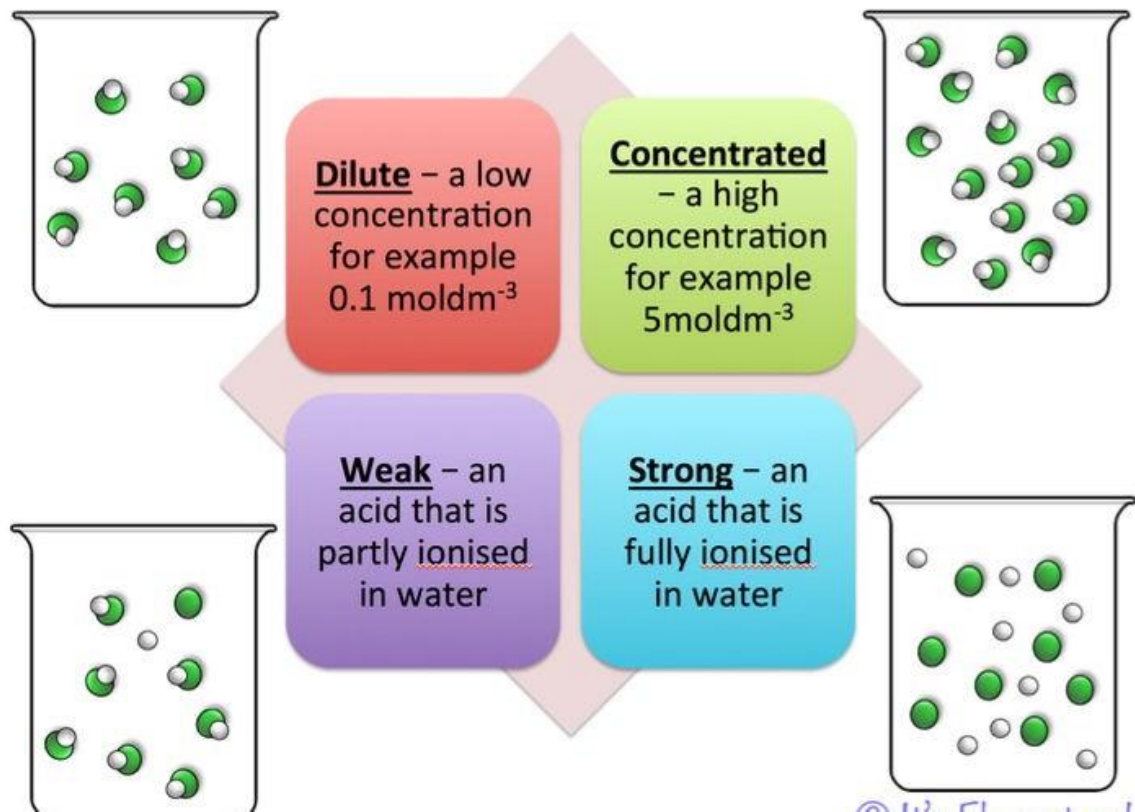


# Daufar sýrur

Kaflí 16.5

# Smá upprifjun



- ▶ Dilute = þynnt
  - ▶ Búið að þynna með vatni
- ▶ Concentrated = megn
  - ▶ Bara sýra
- ▶ Weak = Dauf
  - ▶ Brotnar bara að hluta til í jónir
- ▶ Strong = römm
  - ▶ Brotnar alveg niður í jónir

# Daufar sýrur

- ▶ Flestar sýrur eru daufar
  - ▶ Enda voru það mjög fáar rammar sýrur sem við þurftum að læra.
- ▶ Daufar sýrur brotna bara takmarkað niður og eru því í efnajafnvægi.
- ▶ Við getum því skrifað hvaða dauðu sýru sem er, HA ( A fyrir acid og H fyrir vetni sem þær losa ) sem :



- ▶ Og þá gildir auðvitað líka:

$$K_a = \frac{[H^+] * [A^-]}{[HA]}$$

# Sýruklofningsfastinn $K_a$

- ▶  $K_a$  er því í rauninni bara  $K_c$  nema að við merkjum fastann með  $a$  í staðinn fyrir  $c$  af því að við erum með sýru.
  - ▶ Þetta lýtur kjánalega út í byrjun en mun meika mun meiri sense og vera gagnlegt í 16.8 og köflunum eftir það.
- ▶ Við erum því komin með nokkrar útgáfur af jafnvægisfastanum  $K$ ,
- ▶  $K_c$
- ▶  $K_p$
- ▶  $K_w$
- ▶ Og núna  $K_a$
- ▶ Sem eru allir settir eins upp.

