

Hvad har du lært?

Efter hvert af de fire ovennævnte kapitler vil der i arbejdshæftet være nogle teoriopgaver under overskriften „Hvad har du lært?“ Ved at løse dem får du slået de vigtigste ting fra det pågældende kapitel fast.

Global forurening

Det sidste kapitel i bogen henvender sig til jer alle, idet det handler om den verdensomspændende forurening af havene, jorden og atmosfæren, som vi er vidne til i dag.

Under arbejdet med de enkelte kemiske produktioner vil I opdage, at enhver kemisk virksomhed løber ind i nogle forureningsproblemer af større eller mindre omfang. Det kan f.eks. være giftigt affald eller produkter, som er sundhedsskadelige og derfor skal behandles med varsomhed. I dag bliver vi mere og mere bevidste om, at der må gøres noget ved disse problemer, hvis ikke vi skal ødelægge vore egne livsbetingelser.

I kapitel 6 sammenfatter vi disse forurenings- og affaldsproblemer og ser på, hvad der kan gøres for at mindske den globale forurening af vore naturlige ressourcer: vandet, jorden og luften!



På denne kemiske fabrik anvendes katalysatorer, der er fremstillet i Danmark.

Katalysatorer sætter skub i kemiske processer



Nogle kemiske reaktioner går meget hurtigt!



Andre kemiske processer går forholdsvis langsomt

FÆLLESFORSØG

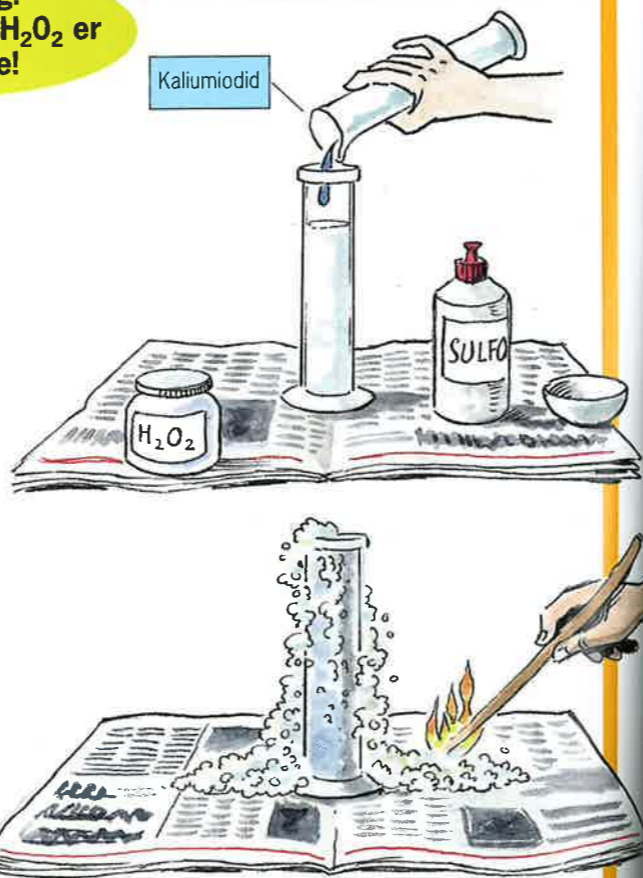
Forsøg med skumdannelse

Forsigtig! Koncentreret H₂O₂ er ætsende!

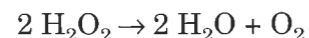
Vi blander ca. 50 mL koncentreret hydrogenperoxid (brintoverilte) H₂O₂ (33%) med 5-10 mL sulfosæbe i en porcelænskål. Derefter hælder vi det ned i et højt cylinderglass og stiller cylinderglasset på en avis.

Vi hælder nu ca. 10 mL kaliumiodidopløsning (ca. 10%) ned i blandingen og ser, hvordan der efter et lille stykke tid dannes kraftigt skum, som stiger op i glasset og vælter ud på bordet.

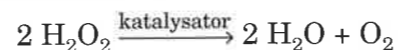
Vi antænder en træpind, lader den brænde et øjeblik og puster derefter flammen ud, så pinden kun gløder. Når vi nu stikker den glødende træpind ind i skummet og bevæger den lidt rundt, ser vi, at den ikke slukkes, men flammer op som tegn på, at skummet indeholder oxygen O₂.



I forsøget spaltes hydrogenperoxid til vand og oxygen:



Men det er først, når vi tilsætter kaliumiodid KI, at der sættes skub i processen. Vi siger, at kaliumiodid virker som en katalysator. Man kan skrive det således:



I den følgende laboratorieopgave skal I selv prøve at få en kemisk proces til at gå hurtigere ved at bruge en katalysator.

Laboratorieopgave 1

Kobber som katalysator

I denne laboratorieopgave skal I prøve at få en hydrogenproduktion til at gå hurtigere ved hjælp af en katalysator.



I den kemiske industri er det vigtigt, at reaktionerne ikke går for langsomt. Nogle kemiske processer er nemlig normalt så langsomme, at man i løbet af en arbejdsdag ville få fremstillet alt for lidt. Resultatet ville blive, at de fremstillede produkter blev alt for dyre. Derfor gør man udstrakt brug af katalysatorer, som sætter reaktionshastigheden op.

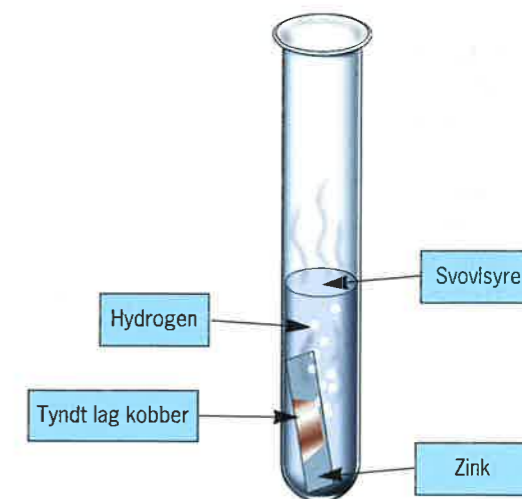
Hvad er en katalysator?

