

Eksperiment 5.2: Kunstige lyn spalter nitrogen

Eksperiment, hvor nitrogenmolekylet spaltes med højspænding

Formål

Læreren viser, at den kemiske binding i nitrogenmolekylet er så stærk, at det kræver meget energi for at bryde den.

Læreren skal bruge

Demineraliseret vand

Indikatorpapir

Klatregnist-elektroder (bukkede stål-/kobberstænger)

Rundbundet kolbe (250 ml)

Spole (600 vindinger)

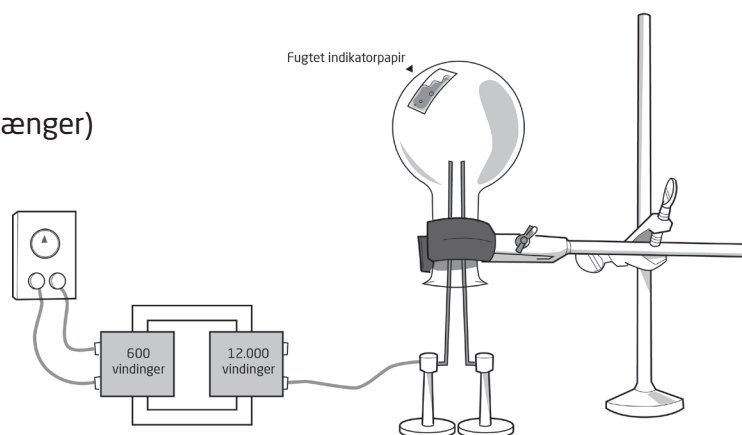
Spole (12.000 vindinger)

Stativ

To polstænger

Transformer

U-formet jernkerne med åg



Oplæg

Der findes 78 % frit nitrogen (N_2) i luften omkring os. Nitrogenmolekylet består af to nitrogenatomer bundet sammen af en såkaldt tripelbinding. Denne binding består af tre elektronpar, der deles mellem de to atomer. Tripelbindingen er en af de stærkeste kemiske bindinger, der findes, og nitrogen er derfor et meget stabilt molekyle. Lyn udleder dog så store mængder energi, at de kan spalte luftens nitrogenmolekyler. I dette eksperiment vil jeres lærer lave kunstige lyn.



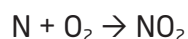
Sådan gør læreren

1. Dyp et stykke indikatorpapir i demineraliseret vand, og lad det falde ned i en tør, rundbundet kolbe. Sørg for, at papiret sætter sig fast på indersiden af kolben.
2. Spænd kolben fast som vist på tegningen.
3. Tjek, at stikkontakten er slukket, og byg så den viste opstilling. Spænd de to elektroder fast i hver sin isolerende polstang, og anbring elektroderne med cirka 1 cm afstand mellem de nederste dele af dem. De øverste ender, som befinder sig inde i kolben, må hverken røre hinanden eller glasset.
4. Gennemgå sikkerheden med eleverne, inden kontakten tændes (se instruktioner i lærervejledningen).
5. Husk, at det kun er de nederste, isolerede dele af polstængerne, der må berøres. Skub forsigtigt den ene polstang mod den anden, til der springer gnister mellem elektroderne.
6. Træk langsomt stængerne lidt fra hinanden. Der dannes en lysbue, som på grund af varmen stiger til vejrs.
7. Efter et stykke tid begynder indikatorpapiret at blive rødt som tegn på, at der bliver dannet syre. Sluk for stikkontakten, og fjern ledningerne.
8. Spænd kolben løs, og lad eleverne lugte forsigtigt til kolbens munding. Under 'lynene' er der dannet nitrogendioxid (NO_2), som er en rødbrun luftart med en karakteristisk lugt.

Forklaring

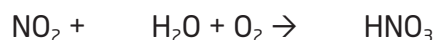
Elektrisk spænding er et udtryk for den energi, der driver elektroner frem gennem et elektrisk kredsløb. Jo større spændingsforskellen er mellem to punkter, jo mere energi er der til at skubbe elektronerne, og jo større strøm vil der løbe fra det ene til det andet punkt. Elektroner kan dog ikke særligt nemt bevæge sig gennem luft og derfor heller ikke mellem de to elektroder i eksperimentet, da de ikke rører ved hinanden. Først når spændingsforskellen mellem elektroderne bliver så høj, at elektronerne har energi nok til at overvinde afstanden mellem elektroderne, kan de springe fra den ene elektrode til den anden. Gnisterne er altså elektroner, der springer. Man kan sammenligne det med at tage tilløb for at springe over en bæk eller en kløft. Tilløbet giver kroppen bevægelsesenergi til at springe langt nok, ligesom spændingsforskellen giver elektronerne energi.

