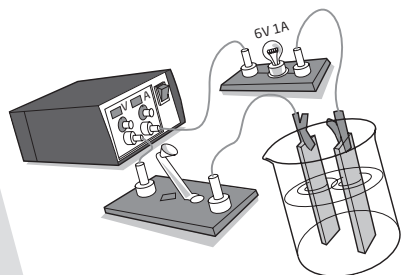
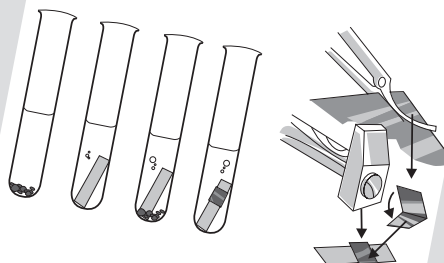


# Kapitel 1: Fra sort til gul energi



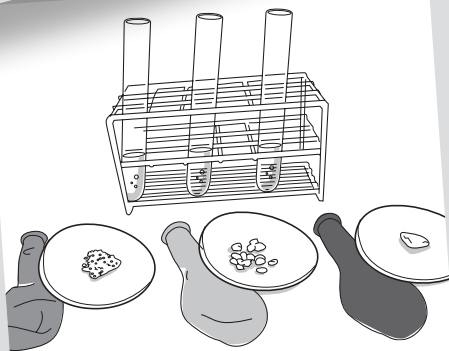
Eksperiment 1.1:  
Energi gemt i batterier

5



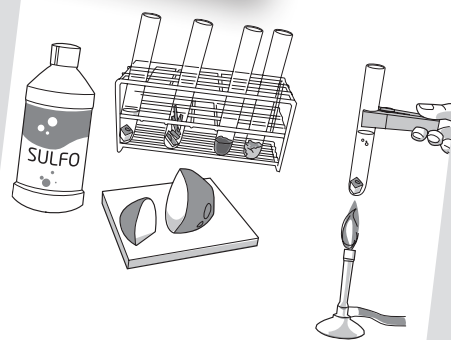
Eksperiment 1.2:  
Kobber styrer reaktionen

9



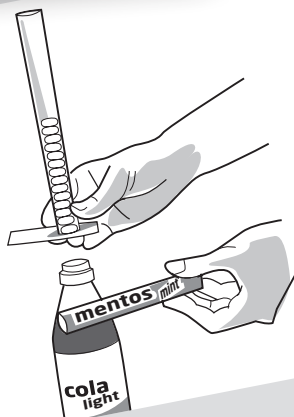
Eksperiment 1.3:  
En overfladisk  
reaktion

12



Eksperiment 1.4:  
Biologiske og ikke-bio-  
logiske katalysatorer

15



Eksperiment 1.5:  
Colaspringvand

18



## Eksperiment 1.1: Energi gemt i batterier

### Eksperiment om opladning og afladning af en blyakkumulator

#### Formål

I skal bygge en akkumulator. I skal oplade den og derefter vise, at den nu indeholder energi.

#### I skal bruge

Fortyndet svovlsyre ( $H_2SO_4$ ) (1 M)

Afbryder (kontakt)

Bægerglas (250 ml)

Jævnstrømsforsyning

Lampefatning

Lysdioder (evt. med forskellig farve)

Stopur

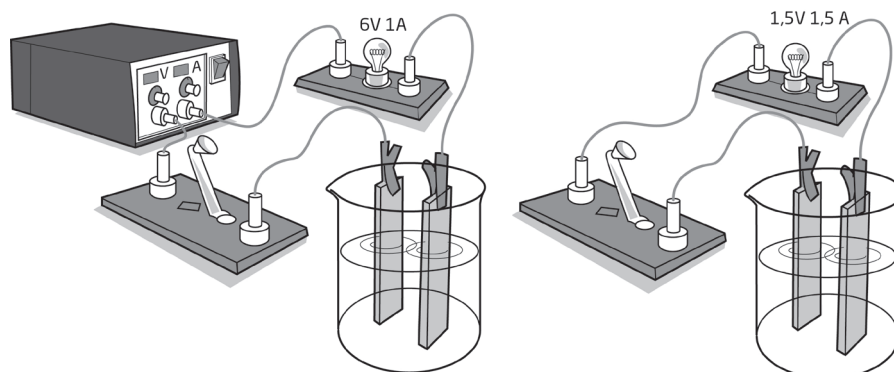
To blyplader

To pærer: 6 V 1 A og 1,5 V 1,5 A

To krokodillenæb **OBS: Denne pære forhandles ikke hos Søren Frederiksen.**

Tre ledninger **I stedet kan bruges en pære på 1,5 V 0,09 A**

Voltmeter



#### Oplæg

Batterier bruges til at gemme elektrisk energi, så man kan bruge den, når og hvor det er nødvendigt. I biler findes et batteri, der kaldes en akkumulator. Når bilen skal starte, er det strøm fra akkumulatoren, der drejer motoren rundt, til den kommer i gang. I en bilakkumulator er der seks celler i serie, der hver kan oplagre en vis mængde energi. Fordelen ved at koble flere celler sammen er, at man opbygger en større spændingsforskel, der passer til det apparat eller den motor, der skal drives. Spændingsforskellen over en bilakkumulator er 12 V. I dette eksperiment skal I dog blot opbygge en enkelt celle.

#### Sådan gør I

##### Opladning

1. Byg opstillingen som vist på tegningen øverst til venstre. De to blyplader i bægerglasset må ikke røre hinanden. Sæt et rødt krokodillenæb på den plade, der er forbundet til plus på strømforsyningen.
2. Fyld fortyndet svovlsyre i bægerglasset, til to tredjedele af pladerne er dækket. Sæt spændingsforskellen på strømforsyningen til 6 V. Hold kontakten nede, og oplad i et minut.

##### Afladning

3. Byg opstillingen som vist på tegningen øverst til højre. Mål med et voltmeter spændingsforskellen mellem de to blyplader: \_\_\_\_\_ V
4. Hold kontakten nede, og tag tid. Hvor længe lyser pæren? \_\_\_\_\_

##### Yderligere eksperimenteren

5. Prøv at oplade i to minutter og se, hvor længe pæren derefter lyser ved afladning. \_\_\_\_\_
6. Oplad akkumulatoren i tre minutter, og mål tiden, pæren lyser ved afladning. \_\_\_\_\_  
Hvilken sammenhæng er der mellem opladningstid og afladningstid?

