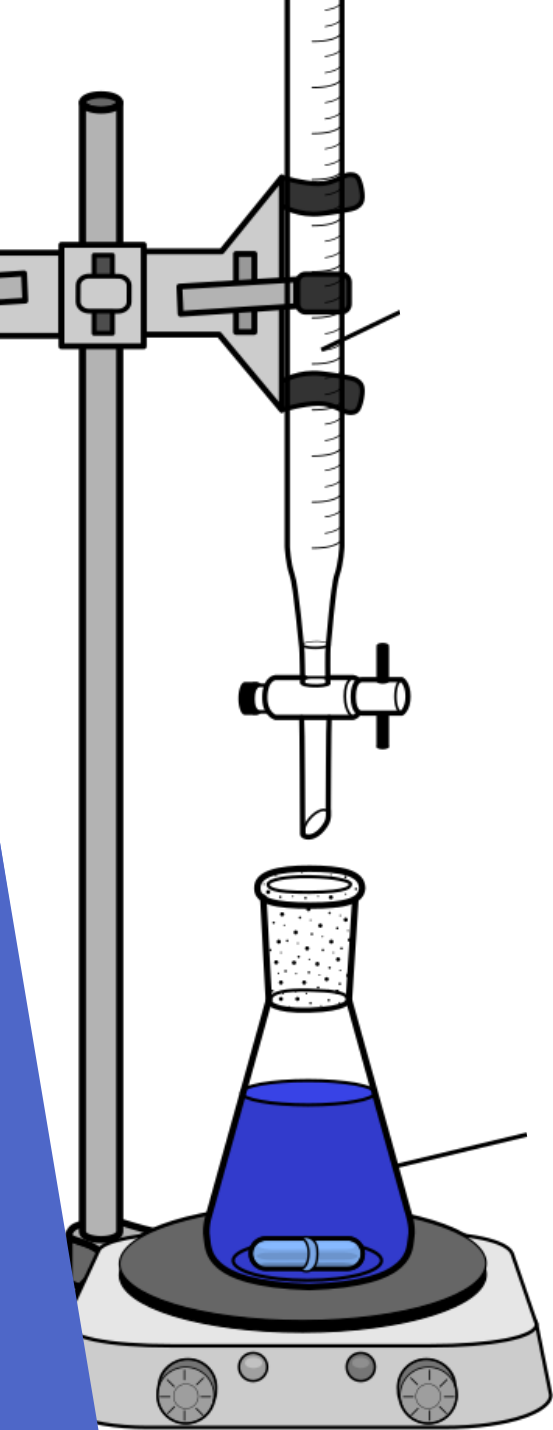


Sýru - basa títranir

Kaflí 17.3

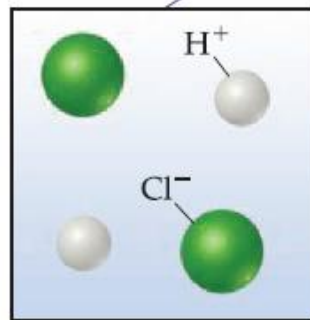
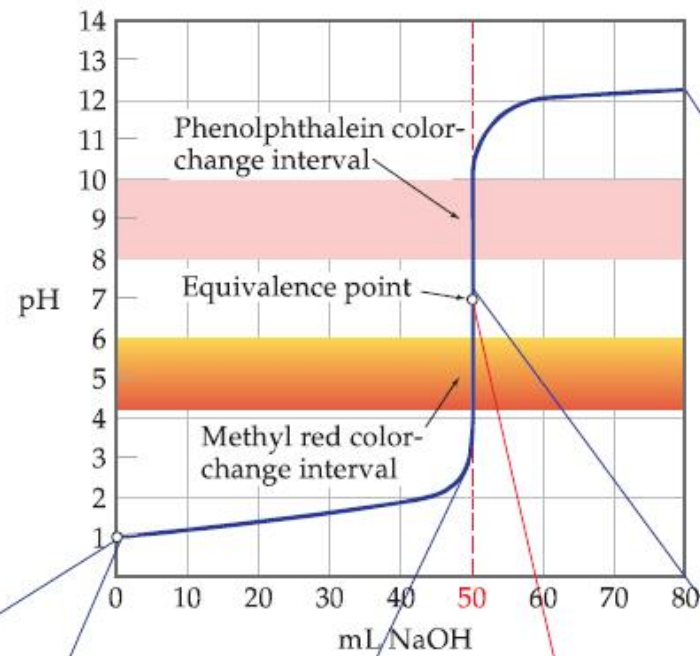
Almennt um títrun

- ▶ Við höfum verið að títra síðan við byrjuðum í 5.bekk
- ▶ Höfum gert nokkrar verklegar æfingar þar sem var títrað
 - ▶ Þar af tvær sýru-basa títranir
- ▶ **Sýru-basa títranir eru títranir þar sem sýra er títruð með basa eða öfugt.**
 - ▶ Getum fylgst náið með títruninni með pH mæli.
- ▶ Sýru-basa títranir hafa einkennandi ferla sem við getum lesið mikið úr.
- ▶ Skoðum 3 mismunandi gerðir:
 - ▶ Títrun rammrar sýru með römmum basa
 - ▶ Títrun daufrar sýru með römmum basa
 - ▶ Títrun fjölróteinda sýru með römmum basa.