# Meira um $K_a$

- ▶ Rammar sýrur eru ekki í efnajafnvægi því þær brotna alveg niður í jónir.
  - ▶ Rammar sýrur hafa því ekki  $K_a$  gildi.
- ▶ Allar daufar sýrur hafa mismunandi  $K_a$  gildi sem segir til um hversu auðveldlega þær brotna niður.
  - ▶ þegar  $K \ll 1$  þá liggur jafnvægi til vinstri til myndefna ( mikið af sýrunni )
  - ▶ Sem þýðir að dauf sýra með hærra gildi  $K_a$  en önnur sýra er í jafnvægi sem hallar meira til hægri og er því meira á jónuðu formi.
  - ▶ Sem við getum einfaldað í :
  - ▶ Því hærra sem  $K_a$  gildið er, því rammari er sýran. Og því lægra sem  $K_a$  gildið er, því veikari er sýran.
  - ▶ Tafla á næstu glæru sýnir nokkrar daufar sýrur.

**TABLE 16.2 ■ Some Weak Acids in Water at 25 °C**

| Acid                                          | Structural Formula*                                                                                                     | Conjugate Base                     | Equilibrium Reaction                                                                                                                             | $K_a$                 |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Hydrofluoric (HF)                             | $\text{H}-\text{F}$                                                                                                     | $\text{F}^-$                       | $\text{HF}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{F}^-(aq)$                                             | $6.8 \times 10^{-4}$  |
| Nitrous ( $\text{HNO}_2$ )                    | $\text{H}-\text{O}-\text{N}=\text{O}$                                                                                   | $\text{NO}_2^-$                    | $\text{HNO}_2(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{NO}_2^-(aq)$                                       | $4.5 \times 10^{-4}$  |
| Benzoic ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ) | $\text{H}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_5$                                        | $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-$ | $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{C}_6\text{H}_5\text{COO}^-(aq)$ | $6.3 \times 10^{-5}$  |
| Acetic ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )           | $\text{H}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}-\text{H}$ | $\text{CH}_3\text{COO}^-$          | $\text{CH}_3\text{COOH}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{CH}_3\text{COO}^-(aq)$                   | $1.8 \times 10^{-5}$  |
| Hypochlorous ( $\text{HClO}$ )                | $\text{H}-\text{O}-\text{Cl}$                                                                                           | $\text{ClO}^-$                     | $\text{HClO}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{ClO}^-(aq)$                                         | $3.0 \times 10^{-8}$  |
| Hydrocyanic ( $\text{HCN}$ )                  | $\text{H}-\text{C}\equiv\text{N}$                                                                                       | $\text{CN}^-$                      | $\text{HCN}(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{CN}^-(aq)$                                           | $4.9 \times 10^{-10}$ |
| Phenol ( $\text{HOC}_6\text{H}_5$ )           | $\text{H}-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_5$                                                                                | $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-$   | $\text{HOC}_6\text{H}_5(aq) + \text{H}_2\text{O}(l) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(aq) + \text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-(aq)$            | $1.3 \times 10^{-10}$ |

\* The proton that ionizes is shown in blue.

# Reiknum $K_a$ gildi sýru útfrá pH gildi

- ▶ Við notum nákvæmlega sömu útreikninga til að reikna sýrujafnvægi og við notuðum til að reikna jafnvægi.
- ▶ En hinsvegar af því að  $K_a$  gildi eru oft ótrúlega litlar stærðir þá verða dæmin oft einfaldari.
- ▶ Eitt sem við þurfum að hafa í huga er að þótt að hvarfið sé í jafnvægi og sé því að fara fram og til baka.
  - ▶ Þá gerast sýru-basa hvörf mjög hratt!
  - ▶ Og því mun pH gildi ekki breytast þótt að hvarfið sé að fara fram og til baka.
  - ▶ Og mælt eða reiknað pH gildi er því gildið fyrir hvarfið í jafnvægi.

