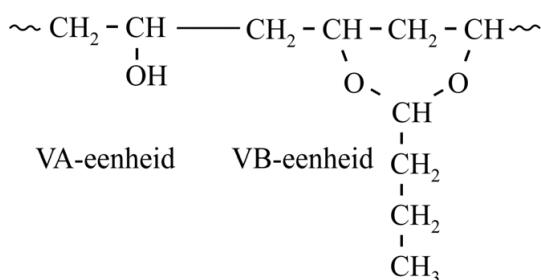


Gelaagd veiligheidsglas is een composiet, die is opgebouwd uit twee of meer lagen glas, met daartussen steeds een laag van een kunststof. Dit soort veiligheidsglas wordt gebruikt in auto's en als kogelwerend glas. De kunststof is vervormbaar, waardoor veiligheidsglas beter bestand is tegen breuk en er geen stukken glas loslaten als een glaslaag toch breekt. De glaslagen zorgen voor krasbestendigheid en vormvastheid. De meest gebruikte kunststof voor gelaagd glas is het willekeurig (random) copolymeer PVA-PVB. In figuur 1 is de structuurformule gegeven van de twee monomeer-eenheden in de keten van PVA-PVB. Hierbij staat VA voor vinylalcohol en VB voor vinylbutyral.

figuur 1



PVA-PVB wordt geproduceerd door PVA in een waterige oplossing te laten reageren met butanal. Hierbij reageren steeds twee OH-groepen van naast elkaar gelegen VA-eenheden met één molecuul butanal. Bij deze reactie wordt een willekeurig (random) copolymeer gevormd en ontstaat nog één andere stof. Op de uitwerkbijlage is deze omzetting onvolledig weergegeven.

- 3p 12 Maak de vergelijking op de uitwerkbijlage compleet. Gebruik hierbij de structuurformule van butanal.
- 2p 13 Leg uit dat bij deze reactie een willekeurig (random) copolymeer ontstaat en niet een blok-copolymeer. Gebruik je informatieboek.

De reactie tussen PVA en butanal vindt plaats in een batch-reactor bij een constante temperatuur. Op de uitwerkbijlage is een mogelijk verloop van de reactiesnelheid tegen de tijd weergegeven. De reactiesnelheid is hier gedefinieerd als de hoeveelheid butanal per liter mengsel die per seconde reageert.

Op t_0 bevindt zich in de reactor een oplossing van PVA en butanal in water. Naarmate de reactie vordert, stijgt het percentage VB-eenheden. Vanaf t_1 begint zich een suspensie te vormen van het gevormde PVA-PVB. De vorming van de suspensie heeft invloed op de reactiesnelheid. Hierdoor is het verloop van de reactiesnelheid **niet** zoals dat in de grafiek is weergegeven.

- 3p **14** Voer op de uitwerkbijlage de volgende opdrachten uit:
- Geef met behulp van het botsende-deeltjesmodel een verklaring voor de daling van de reactiesnelheid in het gedeelte $t_0 - t_1$.
 - Schets hoe de grafiek na t_1 mogelijk **wel** verder loopt.
 - Geef een verklaring voor het geschetste verloop van de reactiesnelheid na t_1 .

Voor de toepassing in gelaagd glas moet de reactie worden gestopt voordat alle OH-groepen met butanal hebben gereageerd. Voor gebruik in autoruiten wordt PVA-PVB-78 gebruikt. Dit copolymeer bestaat voor 78 massa-% uit VB-eenheden.

De molaire massa van een eenheid VA is $44,1 \text{ g mol}^{-1}$.

- 3p **15** Bereken hoeveel procent van het oorspronkelijke aantal VA-eenheden in PVA-PVB-78 over is. Gebruik figuur 1.

Met een titratie kan het percentage overgebleven OH-groepen worden bepaald. Op deze wijze kan worden gecontroleerd of het geproduceerde materiaal voldoet aan de specificaties.

