

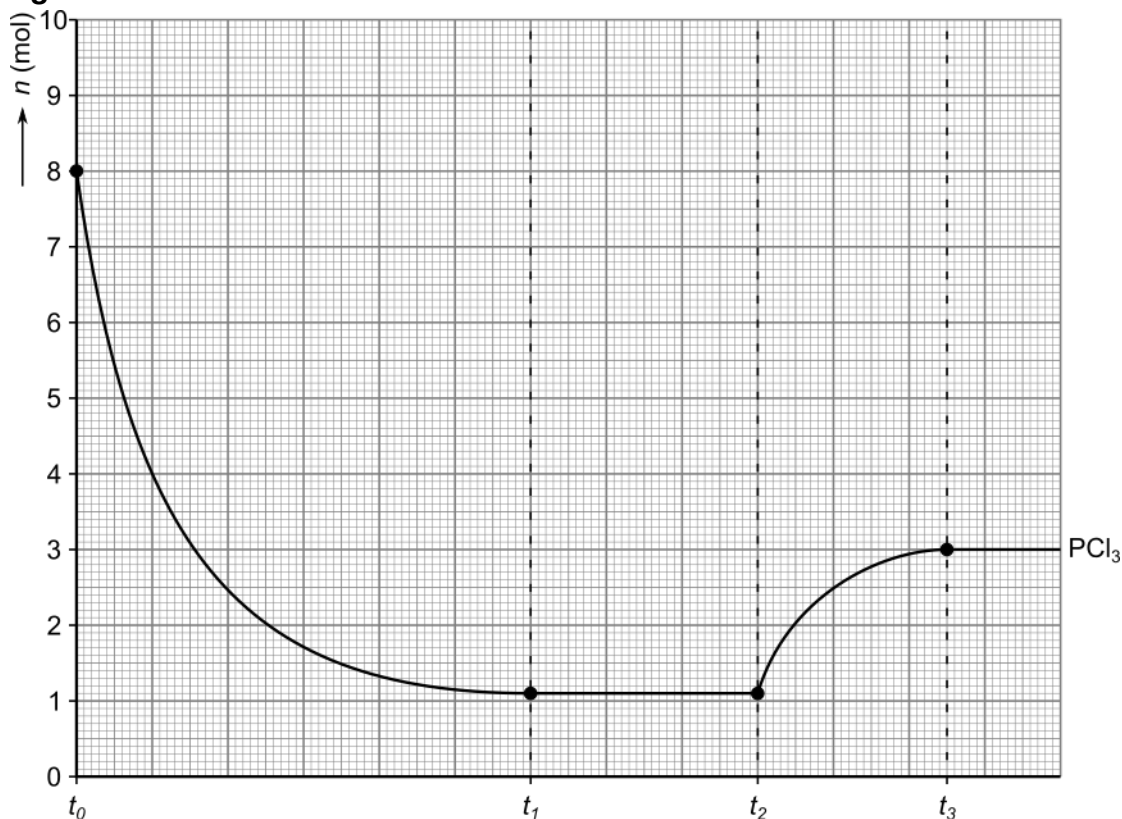
Fosfortrichloride en fosforpentachloride

Het gas fosforpentachloride kan worden geproduceerd door het gas fosfortrichloride te laten reageren met chloorgas.

- 1 Geef de reactievergelijking met toestandsaanduidingen voor het hierboven beschreven evenwicht.
- 2 Leg uit of het hier gaat om een homogeen of een heterogeen evenwicht.

Op tijdstip t_0 wordt in een reactievat van 15 L bij een temperatuur van 250 °C 8 mol fosfortrichloride en 10 mol chloorgas ingebracht. Het evenwicht stelt zich in en is bij tijdstip t_1 bereikt. Figuur 1 laat zien hoe de hoeveelheid fosfortrichloride hierbij verandert. Vanaf t_1 tot t_2 verandert deze hoeveelheid niet meer, omdat het evenwicht bereikt is.

figuur 1



- 3 Teken in figuur 1 ook de lijnen voor fosforpentachloride en chloorgas. Teken de lijnen **tot aan** t_2 .

Op tijdstip t_2 wordt plotseling de temperatuur verhoogd. In figuur 1 is te zien dat het evenwicht verschuift en zich opnieuw instelt. Vanaf tijdstip t_3 is er weer sprake van een evenwichtssituatie.

- 4 Teken in figuur 1 ook de lijnen voor fosforpentachloride en chloorgas.
- 5 Leg aan de hand van figuur 1 uit of de vorming van fosforpentachloride exotherm of endotherm is.

Op tijdstip t_4 (buiten het bereik van de grafiek) wordt extra chloorgas aan het reactievat toegevoegd.

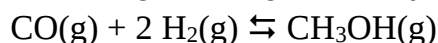
- 6 Leg uit hoe de ligging van het evenwicht wordt beïnvloed door deze toevoeging van chloorgas.

Op tijdstip t_5 wordt het volume van het reactievat gehalveerd.

- 7 Leg uit hoe de ligging van het evenwicht wordt beïnvloed door deze halvering van het volume van het reactievat.

Methanol produceren

Methanol kan worden geproduceerd door koolstofmonoxide te laten reageren met waterstofgas. Het gaat hierbij om een evenwichtsreactie:



- 8 Bereken m.b.v. Binastabel 57 de reactiewarmte voor deze vorming van methanol in $\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$ methanol.

Voor de productie van methanol zou de ligging van het evenwicht zo veel mogelijk links moeten zijn.

- 9 Leg m.b.v. het antwoord van opgave 8 uit dat het voor de ligging van het evenwicht en de productie van methanol een lage temperatuur gunstig is.

