كلية العلوم

القسم : **الكيمياء**

السنة : **الاولى**

المادة : فيزياء عامة١

المحاضرة :الرابعة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

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

مخبر الفيزياء العامة (1)	ت: 2025/12/20
/كلية العلوم/ س1/ قسم الكيمياء/ جامعة طرطوس	
التجربة الخامسة (5): اللزوجة	
Experiment 5 – Viscosity	

❖ الغاية من التجربة:

- **قياس عامل اللزوجة** لسائل لزج باستخدام طريقة ستوكس: بواسطة قياس السرعة الحدية لجسم كروي الشكل فيه.
- **To determine the coefficient of viscosity of a given viscous liquid: by measuring terminal velocity of a given spherical body (Stoke's Method)**

❖ المبدأ النظري:

• كيف تُعرّف اللزوجة؟

✓ **اللزوجة** هي خاصية **للمائع** (السائل أو الغاز) تتمثل **بمقاومة داخلية للحركة**؛ فهي تظهر:

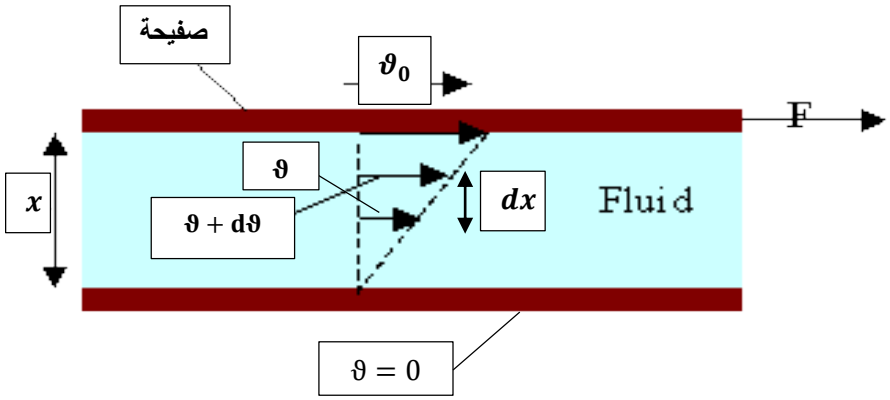
- عندما يكون السائل في حالة حركة (تظهر اللزوجة استجابةً لحركة لسائل)، وتقاوم الحركة النسبية بين طبقاته المختلفة.
- أو تظهر عند حركة جسم صلب في السائل، وتعمل على مقاومة حركة هذا الجسم.

✓ لنفرض أنه على سطح سائل، موجود في وعاء عريض جداً، توجد صفيحة مستوية كما في الشكل (1).

- بفرض أن الصفيحة تتحرك بسرعة ثابتة ϑ_0 تحت تأثير القوة $\vec{F}$ المماسة للسطح.
- تتحرك طبقة السائل الملامسة للصفيحة بسرعة الصفيحة، بينما للطبقات الدنيا من السائل سرعة أقل كلما كانت أعمق.
- ينتج تجريبياً أنَّ قوة F، يمكن أن تعطى بالعلاقة التالية:

$$F = S\eta \frac{\Delta\vartheta}{\Delta x} \qquad (*)$$

- S: مساحة سطح الصفيحة(مساحة طبقة السائل)، η: معامل التناسب، $\frac{\Delta\vartheta}{\Delta x}$: تناقص السرعة $\Delta\vartheta$ بين طبقتين من السائل المسافة بينهما Δx.



الشكل (1): يوضح تحديد معامل اللزوجة

- ومن أجل طبقات قريبة من بعضها البعض، نكتب $(*)$ بالشكل:

$$F = S\eta \frac{d\vartheta}{dx} \qquad (*)'$$

- يُسمى η بمعامل لزوجة السائل، **وتعرف اللزوجة بأنها**: قوى الاحتكاك الداخلي في السائل والناتجة عن حركات طبقات السائل بعضها فوق بعض.

- **المبدأ النظري لطريقة ستوكس:**

✓ من أجل تحديد لزوجة سائل قام ستوكس بدراسة حركة كرة صلبة وهي تسقط في سائل لزج، وكانت القوى المؤثرة على الكرة عبارة عن ثلاث قوى:

- وزن الجسم (ثقله: قوة جذب الأرض له)، وهي باتجاه الأسفل:

$$F_G = m_s g = \rho_s V g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g \quad (1)$$

- قوة دفع السائل (قوة الطفو)، وهي تساوي وزن السائل المزاح الذي حجمه من حجم المُسقطة، وهي باتجاه الأعلى:

$$F_B = m_L g = \rho_L V g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_L g \quad (2)$$

- قوة الاحتكاك الناتجة عن لزوجة السائل، وهي دائما بعكس الحركة، وهي هنا باتجاه الأعلى

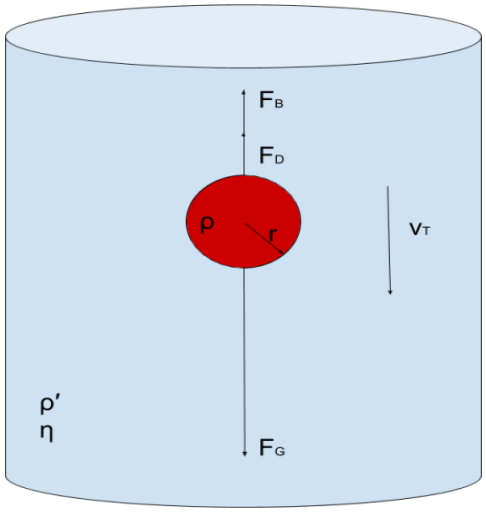
$$F_D = 6\,\eta\,\pi\,r\,\vartheta \quad (3)$$

