

اسم التجربة : معادلة برنولي

الغرض من التجربة :اثبات صحة معادلة برنولي عملياً

مقدمة:

إن معادلة برنولي أو ما يسمى بمعادلة الطاقة تعتبر واحدة من المعادلات المهمة لاستخراج الطاقة الكلية التي يحملها المائع الجاري خلال الأنابيب، وتعتمد هذه المعادلة على أساس أن مجموع الطاقة الكلية التي يحملها المائع أثناء حركته- والتي هي عبارة عن مجموع الطاقة الكامنة والحركية والطاقة الناتجة من قوة الضغط الذي يسلطه المائع على الأنبوب -تبقى ثابتة في أو مقطع إذا فرض عدم وجود أو إضافة للطاقة من مصدر خارجي أو فقدان لهذه الطاقة.

نظرية التجربة:

إن معادلة برنولي هي حالة خاصة من معادلة أولير التي تستخرج من تطبيق قانون نيوتن الثاني للحركة على جزء متناه الصغر من المائع، وباشتقاق المعادلة نحصل على الشكل النهائي للمعادلة:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

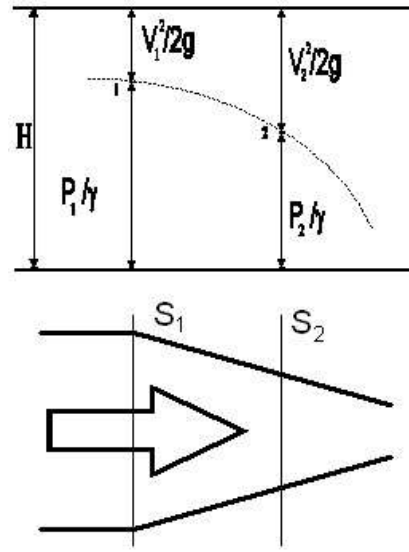
بما انه الانبوب افقي فان $Z_1 = Z_2$ فتكتب المعادلة بالصيغة التالية:

$$\frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z = H$$

حيث أن (H) تمثل ثابت التكامل وهو الشحنة الكلية (Total head) ويمثل المسافة الرأسية بين المستوى الإسناد وخط الطاقة (Energy line)، أما $(\frac{P}{\gamma})$ فتمثل شحنة الضغط (Pressure head)، و $(\frac{v^2}{2g})$ تمثل شحنة السرعة (Velocity head)، و (z) تمثل الشحنة الكامنة (Elevation head).

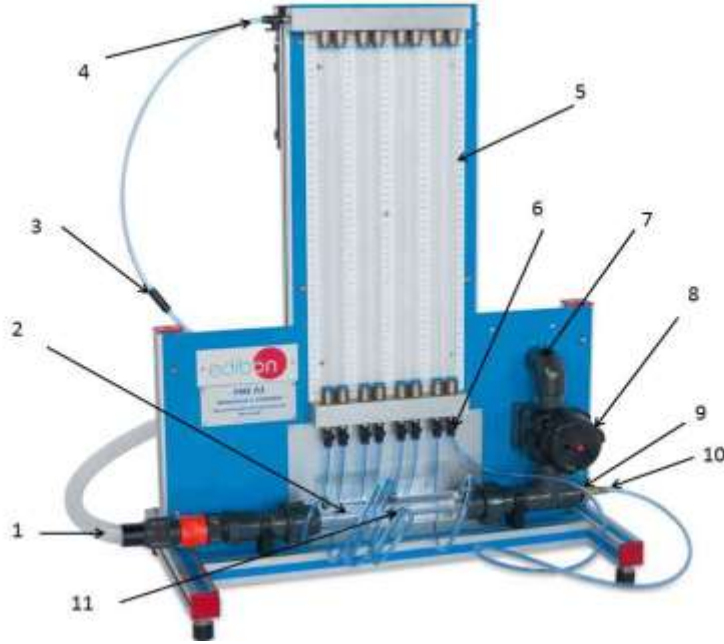
والكمية $(\frac{P}{\gamma} + z)$ تمثل الشحنة البيزومترية (Piezometric head) وهي تمثل

المسافة الرأسية بين مستوي الإسناد والخط الهيدروليكي (Hydraulic line) لذا فإن المسافة الرأسية بين خط الطاقة والخط الهيدروليكي تمثل شحنة السرعة، كما هو مبين في الرسم أدناه.



الجهاز المستخدم:

تستخدم في هذه التجربة المنصة الهيدروليكية Hydraulic Bench لتزويد الجهاز بمصدر الماء والجهاز عبارة أنبوب شفاف ذو مقطع دائري على شكل مخروطي مقطوع (أنبوب فنجوري) ومركب عليه ثمانية مانوميترات لقياس الضغط، المانوميتر الأخير الثامن (أنبوبة بيتوت) لقياس الضغط الكلي، يكون عمق هذا المجرى ثابت في حين يتغير مقطعه، حيث يضيق المقطع إلى أن يصل إلى حد معين ومن ثم يتسع مرة أخرى.



