Når klassen har besluttet sig for en undersøgelsesmetode, laver elever og lærer i fællesskab:
  - a) En liste over de materialer og det udstyr, der skal bruges.
  - b) En vejledning til undersøgelsen (tag udgangspunkt i elevvejledningen fra hjemmesiden)
  - c) Et skema til målinger og resultater i (tag evt. udgangspunkt i skemaet på næste side, der også ligger på hjemmesiden).
8. Som hjemmeopgave kan du bede eleverne selv medbringe væsker til deres undersøgelser. Det er dog vigtigt at bruge ret viskøse, dvs. tyktflydende væsker, så eleverne kan nå at observere forskellen i væskernes viskositet.

Undervejs bidrager du med viden om, hvilket udstyr der er til rådighed, vurdering af tidsforbrug, urealistiske forsøg og lignende.

**Forslag til undersøgelseskema:**

VÆSKE	FORUDSIG: VÆSKENS VISKOSITET (1 har lavest viskositet, 3 højest)	MÅLING: (udfylder lærer/elever)	RESULTAT: VÆSKENS VISKOSITET (1 har lavest viskositet, 3 højest)

#### 4. ELEVUNDERSØGELSE AF VÆSKERS VISKOSITET

Nu skal eleverne udføre deres egen designede elevundersøgelse samt diskutere resultater og undersøgelsesmetode.

##### MATERIALER OG UDSTYR TIL ELEVUNDERSØGELSE

**Uanset hvilken undersøgelse eleverne designer, skal du selv skaffe (per grp.):**

- 4 eller flere forskellige væsker
- Øvrige materialer og udstyr til den elevdesignede undersøgelse

##### FORBEREDELSE FØR DEN ELEVDESIGNEDE UNDERSØGELSE

1. Indsaml de forskellige materialer og udstyr. Evt. kan eleverne selv medbringe nogle af væskerne. Det er dog vigtigt at bruge ret viskøse, dvs. tyktflydende væsker, så eleverne kan nå at observere forskellen i væskernes hastighed.
2. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Print elevvejledninger, svararket til dig selv samt undersøgelseskemaet, som klassen lavede i sidste time.
4. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen.

##### Elevdesignet undersøgelse

Se tilhørende elevvejledning.

##### Efter undersøgelse: Diskussion af elevdesignet undersøgelse

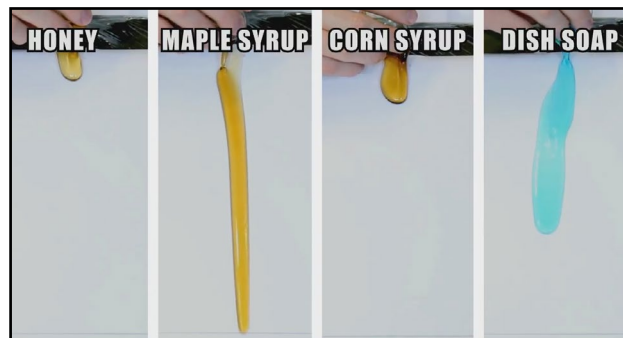
Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## 5. FORSLAG TIL DTU-UNDERSØGELSER AF VÆSKERS VISKOSITET

Herunder beskrives kort to DTU-undersøgelser, som eleverne kan udføre, hvis du har sprunget designøvelsen over. På de følgende sider kan du finde lister over materialer og udstyr samt link til undersøgelsesvejledninger.

### DTU-undersøgelse 1: Undersøgelse af, hvor hurtigt væsker løber: 'Løb om kap'

I denne undersøgelse sammenligner eleverne, hvor hurtigt fire forskellige væsker løber ned af et stykke pap beklædt med folie. Ved at vælge væsker, der ikke er for tyndtflydende (på nær en), kan eleverne observere forskellene i hastighed, blot ved at kigge på væskerne.



Undersøgelsen kommer fra artiklen *The Great Viscosity Race* i *ScienceScope*, AprMay14.



Se eksempel på denne undersøgelse her, *The Sci Guys: Science at Home - SE2 - EP7: Viscosity of Liquids*: <https://www.youtube.com/watch?v=f6spBkVeQ4w> (dog mere avanceret, med stopure).

### DTU-undersøgelse 2: Undersøgelse af, hvor hurtigt væsker flytter sig: 'Faldende glaskugler'

I denne undersøgelse sammenligner eleverne, hvor hurtigt forskellige væsker flytter sig for en kugle, idet de observerer, hvor hurtigt glaskugler falder ned igennem væskerne. Eleverne fylder fire 50 ml måleglas med hver deres væske. Derefter lader de på samme tid fire glaskugler falde ned i hver deres måleglas. Hastigheden, hvormed kuglen falder ned, er et udtryk for, hvor hurtigt væsken flytter sig for kuglen.



Undersøgelsen kommer herfra: [http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/Chem\\_p055.shtml#procedure](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Chem_p055.shtml#procedure)



Se et eksempel på denne undersøgelse her: *eSAGD Bitumen Viscosity Comparison*: <https://www.youtube.com/watch?v=r06S127HM40>

## 5.1 DTU-undersøgelse 1: 'Løb om kap'

### MATERIALER OG Udstyr

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- 4 forskellige væsker - fx madolie, flydende honning, hårgelé, opvaskemiddel, flydende brun sæbe, yoghurt, ymer, sirup, mælk, solcreme, lim.
- 1 stykke pap (A4)
- Sølvfolie – til at pakke pap ind i
- 4 små glas - fx engangs-snapseglass
- 1 foliebakke /underlag - til opsamling af væsker
- Køkkenrulle/papir – til at tørre op

### FORBEREDELSE FØR DTU-UNDERSØGELSE 1

1. Indsaml de forskellige materialer og udstyr. Evt. kan eleverne selv medbringe nogle af væskerne. Det er dog vigtigt at bruge ret viskøse, dvs. tyktflydende væsker, så eleverne kan nå at observere forskellen i væskernes viskositet.
2. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Vis billedet af forsøgsopstillingen på tavlen. Du kan finde billedet i lærerpræsentationen (power point).
4. Print elevvejledninger og svararket til dig selv.
5. Gør et skema klar på tavlen/IWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen. Du kan finde skemaet i lærerpræsentationen.

### Elevundersøgelse

Den tilhørende elevvejledning finder du på hjemmesiden.

### Efter undersøgelse: Diskussion af elevdesignet undersøgelse

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## 5.2 DTU-undersøgelse 2: 'Faldende glaskugler'

**MATERIALER OG UDS TYR****Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- 4 stk. 50 ml måleglas (plastik) - husk at alle måleglas skal gøres grundigt rent og tørres, før de lægges tilbage i deres poser og i materialekassen
- 4 små glaskugler

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- 4 forskellige væsker – fx flydende honning, brun sæbe, levevis hårgæle (Netto), vand
- Køkkenrulle – til at tørre op

**FORBEREDELSE R FØR LEKTIONEN**

1. Indsaml de forskellige materialer og udstyr. Evt. kan eleverne selv medbringe nogle af væskerne. Det er dog vigtigt at bruge ret viskøse, dvs. tyktflydende væsker, så eleverne kan nå at observere forskellen i væskernes viskositet.
2. Lav et antal bunker med materialer og udstyr svarende til antallet af elevgrupper.
3. Vis billedet af forsøgsopstillingen på tavlen. Du kan finde billedet i lærerpræsentationen (power point).
4. Print elevvejledninger og svararket til dig selv.
5. Gør et skema klar på tavlen/TWB, hvor hver gruppe kan notere deres resultater for undersøgelsen. Du kan finde skemaet i lærerpræsentationen.

**Elevundersøgelse:**

Se tilhørende elevvejledning.

**Efter undersøgelse: Diskussion af elevdesignet undersøgelse**

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## 6. DISKUSSION AF VISKOSITET

### MATERIALER OG Udstyr

#### Lærerdemonstration 1. Dette skal du selv skaffe:

- *Tandbørste og tandpasta*

#### Lærerdemonstration 2. Dette skal du selv skaffe:

- *1 flaske ketchup (ubrugt)*
- *1 flaske honning*
- *1 glas til evt. spild*

#### Elevaktivitet: Sug om kap. Dette skal du selv skaffe:

- *5-10 små glas – fx engangssnapseglas*
- *5-10 sugerør – de tykkeste du kan finde*
- *Min. 4 drikkelige/spiselige væsker med forskellige viskositet - gerne flere af de samme og både tyndtflydende og tyktflydende væsker. Fx vand, mælk, juice, (drikke)yoghurt, smoothies, milkshake, honning, sirup, ketchup*

### FORBEREDELSE FØR LEKTIONEN

1. Indsaml de forskellige materialer og udstyr.
2. Læg materialer og udstyr klar til hhv. lærerdemonstrationer og elevaktivitet.

### 6.1 Afrunding

Rund undersøgelsen af med at tale videre med eleverne om viskositet.

*Spørg fx eleverne:*

- Hvorfor er det vigtigt at kende en væskes viskositet?
- Hvorfor er det vigtigt at kende en væskes viskositet, hvis man skal pumpe den igennem et rør (fx vandrør eller rør på en fabrik, der laver ketchup eller sodavand)
- Hvad ville det betyde, hvis viskositeten af en væske var lavere/højere (hvis hårgele var tyndt som vand eller sæbe tykt som peanut butter?)

