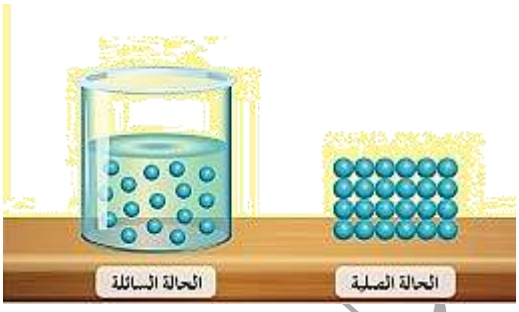
ميكانيكُ السوائل المتحركة

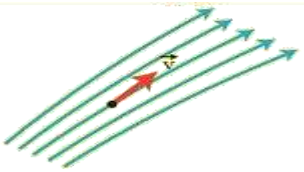


تتميّزُ السوائل والغازات بقوى تماسك ضعيفة نسبياً بين جزيئاتها، فهي لا تحافظُ على شكلٍ معيّن، وتتحرّكُ جزيئاتُها بحيث تأخذُ شكل الوعاء الذي توضع فيه، وهي تستجيبُ بسهولة للقوى الخارجيّة التي تحاول تغييرَ شكلها .

تعريف جسيمَ السائل: وهو جزء من السائل أبعادُهُ صغيرةٌ جداً بالنسبة لأبعاد السائل وكبيرةٌ بالنسبة لأبعاد جزيئات السائل.

تعاريفُ أساسيّةٌ:

خط الانسياب (خطّ الجريان):

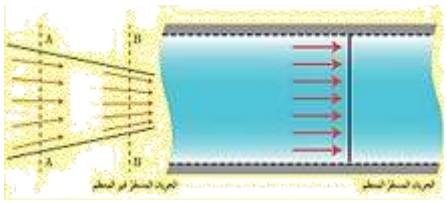


خطٌّ وهميٌّ يبيّنُ المسارَ الذي يسلكُهُ جسيمُ السائل أثناء جريانه ويمسُّ في كلّ نقطة من نقاطه شعاعَ السرعة في تلك النقطة.

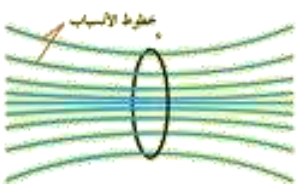
الجريانُ المستقرُّ: هو الجريان الذي تكونُ فيه سرعةُ جسيمات السائل ثابتةً مع مرور الزمن في النقطة نفسِها من خطّ الانسياب .

وإذا كانت السرعةُ ثابتةً في جميع نقاطِ السائل بمرور الزمن فإنّ الجريانَ المستقرَّ يكونُ منتظماً .

وإذا تغيّرت السرعةُ من نقطة إلى أخرى بمرور الزمن كان الجريان المستقرّ غيرَ منتظم .



انبوبُ التدفّق: إذا أخذنا مساحةً صغيرةً عموديّة على اتّجاه جريان سائل جريانه مستقرّ، ورسمنا على محيط هذه المساحة خطوطَ الانسياب نحصلُ على أنبوبٍ وهميٍّ يحتوي السائل يُدعى انبوبَ التدفّق .



ميزات السائل المثالي:

1) غيرُ قابل للانضغاط: كتلته الحجمية ثابتة مع مرور الزمن .

2) عديمُ اللّزوجة: قوى الاحتكاك الداخليّ بين مكوّناته مهملة عندما تتحرّك بالنسبة لبعضها البعض، وبالتالي لا يوجد ضياع للطاقة.

3) جريانُه مستقرّ: أي أنّ حركة جسيماته لها خطوطُ انسياب محدّدة وسرعة جسيماته عند نقطة معيّنة تكونُ ثابتةً بمرور الزمن .

4) جريانُه غيرُ دورانيّ: لا تتحرّك جسيماتُ السائل حركة دورانيّة حول أيّ نقطة في الجريان

معادلة الاستمراريّة:

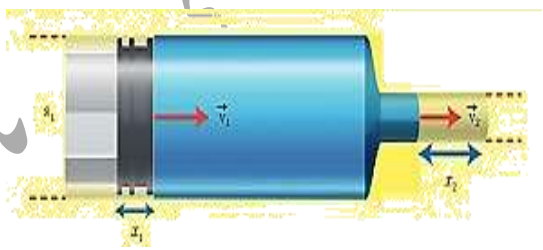
معدّلُ التدفّق الكتلي Q: هو كتلة كميّة السائل التي تعبُرُ مقطع الأنبوب في واحدة الزمن .

