جامعة الملك سعود
كلية العلوم
قسم الفيزياء والفلك

جامعة الملك سعود
King Saud University

فيزياء عامة (2) فيز 102

الفصل الرابع عشر: سريان الموائع
Fluids in Motion

الفصل الرابع عشر: سريان الموائع
Fluids in Motion

١٤–١ مقدمة

١٤–٢ معادلة الاستمرار

١٤–٣ معادلة برنولي

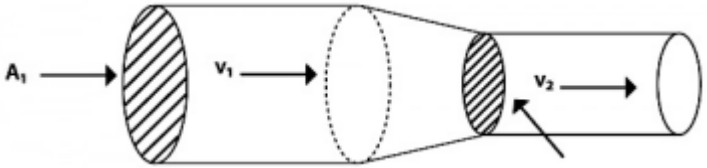
١٤–٤ تطبيقات على معادلة برنولي

١٤–٥ أمثلة محلولة

(١٤-١)المقدمة

- **عندما يكون المائع في حالة السكون فأنه يستجيب لاي محاولة تغيير شكله أو دفعه للحركة.**
- **عند انسياب المائع فإنه يقاوم القوة الخارجية المؤثرة التي تسببت في حركته .وتعرف هذه المقاومة بلزوجة المائع وهي تختلف من مائع لآخر و تكون في السوائل أكثر من الغازات .**
- **تعتمد طبيعة سريان المائع على سرعته , و ينقسم انسياب السائل إلى نوعين :**
- ١-**انسياب طبقي** :عندما تكون سرعة السريان منخفضة عندها ينساب السائل بشكل منتظم على شكل طبقات تنزلق بعضها فوق بعض .
- ٢-**انيساب مضطرب عشوائي** : وفيه تكون سرعة السائل أكبر من سرعة معينة تعرف بالسرعة الحرجة Vc تصبح بعدها حركة السائل عشوائية ويفقد خاصية الانسياب الطبقي ويصبح في حالة **تدفق مضطرب .**
- **سنقتصر في هذا الفصل على الموائع التي تخضع للشروط التالية :**
- **١- يكون المائع في حالة انسياب طبقي**
- **٢- تكون لزوجة المائع منخفضة بحيث يكون اهمال اللزوجة واعتبار ان الاحتكاك بين الطبقات معدوم و يمكن وصف المائع في هذه الحالة بأنه غير لزج.**
- **٣- يكون المائع غير قابل للانضغاط فلا تعتمد كثافته على الضغط و تكون الكثافة ذات مقدار ثابت.**

(١٤-٢)معادلة الاستمرارية



- المسافة التي يقطعها المائع إذا كانت سرعته **v** عند المساحة **A** خلال زمن **t** مقداره هو
$$(L=vt)$$
- حجم السائل المار خلال المقطع **A** في الفترة الزمنية **t** ثانية $(V = AL)$
- كتلة السائل المار خلال المقطع A_1 في الفترة الزمنية **t** ثانية

$$M_1=\rho V_1=\rho A_1 L_1=\rho A_1 v_1 t$$

كتلة السائل المار خلال المقطع A_2 في الفترة الزمنية نفسها

$$M_2=\rho V_2=\rho A_2 L_2=\rho A_2 v_2 t$$

(من قانون حفظ المادة فى ميكانيكا الموائع بالاضافة أن السائل لا يقبل الإنضغاط فإن كثافته لن تتغير بالضغط)و بالتالي كمية السائل التي تدخل المقطع A_1 تساوى كمية السائل التي تخرج المقطع A_2 أى أن:

$$M_1=M_2$$

$$\rho A_1 v_1 t=\rho A_2 v_2 t$$

$$A_1 v_{1=} A_2 v_2$$

$$Av=Q$$

حيث Q كمية ثابتة وهي معدل التدفق الحجمي للسائل عبر الانبوبة و يطلق عليها أحيانا اسم" غزارة المائع" وتعرف هذه المعادله بمعادلة الاستمرارية .

معادلة الاستمرارية :

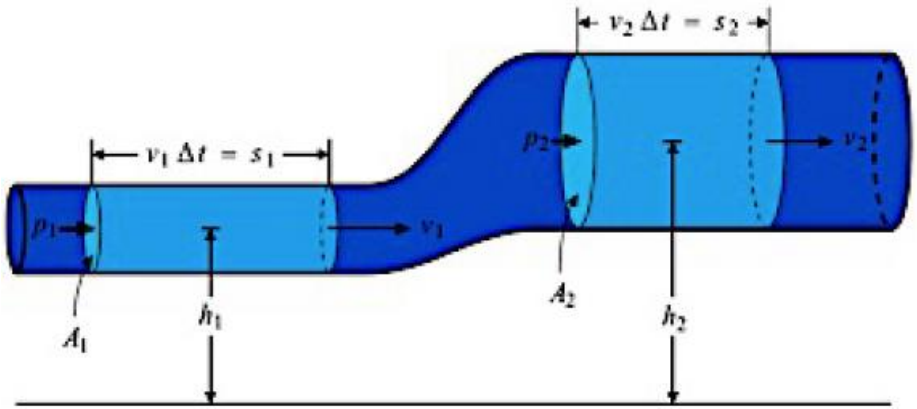
"ناتج ضرب مساحة مقطع الانبوبة في سرعة المائع عند جميع النقاط على طول الانبوبة هو مقدار ثابت لمائع غير قابل للانضغاط"