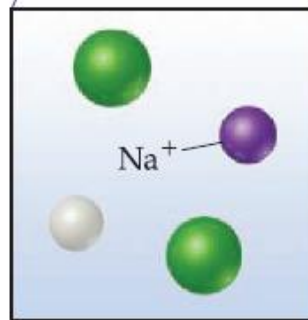


I. Títrun rammrar sýru með römmum basa

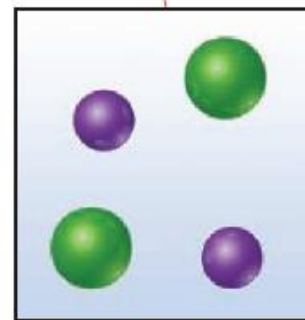
- ▶ Bæði ramma sýran og rammi basinn klofna alveg í jónirnar
- ▶ Þess vegna er títrunin frekar einföld og reikningarnir þæginlegir.
- ▶ Er í raun sama og við gerðum í kafla 4.6 í fyrra.
- ▶ Getum skipt ferlinum í 4 hluta.
 - ▶ Upphaf
 - ▶ Miðju
 - ▶ Jafngildi
 - ▶ Halinn (eftir jafngildi)



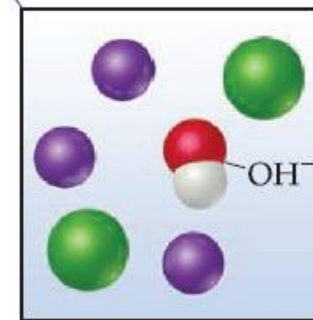
Initial acid
(HCl)



Remaining acid
(HCl + NaCl)

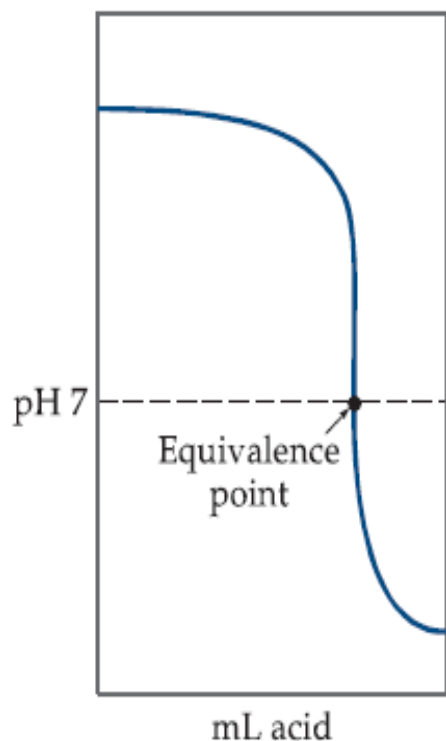


Equivalence point
(NaCl)



Excess base
(NaCl + NaOH)

Hini fjögur stig ferilsins



- ▶ Í upphafi er bara sýran og ekkert farið af basanum úti. Því erum við í 0 á x-ásnum og sýrustigið er bara sýrustig sýrunnar.
- ▶ Síðan er byrjað að títra og OH^- jónir basans fara að hvarfast við H^+ jónir sýrunnar og mynda vatn. Sýrustigið hækkar því sökum þess að styrkur vetnisjóna er að lækka.
- ▶ Jafngildið er þegar jafn mikið af basa er búið að bæta við og var af sýrunni til að byrja með. Þá hafa allar H^+ jónirnar hvarfast og myndað vatn. Því er sýrustigið 7,00
- ▶ Eftir jafngildið eru ekki fleiri H^+ jónir til að hvarfast við. Svo ef við bætum við OH^- jónum þá munum þær hækka pH-ið mjög hratt.

Sýnidæmi 17.6

- ▶ Reiknum pH þegar a) 49,0 mL og b) 51,0 mL af 0,100 M NaOH lausn hefur verið bætt við 50,0 mL af 0,100 M HCl lausn.

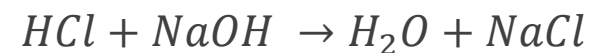
- ▶ Lausn a)

- ▶ Byrjum á því að reikna mólín:

$$n_{OH} = 0,100 \text{ M} * 0,049 \text{ L} = 4,9 * 10^{-3} \text{ mól}$$

$$n_{HCl} = 0,100 \text{ M} * 0,050 \text{ L} = 5,0 * 10^{-3} \text{ mól}$$

- ▶ Og títrunarhvarfið er:



Sýnidæmi 17.6 - lausn 1/3

- ▶ Sjáum að NaOH er takmarkandi hvarfefnið og við fáum afgang af HCl

$$5,0 * 10^{-3} \text{ mól} - 4,9 * 10^{-3} \text{ mól} = 0,1 * 10^{-3} \text{ mól af } H^{+}$$

- ▶ Við bættum í rúmmálið svo til að reikna mólstyrkinn af vetnisjónum þá þarf að reikna með nýju og mun hærra rúmmáli:

$$V_{total} = 50,0 + 49,0 \text{ mL} = 99,0 \text{ mL} = 0,099 \text{ L}$$

$$[H^{+}] = \frac{n_{HCl}}{V} = \frac{0,1 * 10^{-3} \text{ mól}}{0,099 \text{ L}} = 1,0 * 10^{-3} \text{ M}$$

$$pH = -\log[H^{+}] = -\log(1,0 * 10^{-3}) = 3,00$$

Sýnidæmi 17.6 - lausn 2/3

► B) liður

- Hann reiknast alveg eins nema að núna erum við með 51,0 mL af basanum.

$$n_{OH} = 0,1 \text{ M} * 0,051 \text{ L} = 5,1 * 10^{-3} \text{ mól}$$

- Þá er afgangur af basanum þegar HCl hvarfast við NaOH:

$$5,1 * 10^{-3} - 5,0 * 10^{-3} = 0,1 * 10^{-3} \text{ mól af OH}$$

- Þá þurfum við að reikna mólstyrkinn alveg eins en rúmmálið er núna:

$$V_{total} = 51,0 \text{ mL} + 50,0 \text{ mL} = 101,0 \text{ mL eða } 0,101 \text{ L}$$

$$[OH^{-}] = \frac{0,1 * 10^{-3} \text{ mól}}{0,101 \text{ L}} = 1,0 * 10^{-3} \text{ M}$$

Sýnidæmi 17.6 - lausn 3/3

- ▶ Þá getum við reiknað pOH :

