كلية العلوم

القسم : **الفيزياء**

السنة : **الثالثة**

المادة : ميكانيك الموائع

المحاضرة:الاولى/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

2026

4

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

محاضرات في ميكانيك الموائع

د. علي أسد

المحاضرة الأولى

مدخل إلى ميكانيك الموائع

يعرف المائع بأنه إما سائل أو غاز وفي الحالتين تكون جزيئات المائع في حالة حركة مستمرة.

ينقسم علم ميكانيك الموائع إلى قسمين: يهتم القسم الأول بدراسة الموائع الساكنة (Hydrostatics) والقسم الآخر بدراسة الموائع المتحركة (Hydrodynamics) وهناك علم ديناميك الهواء الذي يختص خصوصاً بحركة الطائرات والمركبات الفضائية وعلم ديناميك الماء يهتم بتدفقات الماء.

فبدون تدفقات الموائع لا يمكن أن تستمر الحياة على كل صورها ففي جسم الانسان يجري الماء والأملاح والدم والأكسجين وهي عبارة عن موائع وتطفو العينين في موائع تمنحها سهولة الحركة. وتتحرك على الأرض الرياح والمياه لتمنح الأرض حيويتها وبقائها.

لقد وضع العالم اسحاق نيوتن القواعد الأساسية لوصف تدفقات الموائع. ولقد أسهم في وضع أسس خصائص الموائع وقوى الاحتكاك بين جزيئات الموائع. وهناك علماء كثيرون قدموا مساهمات مماثلة في تطوير وتقدم علم ميكانيك الموائع مثل فنتوري (Venturi) وبيتوت (Pitot) اللذان صنعا أجهزة لقياس ضغط الموائع وساعد بيتوت في فهم ضغط الركود والنقاط التي يكون عندها، وبرنولي (Bernoulli) الذي وضع علاقة ضغط المائع بسرعته. وضع بوازيل (Poiseuille) وستوكس (stokes) ورينولدس (Reynolds) العلاقة بين تدفق الموائع اللزجة في الأنابيب (مثل حركة الدم في الشرايين). ووضع العالم (Euler) قانون تدفق المائع المثالي.

وضع العالمان (Lagrange) وناڤييه (Navier) دراساتهم
في ميكانيك الموائع

تختلف ميكانيك الموائع عن ميكانيك الجسم الصلب. بينما
للجسم الصلب شكل محدد، نجد أن ليس للمائع شكلاً محدداً، ويتغير
شكل المائع بتأثير الظروف الخارجية عليه. تحكم الموائع نفس
قوانين الجسم الصلب. لدراسة حركة الموائع نطبق القوانين الأساسية
للحركة وهي:

1) مبدأ انحفاظ الكتلة
2) القانون الأول للترموديناميك (مبدأ انحفاظ الطاقة)

تختلف الغازات عن السائل في عدة أوجه. فالسائل يستقر تحت تأثير
الجاذبية ليتخذ حيزاً شكلاً محدداً، بينما يتوزع الغاز بالتساوي
داخل الإناء الذي يوضع فيه. تختلف الخواص الفيزيائية للمائع باختلاف
طبيعة الكمية تحت الدراسة. إذا أثرت قوة على سائل فإن
السائل يغير من شكله ولكن يبقى حجمه ثابتاً، ولكن الغاز
يغير من حجمه وتبقى كتلته ثابتة.

توصف الموائع بكميات تختلف عن الجسم الصلب وذلك لسهولة
التعامل مع هذه الكميات لتحديد خواص المائع. من هذه الكميات:

1) الكثافة
2) الضغط
3) اللزوجة (الديناميكية والحركية)
4) قابلية المائع للاستجابة للضغط الخارجي (الانضغاطية)
5) معامل التوتر السطحي
6) ثوابت ليس لها أبعاد (عدد رينولدز)
7) الطفو

سنتطرق لهذه الخصائص خلال دراستنا لحركة المائع في الفصول القادمة

1 الكثافة:

الكثافة هي النسبة بين كتلة الجسم (m) إلى حجمه (V) المحسوب. تكون كثافة المائع ثابتة مهما اختلف حجمه وكتلته، نرمز للكثافة بالرمز ρ حيث

$$\rho = \frac{m}{V}$$

نجد أن كثافة الماء النقي عند درجة حرارة $4^\circ C$ تساوي $\rho = 1000 Kg/m^3$ وتساوي $\rho = 998.2 Kg/m^3$ عند درجة حرارة $20^\circ C$ والهواء الجاف كثافته تساوي $\rho = 1.204 Kg/m^3$ عند الضغط الجوي العادي وفي درجة حرارة $20^\circ C$. الجدير بالذكر أن للماء خصائص فريدة، فإذا برد الماء قلت كثافته دون بقية السوائل كلها. وبفضل هذه الميزة تستطيع الأحياء البحرية العيش في قاع البحار والأنهار والبحيرات دون أن تتجمد أعماقها عندما يتجمد السطح.

إذا لم تتغير كثافة المائع مع تغير الضغط يقال بأن المائع غير قابل للانضغاط. تعتمد انضغاطية المائع على سرعة الصوت داخله. فتكون سرعة الصوت عالية داخل المائع ذو الكثافة العالية. سرعة الصوت في الهواء حوالي $300 m/s$ وفي الماء حوالي $1000 m/s$

2 الضغط:

الضغط هو مقدار القوة (F) العامدة محمولة على المساحة (A). نكتب ذلك على الصورة:

$$P = \frac{F}{A}$$

فالضغط كمية قياسية حيث تعمل دائماً في اتجاه عمودي على السطح. يؤثر الضغط في الاتجاهات بالتساوي. ويقاس الضغط بوحدة الباسكال (Pa) وهو عبارة عن $Pa = \frac{N}{m^2}$. وهناك وحدات أخرى تعرف بالبار (Bar) والملليمتر زئبق (mm Hg). يمكن أن يولد ضغط صغير قوة هائلة إذا أثر على مساحة كبيرة $F = PA$

يقاس الضغط بعدة أجهزة منها المانومتر والبارومتر

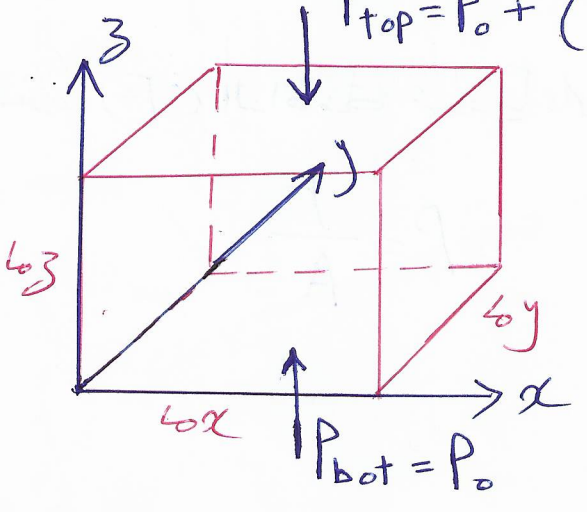
بينما تكون للسوائل كثافة ثابتة، فإن كثافة الغازات تعتمد على ضغط ودرجة حرارة الغاز. تُعرف معامل الانضغاطية على الصورة

$$K = \frac{1}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial P}$$

تنشأ القوة المؤثرة على الموائع نتيجة لإجهاد السريان (بسبب اللزوجة أو الضغط)، أو نتيجة لقوى الجاذبية أو تأثير المائع نفسه. سندرس هنا حركة مائع ساكن لا يوجد فيه انحدار للسرعة (لا توجد قوى لزوجة). تصبح هنالك قوتان بسبب الضغط أو الجاذبية.

خذ حركة مائع داخل صندوق. نود هنا أن نحصل على فرق الضغط بين أسفل وأعلى الصندوق. نأخذ هنا البعد الرأسي

$$P_{top} = P_o + \left(\frac{dP}{dz}\right)_o (\Delta z) + \cdots$$



بما أن المائع ساكن فإن محصلة القوى المؤثرة على المائع صفراً
عليه فإن انحدار الضغط يكون:

$$\frac{dP}{dz} = -\rho g$$

وسبب الإشارة السالبة أن الارتفاع z يكون موجباً إلى الأعلى
عكس اتجاه الجاذبية. هذا يعني أن الضغط ينقص كلما ارتفعنا
للأعلى، فيكون الضغط عند أسفل الإناء أكبر من الضغط عند السطح.
نجد كذلك أن هناك اختلاف في الضغط في الاتجاهين الأفقيين
x و y وعليه الانحدار في الضغط على الصورة:

$$\vec{\nabla} P = \frac{\partial P}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial P}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial P}{\partial z}\vec{k}$$

