



12. Bjerrumdiagram for en syre-baseindikator

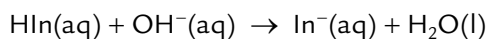
Formålet med dette eksperiment er at optegne et bjerrumdiagram for syre-baseindikatoren bromthymolblåt.

En syre-baseindikator er et korresponderende syre-basepar, hvor syren og basen har forskellig farve. Syren betegnes HIn og basen In^- . Hos bromthymolblåt har syre-baseparret følgende farver:

HIn	In^-
gul	blå

Farverne er forskellige, fordi HIn og In^- absorberer lys i forskellige bølgelængdeområder. HIn absorberer i den kortbølgede ende af det synlige spektrum, dvs. omkring 430 nm, mens In^- især absorberer omkring 615 nm. Absorptionsspektrene for bromthymolblåt på syreform og på baseform kan ses i *Basiskemi B* side 185.

I forsøget laves først en opløsning af bromthymolblåt, hvor indikatoren findes på syreformen HIn . 1,0 M NaOH tilsættes dråbevis. I takt med denne tilsætning omdannes HIn til In^- :



For hver tilsat dråbe 1,0 M NaOH måles opløsningens pH-værdi. Desuden måles opløsningens absorption af lys ved hjælp af et spektrofotometer. Der anvendes lys med en bølgelængde 615 nm. Ved denne bølgelængde er det kun In^- , som absorberer lys. Hvis den aktuelle stofmængdekonzentration af In^- ikke er for høj, gælder Lambert-Beers lov:

$$A = \varepsilon_\lambda \cdot l \cdot [\text{In}^-]$$

hvor A er absorbansen ved en given bølgelængde, ε_λ er den molare ekstinktionskoefficient for In^- ved den pågældende bølgelængde og l er lysvejens længde. Når der måles ved en bestemt bølgelængde og med en konstant lysvej, ses det, at A og $[\text{In}^-]$ er proportionale, dvs.:

$$A = k \cdot [\text{In}^-]$$

A_{slut} er den absorbans, man måler ved afslutningen af eksperimentet, hvor absorbansen er blevet konstant, og den aktuelle stofmængdekonzentration af In^- har nået sin slutværdi:

$$A_{\text{slut}} = k \cdot [\text{In}^-]_{\text{slut}}$$

Tilsætningen af NaOH bevirker, at HIn omdannes til In^- . Summen $[\text{HIn}] + [\text{In}^-]$ er konstant under hele eksperimentet (vi ser bort fra en ubetydelig volumenforøgelse ved tilsætningen af NaOH-opløsningen). Det giver:

$$[\text{HIn}] + [\text{In}^-] = [\text{HIn}]_{\text{slut}} + [\text{In}^-]_{\text{slut}} \approx [\text{In}^-]_{\text{slut}}$$

Her er udnyttet, at den aktuelle stofmængdekonzentration af HIn er ubetydelig ved afslutningen af forsøget.

Nu kan en sammenhæng mellem den målte absorbans og indikatorsystemets basebrøk x_b udledes:

$$x_b = \frac{[\text{In}^-]}{[\text{HIn}] + [\text{In}^-]} \approx \frac{[\text{In}^-]}{[\text{In}^-]_{\text{slut}}} = \frac{A}{A_{\text{slut}}}$$

Herefter kan syrebrøken x_s beregnes:

$$x_s = 1 - x_b$$

Ved eksperimentet laves beregninger af x_s ved forskellige pH-værdier. På grundlag af disse kan syre-baseindikatorens bjerrumdiagram optegnes.

APPARATUR

- Spektrofotometer
- Kuvette
- Plastpipetter
- Bægerglas, 250 mL
- Bægerglas, 100 mL
- Måleglas, 250 mL
- Måleglas, 10 mL
- Magnetomrører
- Magnet
- Vægt
- pH-meter med pH-elektrode

KEMIKALIER

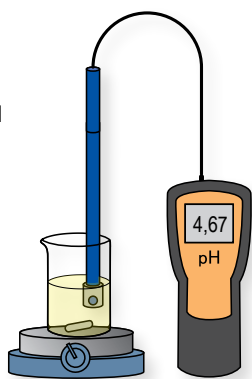
- Bromthymolblåopløsning
- 1,0 M natriumhydroxid, NaOH
- Kaliumdihydrogenphosphat, KH_2PO_4
- Puffere til indstilling af pH-elektrode

RISICI

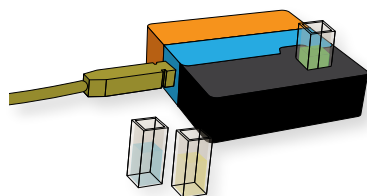
- 1,0 M natriumhydroxid virker ætsende.

EKSPERIMENTELT

Figur 12.1.
Måling med
pH-meter.



Figur 12.2. Spektrofotometer og kuvetter.



Gør et pH-meter med pH-elektrode klar. Følg nøje vejledningen til indstilling af det anvendte pH-meter.

Overfør med måleglas 150 mL demineraliseret vand til et 250 mL bægerglas. Tilsæt en magnet og placér bægerglasset på en magnetomrører. Start omrøringen, som skal køre under hele forsøget.

Tilsæt 5,0 mL bromthymolblåopløsning med et måleglas. Tilsæt desuden 0,10 g KH_2PO_4 og afvent, at det går i opløsning. Placér pH-elektroden i opløsningen. Den skal blive i opløsningen under hele eksperimentet. Klargør spektrofotometeret og nulstil med demineraliseret vand ved at følge vejledningen til det anvendte spektrofotometer.

Overfør med en plastpipette noget bromthymolblåopløsning fra bægerglasset til en kuvette. Tilsæt et par dråber 1,00 M NaOH til kuvetten. Optag et absorptionsspektrum for opløsningen, og bestem den bølgelængde, hvor absorptionsspektret for In^- har maksimum. Notér i skemaet nedenfor. Indstil spektrofotometeret til at måle absorbansen ved denne bølgelængde for alle efterfølgende målinger. Kassér opløsningen i kuvetten, og skyl kuvetten med demineraliseret vand.

Når spektrofotometeret er indstillet, kan selve

Bølgelængde λ , hvor In^- har absorptionsmaksimum/nm

3. Lav en grafisk afbildning af x_s som funktion af pH. Kommentér grafens udseende.
4. Aflæs pK_s på bjerrumdiagrammet. Find en tabelværdi, og kommentér resultatet i forhold hertil.

Målt pK_s	Tabelværdi pK_s

5. Omslagsområdet for bromthymolblåt angives til 6,0-7,6. Passer det med de iagttagne farver under forsøget?
6. Prøv at forklare, at omslagsområdet ikke ligger helt symmetrisk omkring pK_s -værdien (er HIn og In⁻ lige intense i farven eller dominerer en af farverne?).
7. Hvad sker der med $H_2PO_4^-$, når der tilsættes OH^- ? Opskriv reaktionskemaet.
8. Opløsningens indhold af $H_2PO_4^-$ bevirker, at vi kan få mange målinger i et pH-interval omkring 7, hvor indikatoren har sit omslagsområde. Hvorfor er netop $H_2PO_4^-$ velegnet, når vi skal måle i dette pH-interval?