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(1,0 * 10^{-3}) = 3,00$$

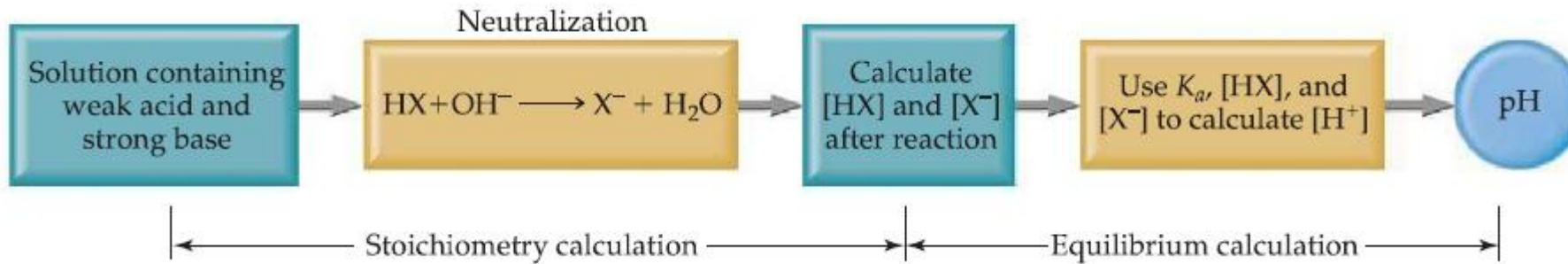
- ▶ Þá getum við reiknað á milli pH útfrá pOH :

$$pH + pOH = 14,00$$

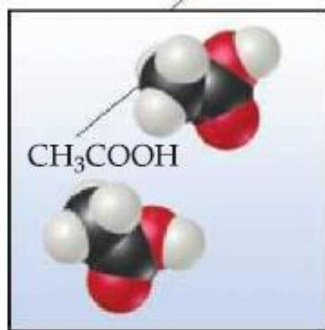
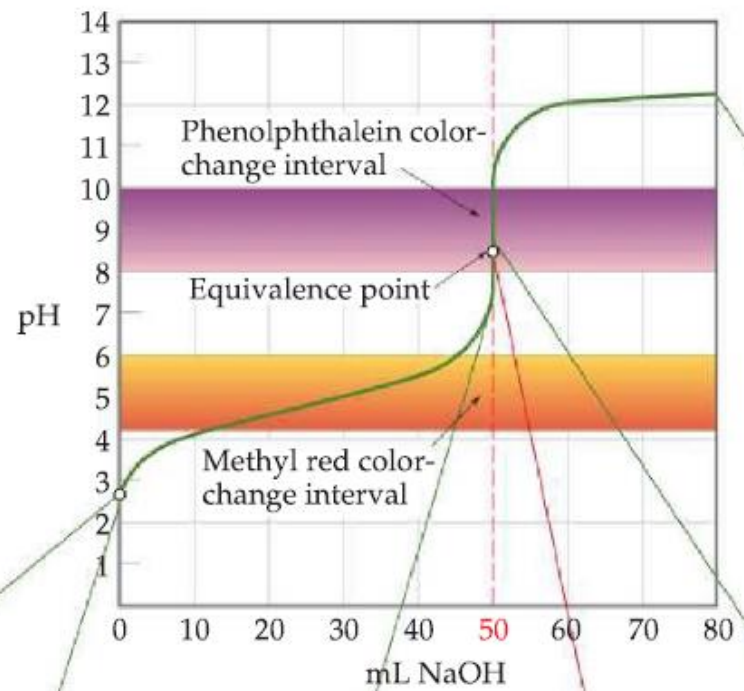
$$pH = 14,00 - pOH = 14,00 - 3,00 = 11,00$$

II. Títrunarferill daufrar sýru með römmum basa.

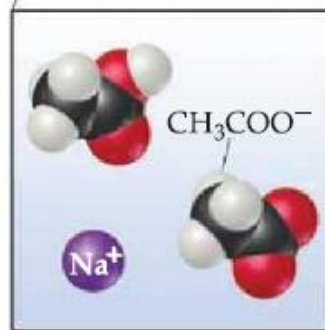
- ▶ Aðeins flóknari en fyrri ferillinn enda búið að bæta við jafnvægi.
- ▶ Munurinn á ferlunum er sá að í staðinn fyrir að það myndist salt sem hefur engin áhrif á sýrustig lausnarinnar þá myndast tilsvarandi basi sýrunnar.
 - ▶ Tilsvarandi basinn mun síðan mynda aftur sýruna og losa OH^- jónir
 - ▶ Jafngildispunkturinn í títruninni er því alltaf aðeins hærri en 7,00



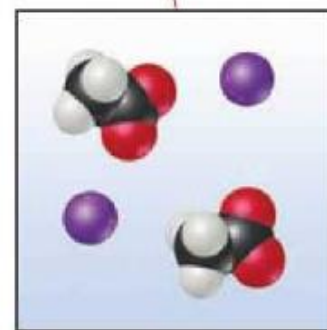
- ▶ Við reiknum því fyrst klassískt hlutfall og síðan jafnvægisreikninga



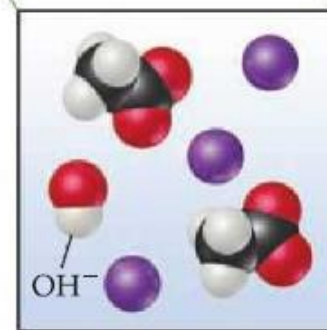
Initial acid
(CH₃COOH)



Buffer mixture
(CH₃COOH + CH₃COO⁻)



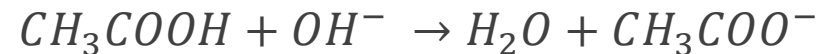
Equivalence point
(CH₃COO⁻)



Excess base
(CH₃COO⁻ + OH⁻)

Við getum líka skipt þessum feril í fjóra hluta.

