

# KEMISK JÄMVIKT – DEL 3: BERÄKNINGAR PÅ JÄMVIKTSREAKTIONER

NIKLAS DAHRÉN



# Uppgift 1:

Fosgen är en otrevlig gas som har använts som stridsgas. Den kan framställas genom att kolmonoxid får reagera med klorgas:




Vi har en behållare på  $10,0 \text{ dm}^3$ . Vid jämvikt har vi  $0,28 \text{ mol CO}$ ,  $0,21 \text{ mol Cl}_2$  och  $0,81 \text{ mol COCl}_2$ . Vilket är värdet på jämviktskonstanten?

Lösning:

1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{COCl}_2]}{[\text{CO}][\text{Cl}_2]}$$

2) Gör en tabell med alla kända värden och beräkna konc. vid jämvikt: 

	CO(g)	+	Cl <sub>2</sub> (g)	⇌	COCl <sub>2</sub> (g)
$n$ (vid jämvikt) =	0,28 mol		0,21 mol		0,81 mol
$V$ =	10,0 dm <sup>3</sup>		10,0 dm <sup>3</sup>		10,0 dm <sup>3</sup>
$c$ (vid jämvikt) =	$n/V = 0,28/10,0 = 0,028 \text{ M}$		$n/V = 0,21/10,0 = 0,021 \text{ M}$		$n/V = 0,81/10,0 = 0,081 \text{ M}$

3) Sätt in koncentrationerna i

jämviktsekvationen och räkna ut  $K$ :



$$K = \frac{0,081 \text{ M}}{(0,028 \text{ M} \cdot 0,021 \text{ M})} \approx 138 \text{ M}^{-1}$$

**Svar:** Värdet på  $K$  är  $138 \text{ M}^{-1}$ .


## Uppgift 2:

Kolmonoxid kan reagera med vatten vid en viss temperatur. Då bildas koldioxid och vätgas enligt följande:  $\text{CO(g)} + \text{H}_2\text{O(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2\text{(g)} + \text{H}_2\text{(g)}$ . För den här reaktionen är jämviktskonstanten  $K = 5,0$ . Vid jämvikt hade man 0,060 mol koldioxid, 0,030 mol vatten och 0,090 mol vätgas i ett kärl med volymen 1,00 dm<sup>3</sup>. Vilken var koncentrationen kolmonoxid?


Lösning:

- 1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{CO}_2] [\text{H}_2]}{[\text{CO}] [\text{H}_2\text{O}]}$$

- 2) Gör en tabell med alla kända värden och beräkna konc. vid jämvikt: 

	CO(g)	+	H <sub>2</sub> O(g)	⇌	CO <sub>2</sub> (g)	+	H <sub>2</sub> (g)
$n$ (vid jämvikt) =	$y$ mol		0,030 mol		0,060 mol		0,090 mol
$V$ =	1,00 dm <sup>3</sup>		1,00 dm <sup>3</sup>		1,00 dm <sup>3</sup>		1,00 dm <sup>3</sup>
$c$ (vid jämvikt) =	$x$ M		$c = n/V =$ 0,030/1,00 = 0,030 M		$c = n/V =$ 0,060/1,00 = 0,060 M		$c = n/V =$ 0,090/1,00 = 0,090 M

- 3) Sätt in jämviktskonstanten och de kända koncentrationerna i jämviktsekvationen och beräkna konc. kolmonoxid: 

$$5 = \frac{(0,060 \cdot 0,090)}{(x \cdot 0,030)} \quad \text{blue arrow} \quad x = 0,036 \text{ M}$$

**Svar:** Koncentrationen kolmonoxid var 0,036 M.

## Så här kan x lösas ut i uppgift 2:

$$5 = \frac{0,060 \cdot 0,090}{x \cdot 0,030}$$



$$x \cdot 5 = \frac{0,060 \cdot 0,090}{\cancel{x \cdot 0,030}} \cdot \cancel{x}$$



$$5x = \frac{0,060 \cdot 0,090}{0,030}$$



$$5x = 0,18$$



$$x = \mathbf{0,036 \text{ M}}$$

# Uppgift 3:


Vätgas kan reagera med jodgas och bilda vätejodid:  $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$

En behållare på  $1,0 \text{ dm}^3$  fylldes med  $0,72 \text{ mol}$  vätgas och  $0,52 \text{ mol}$  jodgas. Vid jämvikt fanns det  $0,92 \text{ mol}$  vätejodid. Vilken är jämviktskonstanten för reaktionen?

