

**Pokusný kufřík “Nové materiály”, chemie**

Obj. č. 116.3056

# Nano experimentální box pro výuku chemie

- napínavé objevy
- ohromující efekty
- názorné experimenty





## Bezpečnostní informace

### První pomoc při nehodách:

- V případě zasažení oka: Vypláchněte oko velkým množstvím vody, pokud je to nutné, přidržujte ho přitom otevřené. Vyplachujte ve směru od nosu k vnějšímu koutku. Neprodleně vyhledejte lékařskou pomoc.
- V případě požití: Vypláchněte ústa vodou a vypijte čistou vodu. Nevyvolávejte zvracení. Neprodleně vyhledejte lékařskou pomoc.
- V případě vdechnutí: Přemístěte postiženou osobu na čistý vzduch (například do jiné místnosti s otevřeným oknem).
- V případě kontaktu s kůží a při popálení: Oplachujte zasažené místo alespoň 10 minut studenou vodou.
- V případě pořezání: Nedotýkat se rány a nevymývat ji vodou. Nepoužívat masti, zásypy a podobně. Zakrytí rány sterilním, suchým rychloobvazem. Cizí tělesa (například skleněné střepy) smí z rány odstranit pouze lékař. Pokud je bolest v ráně bodavá nebo pulzující, konzultovat zranění s lékařem.
- V případě pochybností vyhledejte neprodleně lékařskou pomoc. Vyjímajte chemikálie společně s obalem/nádobkou.
- V případě zranění vždy vyhledejte lékařskou pomoc.

### Tísňové linky centrály pro jedy:

Následující informační místa jsou připravena po celých 24 hodin poskytnout informace o protipatřeních při otravách jakéhokoli druhu:

#### Německo:

Berlin	030 / 1 92 40
Bonn	0228 / 1 92 40
Erfurt	0361 / 730 730
Freiburg	0761 / 1 92 40
Göttingen	0551 / 1 92 40
Homburg / Saar	06841 / 1 92 40
Mainz	06131 / 1 92 40
München	089 / 1 92 40

#### Rakousko:

Wien +43 (0)1/406 43 43

#### Švýcarsko:

Zürich +41 44 251 51 51

Důležité informace potřebné pro centrálu:

- druh látky
- množství látky
- symptomy (například bolesti, nevolnost, zvracení)
- okamžik požití
- hmotnost osoby

### Bezpečnostní listy:

Bezpečnostní listy chemikálií jsou k dispozici na adrese:

[www.ams-rano.de/sicherheit.pdf](http://www.ams-rano.de/sicherheit.pdf)

## Bezpečnostní pokyny

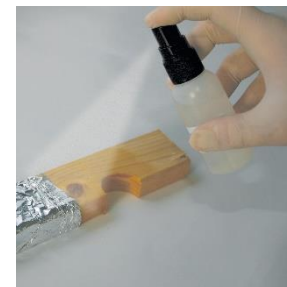
1. Poskytnuté materiály používáte na vlastní nebezpečí. Za škody a následné škody, ke kterým dojde při použití materiálů, zejména chemikálií, společnost AMS rano GmbH neručí.

2. Při použití je nutno dodržovat předpisy o bezpečnosti práce a ochraně zdraví při práci a dodržovat bezpečnostní opatření obvyklá pro zacházení s chemikáliemi. Informujte se o odpovídajících bezpečnostních opatřeních pro bezpečné zacházení s chemikáliemi. Bezpečnostní listy naleznete zde: [www.ams-rano.de/sicherheit.pdf](http://www.ams-rano.de/sicherheit.pdf).

3. Ještě před zahájením pokusu si v každém případě pozorně přečtete jeho popis.

4. Dbejte na to, že experimentální kufřík je vhodný až pro mladistvé starší 15 let. Žáci, kteří v rámci výuky sami provádějí příslušné pokusy, musí být vybaveni potřebnými ochrannými prostředky, které tvoří pracovní plášť s dlouhými rukávy, ochranné brýle a rukavice. Šály a šátky je nutno svléci, dlouhé vlasy je nutno svázat. Nikdy nenechávejte žáky bez dozoru.

