كلية العلوم

القسم : الفيزياء

السنة : الثالثة

المادة : ميكانيك الموائع

المحاضرة : السادسة/نظري/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2025

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

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

حركة وتحريك السوائل :

عند دراسة سوائل متحركة يمكن التمييز بين الحالتين الآتيتين :

الحالة الأولى :

حيث يعطى تيار السائل ويطلب معرفة القوى المؤثرة عليه وتدعى هذه المسألة بالمسألة الخارجية.

الحالة الثانية :

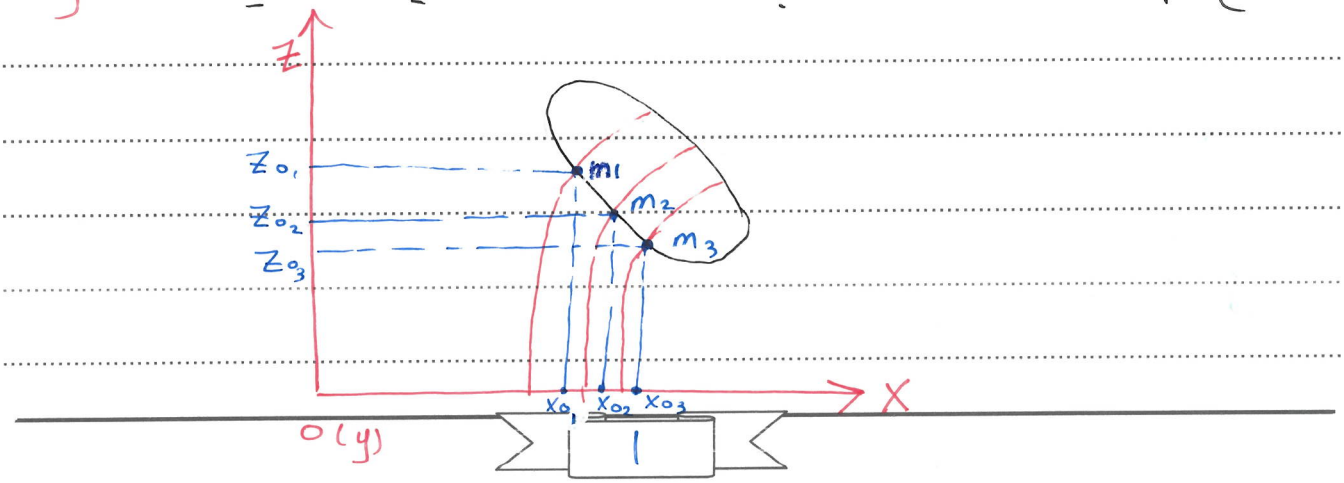
تعطى في هذه الحالة القوى التي تؤثر على السائل (القوى الحجمية - قوى الثقالة) ويطلب تحديد الخواص الهيدروديناميكية لتيار السائل (السرعة - ضغط - كثافة - اللزوجة) وتدعى هذه المسألة بالمسألة الداخلية.

الطرق التحليلية الأساسية لدراسة حركة السوائل :

تتبع في دراسة حركة السوائل بهدف تحديد حقل التيار وحقل السرعة وحقل التسارع طريقتين أساسيتان هما: طريقة لاغرانج وطريقة أويلر :

* **طريقة لاغرانج:** لدراسة حركة السوائل

نقطتع جزء k من مساحة جريان سائل ما ونعين الاحداثيات $oz; oy, ox$



ولندرس مجموعة الجزيئات m_1, m_2, m_3 التي تقع جميعها في لحظة البدء على الكورة المذكورة ضمن المادة المدروسة فإذا كانت احداثيات نقط الثلاث في اللحظة الزمنية $t=0$ هي x_0, y_0, z_0 فإنه يمكن تعيين موقع الجزيء الجسمي في أي لحظة زمنية اعتماداً على العلاقات:

$$\left.\begin{aligned} X &= f_1(x_0, y_0, z_0, t) \\ y &= f_2(x_0, y_0, z_0, t) \\ z &= f_3(x_0, y_0, z_0, t) \end{aligned}\right\} (*)$$ معادلة