Temperaturen i gnisterne er så høj, at energien kan spalte de stærke tripelbindinger mellem nitrogenmolekylerne i luften. Derved dannes der frie nitrogenatomer, som er meget reaktive. De reagerer med oxygenmolekyler i luften og danner forskellige gasser af nitrogen og oxygen. En af gasserne er nitrogendioxid (NO_2), som er en rødbrun luftart med en karakteristisk lugt. Reaktionen kan skrives som:



Efterbehandling

1. I naturen kan nitrogens tripelbinding spaltes af lyn, som kan betragtes som kæmpe gnister, der springer fra en sky til en anden eller mellem jorden og skyerne. De frie nitrogenatomer reagerer som ovenfor med oxygen. Når nitrogendioxid reagerer med vand, dannes der salpetersyre. Prøv at afstemme reaktionen:



Tip: Princippet bag afstemning af reaktionsligninger er, at der altid skal være samme antal af hver type atom på begge sider af reaktionspilen. Hvis der for eksempel er fire hydrogenatomer på venstre side af pilen, det vil sige før reaktionen, skal der også være fire hydrogenatomer på højre side, altså efter reaktionen.

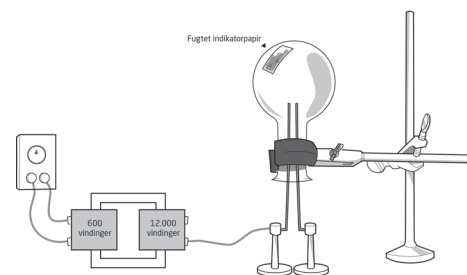
2. Prøv at bygge et nitrogen- og et nitrogendioxidmolekyle ved hjælp af et molekylebyggesæt.

Eksperiment 5.2: Kunstige lyn spalter nitrogen

Eksperiment, hvor nitrogenmolekylet spaltes med højspænding¹

Baggrundstekst

Afsnittet 'Katte sætter skub i reaktionerne'



Beskrivelse

Eksperimentet er en lærerdemonstration på grund af brugen af højspænding. Ved hjælp af to spoler skabes en højspænding, der kan fremkalde gnister mellem to elektroder. Den høje temperatur i gnisterne spalter nitrogen (N_2) i luften. Nitrogenatomer reagerer efterfølgende med luftens oxygen og danner nitrogenoxider. Eksperimentet illustrerer, at tripelbindingen i nitrogenmolekylet er så stærk, at der skal meget høje energiudladninger til at spalte molekylet.

Forklaringer

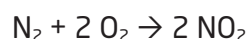
Tripelbindingen

Tripelbindingen i nitrogenmolekylet (N_2) er en af de stærkeste kemiske bindinger, der findes. Kun tripelbindingen mellem carbon og oxygen ($C\equiv O$) er stærkere. Derfor er nitrogen et meget stabilt molekyle, som det kræver store mængder energi at spalte til frie atomer. Tabellen herunder viser styrken af forskellige kemiske bindinger.

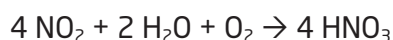
Binding	Antal bindinger	Bindingsstyrke
C-C	1	348 kJ/mol
C=C	2	614 kJ/mol
C≡C	3	839 kJ/mol
N-N	1	163 kJ/mol
N=N	2	418 kJ/mol
N≡N	3	941 kJ/mol

I industrien spalter man N_2 ved hjælp af højt tryk og høj temperatur. I naturen kan N_2 -bindingen brydes ved hjælp af lynnedslag. I dette eksperiment kommer energien fra gnister, der dannes ved at lægge en meget høj spændingsforskel over to elektroder.

De frie nitrogenatomer er meget reaktive og danner blandt andet nitrogendioxid (NO_2) ved at reagere med oxygen i luften:



NO_2 reagerer videre med vand på indikatorpapiret og danner salpetersyre (HNO_3):



Lyn spalter nitrogen

I hvert eneste øjeblik er der omkring 2.000 tordenvejr i gang på Jorden med i alt cirka 100 lyn i sekundet. Et lyn er i virkeligheden en gigantisk gnist, der springer mellem to skyer eller mellem jorden og skyerne. På grund af den store afstand mellem skyerne og jorden skal der meget energi til, før gnisten springer. Derfor slår lynet som regel ned, hvor der er kortest afstand, eksempelvis i høje bygninger eller træer.