ويمكن كتابة بدلالة متوسط السرعة(حيث سرعة السائل تختلف باختلاف بعد طبقة السائل عن محور الانبوبة) :

$$Av_{avg}=Q$$

$$v_{avg}=(v_{min}+v_{max})/2$$

(١٤-٣)معادلة برنولي



معادلة برنولى

نفرض أن سائل ينساب طبقياً من أنبوبة كما في الرسم حيث أن سرعة السائل عند المقطع A_1 هي v_1 والضغط هو p_1 وعند المقطع A_2 هي v_2 والضغط هو p_2 حسب قانون حفظ الطاقة فإن معادلة حفظ الطاقة لهذا الوضع هى:

الشغل المبذول على وحدة الحجوم من السائل المنساب = الزيادة في الطاقة الحركية لوحدة الحجوم + الزيادة في طاقة الوضع لوحدة الحجوم

ولذا يجب علينا حساب كلٍ من الشغل والطاقة الحركية و طاقة الوضع

الصورة العامة لمعادلة برنولي:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2$$

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g h = C$$

لحساب فرق الضغط بين عمقين:

$$p_1 - p_2 = \frac{1}{2}\rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (h_2 - h_1)$$

ملحوظة: في استنتاجنا لمعادلة برنولى أهملنا الطاقة المفقودة بسبب الاحتكاك الداخلي للسائل

حالات خاصة من معادلة برنولي

١ـ عندما تكون الأنبوبة أفقية $(h_1 = h_2)$ ، فإنه لا يوجد تغير في طاقة الوضع أثناء انسياب السائل ، وبالتالى تصبح معادلة برنولي على النحو التالي :

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = C$$

نلاحظ في هذه المعادلة أنه عند زيادة السرعة فإن الضغط يتناقص

٢ـ عندما يكون السائل في حالة سكون، فإن الطاقة الحركية تساوى صفر، وتكتب معادلة برنولي على الصورة

$$p + \rho g h = C$$

نعوض النقاط الثلاثة السابقة في معادلة برنولي لنحصل على المعادلة التالية:

$$p + \rho g h = p + \frac{1}{2} \rho v^2$$

$$v^2 = 2 g h$$

$$v = \sqrt{2 g h}$$

و هذه المعادلة تسمى معادلة تورشيللي

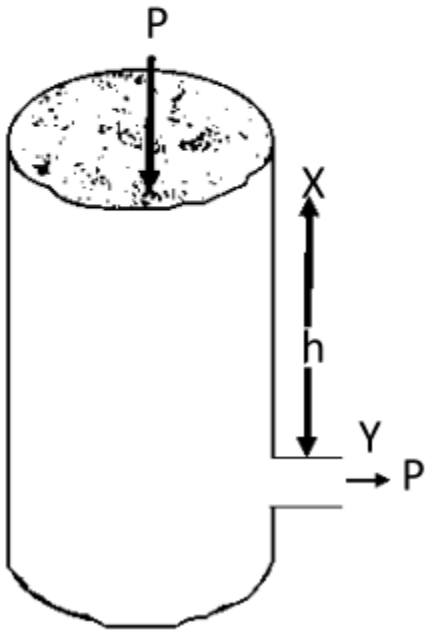
(١٤-٤-١)تطبيقات على معادلة برنولي(معادلة تورشيلي)

حساب سرعة تدفق سائل من ثقب في خزان

نفرض أن سائل ينساب من خزان كما بالشكل التالي. من الرسم يمكن أن نستنتج الآتي:

١. الضغط عند النقطة X والنقطة y هو الضغط الجوى P .

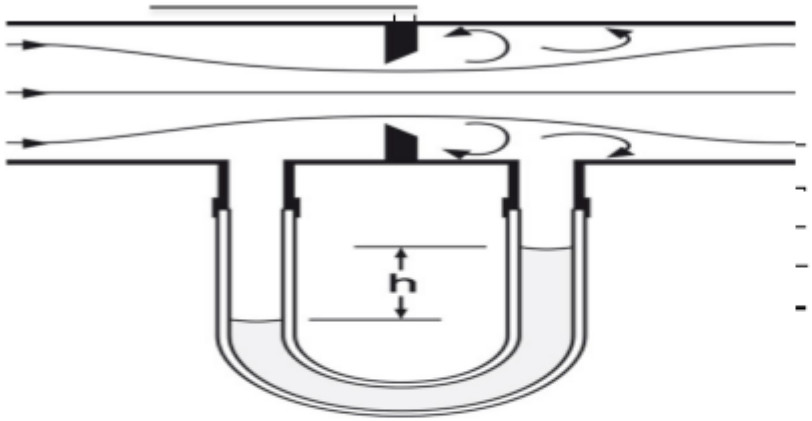
٢. طاقة الوضع لوحدة الحجم عند النقطة X تعطى بالعلاقة : ρgh حيث h هى المسافة بين النقطة X والنقطة Y . بينما الطاقة الحركية عند السطح تساوي الصفر(مهملة لصغرها)(حيث مساحة سطح الخزان كبيرة بالمقارنة مع مساحة الثقب).



