



NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

QUADERNO DI LABORATORIO PER GLI STUDENTI

ESPERIMENTO D: MATERIALI SUPERIDROFOBICI

Nome dello studente:.....

Data:.....

OBIETTIVI:

- ✚ Capire il concetto di materiali idrofobici e idrofili.
- ✚ Esaminare le superfici superidrofobiche presenti in natura e confrontarle con le superfici comuni.
- ✚ Testare i più nuovi e avanzati materiali superidrofobi progettati imitando i materiali naturali su nanoscala; e confrontarli con i materiali di uso quotidiano.

MATERIALI:

- Diverse superfici da testare:
 - * 1 vetrino da microscopio
 - * 1 pezzo di plastica piatto di 10x10 cm (es. taglia un foglio di plastica liscia, come una cartellina, o usa un CD.)
 - * 1 pezzo di foglio di alluminio piatto di 10x10 cm
 - * 1 pezzo di carta da filtro
 - * pezzi di tessuto da confrontare (circa 10x10 cm):
 - 3 pezzi di tessuto Nano-Tex® Resist Spills
 - 3 campioni di tessuto 100% cotone
 - 2 campioni di tessuto composto di fibre sintetiche, come il poliestere o un misto cotone/poliestere; in questo protocollo, abbiamo utilizzato un tessuto composto per il 70% di poliestere e per il 30% di cotone)
- Diversi agenti macchianti fra i quali scegliere
 - * 1 bicchiere d'acqua,
 - * 1 bicchiere di succo di frutta e/o di cola
 - * aceto balsamico o vino (1 bicchiere)

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

- * olio da cucina (1 bicchiere)
- * ketchup (1 cucchiaino)
- * senape (1 cucchiaino)
- * maionese (1 cucchiaino)
- * terriccio (due manciate)
- Foglie di diverse piante (raccolte dal giardino della scuola o portate da casa)
 - * La foglia di una pianta comune, come l'edera
 - * Un pezzo di foglia di loto o di nasturzio
- Bottiglia da laboratorio piena d'acqua
- contagocce (o pipette di Pasteur) per applicare gli agenti macchianti liquidi, coltelli o cucchiaini di plastica per applicare gli altri agenti macchianti
- Un secchio con detersivo da bucato e acqua (potreste doverlo condividere con tutta la classe)
- 1 pennarello indelebile
- Diversi bicchieri di plastica per contenere l'acqua e gli agenti macchianti
- Diversi piatti di plastica dove mettere i materiali quando vengono condotti i test
- Colla da carta e forbici

DISCLAIMER: Questo esperimento non fa uso di sostanze chimiche ma solo di comuni elementi solidi e liquidi. Tuttavia, è possibile macchiarsi durante le prove, quindi lavate con cura le mani e le superfici dopo averli maneggiati. Usate le appropriate protezioni per gli abiti, indossate guanti e occhiali di protezione. Raccogliete tutti i liquidi e l'acqua usata per il lavaggio in contenitori di plastica/vetro e smaltite teli nel lavandino. Tutti gli esperimenti saranno effettuati a vostro rischio. La Aarhus University (iNANO) e l'intero consorzio NANOYOU non si assumono alcuna responsabilità per eventuali danni o perdite occorsi a seguito dell'esecuzione degli esperimenti qui descritti.

PROCEDIMENTO

Testerai ora una serie di materiali, a partire da quelli più comuni per poi passare a quelli più avanzati. Quando testi i materiali con acqua o altri liquidi/solidi, metti il materiale su un piatto di plastica per raccogliere l'acqua e non sporcare. **Fra un test e l'altro, getta via l'acqua raccolta.**

PARTE 1: Capire le proprietà delle superfici: dalle idrofile alle superidrofobiche

Un'importante proprietà delle superfici dei materiali solidi è la loro bagnabilità, vale a dire il modo in cui interagiscono con la superficie. Su due diverse superfici, le gocce d'acqua possono:

- Assumere diverse forme,
- Essere assorbite o respinte,
- Tendere a muoversi o a scivolare in modo diverso su una superficie inclinata.

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

Parte 1a: La forma della goccia

Metti nei piatti di plastica le sei superfici da testare: una lastrina di vetro, un pezzo di plastica, un quadrato di foglio di alluminio, un quadrato di carta da filtro e una foglia di ogni tipo. Metti un paio di gocce d'acqua su ciascun materiale.

