جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار – كلية العلوم
قسم الفيزياء

اسم المادة: الفيزياء العامة

المستوى الدراسي: الدراسات الاولية (البكالوريوس)

المرحلة: الاولى

المحاضرة رقم (6)

اسم المحاضرة: خواص الموائع Fluid Properties

مدرس المادة

م. احمد مظفر احمد

خواص الموائع Fluid Properties

1-6 مقدمة

2-6 الضغط Pressure

القوة التي يؤثر بها المائع "سائل أو غاز" على سطح ما (الإناء الذي يحويه أو جسم مغمور فيه) تكون دائماً قوة عمودية علي السطح.

فالمائع الساكن لا يمكن أن يبذل قوة مائلة أو مماسية علي سطح معين، ولكن لا بد أن تكون عمودية علي السطح.

لذلك توصف القوة التي يؤثر بها المائع علي سطح معين عن طريق كمية فيزيائية تسمي الضغط.

ويعرف الضغط P بأنه مقدار القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحات من السطح.

ويكتب رياضياً على الصورة: $\boxed{P = \frac{F}{A}}$

حيث أن A مساحة السطح.

ويقاس الضغط في النظام الدولي للوحدات بوحدة نيوتن/م^2 وتسمي باسكال.

وعملياً تعد هذه الوحدة صغيرة جداً، لذلك يستخدم البار بدلاً منها حيث أن الواحد بار يساوى 10^5 باسكال.

وقيمة الضغط عند نقطة داخل سائل علي عمق h من سطحه تعطى من العلاقة: $\boxed{P = P_0 + \rho g h}$

حيث أن ρ هي كثافة السائل، g هي تسارع الجاذبية الأرضية، أما P_0 فهو الضغط الجوي.

الضغط الجوي P_o يعرف على أنه وزن عمود من الهواء مساحة مقطعه وحدة المساحات وارتفاعه يعادل سمك الغلاف الجوي.

وقيمة الضغط الجوي تختلف باختلاف الارتفاع، وعند مستوي سطح البحر يساوي الضغط الذي يسببه عمود من الزئبق ارتفاعه 76 سم.

فإذا كانت كثافة الزئبق 13.6 جم/سم^3، فإن قيمة الضغط الجوي عند مستوي سطح البحر يعطى من:

$\boxed{P = P_0 + \rho g h}$

$$P_0 = 13.6 \times \underline{1000} \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5 \ N/m^2$$

$$= 1.013 \times 10^5 \ Pa$$

مثال (1-6)

احسب مقدار الضغط الواقع على قاع إناء عمقه 25 cm عندما يكون ممتلئاً:

أ) بالماء ب) بالزئبق

علماً بأن كثافة الماء 1000 kg/m^3 وكثافة الزئبق 13600 kg/ m^3

أ) في حالة الماء:

$$P = P_o + 1000 \times 9.8 \times 0.25 = (P_o + 2450) \quad N/m^2$$ $\boxed{P = P_0 + \rho g h}$

ب) في حالة الزئبق:

$$P = P_o + 13600 \times 9.8 \times 0.25 = (P_o + 33320) \quad N/m^2$$

إذا كانت قيمة الضغط الجوي معلومة أو أعطيت معلومات لحسابها، يتم التعويض عنها في العلاقتين السابقتين وإلا يترك الناتج كما هو بدلالة الضغط الجوي.

مثال (6-2)

غواصة تستطيع أن تغوص إلى عمق أقصاه 1000 m تحت سطح البحر. احسب أقصى ضغط يتحمله غلافها الخارجي إذا كان الضغط الجوي يعادل 76 سم زئبق وكثافة ماء المحيط $1.3 \ gm / cm^3$ وكثافة الزئبق $13.6 \ gm/cm^3$.

الحل:

أقصي ضغط تستطيع أن تتحمله الغواصة عبارة عن الضغط الجوي مضاف إليه ضغط عمود الماء الذي طوله 1000 m.