- وبحسب ستوكس تصل الكرة إلى **سرعة منتظمة**: $\vartheta = \vartheta_T = \frac{l}{t}$ بعد قطعها في السائل مسافة معينة ، l وتصبح في حالة **توازن حركي**، وبالتالي تكون **محصلة القوى تساوي الصفر**:

$$\overrightarrow{F_G} + \overrightarrow{F_B} + \overrightarrow{F_D} = 0 \quad (4) \quad \Rightarrow F_1 - F_2 - F_3 = 0 \quad (5)$$

وبالتعويض عن القوى الثلاث كلٌّ منها بقيمتها، وحل المعادلة بالنسبة لمعامل اللزوجة η، يصبح لدينا:

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{r^2}{\vartheta_T}\, g\,(\rho_s - \rho_L) = \frac{2}{9}\frac{r^2}{l}.t.g\,(\rho_s - \rho_L) \quad (6)$$



- η : معامل اللزوجة (ويقدر ب: $\boldsymbol{P = \frac{dyn.s}{cm^2}}$)، ونسمي واحدة قياس معامل اللزوجة بالجملة السغثية **بالبواز**، وبالتعريف هو: قوة الاحتكاك الداخلي المساوية ل $1\ dyn$ بين طبقتين من السائل مساحة سطح كل منهما $1\ cm^2$ وعلى مسافة $1\ cm$ وفرق السرعة بينهما $1\ cm/s$.
- r: نصف قطر الكرة (ويقدر ب: $\boldsymbol{cm}$).
- ϑ_T: السرعة النهائية للكرة في السائل (ويقدر ب: $\boldsymbol{cm/s}$).
- g: تسارع الجاذبية الأرضية، ونأخذها في هذه التجربة مساوية إلى: $\boldsymbol{980\ cm^2/s}$.
- ρ_s: كثافة الكرة الصلبة، ولتكن من الزجاج، وعند الدرجة 20° تكون مساوية ل: $\boldsymbol{2.60\ g/cm^3}$.
- ρ_s: كثافة السائل، وليكن الغليسرين، وعند الدرجة 0° تكون مساوية ل: $\boldsymbol{1,26\ g/cm^3}$.

- **الأدوات المستخدمة:**

تتكون الأدوات اللازمة لإجراء التجربة من:

1. أنبوب زجاجي طويل (أو أسطوانة مدرجة) مملوء بالسائل اللزج (الغليسرين).
2. كرات صغيرة صلبة متماثلة (عادةً من الزجاج أو الصلب).
3. أدوات قياس الأبعاد: ميكرومتر أو قدمة ذات ورنية لقياس قطر الكرة.
4. أدوات قياس الزمن: ساعة إيقاف دقيقة لقياس الزمن t اللازم لقطع مسافة محددة.
5. ميزان حرارة لقياس درجة حرارة السائل، لضرورة تسجيلها عند حساب اللزوجة.

- **طريقة العمل:**

يتم إجراء التجربة وفقاً للخطوات التالية لضمان الحصول على قياسات دقيقة للسرعة الحدية:

1. التحضير الأولي:

- قم بقياس قطر الكرة $2r$ بميكروميتر ذو دقة $0.01\ mm$ ،ومن ثم احسب نصف القطر.(سجل النتائج بال cm: التحويل من ال mm إلى ال cm بالضرب ب 10^{-1}).
- قم بقياس وتسجيل درجة حرارة السائل، حيث أن اللزوجة تتأثر بشكل كبير بالحرارة.
- حدد نقطتين على الأنبوب الزجاجي، ولتكن A وB، ثم قس المسافة بين الاشارتين باستخدام مسطرة (دقتها: $1\ mm$) ولتكن l.

ملاحظة: يجب أن تكون النقطة A بعيدة بما فيه الكفاية عن سطح السائل (بحدود 15 cm) لضمان وصول الكرة إلى السرعة الحدية قبل الوصول إلى هذه النقطة المعتبرة.

2. إسقاط الكرة وقياس الزمن:

- أسقط الكرة برفق في مركز سطح السائل.
- ابدأ تشغيل ساعة الإيقاف عندما تمر الكرة بالنقطة A.
- أوقف ساعة الإيقاف عندما تمر الكرة بالنقطة B.
- سجل الزمن t المستغرق لقطع المسافة l (دقة الميقاتية: 0.01 s).

- **الحسابات والنتائج:**

1. رتب النتائج في جدول كالتالي:

رقم التجربة	$2r(cm) * 10^{-1}$	$r^2(cm)$	$l(cm)$	$t(s)$	$\vartheta_T = l/t$
1	6.330		60	27.95	
2	7.355			21.30	
3	8.345			16.89	
4	9.300			13.81	
5	10.305			11.56	

2. ارسم على ورقة ميلمترية الخط البياني لتحولات ϑ_T بدلالة r^2 (خط مستقيم يمر من مبدأ الاحداثيات).

3. احسب ميل الخط المستقيم السابق بتطبيق العلاقة:

$$slop = \frac{\vartheta_{T_2} - \vartheta_{T_1}}{r^2{}_2 - r^2{}_1} \qquad (7)$$

4. احسب معامل اللزوجة من العلاقة:

$$\eta = \frac{2}{9}\frac{1}{slop}\, g\,(\rho_s - \rho_L) \qquad (8)$$

5. احسب بطريقة القياسات غير المباشرة الارتياب النسبي والمطلق المرتكبين في قياس η وذلك لأحد التجارب السابقة (اختر تجربة من التجارب من 1←5)، واكتب النتيجة بالصيغة:

$$\eta_0 = \eta \pm \Delta\eta$$

مكتبة A to Z