

Ekspiriment 2.4: Surt vand

Undersøgelse af opløseligheden af CO_2 i vand

Formål

I skal undersøge opløseligheden af CO_2 i vand ved forskellige temperaturer ved at måle pH-værdien.

I skal bruge

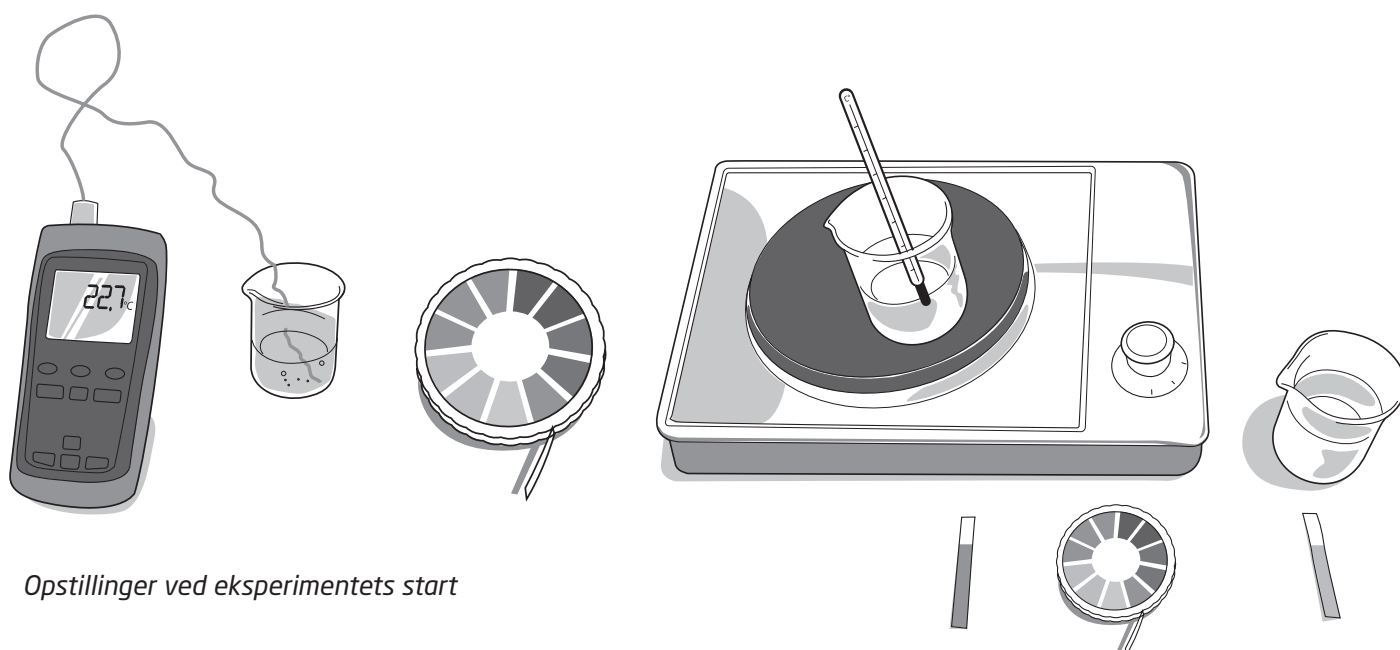
200 ml dansk vand

Indikatorpapir

Termometer

To bægerglas (100 ml)

Varmeplade



Opstillinger ved eksperimentets start

Oplæg

CO_2 opløst i vand kaldes kulsyre, fordi CO_2 gør vandet surt. I skal undersøge, hvordan indholdet af CO_2 i vand ændrer sig, når I varmer vandet op. Ændringen måler I ved at måle pH-værdien. pH er et mål for surhedsgraden af en opløsning og måles med en indikatorstrimmel, hvor farven angiver pH.

Sådan gør I

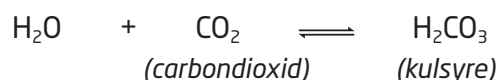
1. Hæld 100 ml dansk vand i hvert af de to bægerglas.
2. Mål temperaturen med termometret.
3. Mål pH-værdien med en indikatorstrimmel.
4. Lad bægerglas nr. 1 stå, og stil bægerglas nr. 2 på en varmeplade. Varm dansk vandet op til kogepunktet.
5. Mål igen temperatur og pH-værdi i begge glas.
6. Sluk varmepladen, og lad dansk vandet i bægerglas nr. 2 køle af. Vandet i bægerglas nr. 2 må højst være fem grader varmere end dets temperatur ved eksperimentets begyndelse. I kan evt. fremskynde afkølingen ved at sætte glasset i et koldt vandbad eller i koldt vand i en vask med flad bund og prop.
7. Når bægerglas nr. 2 er kølet af, måles igen temperatur og pH-værdi i begge bægerglas.

Bægerglas	Tidspunkt for måling	Temperatur	pH
Bægerglas nr. 1	Ved eksperimentets start (punkt 1)		
Bægerglas nr. 1	Under henstand (punkt 5)		
Bægerglas nr. 1	Ved eksperimentets afslutning (punkt 7)		
Bægerglas nr. 2	Ved eksperimentets start (punkt 1)		
Bægerglas nr. 2	Under opvarmning (punkt 5)		
Bægerglas nr. 2	Ved eksperimentets afslutning (punkt 7)		

Forklaring

CO₂ fra atmosfæren bliver langsomt opløst i verdenshavene. På den måde spiller havene en vigtig rolle i reguleringen af mængden af fri CO₂ i atmosfæren.