I laboratorieopgave 1 så du, at man kan producere hydrogen ved at opløse et stykke zink i svovlsyre.

Men reaktionen gik meget langsomt. Du så, at man kunne få reaktionen til at gå langt hurtigere ved at lade zinkstykket komme i berøring med frit kobber. En smart måde at gøre dette på består i at hælde lidt kobbersulfat i svovlsyren. Her ved udfældes der frit kobber på zinkstykket. En nærmere undersøgelse har vist, at det udfældede kobber slet ikke forsvinder. Det er kun zinken, der opløses.

Kobberet i dette forsøg virker som en katalysator, idet en katalysator er et stof, som får en kemisk proces til at gå hurtigere, uden at det selv forbruges. Katalysatoren sætter skub i produktionen og kan bruges igen og igen.

En katalysator er et stof, der uden selv at blive forbrugt kan forøge reaktionshastigheden for en kemisk reaktion

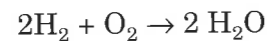


Det tynde lag kobber virker her som katalysator.

En katalysator kan starte en proces ved en lavere temperatur

Undertiden kan en katalysator få en kemisk proces til at starte ved en lavere temperatur end normalt.

Det gælder f.eks. den proces, der foregår, når hydrogen brænder. Hydrogen reagerer her med luftens oxygen og danner vand:



FÆLLESFORSØG

Platin som katalysator

Vi opvarmer en lille platintrådsspiral i flammen fra en gasbrænder (for at rense platintrådens overflade). Vi slukker for brænderen og venter, til platintråden er blevet afkølet. Derefter sætter vi den kolde platintråd ind i en rolig strøm af hydrogen fra en trykflaske.

Vi ser, hvordan platintråden inde i den kolde strøm af hydrogen bliver varmere og varmere. Til sidst begyn-



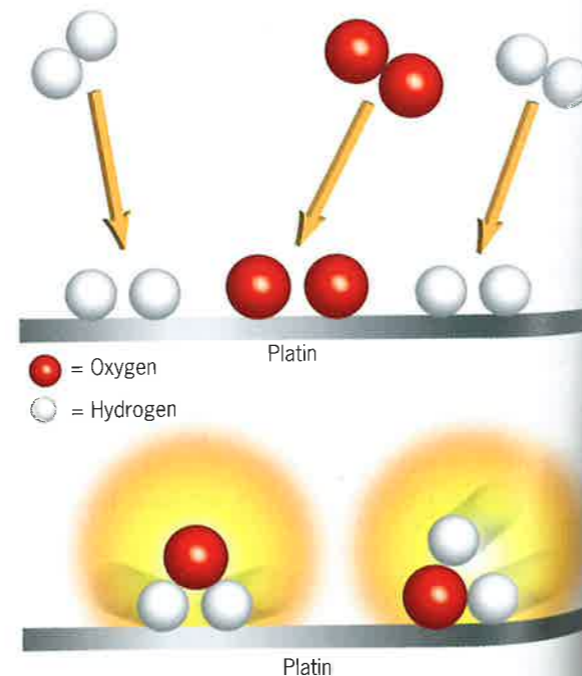
der den at gløde og bliver måske endda så varm, at den udstrømmende hydrogen antændes.

Hvordan virker en katalysator?

Vi har set, at en platintråd kan starte forbrændingen af hydrogen ved en lavere temperatur end normalt. Det skyldes, at der på overfladen af platintråden fanges nogle hydrogen- og oxygen-molekyler. Herved svækkes bindingen mellem atomerne i såvel hydrogen-molekylet som i oxygen-molekylet.

Hydrogen-atomerne kan nu lettere reagere med oxygen-atomerne, og den varme, der udvikles ved reaktionen, opvarmer platintråden. Herved kan platintrådens temperatur blive så høj, at hydrogenet antændes.

På lignende måde kan vi ved at bruge cigaret-afske som katalysator få et stykke sukker til at brænde.



Denne proces starter ikke, hvis man blot lukker noget hydrogen ud i luften. Det kræver normalt en høj temperatur, f.eks. fra en tændstikflamme, som er over 500 grader varm. Det så du i laboratorieopgave 1, da du antændte det dannede hydrogen.

Men ved at bruge platin som katalysator kan man få denne proces til at starte ved en meget lavere temperatur. Det kan vi vise ved et forsøg.