7. Hvad sker der med blypladerne under opladningen?

---

---

8. Udskift glødepæreopstillingen med en lysdiode. Kan akkumulatoren få dioden til at lyse?

---

---

9. Undersøg, om akkumulatoren kan få en lille motor til at køre. Måske skal I sætte flere akkumulatorer i serie for at få motoren til at køre? Hvor mange celler skal der til?

---

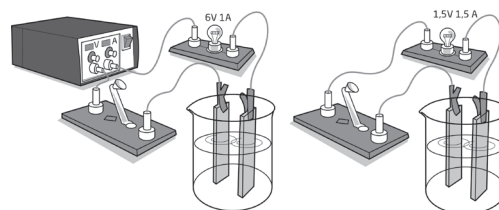
---

## Ekspæriment 1.1: Energi gemt i batterier

### Ekspæriment om opladning og afladning af en blyakkumulator

#### Baggrundstekst

Afsnittet 'Forskerne dyrker Solen'



#### Beskrivelse

Eleverne oplader og aflader en elektrokemisk celle opbygget af to blyplader og svovlsyre. I elevteksten bruges betegnelsen akkumulator for denne opstilling, selvom dette navn kun er korrekt, hvis der er to eller flere celler sat sammen. Eleverne undersøger derefter energiindholdet i cellen, og om spændingsforskellen over cellen er tilstrækkelig til at få en motor til at køre.

#### Forklaringer

##### Opladning og afladning

Ved den første opladning af to rene blyplader sker der følgende: Ved blypladen forbundet til den positive pol på strømforsyningen dannes to oxygenatomer gennem spaltning af vand. Disse to atomer reagerer med blypladens overflade, så der dannes blydioxid ( $\text{PbO}_2$ ). Ved blypladen forbundet til strømforsyningens negative pol dannes der hydrogen, der bobler op af opløsningen. Her sker der intet med blypladen.

Efter opladningen er de to plader forskellige, og med svovlsyren virker de som et galvanisk element (elektrokemisk celle) med  $\text{PbO}_2$ -pladen som den positive pol. Ved afladningen dannes der hydrogenioner ved  $\text{PbO}_2$ -pladen. Hydrogenionerne reagerer med  $\text{PbO}_2$ , så der dannes blymonooxid ( $\text{PbO}$ ) og vand.  $\text{PbO}$  reagerer med svovlsyren, så der dannes blyulfat ( $\text{PbSO}_4$ ). Processerne kan skrives som:

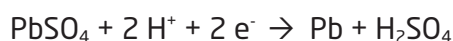


Ved den anden blyplade, den negative pol ved afladningen, reagerer vand med blypladen og danner  $\text{PbO}$ , som derefter omdannes til  $\text{PbSO}_4$  på samme måde som vist ovenfor. Når cellen er helt afladet, er overfladerne på begge blyplader omdannet til  $\text{PbSO}_4$  og således helt ens. Derfor er der ikke længere nogen spændingsforskel mellem dem.

Ved den anden opladning er de to blyplader dækket med  $\text{PbSO}_4$ , der oplades. Ved den plade, hvor strømmen løber ind i cellen, reagerer vand med  $\text{PbSO}_4$  på følgende måde:



De to hydrogenioner angriber  $\text{PbSO}_4$  på den plade, hvor strømmen løber væk, på denne måde:



Ved denne anden opladning omdannes pladerne altså til henholdsvis  $\text{PbO}_2$  og rent bly. Ved opladningen forbruges vandmolekyler, og der dannes svovlsyremolekyler. Cellen indeholder derfor mest svovlsyre, når den er fuldt opladet. Vandet gendannes under afladningen under forbrug af svovlsyre.

Der oplagres mere energi i cellen, jo længere tid den oplades. Den tilførte energi er for en kortere tid propor-

tional med opladningstiden. Elevernes målinger af tiden, som pæren lyser ved afladningen, vil derfor også være proportional med opladningstiden. Hvis eleverne ved afladningen finder på at sætte flere pærer ind, vil cellen blive hurtigere afladet. Under opladning eller afladning bliver det aktive overfladeareal mindre. Det bevirker, at hastigheden af de ovenstående reaktioner falder for til sidst at gå i stå. Denne ændring vil være særlig mærkbar, jo mindre aktiv overflade der er tilbage

Spændingsforskellen over cellen er 2 V. En bilakkumulator har en spændingsforskel på 12 V, fordi der sidder seks celler i serie.

### *Batterier som energilagre*

Batterier bliver brugt i stor udstrækning til at gemme elektrisk energi og findes i dag i et utal af elektriske apparater som biler (akkumulatoren), mobiltelefoner, computere og kameraer. Batterier har dog den svaghed, at de ikke er velegnede til at lagre meget store mængder elektricitet, og at selv de genopladelige har en relativ kort levetid. Det sidste kender de fleste sikkert fra batterierne i deres bærbare computere. Disse svagheder betyder, at batterier ikke er egnet til at gemme overskydende strøm fra vindmøller eller solceller. Mængden og prisen på batterierne vil blive for stor og levetiden for kort til, at det er økonomisk rentabelt. Af de samme årsager er udbredelsen af elbiler stadig meget begrænset, og når det drejer sig om at skaffe energi til supertankere, flyvemaskiner og lastbiler, er det nødvendigt at arbejde med andre energibærere end batterier. I CASE arbejder forskerne derfor med at gemme overskydende vedvarende energi på kemisk form som ethanol, hydrogen og ammoniak.