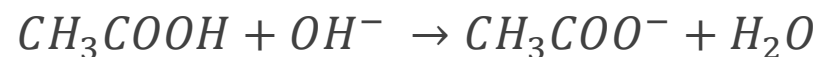
- ▶ Í upphafi getum við reiknað sýrustig sýrunnar áður það fer neinn basi útí.
 - ▶ Gerðum þannig útreikninga í 16.6
- ▶ Síðan byrjum við að bæta við basa og þá hvarfast sýran og myndar tilsvareandi basann sinn



- ▶ Svo við sjáum að hérna hefur myndast böffer! Lausnin okkar inniheldur sýru og tilsvareandi basann hennar og við sjáum að pH breytist mun hægar.
 - ▶ Við getum reiknað sýrustigið með Henderson - Hasselbalch

jafngildispunkturinn

- ▶ Í jafngildi er jafnmikið af sýrunni og basanum. Öll sýran er þá orðin að tilsvarandi basanum sínum:



- ▶ Síðan mun tilsvarandi basinn hvarfast við vatnið og myndar sýruna aftur:



- ▶ Lausnin inniheldur núna OH^- jónir og er því basísk!
- ▶ Jafngildið er því ekki í $pH = 7,00$ heldur ofar

Eftir jafngildispunkturinn

- ▶ Eftir jafngildið höldum við áfram að bæta við basa
 - ▶ Styrkur OH^- jóna eykst.
- ▶ Styrkurinn við viðbótina er það mikill að OH^- frá hvarfi basans til að gera lausnina basíska eins og við sáum á síðustu glæru er hverfandi lítill.
- ▶ Eftir jafngildið er ferillinn fyrir daufar og rammur sýrur alveg eins því að sýran er öll hvörfuð og basinn er í umframmagni.

Sýnidæmi 17.7

- ▶ Hvert er pH lausnar sem myndast þegar 45,0 mL af 0,100 M NaOH er bætt við 50,0 mL af 0,100 M ediksýru, CH_3COOH ?
- ▶ K_a gildi CH_3COOH er $1,8 \cdot 10^{-5}$

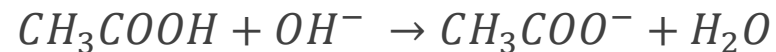
Sýnidæmi 17.7 - lausn 1/3

- ▶ Byrjum á því að reikna mólín:

$$n_{NaOH} = 0,045 \text{ L} * 0,100 \text{ M} = 4,5 * 10^{-3} \text{ mól}$$

$$n_{CH_3COOH} = 0,05 \text{ L} * 0,100 \text{ M} = 5 * 10^{-3} \text{ mól}$$

- ▶ Sjáum að þegar sýran og basinn hvarfast saman þá er það í hlutföllunum 1:1



- ▶ Og það verður afgangur af sýrunni, $5 * 10^{-4}$ mól
- ▶ Það myndast $4,5 * 10^{-3}$ mól af tilsvareandi basanum.

Sýnidæmi 17.7 - lausn 2/3

- ▶ Sjáum að við erum með böffer.
 - ▶ Afgangur af sýrunni og tilsvareandi basann hennar.
- ▶ Reiknum heildarrúmmálið og mólstyrk sýrunnar og mólstyrk basans.

$$V_{total} = V_{sýra} + V_{basi} = 50,0 \text{ mL} + 45,0 \text{ mL} = 95,0 \text{ mL eða } 0,095 \text{ L}$$

$$[sýra] = \frac{5 * 10^{-4} \text{ mól}}{0,095 \text{ L}} = 0,0053 \text{ M}$$

$$[Basi] = \frac{4,5 * 10^{-3} \text{ mól}}{0,095 \text{ L}} = 0,0474 \text{ M}$$

Sýnidæmi 17.7 - lausn 3/3

- ▶ Þá getum við sett upp í Henderson - Hasselbalch jöfnuna:

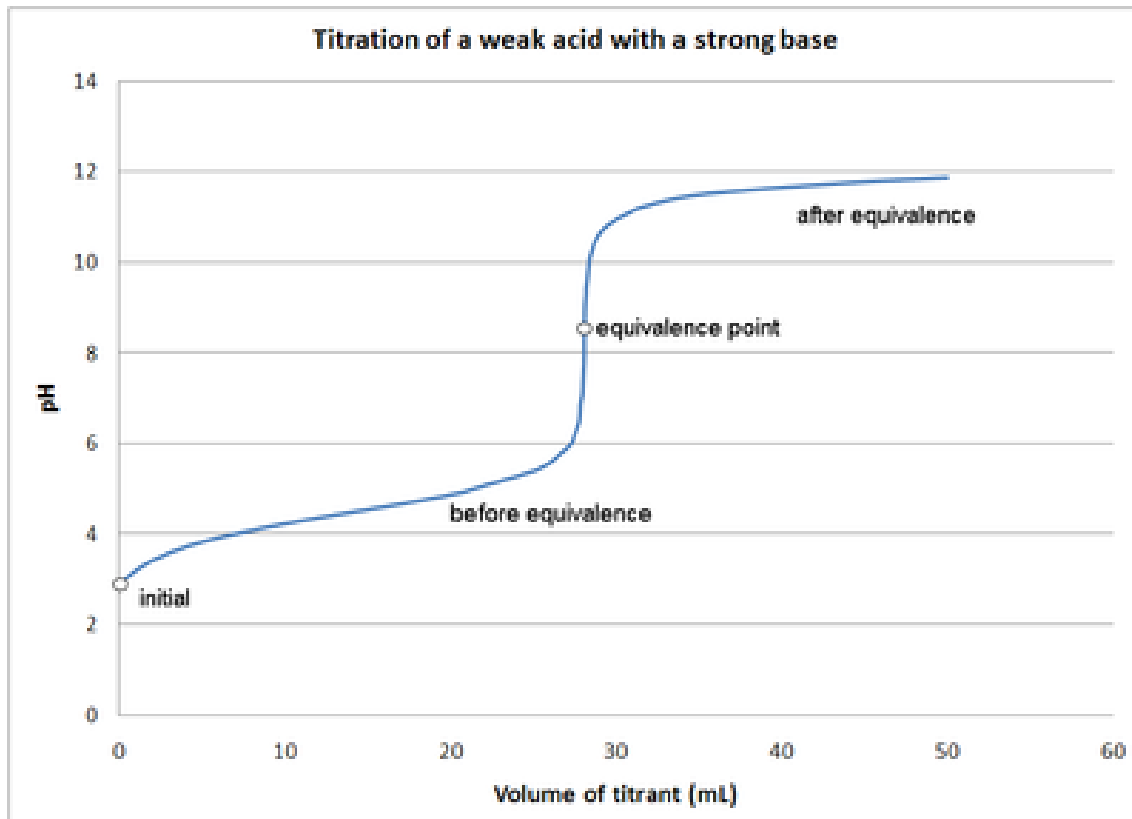
$$pH = pK_a + \log\left(\frac{[basi]}{[sýra]}\right)$$

