
Opgave 1

Voor de volgende reactie: $4 \text{ NH}_3(\text{g}) + 5 \text{ O}_2(\text{g}) \rightarrow 4 \text{ NO}(\text{g}) + 6 \text{ H}_2\text{O}(\text{g})$

blijkt onder bepaalde omstandigheden: $S = 2,5 \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$.

Hoe groot zijn: $S(\text{NH}_3)$ en $S(\text{O}_2)$?

$$S(\text{NH}_3) = -10 \text{ mol}/\text{L} \cdot \text{s}$$

Negatief want de concentratie wordt kleiner.

4 × zo groot want er reageren steeds 4 deeltjes tegelijk in de reactie.

$$S(\text{O}_2) = -12,5 \text{ mol}/\text{L} \cdot \text{s}$$

Negatief want de concentratie wordt kleiner.

5 × zo groot want er reageren steeds 5 deeltjes tegelijk in de reactie.

Opgave 2

Van een reactie wordt gemeten dat bij verdubbeling van alle concentraties de reactiesnelheid met een factor 4 toeneemt.

Van welke orde zou deze reactie zijn?

2^e orde

Want verdubbeling van de concentratie betekent: concentratie $2 \times$ zo groot.

De snelheid wordt $4 \times$ zo groot.

Dat kan alleen als de concentratie $2 \times$ in de reactiesnelheidsvergelijking staat.

$$\text{Stel: } S = k \times [\text{X}] \times [\text{X}]$$

$$\text{Worden de concentraties } 2 \times \text{ zo groot: } S = k \times 2 [\text{X}] \times 2 [\text{X}] = 4 \times k \times [\text{X}] \times [\text{X}]$$

Je kunt ook zeggen: $4 = 2^2$. De exponent 2 is dan de orde van de reactie.

Opgave 3

Een reactie blijkt bij verdubbeling van alle concentraties 8 maal zo snel te verlopen.

Van welke orde zou deze reactie zijn?

3^e orde

8 maal zo snel kan alleen als de concentratie $3 \times$ in de reactiesnelheidsvergelijking staat.

$$\text{Stel: } S = k \times [\text{X}] \times [\text{X}] \times [\text{X}]$$

Concentraties $2 \times$ zo groot:

$$S = k \times 2 [\text{X}] \times 2 [\text{X}] \times 2 [\text{X}] = 8 \times k \times [\text{X}] \times [\text{X}] \times [\text{X}]$$

Je kunt ook zeggen: $8 = 2^3$. De exponent 3 is nu de orde van de reactie.

Opgave 4 (in 4^e druk nieuwe vraag)

Biochemische processen verlopen met **enzymen** als katalysatoren.

Een enzym is een eiwit dat, door zijn structuur en vorm, met H-bruggen de reagerende deeltjes tijdelijk vasthoudt. De overgangstoestand van de reagerende deeltjes heeft hierbij een veel lagere energie.

Opgave 5

Als E_A klein is en ΔH is juist groot dan kan dat een gevaarlijke reactie geven.

Waarom?

Er komt veel warmte vrij: alle moleculen krijgen snel genoeg energie om de drempel te nemen. Een heel snelle reactie waarbij veel energie vrijkomt en de producten door de hoge temperatuur gasvormig zijn, is een explosie.

Opgave 6

Bij temperatuursverhoging verlopen reacties sneller.

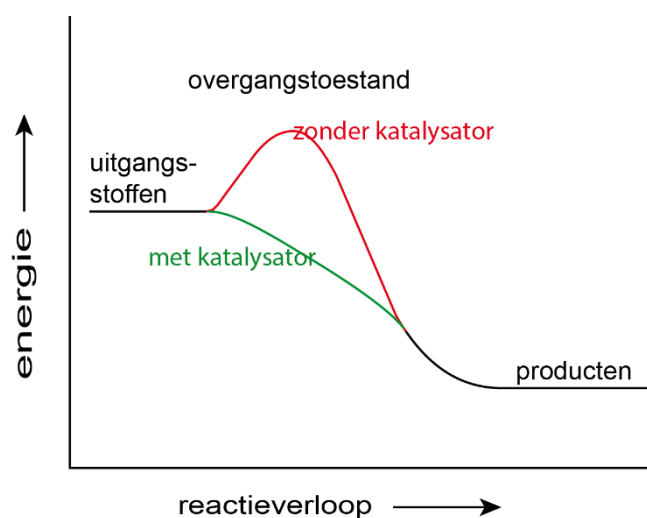
Kun je dat verklaren met het energiediagram?

