

## MODUL:

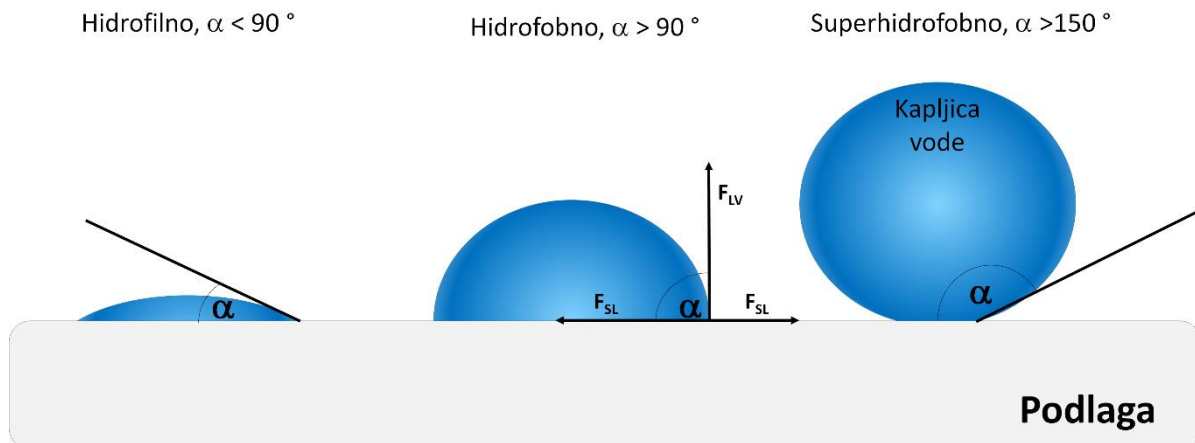
Kemija v športu: Superhidrofobne prevleke na aluminiju za aplikacije v športu

## OPIS PODROČJA:

Namen vaje je priprava superhidrofobne površine in njena karakterizacija: kontaktni kot, kot zdrs in sposobnost samočiščenja.

Superhidrofobnost je pojav, ki ga najpogosteje povezujemo z lotosovim efektom, saj listi Svetega Lotosa (lat. *Nelumbo nucifera*) izkazujejo tovrsten pojav. Na površini listov se namreč tvorijo kapljice v obliki kroglic, ki lista ne omočijo pač pa se z lista odkotalijo. Površina je superhidrofobna, če izpolnjuje pogoja: kontaktni kot mora biti večji od  $150^\circ$ , ter kot zdrs manjši od  $10^\circ$ . Superhidrofobnost vpliva tudi na druge fizikalne lastnosti površine, npr. manjša adhezija ledu na površino. To je zlasti pomembno pri zimskih športih, kjer želimo čim manjšo oprijemljivost snega in ledu na podlago. Takšna površina ima lahko tudi sposobnost samočiščenja, kar je prav tako pomembna prednost za številne aplikacije.

Superhidrofobnost je posledica površinske napetosti, zaradi interakcije med vodo oz. tekočino, okoljem in površino. Kapljica vode na takšni površini tvori obliko krogle oziroma sferično obliko, saj voda pri tem tvori najmanjšo površino. Pri kaplji so sile med tekočino in plinom (ozračjem)  $F_{LV}$ , sila med površino in tekočino  $F_{SL}$  in sila med površino in plinom  $F_{SV}$  v ravnovesju. Glede na ustvarjeno ravnovesje sklepamo, ali bo kapljico zavzela obliko krogle, polkrogle ali pa bo tvorila film.



Slika 1: Grafična ponazoritev ravnovesja sil na površini in meje med hidrofилno, hidrofobno in superhidrofobno površino.

Pravi kot ( $\alpha=90^\circ$ ) predstavlja mejo med hidrofobnostjo (tvorjenjem sfere) ter hidrofilnostjo (tvorjenjem filma).

Takšen model je primeren za popolnoma ravne površine. Za doseganje superhidrofobnosti pa je pogosto potrebna hrapava površina.