ونعبّرُ عنه بالعلاقة: $Q = \frac{m}{\Delta t}$ ، وتُقدّرُ بواحدة $Kg.s^{-1}$

معدّلُ التدفّق الحجمي Q': هو حجم كميّة السائل التي تعبُرُ مقطع الأنبوب في واحدة الزمن .

ونعبّرُ عنه بالعلاقة: $Q' = \frac{V}{\Delta t}$ ، وتُقدّرُ بواحدة $m^3.s^{-1}$.

الاستنتاجُ الرياضيّ لمعادلة الاستمراريّة:



لدينا سائل يتحرّك داخل أنبوبٍ مساحة كلٍّ من مقطعَي طرفيهِ تختلفُ عن الأخرى s_1, s_2 .

ونفرض أنّ: v_1 سرعة السائل عبر المقطع s_1

v_2 سرعة السائل عبر المقطع s_2

إنّ حجمَ كميّة السائل التي تعبُرُ المقطع s_1 لمسافة x_1

في الزمن Δt يكون: $V_1 = s_1\, x_1$

لكن: $x_1 = v_1 \Delta t$ وبالتالي: $V_1 = s_1\, v_1\, \Delta t$

إنّ حجمَ كميّة السائل التي تعبُرُ المقطع s_2 لمسافة x_2

في الزمن Δt يكون: $V_2 = s_2\, x_2$

لكن: $x_2 = v_2 \Delta t$ بالتالي: $V_2 = s_2\, v_2\, \Delta t$

وبما أنّ: حجم كميّة السائل التي عبرت المقطع s_1 تساوي حجم كميّة السائل التي عبرت المقطع s_2 المدّة الزمنيّة نفسِها

فإنّ: $Q'_1 = Q'_2$

$$\frac{V_1}{\Delta t} = \frac{V_2}{\Delta t}$$

$$\frac{s_1\, v_1\, \Delta t}{\Delta t} = \frac{s_2\, v_2\, \Delta t}{\Delta t}$$

$$s_1\, v_1 = s_2\, v_2$$

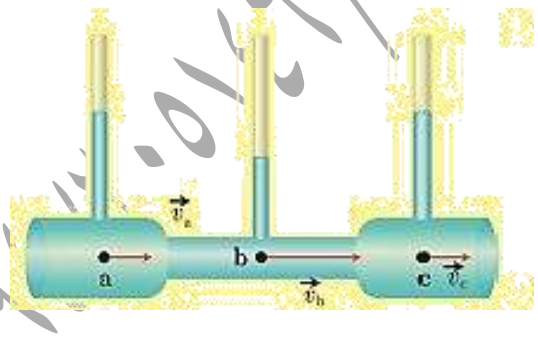
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{s_1}{s_2}$$

أيْ أنّ: سرعةَ تدفّق السائل تتناسب عكساً مع مساحة مقطع الأنبوب الذي يتدفّق منه السائل.

نتيجة: تزدادُ سرعةُ تدفّق السائل في أنبوب بنقصان مساحة مقطع الأنبوب.

وبالتالي: $Q' = s_1\, v_1 = s_2\, v_2 = const$.

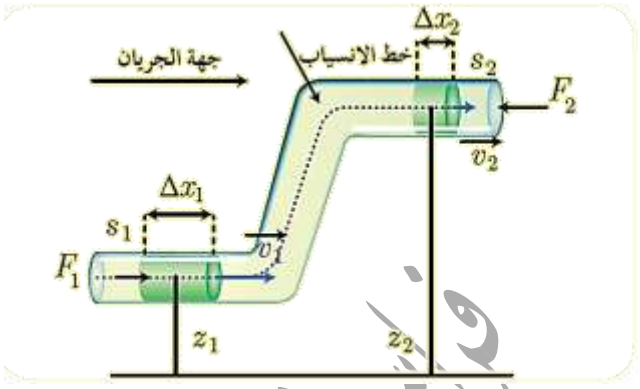
معادلةُ برنولي في الجريان المستقرّ:



في الشكل المجاور: سائلٌ جريانُه مستقرّ عبر انبوب أفقيّ ذي مقاطعَ مختلفة .

