

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



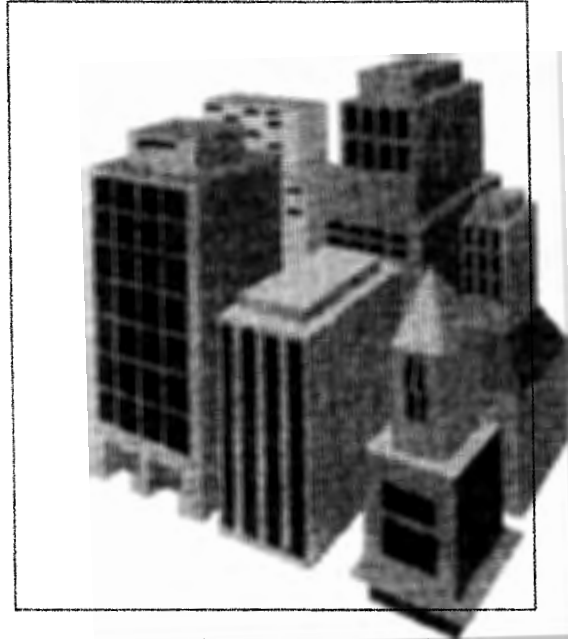
وزارة التعليم العالي والبحث
العلمي

Université Amar Telidji Laghouat
INSTITUT DE GENIE CIVIL

جامعة عمار
تليدجي بالأغواط
مهندسة المدنية
المخابر

تطبيقات الهيدروليك

الطلبة السنة الاولى والثانية قصير المدى-الثانية ليسانس -الثالثة مهندسين



اعداد: عبد القادر جمحيش

السنة الجامعية: ٢٠٠٢/٢٠٠١

تقديم

اليك ايها الطالب

نقدم بين يديك هذه المطبوعة التي تحتوي على كافة الاعمال التطبيقية في مادة الهيدروليك ، والتي حرصنا فيها على التقديم الجيد والواضح و على ان تتماشى مع تسلسل الدروس. ولقد ارفقنا كل التجارب بصور عن الاجهزة والوسائل المستعملة وكذا الجداول والمخططات البيانية. وكل ما نتمناه من خلال هذه المطبوعة هو ان تكون عوناً لك على الاعداد الجيد للتجارب شريطة ان تحضى من جانبك بالتحضير الجيد والمعاينة المستمرة للمطبوعة.

الاستاذ: عبد القادر جحيش

الفصل الأول

خواص السوائل
خواص السوائل

التجربة رقم 01

الخواص الفيزيائية للسوائل

خواص السوائل

تأثير بعض خواص السوائل دورا هاما في دراسة ميكانيك السوائل ، بينما يؤثر البعض الآخر تأثيرا اقل أهمية أو قد لا يؤثر إطلاقا عليها، فعند دراسة سكون السوائل يعتبر الوزن خاصية هامة ، بينما تعتبر خاصيتا الكثافة و اللزوجة أكثر أهمية في دراسة حركة السوائل، كما تؤثر خاصية الشد السطحي على السكون و الحركة خلال الممرات الضيقة.

الخواص الفيزيائية للسوائل

1/ مقدمة: الموائع مواد تنساب و تأخذ شكل الوعاء الذي يحويها ، أي أنها تخضع لتغيرات كبيرة في الشكل بفعل القوى المطبقة عليها .

تنقسم الموائع إلى سوائل و غازات ، و الفروق الأساسية بينهما هي أن السوائل تشغل أحجاما محددة، وتكون لها أسطح حرة ، وقابليتها للانضغاط ضعيفة . أما الغازات تشغل دائما الحجم الأعظم المتاح لها، وهي ذات قابلية انضغاط كبيرة .

2/ الهدف: هو تحديد الخواص الفيزيائية للسوائل:

- كثافة الماء .

- اللزوجة .

- التوتر السطحي للماء .

- التأكد من قانوني (باسكال و أرخميدس).

3/ الدراسة النظرية :

3-1- الكتلة النوعية : الكتلة النوعية ، أو الكثافة النوعية للسوائل هي نسبة كتلة السائل m إلى

حجمه V ، وتعطى في النظام العالمي بالوحدة Kg/m^3 ، ويرمز لها بالرمز ρ حيث:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

إذا كانت الكتلة النوعية لسائل ما موزعة بانتظام عند جميع نقاطه ، تعرف الكتلة النوعية عند نقطة

$$\rho = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{m}{V}$$

$$V \rightarrow 0$$

معينة كمايلي : حيث V : الحجم النوعي اللامتناهي في الصغر والذي يحيط بالنقطة المأخوذة لها الكتلة النوعية ، و m كتلة السائل الذي يشغل هذا الحجم .

تصل الكتلة النوعية للماء عند درجة الحرارة القياسية $4^\circ C$ ، والضغط الجوي النظامي إلى القيمة

$$1000 Kg/m^3$$

3-2- الوزن النوعي: يعرف الوزن النوعي لأي سائل بأنه نسبة وزنه W إلى حجمه V ، أو بمعنى

آخر هو القوة الناشئة عن تأثير تسارع الجاذبية الأرضية ، ووحدته في النظام العالمي هي N/m^3 ، ويرمز له بالرمز γ ، والذي يعطى بالعلاقة التالية :

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{m \cdot g}{V} = \rho \cdot g$$

g تسارع الجاذبية الأرضية، ويساوي في النظام العالمي $9.81 m/s^2$.

إذن الوزن النوعي للماء في نفس الشروط السابقة هو $9.81 \times 10^3 N/m^3$.

3-3- الكثافة النسبية هي نسبة الكثافة النوعية ρ لسائل ما إلى الكثافة النوعية ρ_0 للماء النقي ، و بالتالي فهي مقدار نسبي لا وحدة له ، ويرمز لها بالرمز d .

$$d = \frac{\rho}{\rho_0}$$

فهي الشروط النظامية من درجة الحرارة والضغط تكون كثافة الماء النقي تساوي 1 .

ولأن كثافة السوائل تتعلق بدرجة الحرارة ، فيجب تحديد هذه الأخيرة أثناء أي دراسة للكثافة ، خاصة عندما يكون التغير في درجة الحرارة كبيرا .

3-4- اللزوجة : تعتبر اللزوجة من أهم خصائص السوائل المستعملة في حقل ميكانيك السوائل ،

وتعرف بأنها مقياس مدى مقاومة السوائل لقوى القص ، أو بتعبير آخر ، هي خاصية تحدد مقاومة

التشوه أو الاحتكاك النسبي بين جزيئات السائل ، ووحدة إجهاد القص في النظام العالمي هي

$$N/m^2 \text{ ، ورمزه } \tau$$

- يعمل ارتفاع درجة الحرارة على تفكيك قوى التماسك بين جزيئات السوائل مما يؤدي إلى

تلاشي اللزوجة تدريجيا (بالنسبة للسوائل تنخفض اللزوجة بزيادة درجة الحرارة ، أي عكس

الغازات) ، ولها نوعان هما :

3-4-1- اللزوجة الديناميكية : اعتمادا على فرضية نيوتن التي تنص على أن إجهاد القص

يتناسب مباشرة مع معدل التشوه الزاوي الناتج عن حركة السائل ، يمكن كتابة العلاقة التالية :

$$\tau \sim \frac{dv}{dy}$$

حيث : τ : إجهاد القص .

dv : فرق السرعة بين طبقتين من السائل تبعدان عن بعضهما بالمسافة العمودية dy .

وبوضع ثابت التناسب μ ، فإن إجهاد القص للسائل يعبر عنه بمعادلة نيوتن كالتالي :

$$\tau = \mu \cdot \frac{dv}{dy}$$

يسمى μ باللزوجة الديناميكية ، أو اللزوجة المطلقة ، ووحدة في النظام العالمي $N.s/m^2$. وسميت

بالديناميكية لأن وحدتها تجمع بين القوة والمساحة والزمن .

3-4-2- اللزوجة الحركية : هي نسبة اللزوجة الديناميكية μ إلى الكثافة النوعية ρ لنفس

السائل ، ووحدة في النظام العالمي m^2/s ، وتُعطى بالستوكس ، ورمزها ν حيث :

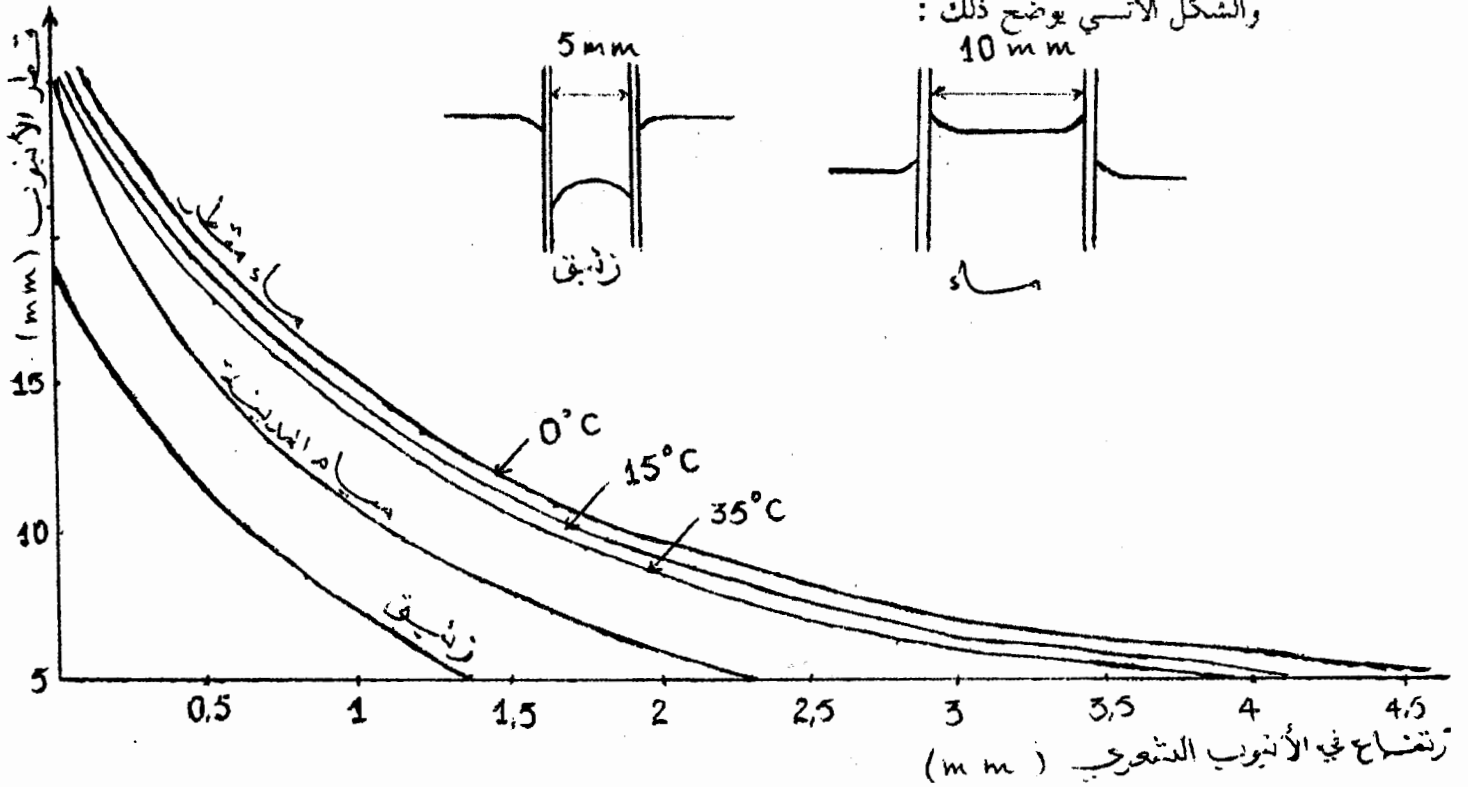
$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

تتأثر اللزوجة الحركية كذلك بدرجة الحرارة والضغط ، أي أنها تنخفض مع ارتفاعهما .
وسميت بالحركية لأن وحدتها تجمع بين المساحة والزمن ، أو تجمع بين السرعة والطول مع انعدام القوة فيها .

3-5- التوتر السطحي : تمتاز جميع السوائل بخاصيتين أساسيتين هما خاصيتا التماسك والتلاصق .
يساعد التماسك بين جزيئات السائل على مقاومة إجهادات الشد ، بينما يساعد تلاصق الجزيئات على التصاق السائل بجسم آخر ، أو بجدار الأنبوب الذي يحويه .
تعرف الخاصية التي تسبب هذه الظاهرة بالتوتر السطحي (الشد السطحي) ، الذي يأخذ الرمز σ ، ووحدة في النظام العالمي N/m .

يتغير التوتر السطحي بتغير درجة الحرارة ، بحيث يتناقص قليلا مع زيادتها .
3-5-1 الخاصية الشعرية : يعود ارتفاع وانخفاض السوائل في الأنابيب الشعرية إلى تأثير التوتر السطحي ، فعندما يكون الالتصاق أكبر من التماسك يرتفع السائل في الأنبوبة التي يبللها كالماء ، أما إذا كان الالتصاق أصغر من التماسك فينخفض السائل في الأنبوبة التي لا يبللها كالزئبق ، وهذه الظاهرة لا تظهر أكثر إلا في الأنابيب ذات الأقطار الصغيرة ، أي التي لا تتجاوز 10 mm ،

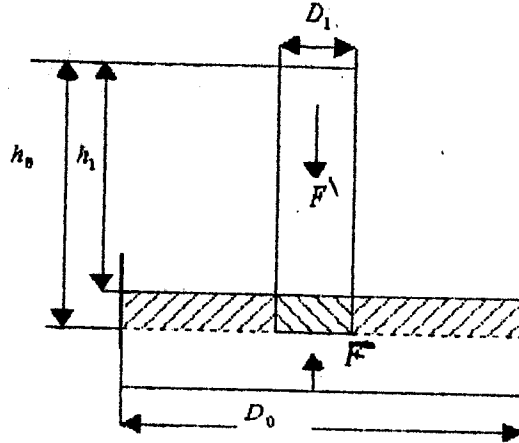
والشكل الآتي يوضح ذلك :



3-6 - قانون باسكال : أكد العالم " باسكال " أن السائل إذا كان في حالة سكون وغير قابل للانضغاط ، فإن التغير في الضغط في أي نقطة من السائل ينتقل بشكل آن إلى جميع نقاط هذا السائل .

3-7 - قانون أرخميدس: ينص قانون أرخميدس على أن أي جسم مغمور في مائع أو طاف على سطحه يتأثر بقوة حثو (دافعة أرخميدس) تساوي وزن المائع المزاح ، وتؤثر في نقطة مركز الطفو . التي تكون في مركز ثقل المائع للمزاح .

لنعتبر أن الحملة الميئة في الشكل التالي في حالة توازن ، وبعد تسجيل الوزن يكون لدينا :



$$\Delta m . g = F' + \gamma . \Delta V \quad (1)$$

$$F = F' \quad (2)$$

حيث : Δm : فرق قراءتي الوزن .

ΔV : حجم السائل المضاف .

F : دافعة أرخميدس .

F' : رد فعل دافعة أرخميدس على القضيب .

من (1) و (2) نجد :

$$F = \Delta m . g - \gamma . \Delta V \quad (3)$$

مع أن :

$$\Delta V = V_0 - V_1 = (S_0 - S_1)(h_0 - h_1)$$

حيث : S_0 : مساحة الإناء .

S_1 : مساحة الاسطوانة .

γ : الوزن النوعي للسائل .

إذن :

$$\Delta V = (h_0 - h_1) \frac{\pi}{4} (D_0^2 - D_1^2)$$

بالتعويض في (3) نحصل على :

$$F_{ex} = F = \Delta m \cdot g - \frac{\pi}{4} (h_0 - h_1) (D_0^2 - D_1^2) \gamma$$

$$F_{ex} = (m_{i+1} - m_i) g - \frac{\pi}{4} (h_i - h_{i+1}) (D_0^2 - D_1^2) \gamma$$

حيث : γ : كثافة الماء

قانون أرخميدس :

$$F_{th} = \gamma \cdot V_0$$

V_0 : حجم السائل المزاج .

$$V_0 = (h_0 - h_1) \frac{\pi \cdot D_1^2}{4}$$

ومنه :

$$F_{th} = \frac{\pi}{4} (h_0 - h_1) D_1^2 \cdot \gamma$$

$$F_{th} = \frac{\pi}{4} (h_i - h_{i+1}) D_1^2 \cdot \gamma$$

أو :

4/ خطوات التجربة :

1- حساب الكتلة النوعية للماء :

1-1 طريقة إناء الاختبار المدرج :

- زن إناء الاختبار فارغاً (m_0) .

- املأه بالماء ثم زنه (m) ، ونخذ حجم الماء المحدد (V) .

- احسب الكتلة النوعية للماء ρ .

2-1 طريقة قارورة الكثافة :

- زن القارورة فارغة مع سداتها بعد تجفيفهما (m_0) .

- املأ القارورة بالماء ، وأغلقها بالسداة ، ثم جفف سطحها ، وتأكد من أن الماء داخل الفوهة

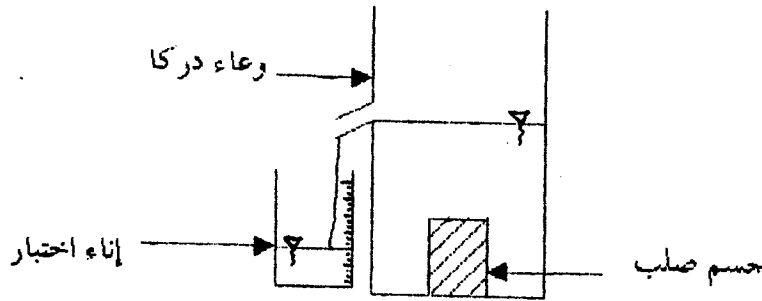
يوجد مع المستوى العلوي للسداة .

