



# 21. Phosphorsyreindhold i cola

Formålet med dette eksperiment er at bestemme stofmængdekonzentrationen af phosphorsyre i cola.

Eksperimentet falder i tre afdelinger.

I del 1 titreres en phosphorsyreopløsning kolorimetrisk med 0,100 M NaOH. Der gennemføres to titreringer med forskellige indikatorer.

I del 2 gennemføres en pH-titrering af phosphorsyre, så der kan tegnes en titreringskurve for phosphorsyre.

Del 3 er en pH-titrering af cola, der indeholder phosphorsyre (se figur 21.1). Formålet med titreringen er at bestemme colaens phosphorsyreindhold. Det er nødvendigt at fjerne opløst CO<sub>2</sub> fra colaen inden titreringen.

LÆSKEDRIK			
Ingredienser: Vand sukker, kuldioxid, farvestof (karamel E150d), surhedsregulerende middel (E338), naturlige aromaer (inkl. koffein).			
NÆRINGSINDHOLD PR. 100 ML			
Energi	180kJ/42 kcal	Fedt	0 g
Protein	0 g	heraf mættet fedt	0 g
Kulhydrat	10,6 g	Kostfiber	0 g
heraf sukkerarter	10,6 g	Natrium	0 g

Figur 21.1. Uddrag af deklaration på en Coca-Cola. Bemærk de angivne tilsætningsstoffer. Phosphorsyre har E-nummer 338.

## APPARATUR

- Stativ
- Burette
- Buretteholder
- Tragt
- Konisk kolbe, 100 mL
- Pipette, 25 mL
- Pipettesuger
- pH-meter med pH-elektrode (eller autotitreropstilling)
- Magnetomrører
- Magnet
- Bægerglas, 100 mL, høj form
- Bægerglas, 250 mL
- Måleglas, 250 mL
- Gasvaskeflaske (250 mL)
- Vandluftpumpe

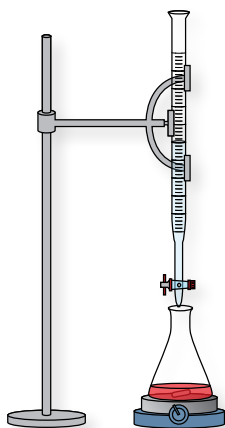
## KEMIKALIER

- Ca. 0,03 M phosphorsyre, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>
- 0,100 M natriumhydroxid, NaOH
- Methylorange
- Phenolphthalein
- Cola (anvend et fabrikat, der indeholder phosphorsyre (E 338) som eneste syre ud over carbonsyre)
- Puffere til indstilling af pH-elektroder

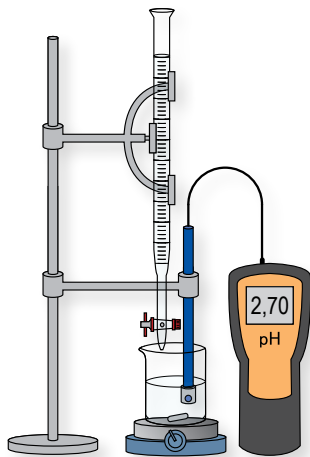
## RISICI

- 0,100 M natriumhydroxid virker ætsende.

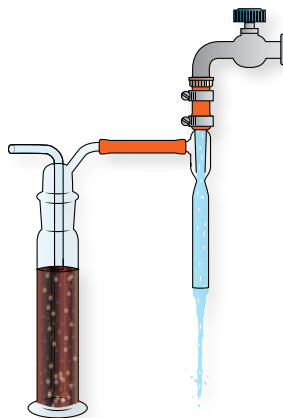
## EKSPERIMENTELT



Figur 21.2. Opstilling til titrering.



Figur 21.3. Opstilling til pH-titrering.

Figur 21.4. Opløst  $\text{CO}_2$  i sodavand fjernes ved at gennemboble sodavand med luft. Dette kan gøres med en gasvaskeflaske og en vandluftpumpe. Sørg for at vælge den rigtige studs på gasvaskeflasken.*Del 1. Kolorimetrisk titrering af phosphorsyre*

Der skal udføres to titreringer.

Overfør med pipette 25,0 mL af phosphorsyreopløsningen til en 100 mL konisk kolbe. Placér en magnet i kolben, og sørg for moderat omrøring. Der titreres med 0,100 M NaOH fra en nulstillet burette. Anvend methylorange som indikator (farveomslag fra rød til rent gul). Bestem omslagspunktet med en dråbes nøjagtighed.

Gentag herefter titreringen, men denne gang med phenolphthalein som indikator (omslag fra farveløs til rød).

	Titration 1 (med methylorange)	Titration 2 (med phenolphthalein)
$V(\text{NaOH})/\text{mL}$		

*Del 2. pH-titrering af phosphorsyre*

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

Afpipetter 25,0 mL phosphorsyreopløsning, og overfør den til et 100 mL bægerglas (høj form). Anbring forsigtigt en magnet i bægerglasset, og placér det på magnetomrøreren. Placér pH-elektroden i væsken. pH-elektroden skal stå i væsken under hele titreringen. Start omrøringen – sørg for, at elektroden ikke bliver ramt af magneten. Tilsæt 0,100 M NaOH i portioner af 0,5 mL, og aflæs pH for hver tilsætning. Notér samhörørende værdier af  $V(\text{NaOH})$  og pH i et skema eller i et regneark/CAS-værktøj. Når pH ændrer sig meget, tilsættes mindre portioner 0,100 M NaOH.