D1. Che forme assumono le gocce sulle diverse superfici? Completa la tabella qui sotto disegnando la **forma** delle gocce:

Materiale	Forma (profilo) della goccia
Alluminio	
Plastica	
Carta da filtro	
Vetri	
Foglia comune	
Nasturzio/loto	

D2. Descrivi con le tue parole le differenze tra le forme delle gocce.

.....
.....
.....

Secondo te, cosa potrebbe spiegare queste differenze?
(Fai riferimento alle risposte date nell'attività di riscaldamento)

.....
.....

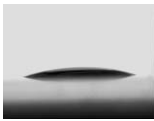
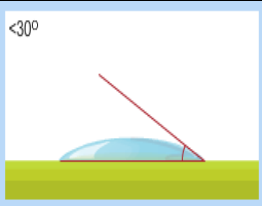

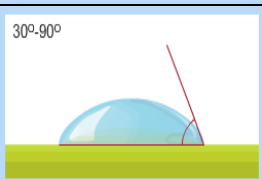
NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

Parte 1b: Dagli “amanti” dell’acqua ai suoi “nemici”

Il comportamento dell’acqua sulla superficie è collegato alla parte delle molecole che si presentano all’interfaccia superficiale, che possono essere idrofile (“amanti dell’acqua”) o idrofobiche (“nemiche dell’acqua”). Pensa a ciò che accade quando metti l’olio nell’acqua: l’olio tenderà ad agglomerarsi, a formare una grossa goccia e a fermarsi sulla superficie dell’acqua. Questo avviene perché l’olio è idrofobico e i due liquidi tentano di minimizzare il loro contatto.

Ci sono diversi aspetti del comportamento dell’acqua sulla superficie di un materiale, ma uno di questi può essere utilizzato per **quantificare** il comportamento di bagnatura: quando si osserva la forma della goccia sulla superficie, è possibile misurare l’angolo di contatto, cioè l’angolo in cui la goccia del liquido incontra la superficie solida, come illustrato nella tabella qui sotto. Più la superficie “è nemica” dell’acqua, più la goccia d’acqua assumerà forma sferica per cercare di minimizzare il contatto con la superficie. **Come illustrato nella tabella qui sotto, le superfici possono essere classificate a seconda del loro angolo di contatto, e andare da idrofile a intermedie, da idrofobiche a superidrofobiche.**

D3. Seguendo l’esperimento condotto nella Parte 1.a e sulla base della spiegazione qui sopra, completa la tabella che segue:

Forma (profilo)	Valore dell’angolo di contatto	Tipo di superficie	Materiali
	$<30^\circ$ 		
	$30^\circ-90^\circ$ 		

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

	<p>90°-140°</p>		
	<p>>140°</p>		

D4. La carta da filtro ha presentato un comportamento diverso dagli altri materiali: in che modo?

.....

D5. Secondo te, in che modo possiamo stabilire se la carta da filtro è idrofobica o idrofila?

.....

Il fatto che un materiale sia “amante” o “nemico” dell’acqua può essere osservato guardando la forma e la capacità di assorbimento (come nel caso della carta da filtro)

Parte 1c: Scorrimento della goccia

Scegli le due superfici più idrofobiche (suggerimento: la foglia di nasturzio/loto dovrebbe essere una di esse). Usa un cucchiaino o una pipetta di Pasteur per versare un po’ d’acqua su ciascuna superficie, solleva appena un lato della superficie e osserva in che modo l’acqua scivola o rotola via dalla superficie.

(Utilizzare un contenitore per raccogliere l’acqua e tenere a portata di mano un tovagliolo di carta).

D6. Le gocce d’acqua bagnano le superfici (cioè, una volta che hai smesso di versarla, l’acqua rimane sulla superficie)? Quali indicazioni hai?
 Fornisci una risposta per ciascuna superficie testata.

.....



NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

D7. Le gocce d’acqua rotolano o scivolano sulle superfici?

.....
.....

Versa un altro po’ d’acqua su entrambe le superfici e tienile fra le mani in orizzontale

D8. Riesci a far stare ferme le gocce sulla superficie dei due materiali? È facile o difficile? Descrivi ciò che vedi.

.....
.....