1. أنبوب إدخال لتزويد أنبوب فنجوري بالمياه.
2. أنبوب فنجوري أنبوب شفاف ذو مقطع دائري على شكل مقطوع مخروط مع سبع مانوميترات.
3. VA-1: صمام فحص لتصريف النظام.
4. V-1: صمام التنفيس ليسمح بخروج فقاعات الهواء من أنابيب المانومتر.
5. لوحة أنابيب المانومتر تحتوي على ثمانية أنابيب لقراءة الرؤوس المقابلة اللازمة لحساب الضغط.
6. V-2: صمامات لفتح/إغلاق أنابيب المانومتر يتم استخدامها لتصريف أنابيب المانومتر.
7. أنبوب مخرج للمياه في الدائرة.
8. VR-1: صمام التحكم في التدفق لتعديل معدلات التدفق للتجارب.
9. مقبض لضبط موضع أنبوب البيتوت في نقرات الضغط.
10. مسبار أنبوب بيتوت متصل بأنبوب المانومتر.
11. نقطة الاتصال لحساب ضغط أنابيب المانومتر في هذه النقطة.

المواصفات:

1. نطاق المانومتر : 0 - 470 ملم من الماء.
2. عدد أنابيب المانومتر : 8.
3. قطر الأنبوب عند المنبع: 25 ملم.
4. الزاوية = 10
5. القطر الأصغر = 10 ملم
6. القطر الأكبر = 25 ملم
7. طول الأنبوب المستقيم = 84.5 ملم
8. طول المخروط = 85.7 ملم

طريقة العمل:

1. يوضع الجهاز بشكل أفقي على المنصة، ويتم ربط الانابيب وتشغل المضخة.
2. حدد معدل التدفق (Q)
3. يتم التخلص من الفقاعات المتولدة عن طريق فتح صمام التجهيز وصمام السيطرة، ويُسمح للماء بالمرور لبضع ثواني، ثم يُغلق صمام السيطرة حيث يبدأ الماء بالارتفاع تدريجياً خال مقياس الضغط طارداً الهواء منها
4. املاً جميع أنابيب المانومتر.
5. ضع أنبوبة البيتوت في الضغط الأول باستخدام العجلة للتحرك أنبوب بيتوت. انتظر حتى يصبح رأس أنبوب بيتوت مانومتر مستقر، قد تستغرق هذه العملية 5-7 دقائق.
6. عندما يكون رأس أنابيب المانومتر مستقرًا، حدد الرأس الفرق (مم) بين أنبوب المانومتر الخاص بأنبوب بيتوت وأنبوب المانومتر من حساب الضغط الذي تم وضع أنبوب بيتوت عليه
7. رأس أنبوب المانومتر (الأنبوب الأيمن) الذي يتوافق مع يمكن تسجيل أنبوب Pitot (h_{TP-i}) ورأس التنبيت على الضغط (h_i)

باعتبار انه:

- الضغط الساكن (mm.w.c) وهو الضغط المتحصل عليه من السبعة أنابيب المانومتر موضوعة من اليسار إلى اليمين، " h_i ".

- الضغط الكلي " h_{TP-i} " (mm.w.c)، الضغط الناتج من الجانب الأيمن أنبوب المانومتر الخاص باللوحة متصل بأنبوب بيتوت.

8. حدد المقطع (S) بالمعادلة التالية: $S = Q/v$ ، حيث "Q" هو تدفق الماء و "v" هي السرعة التي تم الحصول عليها في هذا القسم. يمكن

يتم حسابها على النحو التالي:

$$v = \sqrt{\frac{2 g (h_{TPi} - h_i)}{\rho}} \quad (m/s)$$

حيث g هو ثابت الجاذبية (9.81 م/ث²) و $\rho = 1000$ كجم/م³.

8. كرر الخطوات من 5 إلى 7 بمعدلات تدفق مختلفة.

البيانات:

الموقع: يشير إلى المكان الذي يراد قياس الضغط فيه على طول أنبوب الفنتوري.

h_{TP-i} : رأس أنبوب المانومتر الذي يتوافق مع أنبوب بيتوت.

h_i : رأس أنبوب المانومتر الذي يتوافق مع الأقسام المختلفة للأنبوب فنتوري (يمثل الحرف: "i"، 1-6)

Position	Q ₁ (L/min)		Q ₂ (L/min)		Q ₃ (L/min)	
	h_{TP-1} (m.w.c)	h_i (m.w.c)	h_{TP-1} (m.w.c)	h_i (m.w.c)	h_{TP-1} (m.w.c)	h_i (m.w.c)
0						
1						
2						
3						
4						
5						
6						

الحسابات:

1. حساب الطاقة الحركية (السرعة) $h (kinetic head) = \frac{Q^2}{2 g s^2} (m)$

2. حساب الطاقة البيزومترية (الارتفاع) $h (piezometric head) = \frac{h_i}{\rho g} (m)$

3. حساب الطاقة الكلية. $h (total head) = \frac{h_{TPi}}{\rho g} (m)$

Flow rate (m ³ /s)	Section* (m ²)	Average velocity (m/s)	Kinetic head (m)	Piezometric head (experimental information) (m)	Total head kin.+Piez. (m)	h _(Pitot) (m)

- نرسم علاقة بين الموقع للنقطة على المحور السيني والارتفاع (شحنة الارتفاع وشحنة السرعة والشحنة الكلية على المحور الصادي).

