Изучаването на еволюцията във формата на капките води до резултати с огромно научно значение.

ТАЙНИЯТ ЖИВОТ НА КАПКИТЕ

Капките са кръгли? Помислете отново! ДИАНА ЧОЛАКОВА от Факултета по химия и фармация на СУ разказва за революционно ново българско научно откритие

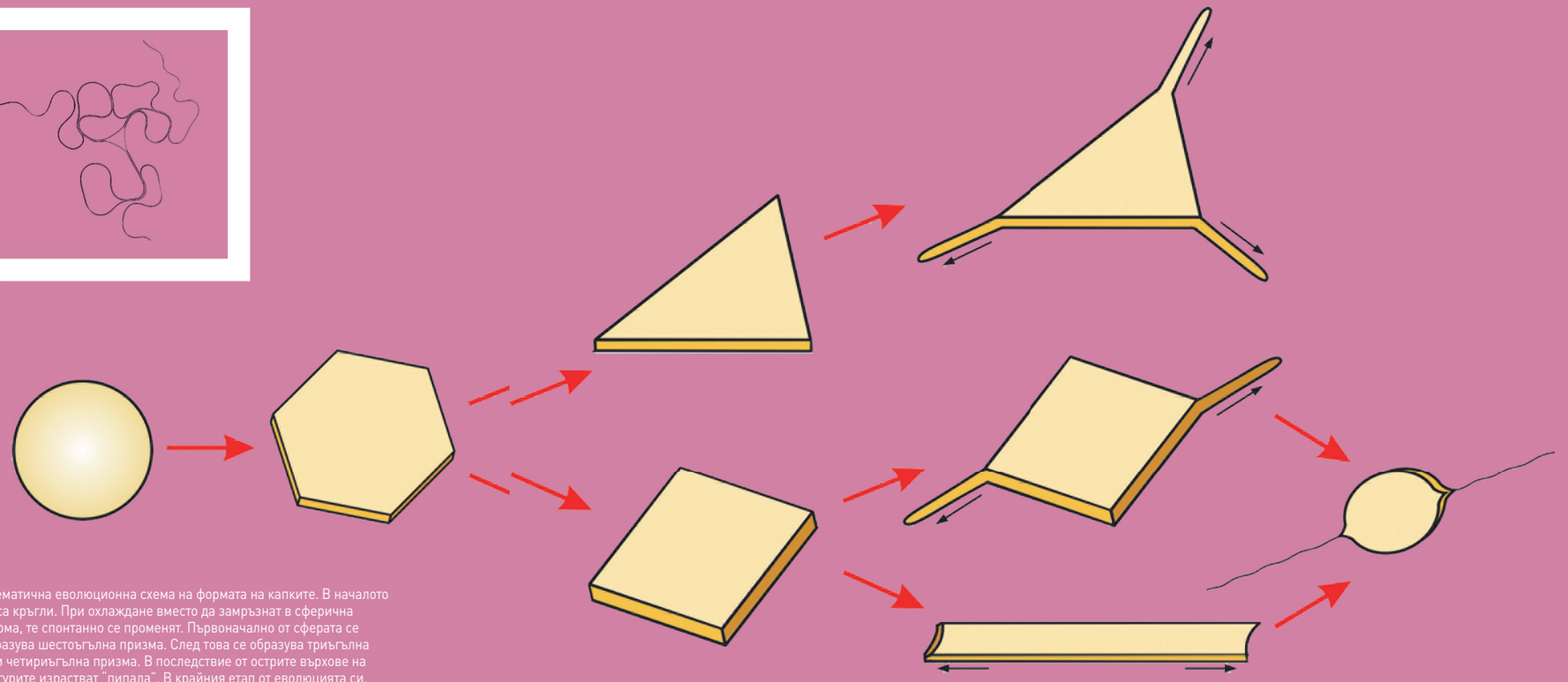
Каква форма си представяте, когато чуете думата „капка“? Отговорът на повечето хора вероятно би бил сферична (кръгла) или добре познатата ни от етикетите на много продукти издължена форма, подобна на стичаща се сълза. Обикновено капките са сферични. С колегите от Факултета по химия и фармация към Софийския университет променихме тази представа. Нека ви разкажем цялата история!

ЗАКОНИТЕ НА ПРИРОДАТА

Поведението на всеки обект в природата се ръководи от няколко основни принципа. Един от тях е, че предпочитани са състоянията, при които енергията на системата е минимална. При отсъствие на външни въздействия върху нея тя се намира в състоянието с най-ниска енергия, а ако е изведена от него – се стреми да се върне.

Едно от проявленията на този прост принцип е обичайната форма на малките капки. Те са сферични, тъй като това е формата, при която повърхността им, а оттам и повърхнинната им енергия са минимални.

Възможно ли е обаче една течна капка да бъде триъгълна или квадратна, или дори да прилича на жива бактерия,



Схематична еволюционна схема на формата на капките. В началото те са кръгли. При охлаждане вместо да замръзнат в сферична форма, те спонтанно се променят. Първоначално от сферата се образува шестоъгълна призма. След това се образува триъгълна или четириъгълна призма. В последствие от острите върхове на фигурите израстват "пипала". В крайния етап от еволюцията си, четириъгълниците се превръщат в елипсоидни капки, които изпускат една или няколко тънки нишки.

От ляво надясно: проф. Славка Чолакова, проф. Николай Денков, д-р Иван Лесов и Диана Чолакова

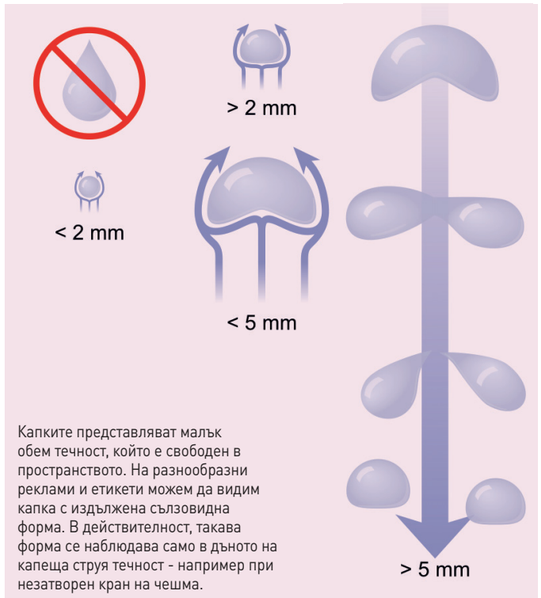
БЪЛГАРСКИЯТ ЕКИП

Изследването се провежда по съвместен проект на Катедрата по инженерна химия и фармацевтично инженерство към Факултета по химия и фармация на Софийския университет и Университета в Кеймбридж (www.lcpe.uni-sofia.bg & www.aimlabs.org). Екипът на Катедрата по ИХФИ се състои от повече от 40 души, много от които студенти и докторанти, които работят по различни съвместни проекти както с чуждестранни университети, така и с международни фирми като Unilever, BASF, Saint Gobain, Kruess и др.

Ръководители на настоящото изследване са проф. Денков, който в момента е и заместник-министър в МОН, и проф. Чолакова – ръководител на катедрата. Експериментите са проведени от студентката Диана Чолакова и постдокторанта Иван Лесов, който миналата година спечели награда на швейцарското правителство за едногодишен стаж в един от най-престижните университети в Европа – Политехническия университет в Цюрих.

Работата е в сътрудничество с проф. Смуков от Университета в Кеймбридж, който е ръководител на лабораторията по активни и интелигентни материали. Той има богат опит в получаването на полимерни частици с несферична форма с други методи.

ФОТОГРАФИИ: ДИАНА ЧОЛАКОВА – АРХИВ, ИНТЕРНЕТ, WIKIMEDIA



Капките представляват малък обем течност, който е свободен в пространството. На разнообразни реклами и етикети можем да видим капка с издължена сълзовидна форма. В действителност, такава форма се наблюдава само в дъното на капеща струя течност - например при незатворен кран на чешма.

която може да плува? Можете ли да си представите, тръгвайки от кръгла капка, да я превърнете последователно в шестоъгълник, успоредник и дори в пръчка?

Ако отговорите ви са „не“, това не е учудващо – както се казва, дори малките деца знаят, че капките са кръгли. Това заключение обаче е прибързано. Както показахме в нашето изследване, всички тези форми, макар и изключително странни, са напълно реални.

ФОРМАТА НА КАПКИТЕ

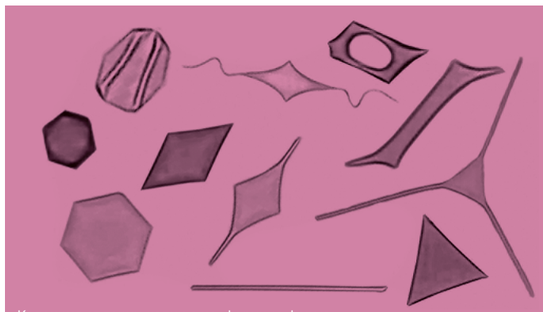
За да превърнем капките в триъгълници (или други форми), първо трябва да си „приготвим“ капки. Процесът на „приготвяне“ е изключително прост и се нарича емулгиране. Той представлява разбъркване на две взаимно несмесващи се течности, при което едната течност се разпределя под формата на капки в обема на другата течност. Получава се емулсия. Емулсии са майонезата, маргаринът, краве масло, кремовете за ръце и лице, шампоаните, балсамите и много други продукти, които ежедневно използваме.

Емулсиите са навсякъде около нас. Но ако погледнем под микроскоп произволно избрана проба от някоя от тези емулсии, ще видим сферични капки. Как тогава е възможно да получим капки с различна форма?

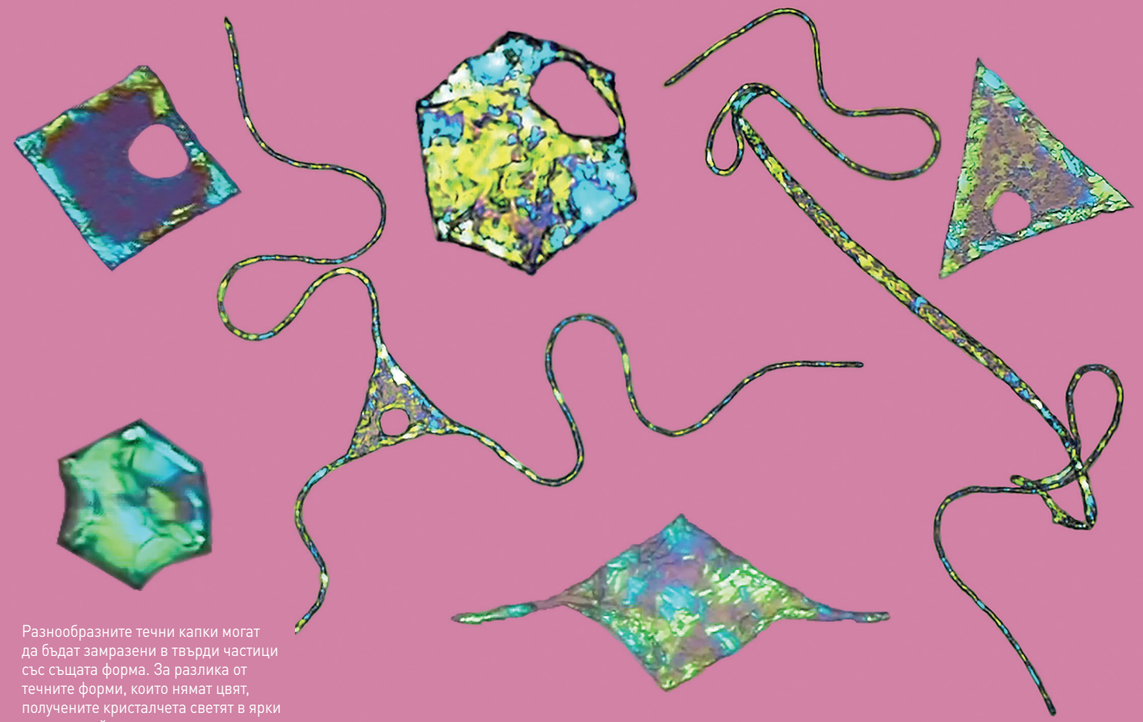
Доскоро отговорът на този въпрос би бил доста сложен. Промяна в сферичната форма е възможна чрез прилагане по специален начин на електрично или магнитно поле, чрез използване на лазери или други сложни методи.