Idrofobico vs superidrofobico: Su una superficie idrofobica, le gocce d’acqua vengono respinte dalla superficie, il che influisce sul modo in cui l’acqua si muove sulla superficie stessa. Su una superficie superidrofobica, tuttavia, l’acqua viene respinta così violentemente che sembra non esserci alcuna interazione fra le gocce e la superficie stessa, e la goccia rotola liberamente su di essa, quasi come una biglia.

D9. Sulla base delle osservazioni e delle informazioni qui sopra, qual è la superficie più idrofobica delle due? Spiega.
Ciò è coerente con le forme delle gocce che sono state usate per testare questi tipi di superfici?

.....
.....

D10. Scrivi le tue conclusioni per questo esperimento: (fai riferimento a ciascuna parte dell’esperimento)

.....
.....

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

PARTE 2 – Analisi di un nanomateriale funzionale.

Come hai visto nel primo esperimento, le foglie del loro hanno la straordinaria capacità di **respingere totalmente l'acqua: sono dunque superidrofobiche**. Di conseguenza, le gocce d'acqua rotolano via dalla superficie della foglia e, in ciò facendo, portano via con sé lo sporco. Questo effetto, chiamato "auto-pulitura", rende la foglia di loto pulita e resistente allo sporco. **Lo stesso effetto si riscontra in altre foglie**, come quelle del nasturzio e di alcune cannaee.

Come funziona! Questo è nano! Un'analisi dettagliata con il microscopio elettronico a scansione (SEM) delle foglie che presentano il Lotus-Effect® ha rivelato la presenza di nano cristalli di cera sulla superficie della foglia. Questi cristalli creano uno strato idrorepellente, accentuato dalla rugosità della superficie: le gocce che si trovano su questo tipo di foglia sono in contatto principalmente con l'aria intrappolata fra i "nano-pilastrini" al di sotto della goccia. Se pensiamo al caso ideale di una singola goccia d'acqua sospesa in aria, questa avrebbe una forma totalmente sferica. Per quanto riguarda una goccia d'acqua su una superficie con nanostrutture, **più aria viene intrappolata nella superficie al di sotto della goccia, più ci avviciniamo a questa situazione sferica "ideale", creando così una superficie superidrofobica**.

Nel caso della foglia di loto, la goccia ha un angolo di contatto di circa 150°, il che obbliga l'acqua si imperli e rotoli via. L'immagine sottostante mostra il progressivo ingrandimento di una foglia di nasturzio. L'ultima immagine a destra mostra **nanocristalli di poche decine di nanometri**.

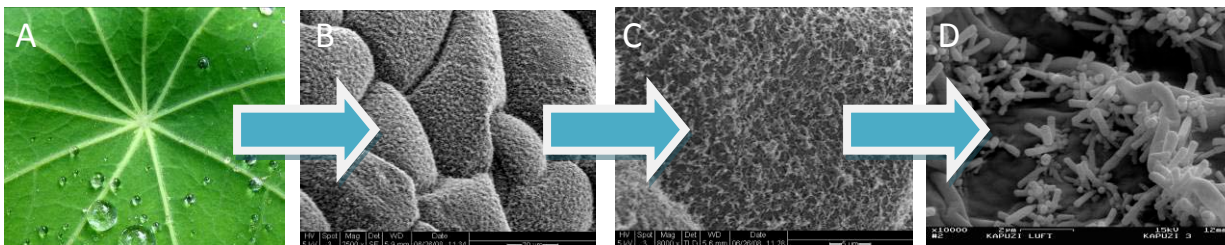


Figura 1. Visione ravvicinata di un progressivo ingrandimento della foglia di un nasturzio che rivela la presenza di nanocristalli di superficie (prima immagine a destra). (Crediti iconografici (A): A. Snyder, Exploratorium; (B, C): A. Marshall, Stanford University, (D): A. Otten e S. Herminghaus, Göttingen, Germania, Tutte le immagini sono di proprietà del network NISE, www.nisenet.org, riprodotte nei termini e condizioni del network NISE.)

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

Imparare dalla natura: il Lotus Effect®. Gli scienziati dei materiali hanno utilizzato per lungo tempo diversi agenti chimici per modificare le proprietà delle varie superfici. Pensiamo agli utensili da cucina in metallo, come le pentole: alla superficie di metallo viene applicato uno strato di Teflon, un tipo di plastica, per rendere la pentola antiaderente. La chimica di superficie può tuttavia essere usata solo per rendere le superfici idrofobiche, non superidrofobiche. Tuttavia, la superidrofobia è presente in natura (come si è visto nell'esperimento), in alcune foglie, come quella di loto, e animali, come nelle zampe del gerride (si veda Figura 2). In questi materiali naturali come la foglia di loto, la superidrofobia è il risultato di un'interazione di chimica (cristalli di cera sulla superficie della foglia) e nano topografia (dimensioni, forma, distanza interna fra i nanocristalli).