*Eksempler på svar*

- En væskes viskositet har stor betydning for dets produktion, fx hvordan man skal pumpe væsken gennem rør og få det ned i den beholder, det skal sælges i. Jo højere viskositet, jo sværere er det at få væsken gennem rørene, dvs. pumperne skal være kraftigere.
- En væskes viskositet har også indflydelse på designet af dens beholder. Løber det fx selv ud af en flaske eller skal det i en tube man kan klemme eller i en flaske med pumpe? Tænk fx på tandpasta, ketchup og mayonnaise.
- Hvis væsken er en madvarer har dets viskositet stor betydning for, dets konsistens, smag og udseende. Tænk hvis yoghurt var flydende som vand eller ketchup som fast honning. Det ville have samme smag, men vi ville alligevel



få en anden smagsoplevelse.

- Bremsevæsker i bilbremses og smøreolier i maskindele ville ikke virke korrekt, hvis de havde en anden viskositet.
- Solcreme ville ikke være til at smøre ud, hvis det enten var for tyktflydende eller så tyndt at det dryppede af huden, inden man kunne nå at smøre det ind.
- Meget kosmetik, fx lipgloss, mascara og foundation skal have bestemte viskositet for at kunne lægges pænt.
- Det er livsvigtigt, at vores blod har den rette viskositet ellers kan vi få blodpropper (for viskøst) eller forbløde (for tyndtflydende)
- Forskere, der studerer vulkanudbrud, er også meget interesserede i magmaens (den flydende sten inde i vulkanen), da den siger noget om vulkanens udbrud. Jo mere viskøs magma, des voldsommere udbrud med mere eksplosiv lava.

## 6.2 To lærerdemonstrationer og en elevaktivitet til at ledsage den afsluttende diskussion

### Lærerdemonstration 1: Tandpasta

Tryk tandpasta ud på en tandbørste og vend den på hovedet. Snak med eleverne om, hvor vigtigt det er, at tandpastaen bliver hængende – og alligevel er flydende nok til at kunne bruges til at børste tænder.

### Lærerdemonstration 2: Hvem kommer først?

Vis eleverne en flaske med ketchup og en med flydende honning. Spørg dem, hvilken af de to væsker, der er mindst viskøs, dvs. først løber ud af flasken.

Vend flaskerne på hovedet på skift, hold dem ind over en kop eller lignende, så du undgår spild.

*Svar:* Ketchup har den højeste viskositet. Forklar eleverne, at en af metoderne til at undersøge væskers viskositet i industrien netop er at afprøve, hvor hurtigt de flyder igennem en åbning. Typisk et rør som det du finder i lærerpræsentationen under ”Viskositet: Test i industrien”. En anden metode er, at måle hvor hurtigt kugler falder igennem væskerne (”Falling Ball Viscometer / Falling Sphere Viscometers”), som også er beskrevet i den ene af DTU-undersøgelserne.

### Elevaktivitet: Sug om kap

Denne aktivitet demonstrerer betydningen af væskers viskositet for deres flow gennem rør og vigtigheden af at vælge de rigtige rør og pumper.

1. Fyld 5-10 engangssnapselglas med spiselige/drikkelige væsker med forskellige viskositet. Gerne flere af de samme. Sørg for at der både er meget tyndtflydende og tyktflydende væsker. Fx vand, mælk, juice, yoghurt, smoothies, milkshake, honning, sirup.
2. Vælg et tilsvarende antal elever og bed dem vælge hver deres kop.
3. Giv nu alle eleverne hver et sugerør og fortæl dem, at de om et øjeblik skal suge om kap.
4. Bed først alle klassens elever gætte på, hvem der kan suge hurtigst/langsommest. Bed dem begrunde deres gæt.
5. Sæt eleverne i gang med at suge deres drikke op og hold øje med, hvornår de bliver færdige.
6. Skriv rækkefølgen op på tavlen.
7. Bed den langsommeste og den hurtigste elev sammenligne deres drikke.

### 6.3 Verdens længstvarende eksperiment

I 1927 besluttede forskere ved University of Queensland i Australien at de ville demonstrere, hvor overraskende materialer kan opføre sig mht. viskositet.

Forskerne hældte 'pitch' - en slags tjære der brugtes til at tætné både med - i en flaske, forseglede den og lod den stå i tre år for at lade tjæren falde til ro [sic!]. I 1930 åbnede de flasken og lige siden har de dokumenteret, hvor mange dråber der er faldet.

**Videoeksempel - Verdens mest viskøse væske:**  
The Pitch Drop Experiment.

<http://smp.uq.edu.au/content/pitch-drop-experiment>

Se det live: <http://www.thetenthwatch.com/>



#### Ved tid tilovers/lektier

*Spørg eleverne*, hvad de tror, der sker med en væskes viskositet, hvis temperaturen ændres?

I kan prøve at stille forskellige væsker i køleskabet eller udenfor (hvis det er koldt om natten) og sammenligne væskernes viskositet med tilsvarende væsker, der har stået ved stuetemperatur. Bed evt. eleverne, om at prøve det derhjemme.

*Svar:* Viskositet ændrer sig med temperaturen. For de fleste gælder, at når temperaturen falder, stiger viskositeten, dvs. væskens modstand mod at flytte sig. Derfor er det fx vigtigt at kende udendørstemperaturen, når man vælger motorolie til sin bil. Hvis man normalt kører i Danmark og så tager på skiferie i Norge, kan man risikere, at motoren bliver så viskøs, dvs. tyktflydende, at motoren går i stå.

#### Udvidelse: Tværfagligt samarbejde

Hvis det er muligt, så allié dig med din kollega, der underviser i madkundskab. Parallelt med dit forløb, kunne eleverne arbejde med viskositets betydning for maden og smagsoplevelsen. For eksempel kunne de lave suppe, (kød)sovs eller dressing med husblas eller fortynde jordbærgrøden, mayonnaisen eller kagecremen. I alle tilfælde kan eleverne undersøge, hvad viskositeten betyder både for smagsoplevelsen og for 'brugbarheden' i retten.

## UNDERSØGELSE AF BLANDINGSMATERIALER

*Eleverne lærer om og undersøger forskellige blandingsmaterialer.*

### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

Formålet med dette modul er, at eleverne lærer om, hvordan man kan ændre materialers egenskaber, fx gøre dem stærkere eller ændre deres smeltepunkt, ved at kombinere forskellige materialer.

Eleverne får demonstreret og afprøver forskellige blandingsmaterialer, men designer ikke selv deres undersøgelser. I modsætning til modul 2-4 er der heller ikke lagt op til en grundigere diskussion af undersøgelsesmetoden. Til sidst skal eleverne arbejde med innovation og opfindelse.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

I dette modul er de relevante læringsmål:

4. Eleverne vurderer fordele og ulemper ved produkters egenskaber i forhold til produkternes anvendelse med brug af relevante fagord og begreber
  - a) Eleverne beskriver produkternes egenskaber med fagord
  - b) Eleverne sammenligner produkternes egenskaber og anvendelser
  - c) Eleverne konkluderer om produkters egnethed på baggrund af elevernes sammenligninger.

#### 1.2 Centrale faglige pointer

Den centrale faglige pointe i dette modul er:

3. At vi kan ændre materialers egenskaber ved at blande forskellige materialer.

#### 1.3 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Blandingsmaterialer*

*Elastisk*

*Støbes*

*Brudstyrke*

*(Stege)termometer*

*Smeltepunkt*

*Legering*

*Sprinkleranlæg*

*Mekanisme*

#### 1.4 Evaluering

Når du evaluerer elevernes læring, kan du se og lytte efter de ovenstående tegn på læring. Du kan også lytte efter elevernes brug af fagord og begreber og deres forståelse af de centrale faglige pointer i den indledende og afrundende diskussion i klassen.

1.5 Forslag til tidsplan for modul 5 (2 x 45 minutter)

MODUL 6	Lektion	Aktivitet
Undersøgelse af blandingsmaterialer	Lektion 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduktion og ændring af plastics egenskaber (15 min.)</li> <li>• Ændring af metals egenskaber (15 min.)</li> <li>• Undersøgelse af Fields metal (10 min.)</li> <li>• Oprydning (5 min.)</li> <li>• Øvelse i innovation (45 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 2. INTRODUKTION TIL BLANDINGSMATERIALER

### MATERIALER OG Udstyr TIL LÆRER-ELEVDEMONSTRATION 1

**Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- LEGO-klodser®
- Akrylgarn

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- Et engangsglas af hård plast (polystyren) – typisk er engangsvinglas lavet af dette.
- Et par elastikker

### MATERIALER OG Udstyr TIL LÆRER-ELEVDEMONSTRATION 2

**Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- 1 pop up-termometer

### MATERIALER OG Udstyr TIL UNDERSØGELSE:

**Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- 1 stk. Field's metal

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- Varmt vand (min. 65 grader)
- 1 glas

### MATERIALER OG Udstyr TIL ØVELSEN I INNOVATION:

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- Evt. post its, som eleverne kan skrive deres ideer ned på under brainstormingen.

## FORBEREDELSE FØR MODULET

1. Indsaml de forskellige materialer og udstyr til demonstrationer og undersøgelser.
2. Læg materialer og udstyr klar til hhv. lærerdemonstrationer og elevaktiviteter.
3. Åbn lærerpræsentationen og find frem til de billeder og film, du skal vise undervejs.
4. Print elevvejledningen med spørgsmål til øvelsen i innovation samt svararket til dig selv.