### **Gode råd til eksperimentets udførelse**

1. Man kunne tænke sig, at man ved at rense blypladerne inden opladningen kunne måle en spændingsforskel på nul mellem pladerne. Det er dog meget vanskeligt at rense blypladerne så godt, at voltmetret ikke giver udslag.
2. Batteriet skal oplades med 6 volt jævnstrøm. Husk at forbinde den positive pol på strømforsyningen til den samme plade, hver gang der oplades.
3. Opladestrømmen må ikke være for kraftig, da man ellers risikerer, at en væsentlig del af energitilførslen bruges til spaltning af vand i stedet for til at omdanne pladerne. Pæren i kredsløbet hindrer, at opladningsstrømstyrken bliver for stor. Opladningen må heller ikke vare for længe. Når pladen forbundet til den positive pol er blevet fuldstændig dækket af det brune lag blydioxid ( $\text{PbO}_2$ ), kan man ikke oplade batteriet mere, og yderligere energitilførsel går blot til spilde.
4. Det anbefales, at eleverne bruger beskyttelsesbriller under eksperimentet. En 1 M svovlsyre er mærket med faresymbolet Xi, lokalirriterende. Irriterer øjnene og huden. Opbevares utilgængeligt for børn. Kommer stoffet i øjnene, skylles straks grundigt med vand, og læge kontaktes.



## Ekspæriment 1.2: Kobber styrer reaktionen

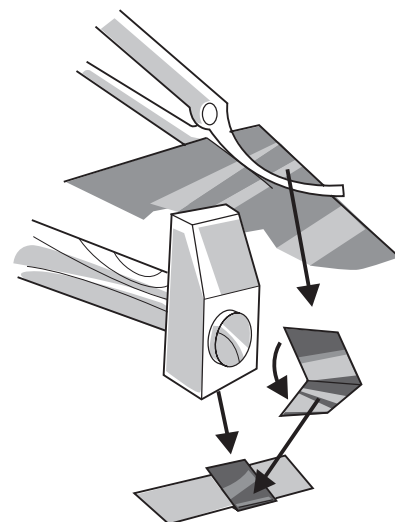
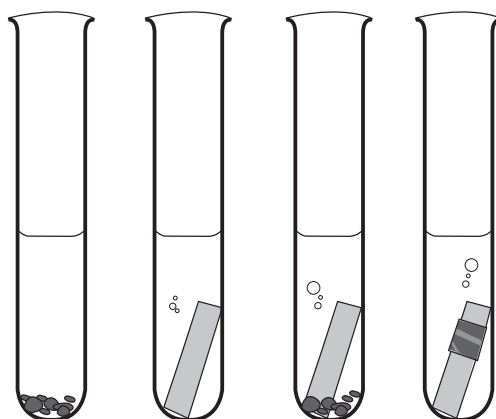
### Kobber som katalysator

#### Formål

I skal undersøge, hvordan kobber påvirker hastigheden af en kemisk reaktion uden selv at blive forbrugt.

#### I skal bruge

Svovlsyre ( $H_2SO_4$ ) (1 M)  
 Beskyttelsesbriller  
 Fire reagensglas  
 Hammer  
 Kobberblik  
 Kobberspåner  
 Måleglas (10 ml)  
 Pladesaks eller kraftig saks  
 Reagensglasstativ  
 Tre zinkstykker



#### Oplæg

Metallet zink (Zn) reagerer med svovlsyre ( $H_2SO_4$ ), så der dannes hydrogen ( $H_2$ ). Denne reaktion går hurtigere, hvis man bruger kobber som katalysator. En katalysator er nemlig et materiale, der sætter fart på kemiske reaktioner uden selv at blive forbrugt i reaktionen. Man kan måle reaktionshastigheden ved at iagttage, hvor hurtigt der dannes bobler. Husk at bruge beskyttelsesbriller.

#### Sådan gør I

1. Sæt fire reagensglas i et reagensglasstativ.
2. Læg nogle kobberspåner i det første glas: glas 1.
3. Læg et stykke ubrugt zink ned i glas 2 og glas 3.
4. Læg så mange kobberspåner ned i glas 3, at der er god kontakt mellem kobberet og den nederste del af zinkstykket.
5. Klip et lille stykke kobberblik ud med en pladesaks, og buk det omkring den ene ende af et stykke ubrugt zink. Bank kobberet fast på zinkstykket med en hammer. Læg zink-kobberstykket ned i glas 4, så kobberet sidder øverst.
6. Hæld 5 ml fortyndet svovlsyre ned i hvert af de fire glas.
7. Sammenlign efter et stykke tid, hvor meget hydrogen der udvikles i de fire glas. Giv en forklaring på jeres iagttagelser:

---



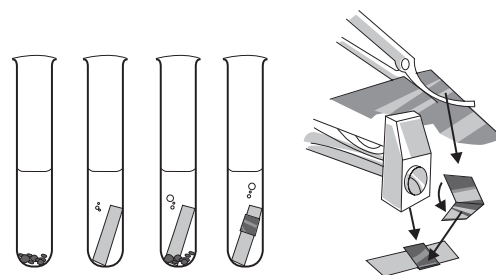
---

## Ekspiriment 1.2: Kobber styrer reaktionen

### *Kobber som katalysator*

#### Baggrundstekst

Afsnittet 'Kemiske katte'



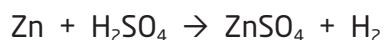
#### Beskrivelse

Eleverne undersøger kobbers effekt på hastigheden af den kemiske reaktion mellem zink og svovlsyre. Effekten vurderes ud fra mængden af hydrogenbobler i opløsningen. Desuden undersøger eleverne kobbers katalytiske virkning ved forsøg med zink og kobber.

#### Forklaringer

##### *Reaktion mellem zink og svovlsyre*

Dannelse af hydrogen gennem reaktionen mellem zink og svovlsyre forløber kun meget langsomt. Hydrogendannelsen sker ved følgende reaktion:



I glas 1 sker der ingen udvikling af hydrogen. I glas 2 bør det gå langsomt. I glas 3 og glas 4 vil kobberet, hvor det er i kontakt med zinkoverfladen, virke som en katalysator, og reaktionerne bør derfor forløbe hurtigere end i glas 2. Det skyldes, at hydrogen lettere dannes på kobberoverfladen end på zink.

Den største mængde hydrogen dannes, hvor kobberet er i direkte kontakt med zinkstykket. Dette ses særlig tydeligt i glas 4, hvor hydrogenudviklingen sker på den øverste del af zinkstykket. Ved at sammenligne glas 3 og 4 kan eleverne altså konkludere, at kontaktfladen mellem kobber og zink er bestemmende for, hvor reaktionen finder sted.

