كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء عامة٢

المحاضرة : الاولى/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2025

4

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

مخبر الفيزياء العامة (2)

الكيمياء سنة أولى

تجربة قياس التوتر السطحي بطريقة فصل القطرات

الغاية من التجربة:

قياس معامل التوتر السطحي لسائل بطريقة فصل القطرات.

الموجز النظري:

يظن الكثيرون أن المادة ولاسيما شكلها الصلب ذات بنية مستمرة لا يوجد بين جزيئاتها أي فراغ، إلا أن هذا لا يعبر عن الحقيقة الفعلية التي تكون فيها جزيئات المادة منفصل بعضها عن بعض وتتبادل فيما بينها قوى تعمل على تقريبها من بعضها البعض، ولعل أهم الأسباب التي تجعلنا نظن أن المادة مستمرة تتمثل في أن المول الواحد من أية مادة نقية يتألف من عدد ضخم من الجزيئات أو الذرات (عدد أفوغادرو 6.02×10^{23})، وعلى سبيل المثال نرى أن المول الواحد من الماء ذو الكتلة المساوية ل (18 g) يحوي هذا العدد من الجزيئات، وإن ضخامة هذا العدد هي التي تجعلنا نظن أن الماء جسم مستمر ومثله المواد الأخرى.

لنأخذ سائل ما (الماء) مثلاً سنميز حالتين:

الحالة الأولى:

- **الجزيء ضمن السائل:**

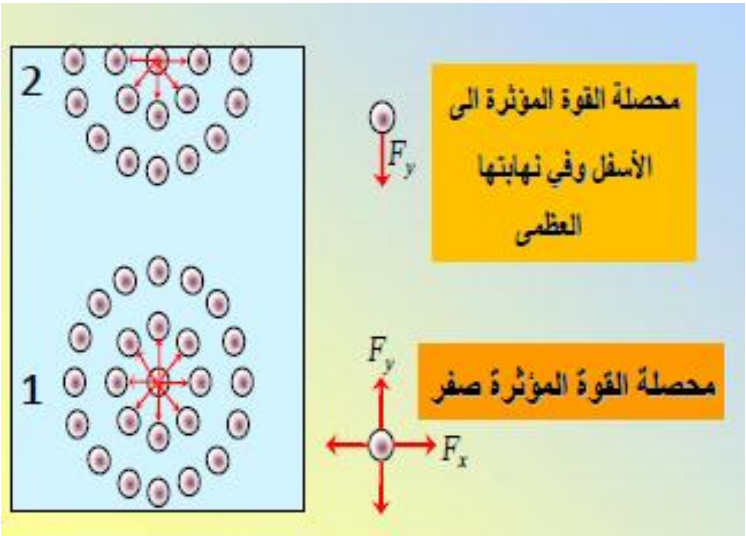
في هذه الحالة تكون كرة تأثير هذا الجزيء واقعة كلها ضمن السائل وبالتالي فإن قوى تجاذبه تتوازن مع سائر الجزيئات الواقعة ضمن كرته من كل الاتجاهات حوله وذلك لأن هذه القوى جميعها متساوية شدةً متعاكسة جهةً وبالتالي فإن محصلتها معدومة وفي هذه الحالة فإن الجزيء يبقى في حالة سكون.

الحالة الثانية:

- **الجزيء يقع عند السطح الحر للسائل:**

في هذه الحالة يقع الجزيء (2) على السطح الحر للسائل وكرة تأثيره نصفها يقع إلى الخارج والنصف الآخر إلى الداخل، يحتوي النصف الأعلى للكرة على عدد قليل جداً من جزيئات بخار السائل ويحتوي نصفها الآخر على عدد كبير من جزيئات السائل نفسه، وبالتالي فإن الجزيء عند سطح السائل سيخضع لقوى تلاصق ناتجة من تأثير جزيئات الهواء الموجودة خارج السائل والتي تكون صغيرة جداً (مهملة)، وقوى تجاذب من الجزيئات الواقعة تحته (فقط)، وبالتالي تكون محصلة القوى المؤثرة على الجزيء السطحي في هذه الحالة هي قوة عامودية متجهة نحو عمق السائل (تعمل على تحريك وشد الجزيئات السطحية إلى داخل السائل)، وتبلغ هذه المحصلة قيمتها العظمى عندما يكون الجزيء واقعاً على سطح السائل ونصف كرة التأثير خارج السائل كما هو الحال بالنسبة للجزيء (2) الموضح بالشكل (1)

إذاً كل جزيء عند السطح يكون متأثراً بقوى جذب نحو الداخل (مما يقلل من فرصة شغله موقع سطحي) تؤدي إلى تقلص سطح السائل ليشغل أصغر مساحة ممكنة له وهذا يفسر الشكل الكروي لقطرات السائل.