Hieronder is deze bepaling beschreven:

- 1 Een monster PVA-PVB wordt in een organisch oplosmiddel opgelost. Daarna wordt een reagens toegevoegd dat in een aflopende reactie alle overgebleven OH-groepen omzet. Per mol OH-groepen wordt hierbij 1 mol ethaanzuur gevormd.
- 2 Na de reactie wordt water toegevoegd. Ethaanzuur en het oplosmiddel lossen op in water, de omgezette PVA-PVB lost niet op. De gevormde oplossing wordt afgescheiden van de overige stoffen.
- 3 De oplossing die ethaanzuur bevat, wordt vervolgens getitreerd met een KOH-oplossing met fenolftaleïne als indicator.

Voor een monster van 2,200 g PVA-PVB was 16,00 mL KOH-oplossing met een molariteit van 0,650 M nodig om alle ethaanzuur volledig om te zetten.

- 2p **16** Geef de naam van de twee scheidingsmethoden die in stap 2 van deze bepaling worden toegepast.

- 2p **17** Geef de vergelijking van de reactie die tijdens de titratie verloopt. Gebruik structuurformules voor de koolstofverbindingen.

Bij het omslagpunt van de indicator is alle ethaanzuur omgezet.

- 4p **18** Bereken het massapercentage PVB in het onderzochte monster. **Geef je antwoord in het juiste aantal significante cijfers.**

De batch-productie van PVA-PVB levert korrels op. Deze korrels worden verwarmd en gewalst tot een vervormbare folie. Bij een temperatuur van 70 °C wordt de folie vervolgens tussen de glaslagen aangebracht. Hierbij wordt geen lijm gebruikt omdat de folie vanzelf hecht.

Wanneer de temperatuur tijdens het aanbrengen lager is dan 70 °C, is na het afkoelen de hechting tussen het glasoppervlak en PVA-PVB minder sterk. Dit is te verklaren aan de hand van de eigenschappen van PVA-PVB bij verschillende temperaturen.

- 2p 19 Leg uit dat het PVA-PVB slechter hecht aan het glasoppervlak bij een lagere temperatuur tijdens het aanbrengen.

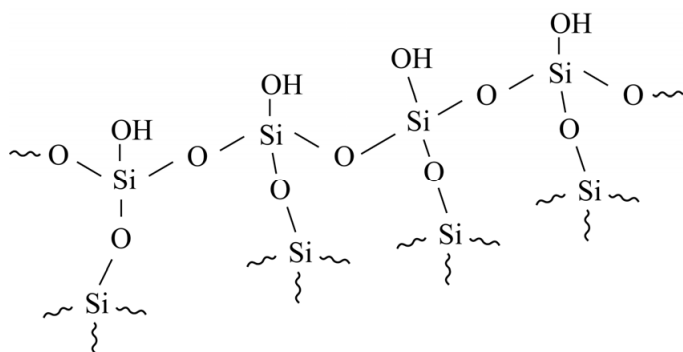
Van PVA-PVB bestaan vele varianten. Bij veel soorten wordt voor de verwerking nog een weekmaker toegevoegd. In de tabel zijn enkele gegevens over drie soorten PVA-PVB opgenomen.

tabel

	massapercentage PVB in PVA-PVB (%)	toegevoegde massa weekmaker per 100 g PVA-PVB (g)
materiaal I	78	25
materiaal II	60	25
materiaal III	78	17

In figuur 2 zijn enkele atomen uit de bovenste lagen van het glasoppervlak op microniveau weergegeven.

figuur 2



- 2p 20 Leg uit of materiaal II beter of slechter hecht aan glas dan materiaal I. Gebruik hierbij begrippen op microniveau en geef aan welke interactie(s) hierbij een rol speelt (spelen).
- 2p 21 Leg uit of materiaal I makkelijker of moeilijker vervormbaar is dan materiaal III. Gebruik hierbij begrippen op microniveau en geef aan welke interactie(s) hierbij een rol speelt (spelen).