كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : كيمياء فيزيائية٢

المحاضرة : السادسة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

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

التجربة الأولى

التوتر السطحي للسوائل: **Surface Tension of liquids**

هدف التجربة: تحديد التوتر السطحي لمحاليل مختلفة التراكيز من الكحول

مقدمة:

يتطلب إحداث السطح لسائل ما عملاً يغير من طاقة جيبس للجملة الترموديناميكية، والذي يعبر عنه بالعلاقة الآتية:

$$dG = -SdT + VdP + \delta dA \qquad (3.1)$$

حيث تمثل δ التوتر السطحي لهذا السائل (الطاقة الحرة على واحدة السطح). و S تمثل الإنتروبية و A السطح. وبما أن السطح مرتبط دائماً بطورين، فإن التوتر السطحي يتعلق بطبيعة المادتين اللتين يتشكل منهما السطح. إذا قام السطح بفصل المواد في المحلول، فإن التوتر السطحي له يتعلق بالتركيز. كما تمثل درجة الحرارة أحد المتغيرات الأخرى الترموديناميكية التي يمكن أن يتعلق بها التوتر السطحي. تبين العلاقة (3.1)، مثلاً أنه يمكن التعبير عن مشتق درجة الحرارة بالنسبة إلى δ بعلاقة ما كسويل التالية:

$$\left(\frac{\partial T}{\partial \delta}\right)_P = -\left(\frac{\partial S}{\partial A}\right)_T \qquad (3.2)$$

حيث يعرف المشتق في يمين هذه العلاقة باسم إنتروبية السطح، والذي يمكن تقديره عن طريق تحقيق السلوك الذي يتغير به التوتر السطحي بتغير درجة الحرارة.

- يظهر التوتر السطحي من أجل تلك الحالة التي يمثل فيها الطور الثاني الهواء أو بخار المادة. فمثلاً: عند درجة الجرارة $20C^o$، يبلغ التوتر السطحي الظاهر للبنزن ضد الهواء حوالي 28.85 dyn/cm، في حين أن التوتر السطحي للبنزن ضد بخاره يبلغ 28.89 dyn/cm. يظهر الجدول (1-3) قيم التوتر السطحي للماء ضد الهواء عند درجات حرارة مختلفة. يطلق على التوترات السطحية من أجل السوائل ضد السوائل اسم التوترات الواقعة بين السطحين. إن مثل هذه التوترات تكون مختلفة عن التوترات السطحية للسوائل ضد الهواء، **فمثلاً:** إن التوتر السطحي للماء ضد البنزن يساوي 35 dyn/cm، عند درجة

الحرارة $20C^{o}$، في حين أن قيمته ضد الهواء تساوي 73.05 dyn/cm، ويساوي التوتر السطحي للبنزن ضد الهواء 28.85 dyn/cm. يحدث التوتر السطحي ظواهر مكتشفة عامة. فمثلاً: ارتفاع السائل في أنبوب شعري ناشئ عن التوتر السطحي. ويمثل انتشار غشاء الزيت على سطح الماء مثالاً آخر على فعل التوتر السطحي.

الجدول (1-3): الكثافة، والتوتر السطحي للماء ضد الهواء عند درجات حرارة مختلفة.

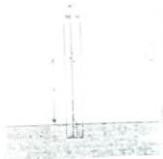
Temp.C	Density gr/cm^3	δdyn/cm	Temp.C	Density gr/cm^3	δdyn/cm
0	0.99987	75.6	30	0.99567	71.18
5	0.99999	74.9	40	0.99224	69.56
10	0.99973	74.22	50	0.98807	67.91
15	0.99913	73.49	60	0.98324	66.18
20	0.99823	72.75	70	0.97781	64.4
25	0.99707	71.97	80	0.97183	62.6

- ندرس الحالة البسيطة الموصوفة في الشكل (1-3)، فيها الأنبوب الشعري ذو نصف قطر مغمور في السائل. فمن أجل الأنابيب الشعرية الصغيرة جداً، يلاحظ ارتفاع ملحوظ للسائل على ارتفاع h، في الأنبوب الشعري، بسبب القوة المبذولة على السائل المسببة للتوتر السطحي. يحدث التوازن عندما تتوازن قوة الجاذبية مع هذه القوة المسببة للتوتر السطحي. يمكن استخدام نقطة التوازن كمقياس لهذا التوتر السطحي، أي أن:

$$\delta\,(2\pi r) = \rho h(\,\pi r^2\,)g \qquad (3.3)$$

حيث تمثل r نصف قطر الأنبوب الشعري، و h ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري، و ρ كثافة السائل، g تسارع الجاذبية الأرضية، δ التوتر السطحي للسائل. تؤدي إعادة ترتيب العلاقة السابقة إلى عبارة بسيطة للتوتر السطحي، وهي:

$$\delta = \frac{1}{2}\ \rho grh \qquad (3.4)$$



الشكل /1-3/ ارتفاع السائل في الانبوب الشعري العائد للتوتر السطحي

من الواضح أن السطح يبدو غير مسطح بشكل تام، وبدلاً من ذلك فهو يتقعر نحو الأعلى (وأحياناً نحو الأسفل) عند الجدار على شكل عدسة مقعرة (أو محدبة) كما هو واضح في الشكل (1-3). إن المادة في هذه المنطقة أيضاً تساهم في القوة الجاذبية؛ لذلك يجب إدخال التصحيح على العلاقة (3.4)، بحيث تصبح على النحو الآتي:

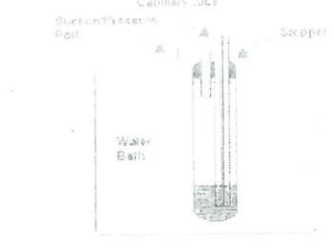
$$\delta = \frac{1}{2} \quad \rho gr(h+\frac{r}{3}) \qquad (3.5)$$

حيث يفترض أن تكون زاوية التبلل (أي الزاوية بين سطح السائل وسطح الزجاج) مساوية الصفر.

طريقة العمل:

1- طريقة الأنبوب الشعري:

- سنحدد في هذه التجربة التوتر السطحي للغول ضد الهواء، بطريقة ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري. إن نظافة الأدوات والتقيد بإجراءات التجربة، تمكننا من الحصول على نتائج جيدة. يوضح الشكل (2-3) الأدوات اللازمة لهذه التجربة. يغلق أنبوب الاختبار بإحكام بسدادة ذات ثقبين. ثبت الأنبوب الشعري في الثقب الأول، وضع في الثقب الثاني أنبوباً معكوفاً، أو ماصة لتطبيق الضغط. ثم ضع هذه الأجزاء في حمام مائي لتنظيم درجة الحرارة. اجعل درجة حرارة الحمام المائي في البداية عند $25 \pm 1\ C^o$. يمكن تنظيم الحمام المائي بوضعه على مسخن كهربائي، ويجب الانتظار عدة دقائق لكي يتحقق التوازن الحراري بين ماء الحمام والأدوات التي فيه. استخدم المسطرة المدرجة المخصصة لقياس ارتفاع السائل في أنبوب الاختبار وفي الأنبوب الشعري، ويمثل الفرق الارتفاع الشعري h. كرر هذا القياس أربع مرات على الأقل.



الشكل /2-3/ مخطط لوسيلة قياس ارتفاع السائل في الأنبوب الشعري

خطوات العمل:

عاير الأدوات بتحديد الارتفاع الشعري للماء المقطر، وقارن النتيجة بالتوتر السطحي المستقل عن درجة الحرارة المعروفة - الجدول (1-3). أضف كمية كافية من الماء من أعلى أنبوب الاختبار بحيث يكون أسفل الأنبوب الشعري مغموساً بدقة فيه، ضع السدادة مع الأنبوب الشعري وثبتها بإحكام، بحيث تكون جميع أجزاء الأدوات مغمورة في الحمام المائي. انتظر لتسمح لجميعها أن تكون عند درجة حرارة ثابتة.

- خذ القياسات بدقة على الماء لسلسلة من درجات الحرارة في المجال (0- 40C°)، عن طريق درجة حرارة الحمام، واسمح للتوازن في كل مرة أن يتحقق.
- قس الارتفاع الشعري للغول (الكحول)، واستخدم الطريقة نفسها عند هذه الدرجات من الحرارة. لا تنسَ، بعد قياس كل مادة، أن تغسل الأنبوب الشعري مراراً.
- تأكد من أن الارتفاع الشعري يجب أن يكون عند الحد الأدنى للغول الوارد في الجدول (2-3) كتابع لدرجة الحرارة.
- بعد إجراء جميع القياسات، اغسل الأنبوب الشعري بوساطة الماء المقطر، وضعه في حوض التخزين.

الجدول (2-3): كثافة الأغوال عند درجات حرارة مختلفة.

Temperature (°C)	Methanol	Ethanol	n-Propanol
0	0.8100	0.8065	0.8193
10	0.8008	0.7979	-
20	0.7915	0.7894	0.8035
30	0.7825	0.7810	-
40	0.7740	0.7722	0.7875
50	0.7650	0.7633	-
60	0.7555	0.7541	0.7700
70	0.7460	0.7446	-
80	0.7355	0.7348	0.7520
90	0.7250	0.7251	0.7425
100	0.7140	0.7157	0.7325

إجراء الحسابات:

- احسب الارتفاع الشعري الوسطي لكل قياس على كل مادة، والانحراف العياري للمجموعة
- انطلاقاً من الكثافة الملائمة، والتوتر السطحي للماء،(الجدول (3-1)، وباستخدام تسارع الجاذبية الأرضية، احسب نصف قطر الأنبوب الشعري من العلاقة (3.3)، عند كل درجة حرارة. ينبغي عليك أن تعرف الكثافة التي ستستخدمها بحسب شروط التجربة.
- باستخدام العلاقة (3.4)، قدّر نصف قطر الأنبوب الشعري لإحدى درجات الحرارة من معطياتك. إذا كان حدّ التصحيح مهماً جداً، فمن أية ناحية يكون هذا مهمّاً في أثناء إجراء التجربة؟ علل ذلك.
- استخدم الكثافات المبينة في الجدولين (3-1)، و (3-2)، و العلاقة (3.3)، أو العلاقة (3.4)، لحساب التوتر السطحي للأغوال عند درجات حرارة مختلفة. افترض أن تحديد التوتر السطحي للماء يسمح بمعايرة الأدوات عند كل درجة حرارة.
- ارسم منحني تغير التوتر السطحي بدلالة درجة الحرارة

2- طريقة وزن القطرة:

تعتمد هذه الطريقة في حساب التوتر السطحي للسوائل على دراسة العلاقة بين عدد القطرات التي تسقط بشكل حر تحت تأثير الجاذبية الأرضية، والتوتر السطحي لهذه القطرات. تستخدم أداة بسيطة لهذا الغرض، وهي عبارة عن سحاحة معايرة.تسقط القطرات تحت تأثير ثقلها في بيشر، ويكون وزن القطرة في لحظة الانفلات من السحاحة متناسباً مع التوتر السطحي لها، أي:

$$m = K \cdot \delta \qquad (3.6)$$

حيث m كتلة قطرة السائل، K ثابت التناسب، δ - التوتر السطحي للسائل. إذا كان حجم القطرات الساقطة V ، وكثافتها ρ، فإن كتلة القطرة تعطى بالعلاقة:

$$m = \frac{v.\rho.g}{n} \qquad (3.7)$$

حيث g تسارع الجاذبية الأرضية، n عدد القطرات الساقطة من السائل .

بمساواة العلاقتين (3.6)، و (3.7)، نحصل على:

$$\delta = \frac{1}{K}\frac{v.\rho}{n}\,g \qquad (3.8)$$

تكتب العلاقة (3.8)، من أجل الماء المقطر، كما يأتي :

$$\delta_{H2O} = \frac{1}{K}\;\frac{V_{H2O}\cdot\rho_{H2O}}{n_{H2O}}\,g \qquad (3.9)$$

ننسب العلاقة (3.8)، والعلاقة (3.9)، فنجد أن:

$$\frac{\delta}{\delta_{H2O}} = \frac{\dfrac{V.\rho}{n}}{\dfrac{V_{H2O}\cdot\rho_{H2O}}{n_{H2O}}} \qquad (3.10)$$

إذا كان عدد القطرات متساوياً للسائل والماء ($n=n_{H2O}$)، فعندئذٍ يمكن حذفه من المعادلة السابقة. ولدينا $m= V.\rho$، فتصبح العلاقة (3.10)، على النحو:

$$\frac{\delta}{\delta_{H2O}} = \frac{m}{m_{H2O}} \qquad (3.11)$$

أو

$$\delta = \delta_{H2O}\frac{m}{m_{H2O}} \qquad (3.12)$$

حيث m- كتلة قطرات السائل المراد قياس توتره السطحي، m_{H2O} كتلة قطرات الماء المقطر، δ_{H2O} التوتر السطحي للماء عند درجة الحرارة المعتبرة.

الأدوات والمواد اللازمة:

سحاحة، بيشر، أرلنماير، ماصة، بالون معايرة 25ml،ميزان حساس. أغوال متنوعة(ميتانول – إيثانول – بروبانول،.....)

طريقة العمل:

حضر ستة محاليل للكحول في الماء بتراكيز مختلفة، وفق الجدول التالي:

رقم المحلول	حجم الكحول ml	حجم الماء المقطر ml	التركيز الحجمي للكحول	التركيز mol/L	كتلة 20gr قطرة مقدرة بالغرام	δ,dyn/cm
1	00	20	0	0		72.3
2	02	18				
3	04	16				
4	06	14				
5	08	12				
6	10	10				
7	15	05				

- ضع السائل المراد قياس توتره السطحي في سحاحة.
- زن بيشر فارغ على ميزان حساس.
- نقط في البيشر 20 قطرة من السحاحة، بحيث تكون سرعة تساقط القطرات ثابتة (قطرة كل 3-2 ثانية).
- زن البيشر مع المحلول، واحسب كتلة 20 قطرة من السائل.احسب التوتر السطحي لكل محلول من العلاقة (3.12).
- ارسم خطاً بيانياً يمثل تغيرات التوتر السطحي للمحلولδ،بدلالة التركيز المئوي الحجمي%.
- احسب تركيز كل محلول مقدراً بـ mol/L. علماً أن كثافة السائل معلومة.