

Placer vejebåden på vægten og nulstil. Afvej ca. 2,5 gram (evt. lidt mere)  $\text{NaHCO}_3$  og noter massen her.

$m(\text{NaHCO}_3)/\text{g}$
2,52

Bestem massen af det tomme 250 mL bægerglas. Noter massen. Brug fuldpipetten og overfør 25,0 mL eddike til bægerglasset og noter den samlede masse af bægerglas og eddike.

$m(\text{bægerglas})/\text{g}$	$m(\text{bægerglas og eddike})/\text{g}$
95,79	121,04

Overfør nu de ca. 2,5 g natriumhydrogencarbonat til bægerglasset.

**Spørgsmål:** Hvad observerer man? Hvad er tilbage i bægerglasset? Hvad kan det være, der bliver dannet?

- Man ser, at der dannes en gas. Når vi ser på reaktionsskemaet, så passer det med, at det er  $\text{CO}_2$ , der dannes.
- I bunden af glasset med væske er der lige efter reaktionen et afsluttet et fast stof, som er  $\text{NaHCO}_3$ . Det må være noget natriumhydrogencarbonat, der ikke har reageret, og som ikke er gået i opløsning.
- Vi kan nu skrive det skitserede reaktionsskema således:



Bestem den molare masse af  $\text{CO}_2$ .

- Den molare masse af  $\text{CO}_2$  er  $44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ .

Bestem nu massen af bægerglasset og indholdet igen.

$m(\text{bægerglas og indhold efter reaktionen})/\text{g}$
122,65

### EFTERBEHANDLING

Bestem massen af eddike og massen af produktet  $\text{CO}_2$  fra reaktionen.

- Massen af eddike må være (massen af bægerglasset med eddike) minus (massen af et tomt bægerglas).
- Massen af  $\text{CO}_2$  må være (massen af bægerglas med eddike plus massen af natriumhydrogencarbonat) minus (massen af bægerglasset efter reaktionen har fundet sted).

$m(\text{eddike})/\text{g}$	$m(\text{CO}_2)/\text{g}$
$121,04 - 95,79 = 25,25$	$(2,52 + 121,04) - 122,65 = 0,91$

Beregn nu densiteten af eddike, idet vi erindrer at  $\rho = \frac{m}{V}$ .

- Vi ved at massen af 25 mL eddike er 25,25 g. Vi beregner så densiteten.

$\rho(\text{eddike})/\frac{\text{g}}{\text{mL}}$
$\left(\frac{25,25 \text{ g}}{25 \text{ mL}}\right) = 1,01$

Bestem den stofmængde  $\text{CO}_2$ , der blev dannet ved reaktionen.

- Den molare masse for  $\text{CO}_2$  er  $44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ . Derfor er der dannet

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m}{M} = \frac{0,91 \text{ g}}{44,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,02068 \text{ mol}$$

Beregn stofmængden af natriumhydrogencarbonat, som blev benyttet i eksperimentet. Var natriumhydrogencarbonat i overskud ved denne reaktion?

- For at vide om stoffet var i overskud, skal vi også kende stofmængden af eddikesyre, og den kender vi umiddelbart ikke. Vi kan komme med en vurdering fra eksperimentet: Lige efter reaktionen havde fundet sted, var der noget fast stof tilbage i bunden af bægerglasset. Ser vi på reaktionsskemaet igen, og bemærker at reaktionsskemaet er afstemt,



så tyder det på at ALT eddikesyre,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , er blevet omdannet til  $\text{CO}_2$ , men der er stadig noget  $\text{NaHCO}_3$  tilbage i bunden af glasset. Det ville nok være gået i opløsning, hvis vi havde ladet det stå længere, eller havde rørt mere rundt i bægerglasset, men det undersøgte vi ikke. Beregninger giver os, at der var denne stofmængde:

$$n(\text{NaHCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{2,52 \text{ g}}{84,01 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \approx 0,03000 \text{ mol}$$

Nu kan vi også se, at stofmængden af  $\text{NaHCO}_3$  er større end stofmængden af  $\text{CO}_2$ .

Du ved, hvilken stofmængde af  $\text{CO}_2$  der blev dannet. Hvad er da stofmængden af eddikesyre i 25,0 mL eddike?

- Lad os igen betragte reaktionskemaet - denne gang i et "delvist udfyldt" beregningskema, som kan give et godt overblik. Hvad skal der stå ved de tre spørgsmålstegn? Der dannes kun 0,02068 mol  $\text{CO}_2$ , så  $\text{NaHCO}_3$  var i overskud og  $\text{CH}_3\text{COOH}$  er den begrænsende reaktant.

	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	$+$	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$	$\rightarrow$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$+$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$+$	$\text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq})$
$M$ (g/mol)	84,01				44,01				
$m$ (g)	2,52				0,91				
$n$ (mol)	0,03000		???		0,02068				
stofmængdeforhold	1		1		1		1		1

Stofmængdeforholdet mellem  $\text{CH}_3\text{COOH}$  og  $\text{CO}_2$  er 1:1 i reaktionskemaet og de to stoffer er i ækvivalente mængder. Derfor gælder det at:

$$n(\text{CO}_2) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,02068 \text{ mol}$$

Nu kan vi næsten bedre se, at natriumhydrogencarbonat var i overskud i forhold til den anden reaktant, som er  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . Så kan vi udfylde lidt mere i skemaet.

	$\text{NaHCO}_3(\text{s})$	$+$	$\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$	$\rightarrow$	$\text{CO}_2(\text{g})$	$+$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$+$	$\text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq})$
$M$ (g/mol)	84,01				44,01				
$m$ (g)	2,52				0,91				
$n$ (mol)	0,03000		0,02068		0,02068				
stofmængdeforhold	1		1		1		1		1

Vi kan nu bestemme den formelle stofmængdekonzentration af eddikesyre i eddike ved at benytte formlen:

$$c(\text{eddikesyre}) = \frac{n(\text{eddikesyre})}{V(\text{eddike})}$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{0,02068 \text{ mol}}{0,025 \text{ L}} = 0,8272 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

Hvad er massen af 1,0 L eddike?

- Vi kender densiteten og 1 L eddike er det samme som 1000 mL eddike. Derfor har vi at massen af 1,0 L eddike er:

$$1,01 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 1000 \text{ mL} = 1010 \text{ g} = 1,010 \text{ kg}$$

På en flaske eddike står der, at masseprocenten af eddikesyre i eddike er 5%. Det betyder, at der er 5 g eddikesyre i 100 g eddike eller 50 g eddikesyre i 1000 g eddike. Skrevet som en formel:

$$c_{\text{masse}\%}(\text{eddikesyre}) = \frac{m(\text{eddikesyre})}{m(\text{eddike})}$$

Kan det bekræftes eller afkræftes fra dette forsøg, at masseprocenten er 5%?

Kan beregnes på adskillige måder.

- Vi ved at 1 L eddike har en masse på 1010 g.
- I 25 mL eddike er der 0,02068 mol eddikesyre. Så er der  $40 \cdot 0,02068 \text{ mol} = 0,8272 \text{ mol}$  eddikesyre i 1 L eddike.
- Massen af eddikesyre i 1 L eddike er

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,8272 \text{ mol} \cdot 60,05 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 49,67 \text{ g}$$

- Da kan vi beregne:

$$c_{\text{masse}\%}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{eddike})} = \frac{49,67 \text{ g}}{1010 \text{ g}} = 0,04918$$

Det er en masseprocent på 4,9%, så det passer meget godt!

#### ELLER

- Vi ved fra tidligere, at 25,0 mL eddike vejer 25,25 g.
- Vi ved, at der i 25 mL eddike er en stofmængde af eddikesyre på  $n(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,02068 \text{ mol}$
- Vi vil nu gerne bestemme massen af den mængde eddikesyre:

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = n(\text{CH}_3\text{COOH}) \cdot M(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0,02068 \text{ mol} \cdot 60,05 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,242 \text{ g}$$

Da kan vi beregne:

$$c_{\text{masse}\%}(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{CH}_3\text{COOH})}{m(\text{eddike})} = \frac{1,242 \text{ g}}{25,25 \text{ g}} = 0,04919$$

hvilket netop er 4,9% som tidligere.

Vi kunne også have brugt, at der er  $0,8272 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$  eddikesyre i eddike.

Hvor mange gram svarer det til? Det kan beregnes ved at benytte den molare masse af eddikesyre:

$$0,8272 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 60,05 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 49,67 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Nu skal vi huske, at 1 L eddike har en masse på 1010 g. Derfor finder vi frem til:

$$\frac{49,67 \text{ g}}{1010 \text{ g}} = 0,04918$$

hvilket netop er 4,9% som tidligere.