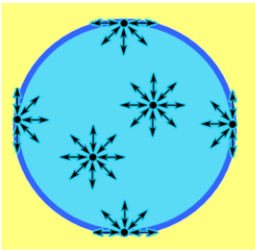


التوتر السطحي

التوتر السطحي بالإنجليزية (Surface tension) هو التأثير الذي يجعل الطبقة السطحية لأي سائل تتصرف كورقة مرنة. ذلك التأثير الذي يسمح للحشرات بالسير على الماء، والأشياء المعدنية الصغيرة كالإبر، أو أجزاء ورق القصدير من الطفو على الماء، وهو المسبب أيضاً للخاصية الشعرية.

بسبب ظاهرة التوتر السطحي يبدو **سطح السائل كأنه غشاء مرناً مشدوداً**. تنشأ ظاهرة التوتر السطحي عن قوى التماسك والتجاذب بين جزيئات السائل عند السطح، أي أنها خاصية سطحية لا وجود لها في داخل السائل.



ويمكننا فهم هذه الظاهرة، فإذا اعتبرنا جزيء موجود في باطن السائل، فإنه يكون متزناً، حيث أنه يكون واقعاً تحت تأثير قوى التجاذب مع الجزيئات المحيطة به من جميع الجهات.

أما الجزيء الموجود عند السطح فإنه يقع تحت تأثير قوى جذب الجزيئات التي تحته فقط، وتكون محصلة هذه القوى إلى أسفل وتعمل على تحريك الجزيئات عند السطح إلى داخل السائل.

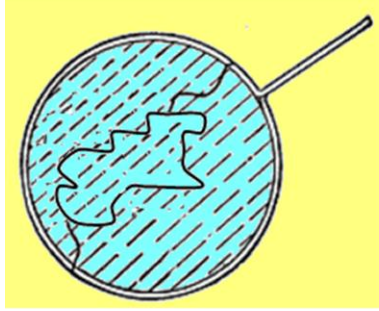
وبذلك تكون طاقة الوضع لجزيئات السطح أعلى من تلك الموجودة في الداخل، وهذا يسبب ميل السطح دائماً إلى الإنكماش، مما يعمل على تكور قطرات السائل وتبدو كما لو كانت موضوعة داخل غشاء رقيق ومشدود من المطاط.

وحيث أن زيادة مساحة سطح سائل ما تستلزم نقل جزيئات من باطن السائل إلى السطح وذلك لزيادة عدد الجزيئات في السطح وبالتالي مساحته، وحيث أن الجزيئات الموجودة على السطح طاقتها أعلى من تلك الموجودة في الداخل، فإنه لا بد من بذل شغل لزيادة مساحة السطح. وهذا الشغل سيبدل ضد القوى الجاذبة التي تجذب هذه الجزيئات إلى داخل السائل أي ضد قوى التوتر السطحي وعليه فإن جزيء من الجزيئات الموجودة على السطح تكون له طاقة وضع إضافية بالإضافة إلى تلك التي للجزيء المغمور تحت السطح أي أن طاقة الجزيئات على سطح السائل أكبر من طاقة الجزيئات داخل السطح ويطلق على هذه الزيادة "طاقة السطح".

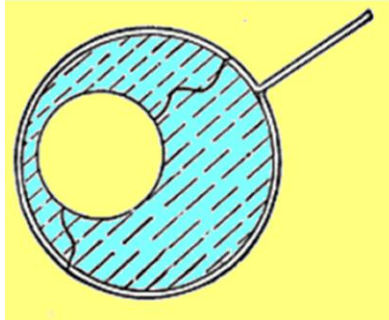
ولذلك يعرف **التوتر السطحي** بأنه الشغل اللازم لزيادة مساحة سطح السائل بمقدار وحدة المساحات، وذلك عند درجة حرارة وضغط ثابتين

وحدات التوتر السطحي في النظام الدولي هي جول/متر² وفي النظام الفرنسي هي إرج/سم²

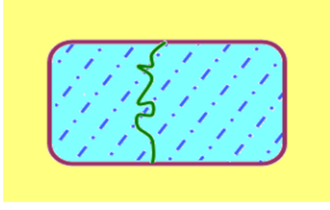
وتعتمد قيمة التوتر السطحي على نوع السائل ودرجة الحرارة والضغط. فيقل معامل التوتر السطحي بزيادة أي من درجة الحرارة أو الضغط.