##### *Heterogen og homogen katalyse*

I dette eksperiment, hvor katalysatoren er på fast form, og reaktanterne er på henholdsvis fast og flydende form, er der tale om såkaldt heterogen katalyse. Hvis katalysatoren derimod er på samme form som reaktanterne (typisk gasform), er der tale om homogen katalyse. I elevbogen refererer katalysatorer oftest til heterogene katalysatorer, da disse er omdrejningspunktet for forskningen i CASE.

##### *Kobber som katalysator i industrien*

Ønsket om at fremstille ethanol eller længere alkoholer med CO<sub>2</sub> som carbonkilde er i dag mere relevant end nogensinde på grund af verdens stigende behov for CO<sub>2</sub>-neutrale brændstoffer. Kobber har været kendt i mere end 20 år som den bedste katalysator til fremstillingen af methanol fra CO<sub>2</sub>. Desværre har kobber en lav effektivitet som katalysator og en ringe selektion imod dannelsen af ethanol og længere alkoholer. I CASE har forskerne nærstuderet kobbers egenskaber som katalysator for at kortlægge bindingsværdierne mellem kobber og CO<sub>2</sub> i alle de mellemstadier, der skal til for at danne en alkohol. Undersøgelserne gør forskerne klogere på, hvorfor katalysatoren styrer reaktionen mod methanol som produkt frem for ethanol. Resultaterne er vigtige for udviklingen af nye, mere effektive ethanolkatalysatorer, og for første gang i over 20 år er det faktisk lykkedes at finde et materiale med gode katalysatoregenskaber til dannelsen af ethanol. Katalysatoren, der består af en legering af nikkelgallium (NiGa), skal udforskes yderligere, men den er et vigtigt skridt på vejen til effektive ethanolkatalysatorer.

**Gode råd til eksperimentets udførelse**

1. Det er vigtigt, at eleverne bruger nye zinkstykker. Hvis zinkstykkerne tidligere har været brugt til eksperimenter med en kobbersulfatopløsning, kan de se helt blanke ud. Disse brugte zinkstykker har imidlertid små mængder kobber på overfladen, så hydrogenudviklingen går hurtigere på disse zinkstykker end på helt ubrugte zinkstykker.
2. Hvis man vil vise, at kobberet ikke bliver forbrugt ved reaktionen, kan det for eksempel gøres ved at tilsætte så meget syre, at hele zinkstykket oxideres. Herved vil man se, at kobberet er fuldt og helt bevaret. Et normalt stykke zink vejer typisk maksimalt 1,8 g. For at alt zink skal reagere, skal der bruges 28 ml 1 M svovlsyre. Det er for meget til, at det kan være i et reagensglas. Hvis man derimod bruger en 2 M svovlsyre, skal der kun bruges 14 ml. Det er en passende mængde til et reagensglas. Man skal regne med at lade reagensglasset stå i mere end en time, før alt zink har reageret.
3. En 1 M svovlsyre er mærket med faresymbolet Xi, det vil sige lokalirriterende. Syren irriterer øjnene og huden og skal opbevares utilgængeligt for børn. Kommer stoffet i øjnene, skylles straks grundigt med vand, og læge kontaktes.
4. En 2 M svovlsyre er mærket med faresymbolet C, det vil sige alvorlig ætsningsfare. Syren opbevares under lås og utilgængeligt for børn. Kommer stoffet i øjnene, skylles straks grundigt med vand, og læge kontaktes. Hæld aldrig vand på eller i produktet. Ved ulykkestilfælde eller ved ildebefindende er omgående lægebehandling nødvendig; vis etiketten, hvis muligt.



## Eksperiment 1.3: En overfladisk reaktion

*Eksperiment om partikelstørrelsens betydning for kemiske reaktioner*

### Formål

I skal undersøge, hvordan overfladearealets størrelse påvirker hastigheden af kemiske reaktioner.

### I skal bruge

Marmorklumper ( $\text{CaCO}_3$ )

Saltsyre (HCl) (1 M)

Beskyttelsesbriller

Filterpapir

Hammer

Måleglas (10 ml)

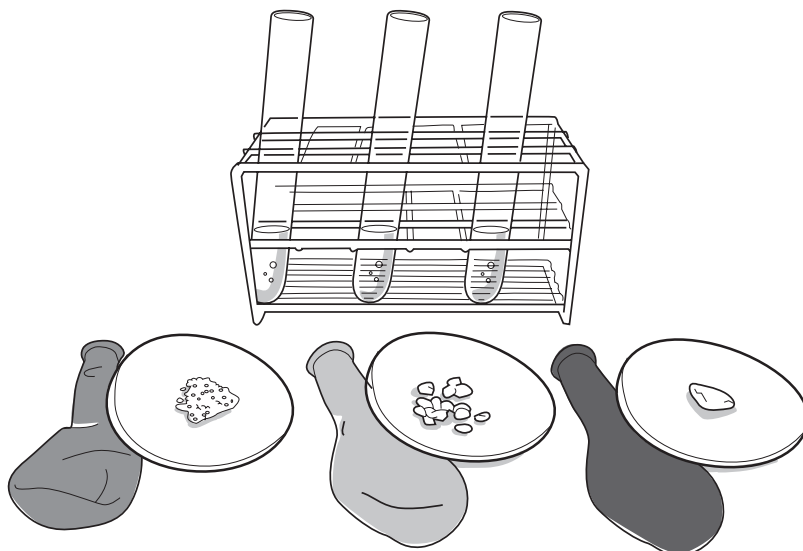
Tragt

Tre balloner i forskellige farver

Tre reagensglas

Reagensglasstativ

Vægt



### Oplæg

Kemiske reaktioner sker altid på overfladen af et eller flere af de faste materialer, der reagerer med hinanden. Det er nemlig her, de reagerende stoffer kommer i kontakt med hinanden. Derfor har størrelsen af overfladen betydning for, hvor hurtigt en reaktion forløber. I dette eksperiment skal I undersøge betydningen af overfladearealets størrelse for hastigheden af reaktionen mellem det faste stof calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) og saltsyre (HCl). Når  $\text{CaCO}_3$  og HCl reagerer med hinanden, bliver der dannet vand ( $\text{H}_2\text{O}$ ), saltet calciumchlorid ( $\text{CaCl}_2$ ) og gassen carbondioxid ( $\text{CO}_2$ ):