# Sýnidæmi 16.10

- Nemandi blandar 0,10 M lausn af Maurasýru (  $\text{HCOOH}$  ) og kemst að því að pH gildi sýrunnar við  $25,0^\circ\text{C}$  er 2,38. Hvert er sýruklofningsgildi Maurasýru,  $K_a$  ?

# Sýnidæmi 6.10 - lausn 1/3

- Byrjum á því að skoða jafnvægið



- Sem hefur jafnvægislíkinguna:

$$K_a = \frac{[H^+] * [COOH^-]}{[HCOOH]}$$

- Ef við vitum pH gildið þá getum við auðveldlega reiknað  $[H^+]$

$$[H^+] = 10^{-pH} \Rightarrow [H^+] = 10^{-2,38} = 4,2 * 10^{-3} M$$

- Sem er styrkurinn við jafnvægi ! Svo við þurfum að setja upp töflu

|          | HCOOH $\rightleftharpoons$ | H <sup>+</sup> +         | COOH <sup>-</sup> |
|----------|----------------------------|--------------------------|-------------------|
| Upphaf   | 0,1 M                      | 0                        | 0                 |
| $\Delta$ | -x                         | +x                       | +x                |
| Jafnvægi | 0,1 - x                    | 4,2 * 10 <sup>-3</sup> M | x                 |

Sýnidæmi 6.10 – lausn 2/3

## Sýnidæmi 6.10 - lausn 3/3

- Þá vitum við að  $x = 4,2 \cdot 10^{-3}$  og við getum reiknað jafnvægisstyrk sýrunnar sem:

$$[HCOOH]_{jafnvægi} = 0,1 M - x \Rightarrow [HCOOH]_{jafnvægi} = 0,1 - 4,2 \cdot 10^{-3} M \approx 0,1 M$$

- Sem meikar sense, þetta er dauf sýra sem klfna oftast ekki mikið í jónir svo að styrkur sýrunnar ætti að vera svipaður í upphafi og jafnvægi.
- Þá reiknum við jafnvægisfastann  $K_a$ :

$$K_a = \frac{[H^+] \cdot [COOH^-]}{[HCOOH]} = \frac{4,2 \cdot 10^{-3} \cdot 4,2 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 1,8 \cdot 10^{-4}$$

# Prósentujónun

- ▶ Við sjáum það að stærðin á  $K_a$  ræður því hversu dauf dauf sýra er.
  - ▶ Við munum það að ef  $K \ll 1$  þá leitar jafnvægi til vinstri í átt að hvarfefnum, og því lægri sem fastinn er, því meira hallar jafnvægið til vinstri!
- ▶ Annar mælikvarði er prósentujónun sýrunnar, skilgreint sem:

$$\text{Prósentujónun} = \frac{\text{mólstyrkur jóna}}{\text{mólstyrkur sýrunnar}} * 100\%$$

- ▶ Því rammari sem sýran er, því hærri er prósentujónunin.
  - ▶ Sem meikar sense, daufar sýrur klofna lítið í jónir ( lág prósentu ) og mjög daufar sýrur munu þá klofna enn minna.

# Meira um prósentujónun

- ▶ Prósentujónun er því í raun og bara hlutfall jónununar miðað við mólstyrk.
- ▶ Skrifum upp einfaldari útgáfu af jöfnunni:

$$\text{Prósentujónun} = \frac{[H^+]_{\text{jafnvægi}}}{[HA]_{\text{upphafs}}} * 100\%$$

- ▶ Þá mun t.d. 0,035 M  $\text{HNO}_2$  sýra sem klofnar í  $3,7 * 10^{-3}$  M vetnisjónir hafa %-jónunina:

$$\text{prósentujónun} = \frac{3,7 * 10^{-3} \text{ M}}{0,035 \text{ M}} * 100\% = 11\%$$

# Sýnidæmi 16.11

- ▶ Eins og kom fram í sýnidæmi 16.10 þá mun 0,10 M Maurasýra  $\text{HCOOH}$  klofna í  $4,2 * 10^{-3} \text{ M}$  vetnisjónir. Hver er prósentujónun sýrunnar ?
- ▶ Lausn:
- ▶ Setjum þetta bara beint upp, enda er jafnan mjög einföld.

$$\text{Prósentujónun} = \frac{[H^+]_{\text{jafnvægi}}}{[HA]_{\text{upphafs}}} * 100\%$$

$$\text{Prósentujónun} = \frac{4,2 * 10^{-3} \text{ M}}{0,10 \text{ M}} * 100\% = 4,2\%$$

# Notum $K_a$ til að reikna pH gildi

- ▶ Ef við vitum ekkert nema styrkinn af sýrunni í byrjun og  $K_a$  gildi hennar þá getum við reiknað pH gildið.
- ▶ Það er gert í nokkrum skrefum:
  1. Skrifa upp jöfnuna
  2. Fletta upp fastanum og skrifa upp jafnvægislíkinguna.
  3. Setja upp töflu.
  4. Setja gildin úr töflunni inn í jafnvægislíkinguna.
  5. **Gera nálgunartest! Og reikna prósentujónuna.**

Ef prósentujónunin er  $>5\%$  þá getum við ekki gert nálgun og verðum að leysa margliðuna og nota BATMAN (D regluna).
  6. Klára dæmið með því að reikna pH gildið.

# Sýnidæmi 16.12

- ▶ Reiknaðu sýrustig ( pH ) 0,20 M lausnar HCN.

- ▶ Lausn:

- ▶ Byrjum á því að skrifa upp jöfnuna, jafnvægislíkingu og flettum upp  $K_a$  gildinu.



$$K_a = \frac{[H^+] * [CN^-]}{[HCN]} = 4,9 * 10^{-10}$$

# Sýnidæmi 6.12 - lausn 1/3

- Setjum upp töflu til að átta okkur á jafnvægisstyrkjunum :
- Fáum þá jafnvægislíkinguna:

$$K_a = \frac{x^2}{0,20 - x}$$
$$= 4,9 * 10^{-10}$$

|          | HCN $\rightleftharpoons$ | H <sup>+</sup> | + CN <sup>-</sup> |
|----------|--------------------------|----------------|-------------------|
| Upphaf   | 0,20 M                   | 0              | 0                 |
| $\Delta$ | -x                       | +x             | +x                |
| Jafnvægi | 0,20-x                   | x              | x                 |

## Sýnidæmi 6.12 - lausn 2/3

- ▶ Næsta skref væri þá að setja upp margliðuna og reikna gildi  $x$ .
- ▶ En núna ætlum við að áætla að  $x$  verði það lítil tala að  $0,20 - x$  verði enn  $0,20$
- ▶ Reiknum  $x$  með því að nálga  $0,20 - x = 0,20$

$$4,9 * 10^{-10} = \frac{x^2}{0,20} \Rightarrow x = \sqrt{0,20 * 4,9 * 10^{-10}} = 9,9 * 10^{-6} M$$

- ▶ Munum að  $x = [H^+]$  og skoðum hvort að nálgunin okkar meikar sense:

$$\text{prósentujónun} = \frac{[H^+]}{[HCN]} * 100\% \Rightarrow \frac{9,9 * 10^{-6} M}{0,20 M} * 100\% = 0,005 \%$$

- ▶ Sem er mun minna en 5% svo við máttum auðveldlega nota nálgunina.