## 2.1 Resume

Fortæl eleverne, at de i de sidste par uger er stødt på en masse forskellige materialer (plast, kridt, metal, mursten, papir osv.). De har også lært, at materialer kan have mange forskellige egenskaber, fx høj eller lav flydestyrke eller brudstyrke, de kan have bløde eller ridsefaste overflader, være gode varmeledere, absorbere meget vand og have høj eller lav viskositet.

I dette modul skal de lære om, hvordan man kan lave materialer med nye egenskaber, fx gøre dem stærkere eller ændre deres smeltepunkt ved at blande forskellige materialer. Til sidst skal eleverne prøve at opfinde nye produkter ved at udnytte et blandingsmateriales egenskab.

## 2.2 Ændring af plasts egenskaber

Vis samtidig siderne om LEGO fra lærerpræsentationen.

Man kan ændre på et materiales egenskaber ved at blande det med andre materialer. Et godt eksempel på dette er LEGO-klodsen\*.

### Lærer-elevdemonstration 1:

Start med at spørge eleverne, hvad en LEGO\*-klods skal kunne? Hvilke egenskaber skal den have?

Del LEGO-klodserne\* ud samtidig. Giv dem nogle minutter til at snakke sammen i grupperne.

Eksempler på svar:

1. Klodsen skal kunne indfarves, så den får mange flotte 'legofarver'.
2. Klodsen skal kunne støbes: Dvs. platen må ikke have for højt eller lavt smeltepunkt, og den smeltede, flydende plast skal have den rette viskositet til at fylde hele formen ud.
3. Klodsen skal være elastisk, så den kan vrides og sættes sammen med andre klodser og stadig beholde sin form.
4. Klodsen skal have høj brudstyrke, dvs. kunne tåle slag, stød og vrid uden at knække.
5. Klodsen skal være let.

(Ordene i kursiv er egenskaber, eleverne måske er stødt på tidligere i forløbet)

Vis nu eleverne eksempler på de tre typer materialer, som LEGO-klodser\* i dag er lavet af:

Poly(acrylonitril) (PAN) – polystyren - gummi (poly-butadien). Bed eleverne beskrive de tre materials egenskaber.

Svar:

### Akrylgarn

Poly(acrylonitril) (PAN) er det materiale, som akrylgarn er lavet af. Eleverne kender det sikkert fra de billige fingervanter, man kan købe i butikkerne.

Egenskaber: Giver høj trækstyrke. Kan farves i mange forskellige farver.



### Gummi

Poly-butadien er det, vi også kender som gummi.

Egenskaber: Gør platen mere sej, så den knækker ikke så let. Gør også platen elastisk, så klodserne kan vrides og sættes sammen og stadig holde formen.



**Polystyren** bruges bla. i engangsglas.

Egenskaber: Let, fast, hård, men også 'skør'/skrøbelig. Giver desuden klodsen den skinnende overflade.

Ved at blande PAN, gummi og polystyren, får man et nyt materiale – ABS – der har egenskaber fra alle tre ingredienser, dvs. styrke, klare farver, lethed, stivhed og elasticitet. Netop de egenskaber som LEGO-klodsen® skal have.

*Pointe:*

Man kan designe (plast)materialer, så de giver en kombination af egenskaber, der er bedre end de enkelte delelementer.

*Baggrund<sup>9</sup>:*

ABS-klodserne var et resultat af en problemløsning, som er det ingeniører typisk laver. Før ABS blev opfundet, lavede LEGO deres klodser af cellulose-acetat (CA). Problemet var dog, at klodser lavet af CA efter nogen tid mister deres elasticitet og derved bliver skæve og svære at sætte sammen. Ved at erstatte CA med blandingsmaterialet ABS fik LEGO løst problemet med forvredne klodser.

## 2.2 Ændring af metals egenskaber

*Vis samtidig siderne om pop up-termometret fra lærerpræsentationen*

Fortæl eleverne, at de nu skal høre om et andet eksempel, hvor man har blandet flere materialer for at ændre en egenskab.

### Baggrund

I USA fejrer de hvert år Thanksgiving i november. Thanksgiving er en slags høstfest, hvor man bla. får kalkun til middag. Hvert år bliver der spist over 42 millioner kalkuner til Thanksgiving. Og hvert år er der mange, som kommer til at stege deres kalkuner for længe, så kødet bliver tørt.

Spørg eleverne, om de ved, hvordan man undersøger, hvornår en kalkun er færdig.

*Eksempel på svar:*

Man bruger typisk et stegetermometer. Kalkuner er færdigstegte, når de er ca. 82 grader i midten. Så er bakterierne slået ihjel og kødet samtidig saftigt.

### Lærer-elevdemonstration 2:

I 1960 begyndte en gruppe kalkunproducenter i USA at tænke over, hvordan man kunne opfinde en metode, der hurtigt og simpelt kunne vise, hvornår en kalkun var færdigstegt. Gruppen opfandt 'pop-up'-termometret.

Fordel 'pop-up'-termometrene blandt eleverne, så de kan undersøge dem. De må dog ikke skille dem ad.

Unwrapped - Volk Enterprises:

(Vis (kun!) klip 00:30-00:45)

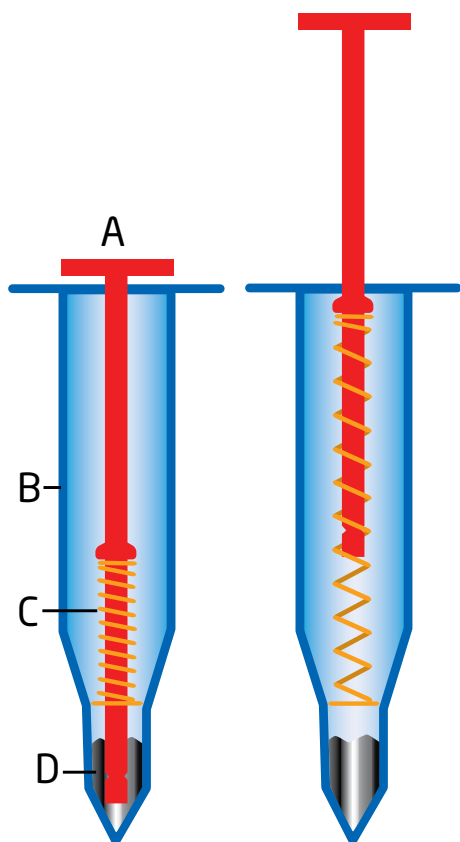
<https://www.youtube.com/watch?v=96lneDI017U>

På engelsk, men tale ikke vigtig. Forklar eleverne, at de blot skal se, hvordan 'pop-up'-termometret virker.



<sup>9</sup>Læs mere i lærervejledningen.

Bed eleverne komme med bud på, hvordan de tror, termometret virker. Hvilke dele er det lavet af? Hvad får den røde stift til at springe op?



'Pop-up'-termometret er en simpel lille plastikdime lavet af blot fire dele:

- A) en stift med en flad 'hat'
- B) et ydre rør
- C) en fjeder
- D) et lille stykke metal.

Svar:

Stiften og fjederen sidder i spænd nede i metallet. Det smarte er, at metallets smeltepunkt er usædvanligt lavt (for et metal) og svarer til kalkunens temperatur, når den er færdigstegt. Ved 80 °C smelter metallet, fjederen frigives og skubber stiften op af røret - den 'popper op' og viser kokken, at kalkunen er færdig.

Man kan også få dem i DK: <http://www.unghanen.dk/stegetermometer>.

Hvis du vurderer, at der er tid, kan du evt. nu lade eleverne se hele videoen fra før. Den er et godt eksempel på industriel produktion og på, hvordan produkter udvikles og kvalitetssikres.

Tjek med eleverne, at de forstår, hvad et smeltepunkt er. Spørg fx:

- Hvad er et materiales smeltepunkt
- Kender de smeltepunktet for nogen materialer?
- Hvad er vands smeltepunkt?
- Hvorfor kan det være vigtigt at kende et stofs smeltepunkt

Forklar eleverne, at de fleste metaller har smeltepunkter over mindst 200 grader. Hvis man har brug for et metal med et lavere smeltepunkt, som i pop-up-termometeret, kan man blande flere metaller<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> Læs hele forklaringen i lærervejledningen. Illustrativ forklaring desuden indsat i lærerpræsentationen.



### Elevundersøgelse (foregår i grupper):

Nu skal eleverne selv prøve at undersøge en legering med lavt smeltepunkt. Fordel de otte stykker Fields metal fra materialekassen blandt grupperne. Giv også hver gruppe et glas med varmt vand (min. 65 °C).

*Bed eleverne lægge deres metal ned i det varme vand og observere, hvad der sker.*

*Svar:*

Metallet smelter, da dets smeltepunktet kun er 62 °C. Field's metal er en legering, dvs. en blanding af tre metaller: 32.5% bismuth, 51% indium, 16.5% tin. Smeltepunkterne for de tre metaller er hhv. 271,4 °C (bismuth), 156,6 °C (indium) og 232 °C (tin), altså hver især meget højere, end når metallerne er blandet sammen.

Field's metal bruges blandt andet til støbning af hule metalgenstande, hvor andre metaller med højere smeltepunkter lægges uden på, og derefter smeltes kernen af Field's metal væk.