Poleg kontaktnega kota je za oceno hidrofobnosti potrebno upoštevati tudi kot zdrsa, ki odraža kot, pri katerem se kapljica prične premikati pri nagibanju površine.


#### MATERIAL:

- Šest ploščic aluminija, debeline 2 mm, velikosti 4 x 4 cm
- $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$
- $\text{ZnCl}_2$
- Brusni papir
- 50 mL bučka
- Tehnica
- Tehtalni čolniček
- Žlička
- Destilirana voda
- Etanol
- Perfluorodeciltrietoksisilan (FAS),  $\text{C}_{16}\text{H}_{19}\text{F}_{17}\text{O}_3\text{Si}$

#### METODE DELA:

##### VARNOST!

Za varno delo s kemikalijami je potrebno uporabiti zaščitno varovalno delovno opremo ter upoštevati navodila iz varnostnih listov.

Snov	Znak za nevarnost	Pomen znaka
FAS		<b>Jedko</b> Kemikalije lahko povzročijo opekline ali razjede kože in oči.

##### 1. Priprava površine

Aluminij brusimo z brusilnim papirjem, dokler površina ni enakomerna brez vidnih raz ali jamic. Površino speremo z destilirano vodo in etanolom.

##### 2. Jedkanje površine

Jedkanje izvedemo v raztopini kovinskih kloridov. Vzorec nato temeljito speremo z destilirano vodo, s čimer odstranimo nevezane produkte.

##### A) Jedkanje z železovim kloridom

Jedkanje z železovim(III) kloridom poteka 20 minut pri sobnih pogojih v 1 M raztopini  $\text{FeCl}_3$ .

## B) Jedkanje s cinkovim kloridom

Jedkanje s cinkovim(II) kloridom poteka 30 minut pri sobnih pogojih v 1 M raztopini  $ZnCl_2$ .

### 3. Modifikacija s FAS

Vzorec potopimo v 1 % alkoholno raztopino FAS.

4. Oceno kontaktnega kota izvedemo s 5  $\mu L$  kapljico vode (majhna kapljica), ki jo položimo na površino vzorca. Oceno izvedemo ob pomoči slike 1. Kot zdrsa kapljice ocenimo s površine ocenimo s počasnim nagibom ploščice iz ležečega v pokončni položaj.

5. Oceno vpliva na zmrzovanje vode izvedemo s 5  $\mu L$  kapljico vode (majhna kapljica), ki jo položimo na površino vzorca. Vzorec postavimo v zmrzovalnik. Po 10 minutah vzorec postavimo na sobno temperaturo ter merimo potreben čas taljenja ledu.

6. Po koncu vaje raztopine zberite v posodi za zbiranje nevarnih odpadkov. Kovine sperete in jih vrnite asistentu.

## REZULTATI:

V tabelo vpišite spremembe, ki jih opazite po kapljanju vode na površino. V tabeli s križcem (X) označite ocenjeno vrednost kontaktnega kota.

	Hidrofilna površina, $\alpha < 90^\circ$	Hidrofobna površina, $90 < \alpha < 150^\circ$	Superhidrofobna površina $\alpha > 150^\circ$	Kapljica zdrsa s površine (DA/NE)	Čas taljenja [s]
Aluminij pred brušenjem					
Aluminij po brušenju					
Aluminij po jedkanju v $FeCl_3$					
Aluminij po jedkanju v $FeCl_3$ in modifikaciji s FAS					
Aluminij po jedkanju v $ZnCl_2$					
Aluminij po jedkanju v					