Een producent kiest toch voor een hogere temperatuur.

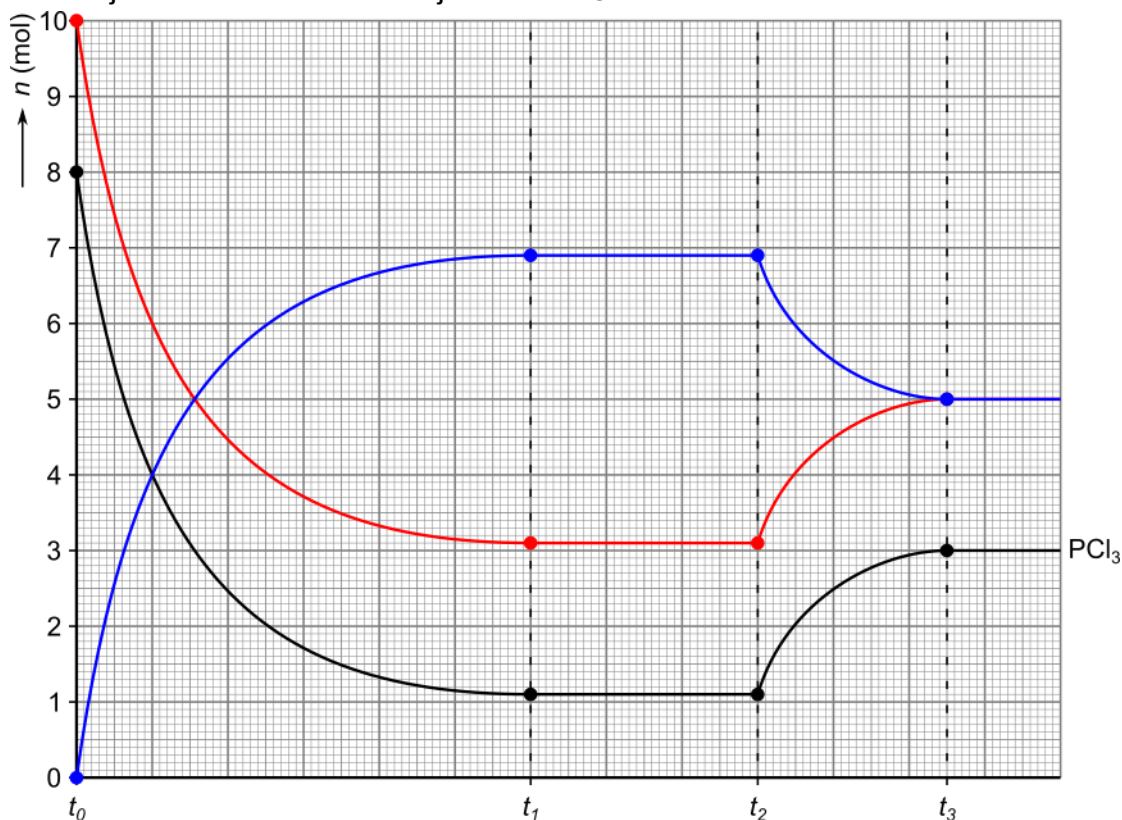
- 10 Leg met het botsende deeltjes model uit waarom de producent toch voor een hogere temperatuur heeft gekozen.

De producent laat een fijne nevel van waterdruppeltjes door de reactor naar beneden dalen. Hierbij lost het methanol op in de nevel. De verzamelde methanoloplossing wordt onderaan de reactor afgevoerd.

- 11** Leg op microniveau uit waarom methanol goed oplosbaar is in water.
- 12** Leg uit wat de behandeling met de nevel doet met de ligging van het evenwicht in de reactor.

Uitwerkingen

- 1 $\text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_5(\text{g})$
- 2 Voor en na de evenwichtspijl zijn alle stoffen in dezelfde fase (gas), dus gaat het om een homogeen evenwicht.
- 3 Rode lijn voor Cl_2 en blauwe lijn voor PCl_5 . Zie antwoord bij opg 4.
- 4 Rode lijn voor Cl_2 en blauwe lijn voor PCl_5 :



- 5 Op t_2 wordt de temperatuur verhoogd. Bij verhoging van de temperatuur verschuift het evenwicht in de richting van de endotherme reactie. In de figuur is te zien dat PCl_3 meer wordt, dus is de reactie naar links endotherm. De vorming van PCl_5 is dus exotherm.
- 6 Door toevoeging van een stof aan de linker kant, verschuift het evenwicht naar rechts.
- 7 Bij halvering van het reactievolume verschuift het evenwicht in de richting van de minste gasdeeltjes, dus naar rechts.

- 8 $\Delta E = -1,29 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$
- 9 Het antwoord bij opgave 8 is negatief, dus is de reactie naar rechts exotherm. Bij temperatuurverlaging verschuift het evenwicht in de richting van de exotherme reactie, dus naar rechts, dus in de richting van methanolproductie.
- 10 Door een hogere temperatuur botsen de moleculen vaker én harder, dus zijn er meer effectieve botsingen. Daardoor is de reactiesnelheid groter en stelt het evenwicht zich sneller in.
- 11 Methanol**moleculen** hebben **OH-groepen** en kunnen dus **waterstofbruggen** vormen met water**moleculen** (Let op de vetgedrukte onderdelen!).
- 12 Doordat het methanol oplost in het water, wordt het onttrokken aan het evenwicht. Omdat er aan de rechterkant van het evenwicht methanol wordt onttrokken, wordt het evenwicht aflopend naar rechts.