- زن القارورة مملوءة (m) .

- علماً بأن الحجم الداخلي للقارورة $V = 50 \text{ ml}$ ، احسب الكتلة النوعية للماء ρ .

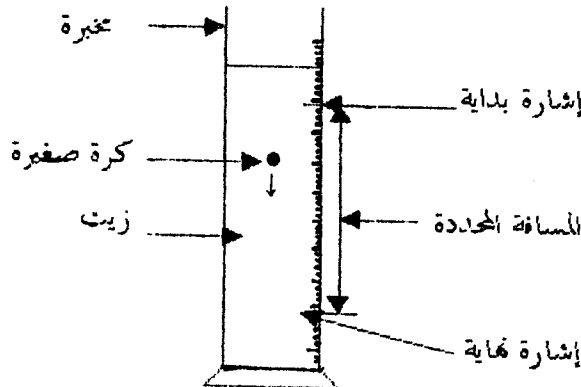
1-3 استعمال جسم صلب ووعاء دركا :

- اختر جسما صلبا يمكن وضعه داخل وعاء دركا .
- احسب أبعاد هذا الجسم لتحديد حجمه V .
- املاّ وعاء دركا حتى التدفق .
- زن إناء الاختبار فارغا (m_0) ، وضعه تحت منقار الوعاء .
- ضع الجسم الصلب داخل الوعاء ، ثم زن إناء الاختبار مع الماء المتسرب من منقار الوعاء ، واحتفظ بكتلته (m) .
- احسب الكتلة النوعية للماء p .



2- حساب لزوجة الزيت :

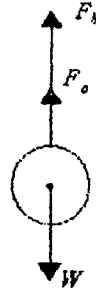
- نخذ مخيرة مدرجة واملأها بالزيت .
- حدد مسافة مرور الكرات ، وذلك بوضع إشارتي بداية ونهاية قياس زمن المرور .
- اسقط كرة صغيرة في المخيرة ، واحسب زمن مرورها خلال المسافة المحددة .
- كرر العملية عدة مرات .



- احسب لزوجة الزيت عن طريق قانون ستوكس التالي :

عند إسقاط كرة قطرها D ، وكتلتها النوعية p ، في سائل كتلته النوعية p ، فإن القوى المؤثرة عليها هي : ثقل الكرة W ، مقاومة السائل لسقوط الكرة F_R ، دافعة أرخميدس F_A ، كما هو مبين

في الشكل :



إذا كانت المجموعة في حالة توازن فإن :

$$W = F_a + F_b \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث :

$$W = \frac{\pi \cdot D^3}{6} \rho' \cdot g$$

$$F_a = \frac{\pi \cdot D^3}{6} \rho \cdot g \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$F_b = C \cdot \rho \cdot g \cdot S \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \dots \dots \dots (3)$$

حيث C : معامل الجبر (المسحب)

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

$$C = \frac{24}{Re} = \frac{24 \nu}{V \cdot D}$$

$$F_b = 3 \mu \cdot \pi \cdot D \cdot V \quad \dots \dots \dots (4)$$

ν : اللزوجة الحركية .

μ : اللزوجة الديناميكية .

V : سرعة سقوط الكرة .

$$\mu = \frac{D^2 \cdot g}{18 \cdot V} (\rho' - \rho)$$

من (1) ، (2) ، (3) و (4) نجد :

$$v = \frac{\mu}{\rho}$$

بوضع :

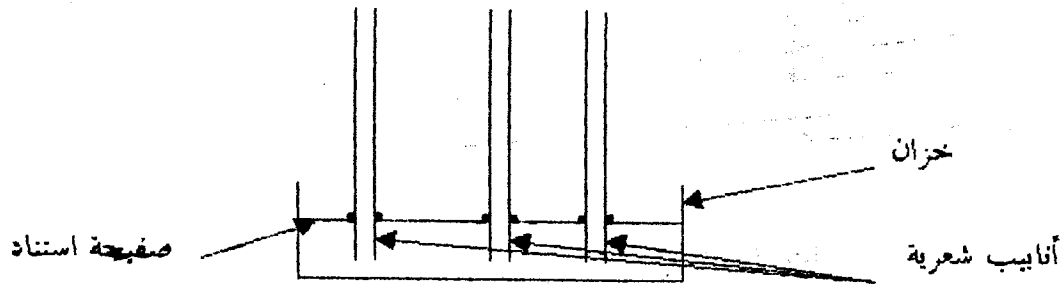
نحصل على قانون ستوكس التالي:

$$v = \frac{D^2 \cdot g}{18 \cdot V} \left(\frac{\rho'}{\rho} - 1 \right)$$

3- التوتر السطحي للماء :

- الخلاصة الشعرية : يتكون جهاز الشعرية من ثلاثة أنابيب زجاجية ذات الأقطار

mm [0.4 - 0.8 - 1.6] ، مستندة بصفيحة مثقبة ومثبتة داخل خزان الماء .



- التجربة:

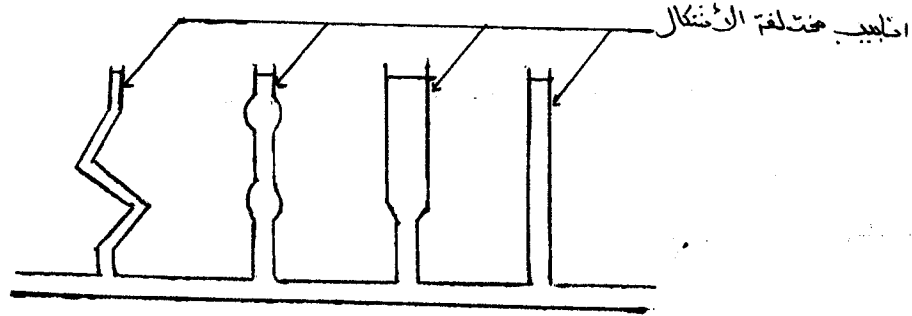
-املاً نصف الخزان بالماء .

-ضع الأنابيب الثلاثة على صفيحة الاستناد .

-سجل ارتفاع الماء داخل كل أنبوب شعري .

4- التأكد من قانون باسكال : يتكون جهاز مستويات الماء من أربعة أنابيب بيزومترية شاقولية

ذات أشكال مختلفة .



- التجربة :

1- مملأ نصف الخزان بالماء .

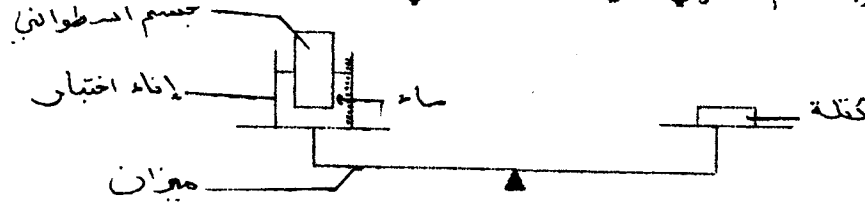
2- ماذا تلاحظ على الأنابيب الأربعة ؟

3- عين الضغط المانومتري عند قاعدة كل أنبوب .

4- قارن بين ارتفاع الماء داخل الأنابيب ، مع التعليل .

5- التأكد من قانون أرخميدس :

يستعمل في هذه التجربة جسم أسطواني معلق بقضيب معدني فوق الميزان ، و إناء اختبار مدرج .



- التجربة :

1- احسب قطر الجسم الأسطواني D_1 ، والقطر الداخلي لإناء الاختبار D_0 .

2- حرك الميزان حتى تكون كفته ملاسة لقاعدة الجسم .

3- ضع الجسم داخل إناء الاختبار الموضوع على كفة الميزان .

4- مملأ الإناء بالماء حتى يغطي الجسم الأسطواني .

5- سجل وزن و ارتفاع الماء .

6- كرر العملية عدة مرات ، وفي كل مرة سجل وزن الماء وارتفاعه .

7- بعد أخذ القياسات والتعرف على حجم الماء المزاح من طرف الجسم الأسطواني ، يمكن التأكد من

قانون أرخميدس بحساب قوة أرخميدس F_A على الجسم باستعمال :

1. طريقة توازن القوى داخل الماء الموجود في إناء الاختبار .

2. قانون أرخميدس .

القسم الثاني : خواص السوائل تجربة: الخواص الفيزيائية للسوائل

1- طريقة إناء الاختبار المدرج:

وزن الإناء مملوء m [kg]	وزن الماء $(m-m_0)$ [kg]	حجم الماء V [kg]	الكتلة النوعية للماء ρ [kg/m ³]

2 - حساب الكتلة النوعية للزيت:

وزن الإناء مملوء بالزيت m [kg]	وزن الزيت $(m - m_0)$ [kg]	حجم الزيت V [kg]	الكتلة النوعية للزيت ρ [kg/m ³]

3 - حساب لزوجة الزيت :

اللزوجة الحركية V [m ² /s]	الكتلة النوعية ρ [kg/m ³]



الأدوات المستعملة في تجربة الخواص الفيزيائية - للسوائل

- 1- قارورة الكافيت
- 2- إبرة مدرجة
- 3- مجسم صلب
- 4- وعاء دركا
- 5- ميزان
- 6- مجسم أسطواني
- 7- منبر
- 8- جهاز الخاسية الشعورية
- 9- أنابيب مختلفة الأشكال

الفصل الثاني

سكون السوائل
سكون السوائل

سكون السوائل

(الهيدروستاتيك)

يهتم هذا الفصل بدراسة السوائل وهي في حالة سكون أو التي ينعدم فيها الجريان ، حيث تتوقف حركة الجزيئات بالنسبة لبعضها البعض ، وبذلك مهما كانت لزوجة السائل فإن اجهادات القص تكون معدومة تماما بحيث يمكن معاملة السوائل الحقيقية كما لو كانت سوائل مثالية .

التجربة رقم 01

مركز الدفع

مركز الدفع

1/ مقدمة :

تؤثر جميع الموائع بقوى دفع أو ضغط على الأسطح الملامسة لها ، فمثلا تتأثر جدران الخزان بضغط المائع الذي يحويه ، وجدران السفينة بضغط الماء المحيط بها ، ويحدث هذا نتيجة ضغط المائع عند أي نقطة منه .

2/ الهدف :

هو تعيين قيمة واتجاه وموضع قوة دفع أي سائل على سطح مستو مغمور جزئيا أو كليا .
وتهدف التجربة في المجال العملي إلى وضع تقنية يعتمد عليها أثناء تصميم المنشآت التي تؤثر عليها هذه القوى كسطوح الخزانات ، والأنابيب الناقلة للموائع ، وقوى دفع المياه على السدود ، وعلى جدران الغواصات والبواخر ، وغيرها .

3/ الدراسة النظرية :

لنفترض أن السطح المستوي AB الموضح في الشكلين (1) و (2) يميل بزاوية θ بالنسبة للمحور العمودي ، يمكن لهذا السطح أن يكون :

$$h_0 > h_1 \cdot \cos \theta$$

3-1- مغمورا جزئيا : إذا تحقق الشرط :

حيث h_0 هو بعد مستوى الماء عن المحور الأفقي OX كما هو مبين في الشكل (1) .

و h_1 هو المسافة بين النقطة A ونقطة تقاطع امتداد السطح الغاطس AB مع المحور OX .

3-1-1- حساب قوة الدفع :

لنأخذ من السطح AB شريحة أفقية عرضها b ، ومساحتها $ds = b \cdot dx$ ، ولتكن قوة الدفع عليها هي

$$dF = P \cdot ds$$

بحيث :

$$dF = \rho \cdot g \cdot h \cdot ds$$

$$h = x \cdot \cos \theta$$

ولدينا من الشكل (1) :

ومنه :

$$dF = \rho \cdot g \cdot x \cdot \cos \theta \cdot b \cdot dx$$

بعد إجراء التكامل نجد قوة الدفع الكلية المؤثرة على السطح .

$$F = \int_0^{h_2 - \frac{h_0}{\cos \theta}} \rho \cdot g \cdot x \cdot \cos \theta \cdot b \cdot dx$$

$$F = \frac{\rho \cdot g \cdot b \cdot \cos \theta}{2} h_2^2 - \rho \cdot g \cdot b \cdot h_2 \cdot h_0 + \rho \cdot g \cdot b \cdot \frac{h_0^2}{2 \cos \theta}$$

3-1-2- حساب العزم :

العزم الكلي :

$$dM = \left(x + \frac{h_0}{\cos \theta} \right) dF$$

$$M = \rho \cdot g \cdot b \cdot \frac{\cos \theta \cdot h_2^3}{3} - \frac{\rho \cdot g \cdot b \cdot h_2^2}{2} h_0 + \frac{\rho \cdot g \cdot b \cdot h_0^3}{6 \cos^2 \theta}$$

$$h_0 < h_1 \cdot \cos \theta$$

2-3- مغمورا كليا : إذا تحقق الشرط :

حيث h_0 هو بعد مستوى الماء عن المحور الأفقي OX ، كما هو مبين في الشكل (2) .

و h_1 هو المسافة الفاصلة بين النقطة A ونقطة امتداد السطح AB مع المحور OX .

3-2-1- حساب قوة الدفع :

باعتقاد نفس الخطوات السابقة في حالة السطح المغمور جزئيا نستطيع إيجاد قوة الدفع في حالة السطح المغمور كليا .

$$dF = P \cdot ds$$

$$dF = \rho \cdot g \cdot h \cdot b \cdot dx$$

ولدينا من الشكل (2) :

$$h = (h_1 + x) \cos \theta - h_0$$

ومنه :

$$dF = \rho \cdot g \cdot [(h_1 + x) \cos \theta - h_0] b \cdot dx$$

بعد إجراء التكامل نجد قوة الدفع الكلية :

$$F = \int_0^{h_2-h_1} \rho \cdot g \cdot [(h_1 + x) \cos \theta - h_0] b \cdot dx$$

$$F = \frac{\rho \cdot g \cdot b \cdot \cos \theta}{2} (h_2^2 - h_1^2) - \rho \cdot g \cdot b \cdot h_0 (h_2 - h_1)$$

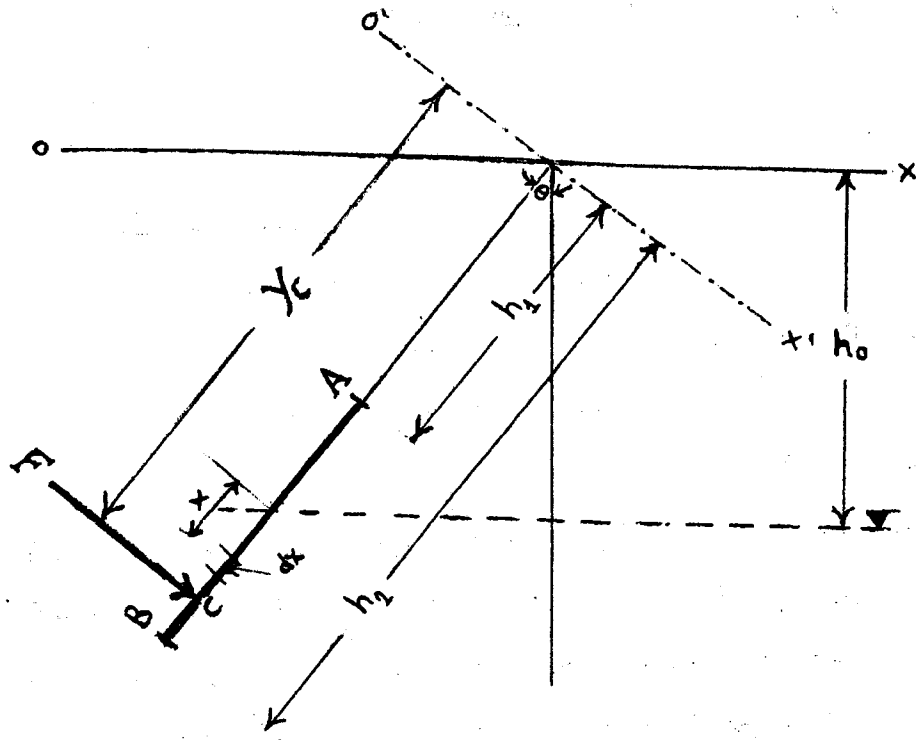
3-2-2- حساب العزم :

$$dM = (h_1 + x) dF$$

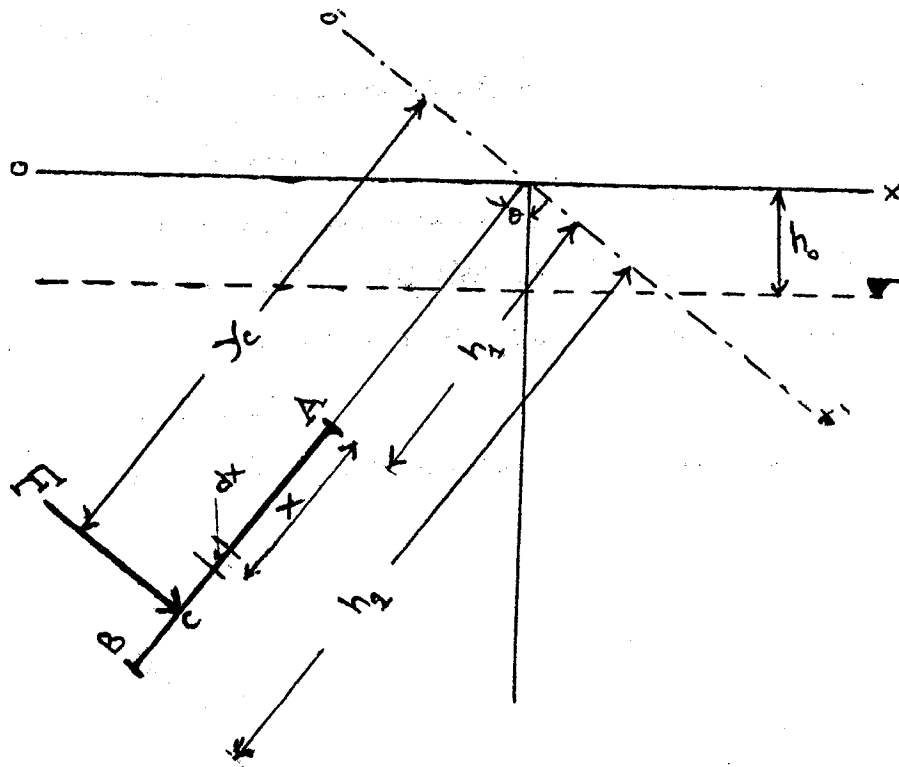
العزم الكلي :

$$M = \int_0^{h_2-h_1} \rho \cdot g \cdot [(h_1 + x) \cos \theta - h_0] b (h_1 + x) dx$$

$$M = \frac{\rho \cdot g \cdot b \cdot \cos \theta}{3} (h_2^3 - h_1^3) - \rho \cdot g \cdot \frac{b}{2} (h_2^2 - h_1^2) h_0$$