أولاً: حساب الضغط الجوي:

$$P_0 = \rho_{Hg} \ g \ h_0 = 13.6 \times \underline{1000} \times 9.8 \times 0.76 = 1.013 \times 10^5 \quad N/m^2$$

ثانياً: حساب ضغط عمود الماء:

$$P_1 = \rho_w \ g \ h = 1.3 \times 1000 \times 9.8 \times 1000 = 1.274 \times 10^7 \quad N/m^2$$

ويكون الضغط الكلي هو مجموع كل من P_0 ، P_1:

$$P = P_o + P1 = 1.284 \times 10^7 \quad N/m^2$$

3-6 اللزوجة Viscosity

اللزوجة هي خاصية للسوائل تجعلها تختلف في استجابتها للقوى التي تعمل على حركتها أو مقاومتها للأجسام المتحركة داخلها فانسياب (جريان) الماء غير جريان الزيت غير جريان الجلسرين كما أن حركة جسم داخل الماء غير حركته في سائل أخر.

وتنشأ خاصية اللزوجة بسبب الاحتكاك بين طبقات السائل بعضها وبعض أو بسب الاحتكاك بين طبقات السائل وبين الأجسام المتحركة فيه.

وعند انسياب سائل، نلاحظ وجود تدرج "إنحدار" في سرعة إنسياب طبقاته. فنجد سرعة انسياب الطبقة العليا كبيرة نسبياً وتتناقص السرعة في الطبقات التالية حتى نصل إلى الطبقة الأخيرة الملامسة للسطح فتكون سرعتها صفراً تقريباً (ساكنة)، ويوضح الشكل التالي هذه الظاهرة.

يمكن تعريف إنحدار "تدرج" السرعة بأنه مقدار التغير في السرعة Δv خلال وحدة المسافات Δh، أي أن:
انحدار السرعة $= \Delta v / \Delta h$ ويمكن كتابتها v/h إذا كانت سرعة الطبقة العليا v وسرعة الطبقة السفلى صفر وكان العمق هو h . ولكي ينساب السائل وتتحرك طبقاته بتدرج في السرعة لابد من التأثير على طبقاته بقوة مماسية.

وبدلاً من القوة المماسية المحركة لأي طبقة، سوف نستخدم تعبيراً أكثر دقة وهو الإجهاد المماسي F/A حيث A هي مساحة مقطع الطبقة التي تؤثر عليها القوة المماسية.

ولقد وجد أن النسبة بين الإجهاد المماسي وبين إنحدار السرعة تساوي مقداراً ثابتاً تتوقف قيمته على نوع السائل ودرجة حرارته.

يسمي هذا المقدار الثابت بمعامل اللزوجة η.

أي يمكن تعريف معامل اللزوجة η بأنه النسبة بين الإجهاد المماسي وانحدار السرعة:

$$\eta = \frac{F/A}{v/h}$$

وكما سبق فإن قيمة معامل اللزوجة η لسائل تتوقف على نوع السائل ودرجة حرارته.

ويقاس معامل اللزوجة في النظام الدولي للوحدات بوحدة نيوتن.ث/م^2.

أما في النظام الفرنسي CGS فإن وحدة معامل اللزوجة هي داين.ث/سم^2 وتشتهر هذه الوحدة باسم البواز.

مثال (6-3)

صفيحة رقيقة مستوية مساحتها 2 سم^2، معزولة عن صفيحة أُخري ثابتة بطبقة من سائل سمكها 1 مم. فإذا أثرت عليها قوة مماسية قدرها 9.8 نيوتن فتحركت بسرعة 24.5 سم/ثانية، احسب معامل لزوجة السائل.

الحل:

باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب معامل لزوجة السائل.

$$\eta = \frac{F/A}{v/h} \qquad \eta = \frac{Fh}{vA}$$

$$\eta = \frac{9.8 \times 1 \times 10^{-3}}{24.5 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{-4}} = 200 \quad \text{N..s/m}^2$$

6-4 تعيين معامل اللزوجة η لسائل (طريقة ستوكس):

بعد لحظات من سقوط كرة معدنية في السائل المراد تعين معامل لزوجته η، فإنها تتزن (تتحرك بسرعة منتظمة) تحت تأثير ثلاثة قوى هي:-

1) قوة وزن الكرة (قوة الجاذبية الأرضية) ويكون اتجاهها لأسفل:

$$F_1 = mg = V_s \rho_s g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g$$

2) قوة دفع السائل للكرة (قوة دفع أرشميدس) وتكون إلى أعلى:

$$F_2 = V_s \rho_\ell g = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_\ell g$$

3) قوة لزوجة السائل (قوة ستوكس) وتكون إلى أعلى:

$$F_3 = 6\pi\eta r v$$

حيث أن m كتلة الكرة، r نصف قطر الكرة، V_s حجم الكرة، v السرعة الحدية لسقوط الكرة، ρ_s كثافة مادة الكرة، ρ_l كثافة السائل.