0947205146
0988440574

الاستنتاجُ الرياضيُّ لمعادلة برنولي:



عندما تمرُّ كميّةٌ صغيرةٌ من السائل بين مقطعين حيثُ مساحةُ المقطعِ الأوّل s_1 والضغطُ عنده p_1، وسرعةُ الجريان فيه v_1، والارتفاعُ عن مستوٍ مرجعيٍّ z_1 ومساحةُ المقطع الثاني s_2، والضغطُ عنده p_2، وسرعةُ الجريان فيه v_2، والارتفاعُ عن مستوٍ مرجعيٍّ z_2.

إنّ العمل الكلّيّ المبذول لتحريك كتلة السائل من المقطع الأوّل إلى المقطع الثاني يساوي مجموع عمل قوّة الثقل، وعمل قوّة ضغط السائل.

عملُ قوّة الثقل: $W_w = -mg(z_2 - z_1)$

عملُ قوّة ضغط السائل: يتأثّر سطحُ المقطع s_1 بقوة F_1 لها جهةُ الجريان، وتنتقلُ نقطةُ تأثيرها مسافةً قدرُها Δx_1، في مدّةٍ زمنيّة Δt، فتقوم بعملٍ محرّكٍ (موجب).

$$W_1 = F_1 \Delta x_1$$

لكن: $F_1 = p_1 s_1 \Rightarrow W_1 = p_1 s_1 \Delta x_1$

لكن: $\Delta V = s_1 \Delta x_1 \Rightarrow W_1 = p_1 \Delta V$

حيث ΔV حجم كمية السائل التي تعبرُ المقطع s_1 في المدّة الزمنيّة Δt

يتأثّرُ سطح المقطع s_2 بقوة F_2 معيقة لجريان السائل، أي تعاكسُ جهةَ الجريان، وتنتقلُ نقطةُ تأثيرها مسافةً قدرُها Δx_2 في المدة الزمنيّة Δt (فتقوم بعملٍ مقاومٍ سالب).

$$W_2 = -F_2 \Delta x_2$$

لكن: $F_2 = p_2 s_2 \Rightarrow W_2 = -p_2 s_2 \Delta x_2$

لكن: $\Delta V = s_2 \Delta x_2 \Rightarrow W_2 = -p_2 \Delta V$

حيث ΔV حجم كمية السائل التي تعبرُ المقطع s_2 في المدّة الزمنيّة Δt نفسها.

وهي تساوي حجم كميّة السائل التي تعبرُ المقطع s_1 في المدّة الزمنيّة Δt وذلك لأنّ السائل غيرُ قابلٍ للانضغاط.

ويصبح العمل الكلّيّ $W_T = W_w + W_1 + W_2$

$$W_T = p_1 \Delta V - p_2 \Delta V - mg(z_2 - z_1)$$

وبحسب مصونيّة الطاقة (أو نظرية الطاقة الحركية) فإنّ:

$$W_T = E_{k_2} - E_{k_1} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

بمساواة العلاقتين نجد:

$$p_1 \Delta V - p_2 \Delta V - mg(z_2 - z_1) = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$p_1 \Delta V + \frac{1}{2}mv_1^2 + mgz_1 = p_2 \Delta V + \frac{1}{2}mv_2^2 + mgz_2$$

نقسم الطرفين على ΔV علماً أنّ: $\rho = \frac{m}{\Delta V}$

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

معادلةُ برنولي: $p + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g z = const$

وتنصُّ نظرية برنولي على ما يلي: إنّ مجموعَ الضغط والطاقة الحركيّة لواحدة الحجوم، والطاقة الكامنة الثقاليّة لواحدة الحجوم تساوي مقداراً ثابتاً عند أيّ نقطة من نقاط خطّ الانسياب لسائل جريانُهُ مستقرٌّ.