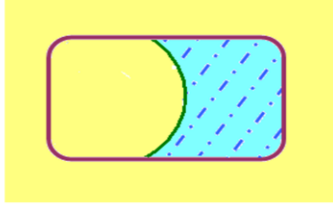
ولإظهار قوى التوتر السطحي عملياً نحضر سلكاً معدنياً على شكل حلقة، ونثبت بداخله خيط خفيف، فعندما نغمر السلك في محلول صابون ثم نرفعه، يتكون غشاء رقيق من الصابون داخل الحلقة وتأخذ الخيط أى شكل.



فإذا قطعنا الغشاء داخل الخية فقط نجد أنها تأخذ في الحال الشكل الدائري، وذلك لأن قوى التوتر السطحي تؤثر عمودياً على كل أجزاء الخيط فتجعلها بذلك دائرية الشكل .



وفي تجربة مشابهة، إذا أحضرنا سلكاً علي هيئة مستطيل وثبتنا عليه خيط ثم غمرناه في محلول الصابون ورفعناه بخفة نجد تكوين غشاء رقيق من محلول الصابون على هذا المستطيل ونشاهد أن الخيط يأخذ أي شكل.



أما إذا نفذنا جسماً مدبباً في أحد جانبي الغشاء لينقش جزء من الغشاء فأننا نشاهد أن الخيط يأخذ شكلاً مقوساً.

والسبب في أن الخيط في الحالة الأولى يأخذ شكلاً غير منتظم هو أن أي جزء من الخيط الرفيع واقع تحت تأثير قوتين متساويتين ومتضادتين في الإتجاه على كل من سطحي الغشاء.

أما في الحالة الثانية فإن الخيط يأخذ شكل القوس لوجود قوى التوتر السطحي والتي تؤثر عمودياً على أجزاء الخيط من جهة واحدة، وتعمل هذه القوى على أن تصبح مساحة الغشاء أصغر ما يمكن.

من التجربتين السابقتين نجد أن:

أي خط على سطح السائل يكون واقعاً تحت تأثير قوتين متساويتين مقداراً ومتضادتين اتجاهاً.

ويعرّف **التوتر السطحي** بأنه القوة المؤثرة عمودياً على وحدة الأطوال من أي خط من خطوط سطح السائل، عندما تكون هذه القوة موازية للسطح.

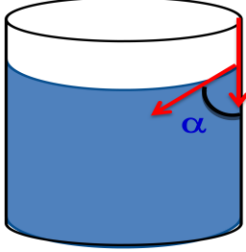
وحدات التوتر السطحي في النظام الدولي هي نيوتن/متر وفي النظام الفرنسي هي داين/سم .

لاحظ أن كل من جول/متر² و نيوتن/متر متطابقين، وبالمثل يكون إرج/سم² متطابق مع داين/سم.

قوي التلاصق والتماسك وزاوية التلامس "زاوية التماس":

فيما سبق درسنا التوتر السطحي لسائل بمفردة كقطرة المطر، والآن سندرس سائل موجود داخل إناء.

جزيئات السائل التي تكون عند السطح وقريبة من جدار الإناء فإنها تتعرض لقوة أخرى هي قوة التلاصق مع مادة الإناء. وهناك حالتين هما:



أولاً: **محصلة قوى التلاصق < من محصلة قوى التماسك**

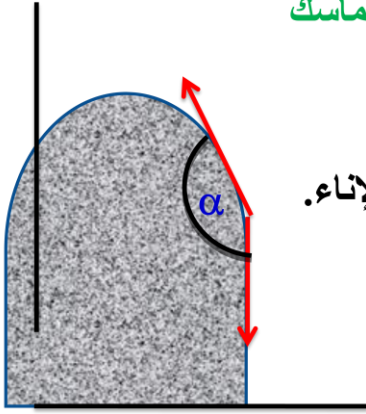
١. فإن سطح السائل يأخذ شكلاً مقعراً.