من القوى الثلاثة السابقة نستنتج أن:

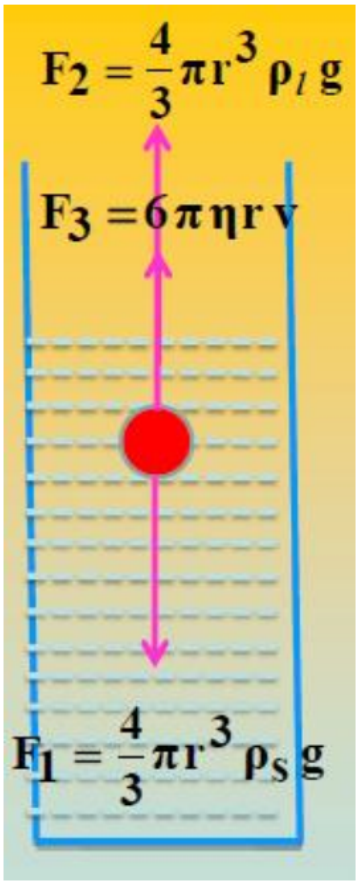
$$v = \frac{2}{9}\pi(\rho_s - \rho_\ell)\frac{g}{\eta}r^2$$

عملياً يمكن إيجاد معامل لزوجة سائل على النحو التالي:

نعتبر الشكل المقابل وهو عبارة عن أنبوبة بها سائل المراد تعيين معامل لزوجته.

- نحضر كرة معلومة نصف قطرها (يمكن قياس نصف القطر باستخدام الميكرومتر) ونسقطها في السائل.
- تتزن الكرة تحت تأثير الثلاث قوي عندما تصل إلى العلامة الأولى الموجودة على جدار الأنبوبة، وعندها نبدأ في تسجيل الزمن حتى تصل إلى العلامة الثانية.
- نقيس المسافة بين العلامتين وبذلك يمكن إيجاد السرعة (خارج قسمة المسافة على الزمن).
- نكرر الخطوات السابقة لعدة كور مختلفة في أنصاف أقطارها.
- نرسم العلاقة البيانية بين السرعة v على المحور y وبين مربع نصف قطر الكرة r^2 على المحور x، نحصل على خط مستقيم يمر بنقطة الأصل. كما هو بالشكل.
- بحساب ميل الخط المستقيم slope (فرق الصادات على فرق السينات).
- وبمعرفة كل من كثافة الكرة والسائل يمكن الحصول على معامل اللزوجة من العلاقة:

$$\eta = \frac{2}{9}\pi(\rho_s - \rho_\ell)\frac{g}{slope}$$



مثال (6-4)

احسب السرعة النهائية لكرة فولازية قطرها 2 مم، سقطت في سائل كثافته $1.3g/cm^3$. إذا علمت أن كثافة الكرة تساوي $8g/cm^3$ ومعامل لزوجة السائل 7.3 بواز.

الحل

باستخدام العلاقة التالية يمكن حساب السرعة المطلوبة.

$$v = \frac{2}{9}\pi(\rho_s - \rho_\ell)\frac{g}{\eta}r^2 = \frac{2}{9}\times(8-1.3)\times\frac{980}{7.3}\times(0.1)^2 =$$

2 cm/sec =

References:

1- Physics for Scientists and Engineers (with PhysicsNOW and InfoTrac), Raymond A. Serway - Emeritus, James Madison University , Thomson Brooks/Cole © 2004, 6th Edition, 1296 pages.

2- مبادئ الفيزياء العامة، د. عقيل مهدي كاظم، الطبعة الأولى، 2009

3- محاضرات فيزياء عامة، الدكتور عبدالحي صلاح، جامعة الملك سعود

http://faculty.ksu.edu.sa/AbdelhaySalah/Arabic/Documents/Forms/AllItems.aspx

4- محاضرات فيزياء عامة 102 للدكتور محمد مرسي،

http://faculty.ksu.edu.sa/elmorsy/Pages/102physics.aspx