فالمقدار ρgz يمثّل الطاقة الكامنة الثقالية لواحدة الحجوم من السائل

ويمثّل المقدار $\frac{1}{2}\rho v^2$ الطاقة الحركية لوحدة الحجوم من السائل.

والضغط p طاقة واحدة الحجوم ويمكن أن نتحقّق من

ذلك لو كتبنا واحدات الضغط إذ نجد:

$$1\ Pa = 1\frac{N}{m^2} = 1\frac{N.m}{m^3} = 1\frac{J}{m^3}$$

حالة خاصّة: إذا كان الأنبوب أفقيًا:

$$z_1 = z_2$$

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

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

ونستنتج: أنه ينقص ضغط السائل كلّما ازدادت سرعته.

تطبيقاتٌ على معادلةِ برنولي:

1) سكون السوائل ومعادلة المانومتر:

يمكن أن نحصل على معادلة المانومتر من معادلة

برنولي بفرض أنّ المائع ساكنٌ في الأنبوب أي

أنّ: $v_1 = v_2 = 0$

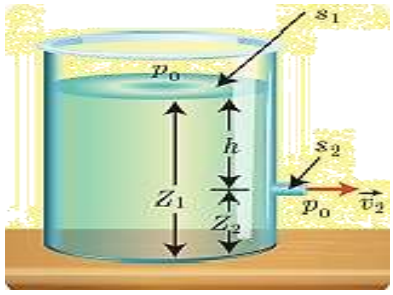
نعوّض في معادلة برنولي فنجد:

$$p_1 - p_2 = \rho g z_2 - \rho g z_1 = \rho g(z_2 - z_1) = \rho g h$$

$$p_1 - p_2 = \rho g h$$

وهذه معادلة المانومتر: قانون الضغط في الموائع الساكنة.

2) نظريّة تورشيللي:



يحتوي خزّانٌ على سائل كتلته الحجميّة ρ مساحة سطحُ

مقطعه s_1 كبيرة بالنسبة إلى فتحةٍ جانبيّةٍ مساحة مقطعها صغيرةٌ

s_2 تقعُ قربَ قعره وعلى عُمق $z_1 - z_2 = h$ من

السطح الحرّ للسائل.

فما السرعة التي يخرجُ بها السائلُ من الفتحة الجانبيّة؟

نطبّقُ معادلة برنولي على جزءٍ صغيرٍ من السائل انتقل

من سطح الخزّان بسرعة $v_1 \approx 0$ ليخرجَ من الفتحة s_2

إلى الوسط الخارجيّ بسرعة v_2:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

إنّ السّطح المفتوح، والفتحة معرّضتان للضغط الجويّ

النظاميّ، ولذلك $p_1 = p_2 = p_0$

$$\rho g z_1 = \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$\frac{1}{2}v_2^2 = g z_1 - g z_2$$

$$v_2^2 = 2g(z_1 - z_2) \Rightarrow v_2 = \sqrt{2gh}$$

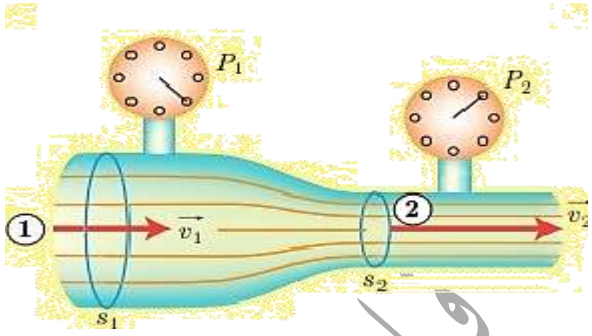
إنّ سرعة خروج السائل تساوي السرعة التي يسقطُ بها

جسمٌ مائع سقوطاً حرّاً من ارتفاع h.

تُدعى العلاقة السابقة بنظرية تورشيللي، وتنطبقُ على أيّ فتحةٍ

في الوعاء، سواء في قعره كانت أم في جدارها الجانبيّ.

3) انبوب فنتوري:



يتألّفُ أنبوبُ فنتوري من أنبوب مساحةُ مقطعه s_1 يجري فيه سائلٌ بسرعة v_1 في منطقةٍ ضغطها P_1، فيصل لاختناق مساحته s_2، ولمعرفة فرق الضغط بين الجذع الرئيسِ والاختناق نستعملُ أنبوبَ فنتوري.