FÆLLESFORSØG

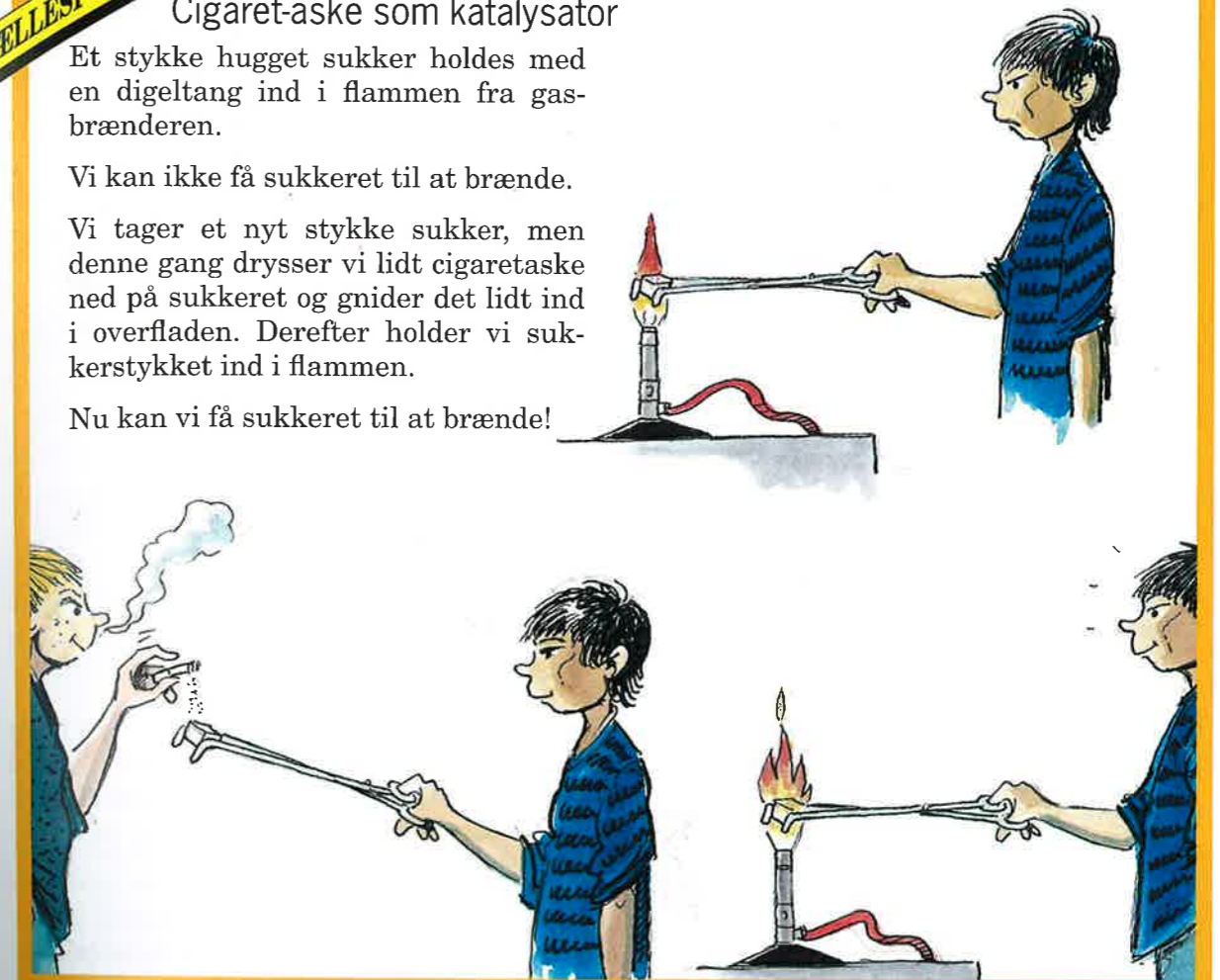
Cigaret-afske som katalysator

Et stykke hugget sukker holdes med en digeltang ind i flammen fra gasbrænderen.

Vi kan ikke få sukkeret til at brænde.

Vi tager et nyt stykke sukker, men denne gang drysser vi lidt cigaretaske ned på sukkeret og gnider det lidt ind i overfladen. Derefter holder vi sukkerstykket ind i flammen.

Nu kan vi få sukkeret til at brænde!



Hvad særligt er der ved cigaretaske?

I den første del af forsøget var flammens temperatur ikke høj nok til at antænde sukkeret. Men lidt cigaretaske på sukkeret fik det til at brænde, selv om flammens temperatur var den samme.

Cigaretasken fungerer nemlig som en katalysator, fordi der i tobak er små mængder af forskellige metalsalte. Når tobakken er brændt, er saltene tilbage i asken. De indeholder blandt andet metallerne jern og cerium. De virker som en katalysator, der gør, at oxygen-molekylerne fra luften lettere kan angribe sukkerets atomer.



Tobak indeholder mange skadelige stoffer, blandt andet en del metalsalte.

Katalysatorer i hverdagen

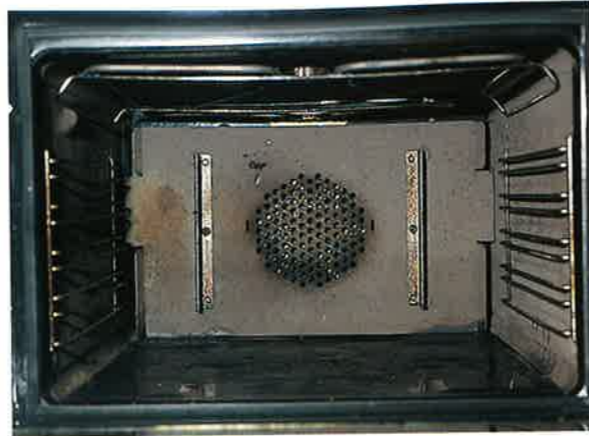
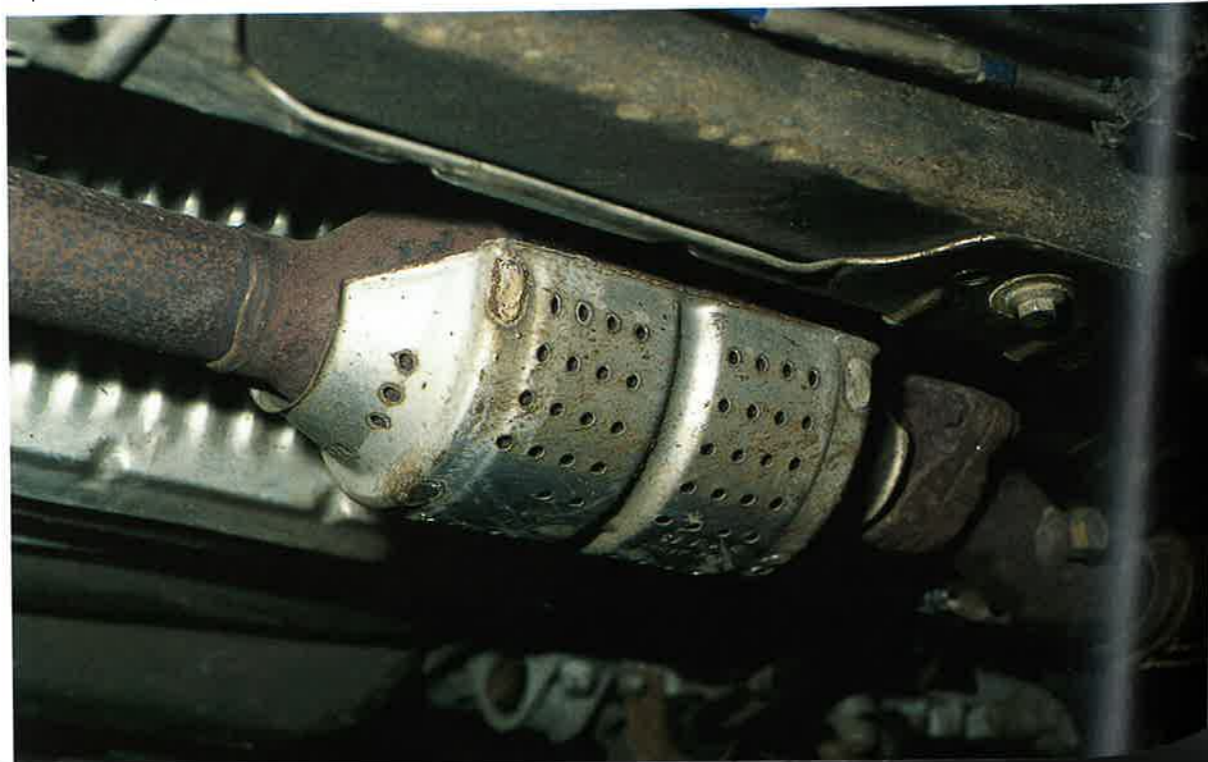
Nogle moderne bageovne er selvrensende. De har en belægning af cerium-oxid på ovnvæggene. Her fungerer cerium som en katalysator, der spalter det fedt, som sætter sig på væggene. Ovnen kan derfor rengøres blot ved aftørring med en klud.