٣. الطاقة الحركية عند النقطة Y تعطى بالعلاقة $\frac{1}{2}\rho v^2$ حيث v هى سرعة سريان السائل عند النقطة Y . بينما طاقة الوضع عند النقطة Y تساوى صفر.

(١٤-٤-٢)أنبوبة فتشوري لقياس سرعتة الموائع

تطبيقات: مقياس فينتورى



$$\frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{mP_1}{\rho} = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{mP_2}{\rho}$$

$$\frac{1}{2}\left(v_2^2 - v_1^2\right) = \frac{1}{\rho}(P_1 - P_2)$$

$$v_1 A_1 = v_2 A_2$$

$$v_2 = v_1 \frac{A_1}{A_2}$$

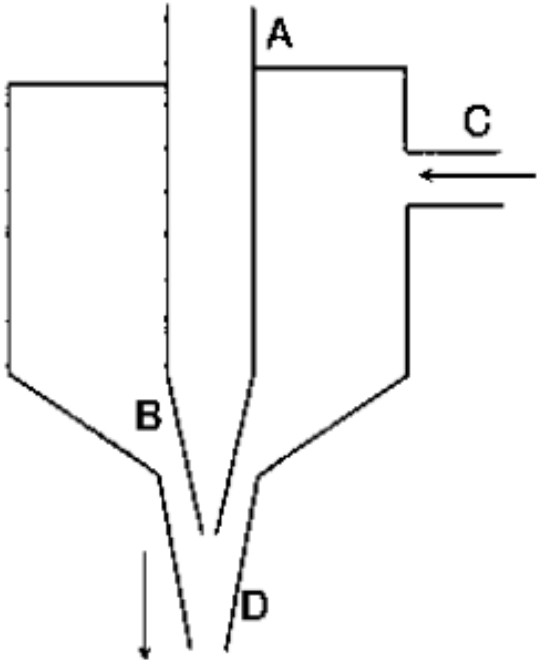
$$\frac{1}{2}v_1^2\left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1\right) = \frac{1}{\rho}(P_1 - P_2)$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho\left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1\right)}}$$

$$Q = v_1 A_1 = A_1 \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho\left(\frac{A_1^2}{A_2^2} - 1\right)}}$$

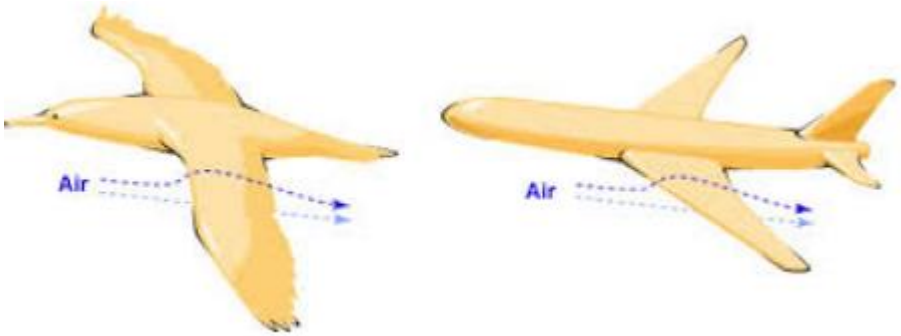
(١٤-٤-٤)مضخة الماء

تطبيقات مضخة التفريغ المائيه



- تتوقف الفكره الرئيسيه فى مضخة التفرغ المائيه التى تستخدم فى المعامل الكيميائيه للإسراع من الترشيح على تغير الضغط عند أى مقطع بتغير سرعة السائل.
- وتتركب المضخه كما فى شكل (8) من أنبوبه AB حيث مساحة المقطع عند B صغيره جدا، والأنبوبه AB مغلفه بأنبوبه مقفله ذات فتحتين عند كل من D, C. يندفع الماء الأتى من الصنبور خلال الفتحه A ثم ينحدر إلى الفتحه الضيقه B، وبذلك تكون سرعته عند B كبيره ويكون الضغط منخفضا. فلتفريغ أى وعاء أو ترشيح أى محلول نصل الوعاء بالأنبوبه C فيندفع الهواء من الوعاء المراد تفريغه إلى منطقة الضغط المنخفض حول B ثم ينتشر مع الماء إلى المخرج D.

(١٤-٤-٤)ارتفاع جناج الطائرة



نتيجة الشكل المقوس لجناح الطائرة ينتج عنه اختلاف في سرعة الهواء أعلى الجناح و أسفله .

فتكون سرعة الهواء أعلى الجناح أكبر من سرعته في أسفله و يؤدي وجود ضغط كبيرا تحت الجناح يساعد في ارتفاع الطائرة .

حل ١٤-٥ أمثلة صفحة ٤٣٦

أمثلة رقم ١,٢,٣&٤