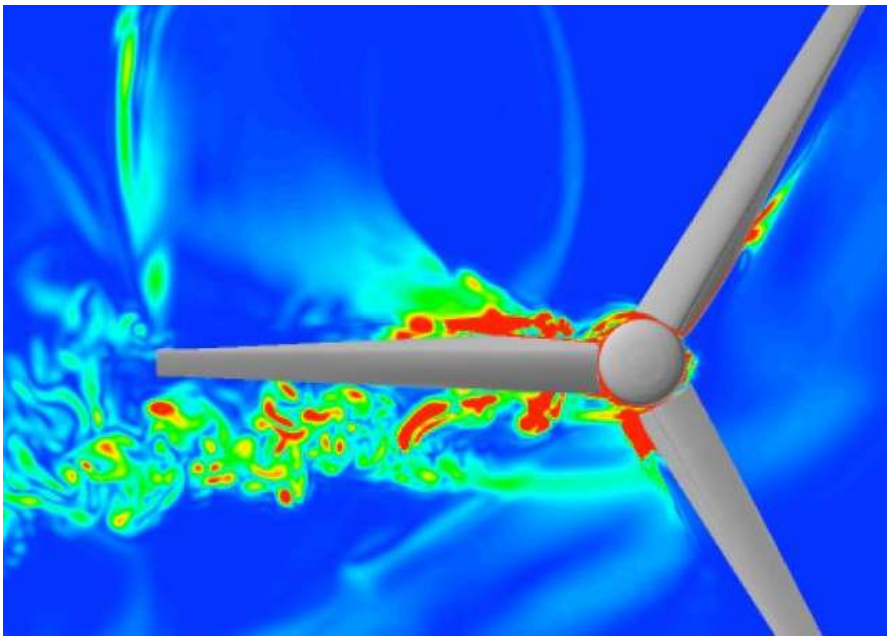


كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية الثانية
قسم القوى الميكانيكية

ميكانيك السوائل 2

مدخل وتوصيف المقرر

الدكتور المهندس
سعيد شقير

محتوى العرض

- أهداف المقرر
- الخطة الدراسية – توزيع المقرر على الأسابيع.
- تعليمات المقرر.
- طرق توصيف الجريان

أهداف المقرر

مساعدة الطالب على :

- فهم طبيعة السوائل وسلوكها وفي حالة الحركة.
- فهم أنواع الضغوط التي تنشأ من تلك السوائل وفي حالة الحركة.
- فهم تأثير القوى التي تسلطها السوائل على البوابات والسدود .
- فهم المعادلات المهمة التي تتحكم بحركة السوائل وهي (معادلة الأستمرارية ، معادلة الطاقة ، معادلة أويلر ، معادلة -برنولي) والتطبيقات المختلفة لتلك المعادلات .
- فهم المقاييس المختلفة المستخدمة لقياس سرعة السوائل وضغطة وكمية تصريفة.
- فهم أنواع الأنسياب (الجريان) التي تتحكم بأنسياب السوائل (أنسياب رقائقي ، أنسياب مضطرب ، أنسياب مستقر)

الخطة الدراسية

توزيع المقرر على الأسابيع (طبعا قبل ازمة كورونا)

الأسبوع	التاريخ	الموضوع	العملي
1	2020-3-08	مدخل الى مقرر ميكانيك السوائل 2	مسائل
2	2020-3-15	تصنيف حركة السوائل (الجريانات) ومعادلة الاستمرار	مسائل
3	2020-3-22	الحركة العامة للسوائل	مسائل
4	2020-4-05	تحريك السوائل المثالية غير القابلة للانضغاط	مسائل
5	2020-4-12	عطلة رسمية	مسائل
6	2020-4-19	عطلة رسمية	مسائل
7	2020-4-26	معادلات أويلر	مسائل
8	2020-5-03	معادلات برنولي وتطبيقاتها	مسائل
9	2020-5-10	قوانين الدفع الخطي والدوراني	مسائل
10	2020-5-17	مذاكرة نهائية	مسائل
11	2020-5-31	الجريانات الكمونية ثنائية البعد (المستوية)	مسائل
12	2020-6-07	مسائل الجريانات الأساسية وطرق حلها	مسائل

تطبيقات ميكانيك السوائل

الهيدروديناميك
الارصاد الجوية

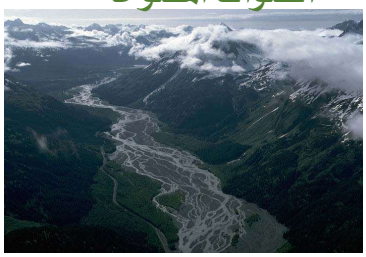
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية الثانية
قسم الميكانيك العام

تطبيقات ميكانيك السوائل

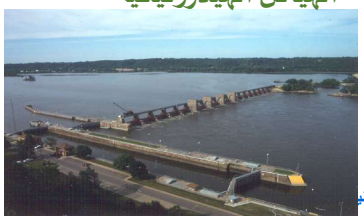
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية الثانية
قسم الميكانيك العام

تطبيقات ميكانيك السوائل

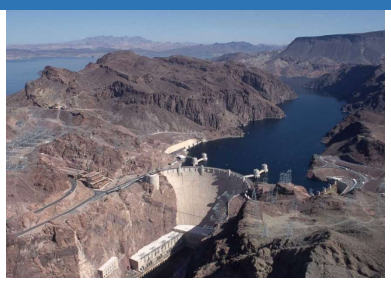
القنوات المفتوحة



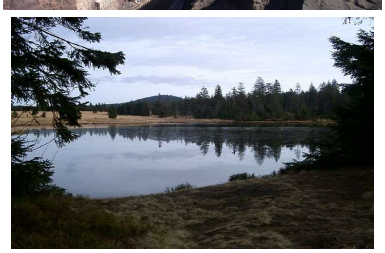
الهياكل الهيدروليكية



تطبيقات ميكانيك السوائل



الجسوروالسدود

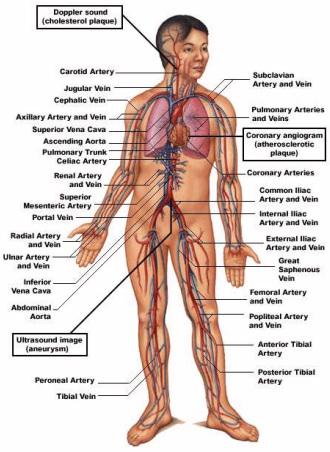


تطبيقات ميكانيك السوائل

الجيولوجيا

تطبيقات ميكانيك السوائل

الهندسة الطبية

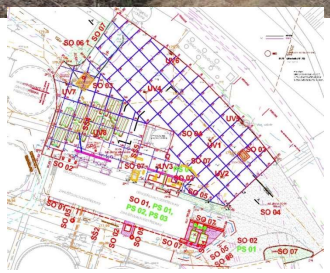


تطبيقات ميكانيك السوائل

نقل النفط (المياه)

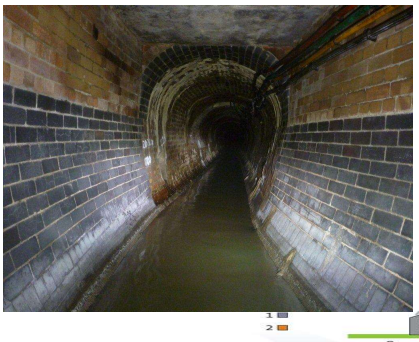
تطبيقات ميكانيك السوائل

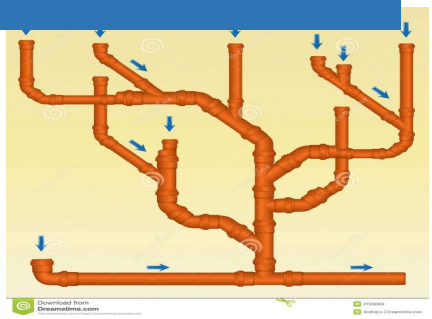
الري التقليدي والتنقيط

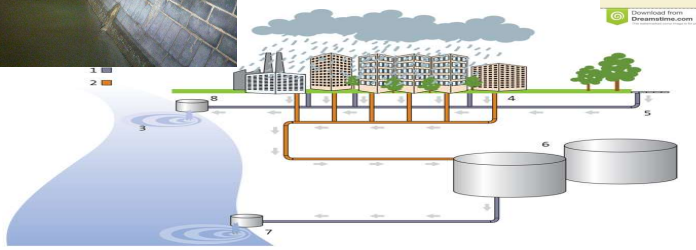


تطبيقات ميكانيك السوائل

القنوات الارضية



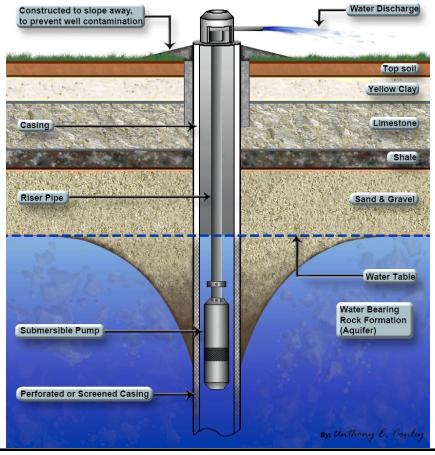




كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية الثانية
قسم الميكانيك العام

تطبيقات ميكانيك السوائل

المياه الجوفية



كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية الثانية
قسم الميكانيك العام

حقل الجريان وحقل السرعة

- إذا كانت حركة الجسم الصلب يمكن إرجاعها إلى حركة نقطة مادية حرة أو مقيدة على مسار معين, فإن حركة السوائل يجب النظر إليها كحركة وسط سائلي **مستمر**.
- وإذا كانت الدراسة السكونية للسوائل (التوازن) تعتمد على كون السائل في حالة سكون بالنسبة لحدود الجملة الفيزيائية المعتبرة, فإن الدراسة الحركية تعتبر ان السائل في حالة حركة دائمة بالنسبة لحدود تلك الجملة, التي يمكن أيضا أن تكون حقيقية أو وهمية.
- يطلق على المنطقة الاجمالية التي يشغلها السائل المتحرك **حقل الجريان** Flow Field.
- وتكون الجزيئات المادية التابعة لهذا الحقل خاضعة لتأثير المحيط الخارجي, بإضافة للتأثير المتبادل فيما بينها, مما يجعل دراسة الحركة الافرادية لهذه الجزيئات معقدة.
- لتحديد حقل الجريان نعتبر جملة إحداثيات ثابتة (مطلقة) ديكارتية مثلا فيكون عند زمن معين t موقع كل جزيء حجمي من السائل محددا بالإحداثيات z,y,x, وتكون سرعة الجزء ممثلة بشعاع :

$$V = iu + jv + kw$$

- حيث w,v,u مركبات السرعة و k,j,iأشعة الواحدة باتجاه المحاور z,y,x ومنه نحصل على القيمة المطلقة لسرعة الجزيء0

حقل الجريان وحقل السرعة

- يطلق على كافة أشعة السرعة لمجموع الجزيئات الحجمية لحقل الجريان اسم **حقل السرعة Velocity field**, وتكون في الحالة العامة سرعة هذه الجزيئات مختلفة من حيث القيمة والاتجاه, وتتغير في نقطة معينة مع الزمن أيضا.
- للحصول على فكرة تمثيلية واضحة عن حقل الجريان يعمد الى اختيار عدد محدد من الجزيئات السائلية ورسم طريق أو مسار كل منها ضمن حقل الجريان, أو مجال معين منه, وذلك بعد حسابه أو تحديده تجريبيا, فتنتج لدينا صورة الجريان Flow Pattern المطلقة.
- كما يمكن بطريقة أخرى أيضا الحصول على صورة جريان آنية, أي عند لحضة زمنية معينة t, برسم المنحنيات المماسية لأشعة السرعة في نقاط متعددة من حقل الجريان.

$$|V| = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$$

- إن الدراسة الحركية التي تهدف لتحديد حقل السرعة وحقل التسارع Acceleration fieldيمكن ان تتم حسب طريقتين أساسيين:
  1. طريقة لاغرانج
  2. **طريقة اويلر.**

طريقة لاغرانج

- تعتمد طريقة لاغرانجLagrange-method لدراسة حركة السوائل على تتبع حركة الجزيئات السائلية الإفرادية على طول مساراتها.
- لتمييز الجزيء الحجمي المراد دراسة حركته نختار من المسارات اللانهائية العدد, التي يمكن ان يسلكها الجزيء, ذلك المسار الذي يمر في اللحظة $t = 0$ في النقطة $B(x_0,y_0,z_0,t)$, التي تمثل موضع الجزيء في لحظة البدء.
- يتحدد مكان هذا الجزيء الحجمي في اي لحظة أخرى tبالإحداثيات:

$$x = f_1(x_0, y_0, z_0, t)$$
$$y = f_2(x_0, y_0, z_0, t)$$
$$z = f_3(x_0, y_0, z_0, t)$$

- التي تمثل معادلة المسار يطلق على x_0,y_0,z_0,t متحولات لاغرانج.

طريقة لاغرانج

- تنتج مركبات السرعة من معادلة المسار بالاشتقاق الجزئي بالنسبة للزمن مرة:

$$u = \frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\partial f_1(x_0, y_0, z_0, t)}{dt}$$
$$v = \frac{\partial y}{\partial t} = \frac{\partial f_2(x_0, y_0, z_0, t)}{dt}$$
$$w = \frac{\partial z}{\partial t} = \frac{\partial f_3(x_0, y_0, z_0, t)}{dt}$$

- كما و تنتج مركبات التسارع من معادلة المسار بالاشتقاق الجزئي بالنسبة للزمن مرتين:

$$b_x = \frac{\partial^2 x}{dt^2} = \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 f_1(x_0, y_0, z_0, t)}{dt^2}$$
$$b_y = \frac{\partial^2 y}{dt^2} = \frac{\partial v}{\partial t} = \frac{\partial^2 f_2(x_0, y_0, z_0, t)}{dt^2}$$
$$b_z = \frac{\partial^2 z}{dt^2} = \frac{\partial w}{\partial t} = \frac{\partial^2 f_3(x_0, y_0, z_0, t)}{dt^2}$$

- ونحصل بالنسبة للضغط والكثافة على علاقات مشابهة.

طريقة لاغرانج

- حيث أن طريقة لاغرانج تعتمد في دراسة حركة السائل على تتبع مصير كل جزيء حجمي منه لذلك يطلق عليها الطريقة المادية Material method.
- ولكنها لم تلاق نجاحا عمليا بسبب تعقيدها والصعوبات الرياضية التي تعترض الحلول العملية لمسائل الجريان باستخدامها.

طريقة أويلر لدراسة حركة السوائل

- خلافا لطريقة لاغرانج فإن طريقة اويلرEuler Method لا تهم بتتبع تفاصيل حركة كل جزيء حجمي من السائل
- تركز على معرفة سرعة الجزيئات في النقاط المختلفة من حقل الجريان, وبالتالي على تحديد حقل السرعة وتغيره مع الزمن.
- هذا يعني أنه بدلا من ربط السرعة و القيم الهيدروديناميكية كالضغط, بجزيء حجمي معين حسب الطريقة المادية, فان طريقة أويلر تعتبر نقطة معينة من حقل الجريان B(x,y,z) وتبحث عن تغير السرعة في هذه النقطةمع الزمن .
- بذلك يتم ربط القيم الهيدروديناميكية بالمكان والزمان, وتمثل كتوابع ل x, y , z, t التي يطلق عليها متحولات أويلر. وعليه فإن حركة السائل تصبح محددة بمعرفة مركبات السرعة.

$$u = \frac{dx}{dt} = g_1(x, y, z, t)$$

$$v = \frac{dy}{dt} = g_2(x, y, z, t)$$

$$w = \frac{dw}{dt} = g_3(x, y, z, t)$$

وبحكم استمرارية الجريان فإن g_1, g_2, g_3 تمثل توابع مستمرة, وحيدة التعيين وقابلة للاشتقاق بالنسبة للمتحولات x, y,z,t

طريقة أويلر لدراسة حركة السوائل

- وعليه ينتج من تكامل المعادلة السابقة :

$$x = f_1(a,b,c,t)$$
$$x = f_2(a,b,c,t)$$
$$x = f_3(a,b,c,t)$$

حيث a, b, c ثوابت يمكن تحديدها من شروط البدء .فاذا عزلنا من هذه المعادلات الزمن t نحصل على **معادلة المسار** لجزيء كان في اللحظة t=0 في النقطة $C_0(a,b,c)$.

- لحساب التسارع حسب طريقة أويلر نلاحظ أنه في الحالة العامة تكون سرعة الجزء الحجمي (المادي) الموجود لتوه في نقطة معينة B(z,y,z) مختلفة عن سرعة الجزيء الذي غادر النقطة B أو الذي سيصل اليها, كذلك تتغير السرعة عند انتقال الجزيء الحجمي من نقطة الى اخرى من حقل الجريان, وعليه فان تسارع الجزيء الحجمي كتغير زمني للسرعة يتألف من قسمين :

1. **الأول** ناتج عن تغير السرعة مع الزمن في كل نقطة من حقل الجريان, وهذا ما يسمى **التغير المكاني او الموضعي** للسرعة
2. **والثاني** ناتج عن تغير السرعة اثناء حركة الجزيء باتجاه $x = f(t), y$ $= f(t), z = f(t)$ وهذا ما يسمى **تغير الحمل او الانتقال**

ومجموعها يساوي **التغير المادي** للسرعة

طريقة أويلر لدراسة حركة السوائل

- يحدد حقل السرعة بالعلاقة الشعاعية :

$$\boldsymbol{V} = \mathrm{f}(\mathrm{t}, \mathbf{r})$$

حيث

$$\boldsymbol{r} = \mathbf{i}x + \mathbf{j}y + \mathbf{k}z$$

- يمثل الشعاع المكاني لنقاط حقل الجريان بالنسبة للاحداثيات الديكارتية وعليه ينتج التفاضل التام أو الكلي لشعاع السرعة:

$$D\boldsymbol{V} = \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t}dt + \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t}dr$$

- ومنه نجد بالاشتقاق شعاع التسارع في اتجاه الجريان

$$\mathbf{b} = \frac{D\boldsymbol{V}}{Dt} = \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} + \boldsymbol{V}\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial \boldsymbol{r}}; \qquad \boldsymbol{V} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

طريقة أويلر لدراسة حركة السوائل

- الأن سنقوم بدراسة مكونات المعادلة الناتجد سابقا

$$\mathbf{b} = \frac{D\boldsymbol{V}}{Dt} = \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} + \boldsymbol{V}\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial \boldsymbol{r}}; \qquad \boldsymbol{V} = \frac{d\boldsymbol{r}}{dt}$$

- ✓ $\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + \frac{d}{dt}$ يمثل الكسر التفاضلي المادي،
- ✓ $\mathbf{b}$ يمثل التسارع المادي , ويمكن تحديده (قياسه) من قبل مراقب يتحرك مع الجزيء الحجمي المعتبر ضمن حقل الجريان , أي من نقطة مراقب في جملة احداثيات نسبية
- ✓ $\partial \boldsymbol{V}/dt$ يمثل التسارع المكاني, ويمكن تحديده من قبل مراقب ساكن, أي من نقطة مراقبة في جملة غحداثيات مطلقة, وهو يعبر عن تغير شعاع السرعة مع الزمن في نقطة معينة B(x,y,z)
- ✓ ويمثل الفرق: $\mathbf{b} - \frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial t} = \boldsymbol{V}\frac{\partial \boldsymbol{V}}{\partial \boldsymbol{r}}$ تسارع الحمل , ويعبر عن تغير شعاع السرعة إثناء حركة الجزيء المادي

التسارع المادي = التسارع المكاني +تسارع الحمل

طريقة أويلر لدراسة حركة السوائل

إيجاد مركبات التسارع

- إن مركبات شعاع التسارع باتجاه المحاور x,y,z تنتج من المعادلة السابقة بسهولة اذا لاحظنا :

$$v = dy/dt \qquad w = dz/dt\ , \qquad u = dx/dt$$

- وبالتالي فإن الكسر التفاضلي المادي يأخذ الشكل التالي:

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} + u\frac{\partial}{\partial x} + v\frac{\partial}{\partial y} + w\frac{\partial}{\partial z}$$

- وعليه نجد باعتبار مركبات شعاع التسارع تمثل التغيرات الزمنية الكلية لمركبات شعاع السرعة:

$$b_x = \frac{Du}{Dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}$$
$$b_y = \frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} + w\frac{\partial v}{\partial z}$$
$$b_z = \frac{Dw}{Dt} = \frac{\partial w}{\partial t} + u\frac{\partial w}{\partial x} + v\frac{\partial w}{\partial y} + w\frac{\partial w}{\partial z}$$

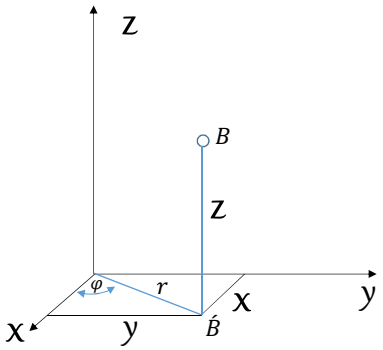
- حيث يمثل الطرف الأيسر مركبات شعاع التسارع المادي والطرف الأيمن مجموع مركبات شعاع التسارع المكاني وتسارع الحمل

طريقة أويلر لدراسة حركة السوائل

وظيفة

- في حالات معينة لمسائل الجريان يفضل استخدام جملة الإحداثيات الأسطوانية z,φ,r بدلا من الديكارتية المتعامدة x,y,z (أنظر الشكل)

المطلوب أيجاد حقل التسارع باستخدام إحداثيات الأسطوانية ؟



جملة الاحداثيات الديكارتية والاسطوانية

نهاية المحاضرة

أسئلة؟