Hoge temperatuur betekent: hoge kinetische energie, meer deeltjes zullen dan voldoende energie hebben om de activeringsenergie te overbruggen. Het startniveau in het energiediagram gaat dus omhoog.

Opgave 7

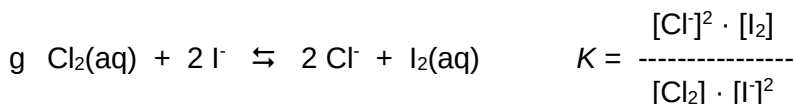
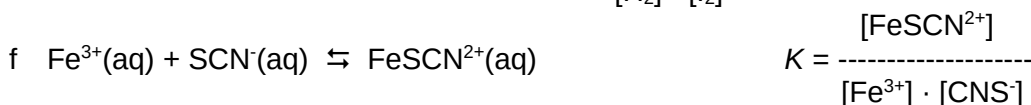
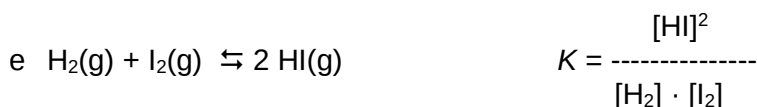
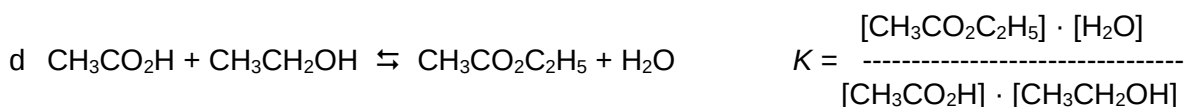
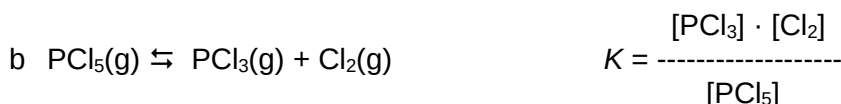
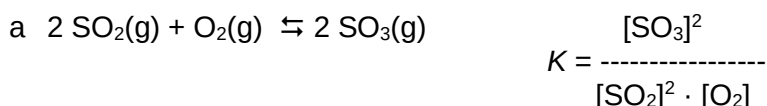
Een katalysator verlaagt de activeringsenergie. Schets het reactieverloop voor een reactie met katalysator, en voor een reactie zonder katalysator in één diagram.

De "energieheuvel" wordt lager, mogelijk zelfs helemaal weg: er is dan een rechte lijn tussen de begin- en eindniveaus



Opgave 8

Hoe luidt de evenwichtsvoorwaarde voor elk van de volgende evenwichtsreacties:



Opgave 9

Gegeven de volgende evenwichtsreactie:



De concentraties zijn:

$[\text{I}_2] = 0,005 \text{ mol/L}$, $[\text{I}^-] = 0,25 \text{ mol/L}$, $[\text{I}_3^-] = 0,20 \text{ mol/L}$.

a Bereken de waarde van de concentratiebreuk, is er evenwicht?

Concentratiebreuk: $\frac{[\text{I}_3^-]}{[\text{I}_2] \cdot [\text{I}^-]} \rightarrow 0,20 / (0,005 \times 0,25) = \mathbf{160}$

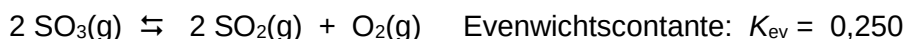
Er is geen evenwicht want de concentratiebreuk is niet gelijk aan de evenwichtsconstante.

b In welke richting verloopt de reactie?

De teller van de breuk ($[I_3]$) moet groter worden, de noemer ($[I_2] \times [I^-]$) moet kleiner worden, de reactie verloopt dus naar rechts.