Nye biler er i dag ofte udstyret med en katalysator, som sidder midt på udstødningsrøret, så udstødningsgasserne ledes igennem katalysatoren, inden de kommer ud i den fri luft. Katalysatoren er opbygget af mange små rum, hvor hele den indre overflade er belagt med de ædle metaller platin og rhodium. Det er disse to metaller, der fungerer som katalysator. De spalter og omdanner de skadelige stoffer fra forbrændingen i motoren til mere uskadelige luftarter som vanddamp, kuldioxid og nitrogen.

Industrien er afhængig af katalysatorer

Over hele verden er der brug for katalysatorer, idet de fleste kemiske produkter i dag laves med anvendelse af katalysatorer.

Katalysatoren på en bil sidder midt på udstødningsrøret under bilen. Under kørslen bliver katalysatoren meget varm. Man må derfor ikke parkere bilen på en tør græsmark. Der kan gå ild i græsset.



Moderne selvrensende ovn. En belægning på ovnvæggene virker som katalysator. Det fedt, der sætter sig på væggene, omdannes til et tørt pulver.

Det gælder for eksempel plastic, benzin, margarine, svovlsyre, salpetersyre og gødning. Man regner med, at over 90% af alle kemiske industriprocesser foregår med brug af katalysatorer.

Nu arbejder man også meget med at finde katalysatorer, der kan gøre de kemiske produktioner mere miljøvenlige, så der ikke dannes skadelige biprodukter ved produktionen.



Haldor Topsøes hovedkvarter i Lyngby, som har specialiseret sig i produktion af katalysatorer.

Dansk produktion af katalysatorer

Nogle af de katalysatorer, der bruges verden over, er fremstillet i Danmark – de fleste af firmaet Haldor Topsøe A/S, som har specialiseret sig i produktion af katalysatorer.

Dette firmas hovedkvarter ligger i Lyngby nord for København. Katalysatorerne produceres i Frederikssund og i Houston, Texas i USA.

Firmaet blev grundlagt af Haldor Topsøe i 1940. I dag er der omkring 1400 ansatte. Ca. en fjerdedel af de ansatte er ingeniører.

Topsøes katalysatorer

Haldor Topsøe A/S forsker i og udvikler nye typer af katalysatorer, som sælges over hele verden.

Firmaet fremstiller mange forskellige slags katalysatorer. De kan have forskelli-

ge størrelser, fra brøkdeler af en millimeter til nogle centimeter. Da de skal kunne tåle høj temperatur, bliver de fremstillet af mineraler og metalforbindelser med et højt smeltepunkt.

Mineralet er ofte kun bærer for det virksomme stof, som i mange tilfælde påføres overfladen af mineralet. Man bruger ofte metallerne jern, zink, cobalt, kobber, chrom og nikkel, men også mindre kendte metaller som molybdæn, vanadium, kalium og cæsium.

Katalysatorer skal ofte virke på en gas, der strømmer hen over dem. Derfor fremstilles en katalysator, så den får så stor en overflade som muligt. Det søger man at opnå ved at opbygge den af et mineral, som er meget porøst, så katalysatoren i stor forstørrelse ligner en ost, der er gennemhullet på kryds og tværs.

For at firmaet Topsøe kan opretholde sin førerstilling på verdensplan, sørger man for, at forskerne har rådighed over det bedste apparatur, der kan købes.



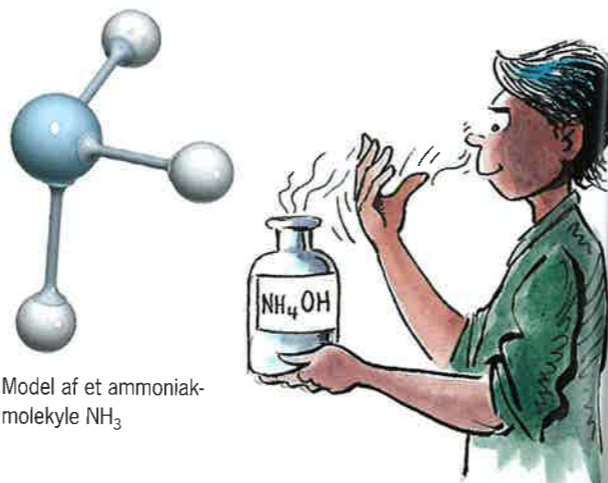
Fremstilling af ammoniak

Et eksempel på, at katalysatorer kan spille en afgørende rolle i den kemiske industri, er produktionen af ammoniak NH_3 .

Luftarten ammoniak er et af verdens vigtigste kemikalier. Du kender lugten fra mange rengøringsmidler. I industrien bruges ammoniak blandt andet til fremstilling af sprængstoffer, gødning og mange andre ting.

Ammoniak-molekylet NH_3 består af 1 nitrogen-atom og 3 hydrogen-atomer. Det er derfor nærliggende at forsøge at fremstille ammoniak ved at anvende det nitrogen N_2 , der er i den atmosfæriske luft, og hydrogen H_2 , som kan fås fra olie eller naturgas.