### Sådan gør I

1. Læg tre forskelligt farvede balloner oven på hinanden, og stræk dem flere gange.
2. Fold et filterpapir to gange, og åbn det igen. Læg det på vægten, og nulstil (tarer).
3. Afvej 1 g marmorklumper (1-2 klumper).
4. Hæld marmorklumperne ned i den ene ballon. Noter farven på ballonen i skemaet.
5. Hæld et par nye marmorklumper ud på bordet. Tag beskyttelsesbriller på, og slå klumperne i mindre stykker med hammeren.
6. Gentag punkt 2-4. Afvej denne gang 1 g marmorstykker på størrelse med riskorn. Sæt eventuelt en tragt i ballonen for lettere at få marmoret ned i den anden ballon.
7. Gentag punkt 2-4, men afvej nu 1 g groft pulveriseret marmor. Hæld pulveret ned i den tredje ballon.
8. Stil tre reagensglas i stativet, og hæld 5 ml saltsyre i hvert reagensglas.
9. Sæt ballonerne på reagensglasset, uden at marmoret kommer ned i glasset. Lad ballonerne hænge ned langs glasset, mens I sætter dem på. Sørg for, at hver ballon sidder godt 1 cm ned over munden på glasset og ikke sidder skævt mod den ene side.
10. Rejs alle balloner op på én gang, så marmoret falder samtidigt ned i glassene. Slip derefter ballonerne.
11. Noter rækkefølgen af ballonerne, der rejser sig op.

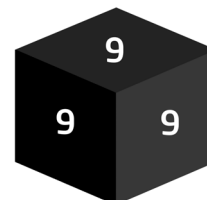
12. Læg mærke til, hvor længe væsken bruser i hvert glas, og noter forskelle.

	Ballonfarve	Rækkefølge	Brusets varighed
Store marmorklumper			
Mellem marmorstykker ('riskorn')			
Groft marmorpulver			

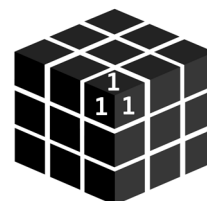
### Efterbehandling

1. Hvad får ballonerne til at rejse sig? \_\_\_\_\_

2. Til højre ses en terning, hvor arealet af hver side er 9. Beregn terningens totale overfladeareal. \_\_\_\_\_



3. Til højre ses en terning af samme størrelse brudt op i mindre terninger. Her er arealet af hver lille side 1. Beregn den lille ternings overfladeareal. \_\_\_\_\_



4. Udregn, hvor mange små terninger der går på en stor, og beregn de små terningers samlede overfladeareal. \_\_\_\_\_

5. Sammenlign overfladearealet af den store terning med summen af de små terningers overfladeareal. Hvilket er størst? \_\_\_\_\_

6. Ud fra dit resultat i spørgsmål 5 hvilken af de tre portioner marmor tror du så har det største overfladeareal? \_\_\_\_\_

7. Ud fra rækkefølgen af ballonerne, der rejser sig, og størrelsen af marmorstykkerne i de tre eksperimenter hvilken betydning vil I så vurdere, at overfladearealet har på reaktionshastigheden?

8. Hvordan stemmer svaret i spørgsmål 5 overens med, hvor længe væsken i hvert af de tre glas var om at bruse af?

## Ekspæriment 1.3: En overfladisk reaktion

*Ekspæriment om partikelstørrelsens betydning for kemiske reaktioner*

### Baggrundstekst

Afsnittet 'Kemiske katte'

### Beskrivelse

Eleverne påviser, at den kemiske reaktion mellem det faste stof calciumcarbonat og saltsyre forløber hurtigere, jo større overfladen af calciumcarbonat er.

### Forklaringer

Når saltsyre (HCl) og calciumcarbonat (CaCO<sub>3</sub>) reagerer, sker følgende reaktion:



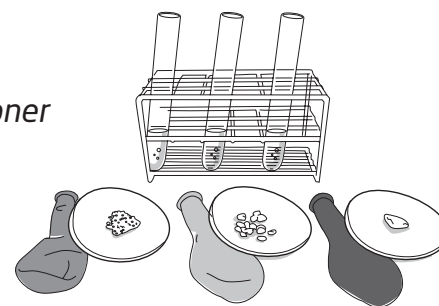
Eleverne kan iagttage og vurdere reaktionens hastighed på forskellene mellem, hvor hurtigt de tre balloner på reagensglassene rejser sig. Trykket af dannet CO<sub>2</sub> i ballonerne er dog ikke stort nok til at puste ballonerne op, så ekspærimentet giver ikke et mål for, hvor meget CO<sub>2</sub> der dannes. Gasudviklingen sker hurtigst i reagensglasset med de mindste stykker calciumcarbonat. Her findes det største overfladeareal af det faste stof og dermed også den største kontaktflade mellem de to reaktanter. Af samme årsag løber reaktionen i dette glas også først til ende, hvilket eleverne konstaterer ved, at dannelsen af CO<sub>2</sub>-bobler i væsken ophører.

Sammenligningen af den store ternings samlede overfladeareal, når den er henholdsvis intakt og brudt op i mindre terninger, skal illustrere for eleverne, at mange små partikler har en større samlet overflade end en større partikel med samme masse. Heraf kan de konkludere, at de mindste stykker marmor ligeledes har et større samlet overfladeareal end de større stykker, da de bruger samme masse (1 g) i alle tre ekspærimenter.

Calciumcarbonat er en reaktant og omdannes i reaktionen i modsætning til en katalysator, der er kendetegnet ved at øge hastigheden af kemiske reaktioner uden selv at blive forbrugt. Overfladearealet på en fast katalysator har dog lige så stor betydning for dennes effektivitet, da den katalytiske reaktion også sker på overfladen af katalysatoren. Dette ekspæriment kan derfor bruges i forbindelse med det afsnit og de af kapitlets øvrige ekspærimenter, der fokuserer på funktionen og brugen af katalysatorer. Virkelighedens katalysatorer fremstilles ofte i nanostørrelse, netop for at hæve deres virkningsgrad.