نطبّقُ معادلة برنولي بين النقطتين 1,2 اللتين تقعان في المستوي الأفقيّ نفسِه.

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$z_1 = z_2$$

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

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

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

لكن: $\frac{v_2}{v_1} = \frac{s_1}{s_2}$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2}\rho\left[(\frac{s_1}{s_2})^2 - 1\right]v_1^2$$

ويُقاسُ فرقُ الضغط بين نقطتين باستخدام جهاز قياس الضغط

لدينا: $s_2 < s_1$ إذا: $P_1 > P_2$ أي أنّ الضغطَ في الاختناق أقلُّ من الضغطِ في الجذع الرئيس للأنبوب. يُستفادُ من هذه الخاصية في الطّبّ، فقد تتناقصُ مساحةُ مقطع الشرايين في منطقةٍ ما نتيجةَ تراكم الدهون والشحوم، وهذا يعيقُ جريانَ الدّم في هذه الشرايين، ويتناقصُ ضغطُ الدّم في المقاطع المتضيّقة عن قيمتها الطبيعيّة اللازمة لمقاومة الضغوط الخارجيّة.

ونستنتج: أنه ينقصُ ضغطُ السائل كلّما نقصت مساحة المقطع.

اختبر نفسي:

أولا: اختر الإجابةَ الصحيحةَ ممّا يأتي:

1) عندما تهبُّ رياحٌ أفقيّةٌ عند فوّهة مدخنة شاقوليّة فإنّ سرعةَ خروج الدخان من فوّهة المدخنة:

a) تزداد. b) تنقص.

c) تبقى دون تغيّر. d) تنعدم.

ويمكن تفسيرُ النتيجة وفقَ:

a) مبدأ باسكال. b) مبدأ برنولي.

c) قاعدة أرخميدس. d) معادلة الاستمراريّة.

الإجابة الصحيحة: a) تزداد وفق b) مبدأ برنولي.

2) يتّصف السائلُ المثاليُّ بأنّه:

a) قابل للانضغاط وعديمُ اللزوجة.

b) غيرُ قابل للانضغاط ولزوجتُه غيرُ مهملة.

c) غيرُ قابلٍ للانضغاط وعديمُ اللزوجة.

d) قابلٌ للانضغاط ولزوجتُه غيرُ مهملة.

الإجابة الصحيحة: c) غيرُ قابلٍ للانضغاط وعديمُ اللزوجة.

فراس قلعه جي ٠٩٨٨٤٤٠٥٧٤ / ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦

3) خرطومٌ مساحةُ مقطعه عند فوّهة دخول الماء فيه S_1 وسرعةُ جريان الماء عند تلك الفوّهة v_1 فتكون سرعةُ خروج الماء v_2 من نهاية الخرطوم حيثُ أن $S_2 = \frac{1}{4} S_1$ مساوية:

a) v_1 b) $\frac{v_1}{4}$ c) $4v_1$ d) $16v_1$

الإجابة الصحيحة: c) $4v_1$

$$s_1 v_1 = s_2 v_2 \Rightarrow s_1 v_1 = \frac{1}{4} s_1 v_2 \Rightarrow v_2 = 4v_1$$

ثانياً: أعطِ تفسيراً علمياً باستخدام العلاقات الرياضيّة المناسبة لكلٍّ ممّا يأتي:

س1_ اختلاف سرعة جريان الماء عبر مقاطع مختلفة المساحة في مجرى نهر جريانه أفقي.

الجواب: حسب معادلة الاستمرارية $S_1V_1=S_2V_2$ السرعة تتناسب عكساً مع مساحة مقطع مجرى النهر , لذلك تزداد سرعة الماء عندما تنقص مساحة مقطع مجرى النهر وتنقص سرعة الماء عندما تزداد مساحة مقطع مجرى النهر .

س2_ عدم تقاطع خطوط الانسياب لسائل.

الجواب: خط الانسياب يمس في كل نقطة شعاع سرعة جسيم السائل في تلك النقطة وتقاطع خطوط الانسياب يعني وجود أكثر من سرعة للجسيم بالمكان نفسه وباتجاهات مختلفة وباللحظة ذاتها وهذا غير ممكن.