Opgave 10

Gegeven de volgende evenwichtsreactie:



De concentraties zijn:

$$[\text{SO}_3] = 0,50 \text{ mol/L}, \quad [\text{SO}_2] = 0,50 \text{ mol/L}, \quad [\text{O}_2] = 2,0 \text{ mol/L}.$$

a Bereken de waarde van de concentratiebreuk, is er evenwicht?

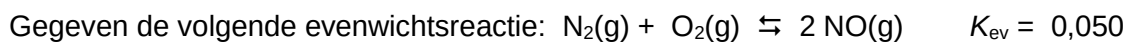
$$\text{Concentratiebreuk: } \frac{[\text{SO}_2]^2 \times [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} = \frac{0,50^2 \times 2,0}{0,50^2} = 2,0$$

Er is geen evenwicht de concentratiebreuk is groter dan K_{ev} .

b In welke richting verloopt de reactie?

*De nettoreactie verloopt **naar links**, $[\text{SO}_3]$ moet groter worden en $[\text{SO}_2]$ en $[\text{O}_2]$ moeten kleiner worden.*

Opgave 11



De concentraties zijn: $[\text{NO}] = 2,0 \text{ mol/L}$, $[\text{O}_2] = 5,0 \text{ mol/L}$, $[\text{N}_2] = 2,0 \text{ mol/L}$.

a Bereken de waarde van de concentratiebreuk, is er evenwicht?

$$\text{Concentratiebreuk: } \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{O}_2]} = \frac{2,0^2}{2,0 \times 5,0} = 0,40$$

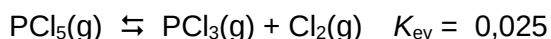
De concentratiebreuk is groter dan K_{ev}

b In welke richting verloopt de reactie?

De reactie verloopt naar links want de teller: $[NO]$ moet kleiner worden en de noemer: $[N_2] \times [O_2]$ moet groter worden.

Opgave 12

Gegeven de volgende evenwichtsreactie:



De concentraties zijn: $[PCl_5] = 0,50 \text{ mol/L}$, $[PCl_3] = 0,10 \text{ mol/L}$, $[Cl_2] = 0,10 \text{ mol/L}$

a Bereken de waarde van de concentratiebreuk, is er evenwicht?

$$\text{Concentratiebreuk: } \frac{[PCl_3] \times [Cl_2]}{[PCl_5]} = \frac{0,10 \times 0,10}{0,50} = 0,020$$

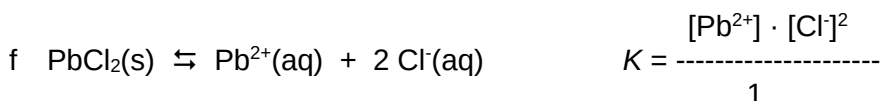
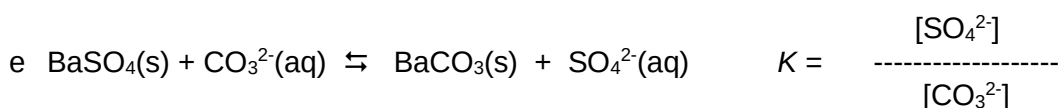
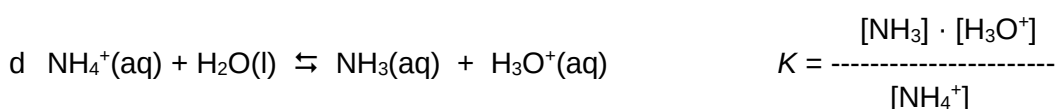
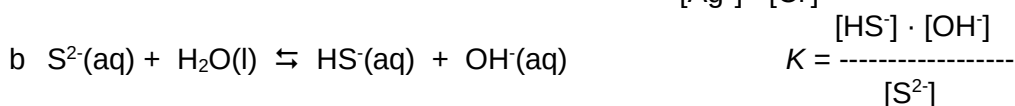
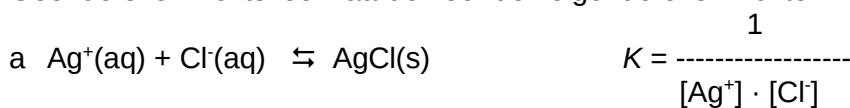
De concentratiebreuk is kleiner dan K_{ev}

b In welke richting verloopt de reactie?