### Gode råd til ekspærimentets udførelse

1. Brug eventuelt et skærebæret eller en voksdug for at skåne bordfladen, når eleverne knuser marmorstykker.
2. Efterbehandlingen kan udbygges til at handle om variabler i ekspærimentet. Start med at forklare, at overfladearealet er en variabel, det vil sige en faktor, der kan påvirke ekspærimentet. Det er den eneste variabel, eleverne ændrer på. Spørg så eleverne, hvilke andre variabler de tror kan påvirke hastigheden af reaktionen. For eksempel kunne de ændre mængden af calciumcarbonat, koncentrationen og mængden af saltsyre eller den omgivende temperatur.



## Ekspæriment 1.4: Biologiske og ikke-biologiske katalysatorer

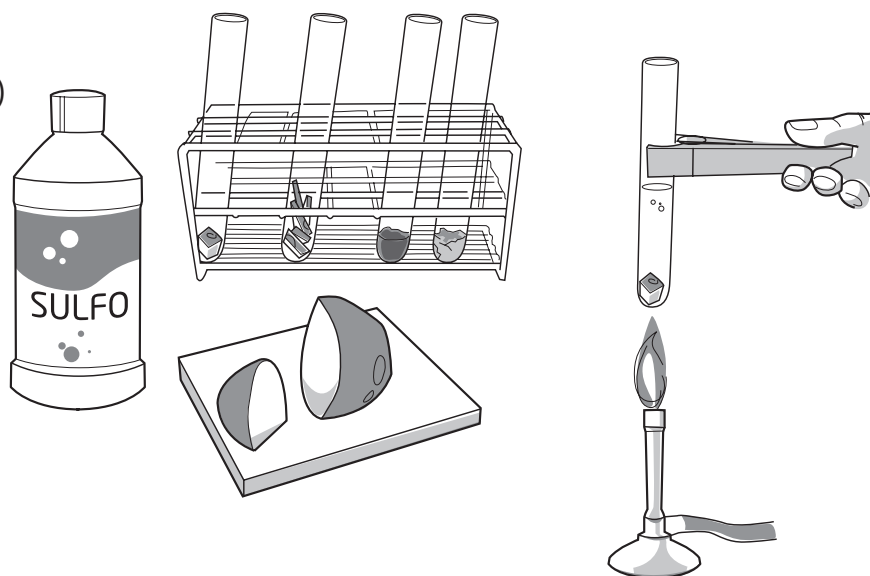
### Spaltning af hydrogenperoxid med et enzym og en laboratorieskabt katalysator

#### Formål

I skal udføre et ekspæriment, hvor I undersøger effektiviteten af enzymer og ikke-biologiske katalysatorer.

#### I skal bruge

Brunsten ( $MnO_2$ )  
 Hydrogenperoxid (brintoverilte,  $H_2O_2$ ) (3 %)  
 Lever fra kylling eller andet dyr  
 Rå kartoffel  
 Sulfosæbe (opvaskemiddel)  
 Bunsenbrænder  
 Fem store reagensglas  
 Kniv  
 Reagensglasstativ  
 Spatel  
 Træklemme  
 Træpind



#### Oplæg

Hydrogenperoxid har formelen  $H_2O_2$ . Det findes opløst i vand.  $H_2O_2$  er ustabil og spaltes langsomt til oxygen ( $O_2$ ) og vand. Tilsætningen af enten en biologisk katalysator, det vil sige et enzym, eller en ikke-biologisk katalysator kan sætte fart på reaktionen. Spaltningen af  $H_2O_2$  kan skrives som:



#### Sådan gør I

1. Stil fem reagensglas i et reagensglasstativ. Hæld nogle dråber sulfosæbe ned i hvert glas.
2. Skær tre lige store, terningformede stykker ud af en rå kartoffel. Undgå skrællen. Sidelængden af terningerne skal være, så et kartoffelstykke kan glide ned i et reagensglas.
3. Læg et stykke kartoffel ned i det første reagensglas, og fyld det halvt op med vand. Sæt en træklemme omkring glasset. Tænd en bunsenbrænder, og hold glasset ind i flammen. Pas på stødkogning.
4. Hæld vandet ud i vasken, når vandet har kogt cirka et minut. Lad det kogte kartoffelstykke blive i glasset.
5. Læg et stykke rå kartoffel i det andet glas.
6. Hak det tredje stykke kartoffel, og læg stykkerne ned i det tredje glas.
7. Hak leveren fint, og læg en halv teskefuld ned i det fjerde glas.
8. Hæld en halv spatelfuld brunsten (mangandioxid,  $MnO_2$ ) ned i det femte glas.
9. Hæld hydrogenperoxid i alle fem glas, til glassene er halvt fyldt. Når det bruser kraftigt i et af glassene, skal I tænde en træpind. Når den har brændt et stykke tid, skal I puste flammen ud, så der kun er gløder tilbage på spidsen af pinden. Hold det glødende træ helt hen til skummet, dog uden at pinden rører det. Hvad ser I? Giv en forklaring på det observerede:

Hvordan var reaktionshastigheden i de fem glas?

---

---

Forklar, hvorfor reaktionshastigheden er forskellig i glassene:

---

---

### **Forklaring**

I kartofler og lever findes enzymet katalase. Enzymer er biologiske katalysatorer, der sætter skub i eksempelvis kroppens kemiske reaktioner. Enzymer kan ikke tåle høje temperaturer, derfor ødelægges katalasen, når I koger kartofflen. Brunsten (mangandioxid,  $\text{MnO}_2$ ) er ligesom katalase en katalysator. Brunsten stammer dog ikke fra en levende organisme, men er fremstillet i laboratoriet, derfor kaldes det for en ikke-biologisk eller uorganisk katalysator.

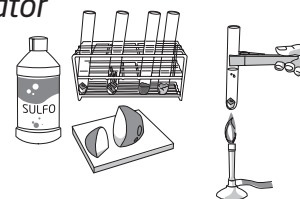
Jo større kontaktflade enzymet eller katalysatoren har, jo flere molekyler kan den komme i kontakt med, og jo mere effektiv er den.

## Ekspæriment 1.4: Biologiske og ikke-biologiske katalysatorer

### *Spaltning af hydrogenperoxid med et enzym og en laboratorieskabt katalysator*

#### Baggrundstekst

Afsnittet 'Kemiske katte'



#### Beskrivelse

Eleverne eksperimenterer med spaltningen af hydrogenperoxid ( $H_2O_2$ ) ved hjælp af enzymet katalase fra kartofler og lever og ved hjælp af den uorganiske katalysator brunsten ( $MnO_2$ ). De konkluderer, at begge stoffer øger hastigheden på reaktionen, og at enzymet ødelægges, når kartofflen koges.

#### Forklaringer

##### Reaktionen

I det første glas dannes der ingen  $O_2$ -gas, fordi katalasen i kartofflen er blevet ødelagt ved kogning. I det andet glas er der en behersket reaktion, mens reaktionen i det tredje glas er kraftigere, fordi den findelte kartoffel har en større kontaktoverflade med væsken. I glassene med hakket lever og brunsten har henholdsvis katalasen og katalysatoren endnu bedre kontakt til væsken, og reaktionerne er derfor kraftigere. Sæbeskummet bliver pustet op af den dannede oxygen, hvilket eleverne får bekræftet ved at stikke en glødende træpind hen til skummet (uden at pinden rører det). Skummet falder sammen, fordi glødepinden forbruger  $O_2$ .

##### Hydrogenperoxid

$H_2O_2$  bruges blandt andet som desinfektionsmiddel. For eksempel findes det i lægemidlet Oxydol, der bruges til at rense sår på huden for bakterier, som dræbes af det frigivne oxygen. Ved udvendige sår kan man se, at det bruser på såret, fordi der frigives oxygen. Hydrogenperoxid er blandt verdens 15 mest producerede kemikalier. Den industrielle produktion er en kompliceret proces, der involverer hydrogenering af en såkaldt anthraquinon ved hjælp af en nikkel- eller palladiumkatalysator frem for direkte oxidering af hydrogen. En rentabel produktion kræver derfor fremstilling i tonsvis i store, centraliserede anlæg, hvorfra  $H_2O_2$  distribueres. Under tsunamien i det Indiske Ocean i 2004 løb man i Thailand tør for desinfektionsmiddel på grund af det store forbrug og den lange distributionsvej fra  $H_2O_2$ -fabrikkerne. Hvis man kunne fremstille hydrogenperoxid direkte fra hydrogen og oxygen, ville det være muligt at producere det i mindre skala på lokale fabrikker og dermed spare både tid og store mængder energi på fremstilling og transport. Forskerne har ledt efter katalysatorer til direkte oxidering af hydrogen i over 100 år, men endnu uden held. Den nyeste forskning tyder dog på, at man kan lave en egnet katalysator af guld og palladium.

##### Katalase

Kartofler indeholder enzymet katalase. Det samme gør dyr og mennesker. Enzymet omdanner det hydrogenperoxid, der ved forskellige processer dannes i cellerne. Hydrogenperoxid er nemlig en kraftig cellegift, der skal fjernes så hurtigt som muligt. Katalase er da også det mest effektive af alle kendte enzymer og kan omsætte 10 millioner  $H_2O_2$ -molekyler/sek. Andre enzymer omsætter typisk 1.000-10.000 molekyler i sekundet. Katalasen spalter hydrogenperoxid til vand og oxygen. Man kan vise spaltning af hydrogenperoxid ved at tilsætte en dråbe blod fra et menneske eller et stykke kyllingelever, som begge indeholder katalase. Katalysatorer er uorganiske stoffer, mens enzymer er organiske. Sidstnævnte er desuden proteiner og ødelægges derfor ved høj temperatur.

#### Gode råd til eksperimentets udførelse

1. Koncentreret hydrogenperoxid er en 30 %-opløsning. Den må eleverne ikke bruge. I stedet fremstiller læreren en 3 %-opløsning (kan også købes på apoteket).
2. I eksperimentet bruges brunsten som katalysator. Man kunne også bruge pulveriseret kul, for eksempel trækul. Katalysatorer bruges ofte som findelt pulver, for at overfladen skal blive så stor som mulig.



## Eksperiment 1.5: Colaspringvand

### Eksperiment med katalysatorer

#### Formål

I skal vise, at en kemisk reaktion forløber hurtigere, når I tilsætter en katalysator. Derefter skal I opstille og afprøve hypoteser for, hvordan I kan påvirke reaktionen.

#### I skal bruge

En pakke Smarties (14 pastiller)  
 To ruller mint Mentos (28 pastiller)  
 En flad halvliters sukkerfri Cola (åbnet dagen forinden)  
 To friske halvliters sukkerfri Cola  
 Karton  
 Målebæger (500 ml)  
 Saks  
 Si  
 Tape

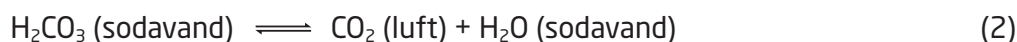


#### Oplæg

Sodavand indeholder kulsyre ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), som er dannet ved at opløse carbondioxid ( $\text{CO}_2$ ) i væsken under tryk:



Når låget skrues af sodavandsflasken, omdannes noget af  $\text{H}_2\text{CO}_3$  hurtigt til bobler af  $\text{CO}_2$ , der bruser op af væsken og ud af flasken. Det sker, fordi trykket inde i flasken falder til trykket i luften udenfor. Resten af  $\text{H}_2\text{CO}_3$  bliver derefter langsomt omdannet til  $\text{CO}_2$ , indtil der opstår en ligevægt mellem mængden af  $\text{CO}_2$ , der er opløst som  $\text{H}_2\text{CO}_3$  i sodavanden, og mængden af fri  $\text{CO}_2$  i luften:



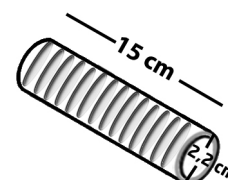
Dannelsen af  $\text{CO}_2$  (2) sker ikke så let frit i væsken. Boblen skal helst have en overflade, som den kan dannes på, eksempelvis en lille urenhed eller en ujævnhed på indersiden af flasken. Hvis vi gerne vil have reaktionen til at løbe hurtigere, kan vi tilsætte en katalysator. En katalysator er nemlig et materiale, der sætter fart på kemiske reaktioner.