### Sikkerhed

Field's metal er ufarligt, dog kan indium være potentielt skadeligt, hvis det sluges.

Eleverne skal være forsigtige med det varme vand. Mind dem om ikke at røre ved eller forsøge at tage metallet op af det varme vand. Hæld vand og metal gennem en si, køl evt. metallet ned under koldt vand og derefter kan det tages op.

Alt metal skal tilbage i æsken (tørt). Det gør ikke noget, hvis det er blevet delt i mindre stykker.

## 3. ØVELSE I INNOVATION

Formålet med denne øvelse er at forberede eleverne på innovationsopgaven i de sidste to moduler.

Fortæl eleverne, at ideen til 'pop-up'-termometret fik opfinderne fra brandsprinklere. I nogle typer sprinkleranlæg bliver vandet holdt tilbage af et stykke metal med et relativt lavt smeltepunkt. Når temperaturen stiger pga. brand, smelter metallet, og vandet sprøjter ud gennem sprinkleranlægget.

I dag sælges 'pop up'-termometret sammen med 30 millioner af de kalkuner, der bliver solgt i USA til Thanksgiving. Det må kaldes en god opfindelse!

### 3.1 Elevøvelse

Fortæl eleverne, at de nu selv skal være opfindere. 'Pop up'-termometrets opfindere blev inspireret af mekanismen i sprinkleranlæg og fandt på at anvende en lignende i deres termometre. Nu skal eleverne – i grupper - prøve at lade sig inspirere af 'pop up'-termometeret.

*Spørg:*

Kan de finde på andre produkter, der fungerer ved hjælp af en mekanisme, hvor varme smelter en stykke metal (eller plast) og dermed udløser en reaktion?

Del den tilhørende elevvejledning ud til grupperne.

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## UNDERSØGELSE AF SMARTE MATERIALER

*Eleverne lærer om og undersøger forskellige smarte materialer.*

### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I dette modul lærer eleverne, at man kan designe materialer til at reagere på deres omgivelser på helt nye og anderledes måder, end forventet. Sådanne materialer kaldes for smarte materialer. De er typisk designet af ingeniører eller materialeforskere.

Smarte materialer kan både være gammelkendte materialer som plastik og bomuld, der har fået nye egenskaber eller nyere materialer som flydende krystaller og hukommelsesmetaller, hvor man først i de senere år – takket være materialeforskning - har opdaget og forstået at udnytte deres egenskaber.

I dette modul skal eleverne undersøge og afprøve forskellige smarte materialer. De skal dog ikke selv designe undersøgelsen. I modsætning til modul 2-4 er der heller ikke lagt op til en grundigere diskussion af undersøgelsesmetoden. Formålet med dette modul er, at eleverne får erfaring med forskellige smarte materialer og at de bruger denne viden i den afsluttende innovationsopgave.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

I dette modul undersøger eleverne en række smarte materialer og produkter lavet af smarte materialer. Relevante læringsmål kan derfor være:

1. Eleven kan identificere materialer og italesætte deres egenskaber.
  - a) Eleven identificerer materialer på skolen.
  - b) Eleven identificerer materialernes egenskaber.
  - c) Eleven knytter materialernes egenskaber sammen med deres anvendelser.
  
4. Eleven vurderer fordele og ulemper ved produkter s egenskaber i forhold til produkternes anvendelse med brug af relevante fagord og begreber.
  - a) Eleven beskriver produkternes egenskaber med fagord.
  - b) Eleven sammenligner produkternes egenskaber og anvendelser.
  - c) Eleven konkluderer om produkters egnethed på baggrund af elevens sammenligninger.

#### 1.2 Centrale faglige pointer

De centrale faglige pointer i dette modul er:

2. At materialers egenskaber har betydning for deres anvendelser og produkters funktion.
4. At vi kan designe materialer til at reagerer på deres omgivelser på nye og anderledes måder.

### 1.3 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Smarte materialer*

*Hukommelsesmetal*

*Hukommelsesplastik*

*Ultraviolet lys (UV-lys)*

*Krystalark*

*Flydende krystaller*

*Farveskiftende materiale*

*Temperaturfølsom*

*Envejsstof*

### 1.4 Evaluering

Når du evaluerer elevernes læring, kan du se og lytte efter de ovenstående tegn på læring. Du kan også lytte efter elevernes brug af fagord og begreber og deres forståelse af de centrale faglige pointer i den indledende og afrundende diskussion i klassen.

### 1.5 Forslag til tidsplan for modul 6 (2 x 45 minutter)

<b>MODUL 6</b>  Undersøgelse af smarte materialer	Lektion	Aktivitet
	Lektion 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eleverne introduceres til smarte materialer (15 min.)</li> <li>• Eleverne undersøger smarte materialer og programmerer plastik (55 min.)</li> <li>• Afrundende diskussion om smarte materialer (15 min.)</li> <li>• Oprydning (5 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 1. INTRODUKTION TIL SMARTE MATERIALER 1.1 Resumé: Hvad har I lært om materialer?

### MATERIALER OG UDSTYR TIL LÆRERDEMONSTRATIONER

**Dette finder du i kufferten:**

- 1 indrammet *Morpho didius* blå sommerfugl
- 1 'nanoklods' (plastikkreds med nanostrukturer)
- 2 stk. reflekterende film

### FORBEREDELSE FØR INTRODUKTIONEN

1. Indsaml materialer og udstyr – både dem fra kufferten og dem, du selv skal skaffe.
2. Læg de ting frem, som du skal bruge til demonstrationerne.
3. Åbn lærerpræsentationen og find frem til de billeder og film, du skal vise undervejs.

Start gerne med kort at opsummere, hvad eleverne har lært indtil nu:

Fortæl eleverne, at de i de sidste par uger er stødt på en masse forskellige materialer. De har også lært, at materialer kan have mange forskellige egenskaber. I sidste modul lærte de desuden, at man kan ændre materialers egenskaber, fx smeltepunktet i et metal eller fleksibiliteten af plastik, ved at blande forskellige materialer. Bed evt. eleverne nævne nogle af de egenskaber, de har lært om og arbejdet med.

### 1.2. Smarte materialer

Forklar eleverne, at man også kan ændre på materialers egenskaber mere målrettet end ved blot at blande forskellige materialer sammen. Den slags designede materialer kalder man også for *intelligente* eller *smarte materialer*.

Alle materialer reagerer på deres omgivelser. Fx udvider de fleste materialer sig ved opvarmning. Smarte materialer reagerer på deres omgivelser med en usædvanlig og nogen gange helt ny egenskab. Fx findes der smarte materialer, der i stedet for at udvide sig ved opvarmning, tværtimod trækker sig sammen.

**Smarte materialer kan defineres som:**

materialer der kan ændre deres egenskaber - fx kemiske, mekaniske, optiske, elektriske, magnetiske eller termiske - som reaktion på ændringer i omgivelsernes tilstand, fx temperatur, lysintensitet, magnetisme.

Typisk er smarte materialer designede materialer, og de reagerer usædvanligt eller på helt nye måder – fx svulmer overdrevent op, skifter farve eller form.

DEFINITION

**Eksempler på smarte materialer**

Der findes mange eksempler på smarte materialer, der skifter farve, når de varmes op eller lyses på.

En anden gruppe smarte materialer er hukommelsesmaterialerne, der kan vende tilbage til deres oprindelige form, fx ved opvarmning.

En tredje gruppe smarte materialer er selvlysende materialer, populært kaldet "Glow in the Dark"-materialer. Eleverne kender dem sikker, som stjerner eller andre figurer, de kan sætte på loftet i deres værelse og som lyser om natten.

### 1.3 Inspiration fra naturen

*Til disse eksempler og mens eleverne undersøger de tre nedenstående materialer skal du bruge sider med billeder og film fra lærerpræsentationen. Hvis animationen ikke virker ligger den også på hjemmesiden. Den kan afspilles med Quick-Time player.*

Naturen er en mester til at lave smarte materialer, der ændrer form eller farve som reaktion på deres omgivelser. Tænk bare på kamæleonen, der skifter farve, når en anden han kommer ind på dens territorium eller fugle, der kan skifte formen på deres vinger, mens de flyver.

Mange materialeforskere og ingeniører lader sig inspirere af naturen, når de designer nye materialer. Eksempelvis prøver flyingeniører at lave flyvinger, der også kan skifte form afhængigt af vindforholdene.

#### **Lærerdemonstration:**

Et andet eksempel er LEGO, der prøver at stoppe med at bruge de pigmenter, som giver deres klodser farve. I stedet skal klodsernes farve komme fra bittesmå strukturer på klodsernes overflade. Metoden er en efterligning af Morpho sommerfuglens måde at lave dens smukke blå farve på. På den måde vil LEGO lettere kunne genbruge deres klodser uafhængigt af deres farve.

*Send sommerfuglen rundt i klassen. Lad eleverne undersøge sommerfuglens farve. Når de tipper rammen, vil vingerne blive mere eller mindre blå.*

Sommerfuglearten *Morpho didius* har farvestrålende blå farver med metallisk skær. Denne farve kan dog ikke laves vha. pigmenter. I stedet er sommerfuglevingernes overflade dækket af bittesmå, næsten usynlige skæl, placeret i rækker ligesom tagsten på et tag. Skællene giver vingerne den strukturelle blå farve. Farven skyldes hovedsageligt en kombination af forskellige lysfænomener, der forstærker den blå farve i lyset og fjerner de andre farver.<sup>1</sup>

Det danske film NIL Technology og Institut for Nanoteknologi på DTU arbejder sammen med LEGO om at udvikle plastoverflader med bittesmå strukturer, der efterligner Morpho-sommerfuglens vinger.