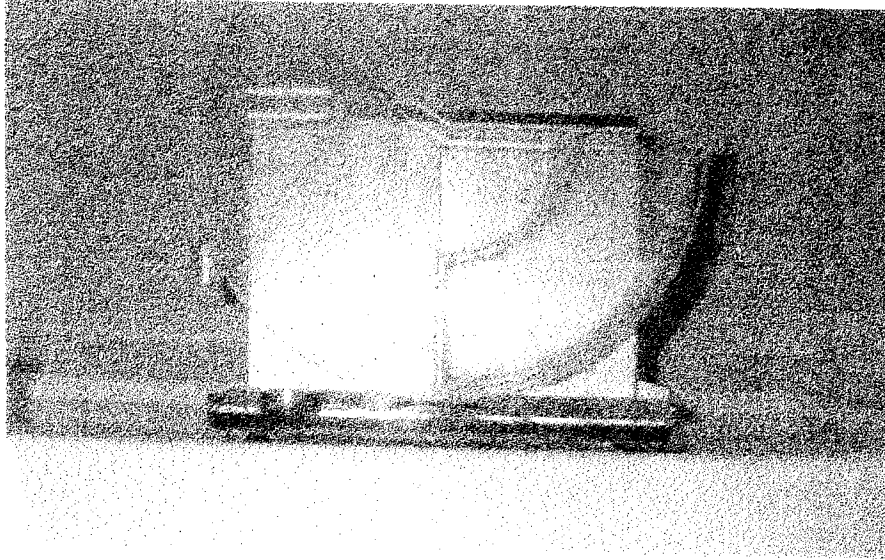
الشكل (1) - سطح مغمور جزئياً



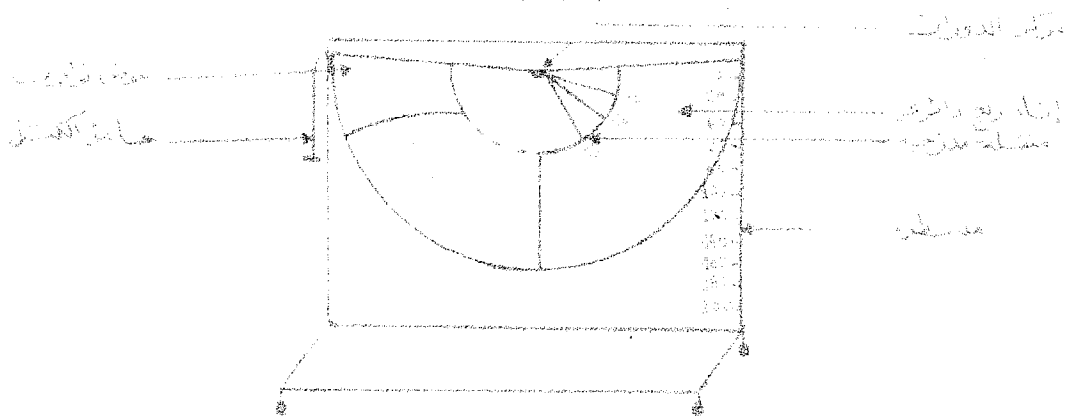
الشكل (2) - سطح مغمور كلياً

الجزء الثاني : الدرس

المصطلح الثاني : مكونات الدرس



المصطلح الثاني : الدرس



الاشارة (3) - ترتيب جهاز مركز الدرس

الفصل الثاني : سكّون السوائل

تجربة: مركز الدفع

نظري y_c [m]	محسوب y_c [m]	F [N]	M نظري [N.m]	M = w.h ₃ محسوب [N.m]	h ₀ [m]	W [N]
سطح مغمور جزئياً $\theta=0^\circ$						
سطح مغمور كلياً $\theta=0^\circ$						

جدول (1)

الفصل الثاني : سكون السوائل

تجربة: مركز الدفع

نظري y_c [m]	محسوب y_c [m]	F [N]	M نظري [N.m]	M = w.h ³ محسوب [N.m]	h ₀ [m]	W [N]
سطح مغمور جزئياً $\theta = 30^\circ$						
سطح مغمور كلياً $\theta = 30^\circ$						

جدول (2)

y_c نظري [m]	y_c محسوب [m]	y'_c [m]	F [N]	h_G [m]	h_0 [m]	W [N]
سطح مغمور جزئياً $\theta=30^\circ$						
سطح مغمور كلياً $\theta=30^\circ$						

جدول (4)

التجربة رقم 02

معايرة مقياس ضغط

معايرة مقياس ضغط

1/ مقدمة : نظرا لانعدام إجهادات القص داخل الموائع الساكنة ، فإنها توجد فقط قوى ضغط في

الاتجاه العمودي ، وغالبا ما يقاس الضغط بواسطة " مقياس بوردون " ، وهو جهاز يستعمل على

نطاق واسع في الأغراض الهندسية ، والأنظمة الهيدروليكية ، وغيرها من التطبيقات العملية .

2/ الهدف : هو قياس ضغط سائل معين (الزيت) .

3/ الدراسة النظرية :

يعرف الضغط بأنه القوة المؤثرة على وحدة المساحة ، وحدته في النظام العالمي هي N/m^2

ويرمز له بالرمز P

فإذا كانت F تمثل القوة الكلية على جزء من مساحة محددة S ، وإذا كان الضغط منتظما على المساحة

الكلية فإن :

$$P = \frac{F}{S}$$

- توجد ثلاثة أنواع للضغط هي :

3-1/ الضغط الجوي : (أو البارومتري) ، وهو ضغط الهواء على مستوى سطح

البحر ، وغالبا ما يرمز له بالرمز P_{atm} ، ويساوي حسب النظام العالمي $1.033 \times 10^5 N/m^2$

، ومن أجل التطبيقات العملية عادة ما يؤخذ $P_{atm} = 10^5 N/m^2$.

3-2/ الضغط المقياس : هو الضغط الذي يتم قياسه بالنسبة للضغط الجوي ، ويمكن أن يقاس

بأجهزة الضغط المختلفة ، كالمانومترات والبيزومتريات ... ، ويرمز له بالرمز P_g ، ويحسب بالعلاقة :

$$P_g = \gamma \cdot h$$

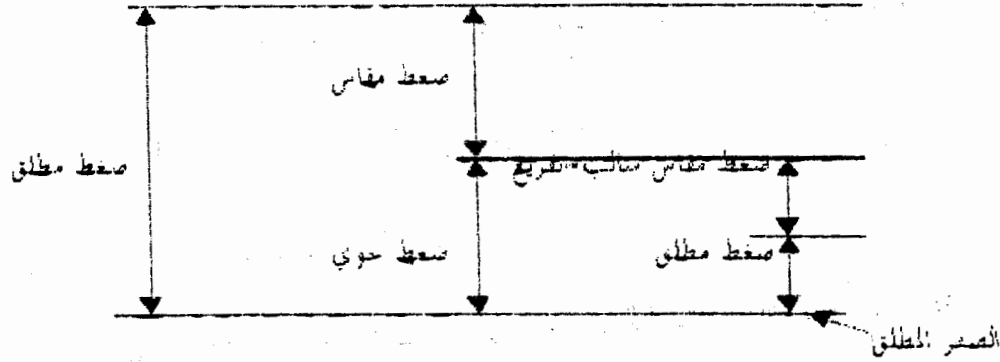
حيث : γ : الوزن النوعي للسائل .

h : ارتفاع السائل عن السطح المقاس عنده الضغط .

3-3/ **الضغط المطلق** : وهو الضغط الذي يقاس بالنسبة للصفر المطلق ، ورمزه P_{abs} ،

$$P_{abs} = P_g + P_{atm}$$

ويمكن الحصول على قيمته من العلاقة :

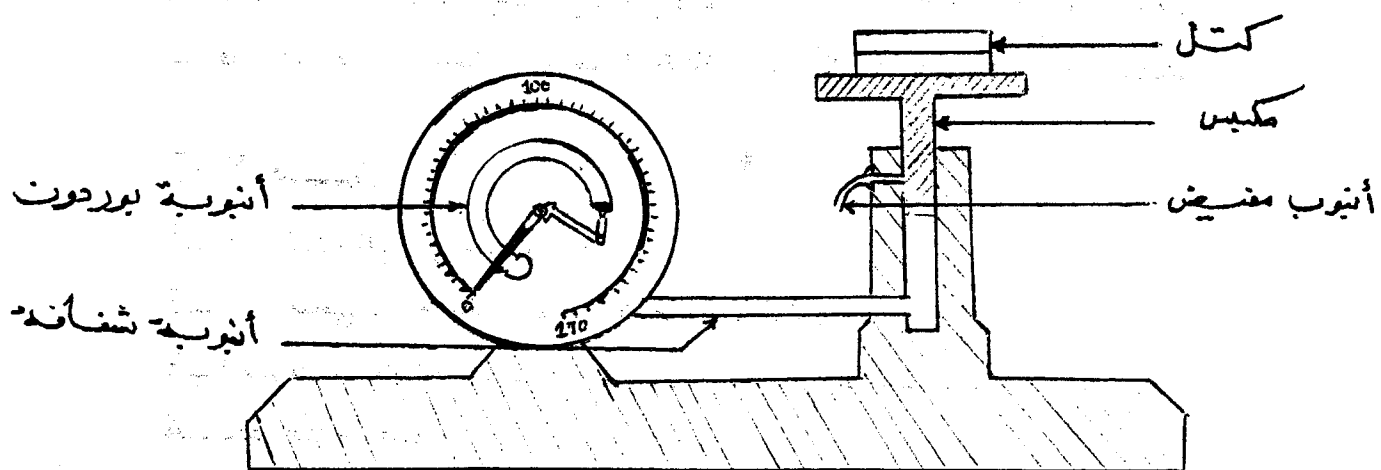


4/ وصف الجهاز :

يبين الشكل (1) الجهاز المستعمل في التجربة ، والذي يتألف من مكبس معدني اسطوانتي قابل للحركة شاقوليا داخل اسطوانة ، حيث توصل هذه الأخيرة بأنبوبة بلاستيكية شفافة تساعد على نقل الضغط بواسطة الزيت ، والتأكد من خلوه من فقاعات الهواء ، تنتهي هذه الأنبوبة إلى تركيبة التجهيز المزود بمؤشر لقراءة الضغط ، وأنبوبة بوردون القابلة للتمدد ، بالإضافة إلى قوس مسنن .

5/ طريقة عمل الجهاز :

عند اندفاع الزيت المضغوط داخل مقياس بوردون تتمدد الأنبوبة ، ويعتمد مقدار هذا التمدد على مقدار ضغط الزيت ، فننتقل حركة التمدد إلى المؤشر ^{عن} بطريق الرافعة والقوس المسنن ، ويمكن قراءة قيمة الضغط المقاس من على تدريج الجهاز الذي يكون مدرجا بوحدة N/m^2 .



الشكل (1) - ترتيب مقياس بوردون

6/ خطوات التجربة:

- ملأ الأسطوانة بالزيت ، والتخلص من فقاعات الهواء.
- وزن المكبس وقياس قطره .
- وضع المكبس شاقوليا داخل الأسطوانة ، وتركه حتى يستقر .
- قراءة قيمة الضغط الناتجة عن ثقل المكبس ، وتسجيلها .
- إضافة الكتل بصورة تدريجية ، وتسجيل قراءة المقياس بعد كل إضافة (رفع الضغط) .
- رفع الكتل بصورة تدريجية ، وتسجيل قراءة المقياس بعد كل رفع (خفض الضغط) .

7/ الأسئـلة:

- 1— دون النتائج المتحصل عليها في جدول.
- 2— ارسم منحى الضغط المقاس بدلالة الضغط الحقيقي .
- 3— ارسم منحى الخطأ في مقياس الضغط بدلالة الضغط الحقيقي .
- 4— ناقش النتائج المتحصل عليها .

قراءة المقياس عند:		الضغط الحقيقي [kN/m ²]	الكتلة الكلية على المكبس (مع وزن المكبس) [kg]	الكتلة المضافة إلى المكبس [kg]
خفض الضغط	رفع الضغط			

التجربة رقم 03

استقرار جسم طاف

استقرار جسم طاف

1/ مقدمة : كثيرا ما نتساءل عن سر بقاء الأجسام المغمورة كالغواصات ، و الأجسام الطافية

كالسفن مستقرة في وسط الماء أو فوق سطحه ، لذا فإن استقرار الأجسام المغمورة والطافية

من المسائل ذات الأهمية البالغة ، إذ أنه من الضروري تعيين ما إذا كان الجسم مستقرا ، أو غير

مستقر ، أو حياديا .

تعتمد حالة الاستقرار على موقع مركز ثقل الجسم نسبة إلى مركز الطفو الذي يقع في مركز ثقل

السائل المزاح من قبل الجسم (المطابق في الواقع لقانون أرخميدس) .

وبما أن كل أجزاء المبانى الهيدروليكية معرضة لقوى ضغط المائع الملاصق لها . فإننا سوف نتطرق في

دراستنا هذه إلى دراسة الأجسام المغمورة نظريا ، والأجسام الطافية نظريا و تجريبيا .

1. الجسم المغمور :

ليكن لدينا الجسم $ABCD$ ، المبين في الشكل (1-1) ، والمغمور في سائل تحت تأثير الجاذبية الأرضية

، وضغوط السائل المحيط به ، وهو في حالة اتزان تكون القوة المحصلة بالاتجاه الأفقي مساوية للصفر ،

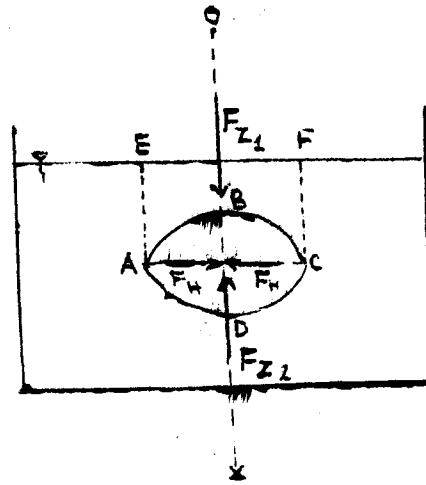
ويعود ذلك إلى تطابق المسقطين الجانبيين للجسم على المستوى Ox ، أما شاقوليا فإن المركبة الرأسية

للقوة على السطح ABC هي F_{21} ، وتكون مساوية لوزن حجم السائل $EABCF$ ، وبنفس الطريقة

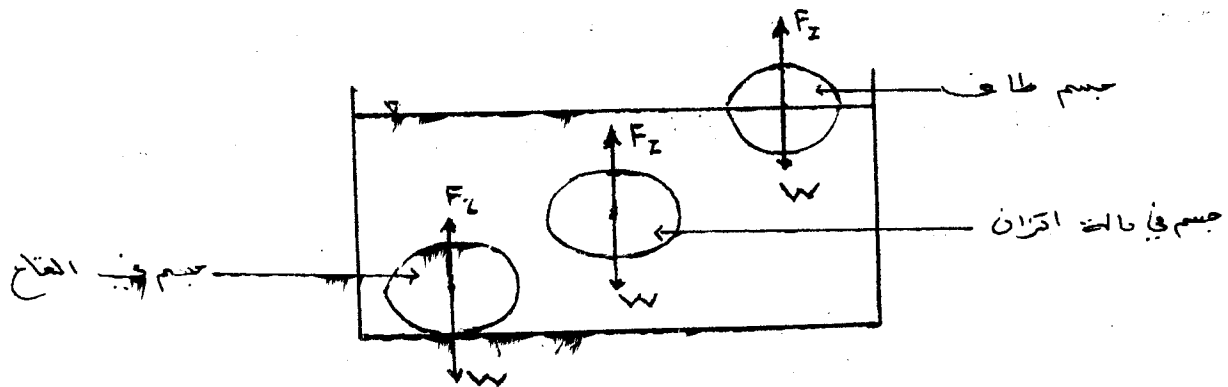
تكون المركبة الرأسية للقوة على السطح السفلي ADC هي F_{22} ، وتساوي وزن حجم السائل

$EADCF$ ، والفرق بين هذين الحجمين هو حجم الجسم $ABCD$ ، وعليه تصبح القوة الدافعة

مساوية لمحصلة القوتين ، أو تساوي ثقل المائع الذي يزيحه الجسم المغمور .



الشكل (1-1)



الشكل (2-1)

نأخذ : $V_1 = V_{EACF}$ و $V_2 = V_{EADCF}$.

$$F_{z1} = \gamma V_1 \quad (1) \quad \text{إذن}$$

$$F_{z2} = \gamma V_2 \quad (2)$$

$$F_z = F_{z2} - F_{z1} \quad (3) \quad \text{عبارة محصلة القوتين :}$$

بعبارة (1) و (2) في (3) نجد :

$$F_z = \gamma(V_2 - V_1)$$

$$F_z = \gamma V_c$$

حيث γ : الوزن النوعي للسائل .

$$W = \gamma_c V_c \quad \text{ومن جهة أخرى :}$$

حيث W : قوة ثقل الجسم المغمور .