Men det er ikke let at få disse to luftarter til at reagere med hinanden. Det skyldes, at nitrogen-atomerne i luftens N_2 -molekyler er bundet sammen med så stærke bindinger, at de er meget svære at skille ad. Den proces, vi ønsker skal ske, kan illustreres ved hjælp af plastkugler fra molekyle-byggesættet:



Model af et ammoniak-molekyle NH_3

Ammoniak NH_3 er både en stikkende og giftig luftart. Hvis du derfor vil lugte til flasken med fortyndet ammoniakvand, skal du blot forsigtigt vifte lidt af dampene hen under næsen.



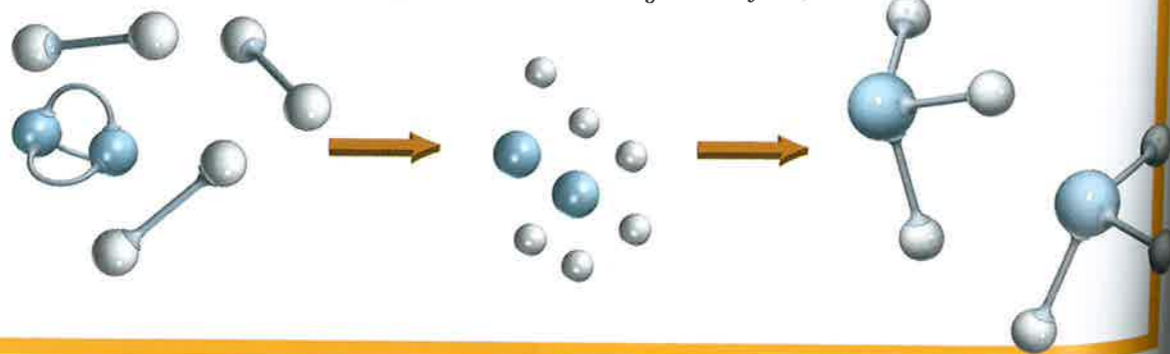
Model af et nitrogen-molekyle N_2 . De to N-atomer er holdt sammen af meget stærke bindinger.

FÆLLESFORSØG

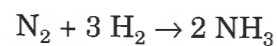
En model af ammoniak-fremstilling

Vi bygger med plastkugler et N_2 -molekyle og tre H_2 -molekyler og lægger dem ved siden af hinanden på bordet.

Derefter skiller vi alle fire molekyler ad igen og samler atomerne til to NH_3 -molekyler.



Ovenstående kemiske proces kan skrives således:



På ammoniak-fabrikkerne kan man kun få denne proces til at foregå ved at anvende højt tryk, høj temperatur og en passende katalysator.

Topsøes ammoniak-katalysator

I Danmark er der ingen fabrikker, som fremstiller ammoniak. Men mere end halvdelen af al den ammoniak, der fremstilles i verden, produceres med brug af firmaet Topsøes små katalysatorer. De fremstilles i Danmark og sendes ud til ammoniakfabrikker over hele verden.

Det virksomme stof i disse katalysatorer er jern med forskellige hjælpestoffer, og for at kunne producere store mængder ammoniak skal der bruges en stor mængde af de små katalysatorer.

På ammoniakfabrikken hældes de små katalysatorer ind i en stor metalbeholder, som kan være helt op til 150 m^3 stor, dvs. på størrelse med et klasselokale. Når katalysatorbeholderen er helt fyldt, presser man en blanding af nitrogen og hydrogen i forholdet 1:3 igennem beholderen, idet man sørger for at opretholde en temperatur på mindst 500°C og et tryk på op til flere hundrede atmosfære. På katalysatorernes overflade dannes der da ammoniak.

Nitrogen får man fra den atmosfæriske luft, der jo indeholder 80% nitrogen. Hydrogen fås ofte fra naturgas, som hovedsageligt består af metan CH_4 . Ved at tilsætte vanddamp ved høj temperatur og lede blandingen af vanddamp og metan hen over en passende katalysator kan man løsriver hydrogen-atomer fra metan-molekylerne, så der dannes frit hydrogen H_2 .

Fremstilling af ammoniak uden katalysator

Man kan godt fremstille ammoniak uden brug af katalysator, hvis man som udgangspunkt anvender kemiske forbindelser, hvor nitrogen-atomerne ikke er så fast bundet som i ren nitrogen. I den følgende laboratorieopgave skal I selv prøve at fremstille ammoniak på denne måde.



Ved hjælp af sådanne katalysatorer fra firmaet Haldor Topsøe fremstilles der ammoniak over hele verden.

Laboratorieopgave 2

Ammoniak-springvandet

Luftarten ammoniak opløses meget let i vand.

I denne laboratorieopgave skal I fremstille noget ammoniak og opløse det i vand, så der dannes et springvand.



Katalysatorer til olie og benzin

På et olieraffinaderi bruger man katalysatorer, når man skal bearbejde den olie, der hentes op fra undergrunden.

Råolie består hovedsageligt af molekyler, der er opbygget af kul-atomer C og hydrogen-atomer H. Disse molekyler kaldes i daglig tale kulbrinte-molekyler, men den korrekte kemiske betegnelse er carbonhydrider (af latin: carbon = kulstof).

Kul- og hydrogen-atomer kan danne et utal af forskellige molekyler i alle mulige størrelser – ofte opbygget omkring længere eller kortere „kæder“ af kul-atomer.

Kuglemodeller og stregformler

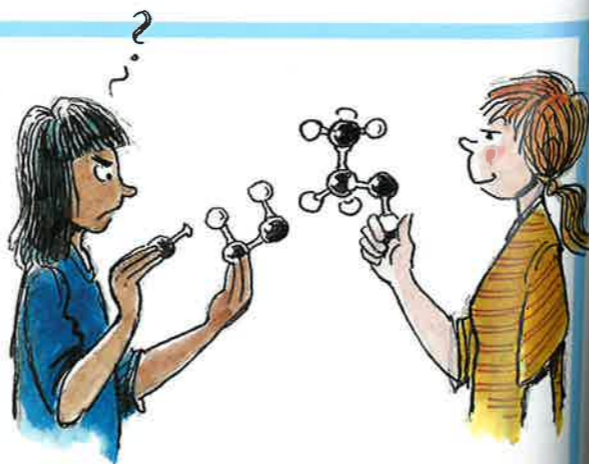
Vi kan få en idé om kulbrinte-molekylers opbygning ved at bygge kuglemodeller af dem ved hjælp af plastkugler fra et molekyle-byggesæt. Lad os som et eksempel se på opbygningen af molekylerne i luftarten propan, som blandt andet er en bestanddel af campinggas. Den kemiske betegnelse for et propan-molekyle er C_3H_8 , og kuglemodellen for dette molekyle ser ud som vist på tegningen.