De enorme energiudladninger i forbindelse med lyn betyder, at lyn kan spalte nitrogenmolekylerne i luften. Spændingsforskellen kan være op til en milliard volt, og strømstyrken ligger fra 10.000 til over 100.000 ampere. Den samlede energi, der udlades i de mikrosekunder, et lyn varer, er cirka 2.500 kWh. Det er den samme mængde energi, som en gennemsnitlig dansk husholdning bruger på et halvt år. Temperaturen i selve lynet kan nå helt op på omkring 30.000 °C. Det er fem gange højere end temperaturen på Solens overflade. Ved lynnedslag bliver O_2 i luften også nedbrudt. De frie nitrogenatomer og de frie oxygenatomer reagerer og danner nitrogenoxider, der føres med regnvandet ned i jorden. Her omdannes de til nitrat, som optages af planterne.

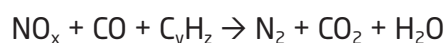
¹Dette eksperiment er tilpasset efter Ny fysik/kemi C side 84.

Bilkatalysatoren fjerner skadelige nitrogenoxider

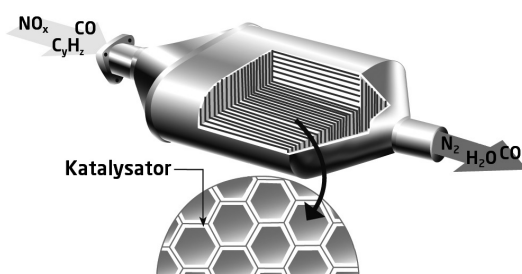
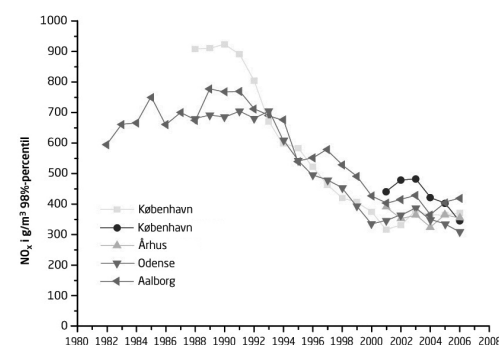
Princippet bag spaltningen af nitrogen er helt analogt til processen i en bilmotor. Bilens tændrør danner gnister, der efterfølgende antænder benzin eller diesel og dermed starter forbrændingen.

Bivirkningen ved denne proces er spaltning af nitrogen fra luften og dannelse af forskellige nitrogenoxider, de såkaldte NO_x 'er. Før bilkatalysatorernes tid slap NO_x 'erne ud i atmosfæren, hvor de reagerede med vanddamp og dannede syreregn, der ødelagde både bygninger og store skovområder. Siden 1989, hvor bilkatalysatorer blev lovpligtige i Danmark, er forureningen blevet væsentlig mindre, som det blandt andet kan ses på figuren herover.

Katalysatoren omdanner de skadelige NO_x 'er til luftarterne N_2 og CO_2 samt vand:



Typisk består en bilkatalysator – eller 'bilkat' – af nanopartikler af grundstofferne rhodium og platin sat fast på en fintmasket keramikoverflade. Nanopartiklerne og keramikstrukturen giver tilsammen en meget stor overflade og øger dermed reaktionshastigheden. Udstødningsgassen passerer fra motoren gennem bilkatten og til sidst ud af udstødningsrøret.

**Gode råd til eksperimentets udførelse***Sikkerhed*

1. Ledningerne fra primærspolen (600 vindinger) sluttes til en stikkontakt. Når stikkontakten er tændt, må opstillingen kun berøres med en hånd og kun på den isolerede del af en polstang, idet der både mellem ledningerne og mellem elektroderne er en farlig højspænding. Teoretisk ganger spolerne indgangsspændingen op 20 gange, så ved 230 volt er spændingen 4.600 volt på sekundærspolen.
2. Det er en god ide at betjene udstyret udelukkende med en hånd (den anden holdes i lommen). Derved undgår man risikoen for at danne et kredsløb og dermed få et farligt stød gennem brystkassen.
3. På grund af den høje spænding må eleverne ikke iagttage eksperimentet på tæt hold, men bør blive siddende på deres pladser, mens strømmen er slået til.
4. Nitrogendioxid (NO_2) er en rødbrun luftart, der er giftig i større mængder. Derfor bør der luftes ud undervejs.