γ_c : الوزن النوعي للجسم .

V_c : حجم الجسم المغمور .

ومنه نستطيع تغيير الحالات الثلاثة المبينة في الشكل (1-2) .

1. إذا كان : $W > F_z$ ، فإن الجسم يسي القاع .

2. إذا كان : $W = F_z$ ، فإن الجسم حالة اتزان .

3. إذا كان : $W < F_z$ ، فإن الجسم يطفو جزئيا .

2. الجسم الطافي

1/ الهدف : هو إيجاد الارتفاع البيئي $\overline{GM}$ الذي بواسطته نستطيع حساب بعد المركز البيئي

عن سطح الماء $\overline{OM}$ ، و مقارنته مع بعد مركز ثقل العوامة عن سطح الماء $\overline{OG}$ ، حيث نمكنا هذه المقارنة من معرفة حالة الجسم .

وتهدف التجربة في المجال العملي إلى اختبار تقنية لتصميم الأجسام الطافية كالبواخر ، وذلك بتحديد أفضل شكل هندسي للسطح الخارجي والذي يساعد على التوازن أثناء دفع الموجات لها ، وكذلك توازن كل من منشآت التنقيب عن البترول ، ومحطات الإذاعة التي تعمل في أوساط البحار ، والعديد من المجالات الأخرى .

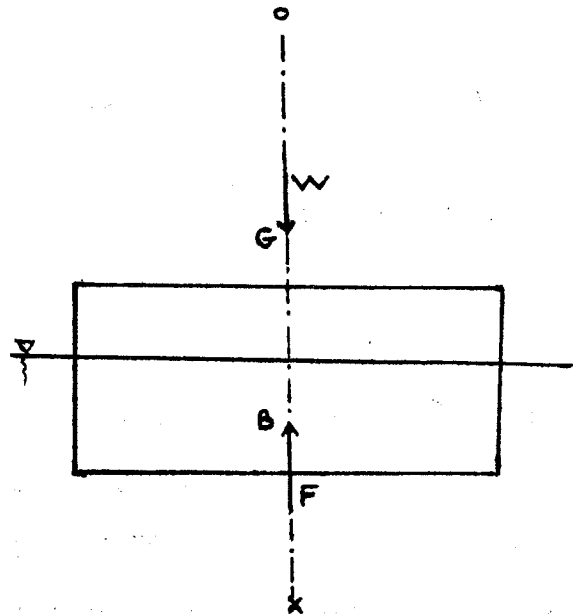
2/ الدراسة النظرية :

لتحديد الأنواع الثلاثة لتوازن الأجسام الطافية نفترض وجود عوامة طافية فوق سطح الماء ، والمبينة في الشكل (2) .

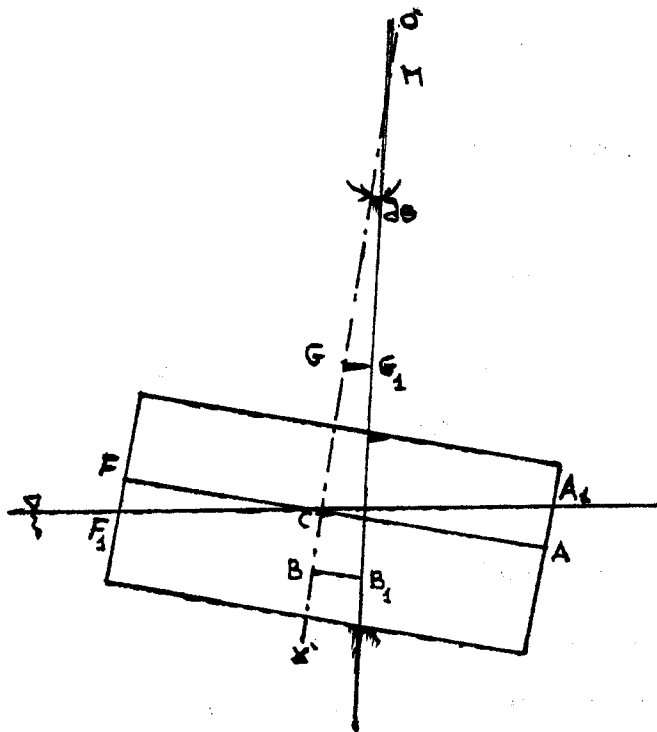
يوضح الشكل (2-1) العوامة وهي في وضع توازن مستقر (و التوازن المستقر هو بقاء الجسم ثابتا في موقعه ، أو أنه يعود إليه بعد إيمائه) ، ففي هذه الحالة تؤثر القوة الدافعة F إلى الأعلى باتجاه مركز الطفو B ، والتي تساوي في المقدار وتعاكس في الاتجاه قوة ثقل الجسم W التي تؤثر إلى الأسفل باتجاه مركز الثقل G (يكون عزم القوتين مساو للصفر) .

$$W = m.g \quad (4) \quad \text{لدينا :}$$

$$F = \rho.g.V \quad (5)$$



الشكل (1-2)



الشكل (2-2)

المشكل (2) جسم طاف

الفصل الثاني : سكون السوائل . تجربة : استقرار جسم طاف .

حيث : m : كتلة العوامة .

ρ : الكتلة النوعية للسائل .

V : حجم السائل المزاح .

g : تسارع الجاذبية الأرضية .

لإبقاء الجسم في حالة العوم نضع (6) $F = W$

بتعويض (4) و (5) في (6) نجد : $\rho \cdot g \cdot V = m \cdot g$

ومنه : $V = \frac{m}{\rho}$

- عند إراحة الكتلة m القابلة للتحريك بمسافة dx عن موضعها المركزي ، أنظر الشكل (2-2) ، فإن عيب الشاقول سوف يميل بزاوية قدرها $d\theta$ ، فيتغير حجم السائل المزاح ، وينتقل مركز ثقل الجسم من G إلى G_1 بمسافة موازية لقاعدة العوامة $\overline{GG_1}$ ، ومن هذا الانتقال يحدث تقاطع بين المحور الشاقولي الأصلي (وهو المحور الذي يمر بمركز الثقل G ومركز الطفو B) ، والمحور الجديد الذي يمر بمركز الطفو الجديد B_1 ، ونقطة التقاطع تسمى " المركز البيئي " ، وبالتالي فإن الارتفاع البيئي هو المسافة $\overline{GM}$ ، ولحسابه نتبع الخطوات التالية :

العزم الناتج عن الانتقال هو :

$$W \cdot \overline{GG_1} = P \cdot dx$$

ومنه :

$$\overline{GG_1} = \frac{P}{W} \cdot dx \quad (7)$$

$$\overline{GG_1} = \overline{GM} \cdot \tan d\theta$$

ومن الشكل (2-2) نكتب :

$$\tan d\theta = d\theta$$

بما أن $d\theta$ صغيرة فإن :

إذن يصبح لدينا :

$$\overline{GM} = \frac{\overline{GG_1}}{d\theta} \quad (8)$$

$$\overline{GM} = \frac{P}{W} \cdot \frac{dx}{d\theta}$$

بتعويض (7) في (8) نجد :

إذن يمكن تحديد الارتفاع البيئي $\overline{GM}$ من قياس $d\theta$ و dx ، ومعرفة P و W .

- ينتج عن دوران العوامة حول محورها OX انغمار جزء منها ممثل بالمثلث AA_1C ، وظفو الجزء الآخر الممثل بالمثلث FF_1C ، فإذا كان وزن العوامة لم يتغير قبل وبعد الانحراف ، فإن حجم الجزء المغمور يساوي حجم الجزء الطافي .

لنعتبر الجزء المظلل في الشكل (3) يمثل مساحة قدرها ds في المسقط العمودي ، وارتفاع $x d\theta$ في المقطع العمودي ، أي أن حجمه :

$$dV = x.ds.d\theta \quad (9)$$

وبالتالي يصبح وزن الجزء المزاح كالتالي :

$$dm = \rho.dV \quad (10)$$

$$dm = \rho.x.ds.d\theta$$

أي :

ومنه عزم الإزاحة للمساحة ds هو :

$$dM = dm.g.x$$

$$dM = \gamma.x^2.ds.d\theta$$

وعليه فإن عزم المساحة الكلية للعوامة هو :

$$M = \gamma.d\theta.\int x^2.ds$$

إذا كان I عزم العطالة للمساحة S حول المحور OX فإن :

$$I = \int x^2.ds$$

$$M = \gamma.d\theta.I$$

ومنه :

ومن جهة أخرى فإن عزم الإزاحة الكلي يمكن أن يساوي أيضا مجموع قوى الدفع $\gamma.V$ مضروبا في الذراع $\overline{BB_1}$ ، أي :

$$M = \gamma.V.BB_1$$

بتعويض M بقيمتها نجد :

$$\overline{BB_1} = \frac{I}{V}.d\theta$$

ومن الشكل (3) نأخذ :

$$\overline{BB_1} = \overline{BM}.d\theta$$

$$\overline{BM} = \frac{I}{V}$$

أي أن :

كما نستطيع كتابة العبارة :

$$\overline{GM} = \overline{BM} - \overline{BG}$$

بالنسبة لعوامة مستطيلة الشكل :

$$I = \frac{Lb^3}{12}$$

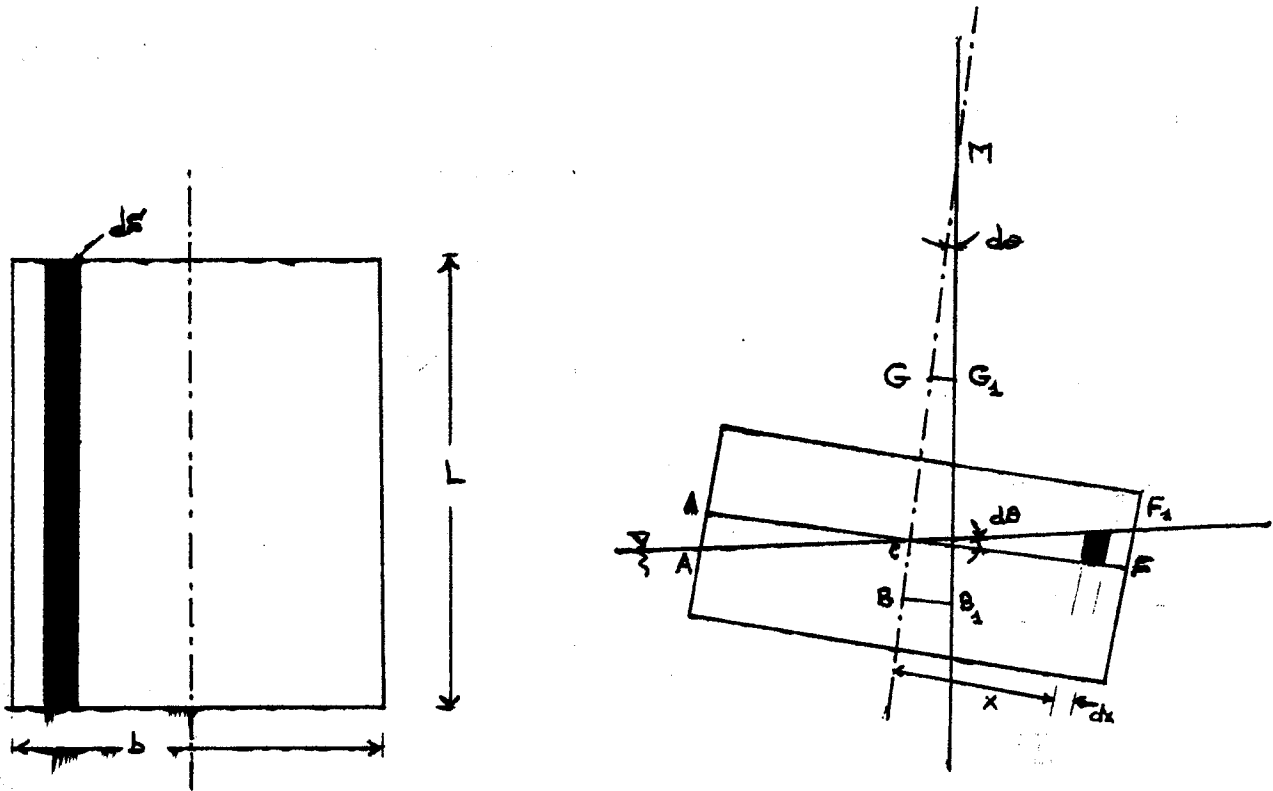
حيث : L : طول العوامة ، و b عرضها .

- تعتمد هذه النتيجة على قياس أبعاد العوامة ، وحجم السائل المزاج ، لذا يمكن استعمالها للتأكد من دقة التجربة ، وهكذا نستطيع تحديد موقع المركز البيني M بحساب الارتفاع البيني $\overline{GM}$ عند ميلان العوامة بزاوية صغيرة ، ونعبر الإشارة إلى أن تباعد النقطتين M و G يساعد على استقرار الجسم ، ومنه يمكن القول أنه إذا كان :

- $\overline{BM} > \overline{BG}$: النقطة M تقع أعلى النقطة G ، أي أن الجسم مستقر .

- $\overline{BM} = \overline{BG}$: النقطة M تنطبق على النقطة G ، أي أن الجسم مستقر حيادياً .

- $\overline{BM} < \overline{BG}$: النقطة M تقع أسفل النقطة G ، أي أن الجسم غير مستقر .



الشكل (3)

3/ وصف الجهاز :

يوضح الشكل (4) رسما تخطيطيا للجهاز المستعمل في التجربة ، والذي يتكون من عوامة مستطيلة الشكل ، ومثقلة في القاعدة بحيث يمكنها أن تطفو على سطح الماء ، مثبتة عليها سارية في جانبي قاعدتها ، وينزل على السارية كتلة (m_0) قابلة للتحريك أفقيا بمسافات ثابتة dx سوازية لقاعدة العوامة ، حيث تأخذ هذه المسافات قيمها الموجبة على يمين المحور الشاقولي للسارية ، وقيمها السالبة على يساره ، أما عموديا فتأخذ القيمة y_1 كارتفاع أول ثم تتغير y بإضافة scm في كل مرة ، كما يوجد خيط شاقولي معلق في أعلى السارية (مطابق لمحور السارية) يمكن عن طريقه قراءة زاوية ميل العوامة على مسطرة قياس الزوايا المثبتة في أسفل السارية ومقسمة بالدرجات من 0 إلى 8 درجات موجبة عن يمين المحور الشاقولي ، و سالبة عن يساره .

4/ خطوات التجربة :

- قياس أبعاد العوامة بدقة .
- تثبيت السارية جيدا في قاعدة العوامة ، وكذا مسطرة قياس الزوايا .
- وضع التجهيز في حوض به ماء ، بحيث تكون الكتلة القابلة للتحريك في الموضع المركزي ، أي عند المسافة $dx = 0$ والارتفاع الأول y_1 .
- تعيين مركز ثقل العوامة مع السارية في وضع الكتلة m_0 عند أول وضعية ، ثم تعيينه عند أي موضع معلوم بالطريقة التالية :
- يبين الشكل (5) أن :

$$\bar{y} = \left(\frac{P}{W} \right) \cdot y_n + A$$

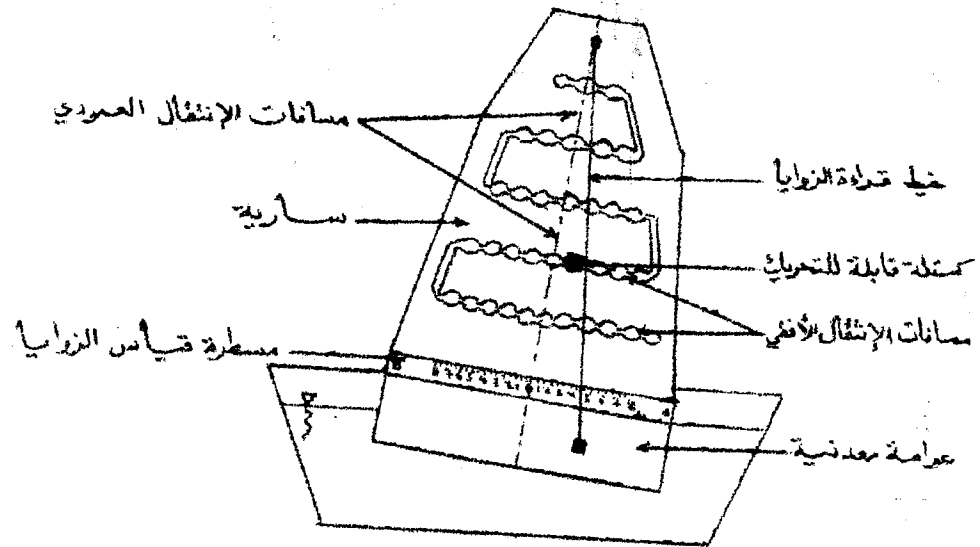
$$A = y_0 - \left(\frac{P}{W} \right) \cdot y_1$$

$$\overline{CG} = \bar{y} - \overline{CA}$$

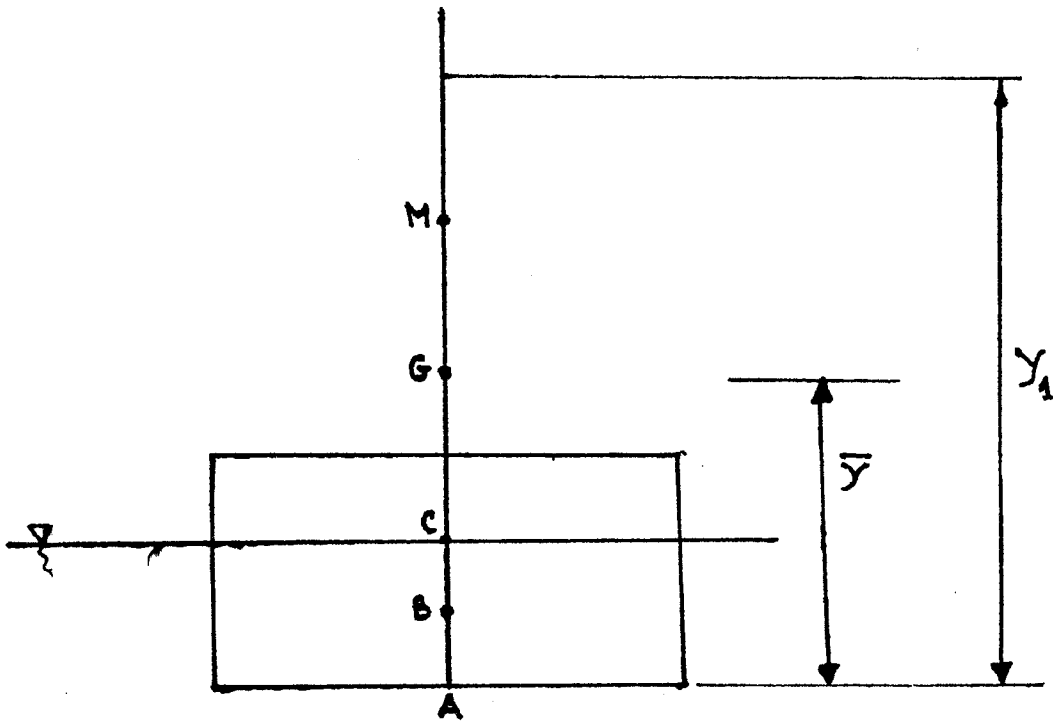
- تحريك الوزن عدة مرات على يمين ويسار المحور الشاقولي للعوامة ، وفي كل مرة يتم تسجيل زاوية الميلان ، وكذا ارتفاع العوامة المغمور .