ZnCl <sub>2</sub> in modifikaciji s FAS					
---	--	--	--	--	--

### PREIZKUS PRIDOBLENEGA ZNANJA:

- Opiši pojem hidrofilnost, hidrofobnost, oleofobnost ter navedi primere v naravi s takšnimi lastnostmi.  
**Hidrofílnost** (iz grščine hydros - *voda* + philein - *ljubiti*, **vodoljubnost**) opisuje lastnost nekaterih snovi, da so rade v stiku z vodo.  
**Hidrofóbnost** (iz grščine hydros - *voda* + phobein - *sovražiti*, **vodomrznost**) označuje lastnost nekaterih snovi, da odbijajo vodo.  
 Oleofobnost: označuje lastnost nekaterih snovi, da odbijajo vodo.
- Izračunaj molsko maso FAS ter izračunaj masni delež silicija v spojini.
  - Perfluorodeciltrietoksisilan (FAS), C<sub>16</sub>H<sub>19</sub>F<sub>17</sub>O<sub>3</sub>Si  
 Molska masa (FAS) = (16\*12,011 + 19\*1,0079 + 17\*18,998 + 3\*15,999 + 28,086) g/mol = 610,3751 g/mol  
 Masni delež silicija = 28,086 / (16\*12,011 + 19\*1,0079 + 17\*18,998 + 3\*15,999 + 28,086) = 4,60 %
- Izračunaj maso FAS za pripravo 20 mL 1 % etanolne raztopine. Potrebno je upoštevati gostoto snovi kot topila...
- Opiši pojem anomalija vode. Kako vpliva na zmrzišče vode?  
 Anomalija vode je posebnost vode, da ima največjo gostoto pri temperaturi 4 °C, kjer je gostota 1000 kg/m<sup>3</sup>. Pri segrevanju od 4 °C do vrelišča pri 100 °C se voda obnaša "normalno" saj se gostota vode zmanjšuje, pri segrevanju od 0 °C do 4 °C pa se gostota vode povečuje, kar pri ostalih snoveh ni značilno, saj je znano, da se gostota snovi s segrevanjem zmanjšuje.  
 Do pojava anomalije prihaja pri vodi zaradi močnih orientacijskih in vodikovih vezi med molekulami vode. Pri 4 °C se molekule vode začnejo organizirati v strukturo, ki se dokončno oblikuje pri 0 °C, ko voda zmrzne in nastane led. V tej strukturi so med molekulami vode praznine, zato je gostota ledu manjša od gostote vode (9 %) in led plava na vodi.
- Molekula FAS se na površino veže preko Si–O–Al vezi. Ali je proces ekso ali endotermen?  
 Reakcija poteka spontano, zato je takšen proces eksotermen. Pri reakciji Si–OH + Al–OH pride do odcepitev vode, pri čemer se tvori močnejša vez Si–O–Al.
- Samočistilnost površine dosežemo s kotaljenjem kapljic po površini. Pojasni princip takšnega čiščenja?

Pri kotaljenju kapljic pride do navzema nečistoč s površine, pri čemer za seboj ne pušča sledov in s tem očiščenja površine.



7. Kako superhidrofobnost vpliva na zmrzovanje vode? Kakšna je korelacija med časom taljenja vodne kaplje in hidrofobno površino?

Voda na superhidrofobni površini tvori obliko kroglice, zato je stik podlage z vodo minimalen. Posledično se s tem tudi zmanjša tudi prenos toplote iz podlage v vodo. Zato kapljica zmrzne kasneje. Zaradi manjše stične površine vode s podlago je manjša tudi adhezija. Zato je odstranjevanje ledu s površine enostavnejše.

8. Razloži za katere aplikacije v športu se omenjena modifikacija površine še lahko uporablja.

Superhidrofobnost se uporablja pri športih, pri katerih želimo zmanjšati zračni ali vodi upor. Uporablja se pri izdelavi športnih oblek (vodo-odbojna oblačila za zunanje športe) in pri izdelavi športnih oblačil (kopalke). Samočistilnost je pomembna tudi pri športnih vozilih.

### USPEŠNOST OPRAVLJANJA VAJE:

Pripravljenost na vajo:	
Eksperimentalna izvedba vaje:	
Rezultati in naloge:	
Upoštevanje pravil varnostnega reda:	
Datum pregleda:	Podpis mentorja: