

Water zuiveren met aerogel

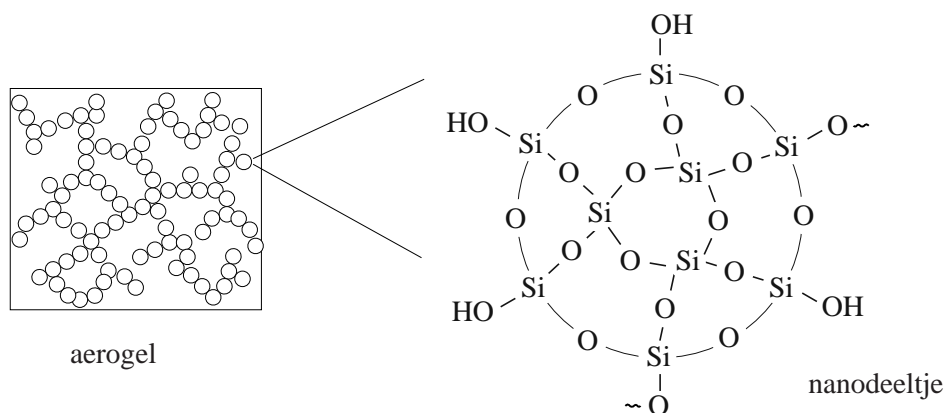
Aerogels zijn materialen met een extreem lage dichtheid. Aerogels hebben een zeer groot inwendig oppervlak, wat ze zeer geschikt maakt als adsorptiemateriaal bij de zuivering van water.

De eerste aerogel werd gemaakt op basis van $\text{Si}(\text{OH})_4$. Deze stof werd gemaakt door natriumsilicaat (Na_2SiO_3) aan zoutzuur toe te voegen. Hierbij reageren de silicaationen met H_3O^+ tot de moleculaire stof $\text{Si}(\text{OH})_4$ en water.

- 2p 6 Geef de vergelijking van de vorming van $\text{Si}(\text{OH})_4$ uit silicaationen.

De vorming van een aerogel uit $\text{Si}(\text{OH})_4$ vindt plaats in een organisch oplosmiddel. In het begin van het proces reageren moleculen $\text{Si}(\text{OH})_4$ met elkaar, waarbij $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$ bindingen worden gevormd onder afsplitsing van water. Hierbij worden in het begin alleen nanodeeltjes gevormd.

Vervolgens reageren nanodeeltjes met elkaar via enkele OH groepen aan het oppervlak van de nanodeeltjes. Hierdoor ontstaat een netwerk van aan elkaar verbonden bolletjes. Door verdamping van het oplosmiddel wordt de aerogel verkregen. In het netwerk zijn moleculen uit lucht aanwezig. Hieronder is een schematische weergave van een aerogel en een nanodeeltje gegeven.



Door andere beginstoffen te kiezen, kan men de grootte van de nanodeeltjes beïnvloeden. Als beginstoffen worden dan $\text{Si}(\text{OH})_4$ en $\text{RSi}(\text{OH})_3$ gebruikt. Een belangrijke voorwaarde voor de keuze van de groep R is dat deze niet met andere groepen R of met OH groepen kan reageren. Alleen dan zullen deze groepen aan het oppervlak van de nanodeeltjes terecht komen. Als voor de molverhouding $\text{RSi}(\text{OH})_3 : \text{Si}(\text{OH})_4$ een grotere waarde wordt gekozen, worden kleinere nanodeeltjes gevormd.

- 2p 7 Geef een verklaring voor de waarneming dat kleinere nanodeeltjes worden gevormd wanneer de molverhouding $\text{RSi}(\text{OH})_3 : \text{Si}(\text{OH})_4$ groter wordt.

De verhoudingsformule voor een dergelijke aerogel kan worden weergegeven als $R_xSi_yO_z$. De waarden van x , y en z in deze verhoudingsformule hangen af van de molverhouding waarin $Si(OH)_4$ en $RSi(OH)_3$ worden gemengd.

- 3p 8 Leid af wat de waarden voor x , y en z zijn wanneer $Si(OH)_4$ en $RSi(OH)_3$ in de molverhouding 1 : 2 reageren. Ga ervan uit dat alle H atomen worden opgenomen in watermoleculen.

Wanneer voor de groep R propylamine $\sim C_3H_6-NH_2$ wordt genomen, is de aerogel geschikt om metaalionen te binden. Bij aerogels met propylaminegroepen aan het oppervlak hangt de hoeveelheid metaalionen die gebonden wordt, sterk af van de zuurgraad.

- 2p 9 Leg uit op microniveau (deeltjesniveau) waarom aerogels met propylaminegroepen aan het oppervlak, geschikt zijn om metaalionen te binden.
- 3p 10 Leg uit of te verwachten is dat bij een lage pH-waarde van de oplossing de metaalionen beter, even goed of slechter gebonden zullen worden dan bij een neutrale pH.

De mercaptopropylgroep ($\sim C_3H_6-SH$) is ook geschikt om metaalionen te binden. In een experiment is gemeten hoeveel procent van de aanwezige metaalionen uit een oplossing werd gebonden aan deze aerogel. Bij dit experiment werden oplossingen gebruikt die $50 \text{ mg L}^{-1} Cu^{2+}$ of $50 \text{ mg L}^{-1} Hg^{2+}$ bevatten.

Uit de resultaten van dit experiment bleek dat voor het volledig uit de oplossing verwijderen van deze ionen per mL oplossing ongeveer drie keer zoveel aerogel nodig is voor het verwijderen van de Cu^{2+} ionen als voor de Hg^{2+} ionen.

- 2p 11 Leg uit waarom per mL oplossing ongeveer drie keer zoveel aerogel nodig is voor het verwijderen van Cu^{2+} als voor Hg^{2+} . Neem aan dat Cu^{2+} en Hg^{2+} op eenzelfde manier aan de mercaptopropylgroepen binden.

Voor het verwijderen van de kwikionen uit 1,0 mL oplossing was in het experiment 0,60 mg aerogel nodig. De verhoudingsformule van de gebruikte aerogel is $(C_3H_7S)Si_4O_7$. Eén kwik(II)ion bindt aan twee mercaptopropylgroepen.

- 4p 12 Bereken hoeveel procent van het maximale aantal bindingsplekken in deze aerogel bezet is, wanneer de kwik(II)ionen uit 1,0 mL van een oplossing van $50 \text{ mg L}^{-1} Hg^{2+}$ zijn verwijderd. Neem aan dat 100% van de kwik(II)ionen is verwijderd.