المسار العام



الشكل (4) ترتيب جهاز القياس



الشكل (5)

5/الأسئلة:

- 1- املأ من خلال التجربة الجدول (1).
- 2- اجر الحسابات المتعلقة بالجدول (2).
- 3- قارن بين النتائج النظرية والنتائج الحسابية .
- 4- ارسم منحنى تغير $x=f(d(\theta))$ ، ثم استنتج منه المنحنى $G=f(dx_1/d\theta)$.
- 5- ناقش النتائج المتحصل عليها .

ارتفاع المركز البيني فوق سطح الماء :

$$\overline{CM} = \overline{BM} - \overline{CB}$$

النتائج التالية متحصل عليها بعد قلب العوامة وموازنتها عند ساريتها :

ارتفاع الكتلة القابلة للتحريك : $y_1 = 95 \text{ mm}$

ارتفاع مركز ثقل العوامة G فوق القاعدة عند وضع الكتلة m_0 عند أول وضعية هو $y_0 = 60 \text{ mm}$.
بما أن $\bar{y}$ يمثل ارتفاع G فوق قاعدة العوامة ، فإنه يتغير مع تغير y_1 حسب المعادلة :

$$y_0 = \left(\frac{P}{W} \right) \cdot y_1 + A$$

حيث A ثابت تعطى قيمته بالعلاقة :

$$A = y_0 - \left(\frac{P}{W} \right) \cdot y_1$$

ولدينا سابقا :

$$\bar{y} = \left(\frac{P}{W} \right) \cdot y_n + A$$

$$\overline{CG} = \bar{y} - \overline{CA}$$

ولدينا كذلك :

$$\overline{CG} = \frac{y_n}{5.62} - 1.59$$

إذن :

من قياسات زوايا الميلان وارتفاعات تحريك الكتلة m_0 القابلة للتحريك ، والمدونة في الجدول (1)

، نسم رسم المنحنى البياني الموضح في الشكل (6) ، والذي منه اشتقت قيم $\left(\frac{dx_1}{d\theta} \right)$

مليمتراً لكل درجة $(\text{mm}/^\circ)$.

موضع الكتلة القابلة للتحريك X_1											ارتفاع الكتلة القابلة للتحريك y_1 [mm]
75	60	45	30	15	0	-15	-30	-45	-60	-75	

جدول (1)

قيم زوايا الميلان (بالدرجة)

$\bar{CM}$ [mm]	$\bar{GM}$ [mm]	$(dx/d\theta)$ [mm/°]	$\bar{CG}$ [mm]	y [mm]

جدول (2)

التجربة رقم 01

التصريف خلال مقياس فتوري

التصريف خلال مقياس فتوري

1/ مقدمة : بتعدد بحالات استعمال المياه ازدادت صعوبة نقله ، الأمر الذي دنا إلى تطوير وسائل نقله

، كشبكات توزيع المياه ، وشبكات الصنخ ، التي لا تتم عشوائيا ، وإنما وفق قوانين تحدد فيها كمية

تدفق الماء ، ومن بين الأجهزة المستعملة منذ القدم لقياس كمية الجريان خلال الأنابيب ، مقياس

فتوري .

2/ الهدف : هو دراسة أليوب فتوري ، وحساب معامل التصريف C_d له .

أما في المجال العملي ، هو معرفة كيفية استخدام هذا الأليوب لقياس التدفق في مختلف شبكات توزيع

السوائل .

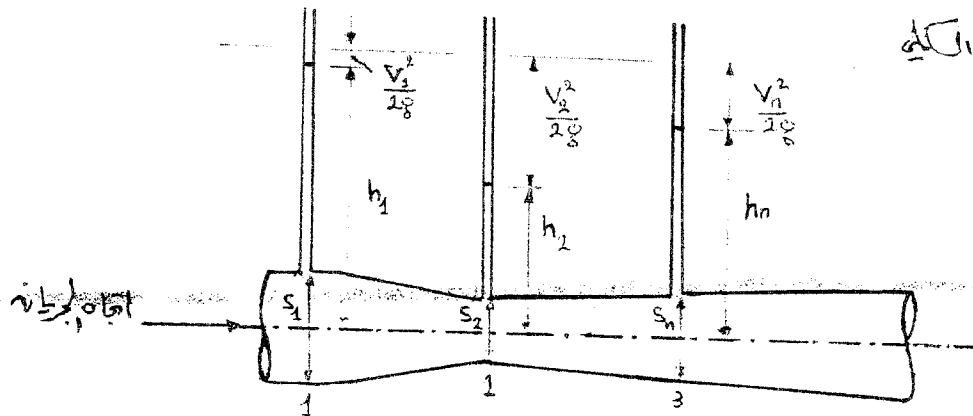
3/ الدراسة النظرية : لتعتبر جريان سائل خلال الأليوب ذي القطر المتقارب ثم المتباعد ، والمبين في

الشكل (1) ، بحيث تكون مساحة المقطع 1 عند المدخل هي S_1 ، ومساحة المقطع 2 عند العنق هي

S_2 ، ومساحة أي مقطع آخر n هي S_n ، وعند كل هذه المقاطع تسجل الأنايب (المانومترية) البيزومترية

القراءات h_1 و h_2 و h_n .

العدد الكلي



الشكل (1) .

بتطبيق معادلة برنولي بين المقطعين 1 و 2 ومع فرض عدم وجود أي ضياع في الطاقة على طول

الأنبوب ، نجد :

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

حيث V_1 ، V_2 ، V_n هي سرعات الجريان خلال المقاطع 1 و 2 و n .

وبما أن الأنبوب أفقي فإن $Z_1 = Z_2 = Z_n$ ، وبوضع $\frac{P}{\gamma} = h$ نحصل على :

$$\frac{V_1^2}{2g} + h_1 = \frac{V_2^2}{2g} + h_2 = \frac{V_n^2}{2g} + h_n \quad (1)$$

وتعويض معادلة الاستمرار في (1) نجد السرعة المثالية كالتالي :

$$V_1.S_1 = V_2.S_2 = V_n.S_n \quad (2)$$

$$V_2 = \frac{\sqrt{2g.(h_1 - h_2)}}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}} \quad (3)$$

ومنه يصبح معدل التصريف المثالي من المعادلة (2) كمايلي :

$$Q_{th} = S_2 \frac{\sqrt{2g.(h_1 - h_2)}}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}} \quad (4)$$

وبما أنه يوجد بعض الفقد في الطاقة بسبب الاحتكاك فيما بين 1 و 2 ، فإن السرعة الحقيقية ، وبالتالي

التدفق الحقيقي ، تكون أقل بقليل من القيمة المثالية المعطاة بالعلاقة (3) ، لذا وضع معامل التصريف

C_d ، أي من أجل التصحيح وتعويض الاختلاف ، حيث أن التدفق يعطى بالعلاقة :

$$Q_{rel} = C_d . S_2 \frac{\sqrt{2g.(h_1 - h_2)}}{\sqrt{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}} \quad (5)$$

ولأن معامل التصريف يتغير من جهاز لآخر ، وله ارتباط بالتدفق ، ولا توجد بيانات مضبوطة لأنبوبة فنتوري ، فإن قيمته تتراوح بين 0.92 و 0.99 . أما التوزيع الأمثل للضغط داخل الأنبوب يمكن معرفته من معادلة برنولي (1) كمايلي :

$$h_n - h_1 = \frac{V_1^2 - V_n^2}{2g} \quad (6)$$

ومن أجل إجراء الحسابات ، ومقارنة النتائج التجريبية بالنظرية ، فمن الأفضل التعبير عن $h_n - h_1$ بكسر من عمود السرعة عند عمق المقياس كالآتي :

$$\frac{h_n - h_1}{V_2^2 / 2g} = \frac{V_1^2 - V_n^2}{V_2^2} \quad (7)$$

ويوضع نسب للساحة بدلا من نسب المساحة ، وباستعمال معادلة الاستمرار (2) ، يصبح توزيع الضغط المثالي :

$$\frac{h_n - h_1}{V_2^2 / 2g} = \left(\frac{S_2}{S_1} \right)^2 - \left(\frac{S_2}{S_n} \right)^2 \quad (8)$$

4/ وصف الجهاز : بين الشكل (2) الجهاز المستعمل في التجربة ، وهو عبارة عن أنبوبة مصنوعة من

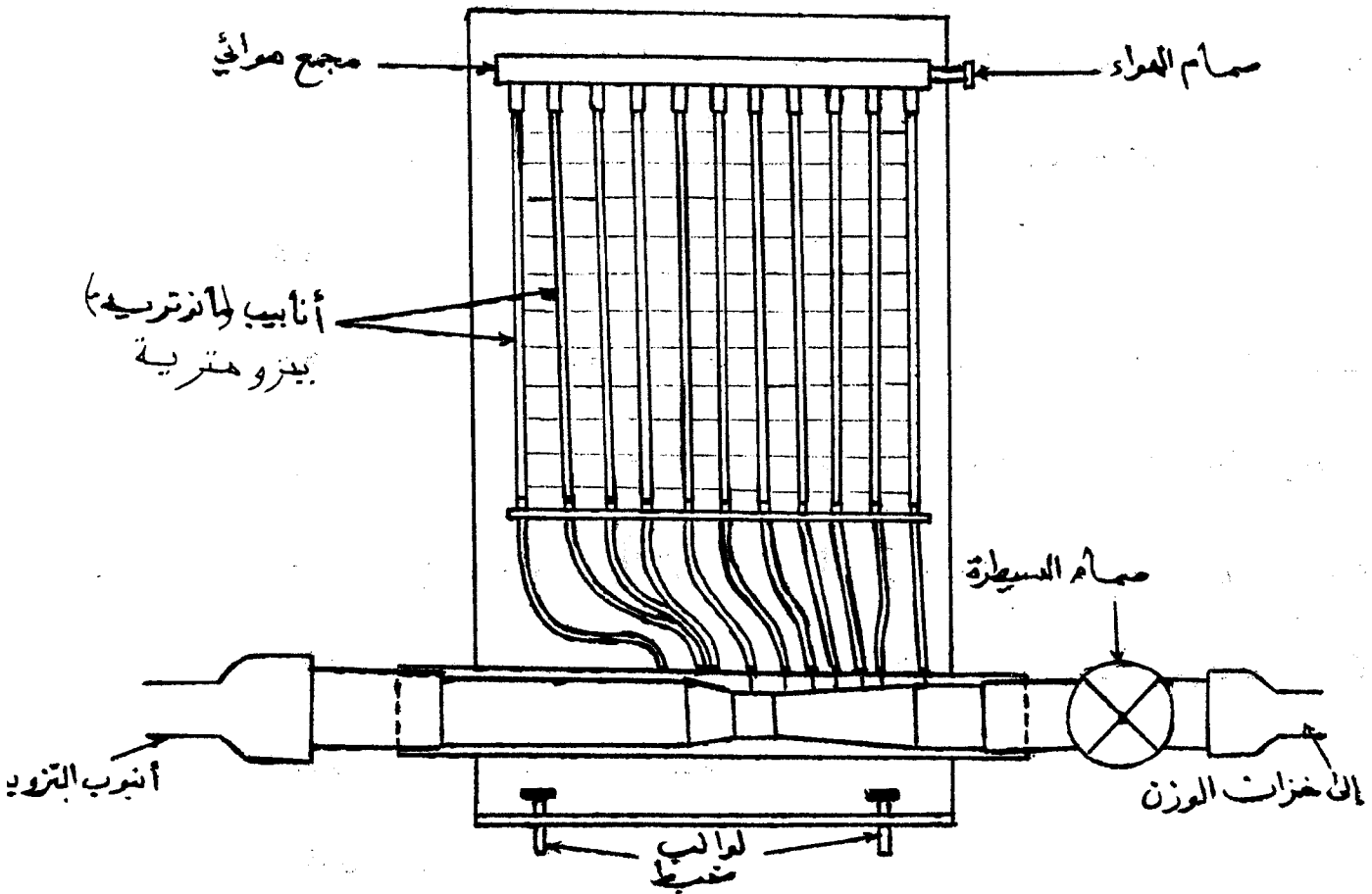
مادة لدنة شفافة ذات قطر متغير متقارب ثم متباعد تدريجيا ضمن أنابيب بيزومترية متصلة بأنابيب

مانومترية موضوعة شاقوليا على لوح مزود بمسطرة مدرجة بالمليمترات لقياس الارتفاع البيزومتري ،

وهاية هذه الأنابيب متصلة بمجمع هوائي مشترك يتم بواسطته التخلص من فقاعات الهواء عن طريق

صمام موجود في إحدى نهايتي المجمع ، تتركز هذه المجموعة على قاعدة محمولة على لوابل لضبط

أفقية الجهاز ، ويتم تزويد الفنتوري بالماء من حوض تجهيز المسطبة .



الشكل (1) - ترتيب مقياس فتوري

5/ خطوات التجربة :

- ضبط أفقية الجهاز فوق تجهيز المسطبة ، بحيث تكون الأنابيب البيزومترية شاقولية .
- فتح صمام السيطرة وصمام التجهيز والسماح بدخول الماء إلى المقياس ، وطرده الفقاعات الهوائية إن وجدت .
- سد صمام التجهيز تدريجيا وذلك بعد وصول الماء إلى مستو مناسب ، إلى إن يتم سد الصمامين معا ، وبالتالي يكون المقياس تحت تأثير الضغط الستاتيكي فقط ، ويجب هنا التأكد من أن قراءات البيزومترات موحدة .
- فتح كل من صمامي السيطرة والتجهيز ثانية ، وبصورة تدريجية ، وأخذ مجموعة من القياسات لـ h_1 و h_2 ، والتدفق Q بأخذ زمن حجم معين من الماء . وللإشارة يجب أن تؤخذ القراءة الأولى لأعلى قيمة ممكنة لـ $(h_1 - h_2)$ أي عندما تكون h_1 قرب قمة التدرجات ، و h_2 قرب القاعدة .
- لمعرفة توزيع الضغط على طول المقياس تؤخذ قراءتين للأنابيب البيزومترية ، ومن الأفضل أن تكونا قرب المستوى الأقصى للجريان لزيادة الدقة .

6/ الأسئلة :

- 1- ارسم على ورق بياني اعتيادي العلاقة بين التصريف الحقيقي Q والتغير في الضغط $(h_1 - h_2)^{1/2}$
- 2- استنتج معامل التصريف من هذا البيان .
- 3- حتى يمكن دراسة توزيع الضغط في الفتوري ، ارسم بيان $\frac{h_1 - h_2}{\frac{V_2^2}{2g}}$ بدلالة المسافة المحسوبة من

المقياس البيزومتري A لقيمتي التدفق Q .

$Q = \frac{v_2^2}{2g} =$			$Q = \frac{v_2^2}{2g} =$			رقم أنبوب
$(h_n - h_1) / \frac{v_2^2}{2g}$	$h_n - h_1$ [m]	h_n [mm]	$(h_n - h_1) / \frac{v_2^2}{2g}$	$h_n - h_1$ [m]	h_n [mm]	البيزومتر
						A(1)
						B
						C
						D(2)
						E
						F
						G
						H
						J
						K
						L

التجربة رقم 02

رقم رينولدز

ينقسم الجريان حسب هذا الرقم إلى :

1-3- جريان صفائحي : يكون الجريان صفائحيًا ، أو رقائقيًا ، إذا كان : $Re < 2000$

2-3- جريان انتقالي : ينتمي رقم رينولدز في هذا الجريان إلى المجال $2000 < Re < 2800$

يعرف برقم رينولدز الحرج Re_{cr} الذي يقع فيه هذا المجال

3-3- جريان مضطرب : يكون الجريان مضطربًا إذا كان : $Re > 2800$

4/ وصف الجهاز :

يمثل الشكل (1) رسماً تخطيطياً للجهاز المستعمل في التجربة ، و يتألف من وعاء زجاجي يستعمل كخزان للماء مثقب في قاعدته ومتصل بأنبوب التغذية المائي ، ويعطو هذا الخزان خزان آخر صغير للسائل الملون (برمنغنات البوتاسيوم) ، والذي ينتهي بإبرة لحقن هذا السائل داخل أنبوب زجاجي طويل و شفاف يساعد على رؤية الجريان جيداً ، وهذا الأنبوب مثبت شاقولياً في القاعدة المعدنية للجهاز ، كما ينتهي بصمام للتحكم في التدفق الخارج ، وكذلك يوجد مفيض مثبت في أعلى خزان الماء ، أما في قاعدته فمميز وجود كريات صغيرة تعمل على تهدئة الجريان .

