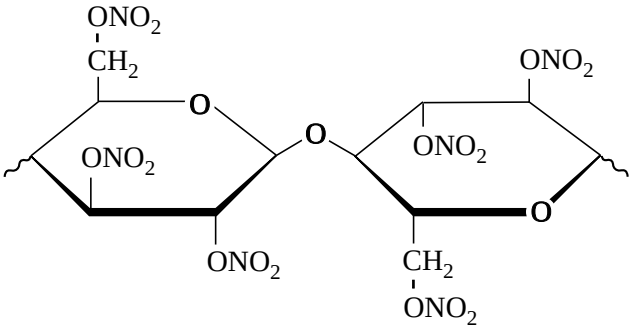
Oude films

Film bestaat uit een dragermateriaal en een beeldlaag. Oude films hebben voornamelijk cellulosenitraat als dragermateriaal. In deze opgave worden dergelijke films ‘nitraatfilms’ genoemd. Het cellulosenitraat wordt gemaakt door het polymeer cellulose te laten reageren met salpeterzuur. De hydroxylgroepen (OH groepen) worden daarbij vervangen door nitraatgroepen. Hieronder staat de schematische structuurformule van twee monomeereenheden van het polymeer dat is ontstaan wanneer alle hydroxylgroepen in cellulose zijn vervangen door nitraatgroepen.



Bij de bereiding van cellulosenitraat dat voor films wordt gebruikt, mogen niet alle hydroxylgroepen worden omgezet tot nitraatgroepen. Naarmate het aantal nitraatgroepen groter is, is de stof namelijk explosiever. Cellulosenitraat dat als drager voor filmmateriaal wordt gebruikt, mag daarom niet meer dan 12,6 massaprocent N bevatten.
Door bepaling van het massapercentage N kan worden berekend hoeveel hydroxylgroepen gemiddeld per monomeereenheid in cellulose zijn omgezet tot nitraatgroepen. In de formule voor cellulosenitraat kan dit aantal worden weergegeven met x; x hoeft geen geheel getal te zijn.
Van een monster cellulosenitraat bleek het massapercentage N 12,1 te zijn.

1p **18** Geef de formule van een monomeereenheid in cellulosenitraat, waarbij x hydroxylgroepen zijn omgezet tot nitraatgroepen. Ga uit van de volgende formule van een monomeereenheid in cellulose: $C_6H_7O_2(OH)_3$.

4p **19** Bereken het gemiddelde aantal hydroxylgroepen (x) dat per monomeereenheid is omgezet tot nitraatgroepen wanneer het massapercentage N in cellulosenitraat 12,1% bedraagt.

Tijdens het vertonen van een film met behulp van een filmprojector kan de temperatuur behoorlijk oplopen. Daarbij kan het cellulosenitraat gemakkelijk in brand vliegen. Zo’n brand is erg lastig te doven omdat cellulosenitraat, anders dan de meeste brandbare materialen, geen zuurstof (O_2) nodig heeft om te blijven branden.

4p **20** Laat met behulp van een reactievergelijking zien dat voor deze ‘verbranding’ geen zuurstof (O_2) nodig is.
- Gebruik voor cellulosenitraat de formule $(C_6H_7O_{11}N_3)_n$.
- Ga ervan uit dat bij de ‘verbranding’ uitsluitend koolstofdioxide, koolstofmonooxide, stikstof en water ontstaan.

Volgens brandbeveiligingsvoorschriften kan een in brand gevlogen nitraatfilm niet met schuim of water worden geblust. Toch gaat een dergelijke brand op den duur wel uit wanneer men met water blust.