# Sýnidæmi 6.12 - lausn 3/3

- ▶ Núna vitum við hver styrkurinn á vetnisjónunum er.
- ▶ Því er auðvelt að klára dæmið og reikna sýrustigið:

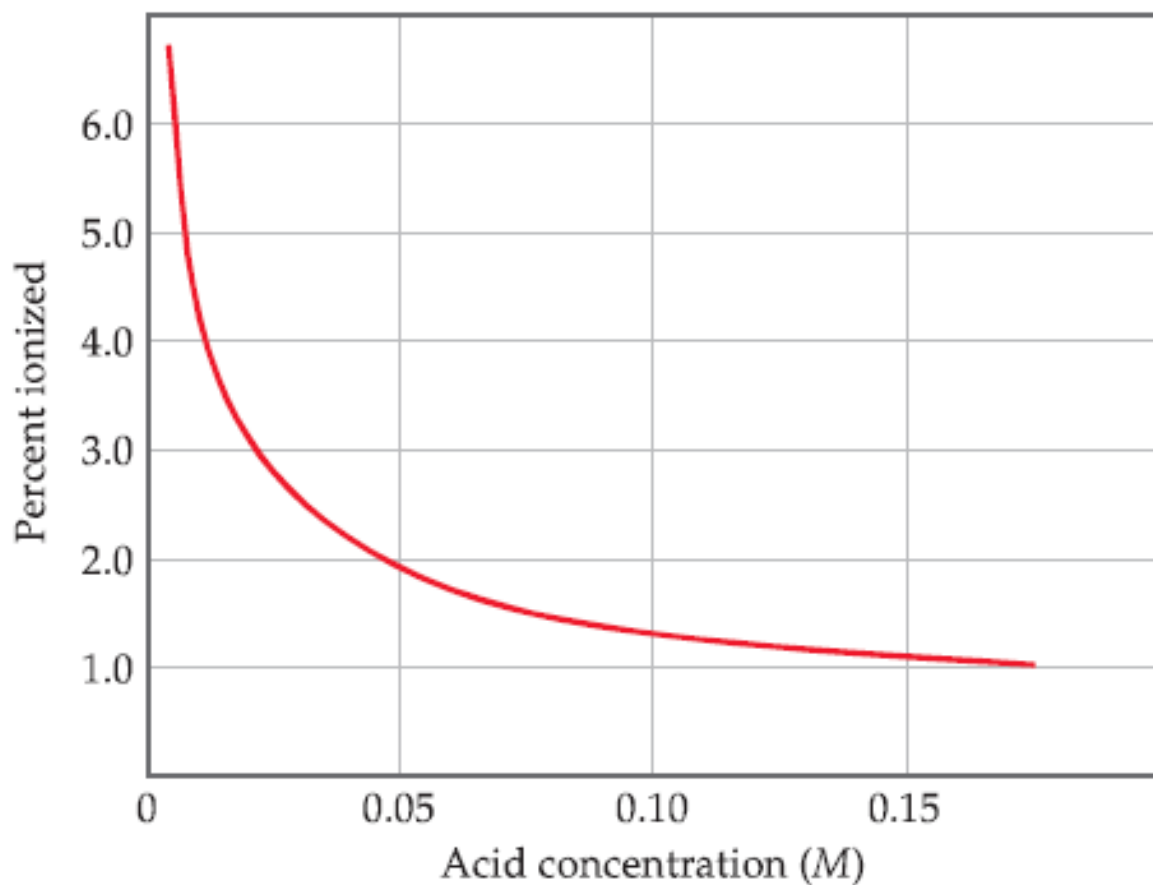
$$pH = -\log[H^+]$$

$$pH = -\log(9,9 * 10^{-6}) = 5,00$$

- ▶ Við skilum sýrustiginu með tvo aukastafi af því að styrkurinn er með tvo markverða stafi.
  - ▶ Fyrir pH gildir alltaf, fjöldi markverðra stafa í dæmi = fjöldi aukastafi í gildi

# Prósentujónun og mólstyrkur

- ▶ Af því að prósentujónun er hlutfall þá gildir það að:
  - ▶ Ef við aukum mólstyrk daufrar sýru þá mun það lækka prósentujónunina!
    - ▶ Sterk dauf sýra losar fáar vetnisjónir
  - ▶ Ef við lækkum mólstyrk daufrar sýru þá mun meira af henni jónast.
    - ▶ Veik dauf sýra losar hlutfallslega fleiri vetnisjónir.
- ▶ Getum séð þetta á grafi á næstu glæru.
- ▶ Þetta gildir ekki með rammar sýrur því þær eru ekki við efnajafnvægi.
  - ▶ Ef við til dæmis tvöföldum mólstyrk rammrar sýru, þá munum við líka tvöfalda  $H^+$  jónir sem losna, því að hlutfallið er 1:1 og ramma sýran brotnar alveg niður í jónir.