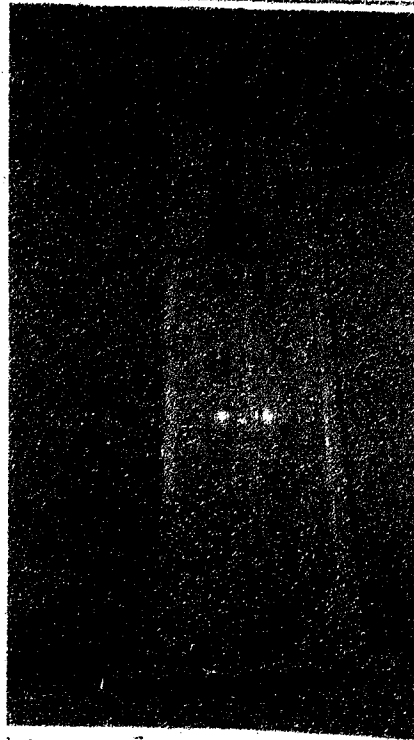
5/ خطوات التجربة :

- وضع الجهاز عمودياً في مكان مستو .

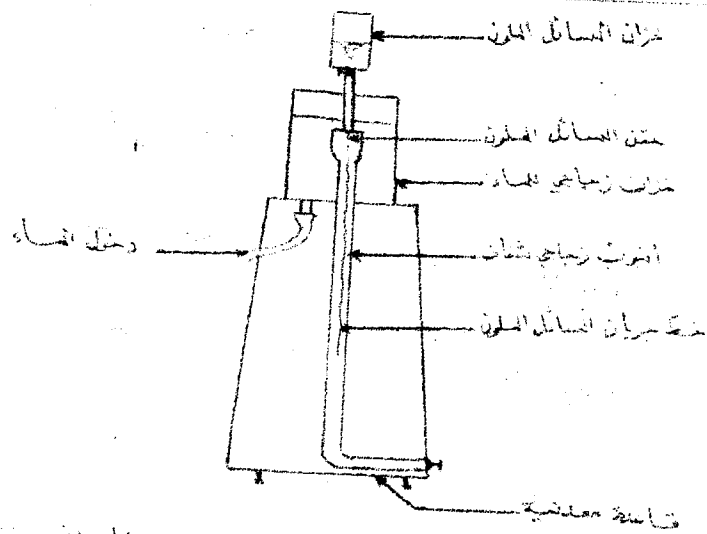
- ملأ الخزان الصغير بالسائل الملون ، وضبط إبرته في مركز قوطة الأنبوب .

- فتح صمام دخول الماء ، والسماح بمروره إلى خزان الماء حتى الوصول إلى منسوب ثابت .

المستحقين للمعاشرة : هم الذين



المستند العام لبحار تربية رقم ١٢٠٠



الشكل (١) - ترتيب حملا تعريفة ونفوسه

- فتح صمام التحكم قليلا مع ضبط تدفق منخفض للسائل الملون ، ثم قياس التدفق المار ، وذلك بتجميع حجم معين من الماء الوارد في إناء مدرج ، وأخذ الزمن المناسب لهذا الحجم ، وكذا تسجيل نوع الجريان الملاحظ.
- تكرير الخطوة الأخيرة مع زيادة معدل التصريف بصورة تدريجية.
- قياس درجة حرارة الماء.

6/ الأسئلة:

- 1— اجمع القياسات التي حصلت عليها في الجدول الموالي:
- 2— ارسم خطوط التيار الملاحظة في الحالات التالية :
 $Re < 2000$
 $2000 < Re < 2800$
 $Re > 2800$
- 3- من النتائج التجريبية استنتج قيمة رينولدز الحرجة Re_{cr} .

التجربة رقم 03

ضياعات الاحتكاك في الأنابيب

ضياعات الاحتكاك في الأنابيب

1/ مقدمة : إن خاصية اللزوجة التي تمتاز بها الموائع الحقيقية تؤدي إلى حدوث احتكاك بين المائع

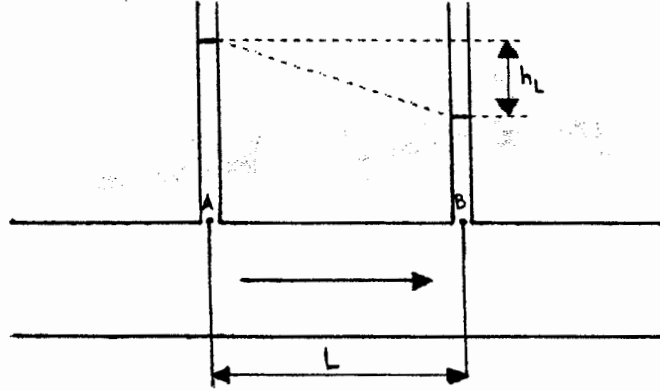
والأنبوب خلال جريانه فيه ، إذ يتسبب هذا الاحتكاك في حدوث ضياع في الطاقة .

2/ الهدف : هو دراسة الضياعات الخطية في الأنابيب ومقارنتها بالمعادلات النظرية .

3/ الدراسة النظرية : لنأخذ الأنبوب الموضح في الشكل (1) ، ذي القطر D ، والطول L ،

وبواسطة أنبوبين بيزومترين مثبتين في النقطتين A و B ، يمكن قياس الضياعات الخطية h_L لسائل

حقيقي يجري في الأنبوب بسرعة وسطية V .



الشكل (1)

بتطبيق معادلة برنولي بين النقطتين A و B نجد :

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_L$$

حيث h_L هو الفرق بين قراءتي الأنبوبين البيزومترين ، أو هو الطاقة المفقودة بفعل الاحتكاك .

بما أن القطر ثابت على طول الأنبوب ، فإن $V_A = V_B$ ، وبما أن الأنبوب أفقي ، فإن $Z_A = Z_B$

إذن تصبح المعادلة :

$$h_L = \frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma}$$

نضع $h = \frac{P}{\gamma}$ أي :

$$h_L = h_A - h_B \quad \dots \quad (1)$$

نسمى النسبة $\frac{h_L}{L}$ في الهندسة الهيدروليكية بالميل الهيدروليكي ، وبشار له بالرمز j ، حيث :

$$j = \frac{h_L}{L}$$

أثبت العلمان "دارسي" و "فايسباخ" أن ضياعات الاحتكاك في الأنابيب تتعلق بالسرعة الوسطية

V ، الطول L ، القطر D ، تسارع الجاذبية الأرضية g ، ومعامل الخشونة النسبية لجدار الأنبوب ،

والذي يعرف باسم معامل الاحتكاك ، ويعبر عنه بالرمز λ ، وبذلك استنتجنا العلاقة التالية :

$$h_L = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

أو :

$$j = \lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \dots \quad (2)$$

بينت التجارب العديدة أنه توجد قوانين مختلفة لإيجاد مقاومة الاحتكاك لكل نوع من أنواع الجريان ،

ومن بين هذه التجارب تجربة رينولدز ، والتي أعطت القياسات الموقعة على المقياس اللوغاريتمي ،

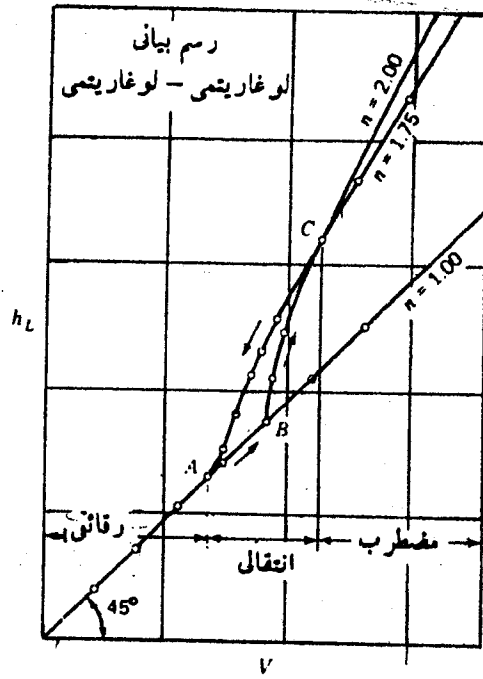
والموضحة في الشكل (2) .

يتضح من المخطط أن ميل خط الجريان الصفائحي $n = 1$ ، وميل خطوط كل من الانتقالي والمضطرب

يتراوح بين 1.75 و 2 .

إذن ضياع الاحتكاك في الجريان الصفائحي يتغير مع V ، بينما في الجريان المضطرب يتغير مع V^n ،

حيث أن قيمة n محصورة بين 1.75 و 2 ، (تعتمد n على رقم رينولدز Re والخشونة النسبية ϵ/δ)



الشكل (2)

ومنه تصبح العلاقة (2) في حالة :

- الجريان الصفائحي : $J = K.V$

- الجريان المضطرب : $J = K.V^n$

إن قيمة n تابعة لنوع الجريان ، ولمعرفة نوع الجريان يستعمل رقم رينولدز المعطى بالعلاقة :

$$Re = \frac{V.D}{\nu}$$

حيث ν : اللزوجة الحركية للسائل .

V : السرعة الوسطية للسائل المار عبر الأنبوب ذي القطر D .

$$Re < 2000$$

3-1- الجريان الصفائحي : أي عندما يكون

إن المعادلة (2) تتفق مع معادلة بوزي التالية :

$$J = \frac{32 . \nu . V}{g . D^2} \quad (3)$$

ومساواة المعادلتين (2) و (3) نحصل على :

$$\lambda \cdot \frac{1}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} = \frac{32 \cdot \nu \cdot V}{g \cdot D^2}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

إذن :

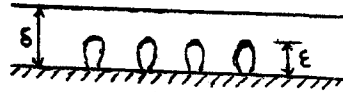
$$Re > 2800$$

3-2- الجريان المضطرب : وفيه يكون :

نظرا لتأثير تنوعات الجدار الداخلي للقناة على معامل الاحتكاك λ ، فإنه يمكن تمييز نوعين من الجريان المضطرب .

3-2-1- جريان مضطرب أملس : وهو الجريان المار عبر الأنابيب الملساء هيدروليكيًا ، أي التي تحقق

العلاقة $\delta > 5\epsilon$ ، حسب الشكل :



حيث : ϵ : الارتفاع المكافئ لتواء الخشونة .

δ : سمك الطبقة الجدارية .

وفي هذه الحالة يعطى معامل الاحتكاك حسب علاقة بلازبوس التالية :

$$\lambda = 0.316 \cdot Re^{-0.25}$$

مع : $Re < 10^5$

3-2-2- جريان مضطرب خشن : وهو الجريان المار عبر الأنابيب الخشنة هيدروليكيًا ، أي التي تحقق

العلاقة $\delta < 0.3\epsilon$ ، حسب الشكل :



في هذه الحالة معامل الاحتكاك لا يعتمد على رقم رينولدز لأنه يكون كبيرا جدا ، $Re > 10^5$ ، لذا

وجد "فون كارمان" أنه يمكن التعبير عن معامل الاحتكاك بالعلاقة :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \log \frac{D}{\varepsilon} + 1.14$$

3-3- الجريان الانتقالي : وهو الجريان الذي يحدث في مرحلة الانتقال من الجريان الصفائحي إلى

المضطرب ، ويحسب فيه ضياع الطاقة بفعل الاحتكاك عند رقم رينولدز ما بين :

$$2000 < Re < 2800$$

- نظرا لكون المعادلات السابقة لمعامل الاحتكاك λ غير مريحة للاستخدام ، وبالاكتفاء عليها ،

أعد "مودي" الخريطة البيانية الموضحة في الشكل (3) ، لتستعمل كوسيلة أبسط .

4/ وصف الجهاز : بين الشكل (4) الجهاز المستعمل في التجربة ، حيث يمر الماء من تجهيز المسطبة

خلال خرطوم مرن إلى مدخل الأنبوب المستقيم الذي يجري قياس فقد الطاقة بسبب الاحتكاك على

طوله . على بعد 150 mm من مدخل الأنبوب توجد الفتحة البيزومترية الأولى ، أما الثانية فتوجد

على بعد 60 mm قبل مخرج الأنبوب ، كما يتألف الجهاز من مانومتر مائي لقياس فرق الضغط في

حالة الجريان الصفائحي ، و مانومتر زئبقي في حالة الجريان المضطرب .

5/ خطوات التجربة :

- ضبط أفقية الجهاز فوق تجهيز المسطبة ، بحيث تكون المانومترات شاقولية .

1. الجريان الصفائحي :

- لتنظيم الجريان وتهدئته وبالتالي الحصول على جريان صفائحي ، يستعمل خزان مائي يوصل بواسطة

خرطوم مرن بتجهيز المسطبة الهيدروليكية ، وخرطوم آخر يربط بين الخزان وجهاز القياس .

- فتح كل من صمام التجهيز وصمام السيطرة (الصمام الإبري) ، والسماح بمرور كمية قليلة من الماء ، وعن طريق صمام الهواء يجري التخلص من الفقاعات الهوائية .
- سد الصمامين ويجب أن يكون ارتفاع الزئبق في فرعي المانومتر الزئبقي متساويا أي على شكل حرف U ، أما مستوى الماء في المانومتر المائي يجب أن يتقضى إلى مستوى مناسب عن طريق فتح صمام الهواء .
- فتح الصمامين ثانية بحيث يكون الفرق في ارتفاع الماء في المانومتر المائي على الأقل 30 cm ، ثم يقاس التصريف ، وتسجل قراءة المانومتر .
- سد صمام السيطرة بصورة تدريجية ، وفي كل مرة يقاس التصريف ، وتسجل قراءة المانومتر .

2. الجريان المضطرب :

- نزع خزان الماء وإبصال الجهاز مباشرة بتجهيز المسطبة .
- فتح صمام التجهيز بأقصى تصريف ممكن ، بينما يفتح صمام السيطرة جزئيا بحيث يكون فرق الضغط في المانومتر الزئبقي حوالي 2 cm .
- فتح صمام السيطرة بصورة تدريجية ، ثم قياس التصريف وتسجيل قراءة المانومتر .
- قياس قطر وطول الأنبوب ما بين فتحتي المانومتر .

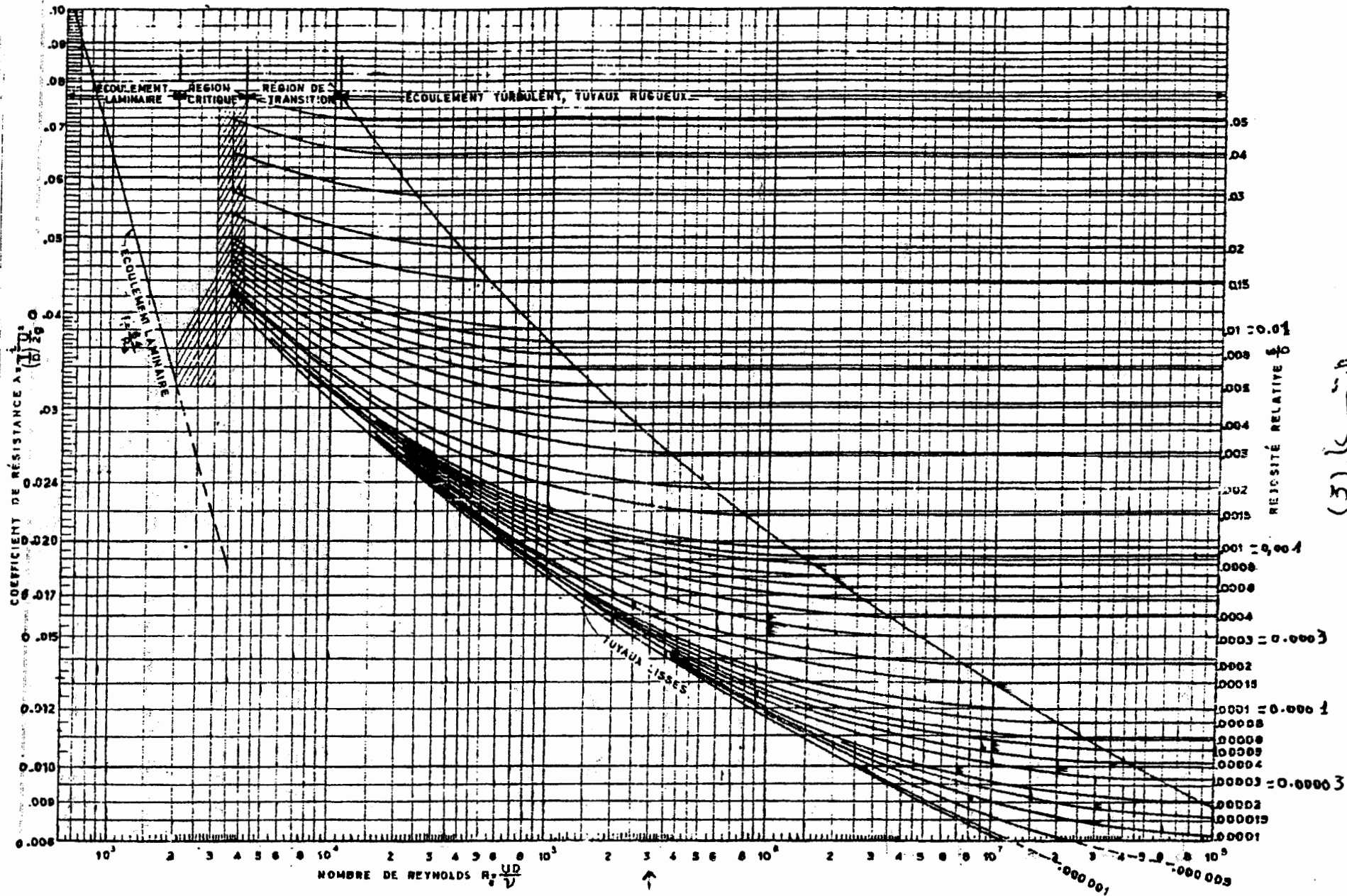
6/ الأمثلة :

1- ارسم على ورقة لوغارتمية ضياع الحمولة الحدي z بدلالة السرعة V .

2- استنتج قيمة السرعة الحرجة V_{cr} .

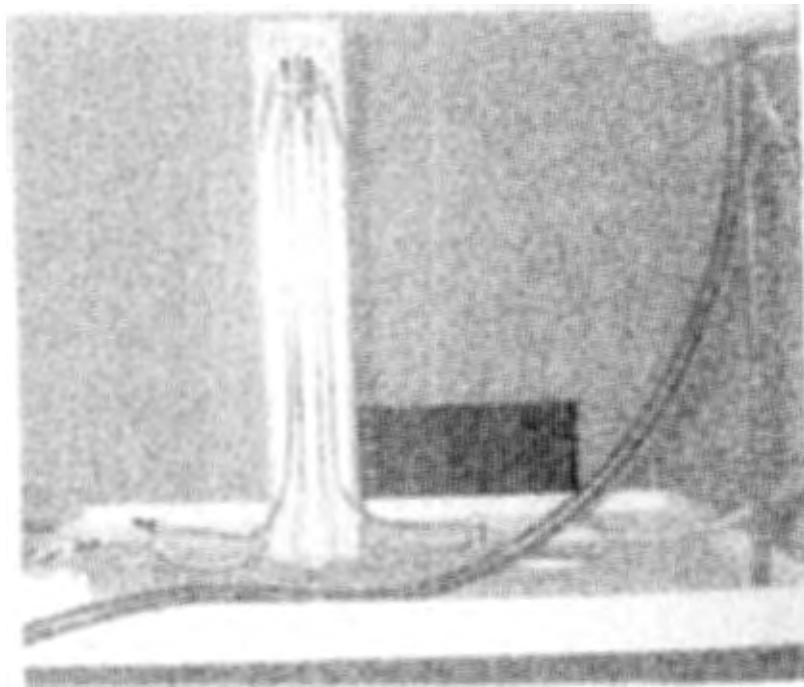
الفصل الثالث : حركة السوائل .

تخرية : ضياعات الاحتكاك في الأنابيب .

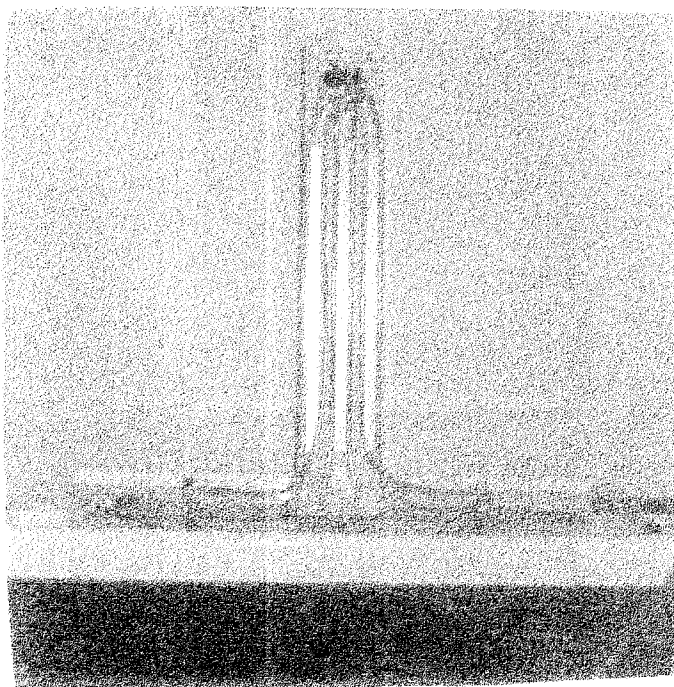


Exemple: $Re = 3 \times 10^5$; $\frac{\epsilon}{D} = 0,0002$; $\lambda = 0,0164$

$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}} \right) = \frac{\partial L}{\partial x}$

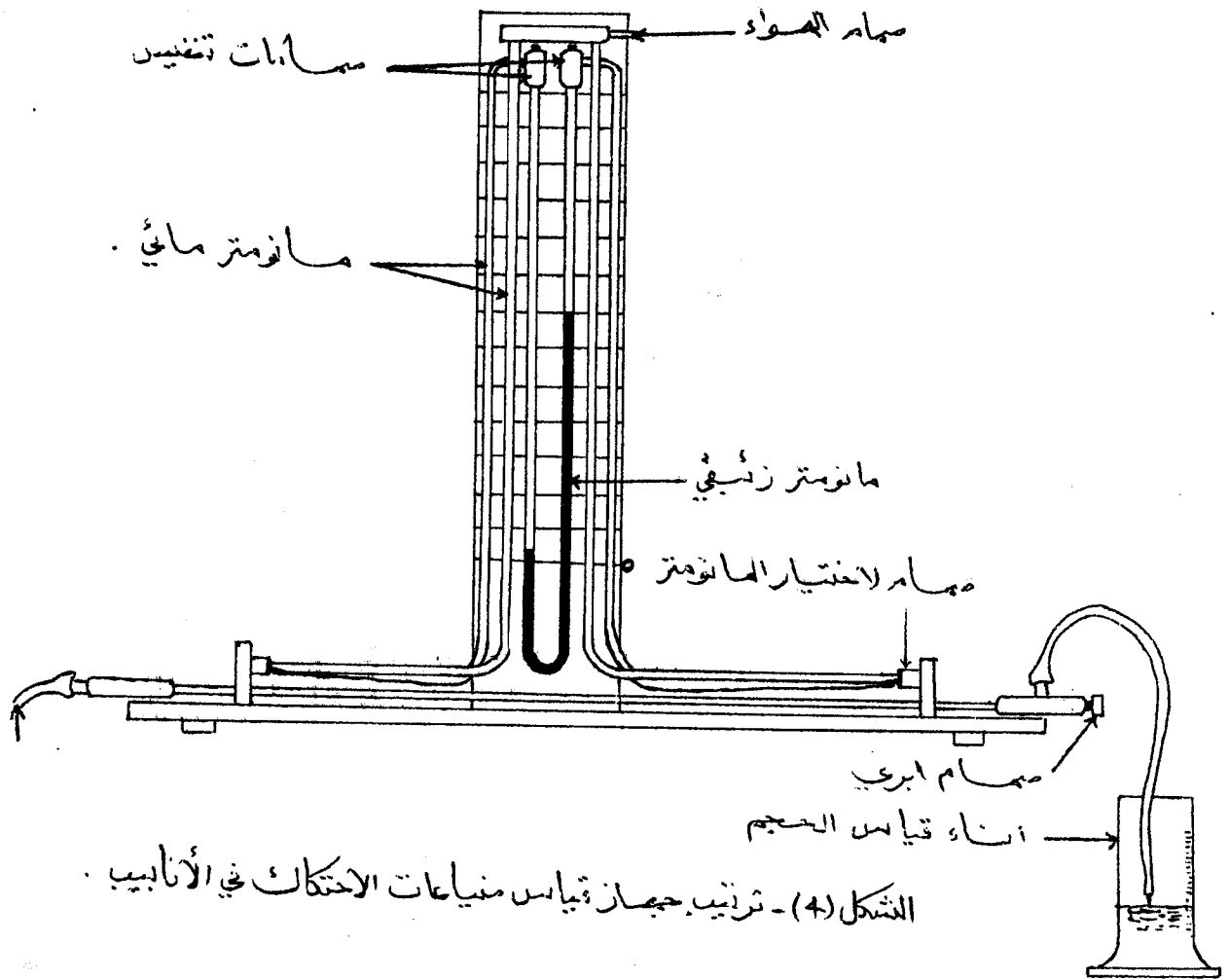


برج مينا



برج مينا

الطريق العام لبحر جرجة ميناء الكائن في



— تأكد من أن j تتناسب مع v^n ، وأعط قيمة n لكل نوع من الجريان ، وقارن بينها وبين النظرية .

3— ارسم على ورقة لوغاريتمية معامل ضياع الحمولة بدلالة رقم رينولدز للجريان ، واستنتج Re_{cr} .

Log v	Log j	j	(h_1-h_2) [m]	h_2 [m]	h_1 [m]	v [m/S]	Q [m ³ /S]	t [S]	V [m ³]

النتائج باستعمال المانومتر المائي

الجدول (1)

Log v	Log j	j	(h_1-h_2) [m]	h_2 [m]	h_1 [m]	v [m/S]	Q [m ³ /S]	t [S]	V [m ³]

النتائج باستعمال المانومتر الزئبقي

جدول (2)

تجربة: ضیاعات الاحتكاك في الأنابيب.

[illegible]

النتائج باستعمال المانومتر المائي

جدول (3)

[illegible]

التتائج باستعمال المانومتر

جدول (4)

التجربة رقم 4

الطرق المتبعة لقياس التدفق

الطرق المتبعة لقياس التدفق

1/ مقدمة : إن حساب التدفق في القنوات أو الأنابيب أحد أهم مواضيع دراسة حركة الموائع ،

لذلك استعملت طرق عديدة لحسابه ، ومن بين المقاييس التي استخدمت لحساب التدفق نذكر ،

مقياس فنتوري ، لوحة الفتحة الحادة ، الروتامتر .

تختلف طريقة الحساب من مقياس إلى آخر باختلاف نوع ضياع الطاقة ، لذا سوف نتطرق في هذه

التجربة إلى دراسة كل مقياس على حدى .

2/ الهدف : هو حساب تصريف الماء المار عبر المقاييس الثلاثة ، الفنتوري ، لوحة الفتحة الحادة ،

الروتامتر . مع تحديد معامل الفواقد الموضعية K .

أما في المجال العملي تعتبر دراسة التدفق نقطة أساسية في تصميم مختلف المنشآت المائية ، وذلك

باختيار الأبعاد المناسبة للأنابيب المستعملة في الإنشاء .

3/ وصف الجهاز : يتكون الجهاز المستعمل في التجربة ، والبيان في الشكل (1) ، من ثلاثة

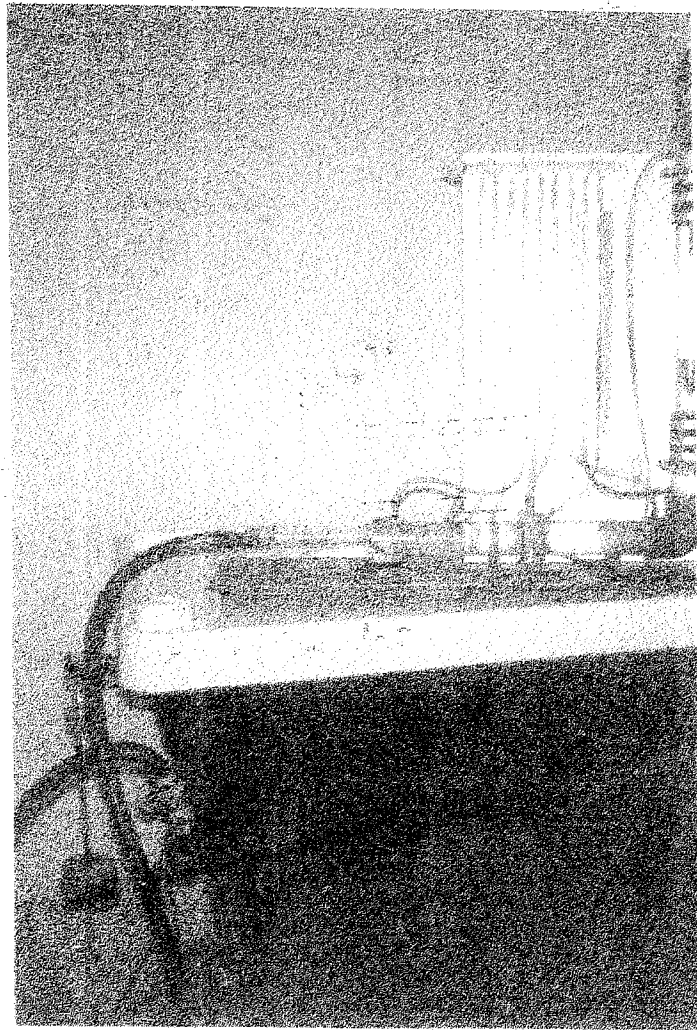
مقاييس متصلة ببعضها البعض ، كلها مصنوعة من مادة لدنة وشفافة لمراقبة الجريان داخل الجهاز .

يتصل كل مقياس بأنابيب بيزومترية ، وتتصل هذه الأنابيب بدورها بأنابيب أخرى مانومترية أين تتم

قراءة التغير في الضغط .

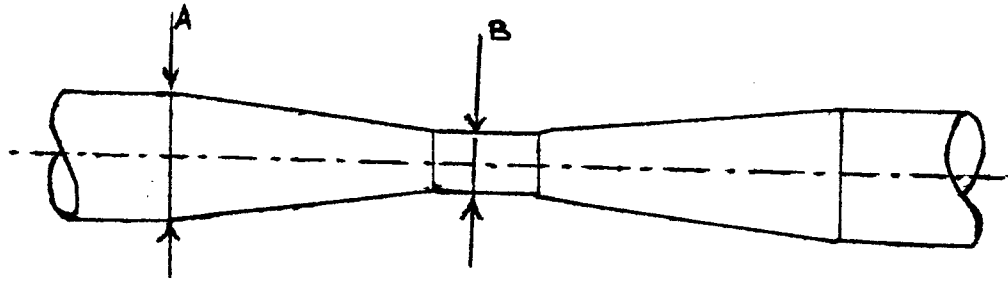
3-1- الفنتوري : عبارة عن أنبوبة ذات قطر متغير متقارب ثم متباعد ، و من أجل التفصيل أنظر

وصف الجهاز في تجربة "التصريف خلال مقياس فنتوري" .

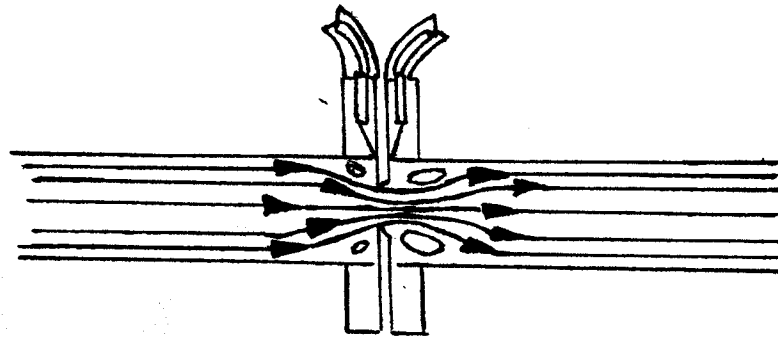


المجلس الأعلى للدراسات الإسلامية

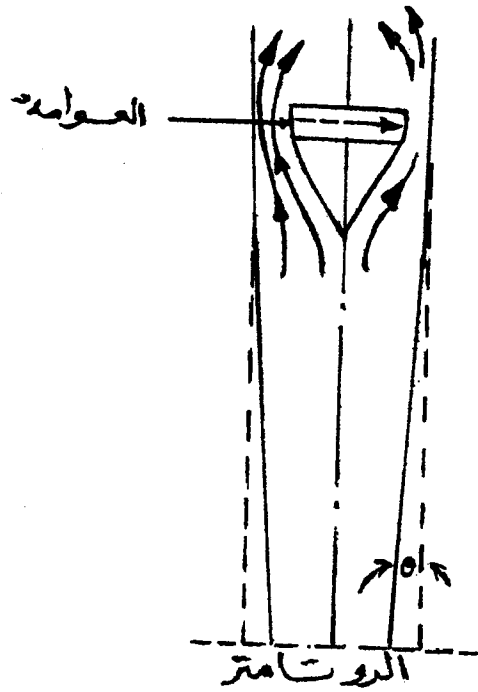
الجامعة الإسلامية



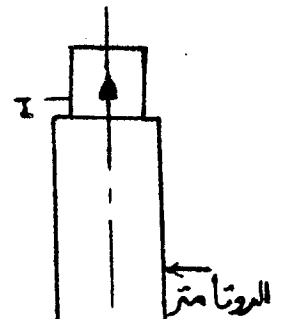
الفنتوري



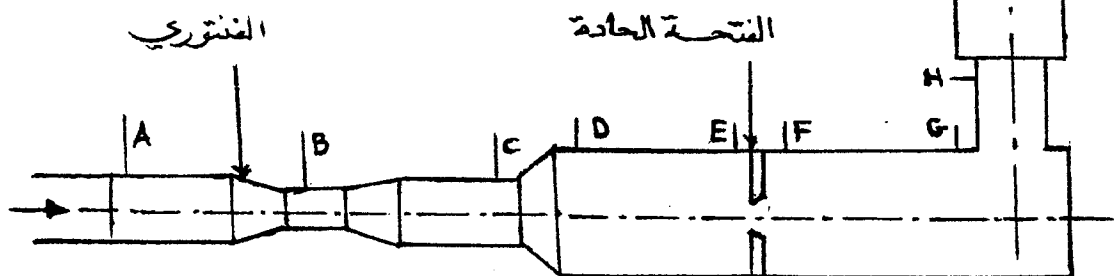
لوحة الفتحة الحادة



الدوامة



الدوامة



الشكل (1) - ترتيب جهاز الطرق المتبعة لقياس التدفق .