В хода на нашето изследване открихме друг, много по-прост начин. Статия за наблюдаваното нетрадиционно явление бе публикувана в списание Nature.

„Открихме много по-прост начин за получаване на капки с различни форми. Приложенията на метода са изключително много!“



Колекция от течни капки с несферична форма. Да, това означава, че течността може да е триъгълна или квадратна.



Разнообразните течни капки могат да бъдат замразени в твърди частици със същата форма. За разлика от течните форми, които нямат цвят, получените кристалчета светят в ярки цветове, тъй като молекулите в тях имат определена подредба.

МИСИЯ: ТРИЪГЪЛНИ КАПКИ С ПИПАЛА

Емулсиите, които използваме в нашите експерименти, са приготвени чрез емулгиране на проста органична течност (алкан с между 14 и 20 въглеродни атома) във вода. За да са стабилни капките, към водата прибавяме и допълнително вещество (т.нар. ПАВ, вижте карето "ПАВ и майонезата"). Неговата роля е при среща между две капки да възпрепятства сливането им (коалесценция). Без ПАВ, след голям брой сливания, маслото и водата се разделят като две отделни фази и емулсията се разрушава.

И в нашите емулсии първоначално капките са сферични. Какво обаче би се случило, ако ги охладим? Подобно на водата, която претърпява фазов преход от течно в твърдо агрегатно състояние при температура 0°C, маслените капки също могат да замръзнат. В зависимост от това, каква е температурата на топене на използвания алкан, преходът настъпва при различни температури. Например, ако приготвим капки от хексадекан (алкан с 16 въглеродни атома и химична формула $C_{16}H_{34}$) с температура на топене от 18°C, то капките ще са течни при температура 25°C, но ако ги охладим до 10°C – ще замръзнат, превръщайки се в твърди частици.

За повечето емулсии твърдите частици имат сферична или близка до сферичната форма. Не и при нашите! В експериментите си наблюдавахме, че при понижение на температурата на пробата капките спонтанно променят формата си. Промените могат да се опишат чрез следната еволюционна последователност от форми.

В началото при температури, по-високи от температурата на топене на алкана, от който са приготвени капките, те имат характерната сферични форма. Ако започнем да ги охлаждаме, те се превръщат в шестоъгълници. Следващите форми от еволюцията им са триъгълниците и успоредниците. От върховете на триъгълниците могат да се появят израстъци – „пипала". Успоредниците пък се превръщат в дълги пръчки, които след достигането на определена критична дължина се дестабилизират и спонтанно се превръщат в следваща форма. Тя представлява елипсоидна капка, от която се изпускат една или няколко тънки нишки. Тази форма прилича на жива бактерия и подобно на истинските бактерии – плува из водния разтвор.

Изброените форми се образуват от течни капки, при които фазов преход (течно - твърдо) не е настъпил. При допълнително понижаване на температурата капките замръзват, превръщайки се в твърди частици. Формата им се запазва – от триъгълна течна капка се получава триъгълна твърда частица.

Ако повишим температурата на замръзналата проба, то при достигане на температурата на топене ще настъпи обратният фазов преход – твърдо - течно. При него твърдите частици се разтапят, образувайки отново сферични течни капки.

ТЕЧНОСТ С ДУПКА?

Образуването на ромбоидна капка е възможно, нещо повече – наблюдава се и появата на дупка в средата на течната капка. Самото словосъчетание „течна ромбоидна капка с дупка" сякаш противоречи на поне два от най-простите физични принципа. От една страна, повърхността на ромбоидната капка е над 3 пъти по-голяма спрямо повърхността на сферичната, съответно повърхнинната ѝ енергия е значително по-висока. От друга, всички сме учили в училище, че течностите заемат формата на съда, в който са поставени, което определено не значи, че спонтанно в средата на чашата ни с вода ще се образува стабилна дупка (дори и да охлаждаме водата).

„Причината, позволяваща ни да получаваме многообразието от течни форми, е образуването на „обвивка" по повърхността на капката. Тя представлява добре подреден течен кристал от алканови молекули. Появата ѝ се предизвиква от използвания за стабилизация на емулсиите ПАВ. „Обвивката" има пластични свойства и стабилизира течните форми дори когато те имат дупка по средата. Нейните еластични свойства позволяват образуването на причудливите форми, които наблюдаваме при охлаждане на капките", обяснява проф. Николай Денков, един от ръководителите на екипа от СУ.

