كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الثانية**

المادة : الكيمياء الفيزيائية2

المحاضرة : **الخامسة** /عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم

2026

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

التجربة الثانية

لزوجة السوائل :

viscosity of liquids

هدف التجربة: تحديد لزوجة بعض السوائل وطاقة جريانها اللزج

مقدمة:

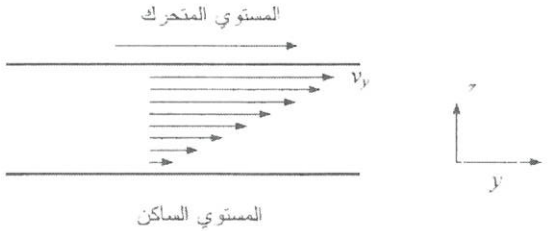
تبدي السوائل مقاومة لجريانها نتيجة لقوى التجاذب بين جزيئاتها. تدعى هذه المقاومة بقوة الاحتكاك الداخلي بين جزيئات طبقة السائل. لندرس ماذا يحدث للسائل المحصور بين مستويين متوازيين أحدهما يتحرك بسرعة ثابتة بالنسبة للآخر على المحور y، الشكل (3.3)، وتبقى المسافة بين المستويين ثابتة. إن طبقة السائل القريبة من المستوي المتحرك مباشرة سوف تنزاح بنفس سرعة هذا المستوي، بينما الطبقة القريبة من المستوي غير المتحرك تبقى ساكنة أيضاً.

تتعلق السرعة عادة بصورة خطية بالمسافة في المجال المحصور كما هو مبين في الشكل (3.3). يعبر عن تدرج السرعة أو تغيرها بدلالة المسافة العمودية على جهة الجريان بالمقدار dv_y/d_z، ويتحدد ثابت اللزوجة ζ (أو اللزوجة) من العلاقة الآتية:

$$f = -\zeta \frac{dVy}{dz} \qquad (3.13)$$

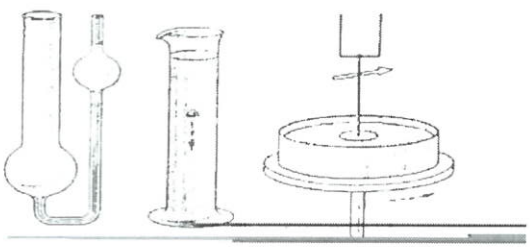
حيث f القوة على واحدة المساحة المسببة لتحريك أحد السطحين بالنسبة إلى الآخر. إن الإشارة السالبة متعلقة بجهة القوة f (إذا كانت f مع اتجاه المحور y، وإن السرعة v_y متناقصة في الطبقات الأخيرة وفقاً لابتعادها عن المستوي المتحرك، فإن القيمة dv_y/d_z سالبة).

- يعبر عن واحدة اللزوجة بالبواز (poise)، أو بالواحدة (kg/m.s)، في الواحدات الدولية، أما في الواحدات السّغثية فإنها تقدر بالباسكال x ثانية؛ أي أنّ: 10^{-1} NSm^{-2} = 10^{-1} pa.s. ويعبر عنها أيضاً في بعض القياسات بالسنتيبواز (cp).