*Send petriskålen med den lille plastik-nanoklods rundt blandt eleverne. Forklar dem, at den er en slags kopi af Morpho sommerfuglens vinge. Ved at variere afstanden imellem og mønstret af de små strukturer på klodsen, kan man lave mange forskellige farver. Når eleverne tipper skålen vil klodsen skifte farve og intensitet.*

Et andet eksempel på efterligning af Morpho sommerfuglen er de to stykker reflekterende film. Disse film består af lange kæder af molekyler, der tilsammen også laver strukturer, der kan give filmen farve.

*Send filmene rundt og fortæl eleverne, at de kan prøve at fange en solstråle (eller fokuseret lysstråle fra fx projektoren) og reflektere den op på vægge og lofter. Afhængig af vinklen til lyset, vil det reflekterede lys skifte farve.*

<sup>1</sup> Læs mere om sommerfuglens farver, nanoklodsens og den reflekterende film i lærervej-ledningen.

## 2. ELEVUNDERSØGELSE AF SMARTE MATERIALER

Nu skal eleverne selv afprøve forskellige smarte materialer. De skal også prøve at 'programmere' et stykke hukommelsesplastik. Til sidst skal de i grupper diskutere deres resultater og materialernes anvendelser.

### MATERIALER OG UDSTYR TIL UNDERSØGELSE

#### Dette finder du i kufferten (per gruppe):

- 1 almindelig lommelygte
- 1 UV-lommelygte (+ 1 reserve til deling af alle grp.)
- 1 plastske
- 1 armbånd
- 1 krystalark
- 1 stk. temperaturfølsomt papir
- 1 stk. hukommelsesmetal (klips)
- 1 stk. envejsstof
- 1 stk. hukommelsesplastikstrimmel (undersøgelsens anden del)

#### Disse materialer skal du selv skaffe (per gruppe):

- Koldt vand i et glas/skål
- Termokande med meget varmt vand
- 1 skål /højt glas til varmt vand
- 1 engangspipette
- Køkkenrulle el. lign.
- 2-3 store stk. sølvfolie

### FORBEREDELSE FØR UNDERSØGELSEN

1. Indsaml de forskellige materialer – både fra kufferten og dem, du selv skal skaffe.
2. Lav et antal bunker med materialer svarende til antallet af elevgrupper.
3. Print elevvejledninger og svararket til dig selv.

Eleverne skal undersøge følgende materialer:

Smarte materiale	Reagerer på	Reaktion
<b>Hukommelsesmetal (klips)</b>	Temperatur (>50 °C)	Vender tilbage til sin programmerede form
<b>Plastske</b>	Temperatur (>43 °C)	Skifter farve
<b>Krystalark</b>	Temperatur (25-30 °C)	Skifter farve
<b>Papir</b>	Temperatur (31-37 °C)	Skifter farve
<b>UV-perler (armbånd)</b>	Ultraviolet stråling	Skifter farve
<b>Envejsstof</b>	Vand	Transporterer vandet i én retning - fra indersiden til ydersiden af stoffet.
<b>Hukommelsesplastik (strimmel)</b>	Temperatur (>38 °C)	Vender tilbage til sin programmerede form

#### Før undersøgelsen:

1. Læg materialerne klar og lad eleverne i grupper hente hver deres sæt materialer og udstyr.
2. Forklar eleverne, at de nu selv skal afprøve en række smarte materialer. Eleverne har næppe forudsætningerne for at kunne forudsige materialernes reaktion. Opfordr dem alligevel til at bruge lidt tid, før de starter på undersøgelsen, med at kigge på materialerne og diskutere mulige reaktioner.
3. Pointér desuden for eleverne, at det er disse materialer, som de skal arbejde videre, når de i de sidste to moduler skal lave innovationsopgaven. Så de må gerne allerede nu begynde at tænke over, hvad man kunne bruge de forskellige materialer til.
4. Endelig er det en god ide, at du venter med at forklare materialerne til efter undersøgelsen, så eleverne får overraskelsen ved materialernes reaktioner.

#### Elevundersøgelse

Se tilhørende elevvejledning.

#### Afrundende diskussion af smarte materialer

Læs mere i det tilhørende svarark til læreren.

## FORBEREDELSE TIL INNOVATIONSOPGAVEN

*Eleverne lærer om viskositet, atypiske væsker og ingeniørens arbejdsmetode.*

*De undersøger smart gele og afprøver ingeniørens arbejdsmetode.*

### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

Formålet med dette modul er at præsentere eleverne for et eksempel på innovativ produktudvikling med udgangspunkt i ingeniørens arbejdsmetode. Målet er at forberede eleverne til innovationsopgaven i de sidste to moduler. Her skal de selv prøve at udvikle produkter vha. ingeniørens arbejdsmetode og ud fra de smarte materialer, som de er stødt på i forløbet.

Først i modulet skal eleverne undersøge et materiale, der både kan opføre sig som fast og flydende stof. Dernæst skal eleverne se høre om et lignende materiale (D30) der er blevet udviklet til et innovativt produkt, bla. ved hjælp af ingeniørens arbejdsmetode. Til sidst skal de selv afprøve ingeniørens arbejdsmetode i en teoretisk øvelse.

Det vigtigste i dette modul er ikke så meget at forstå materialernes specielle egenskaber, og eleverne behøver heller ikke nødvendigvis selv at afprøve smart gele (se nedenfor) - men det er sjovest. Det vigtigste er, at de fanger pointen om, at viden om materialers egenskaber kan bruges til at forbedre eller fremstille nye produkter, der løser eksisterende problemer. Og at de selv skal prøve dette i de to følgende moduler.

Bemærk, at du kan finde et kortere alternativ til innovationsopgaven, som kan være velegnet til de yngre klassetrin, i lærervejledningen under modul 8-9.

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

Modul 7 er introduktionen til innovationsopgaven og derfor er de relevante læringsmål og tegn på læring de nedenstående, om end de kun delvist dækkes i dette modul. For at kunne få den fulde forståelse af og erfaring med de nedenstående mål og tegn skal eleverne gennemføre modul 7-9.

5. Eleven kan udvikle produkter ud fra viden om materialers egenskaber og en model for produktudvikling.
  - a) Eleven udvikler et produkt med egenskaber fra et eller flere af de smarte materialer.
  - b) Eleven udfører trinene i ingeniørens arbejdsmetode til at udvikle et produkt.
  - c) Eleven udfører trinene i ingeniørens arbejdsmetode til at afprøve og forbedre sit produkt.

#### 1.2 Centrale faglige pointer

Den centrale faglige pointe i dette modul er:

5. Jo mere vi ved om materialers egenskaber, jo bedre bliver vi til at lave produkter med præcis de egenskaber, vi har brug for.

#### 1.3 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Smart gele*

*Viskositet*

*(Non-newtonian væske)*

#### 1.4 Evaluering

Når du evaluerer elevernes læring, kan du se og lytte efter de ovenstående tegn på læring. Du kan også lytte efter elevernes brug af fagord og begreber og deres forståelse af den centrale faglige pointe i den indledende og afrundende diskussion i klassen.



*Atypisk*

*Tryk*

*Innovativ*

*Produktudvikling*

*Ingeniørens arbejdsmetode*

1.5 Forslag til tidsplan for modul 7 (2 x 45 minutter)

MODUL 7	Lektion	Aktivitet
Forberedelser til innovationsopgaven	Lektion 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resume og introduktion</li> <li>• Elevaktivitet: Smart gele (30 min.)</li> <li>• Eksempel på innovativ produktudvikling (15 min.)</li> <li>• Introduktion til ingeniørens arbejdsmetode (45 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 1. INTRODUKTION TIL SMART GELE

### MATERIALER OG Udstyr TIL Undersøgelse af Smart Gele/Maizenablanding

#### Dette skal du selv skaffe til smart gele-fremstillingen:

- Polyvinylalkohol (PVA) (se opskrift på hjemmeside)
- 4 % borax (se opskrift)
- Vand
- Vægt, gryde, termometer, sølvfolie, bægerglas, røreske
- Evt. 1 par engangshandsker

#### Dette finder du i kufferten til begge undersøgelser (per gruppe):

- Plastikskål
- Glaskugle

#### Dette skal du selv skaffe til smart gele-undersøgelsen (per gruppe):

- Smart gele (ca. en håndfuld)

#### Dette skal du selv skaffe til maizena-undersøgelsen (per gruppe):

- Maizena (majsstivelse) (se elevvejledning)
- 1½ dl vand
- 1 teske
- 1 kniv
- Evt. 1 par engangshandsker
- Evt. frugtfarve

### FORBEREDELSE FØR MODULET

1. Indkøb kemikalier til fremstilling af smart gele (se opskrift på hjemmeside)
2. Fremstil smart gele. Lad evt. eleverne afslutte fremstillingen (se opskrift).
3. Indsaml materialer og udstyr– både dem fra kufferten og dem, du selv skal skaffe.
4. Lav et antal bunker med materialer svarende til antallet af elevgrupper.
5. Print elevvejledninger og svararket til dig selv.
6. Åbn lærerpræsentationen og find frem til de billeder og film, du skal vise undervejs.

