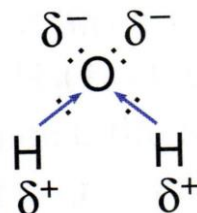


1. Кратък увод в света на суперхидрофобните и суперхидрофилните повърхности

Водата е течност, без която животът на Земята е невъзможен. Поради това взаимодействието ѝ с различни повърхности е от особена важност. На биолозите отдавна е направил впечатление фактът, че върху някои листа водата стои под формата на капки, а върху други се растила под формата на тънък слой, но едва наскоро те започнаха систематично да изучават структурата на повърхността на листата и нейната роля за развитието и здравето на растенията. Нещо повече, учени се вдъхновяват от устройството на тези листа и създават изкуствени материали със специални свойства.



Фиг. 1 Молекулата на водата е полярна – положителният полюс е изтеглен към водородните атоми, а отрицателния – към кислородния атом

Молекулата на водата е полярна. Кислородният атом притегля към себе си двойката електрони, които образуват химичната връзка О-Н (Фиг.1). Водородните атоми са частично положително заредени и могат да се свържат с атоми, които са частично отрицателно заредени и които участват в друга хетерогенна ковалентна връзка (това е т.н. водородна връзка). От друга страна отрицателно зареденият кислороден атом може да участва в подобни връзки с двете си двойки сдвоени електрони, които не участват във връзката с атомите на водорода (Фиг.1). В резултат на тази полярност водата мокри добре повърхности, които са образувани от атоми, свързани помежду си с хетерогенна или йонна връзка и обратно – повърхности, които са образувани от атоми с хомогенна ковалентна връзка или метална връзка не се мокрят добре. Хидрофилните молекули участват във водородни връзки с молекулите на водата. Хидрофилни вещества са: протеини, въглехидрати, соли, ДНК, РНК. На другия полюс са мазнините, които не могат да участват във водородни връзки с водата и са пример за хидрофобни вещества. Такива вещества още са липидите и цикличните ароматни въглеводороди.

Течностите се характеризират с т.н. повърхностно напрежение или повърхностна енергия. Двата термина са еквивалентни, но вторият има по-широко значение и се употребява и за твърди тела. Числено повърхностното напрежение е равно на работата, необходима за увеличение с единица повърхността на дадена течност. Повърхностното напрежение е причина, при липса на други сили, течностите да заемат формата на сфера – фигурата с най-малка повърхност при един и същи обем. То се дължи на факта, че молекулите близо до повърхността изпитват сили, различни от тези в обема. Когато една капка е разположена върху твърда повърхност или несмесваща се с нея течност, формата, която тя ще приеме зависи от уравниливането на три сили: силите действащи в приповърхностните слоеве на границите: течност – твърдо тяло, течност - газ и твърдо тяло –газ. В резултат капка вода върху твърда повърхност може да има формата, показана на Фиг. 2.:

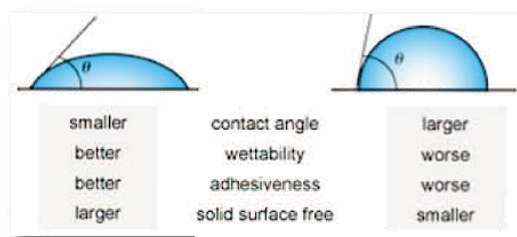


Figure 1: Contact angle

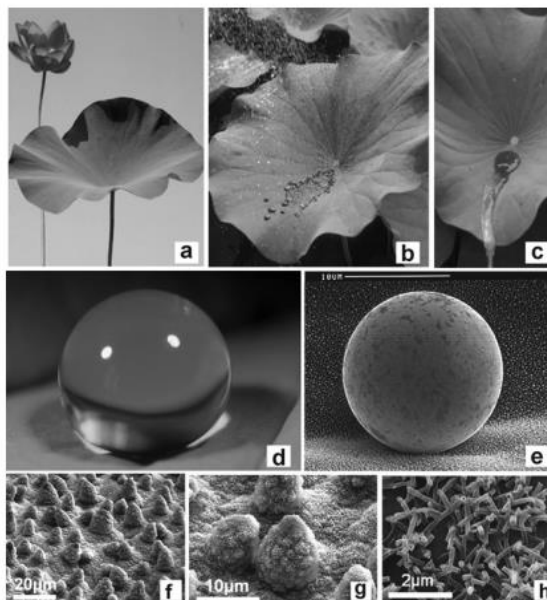
Фиг. 2. Хидрофилните вещества имат малък контактен ъгъл (вляво); хидрофобните вещества имат голям контактен ъгъл.