I dette eksperiment er katalysatoren en Mentos. Mentospastillen har en meget ru overflade, og når vi smider den ned i sodavanden, øger den arealet af den samlede overflade, som  $\text{CO}_2$  kan dannes på.

#### Sådan gør I

##### Eksperiment 1

1. Lav et rør af karton, cirka 2,2 cm i diameter og 15 cm i højden. Kontroller rørets diameter ved at skubbe en uåbnet pakke Mentos ned i røret. Den skal let falde igennem, dog uden for meget luft mellem pakken og røret.



2. Hold et stykke karton under røret, og fyld røret med 14 mint Mentos. Pastillerne skal ligge stablet i én søjle. Hvis nogle af pastillerne ligger side om side, blokerer de flaskens åbning, når de falder ned.
3. Stil en halvliteres sukkerfri Cola udendørs eller i en stor vask.
4. Åbn flasken, og hold røret med Mentos lige over flaskens åbning som vist på tegningen på forrige side. Fjern hurtigt kartonen under røret, og fjern hurtigt hånden, når pastillerne er faldet ud af røret.
5. Si den tilbageværende væske fra flasken over i et målebæger. Noter mængden i skemaet herunder.

### *Eksperiment 2 og 3*

I skal nu lave to eksperimenter mere. Først skal I opstille to hypoteser, det vil sige prøve at forudsige, hvordan reaktionen forløber, når:

A. Der er mindre  $H_2CO_3$  i colaen (sodavanden er 'flad'). Hypotese: \_\_\_\_\_

B. Katalysatoren har en mindre overflade. Hypotese: \_\_\_\_\_

Væske	Katalysator	ml væske tilbage
Frisk sukkerfri Cola	14 mint Mentos	
Flad sukkerfri Cola	14 mint Mentos	
Frisk sukkerfri Cola	14 Smarties	

6. Gentag punkt 2-5 med en 'flad' Cola.
7. Gentag punkt 2-5 med 14 Smarties.
8. Beskriv, hvad der skete i punkt 6 og 7. \_\_\_\_\_

---

Passer jeres hypoteser med det, I observerede?

---

9. Diskuter i klassen, hvilket eksperiment der virkede bedst, det vil sige, hvor der brusede mest cola og dermed  $CO_2$  ud af flasken. Hvorfor var dette forsøg bedst? \_\_\_\_\_

---

10. Hvilke fejlkilder kan have påvirket eksperimenterne? \_\_\_\_\_

---

11. Hvorfor tror I, det er vigtigt, at alle klassens hold bruger colaer med samme udløbsdato, når I sammenligner jeres resultater? \_\_\_\_\_

---



---

## Eksperiment 1.5: Colaspringvand

### Eksperiment med katalysatorer

#### Baggrundstekst

Afsnittet 'Kan du arbejde som forsker?'



#### Beskrivelse

Eleverne tilsætter Mentospastiller og Smarties til friske og 'flade' sodavand og iagttager reaktionen. Undervejs opstiller og afprøver de hypoteser om pastillernes virkning.

#### Forklaringer

Ideen bag dette eksperiment er at illustrere virkningen af en katalysator. En katalysator er et materiale, der øger hastigheden af en kemisk reaktion. I dette eksperiment er katalysatoren Mentospastillerne. Kendeteggende for en katalysator er, at den ikke selv forbruges i reaktionen og derfor kan bruges gentagne gange. Da Mentospastillerne over tid opløses i colaen, er sammenligningen med en katalysator med hensyn til denne egenskab en forenkling.

#### Reaktionen

I sodavand er  $\text{CO}_2$  opløst som kulsyre ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), og omdannelsen til gassen  $\text{CO}_2$  sker ikke så let frit i væsken. Der skal helst være en overflade, som bryder væskens overfladespænding, og som boblerne derved kan dannes på, eksempelvis indersiden af flasken. Ved at tilsætte Mentospastiller øges overfladearealet kraftigt og udløser en næsten eksplosiv frigivelse af  $\text{CO}_2$  fra colaen. I eksperimentet skal eleverne bruge mint Mentos frem for frugt Mentos, da de førstnævnte har en mere ru overflade. Gummi arabicum på Mentosoverfladen nedsætter ligeledes overfladespændingen. Endelig kan sammensætningen af andre overfladeingredienser også påvirke væskens overfladespænding og dermed reaktionshastigheden.

Densiteten af pastillerne påvirker også reaktionshastigheden. Mentospastiller har en større densitet end vand og synker derfor hurtigt til bunden af flasken. Undervejs danner de bobler, der fungerer som endnu en overflade, hvorpå der dannes yderligere  $\text{CO}_2$ . Smarties sætter derimod mindre fart på reaktionshastigheden, fordi de har et mindre overfladeareal, og fordi de synker langsommere. Man bør være opmærksom på, at Smartiespastillernes overfladeingredienser er forskellige fra Mentospastillernes. Dette er således også en variabel, der kan påvirke reaktionshastigheden. Denne er dog ikke medtaget i elevforsøget.

Sukkerfri cola er bedre til eksperimentet end almindelig cola, fordi de sukkerfrie varianter indeholder sødemidlet aspartam og konserveringsmidlet kaliumbenzoat. Begge stoffer nedsætter overfladespændingen i væsken, så reaktionen forløber hurtigere.

#### Gode råd til eksperimenternes udførelse

1. Eksperimentet hører til udendørs eller kræver en stor vask, da det sviner meget.
2. Brug sukkerfri cola, da det klistrer mindre og virker bedre end almindelig cola.
3.  $\text{CO}_2$  diffunderer igennem plastikflasker, så over tid mister colaen sin brus. Brug derfor colaer med samme udløbsdato, så mængden af dannet  $\text{CO}_2$  bedst kan sammenlignes.
4. Brug colaer med samme temperatur. Som alle andre gasser er  $\text{CO}_2$  mindre opløselig i varmt vand. Varm cola frigiver derfor mere gas end kold cola.

#### Fejlkilder

1. Mængden af  $\text{CO}_2$  kan variere fra cola til cola. Det samme gælder temperaturen.
2. Mentospastillerne kan ligge forskelligt fra rør til rør og dermed falde ned i colaerne med forskellige hastigheder.
3. Noget af væsken fra springvandet kan falde tilbage i flasken.