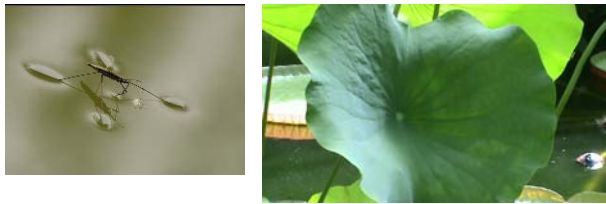


Figura 2. Due esempi di materiali naturali che presentano il lotus-effect: (sin.) un gerride (Foto: Izabela Raszko, Wiki commons, Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0); (destra): una foglia di loto (Foto: iNANO, Aarhus University, Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0).

Il Lotus Effect® è stato fonte di ispirazione per diversi materiali innovativi, come vernici, rivestimenti e tessuti. Alcune aziende, come Nano-Tex, Inc., stanno commercializzando filati progettati per conferire proprietà superidrofobiche ai tessuti. Questo effetto è ottenuto grazie alla presenza di “nano-baffetti” sulla superficie delle fibre che compongono il tessuto.

In questa parte dell'esperimento analizzerai un tessuto progettato per replicare il Lotus Effect®

Possibili applicazioni:

- **Rivestimenti ecologici** e tessuti che, grazie alla capacità di respingere lo sporco, **richiedono meno lavaggi e puliture**. Fra questi ci sono vernici per esterni, tessuti (compresi quelli per i vestiti) e rivestimenti sanitari. In tutti questi materiali il valore aggiunto è che necessitano di meno pulizia (quindi di meno detersivi e acque di scolo), con un ovvio beneficio per l'ambiente.



NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

- **Miglioramento dell'efficienze delle celle solari (applicazioni energetiche).** Uno dei problemi connessi alle celle solari è che, essendo collocate all'esterno, si sporcano molto in fretta. Lo strato di sporco "maschera" le aree catalitiche delle celle solari e pertanto ne riduce l'efficienza e la durata. Rivestire il pannello solare con un materiale superidrofobico lo tiene considerevolmente più pulito. In ragione della rugosità della nanosuperficie, il rivestimento è trasparente per la luce UV, una caratteristica essenziale per questo tipo di strumenti. Il rivestimento superidrofobico è anche molto durevole, il che aumenta il ciclo di vita del pannello solare.

2a: Interazione con l'acqua

Metti un pezzo di Nano-Tex® e un pezzo di normale tessuto di cotone in un piatto di plastica e versa su di essi un po' d'acqua.

D11. Al comportamento di quale materiale della Parte 1a somiglia la reazione del tessuto Nano-Tex®? In che modo? Al comportamento di quale materiale somiglia quello del cotone?

.....
.....

2b: Interazione con altri liquidi

Adesso, per testare le applicazioni del tessuto Nano-Tex®, lo confrontiamo con un normale cotone e con una fibra semi-sintetica. Per fare ciò, avrai bisogno **in totale** di due pezzi di tessuto di cotone, di due pezzi di tessuto semi-sintetico e di due pezzi di Nano-Tex® (ciascuno delle dimensioni di circa 10x10 cm). **Segui le fasi indicate qui sotto.**

FASE 1 – L'effetto macchia"

Testa l'effetto dei liquidi (cola, aceto, olio, ecc.) e dei liquidi densi (maionese, senape, ecc.).

Per condurre questo esperimento, prepara un bicchiere di ciascun liquido da testare, come indicato qui sotto:

- Scegli due tipi di liquidi (fra: succo di frutta, cola, aceto, vino e olio).

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

- Scegli due tipi di liquidi densi (fra: ketchup, senape, maionese).

Place your three pieces of different fabrics in a row, left cotton, middle semi-synthetic, right Nano-Tex®. Write on a piece a paper the type of fabric and place it below each fabric (as in the image below).