الشكل (1): يوضح ظاهرة التوتر السطحي لسائل.

يمكن أن نستنتج مما سبق أن ظاهرة التوتر السطحي تنشأ عن قوى التجاذب بين جزيئات السائل عند السطح، أي أنها خاصية سطحية لا وجود لها في داخل السائل، وهذه الخاصية السطحية تجعل سطح السائل وكأنه مغشى بطبقة تختلف بخصائصها عن سائر كتلة السائل حيث تبدي هذه الطبقة السطحية اختلافاً في الكتلة الحجمية وفي قرينة الانكسار وفي الناقلية الكهربائية.

إن النظر إلى هذه الطبقة السطحية على أنها غشاء مرن مشدود يعطيها معنى فيزيائياً يفسر به ميل سطح السائل إلى التقلص ومن ثم إلى تخفيض حجم السائل.

تعريف ظاهرة التوتر السطحي: هي ظاهرة تنشأ عن قوى التجاذب المؤثرة في جزيئات سطح السائل والتي تجعله يعمل كغشاء مرن مشدود.

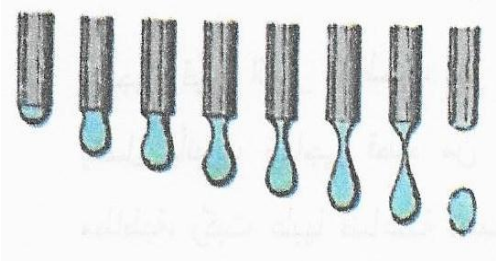
تعريف التوتر السطحي: هو القوة العامودية المطبقة على وحدة الطول من سطح السائل ويقاس في الجملة الدولية بواحدة (N/m).

بعض العوامل المؤثرة على التوتر السطحي:

- درجة الحرارة: يقل التوتر السطحي لسائل كلما ارتفعت درجة الحرارة وذلك بسبب تحطم الروابط الموجودة بين الجزيئات السطحية الذي يؤدي إلى ضعف قوى التجاذب بينها.
- نوع السائل: يتفاوت أثر ظاهرة التوتر السطحي من سائل إلى آخر فمثلاً التوتر السطحي في سائل الزئبق أكبر منه في الماء، لذلك تظهر قطرات الزئبق كأنها أكثر تكوراً من الماء بينما تكون قطرات الكحول أقل تكوراً من الماء.

يقاس عامل التوتر السطحي لسائل بعدة طرق منها (طريقة انفصال القطرات) وهي طريقة تعتمد بشكل أساسي على توازن القوى المؤثرة على القطرة التي تتشكل عند نهاية أنبوب رفيع نصف قطره (r) لسائل ينساب خلاله.

إن ميل التوتر السطحي لتقليص السطح الحر لقطرة يجعلها تقترب من الشكل الكروي لأن الكرة أصغر سطح يمكن أن يحتوي كمية معينة من السائل، لكنه في حالة الأنبوب يؤدي كل من مقطع الأنبوب وحوافه إلى إبعادها عن الشكل الكروي حتى تقترب من الانفصال كما في الشكل(2):



الشكل (2): تشكل قطرة في نهاية أنبوب ضيق

تدل دراسة القوى المؤثرة في القطرة على أنها تبقى عالقة أثناء تشكلها مادام ثقلها أقل من القوة الناشئة عن التوتر السطحي مضافاً إليها القوة الناشئة عن الفرق ما بين الضغط داخل القطرة والضغط الجوي خارجها، وبالتالي يجب أن تكون قوة ثقل القطرة أكبر من قوة التوتر السطحي المطبق عليها (شرط التجربة)، فإذا كانت m كتلة القطرة لحظة انفصالها، و r نصف قطر الأنبوب الخارجي، و g تسارع الثقالة الأرضية يبرهن نظرياً وتجريباً بتقريب معين أن:

$$\gamma = \frac{m\,g}{3.8\,r} \quad *$$

العدد (3.8) ثابت تجريبي.

ويستنتج من العلاقة السابقة أنه يمكن المقارنة بين قيمتي التوتر السطحي لسائلين دونما حاجة إلى قياس نصف قطر الأنبوب إذا جرى القياس بالأنبوب نفسه فيكون:

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{m_1}{m_2}$$

ويكفي عندئذٍ قياس كتلة القطرة الواحدة من كل سائل ومعرفة التوتر لأحدهما لكي يستنتج التوتر السطحي للآخر.

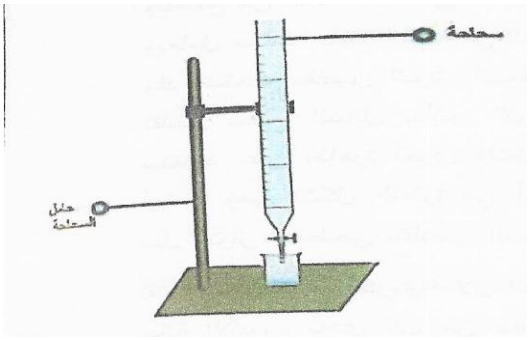
تتعلق دقة التجربة:

- بإكمال تشكل القطرة
- وعدم انفكاكها عن الأنبوب قبل ذلك
- ويقتضي هذا أن يكون تشكلها أبطأ ما يمكن لأن العلاقة مستمدة من التوازن بين ثقل القطرة وقوة التوتر السطحي، سنختار مدة زمنية مناسبة لتشكل القطرة الواحدة وسقوطها وهي نحو ثلاثين ثانية.

سنسجل درجة الحرارة التي نجري فيها قياساتنا ونفترض أنها ثابتة في جو المخبر طوال زمن التجربة.

أدوات التجربة:

- جهاز قياس التوتر السطحي: وهو يتألف من قمع زجاجي يتصل بأنبوب زجاجي قطره من رتبة (0.5 Cm) بوصلة مطاطية ركبت عليه ضاغطة تسمح بالتحكم بانسياب السائل وهذا الجهاز مثبت بحامل يبقي الأنبوب شاقولياً كما هو موضح بالشكل (3).
- ميزان حساس.
- دورق: وهو عبارة عن وعاء مدرج ب (ml).
- سائل ما (الماء مثلاً).



الشكل (3): جهاز قياس التوتر السطحي

ملاحظات:

- ✓ يجب الانتباه لثبات درجة الحرارة خلال التجربة.
- ✓ يجب الانتباه لنقاوة السائل المراد قياس توتره السطحي ونظافة الأجهزة المستخدمة في القياس وذلك لأن قيمة التوتر السطحي تتأثر كثيراً بوجود الشوائب التي يؤدي وجودها لخفض التوتر السطحي للسائل النقي.
- ✓ يمكن الاكتفاء بالماء العادي في عملنا بدلاً من الماء المقطر نظراً لأن الميزان المستخدم لقياس كتلة القطرات لا يكشف في أغلب الأحيان الفارق بينهما.
- ✓ لا داعي لقياس زمن تشكل القطرات بأعشار الثواني إنما نكتفي بالثواني الصحيحة وبالتالي تكفي ساعة اليد لهذه الغاية.
- ✓ يعطى قياس قطر الأنبوب للطالب مقيساً بالقدم القنوية.

خطوات إجراء التجربة:

- يوضع السائل المراد حساب توتره السطحي في قمع ينتهي بأنبوب زجاجي مدبب ذو نصف قطر صغير مقيس بالقدم القنوية.
- نقوم بوزن الدورق وهو فارغ ولتكن كتلته (m_1)
- ثم نضع الدورق تحت القمع الزجاجي لجهاز قياس التوتر السطحي ومن ثم نقوم بضبط انسياب السائل بواسطة الضاغطة بحيث تسقط القطرات بشكل متناسق مع مراعاة انفصال القطرة الواحدة بمدة زمنية لا تقل عن 25 ثانية وذلك لضمان سقوطها تحت تأثير ثقلها.
- نقوم بوزن الدورق وهو مملوء بالقطرات ولتكن كتلته (m_2)
- نحسب كتلة قطرات السائل من العلاقة:

$$M = m_2 - m_1$$

- نحسب كتلة القطرة الواحدة من العلاقة:

$$m = \frac{M}{n}$$

حيث n: عدد القطرات في الدورق.

نحسب الآن قيمة معامل التوتر السطحي من قانون التجربة العلاقة (*)

ثم نحسب أخيراً الارتياب المطلق والارتياب النسبي والارتياب النسبي المئوي.

إعداد الأستاذ: بهاء سليمان

مكتبة A to Z