وبهذه الطريقة تصبح معادلة الضغط الساكن أعلاه على الصورة

$$\vec{\nabla} P = -\rho g \vec{k}$$

ومن هذه المعادلة فإن:

$$P = P_o - \rho g z$$

حيث $z = 0$ عند أعلى السطح. يُعرف P_o بالضغط الجوي و P
بالضغط الكلي

تحسب القوة الأفقية المؤثرة على السطح الجانبي (الجدار) بالمعادلة

$$dF_x = P\,dA = (P_o - \rho g z)\,w\,dz$$

حيث w عرض الجدار. تؤثر القوة ناحية اليسار

$$dF_L = (P_o - \rho g z)\,w\,dz$$

وتقابلها قوة ناحية اليمين

$$dF_r = -\rho_0 w d\zeta$$

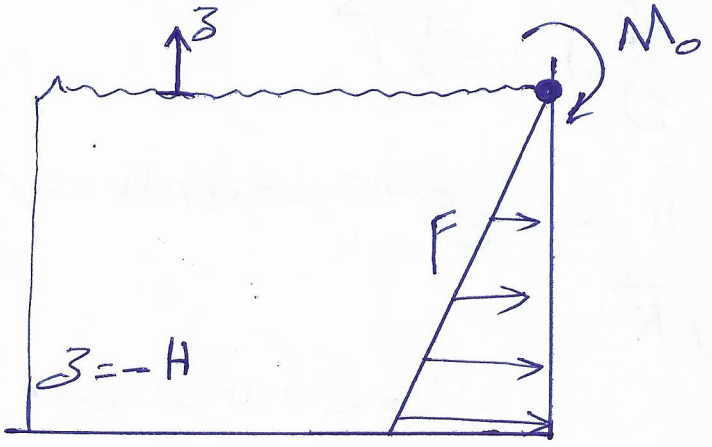
وتكون القوة المحصلة

$$F = \int_{-H}^{0} (-\rho g \zeta) w d\zeta = \frac{1}{2} \rho g w H^2$$

حيث H عمق السائل

وتؤثر هذه القوة عند نقطة ارتفاع $\frac{1}{3}$ من العزم

$$dM_0 = \zeta \times dF$$



M_0 هو العزم بالنسبة للحائط حول المركز وحتى وراء العزم العمودي على القوة

$$dM_0 = \zeta \times (-\rho g \zeta) w d\zeta$$

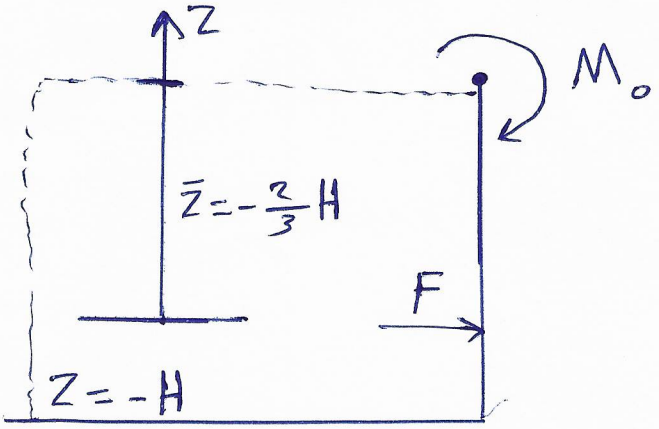
وبالتكامل نحصل على العزم

$$M_0 = -\frac{1}{3} \rho g w H^3$$

ولكن نعلم أن

$$M_0 = F \bar{\zeta}$$

حيث $\bar{\zeta}$ هو الارتفاع الذي تؤثر عنده القوة F



بالتعويض من المعادلتين السابقتين

$$-\frac{1}{3}\rho g w H^3 = \frac{1}{2}\rho g w H^2 \bar{\zeta}$$

$$\Rightarrow \bar{\zeta} = \frac{-\frac{1}{3}\rho g w H^3}{-\frac{1}{2}\rho g w H^2} = \frac{2}{3}H$$

تعرف هذه النقطة التي تؤثر عندها هذه القوة المحصلة بمركز الضغط