Lösning:

- 1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$$

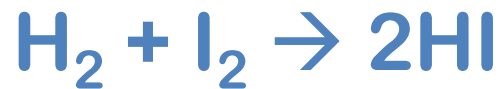
- 2) Gör en tabell med alla kända värden och beräkna konc. vid jämvikt: 

- 3) Sätt in koncentrationerna i jämviktsekvationen och beräkna  $K$ :

$$K = \frac{(0,92 \text{ M})^2}{(0,26 \text{ M} \cdot 0,06 \text{ M})} \approx 54$$

	$\text{H}_2$	+	$\text{I}_2$	$\rightleftharpoons$	$2\text{HI}$
Mf =	1		1		2
$n$ (vid start) =	$0,72 \text{ mol}$		$0,52 \text{ mol}$		$0,00 \text{ mol}$
$n$ (förändring) =	$-0,46 \text{ mol}$		$-0,46 \text{ mol}$		$+0,92 \text{ mol}$
$n$ (vid jämvikt) =	$0,72 - 0,46 = 0,26 \text{ mol}$		$0,52 - 0,46 = 0,06 \text{ mol}$		$0,92 \text{ mol}$
$V$ =	$1,0 \text{ dm}^3$		$1,0 \text{ dm}^3$		$1,0 \text{ dm}^3$
$c$ (vid jämvikt) =	$c = n/V = 0,26/1,0 = 0,26 \text{ M}$		$c = n/V = 0,06/1,0 = 0,06 \text{ M}$		$c = n/V = 0,92/1,0 = 0,92 \text{ M}$

**Svar:** Jämviktskonstanten är 54.



Molförhållandet är 1:1:2.

**Exempel:**

Om vi ska bilda 2 st HI, så behöver vi ha 1 st  $\text{H}_2$  och 1 st  $\text{I}_2$ .

Om vi ska bilda 92 stycken HI, så måste vi ha 46 stycken  $\text{H}_2$  och 46 st  $\text{I}_2$ .

Om vi ska bilda 0,92 mol HI, så måste vi ha 0,46 mol  $\text{H}_2$  och 0,46 mol  $\text{I}_2$ .

Det går alltså åt 0,46 mol av respektive reaktant för att bilda 0,92 mol HI.

# Uppgift 4:


En behållare på 50 dm<sup>3</sup> fylldes med 1,00 mol svaveltrioxid, SO<sub>3</sub>. Efter ett tag ställde följande jämvikt in sig: 2SO<sub>3</sub> ⇌ 2SO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>.

Då mätte man mängden svaveldioxid, SO<sub>2</sub>, och fann att det hade bildats 0,58 mol. Beräkna reaktionens jämviktskonstant.

Lösning:

- 1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{SO}_2]^2 [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2}$$

- 2) Gör en tabell med alla kända värden och beräkna konc. vid jämvikt: 

	2SO <sub>3</sub>	⇌	2SO <sub>2</sub>	+	O <sub>2</sub>
Mf =	2		2		1
n (vid start) =	1,00 mol		0,00 mol		0,00 mol
n (förändring) =	-0,58 mol		+0,58 mol		+0,29 mol
n (vid jämvikt) =	1,00-0,58 = 0,42 mol		0,58 mol		0,29 mol
V =	50,0 dm <sup>3</sup>		50,0 dm <sup>3</sup>		50,0 dm <sup>3</sup>
c (vid jämvikt) =	c = n/V = 0,42/50,0 = 0,0084 M		c = n/V = 0,58/50,0 = 0,0116 M		c = n/V = 0,29/50,0 = 0,0058 M

- 3) Sätt in koncentrationerna i jämviktsekvationen och beräkna K:

$$K = \frac{0,0116 \text{ M}^2 \cdot 0,0058 \text{ M}}{0,0084 \text{ M}^2} \approx 0,011 \text{ M}$$

**Svar:** Jämviktskonstanten är 0,011 M.


# Uppgift 5:

I en behållare fanns vid reaktionens start kolmonoxid (1,0 M) och vattenånga (1,0 M). Dessa upphettades till 500 grader ( $K = 5,9$ ). Efter en stund ställde följande jämvikt in sig:  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$   
Beräkna koncentrationen vätgas vid jämvikt.