باستخدام العلاقة (*) يمكن بسهولة رسم مسار الجزيئات السائلة المذكورة كما أنه يمكننا إيجاد طول المسار $ds \longrightarrow dt$ في أي موقع من هذه المسارات وبالتالي تحديد السرعة وكذلك التسارع لأي جزيء جسمي m وفي أي نقطة من المسار باستثناء الجزيء لجملة المعادلات:

$$\left.\begin{aligned} u &= \frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\partial f_1(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial t} \\ v &= \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial f_2(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial t} \\ w &= \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial f_3(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial t} \end{aligned}\right\}$$ سرعة

$$\left.\begin{aligned} \ddot{x} &= \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 f_1(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial t^2} \\ \ddot{y} &= \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 f_2(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial t^2} \end{aligned}\right\}$$ تسارع

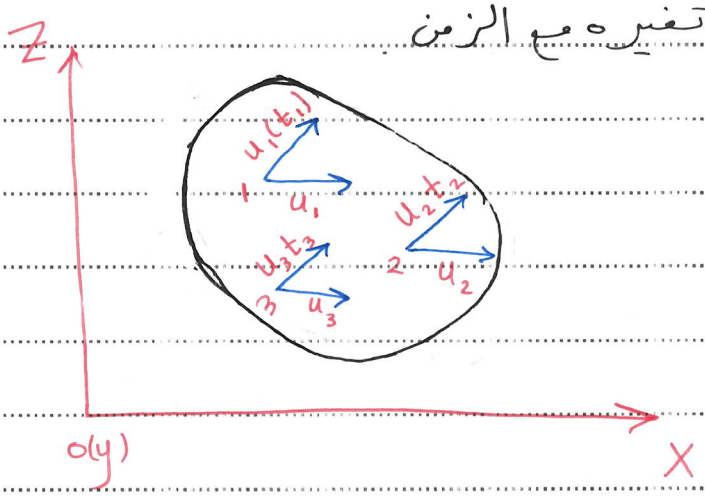
TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

$$\partial z = \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 f_3(x_0, y_0, z_0, t)}{\partial^2 t}$$

وسبب أن هذه الطريقة تعتمد في دراسة حركة السائل على تتبع مسير كل جزيء حجمي منه لذلك يطلق على هذه الطريقة اسم المعادلة (المسألة) المادية

* طريقة أويلر:

تتصور جزء من حقل الجريان لسائل ما وخلافاً لطريقة لاغرانج فإن طريقة أويلر لا تهتم بتتبع مسار الجزيء الحجمي بل تركز على معرفة سرعة الجزيئات في النقاط المختلفة من حقل الجريان فبالتالي تحديد حقل السرعة وتغيره مع الزمن



فإذا كان لدينا النقاط 1، 2، 3 والتي تعتبر ثابتة بالنسبة للسائل الذي يمر فوقها ففي اللحظة t_1 سيكون في النقطة (1) إحدى الجزيئات السائلة ذات سرعة $[u_1(t_1)]$ وبنفس اللحظة سيكون للنقطة (2) سرعة قيمتها $u_2(t_1)$ وفي النقطة (3) سيكون سرعة قيمتها $u_3(t_1)$.

وفي اللحظة الثانية t_2 ستكون سرعة في نقاط (1) و (2) و (3) هي $u_1(t_2)$ و $u_2(t_2)$ و $u_3(t_2)$ أي أنه سنحصل على حقل سرعة جديد وهذا ما يميز حقل أويلر التي تعتبر نقطة معينة وتبحث في تغير السرعة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

في تلك النقطة مع الزمن وبذلك يتم ربط القيم الهيدرو ديناميكية مع السرعة وبالتالي مع الزمان والمكان.