#### 1.1 Resumé: Hvad har I lært om materialer?

Start gerne med kort at opsummere, hvad eleverne har lært i forløbet:

At der findes mange forskellige typer materialer og mange forskellige egenskaber. Et materiales egenskaber er med til at afgøre, hvad materialet bliver brugt til.

Man kan ændre på materialers egenskaber ved at blande flere materialer sammen. Fx bruger LEGO et blandingsmateriale, der består af tre forskellige slags plast med hver deres egenskaber, for at kunne lave mere holdbare og elastiske LEGO-klodser®.

Man kan også omhyggeligt designe smarte materialer med helt nye og usædvanlige egenskaber, som for eksempel hukommelsesmetallet og det farveskiftende krystalark, som eleverne afprøvede i sidste modul.

Fortæl eleverne, at de i dette modul først skal afprøve et materiale, der både kan opføre sig som fast og flydende stof. Materialet kaldes for smart gele og eleverne skal efter undersøgelsen høre om, hvordan smart gele er blevet udnyttet af en materialeforsker til at udvikle nyt beskyttelsesudstyr til forskellige sportsgrene. Fordi forskeren vidste et masse om smart geles egenskaber, kunne han se mulighederne for at bruge det på en helt ny måde, nemlig som beskyttelse mod slag og stød.

Til sidst skal eleverne prøve at arbejde efter samme metode, som materialeforskeren brugte, nemlig ingeniørens arbejdsmetode. Alt sammen som forberedelse på innovationsopgaven i de sidste to moduler.

### 1.2. Smart gele

Sæt eleverne i gang med undersøgelsen af smart gele. Forklaringen på materialets egenskaber følger bagefter.

#### **Fremstilling af smart gele**

Opskriften på smart gele finder du på hjemmesiden. Du skal beregne ca. 2 x 30 minutter på fremstillingen, efter du har skaffet materialerne. Disse kan købes hos Frederiksen (læs mere i opskriften). Evt. kan du lade eleverne udføre det sidste, mest tidskrævende trin i fremstillingen (se opskrift).

Hvis du ikke har tid til at lave din egen smart gele, kan du enten købe det (læs mere i lærervejledningen), eller lade eleverne afprøve en maizenablanding i stedet. Maizenablandingen kan laves på stedet af eleverne og har nogenlunde de samme egenskaber, som smart gele. Til gengæld er blandingen mere flydende og sværere derfor lidt mere og er sværere at tage op i hænderne og undersøge.

#### **Undersøgelse**

Smart gele: Se tilhørende elevvejledning og svararket til læreren.

Maizenablandingen: Se tilhørende elevvejledning og svararket til læreren.

## 2. INTRODUKTION TIL PRODUKTUDVIKLING

Med ordet produktudvikling menes her udviklingen af et produkt fra et eller flere materialer. Vi kalder det innovativt, fordi en materialeforsker tog et eksisterende materiale og fandt på en hel ny anvendelse af det, som kunne løse et problem, han havde.

### 2.1. Videoeksempler:

Fortæl eleverne, at de nu skal se et eksempel på, hvordan smart gele er blevet brugt i et meget succesfuldt innovativt produkt. Hvis eleverne en eller flere af de nedenstående videoklip:

Videoklip 1: 'Smack Me On The Head With A Shovel'

<https://www.youtube.com/watch?v=9VDeJ7rLUYU>



Hvis URL ikke virker, så prøv at søge på 'Smack Me On The Head With A Shovel!' på YouTube. Ja, en mand bliver slået i hovedet med en skovl, men han har heldigvis en hue med D30 på.

eller

Videoklip 2: 'D30 Tech 21 Demonstration'

<https://www.youtube.com/watch?v=h0Q1eY-use4>



Her viser de bla., at D30 kan beskytte et æg mod at knække selv ved slag med en hammer. Hvis URL ikke virker, så prøv at søge på 'D30 Tech 21 Demonstration' på YouTube. Begge videoer er på engelsk, men er selvforklarende.

Videoklip 3: The Amazing D30

<http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/resource/9165/the-amazing-d30> (fra 00:00-00:59 og 3:00-5:23)



Denne video er længere end de to andre og kræver nok hjælp til eleverne med det engelske. Til gengæld forklarer den rigtigt godt, hvordan produktudviklingen er foregået, hvordan opfinderen Richard Palmer fik ideen, hvilke udfordringer der har været, osv.

### 2.2 Baggrund

D30 er en videreudvikling af smart geleen, som eleverne netop har afprøvet. Når D30 er i ro, er den blød og bøjelig og hæmmer derfor ikke kroppens bevægelser. Men når D30 får et hurtigt og hårdt slag, bliver den helt hård og beskytter på den måde kroppen.

Forklar eleverne, at de netop har set et eksempel på innovativ produktudvikling. Smart gele har længe været kendt, men mest været brugt som legetøj. Men opfinderen af D30 Richard Palmer satte sig ned og tænkte over, om man ikke kunne udnytte de særprægede egenskaber til noget fornuftigt. Tilfældigvis stod han også selv på snowboard og var utilfreds med de eksisterende beskyttelsesudstyr. På den måde fandt han ud af at løse et irriterende problem vha. af et materiale, som ingen før havde tænkt på at bruge på denne måde.

I dag sælger D30-produkterne i titusindvis og bruges i beskyttelsesudstyr til militæret, på byggepladser, til mange sportsgrene (ski, snowboard, lacrosse, baseball, cricket, volleyball, tennis, squash, ballet, boksning, lerdueskydning, skøjteløb, mountain bikes og motorcykelløb) samt som beskyttelse omkring elektronik.



Se D30s hjemmeside her: <http://www.d30.com/>

### 3. INTRODUKTION TIL INGENIØRENS ARBEJDSMETODE

Afslut med at fortælle eleverne, at de i de næste to moduler selv skal prøve at designe deres eget produkt ud fra et eller flere af de smarte materialer, som de er stødt på i forløbet. Produktet skal løse et problem, de selv har formuleret.

#### 3.1 Den naturvidenskabelige metode og ingeniørens arbejdsmetode

Først skal eleverne lære lidt mere om ingeniørens arbejdsmetode gennem en teoretisk aktivitet. Forklar dem, at Richard Palmer er uddannet ingeniør og har brugt ingeniørens arbejdsmetode, da han udviklede D30.

Denne mest karakteristiske ved ingeniørens arbejdsmetode – og det, som adskiller den fra den naturvidenskabelige metode – er, at ingeniører arbejder med at løse problemer, mens naturvidenskabelige forskere typisk stiller spørgsmål for bedre at forstå verden omkring os.

Når en naturvidenskabelige forsker arbejder, stiller hun en masse spørgsmål, opstiller hypoteser med mulige forklaringer, designer og udfører undersøgelser og analyserer sine resultater. Ligesom eleverne selv har gjort i de tidligere moduler.

Ingeniøren begynder typisk med en problem, der skal løses indenfor nogle mulige rammer eller begrænsninger, fx et bestemt tidsrum, et budget eller med nogle bestemte materialer til rådighed. Når ingeniøren løser problemer anvender hun typisk den naturvidenskabelige viden og omsætter den til teknologier og produkter<sup>11</sup>.

Eksempler:

NATURVIDENSKABELIG FORSKNING		INGENIØRENS ARBEJDSMETODE	
begynder med et spørgsmål om et fænomen:		begynder med et problem, der skal løses:	
Spørgsmål	Svar	Problem	Løsning
Hvorfor dør kræftceller af radioaktiv stråling?	Strålingen laver en masse skader på cellerne, som de ikke selv kan reparere. I stedet dør cellerne.	Stråling er farlig. Hvordan sørger vi for, at kun kræftcellerne bliver ramt?	Teknologi: En strålekanon, der præcist kan styre strålingen hen det rigtige sted i krop-pen.
Hvorfor preller vand af nogen typer materialer?	Fordi materialernes overflader har bittesmå buler, der forhindrer vandet i at trænge igennem overfladen.	Yoghurten sidder fast på indersiden af yoghurtkartonen.	Produkt: En yoghurtkarton med vandafvisende papir på indersiden.

Et strålende eksempel på ingeniørens arbejdsmetode er dette klip fra filmen Apollo 13. Astronauterne på Apollo 13 risikerer at dø af CO<sub>2</sub>-forgiftning, fordi deres CO<sub>2</sub>-filtre er fyldt op, og deres reservefiltre desværre har den forkerte form. De er firkantede, mens hullerne, de skal sidde i, er runde. Ingeniørerne på Jorden skal løse problemet hurtigt, før astronauterne bliver forgiftede. De må kun bruge de materialer, som findes på rumskibet. Se hvordan ingeniørerne løser problemet:

”Fit This Into the Hole Using Nothing but that...”:

<https://www.youtube.com/watch?v=1cYzkyXp0jg> (00:00-1:30)

Video er på engelsk, men burde være til at følge med i for eleverne, hvis du giver dem den forudgående forklaring.