- ▶ Reiknum pKa og setjum upp jöfnuna:

$$pH = -\log(1,8 * 10^{-5}) + \log\left(\frac{0,0474}{0,0053}\right) = 5,70$$

- ▶ Sjáum að við hefðum getað sett inn mólín í staðinn fyrir mólstyrk þar sem að við deilum með rúmmálinu bæði fyrir ofan og neðan strik svo það núllast út.

Sýnidæmi 17.8 (mjög gott dæmi)



- Reiknum pH í jafngildispunkti þegar við títrum 50,0 mL af 0,100 M CH_3COOH með 0,100 M NaOH ?

Sýnidæmi 17.8 - lausn 1/5

- Byrjum á því að reikna mólín af sýrunni:

$$n_{CH_3COOH} = 0,05 \text{ L} * 0,100 \text{ M} = 5 * 10^{-3} \text{ mól}$$

- Síðan munum við að í jafngildispunktinum þá gildir:

$$n_{CH_3COOH} = n_{NaOH}$$

- Þá getum við líka áætlað teiknað upp töflu:

Sýnidæmi 17.8 - lausn 2/5

► Taflan :

	CH ₃ COOH	OH ⁻	CH ₃ COO ⁻	H ₂ O
i	5 * 10 ⁻³ mól	0	0	/
Δ		5 * 10 ⁻³ mól	0	/
j	0	0	5 * 10 ⁻³ mól	/

► Sjáum að við erum bara með tilsvarandi basann sem mun hegða sér sem basi:



Sýnidæmi 17.8 - lausn 3/5

- ▶ Reiknum heildarrúmmálið en til þess þurfum við rúmmálið af basanum.

$$V_{basi} = \frac{n}{C} = \frac{5 * 10^{-3} \text{ mól}}{0,100 \text{ M}} = 0,05 \text{ L}$$

$$V_{total} = V_{sýra} + V_{basi} = 0,05 \text{ L} + 0,05 \text{ L} = 0,1 \text{ L}$$

- ▶ og mólstyrkinn af tilsvarandi basanum:

$$[CH_3COO^-] = \frac{n}{V} = \frac{5 * 10^{-3} \text{ mól}}{0,1 \text{ L}} = 0,05 \text{ M}$$

Sýnidæmi 17.8 - lausn 4/5

- Þá getum við sett upp töflu fyrir jafnvægið þegar tilsvarandi basinn sækir sér vetnisjón:

	CH ₃ COO ⁻	H ₂ O	CH ₃ COOH	OH ⁻
i	0,05 M	/	0	0
Δ	-x	/	+x	+x
j	0,05 - x	/	x	x

- Og jafnvægislíkingin verður :

$$K_b = \frac{x^2}{0,05 - x} \text{ sem við nálgum í } K_b = \frac{x^2}{0,05}$$

Sýnidæmi 17.8 - lausn 5/5

- ▶ Við erum bara með K_a gildi sýrunnar svo við byrjum á því að reikna K_b fyrir tilsvaramandi basann:

$$K_b = \frac{K_w}{K_a} = \frac{1,0 * 10^{-14}}{1,8 * 10^{-5}} = 5,6 * 10^{-10}$$

- ▶ Reiknum þá x gildið:

$$K_b = \frac{x^2}{0,05} \Rightarrow x = \sqrt{0,05 * 5,6 * 10^{-10}} \Rightarrow x = 5,3 * 10^{-6} M$$