I stedet for at tegne en model af molekylet skriver man ofte en såkaldt stregformel, der på en enkel måde viser, hvordan molekylet er opbygget.

Laboratorieopgave 3

Vi bygger kulbrinte-molekyler

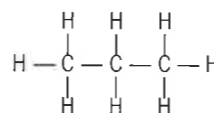
Ved at udføre laboratorieopgave 3 i arbejdshæftet vil I få et indtryk af, at der findes forskellige kulbrinte-typer, og at de kan laves om til andre typer.



På olieraffinaderiet sendes olieprodukterne igennem rør til forskellige afdelinger, hvor de behandles. Nogle af beholderne på raffinaderiet indeholder katalysatorer.



Kuglemodel af et propan-molekyle C_3H_8 .



Stregformel for et propan-molekyle C_3H_8 .

Benzin og andre produkter fra råolien

Når råolien er pumpet op af jorden, sendes den til olieraffinaderierne. Her opvarmes den i store destillationstårne. Kulbrinter med små og lette molekyler fordampes da først, kulbrinter med større molekyler senere. På denne måde får man olien delt op i bestanddele med forskellige kogepunkter og forskellig molekylestørrelse. I tabellen kan du se en oversigt over de 8 simpleste kulbrinte-molekyler. De således fremkomne olieprodukter kan f.eks. være flaskegas og campinggas, der består af små lette molekyler, som f.eks. propan og butan. Benzin indeholder større molekyler, mens dieselolie består af endnu større molekyler.

Desværre er der ikke nok benzin-molekyler i råolie, til at vi kan få den mængde benzin, vi har brug for til vores biler og andre køretøjer.

Men det kan man råde bod på ved hjælp af katalysatorer. Med en passende katalysator kan man nemlig „klippe“ de største molekyler i stykker til mindre molekyler. Denne måde at producere flere benzin-molekyler på kaldes „cracking“. I laboratorieopgave 3 prøvede I selv at lave cracking på nogle molekyle-modeller.

Benzinmolekylers struktur kan ændres

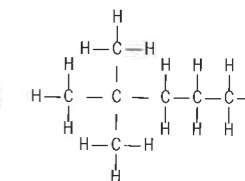
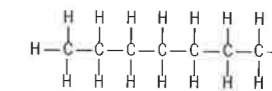
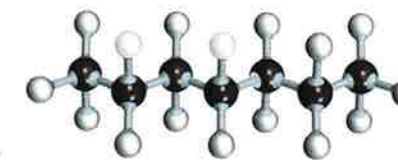
Molekylerne i benzin indeholder ofte 7 kul-atomer (C_7H_{16}). De kan for eksempel se ud, som disse to tegninger viser.

Et aflangt molekyle som vist på den øverste tegning er imidlertid ikke velegnet i moderne bilmotorer. Her skal molekylet helst have en forgrenet kæde af kul-atomer, f. eks. som vist på den nederste tegning.

Læg mærke til, at de to nævnte benzin-molekyler indeholder samme antal kul- og hydrogen-atomer. De har derfor samme kemiske formel: C_7H_{16} . Men de har for-

Navn og kemisk formel	Stregformel
Methan CH_4	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H} \end{array}$
Ethan C_2H_6	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array}$
Propan C_3H_8	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Butan C_4H_{10}	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Pentan C_5H_{12}	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Hexan C_6H_{14}	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Heptan C_7H_{16}	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$
Octan C_8H_{18}	$\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}- & \text{C}-\text{H} \\ & & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} & \text{H} \end{array}$

Oversigt over de første 8 alkaner, dvs. simple kulbrinter, hvor kul-atomerne danner kæder med en enkelt binding mellem kul-atomerne.



skellig struktur og derfor forskellige egenskaber. Når forgrenede molekyler er mere velegnede til moderne bilmotorer, er det fordi, de forbrænder bedre i motoren.

Ved at bruge katalysatorer kan man på olieraffinaderierne få de uforgrenede molekyler omdannet til forgrenede molekyler. Processen hedder „reforming“. I laboratorieopgave 3 prøvede du selv at lave reforming på nogle molekyle-modeller.

Katalysatorer hjælper miljøet

På el-værkerne afbrænder man store mængder kul eller olie. Det giver forurening. Kullene indeholder foruden grundstoffet carbon også andre stoffer, f.eks. svovl. Råolie indeholder ligeledes en del svovl. Når svovlet brænder, dannes der svovldioxid SO_2 , som går op gennem skorstenen og ender som sur regn i luften.



Ved enhver forbrænding dannes der foruden de normale forbrændingsprodukter også en del kemiske forbindelser mellem luftens nitrogen og oxygen. 80% af den tilførte luft er jo nitrogen, og på grund af den høje temperatur kan det ikke undgås, at noget nitrogen reagerer med oxygen. De dannede nitrogen-oxider kan f.eks. være NO og NO_2 . De kaldes med en fællesbetegnelse for NO_x 'er (udtales „nox'er“), idet x kan stå for forskellige tal. Alle disse forbindelser er giftige.

Vi kan få et indtryk af nogle af disse ubehagelige stoffer ved at fremstille dem i små mængder.