## Lösning:

- 1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$

- 2) Gör en tabell med alla kända värden och skriv in koncentrationerna vid jämvikt: 

	CO	+ H <sub>2</sub> O	⇌	CO <sub>2</sub>	+ H <sub>2</sub>
Mf =	1	1		1	1
c (vid start) =	1,0 M	1,0 M		0,0 M	0,0 M
c (förändring) =	-x M	-x M		+x M	+x M
c (vid jämvikt) =	(1,0-x) M	(1,0-x) M		x M	x M

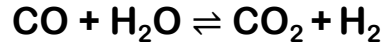
- 3) Sätt in koncentrationerna i jämviktsekvationen och beräkna vätgaskoncentrationen:

$$5,9 = \frac{x \cdot x}{(1,0-x) \cdot (1,0-x)} \quad \rightarrow \quad x \approx 0,71 \text{ M}$$

**Svar:** Koncentrationen vätgas vid jämvikt är 0,71 M.



# Så här kan x lösas ut i uppgift 5:



$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$



$$5,9 = \frac{x \cdot x}{(1,0-x) \cdot (1,0-x)}$$

$$5,9 = \frac{x^2}{(1,0-x)^2}$$

$$\sqrt{5,9} = \sqrt{\frac{x^2}{(1,0-x)^2}}$$

$$\frac{x}{1,0-x} \approx 2,42899$$

$$\cancel{1,0-x} \cdot \frac{x}{\cancel{1,0-x}} \approx 2,42899 \cdot (1,0-x)$$

$$x \approx 2,42899 - 2,42899x$$

$$x + 2,42899x \approx 2,42899 - \cancel{2,42899x} + \cancel{2,42899x}$$

$$3,42899x \approx 2,42899$$

$$x \approx 2,42899/3,42899 \approx \mathbf{0,71 \text{ M}}$$

Exempel:

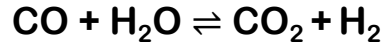
$$9 = 3^2$$

$$\sqrt{9} = \sqrt{3^2}$$

$$3 = 3$$

Exempel för att lättare förstå  
varför man kan ta roten ur för att  
få bort "upphöjt till 2".

# Så här kan x också lösas ut i uppgift 5 (vi behåller här uttrycket för roten ur):



$$K = \frac{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}$$



$$5,9 = \frac{x \cdot x}{(1,0-x) \cdot (1,0-x)}$$

$$5,9 = \frac{x^2}{(1,0-x)^2}$$

$$\sqrt{5,9} = \sqrt{\frac{x^2}{(1,0-x)^2}}$$

$$\frac{x}{1,0-x} = \sqrt{5,9}$$

$$\cancel{1,0-x} \cdot \frac{x}{\cancel{1,0-x}} = \sqrt{5,9} \cdot (1,0-x)$$

$$x = \sqrt{5,9} - \sqrt{5,9}x$$

$$x + \sqrt{5,9}x = \sqrt{5,9}$$

$$x(1 + \sqrt{5,9}) = \sqrt{5,9}$$

$$x = \frac{\sqrt{5,9}}{1 + \sqrt{5,9}} \approx \mathbf{0,71 \text{ M}}$$

Exempel:

$$9 = 3^2$$

$$\sqrt{9} = \sqrt{3^2}$$

$$3 = 3$$

Exempel för att lättare förstå varför man kan ta roten ur för att få bort "upphöjt till 2".

Detta sätt är lite krångligare men vi minskar risken ytterligare för ev. avrundningsfel.


# Uppgift 6:

I en sluten behållare infördes 1,0 mol kvävgas och 1,0 mol syrgas. Behållaren värmdes sedan upp till 2500 grader varvid följande jämvikt ställde in sig:  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g})$ . Beräkna substansmängden NO i behållaren när jämvikten inträtt.  $K = 7,9 \cdot 10^{-3}$ .

Lösning:

- 1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

- 2) Gör en tabell med alla kända värden och skriv in substansmängderna och koncentrationerna vid jämvikt: 

- 3) Sätt in koncentrationerna i jämviktsekvationen (obs.  $V$  försvinner). Beräkna substansmängden NO (alltså  $x$ ):

$$7,9 \cdot 10^{-3} = \frac{x^2}{(1,0-0,5x) \cdot (1,0-0,5x)} \quad \text{blue arrow} \quad x \approx 0,085$$