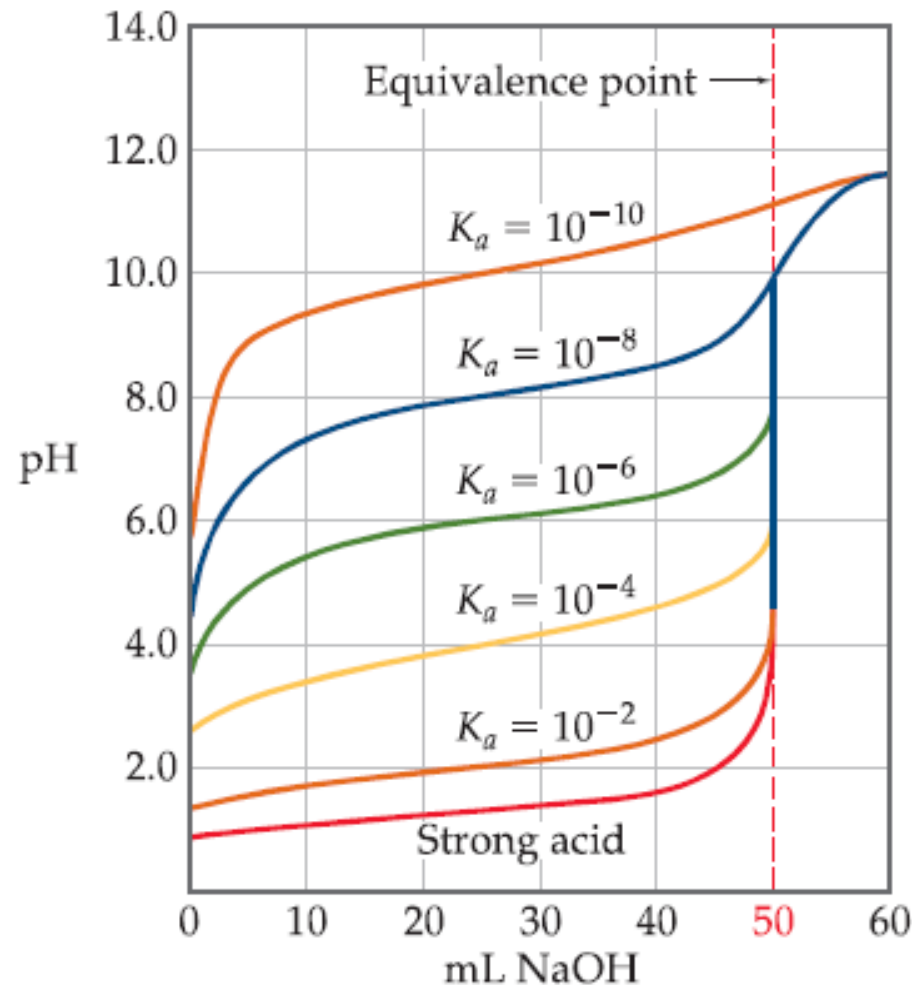
$$x = [OH^-] \text{ og þá er } pOH = -\log(5,3 * 10^{-6}) = 5,28$$

$$pH = 14 - pOH \Rightarrow pH = 8,72$$

- ▶ pH gildið er yfir 7 eins og við var að búast.

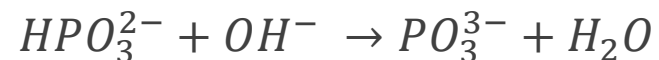
Meira um títrun daufra sýra

- ▶ Títrunarferill daufra sýra er öðruvísi en hjá römmum:
 - ▶ Hærra gildi á upphafs pH
 - ▶ Sveigjan að jafngildispunkti er minni og ekki jafn brött
 - ▶ Jafngildispunkturinn er ekki við 7 heldur ofar.
- ▶ Því daufari sem sýran er, því meiri breytingu sjáum við
- ▶ Í efsta ferlinum er nánast ekki hægt að meta jafngildispunkt.



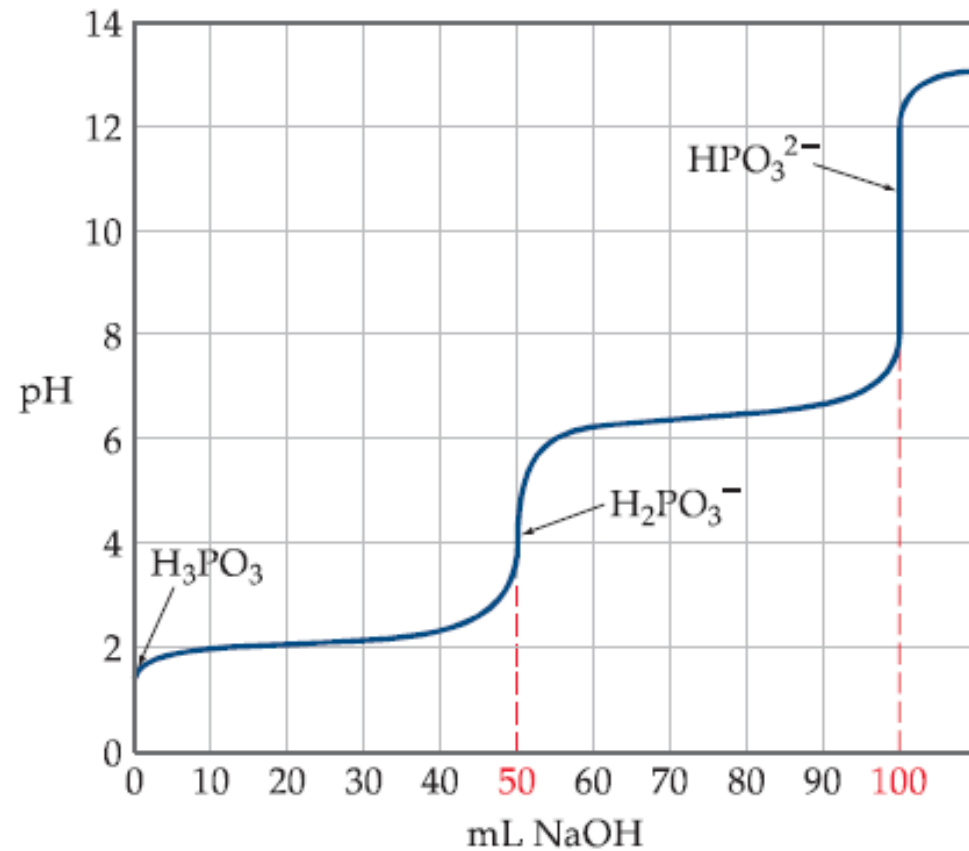
Títrun fjölróteinda sýra

- ▶ Fjölróteindasýrur voru þær sýrur sem losa fleiri en eina vetnisjón.
- ▶ Til dæmis sýran H_3PO_3