٢. يكون في هذه الحالة السائل مبلل لمادة الإناء.

٣. زاوية التلامس "التماس" α حادة.

كما في حالة الزجاج والماء، (لاحظ أن زاوية التلامس في هذه الحالة تكون صغيرة جداً بحيث يمكن إعتبارها مساوية للصفر). وكما في حالة الزئبق والنفاس.

ثانياً: **محصلة قوى التلاصق > من محصلة قوى التماسك**



١. فإن سطح السائل يأخذ شكلاً محدباً.

٢. يكون في هذه الحالة السائل غير مبلل لمادة الإناء.

٣. زاوية التلامس α منفرجة.

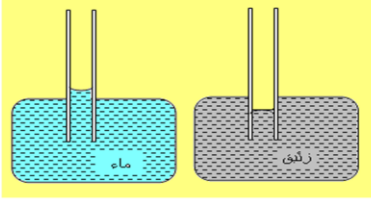
كما في حالة الزئبق والزجاج.

زاوية التلامس "التماس" α :- هي زاوية داخل السائل تكون محصورة بين جدار الإناء والتماسك لسطح السائل.

وتتوقف زاوية التلامس α على نوع السائل ونوع مادة الإناء والوسط الموجود فوق السائل. فمثلاً زاوية التلامس بين الزئبق والزجاج في حالة وجود الهواء فوق الزئبق تختلف عن زاوية التلامس بين الزئبق والزجاج إذا كان الوسط المحيط بالزئبق هو الماء .

الخاصية الشعرية:

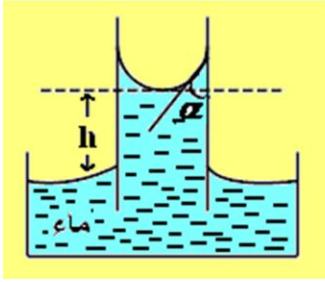
تلعب ظاهرة الخاصية الشعرية دوراً هاماً في سريان الماء في النباتات الحية. فهي التي تمكن جذور النبات من امتصاص الماء بما فيه من مواد مغذية ذائبة من التربة.



إذا غمرنا طرف أنبوبة زجاجية ذات قطر داخلي صغير رأسياً في سائل فإننا نلاحظ تغير ارتفاع السائل في الأنبوبة الشعرية. ويعتمد هذا التغير على زاوية التماس بين السائل و الزجاج.

فإذا كانت زاوية التماس حادة - كما في حالة الماء في الزجاج (المفروض أن زاوية التماس في حالة الزجاج النظيف و الماء النقي تساوي الصفر) - فإن السائل يرتفع في الأنبوبة الشعرية.

أما إذا كانت الزاوية أكبر من ٩٠ درجة - كما في حالة الزئبق و الزجاج - فإن السائل ينخفض في الأنبوبة الشعرية.



وفي حالة السوائل المبللة لمادة الأنبوبة الشعرية، يعتمد ارتفاع السائل h داخل الأنبوبة الشعرية على:

١- نوع السائل:

a- كثافته ρ .

b- معامل توتره السطحي γ .

c- زاوية التماس α .

٢- نصف قطر الأنبوبة الشعرية r .

طرق قياس زاوية التماس عملياً

١- نضع قطرة زئبق على لوح من الزجاج

٢- باستخدام تلسكوب نقيس الارتفاع h

٣- نقيس المسافة بين منتصف قطرة الزئبق ونقطة التحدب الحاصل

h .

٤- نعوض العلاقة التالية لأيجاد زاوية التماس

$$\sin \theta$$