



## Superfici superidrofobiche: angolo di rotolamento e coefficiente di attrito



I materiali di NANOLAB, inclusa la presente scheda, sono proprietà degli autori di NANOLAB ([www.nanolab.unimore.it](http://www.nanolab.unimore.it)) e distribuiti con [licenza](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/) Creative Commons 3.0 **Versione: 06/01/2013**

### Materiale occorrente

- petali di rosa
- strisce di parafilm, plastica, vetro, carta filtro, alluminio, aerogel, tessuto superidrofobico, sabbia magica
- piano inclinato
- pipetta Pasteur
- micropipetta (opzionale)
- colorante alimentare (opzionale)
- nastro adesivo
- bicchierino con acqua
- scottex
- videocamera + cavalletto
- goniometro
- schermo
- software Tracker<sup>1</sup>
- computer

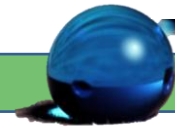
In alcune applicazioni dei materiali idrofobici e superidrofobici l'intento non è tanto quello di non far assorbire la goccia perché sporca (vedi tessuti antimacchia) bensì perché la si vuole trasportare integra da un punto all'altro del substrato, con il minor sforzo ed il più velocemente possibile. Diventa quindi di fondamentale importanza che la goccia possa scorrere via facilmente sulla superficie. Nella seguente attività vi viene richiesto di testare materiali diversi per individuare quelli che meglio rispondono a tale esigenza.

### Procedimento

*Filmato n°1- Valutazione del coefficiente di attrito statico e dell'isteresi dell'angolo di contatto.*

1. Ritagliate delle strisce dai diversi materiali di dimensioni tali da ricoprire la superficie del piano inclinato interamente per tutta la sua lunghezza, possibilmente in un pezzo unico senza giunzioni.
2. Ricoprite il piano inclinato con una striscia alla volta. Fissatela con nastro adesivo in modo che sia liscia e ben tesa.
3. Preparatevi a filmare la goccia. Ci interessa innanzitutto cogliere il momento in cui, aumentando l'inclinazione del piano, essa si metterà in movimento.

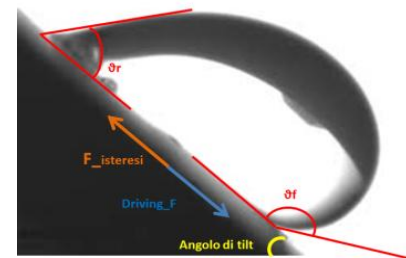
<sup>1</sup> Free download a [www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/](http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/)



Accorgimenti:

- Ponetevi con la videocamera a distanza ravvicinata in modo da ottenere una immagine della goccia “in partenza” che sia il più possibile nitida e a fuoco.
  - Se c’è poco contrasto potete utilizzare gocce colorate ottenute mescolando all’acqua del colorante alimentare.
  - Fissate la videocamera su di un cavalletto o utilizzate un qualche forma di appoggio. L’obiettivo deve essere esattamente a livello della separazione goccia/superficie del piano.
  - Utilizzate dietro il piano inclinato uno sfondo di colore tale da far risaltare la goccia.
4. Fate partire la videoregistrazione.
  5. Con una pipetta Pasteur deponete una singola goccia all’estremità del piano e aumentate molto lentamente l’angolo di inclinazione fino a quando la goccia non si mette in moto.
  6. Fermate la registrazione ed annotate tale angolo detto **angolo di rotolamento** :  $\Theta_{\text{piano}} = \dots\dots$  . Se il piano inclinato non è dotato di goniometro o questo non ha elevata sensibilità potete ricavarvi  $\Theta_{\text{piano}}$  con considerazioni di tipo trigonometrico.

7. Dal filmato ricavate l’immagine della goccia un istante prima di mettersi in moto e da questa calcolate l’**isteresi dell’angolo di contatto**  $\Delta\Theta$  (differenza tra gli angoli di contatto al fronte  $\Theta_f$  e al retro  $\Theta_r$  della goccia).
8. Ripetete l’operazione con le strisce degli altri materiali annotandovi i risultati in una tabella.(Vedi *Tabella 1*)



L’isteresi dell’angolo di contatto è data da  $\theta_f - \theta_r$ ,

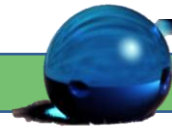
*Avanzato*

Per ciascun materiale potete rispondere anche ai seguenti quesiti

9. E’ possibile individuare il **coefficiente di attrito statico**  $\mu_s$ ?
10. Quale è la **forza minima**  $F_\mu$  che è necessario esercitare per mettere in movimento la goccia?
11. Quale è il minimo valore del coefficiente di attrito statico tra goccia e piano così che la goccia rotoli lungo il piano inclinato senza scivolare?

