



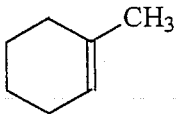
**KE-100.3400 Polymeerien ominaisuudet**  
Tentti 23.9.2011

1. Mitkä rakenteelliset seikat vaikuttavat polymeerien amorfisuuteen tai kiteisyyteen?
2. Tärkeimmät polymeerien hajoamisen ilmiöt ja niiden estäminen. Missä suhteissa hajoamisilmiöistä on haittaa, missä hyötyä?
3. Sinulle on annettu ennalta tuntematon polymeerinäyte. Laadi suunnitelma siitä, kuinka määrittäisit sen
  - a) kemiallisen koostumuksen
  - b) kiteisyysasteen
  - c) työstettävyyden

Selvitä kussakin kohdassa valitsemasi lähestymistavan toimintaperiaate ja perustele miksi päädyit käyttämään juuri tätä menetelmää kysytyn ominaisuuden selvittämiseen.

### Tehtävä 1

Piirrä seuraavista monomeereistä mahdollisesti saatavien stereosäännöllisten polymeerien rakenteet.

- a)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$
- b)  $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)_2$
- c)  $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_2\text{H}_5$
- d) 

### Tehtävä 2

Laadunvalvonnassa käytettävien analyysimenetelmien on oltava nopeita ja helposti toistettavia. Tuotantoprosessissa polyeteeniin (PE) seostettiin pieni pitoisuus antioksidanttia, Irganox 1010. Seostuksen onnistumista haluttiin valvoa UV spektroskopiolla. Tarkoitusta varten suoritettiin mittaukset testisarjalle, jossa näytteiden antioksidanttipitoisuudet (0-0,1 mol-%) olivat tarkkaan tunnetut:

t / cm	AO 0%	AO 0,01%	AO 0,05%	AO 0,1%
	A	A	A	A
0,1	0,042	0,081	0,29	0,57
0,3	0,126	0,243	0,87	1,71

Muodosta mittaustulosten pohjalta Beer-Lambert lain mukainen yhtälö (muotoa  $A(c,t) = (kc+a)t$ ), jonka avulla voidaan määrittää antioksidantin (AO) pitoisuus ( $c$ ) PE näytteessä, kun näytteen paksuus ( $t$ ) ja UV absorbanssi  $A$  voidaan mitata. Laske yhtälöä hyödyntäen mikä olisi ko. antioksidantin pitoisuus 0,4 cm PE näytteessä, jonka UV absorbanssi on  $A = 0,61$ .

### Tehtävä 3

Kattoon kiinnitettyyn polypropeenisauvaan (pituus on 200 mm, leveys 25,0 mm, paksuus 3,0 mm) lisätään 30 kg:n paino. Kuinka paljon polymeeri viruu kahden minuutin aikana, kun virumiskomplianssi  $J(t)$  noudattaa yhtälöä (1), jossa  $t$  on minuutteja.

$$J(t) = 1,5 - \exp(-t/6\text{min}) \text{ GPa}^{-1} \quad (1)$$

# KE-100.3400 Polymeerien ominaisuudet

## Kaavakokoelma

$$n = \frac{m}{M} \quad c = \frac{n}{V} \quad \rho = \frac{m}{V} \quad V_m = \frac{V}{n} = \frac{M}{\rho} \quad pV = nRT \quad k = Ae^{-\frac{E}{RT}}$$

$$\bar{M}_n = M_0 \bar{X}_n \quad p = 1 - \frac{[M]}{[M]_0} \quad \sigma = \frac{F}{A} \quad \varepsilon(t) = \frac{\Delta l}{l_0} = J(t) \times \sigma \quad Q = \frac{P \times A \times t \times \Delta p}{l}$$

### NMR:

$$\begin{aligned} (\text{mm}) &= (\text{mmm}) + 0,5(\text{mmr}) \\ (\text{rr}) &= (\text{rrr}) + 0,5(\text{mrr}) \\ (\text{mr}) &= (\text{mmr}) + 2(\text{rmr}) = (\text{mrr}) + 2(\text{mrm}) \\ (\text{mmmr}) + 2(\text{rmmr}) &= (\text{mmrm}) + (\text{mmrr}) \\ (\text{mrrr}) + 2(\text{mrrm}) &= (\text{rrmr}) = (\text{rrmm}) \\ (\text{mmm}) &= (\text{mmmm}) + 0,5(\text{mmmr}) \\ (\text{mmr}) &= (\text{mmmr}) + 2(\text{rmmr}) = (\text{mmmr}) + (\text{mmrr}) \\ (\text{rmr}) &= 0,5(\text{mrrr}) + 0,5(\text{rmrr}) \\ (\text{mrm}) &= 0,5(\text{mrrm}) + 0,5(\text{mrrm}) \\ (\text{rrm}) &= 2(\text{mrrm}) + (\text{mrrr}) = (\text{mmrr}) + (\text{rmrr}) \\ (\text{rrr}) &= (\text{rrrr}) + 0,5(\text{mrrr}) \end{aligned}$$

Bernoullin malli:  $\frac{4(\text{mm})(\text{rr})}{(\text{mr})^2} = 1$

Ensimmäisen asteen Markovin malli:  $\frac{4(\text{mmm})(\text{rmr})}{(\text{mmr})^2} = 1 \quad \frac{4(\text{mrm})(\text{rrr})}{(\text{mrr})^2} = 1$

Enantiomorfinen malli:  $\frac{2(\text{rr})}{(\text{mr})} = 1 \quad 1 - \frac{4}{(\text{mr}) + 2(\text{rr})} + \frac{1}{(\text{rr})} = 1$

### Moolimassa:

$$\bar{M}_n = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i} = \frac{\sum w_i}{\sum n_i} \quad \bar{M}_w = \frac{\sum w_i M_i}{\sum w_i} = \frac{\sum n_i M_i^2}{\sum n_i M_i} \quad PD = \frac{\bar{M}_w}{\bar{M}_n}$$

### Viskositeetti:

$$\eta_r = \frac{\eta}{\eta_0} \approx \frac{t}{t_0} \quad \eta_{sp} = \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} \approx \frac{t - t_0}{t_0} \quad \eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad \eta_{mh} = \frac{\ln \eta_r}{c} \quad [\eta] = \lim_{c \rightarrow 0} \left( \frac{\eta_{sp}}{c} \right)$$

$$\eta_{red} = [\eta] + k_H [\eta]^2 c \quad (\text{Huggins}) \quad [\eta] = k \times M_v^\alpha \quad (\text{Mark-Houwink})$$

$$\log \frac{\eta}{\eta_s} = \frac{-17,44 \times (T - T_g)}{51,6 + (T - T_g)} \quad (\text{Williams-Landel-Ferry}) \quad \eta = k \times \exp \left( \frac{E}{RT} \right)$$

### Vakiot:

$$R = 8,3145 \text{ J/(K mol)} \quad N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad g = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

$$0^\circ\text{C} = 273,15 \text{ K} \quad 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

### Moolimassat (g/mol):

H	1,008	C	12,011	N	14,007	O	15,999
Al	26,982	Cl	35,453	Ti	47,867	Zr	91,224