5. Při provádění experimentů dbejte na to, aby se chemikálie nedostaly do kontaktu s kůží, očima nebo ústy.



6. Jako pracoviště se hodí stabilní stůl s odolným a žáruvzdorným povrchem a dobrým osvětlením.

7. I přes pečlivé provádění rešerší nejsou vyloučené tiskové chyby a omyly.

8. Kufřík je nutno skladovat při teplotě do 20 °C. Je nutno ho chránit před mrazem.

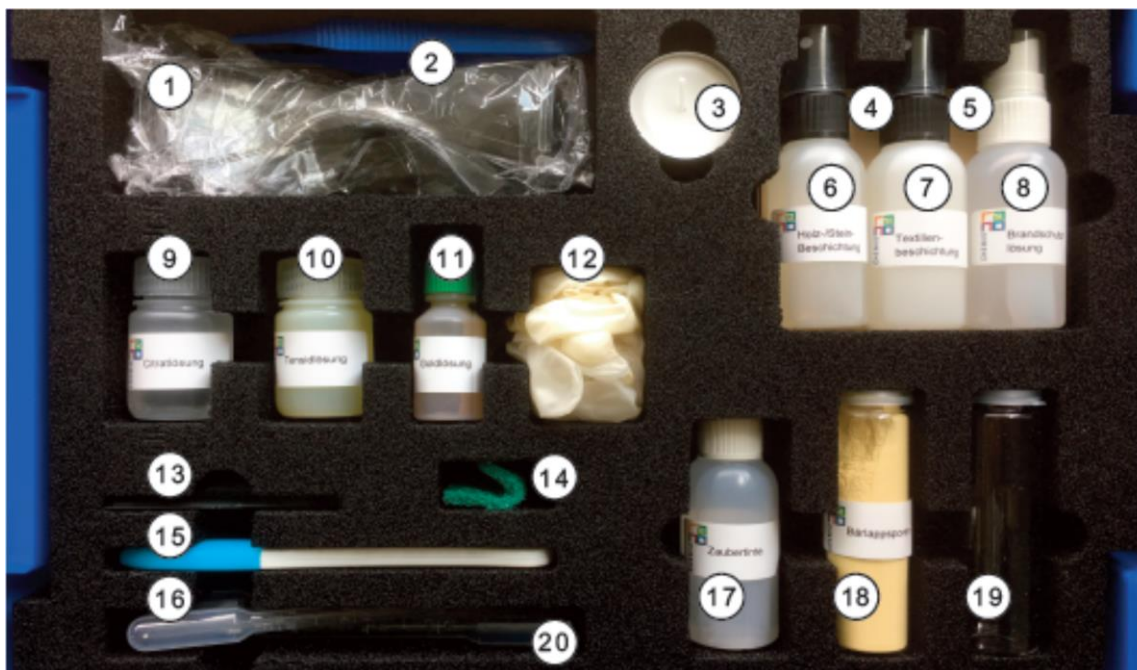




## Obsah

Předmluva		6
Úvod	Pokrok: vzdělání začíná již v hlavě!	8
Kapitola 1	<b>Od lotosového efektu k technickému využití nanovrstev</b>	10
	Experiment 1 Pokusy k lotosovému efektu	13
	Experiment 2 Snadné vytvoření hydrofobního povrchu	15
	Experiment 3 Vytvoření hydrofobního povrchu na dřevu nebo minerálním materiálu	16
	Experiment 4 Vytvoření hydrofobního povrchu na textiliích	20
	Experiment 5 Kouzelný inkoust na sklo – vytvoření hydrofilního povrchu (AntiFog)	22
Kapitola 2	<b>Funkčnost díky povlaku</b>	24
	Experiment 6 Povlak dřeva odolný vůči poškrábání	26
	Experiment 7 Ochrana proti požáru prostřednictvím nanokompozitů	29
Kapitola 3	<b>Nanoskopické koloidní zlato</b>	32
	Experiment 8 Prokazování koloidů Tyndallovým jevem	34
	Experiment 9 Výroba nanoskopického zlata	36
	Demonstrační objekt Těhotenský test	38
Kapitola 4	<b>Jemné struktury, jemné částičky</b>	40
	Experiment 10 Plivání ohně s malými částičkami	41
	Experiment 11 Superhydrofobie	44

## Vybavení



č.	označení	množství experiment		č.	označení	množství experiment	
1	ochranné brýle	1	3,4,5,8,10	11	roztok zlata	1	9
2	pinzeta	1	2	12	rukavice	4	3,4,8
3	čajová svíčka	1	2	13	podložní sklíčko	2	2
4	dřevěná deska	1	6	14	drátěnka	1	6
5	dřevěná deska (lakovaná)	1	6	15	těhotenský test	1	demo
6	nátěr dřeva/kamene	1	3	16	pipety	5	1,2,10
7	nátěr na textilie	1	4	17	kouzelný inkoust	1	5
8	protipožární roztok	1	7	18	spory plavuně	1	10,11
9	roztok citrátu	1	9	19	lahvička	1	8
10	roztok tenzidů	1	8	20	štětec	1	5



## Předmluva

**J**iž více než 10 let vyvíjíme experimentální boxy pro školy, které se zabývají hlavně světem těch nejmenších částic.

Tento box představuje zajímavé chemické jevy, kterých je možno dosáhnout, pokud jsou použité struktury a částice výrazně menší než 100 nm. Vstupujeme zde tedy na chemickou stranu nanotechnologie.

Box vám umožní předvést žákům v hodinách chemie, jak je možné v průmyslu cíleně dosáhnout požadovaných vlastností povrchů, jak je možné opatřit dřevo vrstvou chránící ho proti poškrábání nebo proti ohni.

Můžete například společně se svými žáky prozkoumat rozdíly mezi hydrofobními a hydrofilními povlaky.

Proč ztratí zlato svou typickou zlatou barvu, pokud jsou jeho částice menší než 5 nm, kde nacházejí tyto jevy v současnosti průmyslové uplatnění? Proč může být Lycopodium jak super hydrofobní, tak i způsobovat mohutné exploze?  
Na všechny tyto otázky vám poskytne tento box odpovídající odpovědi.

Popisy pokusů vám pomohou strávit několik zajímavých hodin ve světě malých částic a jemných struktur. Některé ze zde představovaných pokusů jsou přitom zamýšleny jako demonstrační experimenty, jiné je možno pod vedením učitele integrovat do výuky bez nutnosti náročné přípravy.

Na tomto místě bychom vás chtěli upozornit i na naši webovou stránku [www.ams-rano.de](http://www.ams-rano.de). Naleznete na ní zajímavé krátké filmy k některým zde obsaženým pokusům.

Pro naši budoucnost je rozhodující kvalita vzdělání následujících generací. Vzdělávání přitom musí držet krok s enormním vývojem v naší době a musí zajistit, že budeme mít i v budoucnosti k dispozici kvalifikovaný personál, který je připraven plnit aktuální úkoly. Vzdělávání musí být stále přizpůsobováno novým okolnostem, musí posilovat interdisciplinární myšlení a musí již ve školách probudit v žácích zájem o další poznávání.

Doufáme, že se nám prostřednictvím našeho experimentálního boxu podaří přiblížit vám i vašim žákům fascinující svět chemie.

Využijte tento experimentální box pro posílení názornosti výuky.

Společnost AMS rano GmbH přeje vám i vašim žákům hodně zábavy při provádění experimentů!

Dr. Ralph Nonninger



Dr. Ralph Nonninger,  
jednatel  
AMS rano GmbH

## Úvod

### Pokrok: Vzdělání začíná již v hlavě!

**C**hemie je přírodní věda, která se zabývá skladbou, přeměnami a vlastnostmi látek. Chemický průmysl je v Německu významným hospodářským odvětvím, jehož obrat se pohybuje kolem 100 miliard € a zaměstnává zhruba 500.000 zaměstnanců. V roce 2013 začalo studovat chemii 10.617 studentů. Již tři roky se pohybuje počet studentů zahajujících studium chemie nad 10.000, což dokazuje i velký význam chemie ve školním vzdělávání.

Úkolem výuky chemie je poskytnout informace o látkových pochodech v přírodě. Získané poznatky z oblasti přírodních věd pak musí rovněž přispívat k tomu, aby byli z žáků vychováváni občané, kteří budou zodpovědně zacházet se zdroji, protože právě chemie zavedením mnoha produktů významně přispěla ke zlepšení našeho života v posledních desetiletích.

Jedinými prostředky pro zajištění konkurenceschopnosti průmyslu v Německu, které nedisponuje žádnými lukrativními surovinami, jsou dobré vzdělání, vědecké poznatky a nové technologie, jen tak bude možné v budoucnu obstát v mezinárodní hospodářské soutěži.