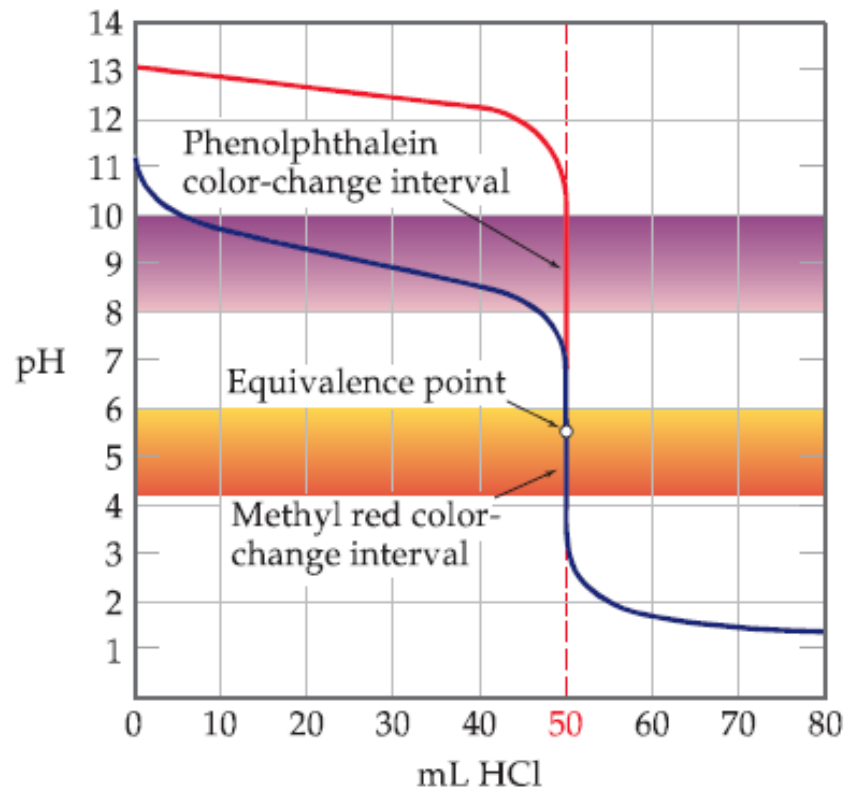
- ▶ En við munum að seinni skrefin gerast alltaf í minna magni og $K_{a2} < K_{a1}$
- ▶ Ef vel er gert er því hægt að greina fleiri en einn jafngildispunkt.

Skoðum H_3PO_3 nánar



▲ **Figure 17.13 Diprotic acid.** Titration curve for the reaction of 50.0 mL of 0.10 M H_3PO_3 with 0.10 M NaOH.

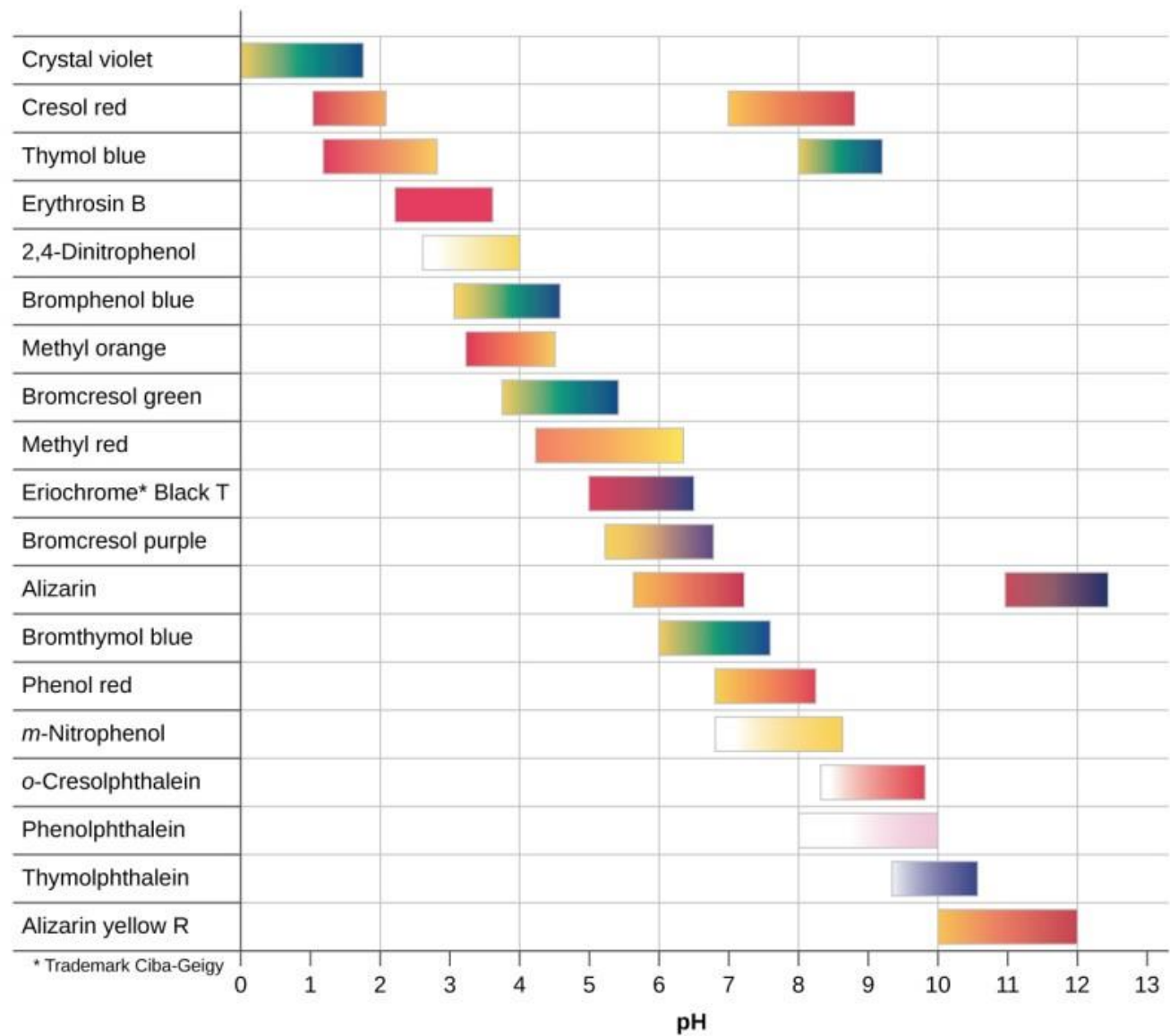
- ▶ Við sjáum að í byrjun erum við bara með upphaflegu sýruna og fljótlega klofnar hún í H_2PO_3^- .
- ▶ Síðan sjáum við mun brattara stökk yfir í HPO_3^{2-} í seinna jafngildi.
- ▶ Oft sjáum við varla fyrra jafngildið í mælingum og það er mjög mismunandi eftir því hversu dauf hún er.