◀ **Figure 16.9 The effect of concentration on ionization of a weak acid.** The percent ionization of a weak acid decreases with increasing concentration. The data shown are for acetic acid.

# Sýnidæmi 6.13

- ▶ Hver er prósentujónun í bæði 0,1 M HF sýru og 0,01 M HF ?
- ▶ Lausn:
- ▶ Byrjum bara á 0,1 M sýrunni.
- ▶ Setjum upp jöfnuna og flettum síðan upp  $K_a$  gildinu ásamt því að setja upp jafnvægislíkinguna.



$$K_a = \frac{[H^+] * [F^-]}{[HF]} = 6,8 * 10^{-4}$$

# Áframhald á sýnidæmi 6.13

- ▶ Við getum því sett upp töflu fyrir sýruna:

|          | HF $\rightleftharpoons$ | H <sup>+</sup> | + F <sup>-</sup> |
|----------|-------------------------|----------------|------------------|
| i        | 0,10 M                  | 0              | 0                |
| $\Delta$ | - x                     | + x            | + x              |
| j        | 0,10 - x                | x              | x                |

- ▶ Setjum gildin síðan inn í jafnvægislíkinguna :

$$K_a = \frac{[H^+] * [F^-]}{[HF]} \Rightarrow 6,8 * 10^{-4} = \frac{x^2}{0,10 - x}$$

# Framkvæmum nálgunina...

- Prófum að framkvæma nálgunina að 0,1 - x sé bara sirka 0,1

$$6,8 * 10^{-4} = \frac{x^2}{0,10} \Rightarrow x = \sqrt{(6,8 * 10^{-4} * 0,10)} = 8,25 * 10^{-3} = [H^+]$$

- Þá er prósentujónunin:

$$\% - jónun = \frac{[H^+]_j}{[HA]_i} * 100\% \Rightarrow \%jónun = \frac{8,25 * 10^{-3}}{0,10} * 100\% = 8,24\%$$

- Sem er meira en 5% svo að nálgunin okkar gengur ekki upp! Verðum að fara lengri leiðina.

# Reiknum margliðuna

- Það var svekkjandi en setjum þá upp margliðuna útfrá jafnvægislíkingunni:

$$x^2 + 6,8 * 10^{-4} x - 6,8 * 10^{-5} = 0$$

- Sem við setjum svo upp í BATMAN og fáum rótina :

$$x = 7,9 * 10^{-3} = [H^+]$$

- Þá er prósentujónunin:

$$\% - jónun = \frac{[H^+]_j}{[HA]_i} * 100\% \Rightarrow \%jónun = \frac{7,9 * 10^{-3}}{0,10} * 100\% = 7,9\%$$

## Seinni liðurinn af dæmi 16.13

- Seinni liðurinn er gerður alveg eins nema að jafnvægislíkingin verður:

$$K_a = \frac{[H^+] * [F^-]}{[HF]} \Rightarrow 6,8 * 10^{-4} = \frac{x^2}{0,010 - x}$$

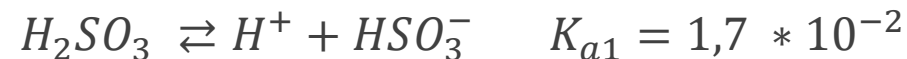
- Síðan reiknast dæmið alveg eins og við munum ekkert frekar geta gert nálgunina hér en við vitum að þegar mólstyrkur lækkar, þá mun %-jónun aukast!
- Fáum út í lokin að:

$$x = [H^+] = 2,3 * 10^{-3} M$$

$$\% - jónun = \frac{[H^+]_j}{[HA]_i} * 100\% \Rightarrow \%jónun = \frac{2,3 * 10^{-3}}{0,010} * 100\% = 23\%$$

# Fjölróteindasýrur

- ▶ Sumar sýrur geta losað meira en eina  $H^+$  jón.
- ▶ Þær sýrur kallast fjölróteindasýrur.
- ▶ Skoðum t.d. Sýruna  $HSO_3^-$  sem kallast brennisteinssýrlingur.