Afslut titreringen, når der er tilsat ca. 30 mL af 0,100 M NaOH.

*Del 3. Phosphorsyreindholdet i cola*

Først skal colaen afbruses.

Afmål ca. 160 mL cola. Hæld colaen fra måleglasset over i en vaskeflaske, som forbindes til en vandluftpumpe, se figur 21.4. Luk op for vandluftpumpen, så der bobler en kraftig luftstrøm gennem colaen (der må ikke ryge cola med ud). Lad gennemboblingen fortsætte mindst 10 minutter. Luftstrømmen vil nu med rimelig stor sikkerhed have fjernet så godt som alt opløst  $\text{CO}_2$  fra colaen.

Afmål med et rent måleglas 150 mL afbruset cola, og overfør det til et 250 mL bægerglas. Udfør en pH-titrering på samme måde som i del 2. Notér samhörørende værdier af  $V(\text{NaOH})$  og pH i et skema eller i et regneark/CAS-værktøj.

## EFTERBEHANDLING

1. Lav en grafisk afbildning af pH som funktion af tilsat volumen 0,100 M NaOH for både del 2 og del 3.
2. Ved titreringen af phosphorsyre sker der følgende tre reaktioner:
  - a.  $\text{H}_3\text{PO}_4(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - b.  $\text{H}_2\text{PO}_4^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{HPO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
  - c.  $\text{HPO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{PO}_4^{3-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
 Betragt titrerkurven fra del 2. Hvilket stykke på titrerkurven svarer til henholdsvis reaktion a, b og c?
3. Markér ækvivalenspunkterne på titrerkurven fra del 2, og aflæs det volumen 0,100 M NaOH, der er tilsat ved ækvivalenspunkterne. Notér i skemaet nedenfor. Er forbruget af 0,100 M NaOH ved 1. og 2. ækvivalenspunkt i indbyrdes overensstemmelse? Kommentér.
4. Anvend forbruget af 0,100 M NaOH i 1. ækvivalenspunkt til at beregne den formelle stofmængdekonzentration af phosphorsyre i den anvendte phosphorsyreopløsning.
5. Hvilke værdier giver forsøget for phosphorsyres  $\text{p}K_{\text{s}1}$  og  $\text{p}K_{\text{s}2}$ , dvs.  $\text{p}K_{\text{s}}(\text{H}_3\text{PO}_4)$  og  $\text{p}K_{\text{s}}(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$ ? Sammenlign resultaterne med tabelværdier.
6. Beregn pH i 1. og 2. ækvivalenspunkt. Sammenlign resultaterne med de aflæste værdier på titrerkurven og kommentér.
7. Hvorfor ses 3. ækvivalenspunkt ikke på titrerkurven?

Del 2	
V(NaOH) 1. ækvivalenspunkt	
V(NaOH) 2. ækvivalenspunkt	
$c(\text{H}_3\text{PO}_4)$	
Aflæst $\text{p}K_{\text{s}}(\text{H}_3\text{PO}_4)$	
Tabelværdi $\text{p}K_{\text{s}}(\text{H}_3\text{PO}_4)$	
Aflæst $\text{p}K_{\text{s}}(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$	
Tabelværdi $\text{p}K_{\text{s}}(\text{H}_2\text{PO}_4^-)$	
Aflæst pH 1. ækvivalenspunkt	
Beregnet pH 1. ækvivalenspunkt	
Aflæst pH 2. ækvivalenspunkt	
Beregnet pH 2. ækvivalenspunkt	

8. Hvorfor forbruges der ikke lige meget 0,100 M NaOH ved de to kolorimetriske titreringer?
9. Er resultaterne af de kolorimetriske titreringer i overensstemmelse med resultaterne fra pH-titreringen i del 2? Kommentér.
10. Betragt titrerkurven fra del 3. Tyder den på, at cola indeholder phosphorsyre?
11. Markér ækvivalenspunkterne på titrerkurven fra del 3, og aflæs det volumen 0,100 M NaOH, der er tilsat ved ækvivalenspunkterne. Notér i skemaet nedenfor. Anvend forsøgsresultaterne til at beregne den formelle stofmængdekonzentration af phosphorsyre i colaen.
12. Beregn colaens indhold af phosphorsyre angivet i mg H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pr. L cola.
13. Slå op i *EU-listen over tilsætningsstoffer* (eng: *Food additives*, søg på internettet), og find ud af, hvor stort phosphorsyreindholdet i cola maksimalt må være. Bemærk, at EU-listen angiver phosphorsyre (og phosphater) som den ækvivalente mængde P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Hvor mange procent udgør det målte phosphorsyreindhold af det maksimalt tilladte?
14. Hvordan vil det påvirke titrerkurvens udseende, hvis man undlader at ud-drive opløst CO<sub>2</sub>, inden colaen titreres?

Del 3	
V(NaOH) 1. ækvivalenspunkt	
V(NaOH) 2. ækvivalenspunkt	
$c(\text{H}_3\text{PO}_4)$	
Indhold af H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> i mg/L	
Ækvivalent mængde P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
Procent af maksimalt tilladt indhold af P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	