Dobré školní vzdělání v oblasti přírodních věd a matematiky vytváří předpoklad pro akceptování techniky, protože až vzdělání zpřístupňuje vědu a techniku, které pak lidem umožňují racionálně posuzovat příležitosti a rizika.

Existuje pouze jediná věc, která je trvale dražší než vzdělávání: žádné vzdělávání. To řekl držitel Nobelovy ceny za fyziku Max Planck.

V posledních letech vznikla v rámci přírodních věd nová disciplína, která je primárně zaměřená na propojování přírodních věd, tak zvaná nanotechnologie. Hesly jsou zde interdisciplinarita a interdisciplinární vědomosti, které jsou rovněž univerzální základnou pro tvorbu procesů na molekulární úrovni.

Rozměr v řádu nanometrů je již druhově příbuzný chemii, protože i látky a molekuly se obvykle pohybují v tomto řádu. Na rozdíl od klasické chemie, která syntetizuje nové látky ve zkumavkách, se nanotechnologie pokouší i stanovit místo, kde bude látka vytvářena, podobně jako je tomu u principů biologické syntézy při tvorbě proteinů podle zadání v RNA řetězcích. Jinak je dnes možné přiřadit mnoho procesů a syntéz nanotechnologie přímo chemii, a také se tak děje.

Tento experimentální kuffík je zaměřen na předávání vědomostí z oblasti chemie v rámci školní výuky.

Protože rozsah chemie je obrovský, sledujeme zde pouze oblast malých struktur a těch nejmenších částic, a dále produktů, které přitom vznikají.

Velkým tématem s velkým technologickým a hospodářským významem jsou zde inteligentní povlaky povrchů zajišťující jim nové vlastnosti. Na tomto místě je nutné si uvědomit, že přicházíme do kontaktu jenom s povrchem a že interakce mezi povrchem a okolní přírodou je to, co u konstrukčního dílu většinou rozhoduje o době použití nebo použití vůbec.

Letadla, která zamrzají, lodě, které musí bojovat s usazeninami, tribologické systémy (díly s trvalým třením) nebo povrchy, které odpuzují nečistoty nebo jsou žárovzdorné - to jsou jen některé příklady, které ukazují význam technologie, které se daří cíleně měnit vlastnosti povrchů.

Pro všechny tyto povlaky povrchů je společné, že vrstva musí být co nejmenší, aby byl na jedné straně šetřen materiál, na straně druhé aby nedošlo k ovlivnění vlastností, které jsou povrchově upravenému dílu vlastní, tak zvaných Bulk vlastností. Často musí tato vrstva obsahovat určité částice, současně ale musí být transparentní. To se může podařit jen tehdy, pokud jsou obsažené



částice menší než 20 nm a nezpůsobují tak již rozptýl světla. I mnoho funkčních vlastností materiálů je závislých na jejich velikosti. Vlastnosti jako je tvrdost, elektrická vodivost, magnetismus, barva nebo chemická reaktivita částic je přímo závislá na jejich průměru.

Nanoskopické zlato má rubínově červenou barvu a bylo již ve středověku používáno pro barvení skel kostelních oken. Dnes je nanoskopické zlato používáno v těhotenských testech, protože zde zajišťuje charakteristickou změnu barvy.

Jak vidíte, svět nejmenších částic a struktur je poutavý a stará se o řešení řady problémů, kterým musíme dnes čelit. Než se však ponoříte do provádění experimentů s využitím tohoto kuffíku, chtěli bychom se ještě krátce zmínit o rizicích, která mohou být spojena s nanočásticemi nebo velice jemným prachem.

Před jemným prachem, který je zpracováván, je nutno se chránit. Pokyny k tomu obsahuje každá podniková směrnice o ochraně zdraví při práci. To platí jistě i pro nanočástice, dnes však ještě není známé žádné dodatečné nebezpečí, které by vznikalo při změně velikosti částic z řádu mikrometrů do řádu nanometrů. Ani z nanočástic, které jsou vázané v matici, jak je tomu například u povlaků povrchu, neplyne žádné nebezpečí, protože nemohou tuto matici opustit.