De reactie verloopt naar rechts want: de teller ($[PCl_3] \times [Cl_2]$) moet groter en de noemer ($[PCl_5]$) moet kleiner worden.

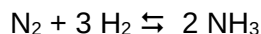
Opgave 13

Geef de evenwichtsvoorwaarde voor de volgende evenwichten:



Opgave 14

We hebben een vat met NH_3 , N_2 en H_2 , drie gassen. De gassen verkeren met elkaar in evenwicht:



Hoe verandert de concentratie van NH_3 als we:

- a we extra N_2 toevoegen?

Dan is de concentratiebreuk kleiner geworden, de reactie gaat naar rechts verlopen en dus wordt $[\text{NH}_3]$ groter.

- b waterstof wegnemen?

Dan is de concentratie breuk groter geworden, de reactie gaat naar links verlopen en dus wordt $[\text{NH}_3]$ kleiner.

- c we het volume verkleinen zodat alle concentraties groter worden?

Ten eerste wordt $[\text{NH}_3]$ groter doordat het volume wordt verkleind. Maar ook de andere concentraties worden dan groter. De concentratiebreuk is daardoor kleiner geworden, de reactie gaat naar rechts verlopen en dus wordt $[\text{NH}_3]$ nog groter.

Opgave 15

Gegeven: $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}(\text{g}) - 181 \text{ kJ}$

Hoe verschuift het evenwicht bij:

- a toevoeging van O_2 ?

Dwang: $[\text{O}_2]$ vergroten.

Reactie evenwicht: $[\text{O}_2]$ verkleinen dus reactie naar rechts.

- b toevoeging van NO ?

Dwang: $[\text{NO}]$ vergroten.

Reactie evenwicht: $[\text{NO}]$ verkleinen dus reactie naar links.

- c temperatuurverhoging?

Dwang: T omhoog.

Reactie evenwicht: T omlaag dus naar de endotherme kant: rechts.

- d samenpersen?

Dwang: alle concentraties omhoog.

Reactie evenwicht: alle concentraties omlaag, maar aan beide kanten staan evenveel deeltjes dus het aantal deeltjes links een rechts blijft gelijk. Het evenwicht verschuift niet.

Opgave 16

Gegeven: $2 \text{O}_3(\text{g}) \rightleftharpoons 3 \text{O}_2(\text{g}) + 285 \text{ kJ}$

Hoe verschuift het evenwicht bij:

a toevoeging van O_2

Dwang: concentratie O_2 omhoog.

Reactie evenwicht: concentratie O_2 verlagen. Dat kan door de reactie naar links te laten verlopen.

b toevoeging van O_3

Dwang: concentratie O_3 omhoog.

Reactie evenwicht: concentratie O_3 verlagen. Dat kan door de reactie naar rechts te laten verlopen.

c temperatuurverhoging

Dwang: T omhoog.

Reactie evenwicht: T omlaag dus naar de endotherme kant: naar links.

d samenpersen?

Dwang: alle concentraties omhoog, aantal deeltje per volume-eenheid neemt toe.

Reactie evenwicht: alle concentraties omlaag, aantal deeltjes per volume-eenheid omlaag brengen. Dat kan door van drie deeltjes O_2 twee deeltjes O_3 te maken dus: "Het evenwicht schuift naar links".

Opgave 17

Je brengt in een afgesloten ruimte: 1,0 mol PCl_5 per liter. Bij verwarmen ontstaat het volgende evenwicht:



De chloorconcentratie blijkt bij bepaalde temperatuur 0,150 mol/L te zijn.

Bereken de evenwichtsconstante.

Als er 0,15 mol/L Cl_2 ontstaat dan ontstaat (reactievergelijking) ook 0,15 mol/L PCl_3 .

Voor 0,15 mol/L PCl_3 is nodig: 0,15 mol/L PCl_5 .