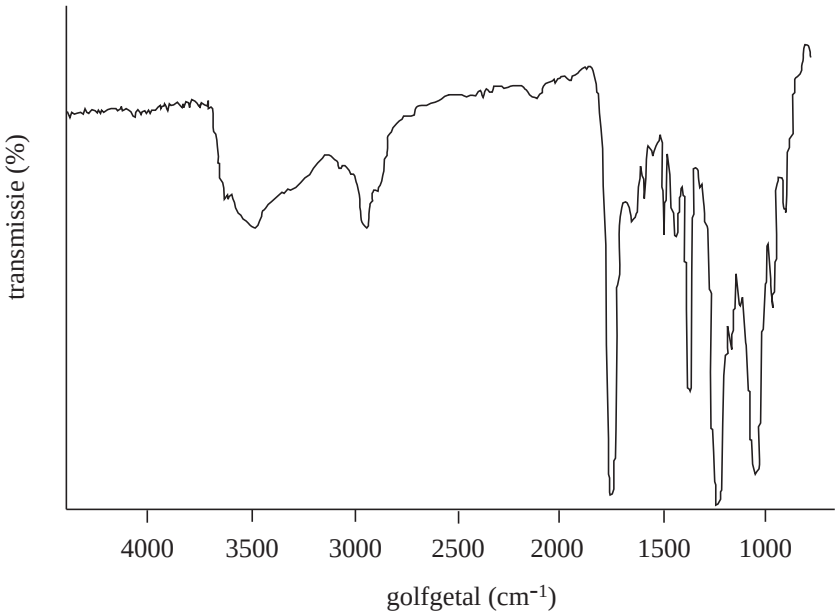
1p **21** Leg uit waarom water toch geschikt is als blusmiddel voor een in brand gevlogen nitraatfilm.

Er is veel historisch interessant beeldmateriaal vastgelegd op nitraatfilms, dus is het belangrijk om die oude films goed te conserveren. Een probleem bij nitraatfilms is dat bij langdurige opslag de beelden kunnen vervagen. Dat komt doordat cellulosenitraat kan hydrolyseren. Bij deze hydrolyse worden de ONO_2 groepen omgezet tot OH groepen waarbij tevens salpeterzuur ontstaat. De hydrolyseproducten diffunderen langzaam door het dragermateriaal en kunnen in contact komen met de beeldlaag. Op de beeldlaag bevindt zich metallisch zilver dat de zwarting op de film veroorzaakt. Door reactie van één van de hydrolyseproducten van cellulosenitraat met het metallisch zilver vervagen de beelden.
Halverwege de vorige eeuw is men overgestapt op het gebruik van zogenoemde acetaatfilms. Hierin is cellulose-acetaat (cellulose-ethanoaat) het dragermateriaal. In cellulose-acetaat zijn de OH groepen van het cellulose veresterd met azijnzuur (ethaanzuur). Cellulose-acetaat is veel minder brandbaar dan cellulosenitraat. Bij langdurige opslag van films met cellulose-acetaat als dragermateriaal (‘acetaatfilms’) kan ook hydrolyse optreden van het cellulose-acetaat, maar dat leidt niet tot vervaging van de beelden op de film.

3p **22** Leg uit waarom nitraatfilms wel vervagen bij langdurige opslag en acetaatfilms niet. Vermeld in je uitleg het type reactie dat optreedt bij de vervaging van de nitraatfilms.

Wanneer men oude films gaat restaureren, wil men van te voren weten hoe ver het hydrolyseproces van het dragermateriaal is gevorderd. Dit is onder andere vast te stellen met behulp van infrarood (IR) spectrometrie.
Hieronder is het IR-spectrum afgebeeld van een stukje van het dragermateriaal van een acetaatfilm.

IR-spectrum



Wanneer het cellulose-acetaat van een oude film sterk is gehydrolyseerd, is in een bepaald absorptiegebied in het IR-spectrum een piek (veel) kleiner en in een ander absorptiegebied een piek (veel) groter dan in het IR-spectrum van nieuw cellulose-acetaat.

3p **23** Leg uit in welke absorptiegebieden beide bedoelde pieken voorkomen.
Vermeld in je antwoord:
- de soort vibraties waardoor deze pieken worden veroorzaakt;
- waarom juist deze pieken informatie geven over de voortgang van de hydrolyse;
- voor elk van de pieken of de intensiteit ervan in het IR-spectrum van het cellulose-acetaat van de oude film groter is of kleiner is.