س3_ ينقص مقطع عمود الماء المتدفق من الخرطوم عندما توجه فوهته للأسفل، ويزداد مقطعه عندما توجه فوهته رأسياً للأعلى.

الجواب: عندما توجه فوهة الخرطوم للأسفل تزداد سرعة جريان الماء كلما اقترب الماء من سطح الأرض فينقص سطح مقطع الماء المتدفق حسب معادلة الاستمرارية وعندما توجه فوهة الخرطوم للأعلى تنقص سرعة جريان الماء كلما ابتعد الماء عن سطح الأرض فيزداد سطح مقطع الماء المتدفق

س4_ يندفع الماء بسرعة كبيرة من ثقب صغير حدث في جدار خرطوم ينقل الماء.

الجواب: سرعة اندفاع الماء من ثقب صغير هي سرعة كبيرة حسب معادلة الاستمرارية $S_aV_a = S_bV_b$ فإن :

$S_b > S_a \Rightarrow V_b < V_a$.

س5_ تستطيع خراطيم سيارات الإطفاء إيصال الماء لارتفاعات ومسافات كبيرة.

الجواب: فوهة الخرطوم ضيقة لذا تزداد سرعة اندفاع الماء فتزداد طاقته الحركية فيصل الماء إلى ارتفاعات أعلى ومسافات أطول.

س6_ تكون مساحة فتحات الغاز في موقد الغاز صغيرة؟

الجواب: لكي يندفع الغاز منها بسرعة كبيرة.

س7_ لجعل الماء المتدفق من فتحة خرطوم يصل إلى مسافات أبعد نغلق جزءاً من فتحة الخرطوم.

الجواب: نغلق جزءاً من فتحةِ الخرطوم لكي تزداد سرعة جريان الماء فتزداد طاقته الحركية لذا يصل إلى ارتفاعات أعلى ومسافات أطول.

فراس قلعه جي 0947205146 / 0988440574

حل المسائل التالية:

المسألة الأولى: لملء خزّان حجمُه 600 L بالماء استُعمِلَ خرطومٌ مساحة مقطعِه $5cm^2$ فاستغرقت العمليّة $300\ S$.

المطلوب: 1) احسبْ معدّلَ التدفّق الحجمي Q' .

2) احسبْ سرعة تدفّق الماء من فتحة الخرطوم.

3) كمْ تصبحُ سرعة تدفّق الماء من فتحة الخرطوم إذا نَقَصَ مقطعُها ليصبحَ رُبعَ ما كان عليه؟

الحل:

1) $Q' = \frac{V}{\Delta t} = \frac{0.6}{300} = 2 \times 10^{-3}\ m^3.s^{-1}$

2) $Q' = sv \Rightarrow v = \frac{Q'}{S} = \frac{2\times10^{-3}}{5\times10^{-4}} = 4m.s^{-1}$

3) $s_1v_1 = s_2v_2 \Rightarrow s_1v_1 = \frac{1}{4}s_1v_2 \Rightarrow$

$v_2 = 4v_1 = 4 \times 4 = 16\ m.s^{-1}$

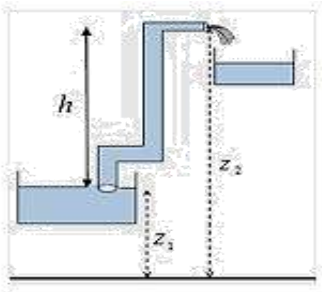
المسألة الثانية: ترفعُ مِضخّةٌ الماءَ من خزّانٍ أرضيٍّ عبرَ أنبوبٍ مساحة مقطعِه $S_1 = 10\ cm^2$ إلى خزّانٍ يقعُ على سطح بناء، فإذا علمتَ أنّ مساحة مقطع الأنبوب الذي يصبُّ في الخزّان العلويّ $S_2 = 5\ cm^2$ وأنّ معدّل الضخّ $Q' = 0.005\ m^3.s^{-1}$

المطلوب: 1) احسب سرعةَ الماء عندَ دخوله الأنبوبَ وعند فتحةِ خروجه من الأنبوب.