	$\text{N}_2$	+	$\text{O}_2$	$\rightleftharpoons$	$2\text{NO}$
Mf =	1		1		2
$n$ (vid start) =	1,0 mol		1,0 mol		0,0 mol
$n$ (förändring) =	-0,5x mol		-0,5x mol		+x mol
$n$ (vid jämvikt) =	(1,0-0,5x) mol		(1,0-0,5x) mol		x mol
$c$ (vid jämvikt) =	$c = n/V =$ (1,0-0,5x)/V M		$c = n/V =$ (1,0-0,5x)/V M		$c = n/V =$ x/V M

**Svar:** Substansmängden NO vid jämvikt är 0,085 mol.

# Så här kan x lösas ut i uppgift 6:

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$



$$7,9 \cdot 10^{-3} = \frac{x^2}{(1,0-0,5x) \cdot (1,0-0,5x)}$$

$$7,9 \cdot 10^{-3} = \frac{x^2}{(1,0-0,5x)^2}$$

$$\sqrt{7,9 \cdot 10^{-3}} = \sqrt{\frac{x^2}{(1,0-0,5x)^2}}$$

$$\frac{x}{1,0-0,5x} \approx 0,088882$$

$$\cancel{1,0-0,5x} \cdot \frac{x}{\cancel{1,0-0,5x}} \approx 0,088882 \cdot (1,0-0,5x)$$

$$x \approx 0,088882 - 0,044441x$$

$$x + 0,044441x \approx 0,088882 - 0,044441x + 0,044441x$$

$$1,044441x \approx 0,088882$$

$$x \approx 0,088882/1,044441 \approx \mathbf{0,085 \text{ mol}}$$

# Alternativ lösning av uppgift 6

# Uppgift 6:

I en sluten behållare infördes 1,0 mol kvävgas och 1,0 mol syrgas. Behållaren värmdes sedan upp till 2500 grader varvid följande jämvikt ställde in sig:  $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}(\text{g})$ . Beräkna substansmängden NO i behållaren när jämvikten inträtt.  $K = 7,9 \cdot 10^{-3}$ .

Lösning:

- 1) Ställ upp jämviktsekvationen:

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

- 2) Gör en tabell med alla kända värden och skriv in substansmängderna vid jämvikt:

	$\text{N}_2$	+	$\text{O}_2$	$\rightleftharpoons$	2NO
Mf =	1		1		2
$n$ (vid start) =	1,0 mol		1,0 mol		0,0 mol
$n$ (förändring) =	-x		-x		+2x
$n$ (vid jämvikt) =	(1,0-x) mol		(1,0-x) mol		2x mol
$c$ (vid jämvikt) =	$c = n/V =$ (1,0-x)/V M		$c = n/V =$ (1,0-x)/V M		$c = n/V =$ 2x/V M

- 3) Sätt in koncentrationerna i jämviktsekvationen (obs.  $V$  försvinner). Beräkna substansmängden NO (alltså  $2x$ ):

$$7,9 \cdot 10^{-3} = \frac{(2x)^2}{(1,0-x) \cdot (1,0-x)} \quad \Rightarrow \quad x \approx 0,0426 \quad \Rightarrow \quad n(\text{NO}) = 2x = 2 \cdot 0,0426 \approx 0,085 \text{ mol}$$

**Svar:** Substansmängden NO vid jämvikt är 0,085 mol.

# Så här kan x lösas ut i uppgift 6:

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$



$$7,9 \cdot 10^{-3} = \frac{(2x)^2}{(1,0-x) \cdot (1,0-x)}$$

$$7,9 \cdot 10^{-3} = \frac{(2x)^2}{(1,0-x)^2}$$

$$\sqrt{7,9 \cdot 10^{-3}} = \sqrt{\frac{(2x)^2}{(1,0-x)^2}}$$

$$\frac{2x}{1,0-x} \approx 0,088882$$

$$1,0-x \cdot \frac{2x}{1,0-x} \approx 0,088882 \cdot (1,0-x)$$

$$2x \approx 0,088882 - 0,088882x$$

$$2x + 0,088882x \approx 0,088882 - 0,088882x + 0,088882x$$

$$2,088882x \approx 0,088882$$

$$x \approx 0,088882 / 2,088882 \approx \mathbf{0,042550}$$

$$n(\text{NO}) \text{ vid jämvikt} = 2x = 2 \cdot 0,0426 \approx \mathbf{0,085 \text{ mol}}$$



**Se gärna fler filmer på:**  
[kemilektioner.se](http://kemilektioner.se)  
[youtube.com/kemilektioner](https://youtube.com/kemilektioner)