I zde je nutné si uvědomit, že nanočástice vznikají v přírodě odjakživa, například vlivem vulkanické činnosti, v moři (eroze), při písečných bouřích, při přenášení pylu větrem nebo při lesních požárech.



Vyskytují se i v průmyslových procesech nebo ve výfukových plynech automobilů, takže jsou všudypřítomné.



## Kapitola 1

### Od lotosového efektu k technickému využití nanovrstev

**J**ako vzor pro nové technologie využívá člověk rád struktury, které vytvořila příroda v průběhu

evoluce. V bionice a nanobiotechnologii se stal lotos velice známou rostlinou kvůli schopnosti povrchu jeho listů odpuzovat nečistoty a vizuálnímu projevu, který je s tím spojen. Tak zvaný lotosový jev není žádný náhodný průvodní fenomén – vznikl v průběhu evoluce jako vlastnost umožňující přežívání rostliny.

Rostliny jsou v přírodě vystaveny různým druhů znečištění. Tyto nečistoty jsou většinou anorganické (různé prachy, saze), ale někdy mají i biologický původ (například výtrusy hub, medovice, řasy). Anorganické látky mají na živoucí tkáň rostlin hned několik škodlivých vlivů, například způsobují její intenzivnější zahřívání slunečním zářením, zvyšují kyselost prostředí a mohou ucpávat otvory, které slouží rostlině pro výměnu plynů. U rostlin mají důležitou roli i organické částice jako jsou výtrusy hub, bakterie nebo řasy. Ty mohou vyvolávat nemoci rostlin nebo poškozovat povrch listů.

Lotosový efekt poskytuje rostlině elegantní možnost, jak se těchto problémů zbavit. Zabraňuje již vlastnímu usazování nežádoucích látek na povrchu listu. Déšť smyje výtrusy, a pokud by náhodou delší dobu nepršelo, bude nezvaným hostům chybět dostatek vody pro to, aby vyklíčili.

**Jak přesně probíhá toto “přirozené čištění“?**

V principu mají povrchy všech rostlinných listů stejnou skladbu: Vnější vrstva buněk (epidermis) je překryta kutikulou, která chrání rostlinnou tkáň před vysycháním a zvyšuje mechanickou pevnost epidermis. Jsou v ní uloženy směsi různých lipidů, které označujeme rovněž jako “vosky”.

Ty dělají kutikulu nepropustnou pro vodu a výrazně omezují i propustnost pro vodní páru.

Voskem, který se v přírodě často vyskytuje, je kutin existující v krystalické podobě a často patrný i makroskopicky ve formě bělavého, smývateľného povlaku, například u vinných hroznů.

Listy rostlin se výrazně liší z hlediska své smáčivosti. Některé druhy mají listy, které nejsou smáčivé kapalinami. Na povrchu těchto listů je adheze (= přilnavost) snížena nejen u vody, ale platí to i pro nečistoty. Pokud se nyní převalí kapka vody přes ležící částičky nečistot, přilnou tyto k povrchu kapky. Kapka tyto částičky strhne s sebou a odstraní je z listu. Mnoho lidí věří tomu, že čím je povrch hladší, tím snáze je možné ho čistit. Pokud se však podíváme na list lotosu v elektronovém mikroskopu, budeme vidět “nerovné” krystaly vosku, které vlastně povrch listu zdrsňují.

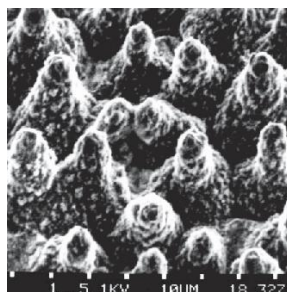
Prostým okem nemůžeme tyto krystaly vidět a hmatem je rovněž nezjistíme.

Na obraze z elektronového mikroskopu jsou vidět fantastické mikro- nebo nanostruktury, které jsou charakteristické pro určité listy rostlin.