ПРИЛОЖЕНИЯ БЕЗ КРАЙ!

„Освен откриването на ново явление, което има важно научно значение, изследването повдига и фундаментални въпроси - как може да се променя симетрията и да се пораждат нови форми от прости сферични капки", споделя проф. Смуков от Университета в Кеймбридж. Независимо от простотата на системата от вода, ПАВ и алкан, в нея се наблюдават сложни трансформации. Те са много сходни с промените във формите, характерни за най-простите живи организми. Капките, достигнали последния етап на еволюцията, лесно могат да бъдат сбъркани с живи клетки. В този смисъл чрез изучаването на тази еволюция натрупваме знания, които можем да използваме, за да разкрием как се е зародил животът на Земята.

„Някои капки лесно могат да бъдат сбъркани с живи клетки. Чрез изучаването им можем да разкрием как се е зародил животът на планетата Земя"

Друг важен аспект от проведеното изследване е, че посредством използвания метод лесно се получават частици с желана форма и размер. Съществуват научни изследвания, показващи силно повишена усвояемост на лекарства, разтворени в капки или частици с точно определена форма. Комбинацията от тези знания с нашите форми бихме могли да приложим при направата на фармацевтични продукти за насочена доставка на лекарства в конкретен орган от човешкия организъм.

Разберете повече: Научната статия за българското откритие е публикувана в престижното списание Nature: *http://dx.doi.org/10.1038/nature16189*

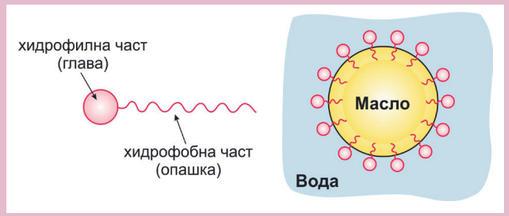
ПАВ И МАЙОНЕЗАТА

Ролята на ПАВ-овете, или защо майонезата ни е стабилна?

Повърхностноактивните вещества, или за краткост наричани „ПАВ", представляват специален вид молекули, които имат хидрофилна (обичаща водата) и хидрофобна (мразеща водата) част. Поставени в емулсия на масло във вода, те застават на границата на двете фази, т.е. по повърхността на капките. Хидрофилната им част се ориентира към водната, а хидрофобната – към маслената фаза.

Когато две маслени капки се срещнат, ако по повърхността си нямат ПАВ, те се сливат (коалесцират). Присъствието на молекули ПАВ обаче възпрепятства коалесценцията и капките остават самостоятелни.

Майонезата представлява емулсия от маслени капчици във водна среда. Причината маслото и водата да не се отделят като две обемни фази, е наличието на ПАВ в нея. Обикновено това е веществото лецитин, което се съдържа в яйчния жълтък. Без него (или негов заместител) майонезата нямаше да е стабилна. Отваряйки опаковка с такава майонеза, бихме намерили олио, плаващо над слой вода, вместо приятна кремообразна течност.



Водата и олиото не могат да се смесят, при разбъркването им се образува емулсия.

РЕЧНИК НА ЖАРГОНА: Какво са емулсиите?

Емулсиите са смеси на две неразтворими помежду си течности. Едната течност е разпределена под формата на капки в обема на другата.

Емулсия можем да получим, ако смесим вода с олио и разбъркаме. Тъй като двете вещества не могат да се смесят и да образуват хомогенен разтвор, от олиото се образуват капки, които плават във водната среда.

Без дори да го осъзнаваме, всекидневно ние приготвяме и употребяваме най-различни емулсии. Когато към супата си добавим олио или пък при приготвянето на сос за салата, съдържащ олио – ние всъщност правим емулсии. Ако погледнем проба от тях под микроскоп, ще видим сферични маслени капчици във водна среда. На екрана те изглеждат като кръгчета, тъй като кръгът е двуизмерната проекция на сферата.

ДИАНА ЧОЛАКОВА завършва НПМГ с профил математика и информатика. В момента е студентка в специалността „Инженерна химия и съвременни материали" във Факултета по химия и фармация към СУ. От две години се занимава с изследвания на емулсионни системи в катедра „Инженерна химия и фармацевтично инженерство" към ФХФ.