



جامعة سامراء

كلية العلوم التطبيقية

قسم التقانات الاحيائية

المرحلة الأولى

المحاضرة / اللزوجة في السوائل والغازات

المادة : فيزياء طبية (نظري)

إعداد الأستاذ : محمد شهاب أحمد الخزرجي

اللزوجة: هي مقاومة مائع ما للجريان، ومقدار مقاومته لضغط يجبره على التحرك والسيلان . كلما زادت لزوجة مائع ما، قلت قابليته للجريان .وبالنسبة للسوائل، فإن اللزوجة تكافئ المصطلح الدارج بـ"الثخانة ."فالعسل ثخن عال اللزوجة، والماء سلس متدني اللزوجة. تكون جزيئات سائل عالي اللزوجة مرتبطة ببعض بشكل قوي، وبذلك تكون أقل قدرة على التحرك. ويكبر احتكاكها بالجسم الصلب الملامس لها، ويمكن وصف اللزوجة بأنها احتكاك داخلي بين جزيئات السائل.

نلمس اللزوجة في حياتنا اليومية مثل سقوط ملعقة في عسل النحل أو سقوط قطعة حديد في قطران ، وكذلك جريان الماء داخل أنابيب المياه ، ما يحدث أثناء ذلك من مقاومة للحركة متعلق بلزوجة السائل. و هي خاصية مهمة من خصائص الموائع وبها يقاوم المائع التغير في الشكل الناتج من تأثير قوى القص المؤثره عليه.

تنساب بعض السوائل بسهولة مقارنة بغيرها في الماء مثلا سائل اخف من زيت المحركات لانه ينساب بسهولة وهذا يعني ان لكل سائل خاصية تتحكم بمعدل سريانه هذه الخاصية في الواقع هي ما يعرف باللزوجة ولا تختصر اللزوجة على السوائل فقط وانما تعم كل المواد اي السوائل والغازات وبها تتعين سهوله انسياب المائع ويمكن اعتبارها مقياس لمدى مقاومه الماء لقوه القص التي تحاول تحريف شكله .

تأثير درجة الحرارة على اللزوجة:

تتأثر اللزوجة بدرجة كبيره بدرجة الحرارة في تقليل لزوجه السوائل بزياده درجة الحرارة وتزيد اللزوجة لجميع الغازات بين ارتفاع درجة الحرارة ويرجع ذلك الى ان قوه التماسك بين جزيئات السائل تقل بزياده درجة الحرارة وبالتالي تقلل اللزوجة اما في الغازات ويؤدي ارتفاع درجة الحرارة الى زياده كميته حركه الجزيئات .

نفرق عمليا بين اللزوجة الدينامية (اللزوجة الحركية) للمائع واللزوجة الكينماتية:

تبين اللزوجة الحركية (اللزوجة الدينامية) لسائل مقدار مقاومة السائل للجريان (السيلان) عند حركته وعلاقة هذه المقاومة بدرجة حرارة السائل .

فكلما زادت الحرارة، تقل اللزوجة الحركية ويصبح السائل أكثر ميوعة. يعود السبب في ذلك إلى قوى التماسك بين الجزيئات والتي تطغى على انتقال العزم الجزيئي بين هذه الجزيئات، وهذا أيضا بسبب تقارب الجزيئات بشكل كبير (هذا يفسر سبب صغر حجم السوائل مقارنة بالغازات). عند تسخين السائل، فإن قوى التماسك بين الجزيئات تقل وبالتالي تقل قوى التجاذب بينها، مؤدية بالنهاية إلى تقليل لزوجة السائل. من جهة أخرى، كلما زادت سرعة التدفق ارتفعت اللزوجة، أي أن مقاومة السائل للسير بالحركة تزداد مع ازدياد الضغط.

ويسمى ثابت التناسب η اللزوجة الحركية وأحيانا يقال لها اللزوجة. اللزوجة في السوائل أكبر منها بكثير عن الغازات بسبب زيادة قوى التجاذب في السوائل. وعندما تكون لا تعتمد على السرعة، يسمى السائل سائل نيوتوني إشارة إلى نيوتن. وبالنسبة لهذا السائل تتناسب سرعة كل طبقة سائل بين اللوحين تناسباً طردياً. أما إذا كانت تتغير بتغير السرعة v (دالة للسرعة) فيسمى السائل سائل لا نيوتوني.

اللزوجة الكينماتيكية:

نحسب اللزوجة الكينماتيكية، ويرمز لها بالرمز "نيو" ν بقسمة اللزوجة الحركية على كثافة ρ السائل:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

وبذلك تحتسب اللزوجة الكينماتيكية بوحدة أخرى وهي: متر²/ثانية. كما تستخدم أحيانا للزوجة الكينماتيكية وحدة اسمها ستوكس..

العوامل المؤثرة في اللزوجة:

١- درجة الحرارة: تقل اللزوجة بارتفاع درجة الحرارة لان زيادة درجة الحرارة

يزيد من حركة الجزيئات فتقل نسبياً قوى التجاذب بين الجزيئات، فاذا قل

التجاذب قلت اللزوجة.

- ٢- الوزن الجزيئي: تزداد اللزوجة بازدياد الحجم الجزيئي (الوزن الجزيئي) في المركبات المتجانسة من نوع واحد.
- ٣- قوى التجاذب: قوى الجذب بين الجزيئات تعتبر مقياس مبدئي للزوجة السوائل ، فكلما زاد التجاذب بين الجزيئات تزداد صعوبة حركة الجزيئات وبالتالي تزداد لزوجة السائل.
- ٤- وجود مواد ذائبة: المواد المذابة في السائل تؤثر في اللزوجة، فمثلا وجود السكر في الماء يزيد من لزوجة الماء .
- ٥- الضغط: بزيادة الضغط على السائل تزداد قوى التجاذب بين جزيئات السائل ، وبالتالي تزداد اللزوجة بعض الشيء.
- ٦- شكل الجزيء وتركيبه: فالجزيئات الكبيرة وغير المنتظمة الشكل تكون أكثر لزوجة من الجزيئات الصغيرة المتماثلة في الشكل .

القياس:

قياس اللزوجة إذن يتم عبر القيام بتجربة يتم في ضغط سائل معين تحت تأثير قوة خارجية عبر أنبوب ذو قطر محدد، ويقاس عندها كمية السائل الذي يخرج في وقت معين .لتكون وحدة قياس اللزوجة بال نيوتن.ثانية /متر مربع .أو بالباسكال ثانية (Pa s)حيث النيوتن/متر مربع يساوي 1 باسكال.

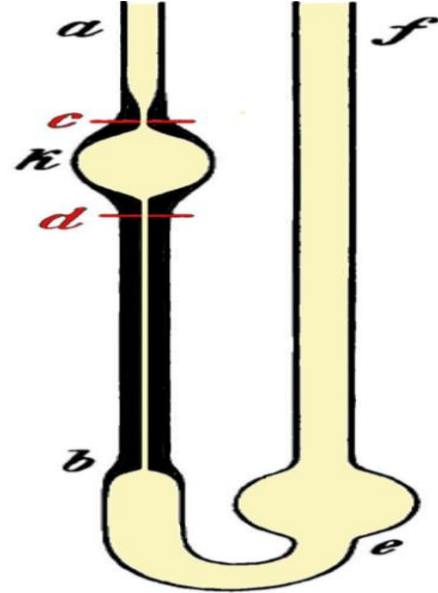
لوصف لزوجة سائل نحتاج إلى تحريك شيء فيه .وتوجد أنواع كثيرة من أجهزة قياس اللزوجة تختلف فيها طرق القياس.

مقياس اللزوجة بطريقة الكرة الساقطة:

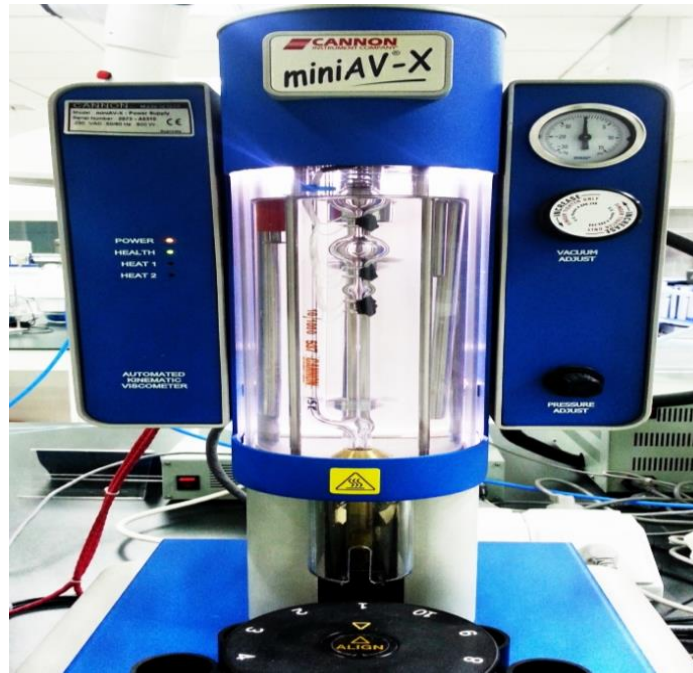
تعتمد طريقة القياس هذه على قانون ستوكس. يوضع السائل المراد تعيين لزوجته في أسطوانة قياس ذات نصف قطر معلوم .في حالة استخدام نوع هوبلر من مقياسات اللزوجة بواسطة الكرة الساقطة تسقط كرة ذات نصف قطر معلوم R في السائل .تتأثر سرعة سقوط الكرة في السائل بتوازن يحدث بين قوة الجاذبية التي تسحبها إلى أسفل وقوة الاحتكاك بين الكرة والسائل، فيكون

استمرار سقوط الكرة في السائل ذو سرعة منتظمة حتى قاع الأسطوانة.

مقياس اللزوجة بالأنبوبة الشعرية:



مقياس أوستوالد



مقياس أتوماتيكي

فكرة القياس بهذه الطريقة هي مرور السائل المراد تعيين لزوجته في أنبوب رفيع .يستخدم حجم محدد V من السائل ويترك مارا تحت ضغط ثابت p خلال الأنبوب الشعري يبلغ طوله l ونصف قطره r ويعين زمن t مرور السائل في الأنبوب .يمكن بهذا تعيين اللزوجة الكينماتية للسائل، كحاصل ضرب الزمن بالثوان في «ثابت الأنبوبة الشعرية.»

من هذا النوع لمقياس اللزوجة يوجد «مقياس أوستوالد» و «مقياس أوبيلوده» أو «الأنبوبة الشعرية كانون-فينسكه.» وطبقا لقانون هاجن-بوازوي تتناسب اللزوجة الكينماتية تناسباً طردياً مع زمن السريان t :

$$v = K \cdot t$$

حيث: K هي «ثابت الأنبوبة الشعرية» وهي تعتمد على بنية مقياس اللزوجة المستخدم ؛

وإذا أردنا حساب اللزوجة الدينامية

$$\eta = \rho \cdot K \cdot t$$

حيث:

$$\eta = \text{اللزوجة الدينامية بوحدة باسكال} \cdot \text{ثانية}$$

$$v = \text{اللزوجة الكينماتية بوحدة متر}^2/\text{ثانية}$$

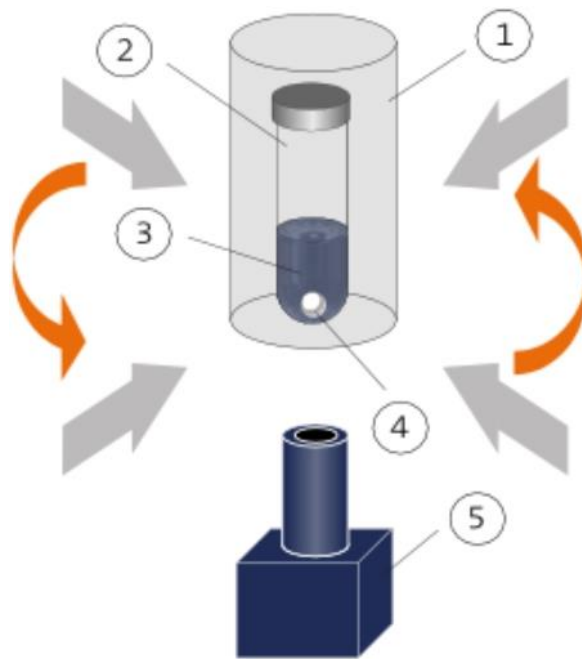
$$\rho = \text{الكثافة}$$

يجب عدم الخلط بين مقياس اللزوجة بالأنبوبة الشعرية وبين مقياس ريومتر بالضغط العالي، الذي يستخدم في تعيين الخصائص الريومترية للمواد عالية اللزوجة.

مقياس اللزوجة EMS

هو جهاز لقياس اللزوجة عن طريق تدوير كرة في سائل، حيث يتم تدويرها تحت فعل مجال كهرومغناطيسي دوار خارجي. يتم تعيين لزوجة السائل عن طريق مشاهدة سرعة

دوران كرة من الألمونيوم تحت تأثير مجال كهرومغناطيسي خارجي. ينشأ المجال المغناطيسي الدوار من مغناطيسين متقابلين موصولين بذراع دوار، يدوران حول العينة. يوضع السائل (3) المراد تعيين لزوجته في أنبوب اختبار (2). (وتوضع كرة من الألمونيوم صغيرة (4) في السائل. يوجد الأنبوب في غرفة (1) مضبوطة درجة حرارتها، ويضبط الأنبوب بحيث يقع في الوسط بين المغناطيسين. بتدوير المغناطيسين يتسبب في نشأة تيار دوامي كهربائي في كرة الألمونيوم. وتتولد قوة لورينتز



طريقة قياس اللزوجة عن طريق تدوير كرة بالإثارة الكهرومغناطيسية.

الناشئة عن تفاعل المجال المغناطيسي مع التيارات الدوامية المتولدة في الكرة فتدير الكرة. وتعتمد سرعة دوران الكرة في السائل على سرعة دوران المجال المغناطيسي الخارجي، وعلى شدة المجال المغناطيسي، وعلى لزوجة السائل. ترصد حركة الكرة بواسطة كاميرا فيديو (5) موضوعة أسفل الغرفة. القوة المؤثرة على الكرة تتناسب مع فرق سرعة الدوران للمجال

المغناطيسي ΩB وسرعة دوران الكرة ΩS . وبناءً على ذلك توجد علاقة خطية بين $(\Omega B - \Omega S) / \Omega S$ (وبين لزوجة السائل).

قام بابتكار هذا المقياس الحديث للزوجة العالم الفيزيائي الياباني «ساكاي» مع زملائه من جامعة طوكيو .

ويختلف مقياس اللزوجة EMS عن مقياسات لزوجة أخرى دوارة في ثلاثة خصائص:

- 1- جميع أجزاء المقياس التي تتلامس مع العينة يمكن الحصول عليها بسهولة وبتكلفة قليلة،
- 2- تجرى عملية القياس في غرفة (خلية) معزولة مضبوطة درجة حرارتها،
- 3- يحتاج مقياس اللزوجة EMS إلى مقدار قليل من عينة السائل (تبلغ 3 و 0 مليلتر)

لزوجة الغازات:

للغازات أيضا لزوجة يمكن مراقبة نبض جريان تحت المجهر . حيث أن لزوجة الغازات لا تتعلق بالضغط بل بمعدل الطول البعدي لجزيئات الغاز . لكن في الغاز تحدث الظاهرة بشكل معاكس عند دراسة تأثيرات درجة الحرارة . تزداد لزوجة الغازات بزيادة درجة حرارتها . السبب في ذلك يتعلق أيضا بحركة الجزيئات والقوى بينها . في الغازات تكون قوى التماسك بين الغازات أقل، بينما انتقال العزم الجزيئي أعلى . عند زيادة درجة الحرارة يزداد انتقال العزم الجزيئي أكثر وهذا يؤدي إلى زيادة لزوجة الغاز.

معامل اللزوجة:

هو القوة لكل وحدة مساحة المطلوبة للحفاظ على وجود اختلاف في سرعة وحدة مسافة واحدة لكل وحدة زمنية بين مستويين متوازيان في السائل يقعان في اتجاه التدفق وبينهما وحدة مسافة واحدة.