كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء حيوية

المحاضرة : **الخامسة/عملي/**

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

التوتُّر السَّطحيّ لسائل باستخدام الخاصية الشعرية

Surface Tension

مقدمة:

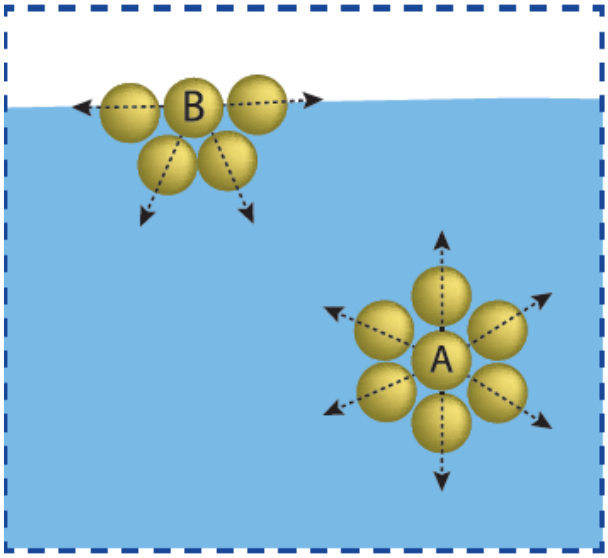
يُعد التوتر السطحي من أهم الخصائص الفيزيائية التي تميز السوائل، وهو ناتج عن قوى التماسك بين جزيئات السائل، خصوصًا عند السطح. وتظهر هذه الظاهرة بشكل جليّ في الحياة اليومية، ولعل أبرز مثال عليها هو قدرة بعض الحشرات، مثل **بقة الماء(Water Strider)** ، على الوقوف أو المشي فوق سطح ماء راكد دون أن تغرق.

تتمثل أهمية دراسة التوتر السطحي في فهم سلوك السوائل في الطبيعة والصناعة، إذ يؤثر بشكل مباشر على العديد من الظواهر مثل انتقال السوائل في الأنابيب الشعرية، وتشكّل قطرات الماء، وانتشار السوائل على الأسطح.

أي أن السَّطحُ الحرُّ للسائل يتصرَّفُ وكأنَّه غشاءٌ مرِنٌ، ويُعزى ذلك إلى خاصيّة التوتُّر السّطحيّ.

- **من أسباب التوتر السطحي:**

إنَّ جزيئاتِ السَّائل تحملُ شُحناتٍ كهربائيَّةً، ينتجُ عنها قوى تأثيرٍ مُتبادَل فيما بينَها، بحيثُ يتأثَّرُ جُزيءٍ ما بالجزيئات المُجاورة له، ويُهمَلُ التّأثيرُ الناجِم عن بقيَّة الجزيئات، ويتضاءَلُ تأثيرُ هذه القوى كلَّما ازدادَت المسافةُ بينَ الجزيئات. تسبِّبُ قوى التأثير المُتبادَل قوى تجاذُبٍ بينَ الجزيئات ينجمُ عنها التوتُّر السَّطحيّ.



لنقارنَ بينَ جزيئَين، أحدُهما A داخلَ السّائل، والآخرُ B على سطح السائل **كما في الشّكل المُجاورِ** نجد:

يخضعُ الجُزيء A داخلَ السَّائل لقوى جذبٍ من جميعِ جُزيئات السَّائلِ القريبة والمُحيطة به بشكلٍ مُتناظِر؛ أي قوى الجذبِ هي نفسُها من جميع الجهات، وتكونُ مُحصِّلةُ القوى المؤثِّرة عليه

معدومةً.

أمّا الجزيء B الّذي يقعُ على سطح السّائل المُعرَّض للهواء، فيخضعُ لتأثير قوى الجذبِ من جزيئات السَّائل المُحيطة به على شكلِ نصف كرةٍ، وتكونُ محصِّلةُ هذه القوى نحوَ داخل السائل.

وتتعرَّضُ جميعُ الجزيئات على سطح السّائل إلى قوى جذبٍ تتَّجهُ إلى داخل السّائل، فتكتسب جزيئاتُ سطح السّائل طاقةً كامِنةً تجعلُها مُتماسِكةً ومُتقارِبةً مُكوِّنةً غشاء رقيقاً مرِناً عندَ سطحِه.

ينشأُ التوتُّر السّطحيّ في سائلٍ عن قوى التّجاذُب بين جزيئات السَّائل، حيث تتأثَّرُ الجزيئاتُ المُتواجِدة على السّطح بجذبُ الجزيئاتُ المُجاوِرة على السّطح أو داخلَ السَّائل، وهذا يجعلُ مُحصِّلة القوى المُؤثِّرة في جُزيء من سطح السّائل تتَّجه إلى داخل السّائل.