2) احسب قيمةَ ضغطِ الماء عندَ دخوله الأنبوبَ علماً بأنّ الضغط الجويّ $1 \times 10^5\ Pa$ والارتفاعَ بين الفوهتين $20m$.

3) احسب العمل الميكانيكي اللازم لضخ 100 L من الماء إلى الخزان العلوي.

الحل:



مستوى مرجعي لقياس الطاقة الكامنة الثقالية

1) $Q' = s_1v_1 \Rightarrow v_1 = \frac{Q'}{S} = \frac{5\times10^{-3}}{10\times10^{-4}} = 5\ m.s^{-1}$

$Q' = s_2v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{Q'}{S} = \frac{5\times10^{-3}}{5\times10^{-4}} = 10\ m.s^{-1}$

2) نطبق نظرية برنولي بين الوضعين:

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g z_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g z_2$$

$$p_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(z_2 - z_1)$$

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

$$p_1 = 10^5 + \frac{1}{2}1000(100 - 25) + 1000 \times 10 \times 20$$

$$p_1 = 100000 + 37500 + 200000 = 337500\ pa$$

3) $W = \Delta E_K = E_{K2} - E_{K1} = \frac{1}{2}m(v_2^2 - v_1^2) =$

$$W = \frac{1}{2}\rho v(v_2^2 - v_1^2) =$$

$$w = \frac{1}{2}(1000)(100\times10^{-3})(100-25) = 3750\ J$$

فراس قلعه جي ٠٩٨٨٤٤٠٥٧٤ ٠٩٤٧٢٠٥١٤٦

المسألة الثالثة: ينتهي أنبوبُ ماءٍ مساحةُ مقطعه $10cm^2$ إلى رشّاش الاستحمام فيه 25 ثقباً متماثلاً مساحةُ مقطعِ كلِّ ثقبٍ $0.1cm^2$ فإذا علمتَ أنّ سرعةَ تدفّق الماء عبر الأنبوب $50\ cm.s^{-1}$ المطلوب:

1) احسب معدّل التدفّق الحجميّ للماء .

2) احسب سرعةِ تدفّق الماء من كلِّ ثقب.

الحل:

1) $Q' = s_1 v_1 = 10 \times 10^{-4} \times 0.5 = 5 \times 10^{-4} m^3.s^{-1}$

2) $Q' = 25 s_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{Q'}{25\ S_1} = \frac{5\times10^{-4}}{25\times0.1\times10^{-4}}$

$\Rightarrow v_2 = 2m.s^{-1}$

المسألة الرابعة: مِحقنٌ أسطوانيٌّ الشكلِ مساحة مقطعه $1.25cm^2$ مركب عليه إبرةٌ معدنيّةٌ مساحة مقطعها $4 \times 10^{-4} cm^2$ المطلوب:

1) احسب سرعةِ تدفقِ المحلولِ عبرَ مقطعِ المحقنِ عندما يكونُ معدّلُ التدفّق $5 \times 10^{-5} m^3 s^{-1}$.

2) احسب سرعة تدفقِ المحلولِ لحظةَ خروجِهِ من فوّهةِ الإبرة.

الحل:

1) $v_1 = \frac{Q'}{S_1} = \frac{5\times10^{-5}}{1.25\times10^{-4}} = 0.4m.s^{-1}$

2) $v_2 = \frac{Q'}{s_2} = \frac{5\times10^{-5}}{4\times10^{-8}} = 1250m.s^{-1}$

التفكير الناقد: أيهما أكثر تقوساً السطح العلوي أم السطح السفلي لجناح الطائرة؟

الجواب: السطح العلوي لجناح الطائرة أكثر تقوّسا من السطح السفلي، فعندما تتحرك الطائرة بسرعة ما تكون سرعة جريان الهواء من الأعلى أكبر منها من الأسفل، وبالتالي يكون الضغط من الأعلى أقل منه من الأسفل فترتفع الطائرة.

_ _ _ _ _ انتهى البحث _ _ _ _ _

ندعوكم للانضمام إلى قناتنا على التيلغرام:

قناة فراس قلعه جي للفيزياء والكيمياء

فراس قلعه جي 0988440574 / 0947205146 / 0947205146