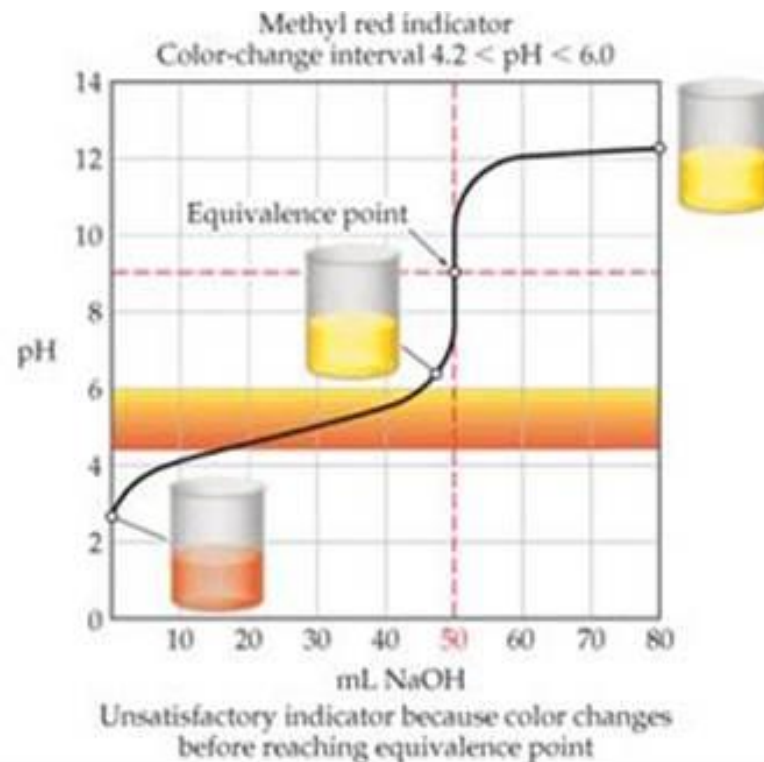
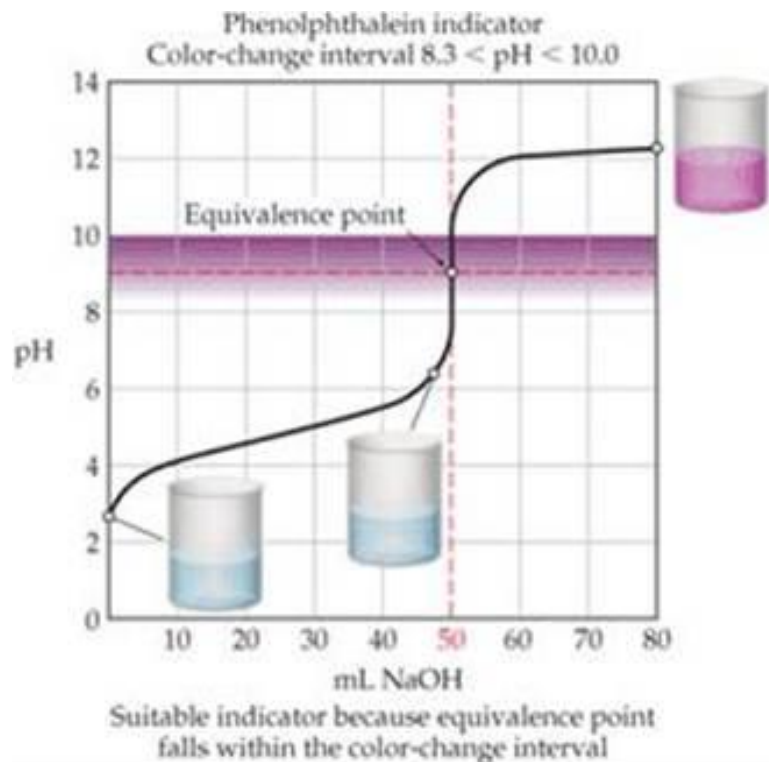


▲ **Figure 17.12 Adding a strong acid to a base.** The blue curve shows pH versus volume of added HCl in the titration of 50.0 mL of 0.10 M ammonia (weak base) with 0.10 M HCl. The red curve shows pH versus added acid for the titration of 0.10 M NaOH (strong base). Both phenolphthalein and methyl red change color at the equivalence point in the titration of the strong base. Phenolphthalein changes color before the equivalence point in the titration of the weak base.

Títrun með litvísi

- ▶ Oftast er sýru basa títrunum stýrt með pH gildinu
 - ▶ En við getum einnig stuðst við litvísi (eins og við gerðum í verklegu)
- ▶ Litvísirinn er í raun óþarfi en mjög gagnlegur og við þurfum að velja litvísinn vel!
- ▶ Methyl rauður verður rauður
- ▶ Phenolphthalein missir litinn





Hérna er Methyl rauður t.d.
ekki hentugur litvísir