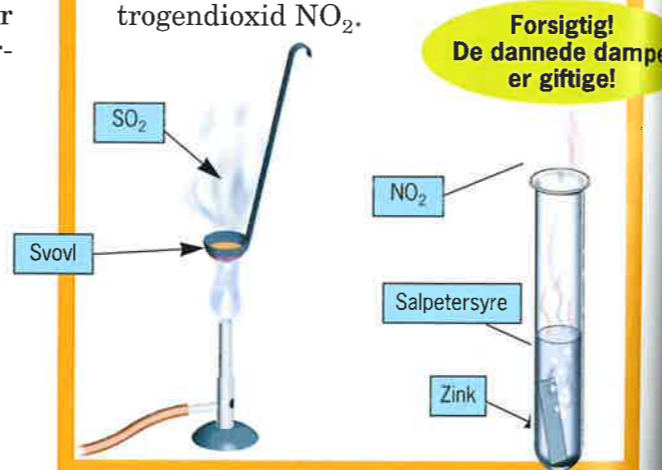
FÆLLESFORSØG

Vi laver SO_2 og NO_2

Vi lægger lidt gult svovl på en forbrændingsske og holder den ind i en gasflamme. Når svovlet bryder i brand, mærker vi snart den stikende lugt af svovldioxid SO_2 . Forbrændingsskeen anbringes hurtigt i stinkskalet eller dyppes i vand.

Vi hælder et reagensglas ca. halvt fuld af fortyndet salpetersyre (4 M) og anbringer det i stinkskalet eller under udsugning.

Derefter tilsætter vi et stykke zink og ser, at der straks udvikles nogle giftige rødbrune dampe. Det er nitrogendioxid NO_2 .



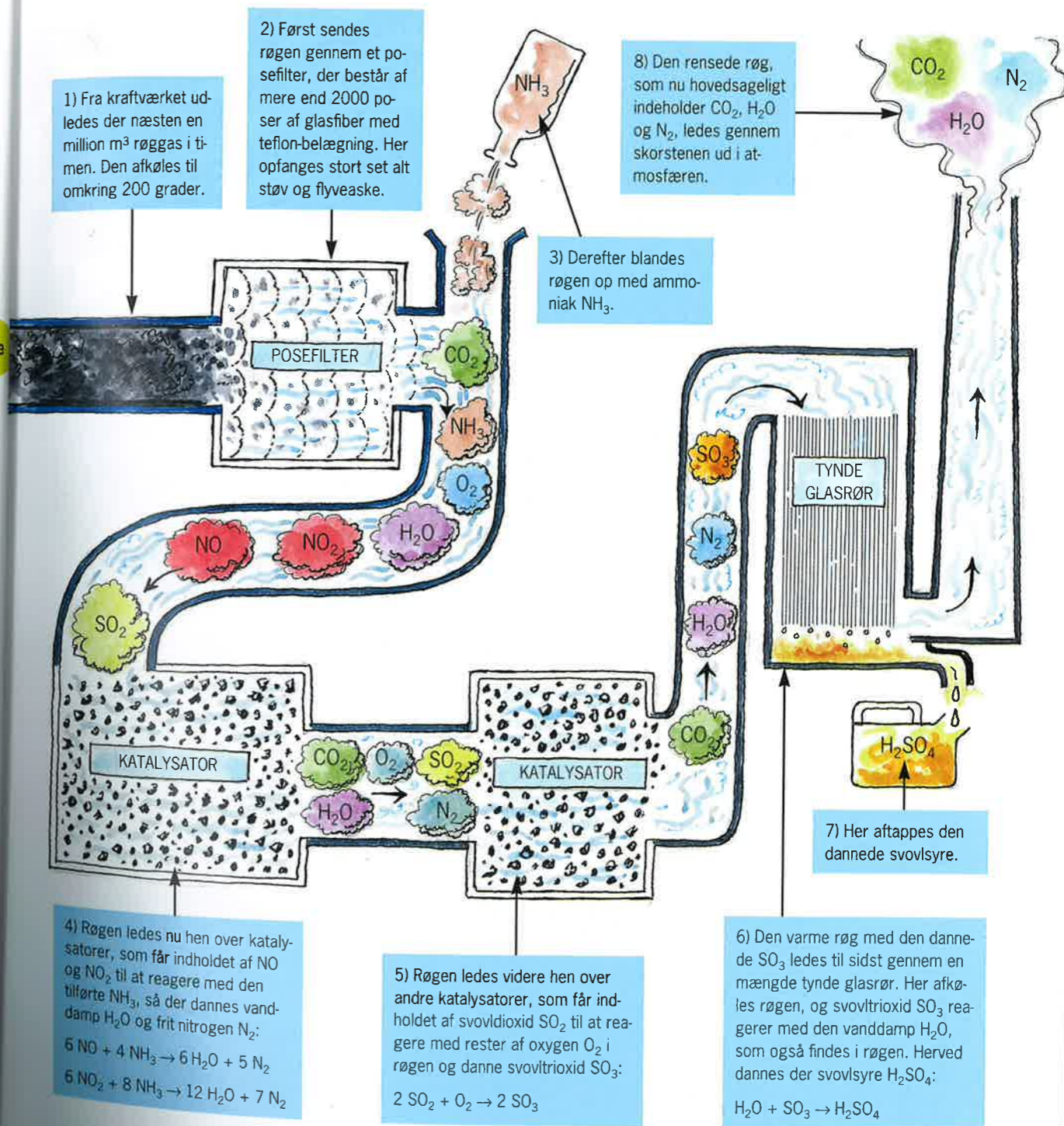
Det er lykkedes firmaet Haldor Topsøe at udvikle en helt ny teknik, hvor man ved hjælp af katalysatorer kan fjerne næsten alle de farlige stoffer fra røgen, inden den sendes op gennem el-værkernes skorstenene.

Hertil kommer, at de farlige stoffer omdannes til nyttige stoffer, der kan bruges, og at det sker uden, at man skal anvende mange råstoffer eller kemikalier. Ammoniak er det eneste hjælpestof. Endvidere dannes der hverken affaldsstoffer eller spildevand. Denne nye effektive røgrensningsmetode kaldes SNOX-processen, fordi den først og fremmest fjerner svovlforbindelserne og NO_x 'erne.

Verdens første SNOX-anlæg på et kraftværk blev sat i drift på Vendsysselværket i 1991. Det opsamler stort set alt det støv, der er i røgen. Støvet indeholder blandt andet farlige tungmetaller. Endvidere fjerner det 95% af røgens SO_2 - og NO_x -indhold.

