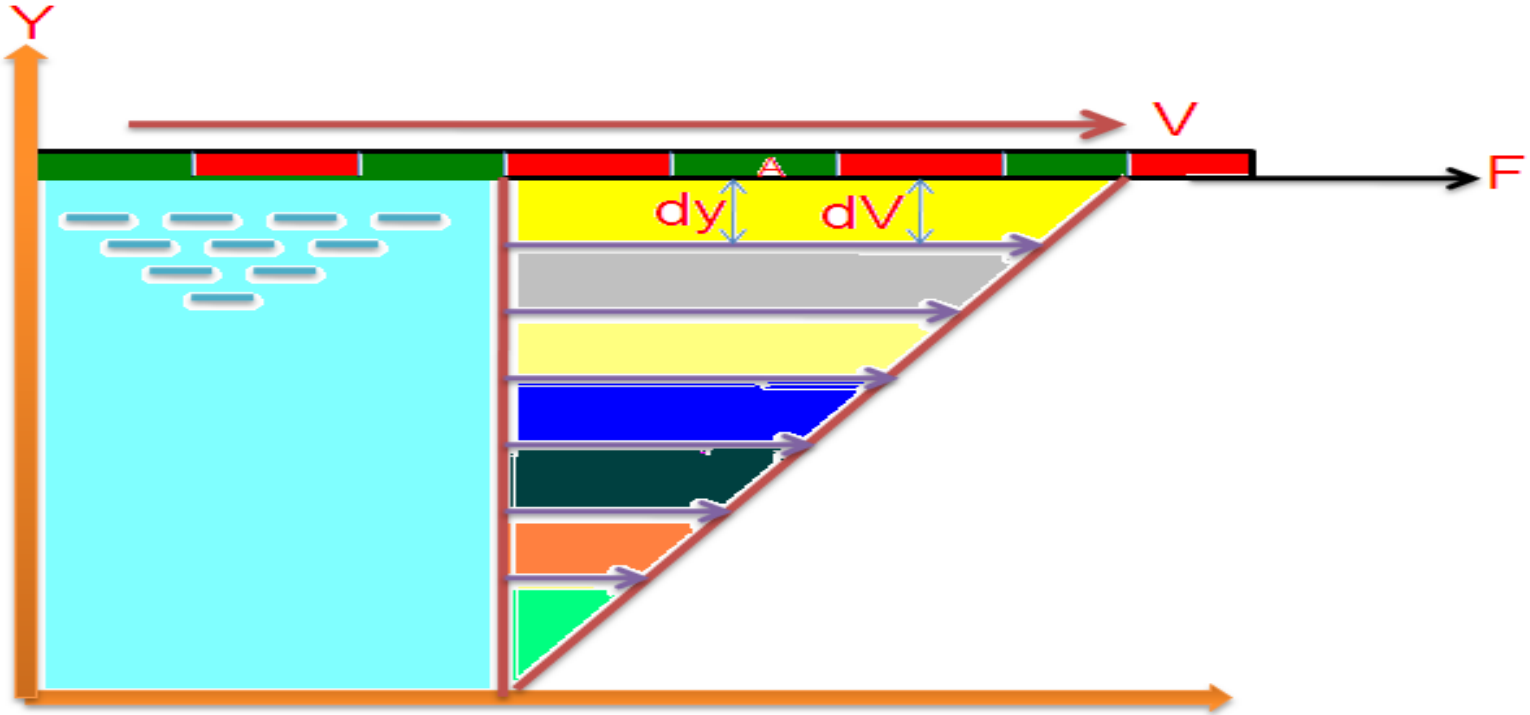
اللزوجة : The Viscosity

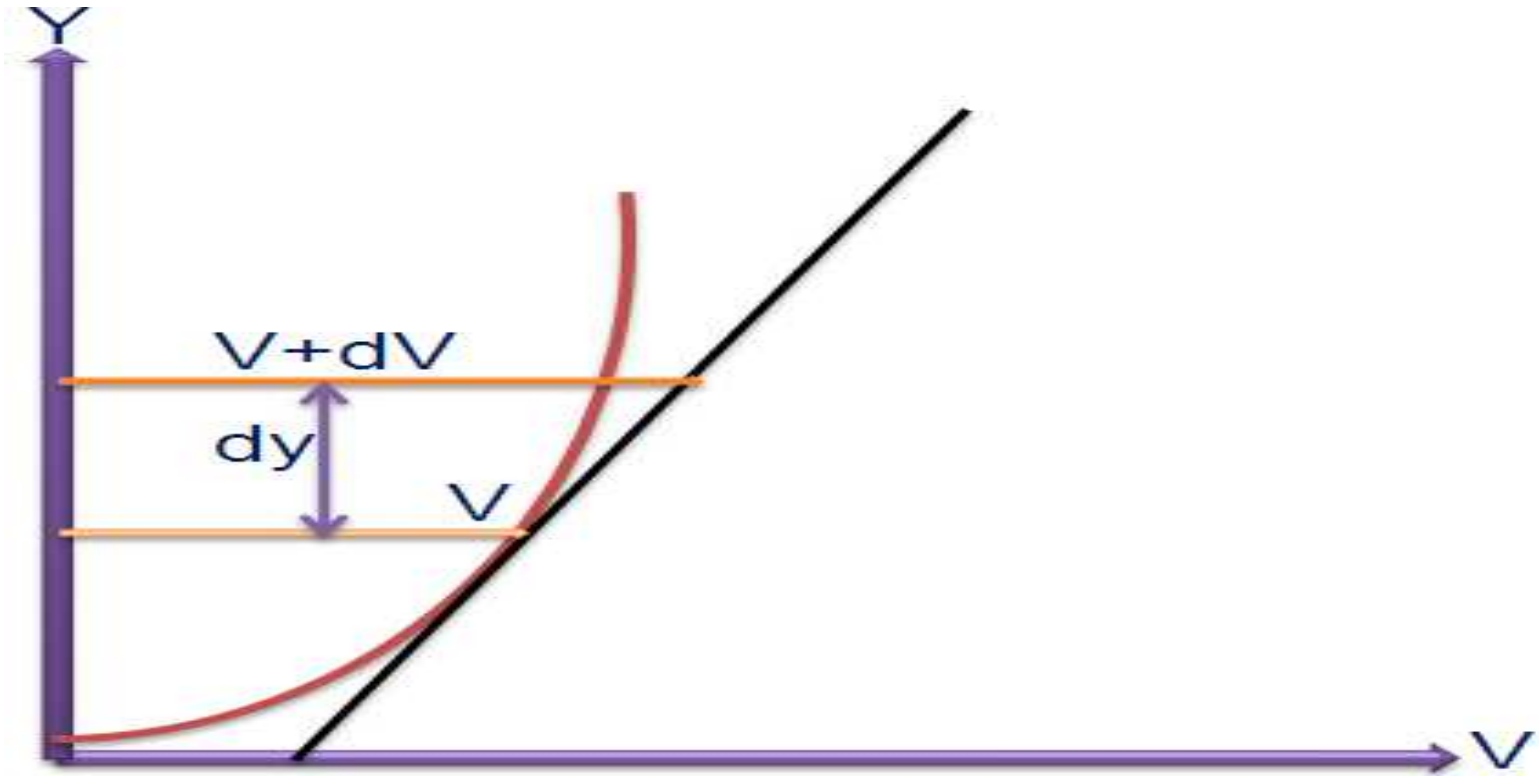
اللزوجة الديناميكية: The Dynamic Vescosity

اللزوجة خاصية هامة من خصائص الموائع (السوائل والغازات) وبها يقاوم المائع التغير في الشكل الناتج من تأثير قوى القص المؤثرة عليه. اعتبر الآن طبقة من المائع بين لوحين مستويين متوازيين كما في الشكل أدناه، بحيث يثبت اللوح السفلي ويتحرك اللوح العلوي بسرعة منتظمة V تحت تأثير قوة قص مقدارها F.



في البداية قبل الحركة مباشرة تكون كل جزيئات المائع في سكون وبعد أن يأخذ اللوح العلوي سرعته المنتظمة V تتحرك كل جزيئات المائع الملاصقة لهذا ا للوح بنفس السرعة V بينما تظل الجزيئات الملاصقة للوح الثابت في سكون وطبقات المائع بين اللوحين تتراوح سرعتها من صفر إلى V.

وإذا كانت المسافة بين اللوحين صغيرة فان توزيع سرع طبقات المائع سوف يكون خطيا تقريبا كما في الشكل أدناه. وإذا كانت مساحة اللوح