Her er links til klippet delt i to, hvis det ovenstående ikke virker:

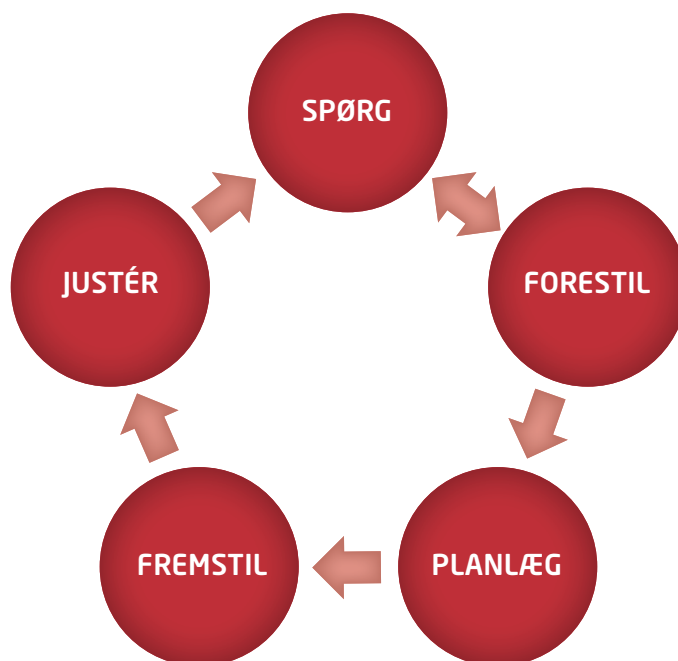
<https://www.youtube.com/watch?v=C2YZnTL596Q>

<https://www.youtube.com/watch?v=Zm5nUEG5Bjo>

<sup>11</sup>Læs mere om ingeniørens arbejdsmetode i lærervejledningen.

### 3.2 Trinene i ingeniørens arbejdsmetode

Ingeniørens arbejdsmetode består typisk af følgende fem trin, der kan illustreres som i den nedenstående model:



1. **Spørg:** Identificer et problem, du gerne vil løse.
2. **Forestil:** Forestil dig alle de måder du kan løse problemet på. Vælg den bedste ide.
3. **Planlæg:** Planlæg, hvordan du vil bygge eller fremstille din løsning. Tegn, byg eller beskriv en model.
4. **Fremstil:** Byg eller fremstil din løsning og afprøv den.
5. **Justér:** Evaluér og justér din løsning. Hvordan kan du gøre den endnu bedre?

På figuren er de fem trin fremstillet som en envejsmodel. I praksis vil man dog typisk hoppe frem og tilbage mellem trinnene.

### 3.3 Udvikling af D30 med ingeniørens arbejdsmetode

Gennemgå nu eksemplet nedenfor med D30 udviklet vha. ingeniørens arbejdsmetode for eleverne. Du kan vælge at gøre dette ekstra grundigt - eleverne kommer selv med forslag til hvert af de fem trin - og så springe den efterfølgende elevaktivitet i 3.4. over, hvis der ikke er tid nok til begge. Alternativt kan du gennemgå eksemplet med D30 for eleverne og efterfølgende lade dem selv arbejde med elevaktiviteten i 3.4.

1. Spørg, hvad er problemet:  
*Beskyttelsesudstyr til snowboarding er alt for stift. Det begrænser ens bevægelser og smidighed.*
2. Forestil dig en løsning på problemet:  
*Man kunne fx erstatte det stive plastik med et blødere materiale. Richard Palmer kendte til smart gele, som er blødt og bøjeligt, indtil den får et hurtigt og hårdt slag, så bliver den helt hård. Han tænkte, at man måske kunne bruge det som materiale i beskyttelses-udstyr.*

3. Planlæg:

Richard Palmer planlagde bla.

- *Hvordan D30 skulle sidde inde i beskyttelsesudstyret*
- *Hvilken form det skulle have forskellige steder på kroppen (knæ, albuer, hoved)*
- *Hvilke ændringer af materialet der skulle til, fx at D30 ikke måtte klistre fast, flyde ud af form eller gå fra hinanden, når det fik et slag.*

4. Fremstil:

*Richard Palmer og hans kolleger fremstillede forskellige varianter af D30 for at forbedre dets egenskaber. Derefter afprøvede de, hvor godt de forskellige varianter af D30 kunne sættes ind i beskyttelsesudstyr og hvor godt de beskyttede kroppen mod slag.*

5. Justér:

*Efter at have afprøvet D30-varianterne forbedrede de materialet.*

### 3.4 Elevaktivitet



Lad eleverne afprøve ingeniørens arbejdsmetode på udviklingen af en rygsæk. Bed eleverne forestille sig, at det var dem, der havde opfundet rygsækken. Bed dem derpå om at udfylde de fem trin i ingeniørens arbejdsmetode. Evt. kan du lave aktiviteten med hele klassen på en gang, fremfor i grupper, hvis det sidste er for svært for dem.

Understreg, at de ikke kommer til at fremstille/sy en rygsæk. I denne øvelse skal de blot forestille sig svar og handlinger. Afslut med at snakke i klassen om gruppernes svar på de forskellige trin.

Hent elevvejledningen og svararket til læreren på hjemmesiden.

Hvis du springer denne elevaktivitet over, kan du i stedet vise dette videoklip: 'The Amazing D30':

<http://www.nationalstemcentre.org.uk/elibrary/resource/9165/the-amazing-d30> (fra 00:00-00:59 og 3:00-5:23)

Videoen kræver nok lidt hjælp til eleverne med det engelske. Til gengæld forklarer den rigtigt godt, hvordan produktudviklingen er foregået, hvordan Richard Palmer fik ideen til at bruge D30, hvilke udfordringer der har været, osv.



## INNOVATIONSOPGAVE

*Eleverne øver sig i at udvikle produkter ved hjælp af ingeniørens arbejdsmetode. Eleverne prøver også at designe og arbejde ved hjælp af modeller.*

### 1. INTRODUKTION TIL LÆREREN

I disse sidste to moduler skal eleverne opfinde deres egne produkter baseret på et eller flere af de smarte materialer, som de er stødt på i forløbet. De skal udvikle deres produkter ved hjælp af ingeniørens arbejdsmetode.

Opgaven er primært teoretisk, da det ikke er praktisk og økonomisk muligt at lade eleverne arbejde med de forskellige smarte materialer. Afhængigt af dine rammer for undervisningen (tid, tværfagligt samarbejde, lokaleadgang) kan det dog være en rigtig god ide at inddrage Håndværk og design-læreren. I disse timer kan eleverne fremstille enkle modeller (sy, snedkerere, bygge, tegne, male, osv.) af deres produkter (trin 4 i ingeniørens arbejdsmetode).

#### 1.1 Læringsmål og tegn på læring

Som i modul 7 arbejdes der fortsat med de nedenstående læringsmål og tegn på læring.

5. Eleven kan udvikle produkter ud fra viden om materialers egenskaber og en model for produktudvikling.
  - a) Eleven udvikler et produkt med egenskaber fra et eller flere af de smarte materialer.
  - b) Eleven udfører trinene i ingeniørens arbejdsmetode til at udvikle et produkt.
  - c) Eleven udfører trinene i ingeniørens arbejdsmetode til at afprøve og forbedre sit produkt.

#### 1.2 Centrale faglige pointer

Der er to vigtige pointer i disse moduler. Den ene er den sidste af de faglige pointer, nemlig at:

5. Jo mere vi ved om materialers egenskaber, jo bedre bliver vi til at lave produkter med præcis de egenskaber, vi har brug for.

Den anden pointe er, at man ved hjælp af ingeniørens arbejdsmetode kan arbejde målrettet med at løse konkrete problemer. Det vil sige, at metoden adskiller sig fra den naturvidenskabelige metode, der typisk handler om at stille spørgsmål og lave undersøgelser for bedre at forstå verden omkring os, uden at der nødvendigvis er et problem, der skal løses.

#### 1.3 Fagord og begreber

Hjælp eleverne med at bruge de forskellige ord og begreber undervejs i undersøgelsesforløbet, så de lærer dem at kende.

*Smarte materialer*

*Innovativ*

*Produktudvikling*

*Ingeniørens arbejdsmetode*

*Model*

*Skitse*

#### 1.4 Evaluering

Når du evaluerer elevernes læring, kan du se og lytte efter de ovenstående tegn på læring. Du kan også lytte efter elevernes brug af fagord og begreber og deres forståelse af den centrale faglige pointe i den indledende og afrundende diskussion i klassen.



1.5 Forslag til tidsplan for modul 8-9 (4 x 45 minutter)

	Lektion	Aktivitet
<p><b>MODUL 8-9</b></p> <p>Innovations- opgave</p>	Lektion 1-2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resume og introduktion (10 min.)</li> <li>• Elevaktivitet: Idegenerering - opvarmning (15 min.)</li> <li>• Elevaktivitet: 'Forestil' (25 min.)</li> <li>• Elevaktivitet: 'Spørg' (15 min.)</li> <li>• Elevaktivitet: 'Planlæg' (25 min.)</li> </ul>
	Lektion 3-4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resumé (5 min.)</li> <li>• Elevaktivitet: 'Fremstil' (15 min.)</li> <li>• Elevaktivitet: 'Justér' (30 min.)</li> <li>• Klasseaktivitet: 'Præsenter' (30 min.)</li> <li>• Afrunding (10 min.)</li> </ul>



Hent vejledninger, svarark og lærerpræsentation på hjemmesiden.