Når CO₂ opløses i vand, reagerer noget af den med vandet, så der opstår en ligevægt:



Der er altså både CO₂ og kulsyre i vandet. Når vandet varmes op, falder opløseligheden af CO₂, så den frigives fra væsken som bobler. Under opvarmning forskydes ligevægten derfor mod venstre. Når dansk-vandet igen er afkølet, er der mindre kulsyre i, og dette får pH-værdien til at stige.

Efterbehandling

1. I hvilket af de to bægerglas er pH størst efter eksperimentet?

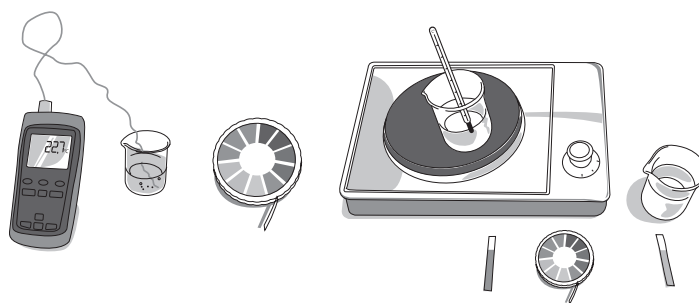
2. Hvad viser eksperimentet om opløseligheden af CO₂ i vand ved forskellige temperaturer?

Ekspærimet 2.4: Surt vand

Undersøgelse af opløseligheden af CO_2 i vand

Baggrundstekst

Afsnittet 'Kuk i carbonkredsløbet' (Kulsyre i havvand)



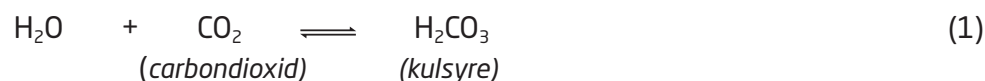
Beskrivelse

Ekspærimet demonstrerer, at opløseligheden af CO_2 falder i varmt vand. Det kan måles som en stigning i pH, fordi mængden af opløst CO_2 i danskvand (kulsyre) falder. Forskellen registreres ved at måle pH-værdien af de to væsker før, under og efter opvarmningen af den ene danskvand.

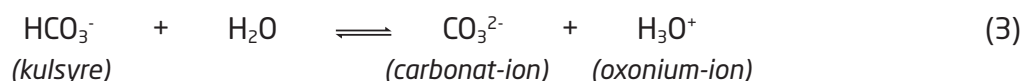
Forklaringer

Opløseligheden af CO_2 falder, når temperaturen stiger, fordi bindingerne mellem CO_2 og vandmolekylerne bliver svagere, når temperaturen stiger. Dette princip gælder for alle vandopløselige gasser.

Bemærk, at opløsningen af CO_2 i vand er beskrevet i en forenklet version i elevvejledningen. Den fulde reaktion er følgende:



H_2CO_3 er en syre med to protoner (H^+), og syren reagerer yderligere gennem to trin med vand:



Der er altså både CO_2 , kulsyre, hydrogencarbonat-, carbonat- og oxonium-ioner i vandet. Det er dannelsen af H_3O^+ (oxonium-ionen), der medfører, at opløsningen bliver mere sur. Når sodavand, danskvand og andre kulsyreholdige væsker varmes op, falder opløseligheden af CO_2 , så den frigives fra væsken som bobler. Under opvarmning forskydes begge reaktioner derfor mod venstre, indtil der igen opstår en ligevægt mellem CO_2 , kulsyre og kulsyrens ionformer, men nu med mindre kulsyre og dermed H_3O^+ i vandet. Vandet er blevet mindre surt.

Fejlkilder

Ovenstående forklaring er forsimplet, idet vi kun tager højde for temperaturen. Eksperimentet forstyrres imidlertid af flere komplikationer:

1. Da pH-værdien i sig selv er temperaturafhængig, kan vi ikke bare sammenligne den ved to forskellige temperaturer og tage det som mål for CO₂-indholdet.
2. pH-værdien for det opvarmede danskvand vil typisk være højere efter afkølingen end ved eksperimentets start, men lavere end pH-værdien målt under opvarmningen:

$$\text{pH (start)} < \text{pH (afkøling)} < \text{pH (opvarmning)}$$

Når danskvandet varmes op, tvinges CO₂ ud af væsken, fordi opløseligheden af CO₂ falder og pH stiger. Når danskvandet efterfølgende afkøles, stiger opløseligheden igen, og pH falder en smule. Vi kan dog aldrig genopløse lige så meget CO₂, som der var i den uåbnede flaske. Dette skyldes, at CO₂ er påfyldt danskvandet under et højere tryk end det atmosfæriske.

3. pH-værdien vil over tid også stige i den uopvarmede danskvand, fordi CO₂ er påfyldt under tryk. Det høje tryk har forskudt ligevægten kunstigt mod kulsyre i den uåbnede flaske. I den åbne flaske vil ligevægten indstille sig i en ny venstreforskudt ligevægt. Når vi alligevel kan måle en "lav" pH-værdi, efter at flasken er åbnet, skyldes det, at CO₂ kun frigives langsomt, og ligevægten derfor er længe om at indstille sig. Hvis den uopvarmede danskvand får lov til at stå flere timer, bør en stigning i pH kunne måles.

Eksempel på resultater af et eksperiment:

Bægerglas	Tidspunkt for måling	Temperatur	pH
Bægerglas nr. 1	Ved eksperimentets start	22,7	6
Bægerglas nr. 1	Under henstand (punkt 5)	23	6,3
Bægerglas nr. 1	Ved eksperimentets afslutning (efter 2 t)	23,4	6,5
Bægerglas nr. 2	Ved eksperimentets start	22,7	6
Bægerglas nr. 2	Under opvarmning	100	8,5
Bægerglas nr. 2	Ved eksperimentets afslutning (efter 2 t)	26,5	7,5*

* Bemærk, at pH-værdien falder en hel enhed under afkølingen.