المتحرك هي A والفرق بين سرعتي طبقتين من المائع بينهما مسافة dy هو dv فان إجهاد القص (F/A) يتناسب مع انحدار السرعة (dV/dy) وهو مقدار ثابت لان توزيع السرع خطيا، أي أن:



$$\frac{F}{A} \alpha \frac{dV}{dy}$$

أذن:

$$\frac{F}{A} = \eta \frac{dV}{dy}$$

$$F = \eta A \frac{dV}{dy}$$

ويسمى ثابت التناسب η بمعامل اللزوجة الديناميكية أو اللزوجة المطلقة "ويعرف بأنه القوة المماسية المقاومة لحركة المائع بين طبقتين مساحتهما المشتركة هي وحدة المساحة وانحدار السرعة بينهما يساوي الوحدة" ويعتمد معامل اللزوجة على طبيعة السائل ودرجة الحرارة. أما إذا كانت المسافة بين اللوحين كبيرة فان توزيع سرع طبقات المائع لا يكون خطيا ويصبح المقدار (dV/dy) مقدارا متغيرا كما في الشكل السابق. ووحدات معامل اللزوجة في النظام العالمي للوحدات هي ($N.S/m^2$) أو (Kg/m.S)، ووحداتها في النظام الفرنسي (c.g.s) هي (g/cm.S) أو ($dyne.S/cm^2$) وتسمى بواز (Poise)، أي إن:

$1Poise=(dyne.S/cm^2)=10^{-1}Pa.S$

<u>مثال:</u> يتحرك لوح خفيف من المعدن مساحة سطحه $100cm^2$ فوق طبقة من زيت معامل لزوجته 1.55Pa.S سمكها 2mm. احسب القوة الأفقية اللازمة لتحريك هذا اللوح بسرعة منتظمة مقدارها 3cm/S.

الحل:

$$F = \eta A \frac{dV}{dy}$$

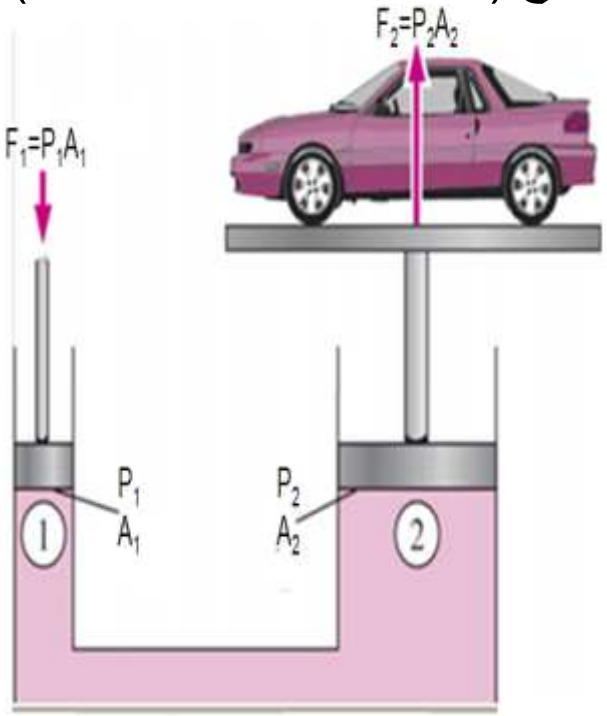
حيث أن طبقة الزيت سمكها صغير فيمكن اعتبار أن انحدار السرعة.

$(dV/dy) =(0.03/0.002)=15S^{-1}$

$F=1.55x100x10^{-4}x15=0.23N$

قاعدة باسكال: Pascal Principle

إن الضغط في داخل سائل مثالي، يزداد خطيا مع العمق. وعليه، فان أية زيادة تحدث في الضغط عند سطح سائل موجود في داخل منطقة مغلقة، تنتقل إلى أجزاء السائل، والى جدران الوعاء الذي يحتويه. وقد تم استغلال هذه الخاصية في عمل الأجهزة التي تعمل بالضغط مثل الرافعات والمكابس الهيدروليكية، وذلك من اجل الحصول على قوة كبيرة باستخدام قوة صغيرة. الشكل التالي يوضح مكبسا بسيطا، يتكون من اسطوانة صغيرة (المكبس الصغير) تتصل باسطوانة كبيرة (المكبس الكبير). تملا الاسطوانتان بسائل (غالبا ما يكون الزيت) يثبت عليها مكبسان. فإذا فرضا أن A_1 و A_2 تمثلان مساحتي مقطع المكبسين. فإذا لم تؤثر على المكبسين أية قوة، فان سطح السائل في الأنبوبتين سيكون عند نفس الارتفاع (بشرط إهمال وزن المكبسين).



وعندما تؤثر قوة خارجية مقدارها F_1 على المكبس 1 فان المكبس 2 سوف يدفع إلى الأعلى ما لم تؤثر عليه قوة مقدارها F_2. إن أية قوة مؤثرة على المكبس 1 يجب أن تعادل بقوة مساوية لها في التأثير في جميع أنحاء السائل، لان عدم تحقيق ذلك سيؤدي إلى انسياب السائل. وهذا الموضوع صاغه العالم الفرنسي باسكال بالقاعدة الآتية: " إذا سلط ضغط على سائل محصور فان الضغط ينتقل إلى كل نقاط السائل والجدران بصورة متساوية، بشرط أن يكون السائل ساكنا ". أي أن الضغط سيكون متساويا في جميع نقاط السائل الساكنة (غير المتحركة). ويمكن إيجاد قيمة القوة F_2 اللازمة للاتزان مع القوة F_1، وذلك بإيجاد الضغط الإضافي في السائل الناتج عن القوة F_1 وكما يأتي:

$$\Delta P = \frac{F_1}{A_1} \qquad (1)$$

إن هذه الزيادة في الضغط ستنتقل إلى المكبس 2، أي أن:

$$\Delta P = \frac{F_2}{A_2} \qquad (2)$$

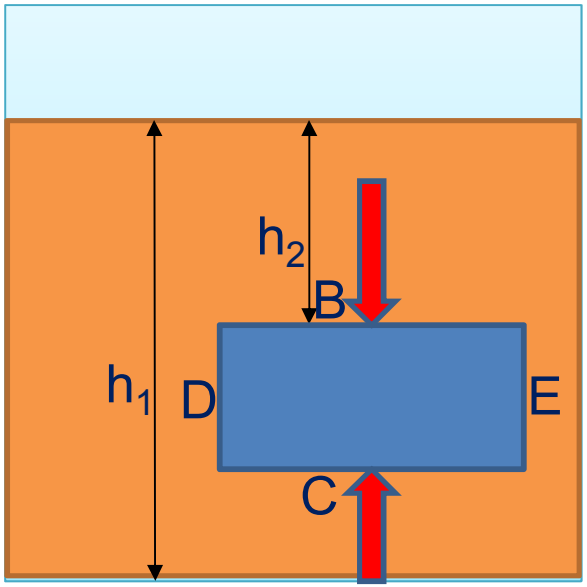
وبمساواة المعادلتين 1و2 :

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \qquad (3)$$

ومن المعادلة 3 نحصل:

$$F_2 = \frac{A_2}{A_1} F_1 \qquad (4)$$

إن القوة F_2 تساوي القوة F_1 مضروبا بعامل (A_2/A_1) أي أن مقدار الربح في القوة تحدده النسبة (A_2/A_1) فكلما كانت A_2 اكبر من A_1 أمكن الحصول على ضغط اكبر. لهذا فان مثل هذا المكبس سيكون قادرا على رفع ثقل اكبر أو تسليط ضغط اكبر باستخدام قوة صغيرة.



قاعدة ارخميدس: Archimedes Principle

تنص " إذا غمر جسم كليا أو جزئيا في سائل فانه يفقد من وزنه بمقدار يساوي وزن السائل الذي أزاحه الجسم ". إن الفقدان في الوزن سببته قوة دفع السائل للجسم إلى الأعلى والتي تسمى قوة الطفو (Buoyant Force). من المعلوم أن ضغط السائل عند الوجه C أكبر من الضغط عند الوجه B وذلك لأن الوجه C يقع على عمق أكبر من الوجه B ومن المعلوم من دراستنا السابقة أن الضغط يزداد مع زيادة الارتفاع h . أما الوجه D والوجه E فإن الضغط عليهم متساوي في المقدار ومختلف في الاتجاه ولذلك يمكن القول بأن محصلة الضغط عليهم تساوى صفر.

إذا كان الضغط عند C هو P_1 ومساحة مقطع الوجه C هو A فإن القوة تعطى بالعلاقة:

$$F_1=P_1A=\rho gh_1A$$

حيث ρ كثافة السائل. أما القوة عند الوجه B فهي:

$$F_2=P_2A=\rho gh_2A$$

إذن محصلة القوة هي عبارة عن الفرق بين القوتين:

$$\Delta F=F_1-F_2=\rho gh_1A-\rho gh_2A=(h_1-h_2)\rho gA$$

ولكن حجم الجسم V يساوى مساحة مقطعه A والارتفاع الذي يمثل هنا الفرق في عمق الوجه C والوجه B.

$$V=(h_1-h_2)A$$

$$\Delta F=V\rho g$$

وحيث أن الكتلة تساوي الحجم في الكثافة:

$$m=\rho V$$

$$\Delta F=mg$$

إذن قوة الطفو يساوى وزن السائل المزاح وهذا يتفق مع قاعدة ارخميدس. إن قاعدة ارخميدس تنطبق على جميع الأجسام الطافية والمغمورة مهما كان شكلها. ويجب ملاحظة النقاط المهمة الآتية حول هذه القاعدة المهمة:

1. تنطبق قاعدة ارخميدس على جميع الأجسام الطافية والمغمورة جزئيا أو كليا مهما كان شكلها.
2. أن قاعدة ارخميدس تمكننا فقط من إيجاد قيمة قوة الطفو، ولا تمكننا من إيجاد قيمة محصلة القوى المؤثرة على الجسم.

وبناءا على هذه النقطة الأخيرة فان الجسم سيغطس إذا كان وزنه اكبر من قوة الطفو بينما سيطفو الجسم إذا كان وزنه اقل من قوة دفع السائل له إلى الأعلى.