Sådan fungerer et SNOX-anlæg

På denne tegning kan du se, hvordan et SNOX-anlæg virker. I venstre side kommer røgen fra kraftværket ind i anlægget. I højre side ledes den rensede røg op gennem skorstenen.



SNOX-anlægget sparer penge

SNOX-anlægget på Vendsysselværket formindsker ikke bare forureningen. Det er også med til at spare penge. For eksempel opfanger poserne i posefilteret ca. 500 ton aske om året. Denne aske med sit farlige indhold af tungmetaller strømmede tidligere lige ud i luften. Asken bruges i dag til noget nyttigt. Den er blevet en vigtig bestanddel af moderne cement. (Det beskrives nærmere i kapitel 4).

En anden besparelse ligger i den svovlsyre, der aftappes fra det sidste trin i anlægget. Dette trin indeholder i alt 50000 tynde glasrør med en samlet længde på 350 km. Det er ved afkølingen i disse rør, at svovl-trioxid SO_3 og vanddamp H_2O reagerer med hinanden og danner svovlsyre H_2SO_4 . Vendsysselværket producerer på denne måde 5,2 ton koncentreret svovlsyre

Efter at Vendsysselværket fik installeret SNOX-anlæg, forurener værket langt mindre end før. SNOX-anlægget er den store bygning ved den venstre skorsten. Bygningen er over 50 m høj.



i timen! Det svarer til en sjettedel af den svovlsyre, vi bruger i Danmark.

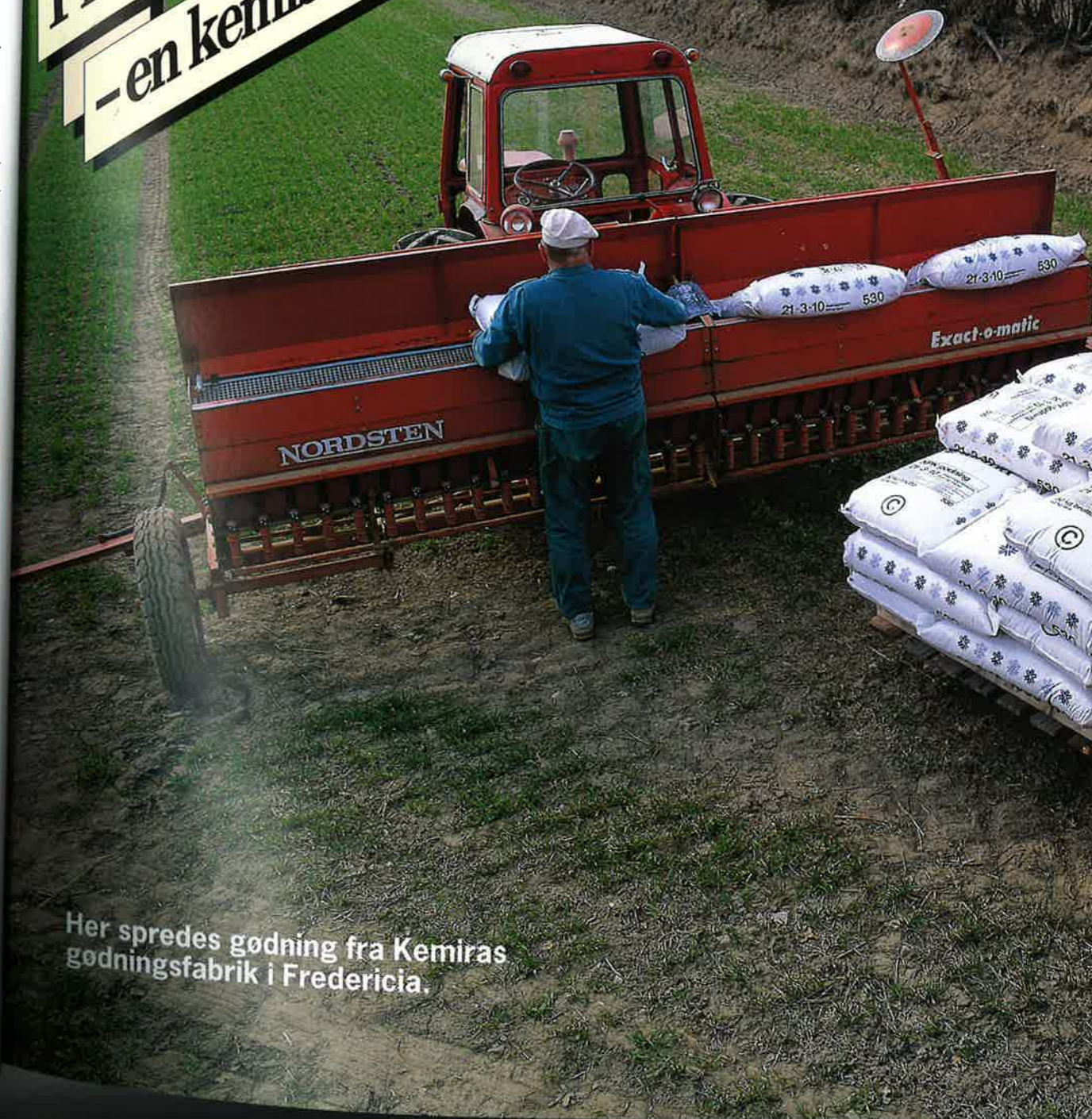
Endvidere kan man på et el-værk med SNOX-anlæg spare penge, fordi man kan bruge billigere olie til at fyre med. Olie fra forskellige steder i verden har nemlig forskelligt indhold af svovl. Den olie, som har størst svovl-indhold, er den billigste, fordi den forurener mest. Men det spiller ingen rolle for de kraftværker, der fremover vil rense røgen med SNOX-processen. De kan bruge den billigere olie, da svovlforbindelserne fjernes så effektivt.

SNOX-anlæg vil uden tvivl blive almindelige på kraftværker verden over.

Hvad har du lært?

Du kan nu løse de teori-opgaver, som står i arbejdshæftet under overskriften „Hvad har du lært i kapitel 2?“

3 Produktion af kunstgødning - en kemisk sværindustri



Her spredes gødning fra Kemiras gødningsfabrik i Fredericia.