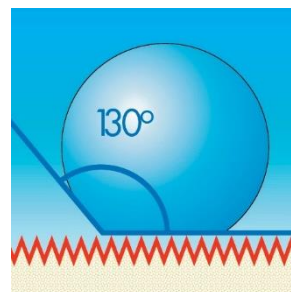
Nesmáčivost je vždy spojena s mikro- nebo nanostrukturou povrchu. Fyzikální příčinou nesmáčivosti je poměr povrchových napětí na rozhraní voda/vzduch, voda/pevné těleso a pevné těleso/vzduch. Příslušná vzájemná konstelace poměrů pak určuje kontaktní (smáčecí) úhel vodní kapky vůči pevnému tělesu. Podle fyzikální definice je povrch hydrofilní (vodu milující) tehdy, pokud je kontaktní úhel kapky menší než 90 stupňů. Pokud je větší než 90 stupňů, je povrch hydrofobní (vodu odpuzující, tedy nesmáčivý).

Při absolutní smáčivosti – zde činí kontaktní úhel 0 stupňů – vytvoří voda na povrchu pevného tělesa monomolekulární film, vodní kapka se rozšíří na maximální možnou plochu.

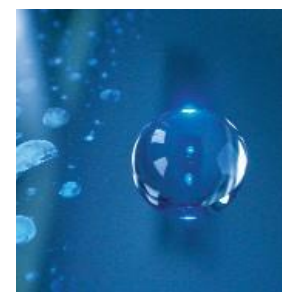
Při kontaktním úhlu 180 stupňů (který se ale v přírodě nevyskytuje) by se kapka dotýkala (teoreticky) povrchu pevného tělesa pouze v jediném bodě. U běžných vodu odpuzujících povrchů (například teflon) se pohybuje maximální kontaktní úhel kolem 120 stupňů. Existují však umělé hydrofobní povrchy, u kterých je možné dosáhnout kontaktního úhlu 170 stupňů. Tyto povrchy označujeme jako superhydrofobní. Vodní kapka se nemůže na těchto vodu odpuzujících, na mikroskopické úrovni drsných površích rozlévat do šířky. V důsledku svého vlastního povrchového napětí tak zaujme tvar koule. Adheze, která drží kapku na povrchu listu, je snížena na minimum. To kapce umožňuje, aby se již při minimálním sklonu odkutálela z povrchu listu.



Snímek listu lotosu pod rastrovým mikroskopem



Kontaktní úhel 130°



Kapka na superhydrofobním povrchu.  
Foto: Nano-X GmbH, Saarbrücken



## Kapitola 1

Vedle lotosu existuje celá řada dalších rostlin, například leknín, zelí, kontryhel nebo řeřišnice, které mají takovýto hydrofobní povrch listů.

Podobný jev můžeme nalézt i v živočišné říši. Běžný chrobák například disponuje povrchem Easy to clean. Tito živočichové žijí v hromádkách hnoje nebo země, tedy v bezprostřední blízkosti výkalů jiných živočichů. Tady se to hemží tisíčkami a tisíčkami mikroorganismů, které mohou chrobákovi ublížit.

To by se jim i mohlo podařit, protože tuhé a krátké nohy a tuhý exoskelet dělají chrobáka natolik neohebným, že není schopen se sám "očistit".

Nemá žádnou šanci vyčistit svůj krunýř.

Ale evoluce to s ním vymyslela dobře: Propůjčila mu schopnost, aby i ve špinavém životním prostředí zůstal čistý. A toto funguje díky nanotechnologii. Pokud budeme pozorovat povrch jeho krunýře pod elektronovým mikroskopem, všimneme si perfektní nanostruktury, která je podobná té u lotosu.

Ve spojení s voskovitým sekretem tak chrobák získal povrch Easy to clean, na kterém nemohou ulpívat nečistoty a ostatní mikroorganismy. Další příklady "nanopovrchů" v živočišné říši můžeme nalézt u křídla hmyzu, například vážek nebo motýlů.

Výzkumníci se pokouší napodobit vlastnosti povrchů vyskytujících se v přírodě realizací a modifikováním podobných fyzikálně-chemických struktur, aby ještě více posílili žádoucí efekt. V rámci tohoto výzkumu pak vznikají materiály povlaků s funkčními vlastnostmi.