На същата фигура е показан и контактният ъгъл θ между течност и твърда повърхност. Приети са следните дефиниции: ако контактният ъгъл (КЪ) е по-малък от 10° повърхностите се наричат суперхидрофилни; ако КЪ е между 10° и 90° се наричат хидрофилни; между 90° и 150° – хидрофобни, а над 150° – суперхидрофобни. Друго важно понятие е ъгъл на наклона (ЪН). Това е ъгълът, на който трябва да се наклони повърхността, за да може капката да почне да се търкаля по нея. Колкото ъгълът е по-малък, толкова повърхността е по-хидрофобна. При ЪН по-малък от 10° , по причини, които ще станат ясни по-късно повърхността се нарича самоочистваща се.

През последните 20 г. започна да се обръща внимание на голямото разнообразие от повърхности на листата. Особена популярност доби т.н. “лотус ефект” Става въпрос за това, че листата на лотуса са суперхидрофобни. Те са покрити с восък – смес от хидрофобни въглеводороди, но по интересното е, че това свойство се дължи не само на химични явления, но и на физическата структура на листата. Накратко – суперхидрофобността на листата се дължи отчасти на взаимодействието на молекулите, отчасти на особената наноструктура на листата.

Superhydrophobic and self-cleaning surfaces.

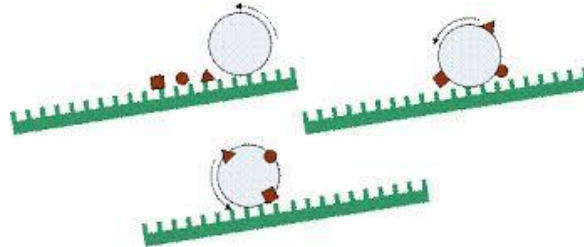
- (a) Lotus (*Nelumbo nucifera*) plant
- (b) A Lotus leaf contaminated with clay
- (c) Removal of the adhering particles by water
- (d) A spherical water droplet on a superhydrophobic leaf is shown.
- (e) the SEM micrograph of a droplet illustrates the low wettability of superhydrophobic microstructured surfaces.
- (f) Shows randomly distributed cell papilla,
- (g) A detail of the cell papilla
- (h) The epicuticular wax tubules on the cells are shown.



Фиг. 3. Структура на листото на лотус при различно увеличение: а: лотус, b) запрашени листа на лотус; c) отстраняване на полепените частици от водни капки; d) сферична капка вода върху суперхидрофобна микроструктурирана повърхност. f) - h) снимки от електронен микроскоп с различно увеличение, показващи характерни особености на повърхността

Листата на лотуса не са единствените, които проявяват такова свойство. Листата на латинката, както и на редица други растения също проявяват такива свойства.

Най-простото (но не съвсем пълно) обяснение на ефекта на повърхността е, че поради неравната структура капката контактува с по-голямата си част с въздух, а не със самата повърхност (Фиг. 4).



Фиг. 4. Най-горе: поради особената микро и наноструктура на листата на някои растения водата контактува много малко с повърхността. Дори при малък наклон капката започва да се търкаля по повърхността и търкаляйки се тя увлича със себе си прах, бактерии и други частици, благодарение на Ван дер Ваалсови сили, повърхностни сили и др. (долу и в средата). Този ефект се нарича ефект на самоочистване.

От особен интерес е модифицирането на повърхността така, че тя да стане от хидрофобна хидрофобна или обратно. Това най-често става с помощта на самоорганизиращи се слоеве на повърхността на съответния материал. Самоорганизиращ се слой е слой от органични молекули, които спонтанно се подреждат върху твърда повърхност. Единият край на молекулата се свързва ковалентно с повърхността (т.е. много здраво), а чрез внимателен подбор на молекулите другият край може да има исканите свойства – например хидрофилни..

2. Как могат да се използват явленията суперхидрофобност и суперхидрофилност:

1. За създаване на непромокаеми тъкани.
2. За самопочистващи се повърхности. Много важни например не само за миене на прозорци в къщите, но и, например, почистването на соларните панели и други.
3. При постигане на пълно омокряне топлообменът между водата и съответната повърхност става по ефективен – може да се използва за по-добро охлаждане на агрегати и машини.
4. Място за вашите идеи за други приложения

3. Цели на упражнението:

1. Да се разбере важността на присъствието на наноструктури на повърхността на листата и как тези структури влияят върху хидрофобността или хидрофилността.
2. Да се разбере ефектът на хидрофобността или хидрофилността за развитието и оцеляването на растението.
3. Да се разбере принципът на създаване на нови самопочистващи се, дишащи и непромокаеми материи и на какво се дължат свойствата им (видео)

4.Задачи

Първа задача: Да се изучи с помощта на видео различната структура на листата.

Втора задача: Да се определи хидрофобността/хидрофилността на четири листа от различни растения чрез обикновено наблюдение. Да се наблюдава ефектът на самоочистване.

Трета задача: Да се третират материали със специални вещества и да се наблюдава и обясни ефектът на обработката.

Подготвил упражнението: доц. дфн Цветан Велинов, Катедра физика на твърдото тяло и микроелектроника, Физически факултет на СУ.