Van PCl_5 blijft dan over: $1,0 - 0,15 = 0,85$ mol/L. De nieuwe concentraties staan hieronder de reactie vermeld:

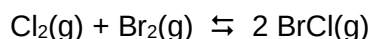
	$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\rightleftharpoons$	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
Start:	1,0 mol/L		0 mol/L		0 mol/L
Evenwicht:	$1,0 - 0,15 = 0,85$ mol/L		0,15 mol/L		0,15 mol/L

De waarde van evenwichtsconstante:

$$K_{\text{ev}} = [\text{PCl}_3] \times [\text{Cl}_2] / [\text{PCl}_5] = 0,15 \times 0,15 / 0,85 = 0,027$$

Opgave 18

We brengen 1,0 mol Cl₂-gas en 1,0 mol Br₂-gas in een ruimte van 1,0 L. Er ontstaat het volgende evenwicht:



De concentratie broom blijkt nu 0,50 mol/L te zijn.

Bereken de evenwichtsconstante.

Als er 0,5 mol/L broom (Br₂) overblijft dan heeft gereageerd: 1,0 – 0,50 = 0,50 mol/L Br₂, dan ontstaat (reactievergelijking) 2 × 0,50 = 1,0 mol/L BrCl.

Er reageert dan ook 0,50 mol/L Cl₂. De nieuwe concentratie chloor is dus 1,0 – 0,50 = 0,50 mol/L. De nieuwe concentraties staan hieronder de reactie vermeld:

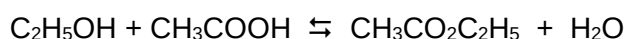
	Cl ₂ (g)	+	Br ₂ (g)	⇌	2 BrCl(g)
Start:	1,0 mol/L		1,0 mol/L		0 mol/L
Evenwicht:	1,0 – 0,50 = 0,50 mol/L		0,50 mol/L		1,0 mol/L

De waarde van evenwichtsconstante:

$$K_{\text{ev}} = [\text{BrCl}]^2 / [\text{Cl}_2] \times [\text{Br}_2] = 1^2 / 0,5 \times 0,5 = 4,0$$

Opgave 19

Ethanol (C₂H₅OH) en ethaanzuur (CH₃COOH) reageren tot ethylacetaat:



Als we 1,0 mol ethanol en 1,0 mol ethaanzuur samenbrengen in een afgesloten ruimte en verwarmen blijkt er evenwicht bereikt te zijn als er 0,30 mol ethanol over is.

Bereken in de evenwichtssituatie: [CH₃COOH], [CH₃CO₂C₂H₅], [H₂O] en K.

Het volume is niet gegeven in de opgave, we kiezen dan maar: 1,00 L hoewel het in deze opgave niet uitmaakt omdat het aantal deeltjes links en rechts in de reactievergelijking even groot is. Bedenk dat water hier geen oplosmiddel is maar uit de reactie ontstaat en dus in de evenwichtsvergelijking moet staan.

Bij evenwicht heeft gereageerd: 1,0 – 0,30 = 0,70 mol/L ethanol (C₂H₅OH).

0,70 mol reageert met 0,70 mol ethaanzuur (CH₃COOH) hiervan blijft dus over: 1,0 - 0,70 = 0,30 mol/L.

Er ontstaat: 0,70 mol/L ethylacetaat ($\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$) en 0,70 mol/L H_2O .

De concentraties zijn dan:

$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,30 \text{ mol/L}$

$[\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5] = 0,70 \text{ mol/L}$

$[\text{H}_2\text{O}] = 0,70 \text{ mol/L}$

	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	+	CH_3COOH	$\rightleftharpoons$	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{C}_2\text{H}_5$	+	H_2O
Start:	1,0 mol		1,0 mol		0 mol		0 mol
Evenwicht:	0,30 mol		0,30 mol		0,70 mol		0,70 mol

De waarde van evenwichtsconstante:

$$K_{\text{ev}} = 0,7 \times 0,7 / 0,3 \times 0,3 = 5,4$$

Opgave 20

We verwarmen 5,0 mol N_2O_2 in 2,0 liter. Het gas dissocieert en er ontstaat een evenwicht:



– Q in de reactievergelijking wil zeggen: endotherm, er is warmte nodig voor de reactie naar rechts.

$\Delta H = Q$ Bij de reactie naar rechts is warmte nodig, de chemische inwendige energie neemt toe met de waarde Q (J/mol).

a In welke richting verschuift het evenwicht als we:

-het volume verkleinen

Dwang: concentratie aantal deeltjes per volume wordt groter.