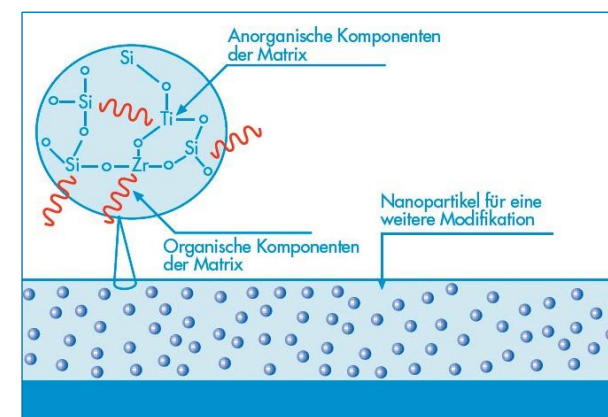
Povlak, který je nanesen na materiál, je často silný pouze několik nanometrů a skládá se hlavně z alkoholátu křemíku, zirkonu nebo titanu, který je předem hydrolyzován a rozprostřen na povrchu. Nanesením a následným leštěním vznikají tenké gelové filmy, které při schnutí dehydrolyzují a propůjčují povrchu požadovanou vlastnost.

Na první pohled se tento systém nejeví jako příliš komplexní. Klíčem k úspěchu je přesné složení látek, které v závislosti na směsném poměru určují, jakého efektu je možné dosáhnout.

Pomocí nanovrstev je dnes dosahováno mnoha různých efektů a takovéto povlaky patří k nanoproductům první generace. V následujících pokusech se budeme věnovat nejdříve hydrofobním a hydrofilním vrstvám.



Povrch chrobáka v různém zvětšení  
Foto: Sarastro GmbH, Götterborn



Složení nanopovlaku Grafika: Sarastro GmbH, Götterborn  
Legenda: Anorganische... = anorganické složky matrice;  
Organische ... = organické složky matrice; Nanopartikel... = nanočástice pro další modifikování

## Experiment 1: Pokusy k lotosovému efektu

### Popis pokusu

Cílem tohoto pokusu je zjistit u různých materiálů, zda mají hydrofobní povrch. Shromážděte k němu různé druhy papíru (například tiskový papír s vysokým leskem, kancelářský papír, papírový kávový filtr) a části rostlin, jako například listy trávy, řeřišnice, kedlubny, pryžce, vinné hrozny, listy salátu nebo pampelišky. List lotosu by byl pro pokus optimální, ale není nezbytně nutný!

### Materiály

#### Materiály z boxu:

- pipety

#### Další, nedodané materiály:

- různé druhy papíru
- listy rostlin
- pravítko se stupnicí v milimetrech
- jemný prach (hlína rozetřená najemno), jemný popel (například z cigaret) nebo saze
- voda z vodovodu
- žádné

### Bezpečnostní pokyny Provádění

1. Shromážděte (případně spolu se svou třídou) různé druhy papíru a listy rostlin.
2. Pak kápněte na jednotlivé papíry a listy s různou strukturou kapku vody se stejným objemem (použijte pipetu). Udělat to můžete i u dalších povrchů jako je sklo, dřevo nebo plast.

### Provádění

3. Pravítkem změřte průměr kapky, respektive vodní skvrny. Čím je povrch více hydrofobní, tím menší je průměr kapky a tím větší je tedy její zakřivení. Do filtračního papíru se vodní kapka zcela vsákne, tzn. jedná se zde o povrch hydrofilní. Na papíru s vysokým leskem je průměr kapky velice malý, její zakřivení je velké. Zjistěte listy rostlin, které vykazují zjevnou vodoodpudivost.
4. Na tyto listy rostlin, které jsou vodoodpudivé, nyní naneste prach nebo popel. Následně kápněte na takto znečištěný povrch pipetou několik kapek vody a list nakloňte, aby se po něm mohly kapky skutálet. Částičky nečistot budou zachyceny kapkami vody. Za kapkami zůstává na znečištěném listu čistá stopa.
5. Přejeďte nyní palcem list rostliny (příliš netlačte, abyste ho neroztrhli!). Pokud následně nanesete na list pipetou kapky vody, zjistíte, že došlo k výraznému snížení nebo dokonce zániku vodoodpudivosti povrchu.



Funkční povrchy a povlaky, vytváření  
zlatých clusterů, plivání ohně se sporami  
plavuně, Tyndallův jev a mnoho  
dalšího...



**ADVANCED  
MATERIALS  
SCIENCE**

Advanced Materials Science rano GmbH  
Gerhardstr. 11  
D-66126 Saarbrücken  
[www.ams-rano.com](http://www.ams-rano.com)  
[info@ams-rano.com](mailto:info@ams-rano.com)