إذاً ظاهرة التوتر السطحي هي الظاهرة التي تنشأ عن قوى التماسك والتجاذب بين جزيئات السائل عند السطح.

- التبلُّل وزاوية التلامُس Wetting and Contact Angle:

ظاهرةُ التبلُّل: هي التلاصُق بين سائل وسطح عند مُلامَسة السّائل لهذا السطح.

فمثلاً يبلّل الماء سطح الزجاج النظيف، حيثُ تعمل قوى التلاصُق على جعل الماءِ ينتشرُ على سطح الزجاج. أمَّا في حالة صفيحة مدهونة بطبقة من الفازلين بالتالي تحولُ طبقة الفازلين دون تبلُّل السطح حيثُ إنَّ قوى التلاصُق بينَ الماء والفازلين أضعفُ من قوى التماسُك بينَ جزيئات الماء، فتبقى قطرةُ الماء مُتماسِكةً فوق سطح الصفيحة ولا تبلّلُها.

ارتباط التبلُّل بزاوية التلامُس:

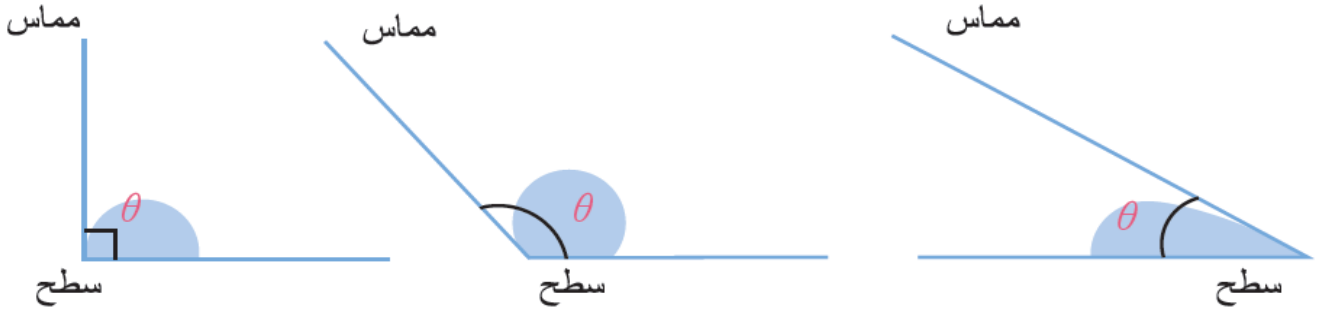
- **زاوية التلامُس :**هي الزاوية بين السّطح الصُّلب والمُستوي المماسّ لسطح السّائل في نقطة تلاقي السّطح الصُّلب مع سطح السّائل، ويقعُ السائل داخل هذه الزاوية.

لقياس مدى تبلُّل سطحٍ بسائلٍ ما، نلجأ إلى قياس زاوية التلامُس، وهنا

نمّيزُ حالتَين:

الحالة الأولى :زاوية التلامُس أصغرُ من 90° ، السطحُ يتبلَّلُ بالسائل، ويزدادُ تبلُّلُ السطح بالسّائل θ بنقصانِ هذه الزاوية، فتبتعدُ قطرة السّائل عن شكل الكرة، وتسمَّى عندئذٍ **بقعة**. وتكونُ قوى التلاصُق بين جزيئات السّائل والسطح أكبرَ بكثيرٍ من قوى التماسُك بين جزيئات السّائل.

الحالة الثانية :زاويةُ التلامُس أكبر أو تساوي 90° ، السطحُ لا يتبلَّل بالسائل، وتكون قوى التماسُك بين جزيئات السّائل أكبرَ بكثيرٍ من قوى التلاصُق بين جزيئات السّائل والسّطح، فتتكوَّرُ جزيئات السّائل على السّطح ولا يمكن وصفها بالبقعة.

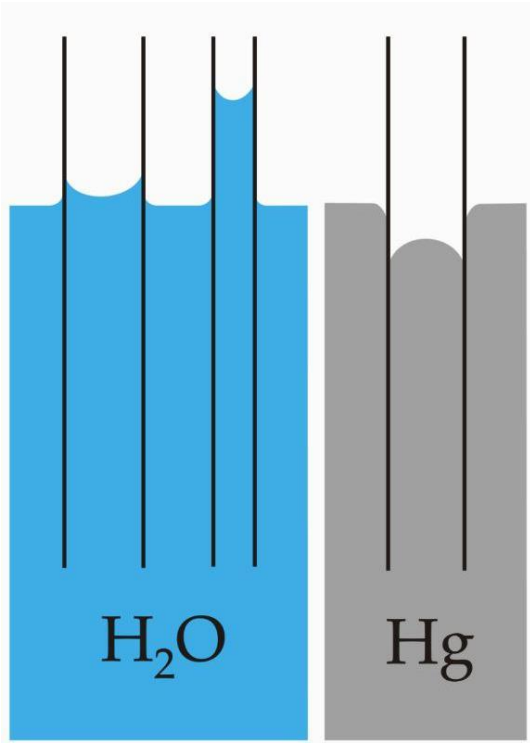


- **الخاصيّة الشعريّة Capillary:**

لشرح الخاصيّة الشعريّة لا بدَّ من تعريف الأنبوب الشعري:

الأنبوب الشّعري:

هو أنبوبٌ، قطرُه من أبعاد قطر الشّعرة من رتبة 0.01cm ، مفتوح من طرفيه. كما يوضح الشكل المجاور



يرتفعُ الماء في الأنابيب المختلفة الأقطار إلى سويّات مُختلِفة، حيثُ تعملُ قوى التلاصُق على جذب جزيئات السّائل إلى الأعلى، ويتوقَّف الارتفاع عندما تتوازَنُ قوى الجذب إلى الأعلى مع قوّة ثقل السائل.

مستوى الزّئبق في الأنابيب المُختلِفة الأقطار أخفضُ من مستوى الزّئبق في الوعاء، حيثُ تعملُ قوى التوتُّر السّطحي على تقليص سطح السّائل الذي أصبحَ مُشوَّهاً بسبب إدخال الأنبوب (وسطح السائل يشملُ هنا السّطح الحرّ المُلامِس للهواء والسطح المُلامِس للأنبوب لغياب التبلُّل.)

إنَّ تقليص مساحة هذا السّطح يقتضي انخفاض مستوى الزّئبق، ويحصلُ التوازُن عند تساوي قوى التوتُّر السّطحي مع القوى الناجمة عن ضغط الزّئبق التي تمنعُ استمرارَ التقلُّص.

ومن خلال خاصية الأنابيب الشعرية يمكن حساب معامل التوتر السطحي لسائل ما من خلال **علاقة جوران:**

$$\gamma = \frac{\rho\, g\, r\, h}{2\cos\theta}$$

حيث أن:

θ: زاوية التلامس

γ: معامل التوتُّر السّطحيّ للسائل ووحدة قياسه $N.m^{-1}$

g: تسارع الجاذبية الأرضية $m.s^{-2}$

r: نصف قطر الأنبوب الشعريّ m

ρ:الكتلة الحجميّة للسّائل $kg\ m^{-1}$

يمكن حساب الميل من العلاقة السابقة نظرياً كما يلي:

بما أن كل من $\rho\ ,g\ ,r\ ,h$ مقادير ثابتة بالتالي

$$\gamma = m.\frac{1}{\cos\theta}$$

حيث أن: $m = \rho\ g\ r\ h$ وهو الميل.

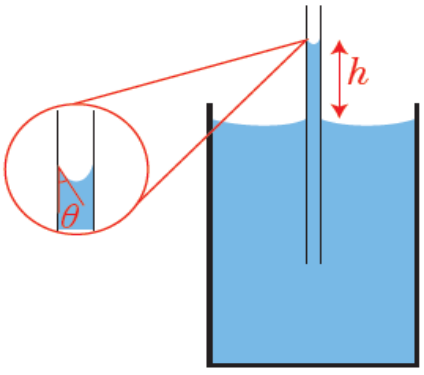
حيث يمكن حساب زاوية التلامس من خلال العلاقة التي تربط زاوية التلامس θ بمتغيرين هندسيين هما:

- a نصف قطر قاعدة القطرة.
- h ارتفاع القطرة من السطح حتى قمتها.

$$\theta = 2\tan^{-1}(\frac{2ah'}{a^2 - h'^2})$$

الجزء العملي:

يوضح الشكل المجاور أنبوب شعري رفيع طوله $h = 20\ cm$،نصف قطره $r = 0.002\ m$ مغمور في سائل كتلته الحجمية $\rho = 10^3\ Kg.m^{-3}$ علماً اننا قسنا aنصف قطر قاعدة القطرة و h' ارتفاع القطرة من السطح حتى قمتها.



المطلوب:

1- أكمل الجدول بما يناسب.
2- ارسم تغيرات التوتر السطحي بدلالة زاوية التلامس واحسب ميل الخط البياني وقارنه مع الميل نظرياً.
3- احسب الخط النسبي والنسبي المئوي المرتكب في قياس التوتر السطحي لهذا السائل.

γ	$\bar{\gamma}$	a	h'	θ	$\cos\theta$
		0.0025	0.020		
		0.0025	0.0195		
		0.0025	0.0190		
		0.0026	0.0185		
		0.0026	0.0180		

انتهت المحاضرة

إعداد المدرسين:

أ. أنس مغامس أ. زينا خضر