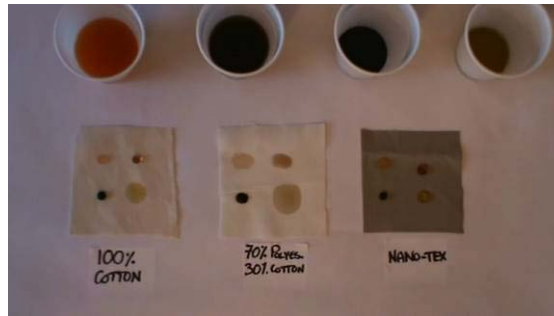
Decidi in che ordine applicherai i liquidi e annotalo:

Liquido 1 _____	Liquido 2 _____
Liquido denso 1 _____	Liquido denso 2 _____

Servendoti di una pipetta o di un contagocce, metti una goccia di ciascun liquido da testare su ciascun pezzo di tessuto. Usa un cucchiaino o una spatola per i liquidi densi. Dove lo spazio lo consente, fai un segno con il pennarello indelebile.

Per confrontare i tessuti, devi stabilire un preciso tempo di posa per questo esperimento (es. 5 min.). Indicalo nella tabella qui sotto.

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)



Una volta trascorso il tempo stabilito, rimuovi delicatamente i liquidi dal tessuto tamponando con un pezzo di carta da cucina. Usa un panno umido per rimuovere i liquidi densi dai tessuti. Fai attenzione e non mescolare i diversi liquidi.



Nota:

tutti i materiali testati dovranno essere conservati per esperimenti successivi

- D12. Registra le tue osservazioni nella tabella fornita.
 In ciascuna cella fai riferimento a due aspetti, all'interno dei quali ci possono essere tre livelli:
Assorbito: Per niente, un po', molto
Macchiato: Per niente, un po', molto

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

	Tempo di macchiatura:secondi (<i>completa</i>)				
Materiale/ liquido scelto	1 liquido 1 (per esempio succo di frutta)	2 liquido 2	3 liquido denso 1 (per esempio senape)	4 liquido denso 2	pennarell o
Tessuto di cotone					
Tessuto semi-sintetico					
Nano-Tex					

D13. Hai notato una differenza fra i tessuti? Spiega nel dettaglio.

.....
.....

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

D14. Tutte le macchie sono scomparse dal **Nano-Tex®**? Spiega nel dettaglio.

.....
.....

FASE 2 – L' "effetto sporco"

In questa fase viene utilizzato del terriccio naturale per mettere a confronto il tessuto Nano-Tex® con un normale cotone e un tessuto semi-sintetico.

Prendi tre pezzi di tessuto puliti e asciutti, uno per tipo, e colloca un po' di terriccio al centro di ognuno di essi. Piega il tessuto e sfregalo, poi riapri, toglie il terriccio e osserva.



Nota:

Tutti i materiali testati dovranno essere conservati per ulteriori esperimenti

D15. I tessuti si sono sporcati allo stesso modo? Descrivi.

.....
.....

Adesso cerca di pulire i tessuti con le tue mani.

D16. Hai potuto ripulire i tessuti? Ci sono differenze evidenti fra loro? Se sì, descrivi quale tessuto è stato pulito con maggior facilità.

.....
.....

D17. Uno dei tessuti è risultato completamente pulito fino a risultare come nuovo?

.....
.....

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

FASE 3 - “Livello di pulitura”

Testare la facilità di pulitura.

Adesso cerca di pulire i tre tessuti usati nelle FASI 1 e 2 con acqua fredda e sapone.

D18. I tessuti sono stati ripuliti? Se no, quali?

.....

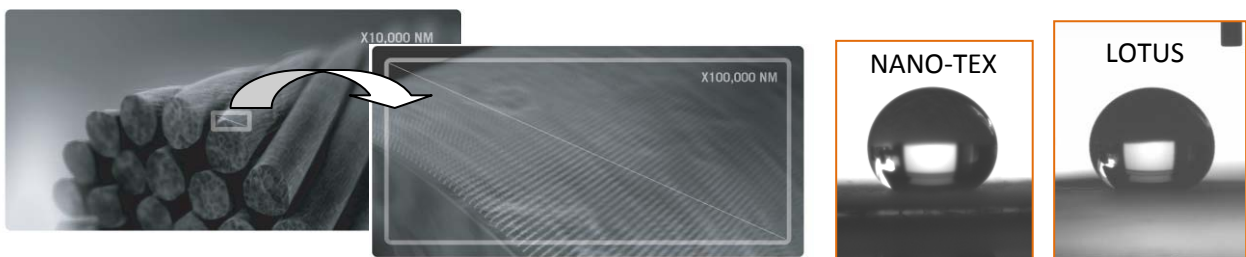
D19. Quali tessuti è stato possibile ripulire con maggior facilità?