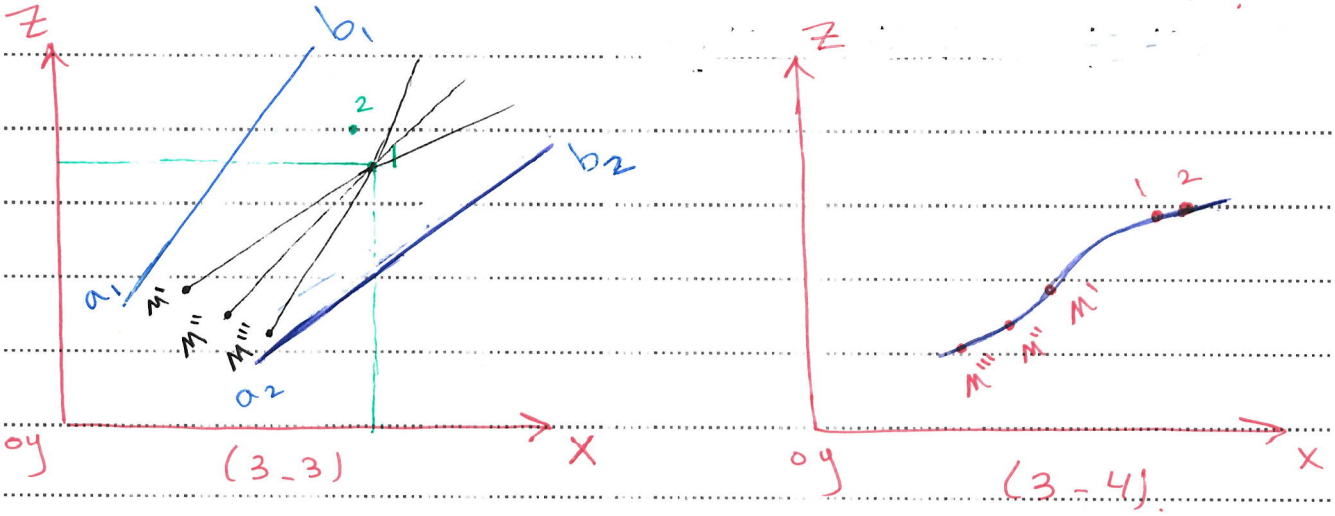
أن طريقة لاغرانج لم تلاقي نجاحاً عملياً وسنعتمد في دراسة حركة السوائل على طريقة أويلر حيث سنقتصر في دراستنا على تتبع حركة جزيئات السائل وليس على الزمن كما في طريقة لاغرانج وانما خلال اللحظة t التي يمر خلالها الجزيئة السائلة عبر نقطة الفراغية m

اشرح طريقة لاغرانج مع الرسم وفق علاقات مناسبة.

اشرح طريقة أويلر مع الرسم وذكر علاقات مناسبة.

الأجوبة الفقرتين السابقتين.

الجريانات المستقرة وغير المستقرة:



ليكن لدينا تيار سائل محدد بالخطين $a_1 b_1$ و $a_2 b_2$ كما بالشكل (3_3) نأخذ نقطة (1) التي سوف نعتبرها ثابتة عند مرور السائل من خلالها ثم نحدد عدد من جزيئات السائلة M', M'', M''' التي تتحرك مع مسارات مختلفة تحرى جميعها في الحالة العامة من النقطة (1) في لحظات زمنية مختلفة حيث M' تمر في لحظة زمنية t' و M'' تمر في لحظة زمنية t'' و M''' تمر في لحظة زمنية t'''

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

عند الجريان المستقر فأن سرعة u في كل نقطة (النقطة (1) مثلاً تتغير مع مرور الزمن) وبالتالي بالحالة العامة نحصل على مايلي:

عند مرور الجزيء M' من خلال نقطة (1) سيكون له في هذه النقطة لحظة زمنية t' وسيكون سرعته u' وعند مرور الجزيء M'' من خلال النقطة (1) سيكون له فترة زمنية t'' وبالتالي السرعة u'' وعند مرور الجزيء M''' من خلال النقطة (1) سيكون له فترة زمنية t''' وبالتالي السرعة u'''

أما في النقطة (2) تحصل نفس الحالة بالنقطة (1) وبالتالي عند جريان مستقر سيكون لدينا: $u = f_1(x, y, z, t)$ بالشكل (3-4) حالة جريان مستقر تتميز كل نقطة من حقل جريان حتى بمرور الزمن t بسرعة ثابتة بالقيمة والاتجاه في هذه الحالة تكون سرعة كل جزيء مجيء يصل إلى نقطة معينة يساوي تماماً أي سرعة الجزيء الذي غادر لتوه تلك النقطة وينطبق ذلك على بقية القيم الهيدروديناميكية كالضغط والكثافة وهي توابع مكانية

$$u = f_1(x, y, z)$$

$$p = f_2(x, y, z)$$

$$\rho = f_3(x, y, z)$$

أي أن سرعة u لا تتعلق بالزمن ~~بالزمن من خلال التابع~~ عند الجريان المستقر وبالتالي سيكون لدينا

$$\frac{\partial u_x}{\partial t} = \frac{\partial u_y}{\partial t} = \frac{\partial u_z}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial p}{\partial t} = 0.$$

تتصف مسارات الجزيئات M التي تمر من نقطة واحدة عند الجريان غير مستقر بما يلي:

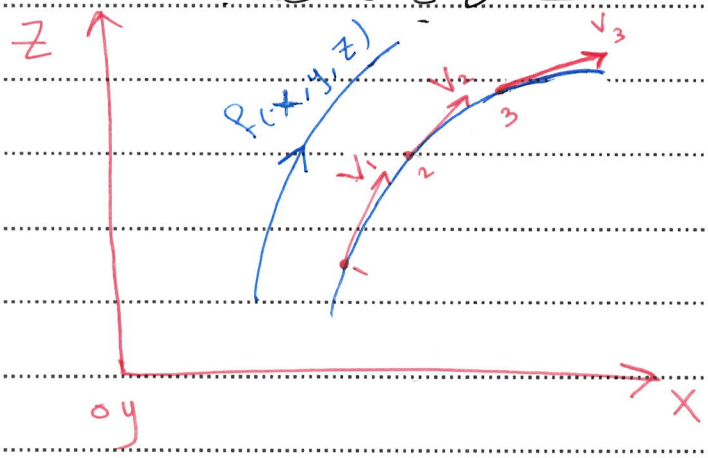
TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

1- لا تتطابق هذه المسارات مع بعضها البعض لتصبح مساراً وحيد.

2- لا تتغير هذه المسارات مع الزمن.

خط التيار وأنبوبة التيار:

وفقا لطريقة أويلر الكانية التي تعتمد على تحديد حقل السرعة من حيث القيمة والاتجاه يمكن الحصول على ~~سرعة~~ صورة واضحة للجريان برسم مجموعة خطوط من المنحنيات المتجاورة حيث تكون في كل لحظة أسنمة السرعة كافة في الجزيئات السائلة مماسة لها في كل نقطة.



تسمى هذه الخطوط بخطوط التيار.

أولاً: بحالة الجريان المستقر:

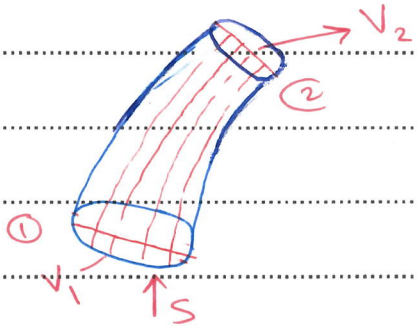
تنطبق صورة خط التيار مع خط المسار والمسار هو الطريق الفعلية التي تسلكها الجزيئة السائلة بحقل جريان وهو يبين اتجاهات السرعة التي تأخذها الجزيئة اتباعاً مع الزمن ويعتبر خط التيار عند جريان مستقر كما في الشكل (3-4) مساراً ثابتاً مع الزمن للجزيئات السائلة متعاقبة M' و M'' و M''' من خلال النقط 1، 2، 3.

ثانياً: بحالة جريانات غير مستقرة:

تكون مركبات السرعة تابعة لكل من الزمن والمكان وبالتالي فإن خطوط التيار تتغير بشكلها مع الزمن ولا تكون متطابقة مع خطوط المسار إطلاقاً.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

مفهوم خط التيار يضل إلى مفهوم أنبوب التيار فإذا اعتبرنا داخل حقل الجريان منحني مغلق S وأخذنا كافة خطوط التيار التي تمر من هذا المنحني لتغلق فيما بينها سطح أنبوبي الشكل سمي أنبوبة أو سطح التيار



أن أنبوبة التيار لا تسمح بمرور سائل عبر جدرها لأن ذلك سيعني وجود مركبة للسرعة عمودية على خط التيار

تبقى في حالة جريان المستقر كل أنبوبة تيار تحافظ على شكلها وموضعها في حقل الجريان أما في الجريان الغير مستقر فيكون لأنبوبة التيار شكل لحظي بسبب تباعد مركبة السرعة العمودية لأنه في كل لحظة تتبدل الجزيئات السائلة التي تكون أنبوبة التيار.

يطلق على كمية السائل داخل أنبوبة التيار اسم خيط التيار وتتحرك من بنية في اتجاه وحيد منطبق على محور أنبوبة التيار والذي سمي خيط التيار المركزي.

ومن هنا جاءت تسمية جريانات وحيدة البعد كالجريان في أنابيب بشكل عام نميز حالات الجريان لسائل:

الحالة الأولى:

جريان سلس التغير:

وفي هذا النوع من الجريان يجب أن يحقق الشرطين التاليين:

1- أن يكون نصف قطر الانحناء خطوط التيار (المسارات) كبير جداً

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

2- أن تكون خطوط التيار متوازية تقريباً وزاوية بينهما تساوي الصفر

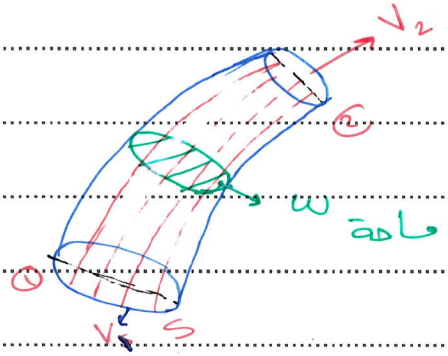
الحالة الثانية:

جريان حاد التغير:

حين لا يحقق الجريان الشروط السابقة يوصف بأنه جريان حاد التغير

المقطع الفعال للجريان:

هو سطح في حدود التدفق عمودي على اتجاه حركة السائل



عند التغير السلس للجريان نميز ثلاث نقاط:

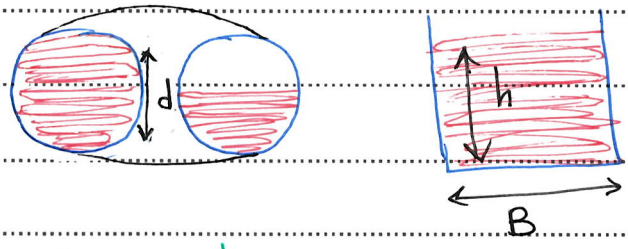
1- مساحة مقطع الفعال (مقطع جريان) يرمز له ω

2- المحيط يرمز له بالرمز χ وهو خط تماس المقطع الحي مع جدران الأنبوبة

3- نصف القطر الهيدروليكي $R = \frac{\omega}{\chi}$ وهو نسبة بين المساحة إلى المحيط

ليس لنصف القطر الهيدروليكي مفهوم فيزيائي وله واحدة

تحدد قيم أنصاف أقطار الهيدروليكية لبعض المقاطع الهامة



a b c.

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة

d : القطر

a) 1- السائل المتدفق يملأ كامل أنبوبة وبالتالي نصف قطر هيدروليكي $R = \frac{w}{\chi}$

$$= \frac{\pi d^2/4}{2\pi d/2} = \frac{r}{2}$$

حيث r : نصف قطر الهندسي داخلي للأنبوبة

b) 2- السائل المتدفق يملأ نصف الأنبوبة

c) 3- يتدفق سائل في قناة مقطعها على شكل مستطيل عرضه B وعمق القناة h

نصف القطر الهيدروليكي $R = \frac{w}{\chi}$

$$R = \frac{B \cdot h}{(B+h)\times 2}$$

(هناك) التباين بين جريان دفقي وجريان غير دفقي ويدعى جريان غير دفقي بالجريان الحر وهو التدفق الذي يتميز بسطح حر (النهر) أما الجريان الدفقي فهو التدفق الذي ليس له سطح حر بل محاط من جميع الجوانب مثال على ذلك الأنابيب.

في محاضرة السابقة.

في فقرة مقياس اللزوجة ذو كرة ساقطة.

قبل $\sum F = 0$ نضع

حالة : مجموع القوى الخارجية مؤثرة على هذا الجسم يسمى الصفر التوازن :

انتقلت المحاضرة

TEL:0931497960 - Facebook Group: A to Z مكتبة