## 2. INNOVATIONSOPGAVEN: INTRODUKTION OG RESUME

### MATERIALER OG Udstyr TIL MODUL 8

**Dette finder du i kufferten (per gruppe):**

- 1 afløbsrør

**Dette skal du selv skaffe (per gruppe):**

- ½ blok post-it sedler - eller andet papir til to øvelser i idegenerering

### FORBEREDELSE FØR MODUL 8-9

1. Print elevvejledninger og evt. A4-arket med modellen for ingeniørens arbejdsmetode til alle grupper. Print også svararket til dig selv.
2. Print også arket med billeder af de smarte materialer. Et ark til hver gruppe.
3. Åbn lærerpræsentationen. Find frem til de sider, du skal vise undervejs.

### 2.1 Introduktion

Fortæl eleverne, at de nu skal opfinde deres egne produkter ved hjælp af ingeniørens arbejdsmetode, som de afprøvede i det sidste modul.

Som nævnt kan der være forskellige rammer og begrænsninger, når ingeniører skal løse problemer. I denne opgave er en af rammerne, at eleverne skal løse problemer, de selv definerer og med allerede bestemte materialer – nemlig de smarte materialer, som eleverne har undersøgt i dette forløb.

Dette er en helt almindelig arbejdsform – fx som med D30, hvor Richard Palmer på en gang havde et materiale og et defineret problem (dårligt udstyr til snowboarding).

Eleverne må gerne kombinere flere materialer og de må også godt teoretisk lave materialerne lidt om – fx at hukommelsesmetallet husker en anden form end klipsen eller at skeen skifter farve ved en højere eller lavere temperatur end den, eleverne afprøvede – så materialerne får de egenskaber, som eleverne har brug for til deres løsning.

Det er netop en af pointerne ved smarte materialer – de er designet til at kunne præcis det, der er brug for, fx at virke ved en bestemt temperatur eller huske en bestemt form.

2.2 Oversigt over alle de smarte materialer, eleverne har undersøgt i forløbet.

Se side med billeder og eksempler på anvendelser i lærerpræsentationen.

Del arket med de smarte materialer og egenskaber ud til eleverne. Start med at genopfriske elevernes hukommelse ved kort at gennemgå de smarte materialer og deres egenskaber. om materialernes egenskaber.

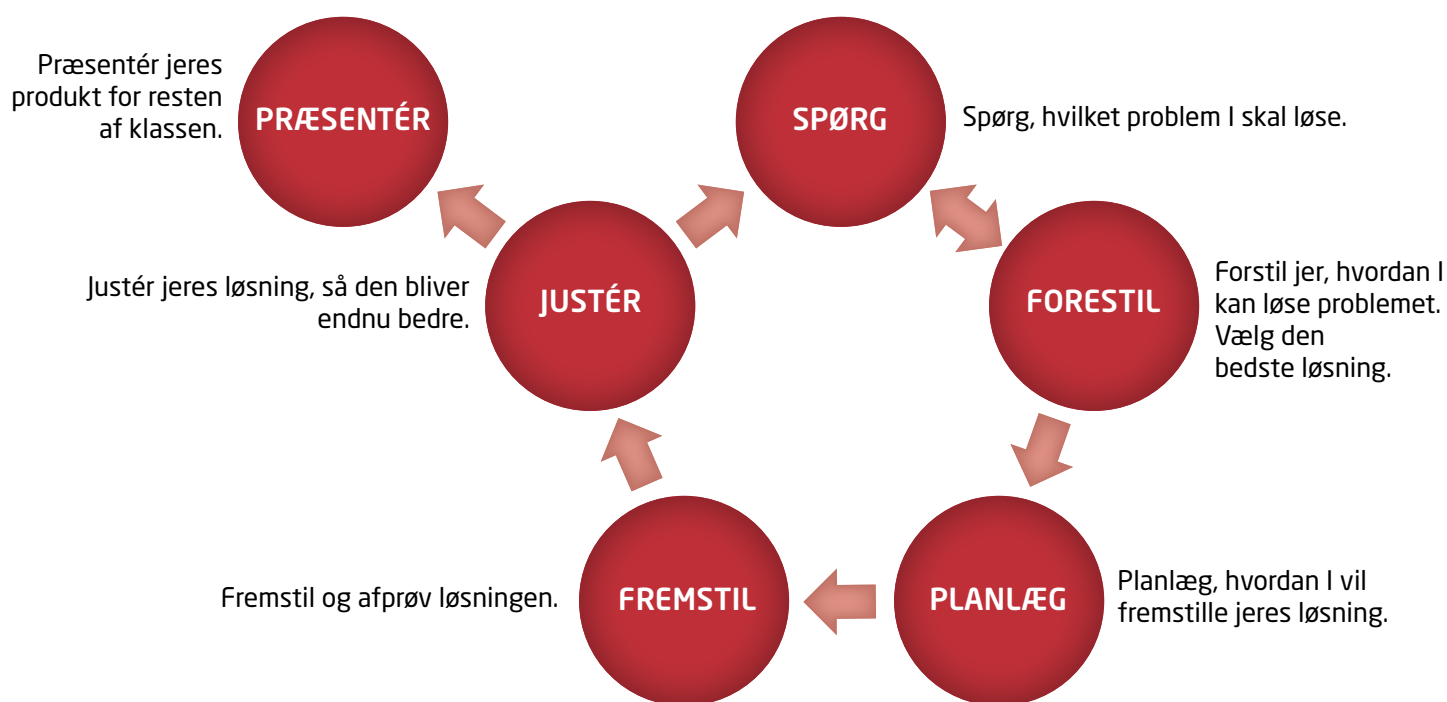
Smarte materiale	Reagerer på	Reaktion
<b>Hydrogel</b>	Vand	Svulmer op. Kan absorbere vand mange gange dens egen vægt.
<b>Reflekterende film</b>	Lys	Skifter fra farveløs til forskellige farver afhængig af, hvordan lyset falder på materialet.
<b>Nanoklods</b>	Lys	Skifter fra farveløs til forskellige farver afhængig af, hvordan lyset falder på materialet.
<b>Hukommelsesmetal (klips)</b>	Temperatur	Vender tilbage til sin oprindelige form.
<b>Hukommelsesplastik</b>	Temperatur	Vender tilbage til sin oprindelige form.
<b>Babyske</b>	Temperatur	Skifter farve.
<b>Krystalark</b>	Temperatur	Skifter farve.
<b>Papir</b>	Temperatur	Skifter farve.
<b>UV-perler</b>	UV-stråling	Skifter farve.
<b>Envejsstof</b>	Væske	Transporterer kun væske én vej gennem stoffet.

### 2.3 Ingeniørens arbejdsmetode

Vis også eleverne modellen for ingeniørens arbejdsmetode igen. Modellen er nu blevet tilføjet et sjette trin, nemlig kommunikation, dvs. en formidling af løsningen eller produktet.

Som eleverne så i klippet om Apollo 13, var det ingeniørerne på Jorden, der fandt på en løsning af problemet, men det var astronauterne på Apollo 13, der skulle udføre den. Derfor måtte ingeniørerne på Jorden lave en vejledning til astronauterne om, hvordan de skulle udskifte CO<sub>2</sub>-filtrene. Sådan er det som regel – det er ingeniørerne, der udtænker løsningen på problemet, men det er nogle andre, der udfører den – fx håndværkere, programmører, teknikere – eller astronauter. Derfor skal eleverne også til sidst præsentere deres produkter for resten af klassen.

Modellen for ingeniørens arbejdsmetode ser nu sådan ud :



### 3. FORBEREDELSE TIL INNOVATIONSOPGAVE

#### 3.1. Elevaktivitet: Idegenerering - opvarmning

For at få gang i elevernes kreativitet og idegenerering kan du starte med denne lille øvelse<sup>1</sup>. I grupperne skal eleverne prøve at få så mange ideer som muligt til anvendelse af en tilfældig ting. Den gruppe, der kan få flest ideer, vinder.

I materialekassen finder du otte hvide afløbsrør, men hvis du har været nødt til at returnere materialekassen, kan du bruge en hvilken som helst anden ting – blot du har en til hver gruppe.

1. Fordel eleverne i fem grupper.
2. Alle grupper får udleveret et lille afløbsrør og post its til at skrive deres ideer ned på. Rørets rigtige anvendelse er ikke vigtig.
3. Grupperne får nu 5-7 minutter til at komme på alle de anvendelser af røret, de kan finde på. Alle ideer tæller, eleverne skal ikke være kritiske, men kreative. Ideerne skrives ned.  
Eksempler: En snorkel til to personer, et rør til at kigge om hjørner med, osv.
4. Når tiden er gået, beder du alle gruppe rejse sig op.
5. Bed nu grupperne efter tur sige en af deres ideer højt.
6. Hver gang en ide er blevet brugt – også hvis en af de andre grupper bruger ens ide – streges den over.
7. Turen fortsætter rundt, indtil alle grupper er løbet tør for ideer. Grupperne må også godt finde på flere ideer undervejs.
8. Når en gruppe løber tør for ideer, går den ud af legen. Den gruppe der sidder tilbage til sidst har vundet.

### 4. DESIGN OG UDVIKLING AF ET PRODUKT UD FRA SMARTE MATERIALER OG INGENIØRENS ARBEJDSPROCES.

Nu går selve innovationsopgaven i gang. Du finder både elevvejledningen og det tilhørende svarark til læreren på hjemmesiden.

Hjælp os med at blive bedre. Evaluér materialet her:

<https://drive.google.com/open?id=1tV4Y2OxbYNebJMYOMB3gukAVoSpUkGHZWZslTRjupn0>



EVALUERING