.....

D20. Hai trovato una o più macchie che non è possibile rimuovere dai campioni di Nano-Tex®? Quale/i? Perché credi che ciò accada?

.....

Come funziona? Il tessuto Nano-Tex® è progettato per imitare, attraverso un gran numero di piccolissimi “pin” (perni) o “whisker” (baffetti) sulla superficie del tessuto, il Lotus Effect®. Per questo, il tessuto non contiene un rivestimento di superficie (che potrebbe essere rimosso dai lavaggi o dal sudore), ma fibre progettate in nanoscala. Il risultato è un materiale superidrofobico, come illustrato dall’angolo di contatto misurato e mostrato in **Figura 3**.



* Immagine dell’angolo di contatto di una foglia di loto mostrata a confronto.

Figura 3. Immagini ad alta risoluzione del tessuto Nano-Tex fabric (per gentile concessione di Nano-Tex, Inc., Copyright Nano-Tex, Inc). (Destra): immagini dell’angolo di contatto delle gocce d’acqua sul tessuto Nano-Tex e su una foglia di loto (Foto: iNANO; Aarhus University, Creative Commons Attribution ShareAlike 3.0).

NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

La nanostruttura di superficie che respinge le gocce d'acqua (e di altri liquidi) spiega il fenomeno di auto-pulitura.

Quando una goccia d'acqua rotola sull'elemento contaminante, rimuove la particella dalla superficie della foglia, a differenza di quanto accade quando una goccia scivola sulla superficie, lasciando dietro di sé le particelle (**Figura 4**).

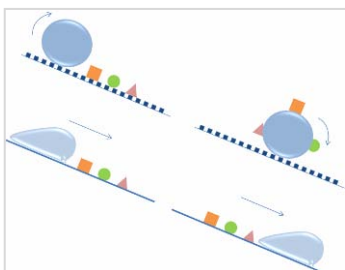
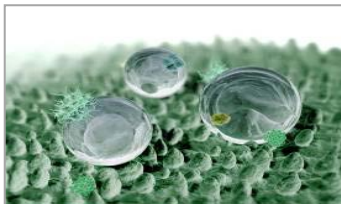


Figura 4. (alto) Diagramma che riassume la connessione fra la rugosità e l'auto-pulitura: nell'immagine in alto, una goccia d'acqua rimuove lo sporco da una superficie grazie al Lotus effect (basso): Rappresentazione grafica di contaminanti e gocce d'acqua su una foglia di loto (Crediti iconografici: by William Thielike, Wiki commons, Creative Commons ShareAlike 3.0)



D21. Scrivi le tue conclusioni per la Parte 2 di questo esperimento:

.....
.....
.....
.....

D22. Quali sono le possibili applicazioni dei nanomateriali? **Spiega.**
(Confrontati e discuti con tutta la classe)

.....
.....
.....



NANOYOU Kit di formazione sulle nanotecnologie per gli insegnanti – Modulo esperimenti (11-13 anni)

Con l'insegnante, guarda il video [NANOYOU Video 4: Lotus Effect® - Part 2](#)

In questo video vedrai una superficie progettata in laboratorio e fatta di silicone poroso, attualmente allo studio nei laboratori di iNANO, Aarhus University, e che imita le proprietà della foglia di loto.

Discuti con l'insegnante le applicazioni nelle quali, secondo te, potrebbero essere utili queste proprietà.

.....
CREDITI:

Questo esperimento è stato parzialmente adattato dall'Application: Nano-Tex,
<http://mrsec.wisc.edu/Edetc/IPSE/educators/nanoTex.html>.

RINGRAZIAMENTI:

Desideriamo ringraziare Nano-Tex, Inc. per averci cortesemente fornito un pezzo del loro tessuto Nano-Tex® (resistente a gocce e macchie), e per aver fornito le immagini di questo materiale.

L'autore desidera ringraziare Anton Ressine (iNANO, Aarhus University) per aver fornito il campione di silicone poroso mostrato nei video dell'esperimento.