الشكل /3-3/ تدرج السرعة في السائل الذي يؤدي إلى تحريك السائل

يمكن قياس اللزوجة بطرائق متعدّدة وبمساعدة الأجهزة الموضحة في الشكل -3) (4. ونستطيع من هذه الطرق تحديد سرعة جريان السائل في أنبوب شعري، أو سرعة سقوط كرة معدنية في السائل، وكذلك تحديد القوة اللازمة لدوران إحدى الاسطوانتين بسرعة زاوّية محددة. يمكن معرفة فيما كون الجريان اضطرابياً أو دوّاماً من حساب القيمة التي تدعى بعدد رينولد ويساوي $d\bar{V}\rho/\zeta$، من أجل سائل في أنبوب، حيث d قطر الأنبوب $\bar{V}$ السرعة المتوسطة للسائل على امتداد الأنبوب، ρ كثافة السائل، ζ اللزوجة. تظهر الحركة الاضطرابية والدوّامة عند سرعة الجريان التي توافق عدد رينولد أكبر من 2000، أن القوة المسببة لسقوط الجسم في السائل تساوي جداء الكتلة الفعّالة بتسارع الجاذبية الأرضية (حيث تطرح منها كتلة السائل الذي يزيحه هذا الجسم). أما القوة التي تؤدي إلى تباطؤ الحركة فتمثل جداءً ثابت الاحتكاك بالسرعة، ويساوي ثابت الاحتكاك f إلى قوة الاحتكاك العائدة إلى واحدة السرعة.



الشكل /4-3/ أجهزة قياس اللزوجة بطرق مختلفة

يبين العالم ستوكس، من أجل الجسم الكروي والجريان غير المضطرب أن $f=6\pi\zeta r$، حيث r نصف القطر، وإذا رمزنا إلى كثافة هذا الجسم بـ ρ ، وإلى كثافة الوسط بـ ρ_o، فيمكن أن نكتب من أجل القوة المؤدية إلى الحركة ما يلي: $f = \pi r^3 (\rho - \rho_o)g$ ، حيث $\frac{4}{3}$ تسارع الجاذبية. وإنّ قوة الاحتكاك $f(dX/dt) = 6\pi r \zeta (dX/dt)$ ، تساوي قوة الثقل عند السرعة الثابتة لسقوط الجسم الكروي في السائل؛ أي أن:

$$\frac{4}{3} \pi r^3(\rho - \rho_o)g = 6\pi r \zeta \frac{dx}{dt} \qquad (3.14)$$

وعليه:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{2r^2(\rho - \rho_o)g}{9\zeta} \qquad (3.15)$$

إن هذه الطريقة تعتبر مهمّة من أجل المحاليل المتمتعة بلزوجة عالية.

- يمكن تحديد اللزوجة أيضاً بطريقة الأنبوب الشعري الشكل (3-4)، باستخدام علاقة بواز التالية:

$$\zeta \frac{\pi r^4 \Delta P}{8VL} t \qquad (3.16)$$

حيث t زمن جريان السائل في الأنبوب الشعري (طوله L ونصف قطره r)، V حجم السائل، $\Delta \rho = \rho_1 - \rho_2$ ضغط السائل على نهايات الأنبوب الشعري، ولكن من الصعب عادة تحديد اللزوجة بصورة مطلقة بهذه الطريقة. لذا نستخدم طريقة التنسيب أو المقارنة. يتناسب الضغط في مقياس اللزوجة المؤدي إلى تحريك السائل في الأنبوب الشعري مع الفرق في ارتفاع السائل h وكثافة السائل ρ وتسارع الجاذبية الأرضية g، وبهذا الشكل إذا كان لدينا الحجم نفسه من سائلين يجريان في الأنبوب الشعري نفسه فيمكن أن نكتب:

$$\frac{\zeta_1}{\zeta_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2} \qquad (3.17)$$

وتسمح هذه العلاقة بتحديد لزوجة أحد السائلين إذا كانت لزوجة الآخر معلومة.

- تتناقص لزوجة أغلب السوائل بزيادة درجة الحرارة. وفقاً لنظرية الثقوب، يوجد في السائل فراغات تتوضع فيها الجزيئات وبنفس الوقت تنتقل فيما بينها بصورة مستمرة، تدعى هذه العملية بالجريان ويتطلب ذلك صرف طاقة نتيجة وجود طاقة تنشيط عملية انتقال الجزيئات ضمن الفراغات، وتتناقص قيمة هذه الطاقة بزيادة درجة الحرارة. يمكن التعبير عن تغير اللزوجة بتابعيه درجة الحرارة، بالعلاقة الآتية:

$$\zeta = A\exp(\Delta Ea/RT) \qquad (3.18)$$

حيث ΔEa تمثل طاقة تنشيط الجريان. يمكن كتابة هذه العلاقة بالشكل:

$$\ln \zeta = \ln A + \frac{\Delta Ea}{R}\frac{1}{T} \qquad (3.19)$$

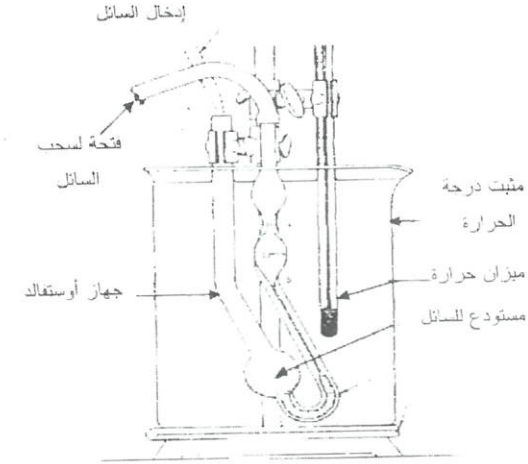
تسمح هذه العلاقة بتحديد طاقة الجريان، وذلك برسم تغيرات $\ln \zeta$ بتابعية $\frac{1}{T}$ ، ويمثل المنحني الناتج خطاً مستقيماً يساوي ميله $\Delta E_a/R$، حيث R ثابت الغازات العام. كما يعبر عن سيولة السائل Φ بمقلوب لزوجته.

الأدوات والمواد اللازمة:

جهاز أوستفالد، منظّم حرارة، ميقاتية، مقياس كثافة، بيشر سعة 100ml، سحاحة سعة 50ml، ميزان حرارة عادي، ماء مقطر، بنزن، رابع كلور الكربون، حمض الخل.

طريقة العمل:

- ركّب أجزاء التجربة كما هو مبين في الشكل (5-3).
- ضع حوالي 10ml من السائل المراد قياس لزوجته في المقياس بوساطة ماصة.
- نظم درجة الحمام المائي عند الدرجة $25C^{\circ}$، وضع المقياس في المنظم وانتظر حتى حصول التوازن الحراري (حوالي 15 دقيقة).
- صل الذراع الآخر للمقياس بوساطة أنبوب مطاطي موصول بجهاز تفريغ (يمكن إجراء عملية سحب السائل إلى الانتفاخ العلوي من المقياس بالفم إذا لم يكن السائل خطيراً).



الشكل /5-3/ الجهاز المستخدم

- اترك السائل ينساب بشكل حر، وسجّل الزمن اللازم لذلك بين السويتين b,a.
- كرر هذه العملية أكثر من مرّة.
- أعد القياسات نفسها من أجل السوائل الأخرى. (يجب غسل المقياس بعد كل عملية).
- أعد القياسات نفسها من أجل جميع السوائل عند درجات الحرارة 50,40,30 مئوية.

الحسابات والنتائج:

- احسب كثافة كل سائل باستخدام مقياس الكثافة، وذلك عند كل درجة حرارة.
- قس زمن جريان كل من الماء، والبنزن، ورابع كلور الكربون عند كل درجة حرارة.
- احسب لزوجة كل من البنزن، ورابع كلور الكربون عند كل درجة حرارة باستخدام العلاقة (3.17)، والجدول الملحق الذي يبين لزوجة بعض المركبات
- ارسم الخط البياني لتغير $\log\zeta$ بتابعيه $\frac{1}{T}$، واحسب طاقة تنشيط الجريان لكل سائل.
- نظم النتائج في جدول كالآتي، وناقشها.

المادة	30 C^o			40 C^o			50 C^o		
الماء		t			t			t	
البنزن									
Ccl4									
الطاقة									

مكتبة A to Z