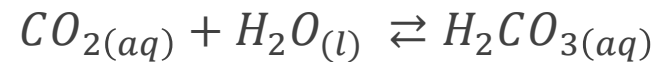
- ▶ Við sjáum því að jónin  $HSO_3^-$  er tvíhægða og getur bæði tekið til sín vetnisjón og misst.

# $K_a$ gildi fjölróteindasýra

- ▶  $K_{a2}$  er alltaf klofningsfasti seinni vetnisjónarinnar sem er að fara og er alltaf lægri tala en  $K_{a1}$  !
- ▶ Það er því alltaf auðveldara að taka fyrstu vetnisjónina en sá seinni.
  - ▶ Meikar sense, því þegar við erum að taka seinni jónina þá erum við að taka plúshlaðna jón frá neikvætt hlaðinni jón svo þar er aðdráttarkraftur.
- ▶ Sama gildir líka að fyrir þríróteindajónir
  - ▶ Auðveldara að taka aðra vetnisjónina en sá þriðju.
- ▶ Munurinn á  $K_a$  gildunum er það mikill oft (  $10^3$  eða meira ) að auðvelt er að áætla að seinni klofnanir spili lítinn hluta í að losa vetnisjónir og því hægt að meta t.d pH án mikillar skekkju.

# Sýnidæmi 16.14

- Leysni  $\text{CO}_2$  í vatni við  $25^\circ\text{C}$  og  $0,1\text{ atm}$  er  $0,0037\text{ M}$ . Koldíoxíðið mun verða að kolsýru við að leysast upp í vatninu samkvæmt:



- Hvert er pH gildi  $0,0037\text{ M}$  lausn  $\text{H}_2\text{CO}_3$  ?

# Sýnidæmi 16.14 - lausn 1/3

- Byrjum á því að setja upp töflu sem sýnir jafnvægi sýrunnar þegar hún missir fyrri róteindina sína og flettum síðan upp á jafnvægisfastanum  $K_{a1}$  fyrir kolsýru.

|          | $H_2CO_3 \rightleftharpoons$ | $H^+$ | $+ HCO_3^-$ |
|----------|------------------------------|-------|-------------|
| i        | 0,0037 M                     | 0     | 0           |
| $\Delta$ | - x                          | + x   | + x         |
| j        | 0,0037 - x                   | x     | x           |

- Jafnvægislíkingin er þá:

$$K_a = \frac{[H^+] * [HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = > K_a = \frac{x^2}{0,0037 - x} = 4,3 * 10^{-7}$$

# Sýnidæmi 16.14 - lausn 2/3

- Framkvæmum nálgunina að 0,0037 - x sé sirka 0,0037

- Þá er jafnan:

$$\frac{x^2}{0,0037} = 4,3 * 10^{-7} \Rightarrow x = \sqrt{0,0037 * (4,3 * 10^{-7})} = 4,0 * 10^{-5} = [H^+]$$

- Gáum hvort að nálgunin gangi ekki upp:

$$\% - jónun = \frac{[H^+]}{[H_2CO_3]} * 100\% \Rightarrow \frac{4,0 * 10^{-5}}{0,0037 M} * 100\% = 1,08 \%$$

- Svo við getum reiknað pH auðveldlega:

$$pH = -\log[H^+] \Rightarrow pH = -\log(4,0 * 10^{-5}) = 4,40$$

# Sýnidæmi 16.14 - lausn 3/3

- ▶ En hvað með seinni klofnunina?
  - ▶  $\text{HCO}_3^- \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-}$
- ▶ Við vitum að  $K_{a2}$  er alltaf mun lægra gildi en  $K_{a1}$ .
- ▶ Við getum því áætlað að styrkur vetnisjóna sem komi úr seinni klofnuninni muni ekki hafa nein áhrif á pH gildið.
  - ▶ Ég geri þessa útreikninga í tímanum og sýni fram á að það verði ekki nein áhrif.
  - ▶ Þið þurfið ekki að kunna þá útreikninga, en mjög fínt að hafa allavega séð þá uppá að skilja af hverju 😊