**Tabella 1**

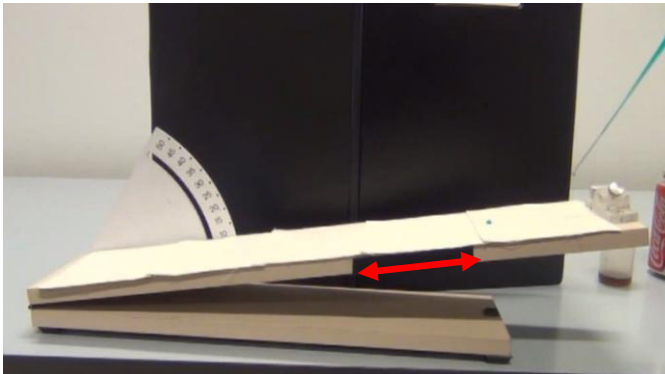
Materiale	$\Theta_f$ (°)	$\Theta_r$ (°)	$\Delta\Theta$ (°)	$\Theta_{\text{piano}}$ (°)	$\mu_s$	$F_\mu$ (N)



### Analisi dati

1. Confrontate la colonna degli angoli di rotolamento con quella degli angoli di contatto (vedi Esp.1). Vi sentireste di affermare che avere un elevato angolo di contatto implica sempre una maggiore mobilità della goccia sulla superficie? Perché?
2. Esiste una relazione tra coefficiente di attrito e isteresi dell'angolo di contatto?
3. E tra tali grandezze e l'inclinazione del piano?
4. Cosa cambia al variare delle dimensioni della goccia?

### Filmato n°2- Studio del moto delle gocce sulle varie superfici.



striscia di materiale superidrofobico

1. Incollate una striscia colorata lunga 10 cm sul bordo laterale del piano (vedi freccia rossa in figura): vi servirà come riferimento per impostare la barra di calibrazione di Tracker.
2. Filmate il moto della goccia che discende lungo il piano inclinato ricoperto da una

*Accorgimenti: Posizionate la videocamera ad una distanza tale per cui le gocce siano chiaramente visibili (soprattutto se volete sfruttare la funzionalità di autotracking di Tracker) e tutto il percorso possa essere ripreso tenendo fissa l'inquadratura.*

3. Provate poi a cambiare i parametri
  - a) le dimensioni delle gocce (utilizzate la micropipetta regolando su diversi volumi, da cui ricaverete il raggio per formula inversa supponendo le gocce sferiche); se non disponete di tale strumento servitevi della pipetta Pasteur cercando di avere almeno due dimensioni diverse di gocce (ricavate il raggio con Tracker dall'immagine catturata nel video)
  - b) l'angolo di inclinazione del piano

Ripetete con alcuni degli altri materiali a scelta.



### Analisi dati

1. Con Tracker ricavate dal filmato n°2 il moto delle gocce  $s=s(t)$ ,  $v=v(t)$ ,  $a=a(t)$
2. Confrontate i risultati relativi ai diversi materiali individuando le diverse tipologie di moto (rotolamento, slittamento, stick and slip,...).

Potete aiutarvi con una tabella simile a questa

Materiale	R (mm)	M (g)	Spazio percorso (mm)	Tempo impiegato (s)	Velocità finale (mm/s)	Velocità media (mm/s)	$\Theta_{\text{piano}}$ (°)
.....							

- Riuscite a trasportare il liquido senza perdite?
- In tempi ragionevoli?
- Meglio utilizzare tante gocce piccole od una sola goccia di grandi dimensioni? Perché?

### Approfondimento

Nel caso dei materiali superidrofobici il movimento della goccia è di rotolamento ed il modello applicabile è quello di una sfera solida che rotola liberamente su di un piano inclinato.

1. Individuate il coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d$ .
2. Quale è la forza minima che è necessario esercitare per mantenere in movimento la goccia?
3. Commentate i limiti insiti in tale modello ideale .

