

Toner

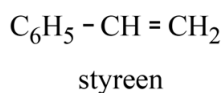
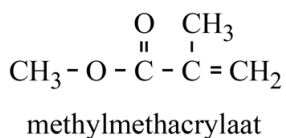
In laserprinters en kopieerapparaten wordt 'toner' gebruikt om tekst en afbeeldingen op papier te brengen. Toner is een korrelig poeder. De korreltjes toner bevatten een kern van voornamelijk Fe_3O_4 met daaromheen een laagje kunststof.

- 2p 29 Geef de lading van elk van de twee soorten ijzerionen die aanwezig zijn in Fe_3O_4 en geef de verhouding waarin deze twee ionsoorten in dit zout voorkomen.

Noteer je antwoord als volgt:

$\text{Fe}^{\dots} : \text{Fe}^{\dots} = \dots : \dots$

Het laagje kunststof bestaat voornamelijk uit een co-polymeër dat is opgebouwd uit de monomeren methylmethacrylaat en styreen. De structuurformules van deze monomeren staan hieronder.



- 3p 30 Geef de structuurformule van een fragment van een additiepolymeër van methylmethacrylaat en styreen. Dit fragment moet komen uit het midden van de polymeerketen en moet bestaan uit één eenheid methylmethacrylaat en één eenheid styreen.

Toner wordt verkocht in een omhulsel, dat een cartridge wordt genoemd. Per jaar worden naar schatting wereldwijd 1,1 miljard cartridges gevuld met toner verkocht. Van deze hoeveelheid cartridges komen er uiteindelijk 500 miljoen na gebruik op een vuilnisbelt terecht. Een gebruikte cartridge bevat nog een achtergebleven hoeveelheid toner. Het is ongewenst wanneer toner in het milieu terechtkomt.

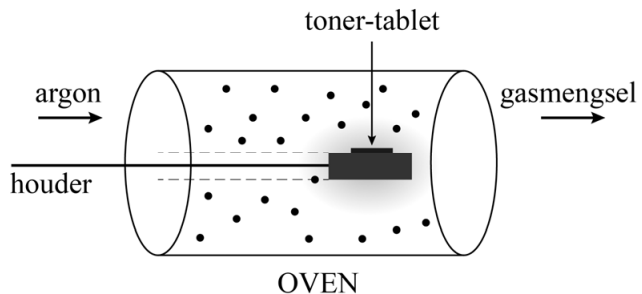
- 2p 31 Bereken hoeveel kg toner nog aanwezig is in 500 miljoen gebruikte cartridges. Neem aan dat:
- een nieuwe cartridge gemiddeld 160 gram toner bevat.
 - in een gebruikte cartridge gemiddeld 8,0 massaprocent van de oorspronkelijke hoeveelheid toner achterblijft.

De cartridges zijn veelal gemaakt van een thermoplastische kunststof en kunnen daardoor gemakkelijk gerecycled worden.

- 2p 32 Geef een kenmerk op microniveau en een eigenschap op macroniveau van een thermoplast.

De cartridges zouden gerecycled kunnen worden, maar voor de overgebleven toner is dat lastiger. Australische onderzoekers hebben een proces ontwikkeld waarmee ijzer uit toner kan worden teruggewonnen. Dit gebeurt door het Fe_3O_4 met behulp van het co-polymeer, dat eveneens in toner aanwezig is, om te zetten tot ijzer. Hieronder is beschreven hoe dit proces op kleine schaal wordt uitgevoerd.

De toner wordt samengeperst tot tabletten. Een tablet wordt vervolgens in een oven geplaatst bij een temperatuur van $1550\text{ }^\circ\text{C}$. Door de oven wordt voortdurend argon geleid.



In de oven ontleedt het co-polymeer tot methaan, koolstofmono-oxide en koolstofdioxide. Het gevormde methaan ontleedt vervolgens tot koolstof en waterstof. Vervolgens wordt ijzer gevormd als gevolg van voornamelijk onderstaande reacties.



- 2p **33** Geef de vergelijking van de ontleding van methaan.
- 3p **34** Bereken de reactiewarmte van reactie 1 (bij $T = 298\text{ K}$ en $p = p_0$) per mol Fe_3O_4 . Maak hierbij gebruik van de volgende informatie:
- Binas-tabel 57 of ScienceData-tabel 9.2
 - de vormingswarmte van Fe_3O_4 is $-11,2 \cdot 10^5\text{ J mol}^{-1}$.

Door voortdurend argon door te leiden worden de ontstane gassen, samen met het argon, uit de oven verwijderd. De onderzoekers kregen zo een product dat grotendeels uit ijzer bestond. Dit ijzer kan gebruikt worden in de staalindustrie.

- 2p **35** Leg uit waarom argon niet deelneemt aan de reacties in de oven.
- 3p **36** Leg uit, aan de hand van de gegeven reactievergelijkingen, waardoor minder ijzer kan ontstaan wanneer een gasstroom van lucht zou worden gebruikt (in plaats van argon).

Voorafgaand aan de behandeling in de oven heeft een tablet een massa van 0,50 g en bevat het 23,9 massaprocent ijzer. Na de behandeling is er 0,098 gram ijzer verkregen.

- 2p **37** Bereken het rendement van de vorming van ijzer uit een tablet volgens deze behandeling.

Het terugwinnen van ijzer uit toner is economisch gezien mogelijk voordelig. Er zijn ook andere redenen voor te geven.

- 1p **38** Geef een andere reden om het ijzer terug te winnen uit toner.