*Reactie evenwicht: aantal deeltjes verkleinen. Dat kan door de reactie **naar links** te laten verlopen.*

-NO toevoegen

Dwang: concentratie NO vergroten.

Reactie evenwicht: concentratie NO verkleinen. Dat kan door de reactie naar links te laten verlopen.

- N_2 toevoegen

N_2 doet niet aan de reactie mee dus heeft ook geen invloed.

-verwarmen

Dwang: temperatuur verhogen.

Reactie evenwicht: temperatuur verlagen, dus: warmte opnemen. Dat kan door de reactie naar rechts te laten verlopen.

- b Men meet de concentratie N_2O_2 : 1,5 mol/L

Bereken de waarde van K_{ev} .

De startconcentratie van N_2O_2 is $5,0 \text{ mol} / 2,0 \text{ L} = 2,5 \text{ mol/L}$.

Na het bereiken van evenwicht is $[\text{N}_2\text{O}_2] = 1,5 \text{ mol/L}$. Omgezet: $2,5 - 1,5 = 1,0 \text{ mol/L}$.

Uit 1,0 mol N_2O_2 per liter is dan ontstaan: $2 \times 1,0 = 2,0 \text{ mol NO /L}$

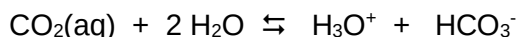
Overzicht:

	N_2O_2	$\rightleftharpoons$	2 NO
Start:	2,5 mol/L		0 mol/L
Evenwicht:	1,5 mol/L		2,0 mol/L

$$K_{\text{ev}} = [\text{NO}]^2 / [\text{N}_2\text{O}_2] = 2,0^4 / 1,5 = 2,7$$

Opgave 21

50 mmol CO_2 wordt in water opgelost; eindvolume: 1000 mL. Het volgende evenwicht stelt zich in:



- a Hoe luidt de evenwichtsvoorwaarde?

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]}$$

- b Voorspel de verschuiving van het evenwicht bij:

-toevoegen weinig HCl

Dwang: concentratie H_3O^+ vergroten.

Reactie evenwicht: concentratie H_3O^+ verkleinen. Dat kan door de reactie naar links te laten verlopen.

Je kan ook zeggen: is $[\text{H}_3\text{O}^+]$ groter dan is ook de teller $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]$ groter, de concentratiebreuk is dan groter dan K . Er geen evenwicht meer. De reactie gaat naar links, hierdoor worden $[\text{H}_3\text{O}^+]$ en $[\text{HCO}_3^-]$ weer kleiner en $[\text{CO}_2]$ groter tot de concentratiebreuk weer gelijk is aan K .

-toevoegen weinig NaOH

Dwang: concentratie H_3O^+ verkleinen. (OH^- reageert met H_3O^+).

Reactie evenwicht: concentratie H_3O^+ vergroten. Dat kan door de reactie naar rechts te laten verlopen.

-toevoegen water

Dwang: alle concentraties verkleinen.

Reactie evenwicht: alle concentraties vergroten. Verschuiving naar de kant van het grootste aantal deeltjes: naar rechts. H₂O is oplosmiddel, [H₂O] is constant en heeft daardoor geen invloed.

-toevoegen NaHCO₃

Dwang: [HCO₃⁻] vergroten.

Reactie evenwicht: [HCO₃⁻] weer kleiner maken. Dat kan door de reactie naar links te laten verlopen.

De pH wordt gemeten deze blijkt: 3,83

c Bereken [H₃O⁺], [HCO₃⁻] en [CO₂]

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-3,83} = 1,48 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Voor elke H₃O⁺ ontstaat er ook één HCO₃⁻, [HCO₃⁻] is daardoor even groot als [H₃O⁺].

$$[\text{HCO}_3^-] = 1,48 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$$

[CO₂] was bij het oplossen: 50 mmol /L ► 0,050 mol/L. Hiervan heeft 1,48 · 10⁻⁴ mol/L gereageerd met water. Over blijft dan: 0,050 – 0,000148 = 0,0499 = 0,050 mol/L

d Bereken K_{ev}.

$$K = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{HCO}_3^-]}{[\text{CO}_2]} \quad \blacktriangleright \quad \frac{(1,48 \cdot 10^{-4})^2}{0,050} = 4,4 \cdot 10^{-7}$$