3-2- لوحة الفتحة الحادة : عبارة عن أسطوانة أفقية مثبتة عليها لوحة مسطحة لها فتحة حادة ، هذا

المقياس موصول بأربعة أنابيب بيزومترية عند مدخل ومخرج الجهاز وقبل وبعد الفتحة الحادة .

3-3- الروتامتر : عبارة عن أسطوانة شاقولية مدرجة يتحرك بداخلها طوف معدني صغير ، وتكون

حركته حسب مقدار وسرعة التدفق ، بحيث يندفع إلى الأعلى كلما ازداد التدفق والعكس صحيح .

4/الدراسة النظرية : نتيجة لاحتكاك المائع الحقيقي بجدار القناة التي يجري خلالها ، ووجود

أجسام تعرقل جريانه ، فإن توزيع السرعة في هذه الحالة يكون غير منتظم ، وبالتالي ينتج فرق في

الضغط ومنه فقد في الطاقة سواء خطي أو موضعي ، والمعادلة التي تمكننا من حساب التصريف مع

أخذ المتغيرات السابقة بعين الاعتبار هي معادلة برنولي التالية :

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

حيث V_1 و V_2 تمثلان السرعتين المتوسطتين للتدفق في المقطعين S_1 و S_2 .

و ΔH تمثل الفقد في الطاقة بين نفس المقطعين ، و يشمل الفواقد الخطية والموضعية ، ومنه يمكن وضع

العلاقة التالية :

$$\Delta H = \Delta h_1 + \Delta h_2$$

حيث Δh_1 : الفواقد الخطية (الفواقد الناتجة عن الاحتكاك)

Δh_2 : الفواقد الموضعية (الفواقد الناتجة عن تغير القطر)

4-1- حالة الفنتوري : في هذه الحالة تكون السرعة عند النقطة A مساوية للسرعة عند النقطة

B ، بتطبيق معادلة الطاقة للحالة المثالية بين هاتين النقطتين ، نحصل على :

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B$$

تجربة : الطرق المتبعة لقياس التدفق .

الفصل الثالث : حركة السوائل .

لأن النقطتين A و B تقعان على استقامة واحدة (أنظر الشكل (1)) فإن $Z_A = Z_B$ ، ومنه

تصبح معادلة الطاقة كمايلي :

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} \quad (1)$$

للحصول على عبارة السرعة عند النقطة B من معادلة الطاقة يجب إدخال معادلة الاستمرار بين

النقطتين A و B ، أي :

$$Q = V_A \cdot S_A = V_B \cdot S_B$$

ومنه :

$$V_A = V_B \cdot \frac{S_B}{S_A} \quad (2)$$

بتعويض المعادلة (2) في المعادلة (1) نجد :

$$V_B = \left[\left(\frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_B}{\gamma} \right) \cdot \frac{2g}{1 - \left(\frac{S_B}{S_A} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

أو :

$$V_B = \left[(h_A - h_B) \cdot \frac{2g}{1 - \left(\frac{S_B}{S_A} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

ومنه تصبح عبارة التدفق المار عبر الفتوري من الشكل

$$Q_V = V_A \cdot S_B = \left[\frac{2g \cdot (h_A - h_B)}{1 - \left(\frac{S_B}{S_A} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}} \cdot S_B \quad (3)$$

إن قيمة التدفق المعبر عنها في المعادلة (3) لا تمثل القيمة الحقيقية بسبب الفقد في الطاقة الذي يجعل قيمة

التدفق الحقيقية اقل من المثالية ، لذا يمكن كتابة المعادلة (3) بالصيغة التالية :

$$Q_{real} = Cd . V_B . S_B$$

$$Cd = \frac{Q_{real}}{Q_v} \quad \text{أي :}$$

حيث Cd : معامل التدفق .

Q_{real} : التدفق المقاس من المستطبة (التدفق الحقيقي) .

يكون مقدار الفقد في الطاقة الناتج عن الاحتكاك في الفتوري صغيرا ، ونتج الفواقد الموضعية عن

التغير التدريجي في مقطع الأنبوب ، وبواسطة معادلة الطاقة المطبقة بين نقطتي بداية ونهاية المقياس ،

نستطيع التوصل إلى قيمة الفواقد الكلية للطاقة الناتجة عن هذا المقياس كالآتي :

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_C}{\gamma} + \frac{V_C^2}{2g} + Z_C + \Delta H_v$$

حيث ΔH_v : تمثل الفواقد الكلية للطاقة في الفتوري .

لأن قطر المقياس في النقطة A يساوي القطر في النقطة C ، وكلا النقطتين تقعان على استقامة

واحدة ، فإن $Z_A = Z_C$ و $V_A = V_C$

ومنه تصبح عبارة الفواقد الكلية الناتجة عن المقياس :

$$\Delta H_v = \frac{P_A}{\gamma} - \frac{P_C}{\gamma}$$

4-2- حالة لوحة الفتحة الحادة : نظرا لوجود (توسع فجائي) فإن شكل جريان الماء عند هذه المنطقة

سوف يتغير إذ تزداد سرعة الماء نتيجة حدوث دوامات ، مما يؤدي إلى تذبذب في حساب السرعة ،

وبالتالي حدوث إسراف في الطاقة الكلية .

لحساب التدفق في هذا المقياس نقوم بحساب السرعة عند النقطة F (أي عند مكان حدوث

الدوامات المائية) ، وتطبيق معادلة الطاقة للحالة المثالية بين النقطتين E و F نحصل على :

$$\frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B = \frac{P_F}{\gamma} + \frac{V_F^2}{2g} + Z_F$$

بما أن $Z_B = Z_F$ تصبح المعادلة :

$$\frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} = \frac{P_F}{\gamma} + \frac{V_F^2}{2g} \quad (4)$$

حسب معادلة الاستمرار لدينا :

$$Q = V_B \cdot S_B = V_F \cdot S_F$$

$$V_B = V_F \cdot \frac{S_F}{S_B} \quad (5)$$

ومنه :

$$V_F = \left[\frac{2g}{1 - \left(\frac{S_F}{S_B} \right)^2} \cdot \left(\frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_F}{\gamma} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

بتعويض المعادلة (5) في المعادلة (3) نجد :

ولتعديل قيمة السرعة عند النقطة F نضع المعامل K بحيث :

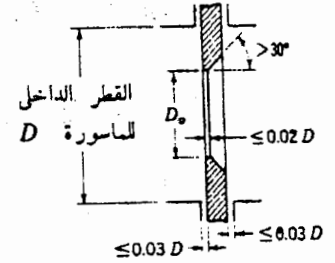
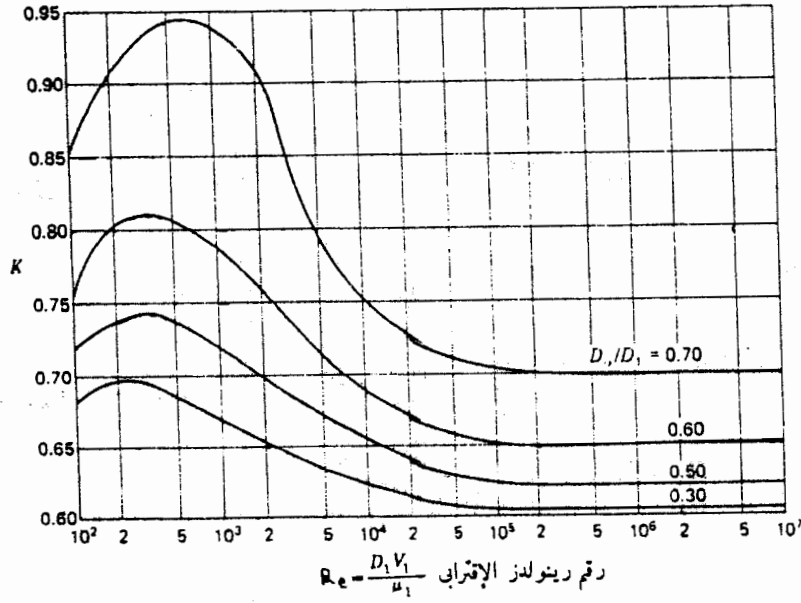
$$V_F = K \cdot \left[\frac{2g \cdot (h_B - h_F)}{1 - \left(\frac{S_F}{S_B} \right)^2} \right]^{\frac{1}{2}}$$

يمثل K معامل القواقد الموضعية ، ويتغير بتغير أبعاد الفتحة الحادة ورقم رينولدز ، ويتم استخراج

قيمته من المنحنى الموضح في الشكل (2) ، والمعطى بعد القيام بالعديد من التجارب المخبرية .

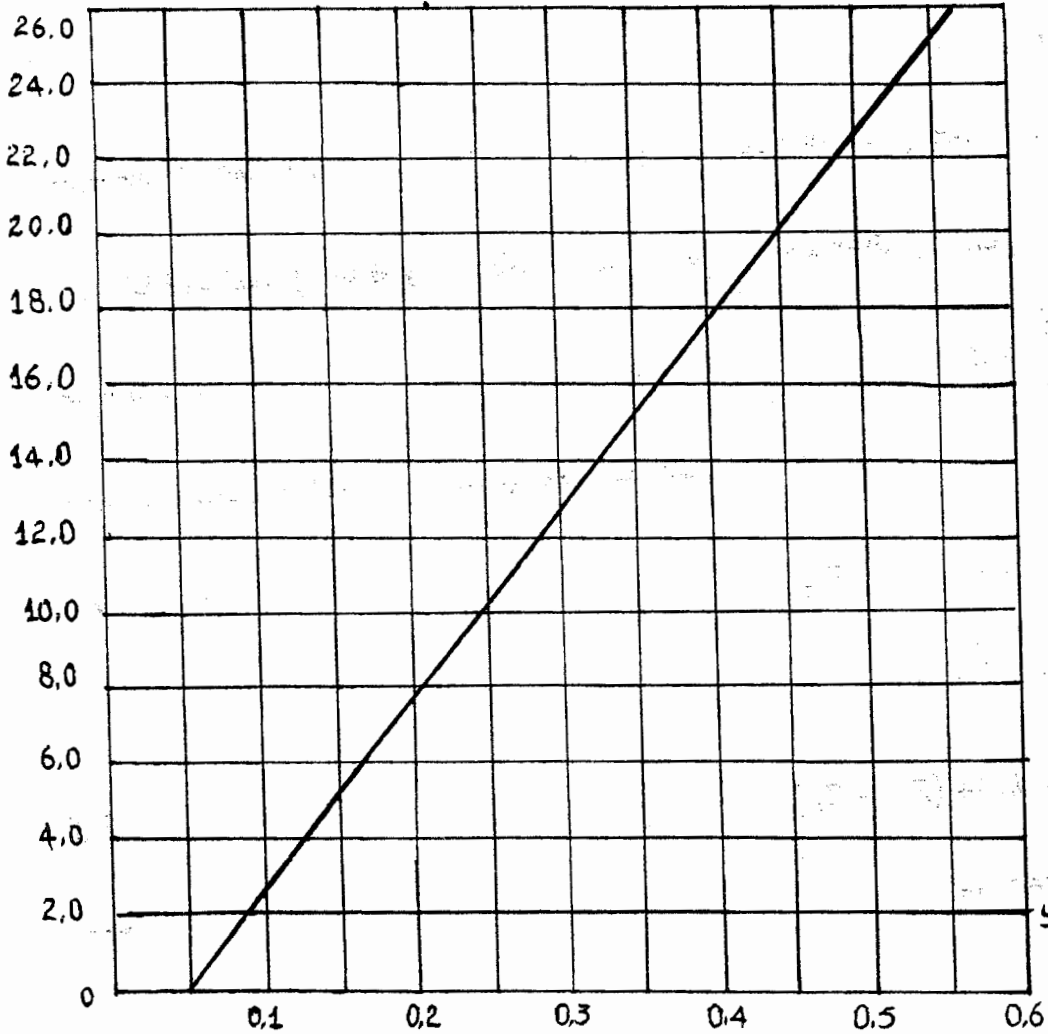
الفصل الثالث : حركة السوائل .

تجربة : الطرق المتبعة لقياس التدفق .



الشكل (2)

الارتفاع
(Cm)



التدفق الكتلي
(kg/s)

الشكل (3)

بعد الحصول على السرعة V_F يمكن حساب التدفق الناتج عن مقياس لوحة الفتحة الحادة من

$$Q_D = V_F \cdot S_F \quad \text{العلاقة :}$$

عند أخذ الفواقد في الطاقة بعين الاعتبار فإن قيمة التدفق تتغير لتصبح :

$$Q_{real} = Cd \cdot Q_D$$

$$Q_{real} = Cd \cdot V_F \cdot S_F \quad \text{أو :} \quad (6)$$

ولحساب الفقد في الطاقة في هذا المقياس نكتب معادلة الطاقة المطبقة بين النقطتين E و G :

$$\frac{P_E}{\gamma} + \frac{V_E^2}{2g} + Z_E = \frac{P_G}{\gamma} + \frac{V_G^2}{2g} + Z_G + \Delta H_D$$

$$\text{وبما أن } V_E = V_G \text{ و } Z_E = Z_G$$

$$\Delta H_D = \frac{P_E}{\gamma} - \frac{P_G}{\gamma} \quad \text{فإن :}$$

$$\Delta H_D = h_E - h_G \quad \text{أو :}$$

4-3- حالة الروتامتر : يعطى التدفق في هذا المقياس بدلالة ارتفاع العمود في المنحنى المين في الشكل

(3) . أما قيمة الفقد في الطاقة في هذا المقياس نحسب بتطبيق معادلة الطاقة بين النقطتين I و H ،

$$\frac{P_H}{\gamma} + \frac{V_H^2}{2g} + Z_H = \frac{P_I}{\gamma} + \frac{V_I^2}{2g} + Z_I + \Delta H_R \quad \text{لنصبح لدينا :}$$

$$V_H = V_I \quad \text{بما أن قطر المقياس عند النقطة } H \text{ يساوي القطر عند النقطة } I \text{ فإن :}$$

$$\frac{P_H}{\gamma} + Z_H = \frac{P_I}{\gamma} + Z_I + \Delta H_R \quad \text{ومنه :}$$

$$\Delta H_R = \left(\frac{P_H}{\gamma} - \frac{P_I}{\gamma} \right) + (Z_H - Z_I)$$

$$\Delta H_R = (h_H - h_I) + (Z_H - Z_I) \quad \text{أو :}$$

$$Z_H - Z_I = 560 \text{ mm} \quad \text{حيث :}$$

5/خطوات التجربة :

- ضبط أفقية الجهاز فوق تجهيز المسطبة الهيدروليكية .
- الربط بين الجهاز والمسطبة بواسطة خرطوم مرن .
- فتح صمام التجهيز وكذا صمام السيطرة ، ثم التخلص من الفقاعات الهوائية عن طريق صمام الهواء الموجود في أعلى الجهاز .
- سد الصمامين والتأكد من أن مستوى الماء داخل الأنابيب المانومترية ثابت ، أي أن الضغط متساو في جميع الأنابيب .
- فتح الصمامين معا ثانية وبصورة تدريجية ، وفي كل مرة تسجل كل الارتفاعات ، وزمن مرور حجم معين من الماء لقياس التدفق .

6/الأسئلة :

- 1- احسب التدفق الحقيقي Q_{real} المار عبر المسطبة من العلاقة $Q_{real} = \frac{V}{t}$.
- 2- احسب قيمة التدفق لكل مقياس بواسطة العلاقات النظرية ، وسجل النتائج في الجدول (2) .
- 3- ارسم على نفس الورق المليمترى التدفق المقاس عبر المسطبة بدلالة التدفق المقاس في كل مقياس ، ثم ناقش المنحنيات التي حصلت عليها .
- 4- ارسم على ورق مليمترى التدفق المقاس عبر المسطبة Q_{real} بدلالة الفقد في الطاقة في الفتوري ولوحة الفتحة الحادة ، ثم استنتج منه قيمة معامل التدفق C_d .
- 5- ارسم على نفس الورق المليمترى معامل ضياع الحمولة K بدلالة $\frac{V^2}{2g}$.

6- من خلال ما توصلت إليه ، أي المقاييس أفضل لقياس التدفق ؟ ولماذا ؟

إرتفاع العوامة [m ³]	الإرتفاعات المانومترية [mm]									t	v
	I	H	G	F	E	D	C	B	A	[s]	[m ³]

جدول الإرتفاعات المانومترية بدلالة التصريف

جدول (1)

ΔH_R [m]	ΔH_D [m]	ΔH_v [m ³]	Q_R [m ³ /s]	Q_D [m ³ /s]	Q_v [m ³ /s]	Q_{reel} [m ³ /s]

جدول تغير التصريفات بدلالة الحمولات

جدول (2)

التجربة رقم 05
التصريف من خلال فوهة

التصريف من خلال فوهة

1/ مقدمة : يعد ضياع الحمولة أثناء سريان أي مائع خلال أنبوب ، أو اجتيازه لعائق ما ، من المشكلات التي يجب التطرق لها أثناء أي دراسة ، وفي هذه التجربة وضعت ترتيبات لقياس بعض المعاملات ، والتي من شأنها تعويض الخسارة الناتجة عن تصريف الماء من خلال فوهة ذات حافة حادة مثبتة في قاعدة خزان .

2/ الهدف : - حساب معامل التدفق C_d ، معامل السرعة C_v ، ومعامل التقلص C_c .

- دراسة التصريف عند الفوهة بدلالة الحمولة H_0 .

3/ الدراسة النظرية : ليكن الرسم التخطيطي المبين في الشكل (1) ، والذي يوضح الشكل العام

للتصريف من خلال فوهة . لنفرض أن كبر حجم الخزان كاف لجعل سرعة الجريان فيه صغيرة

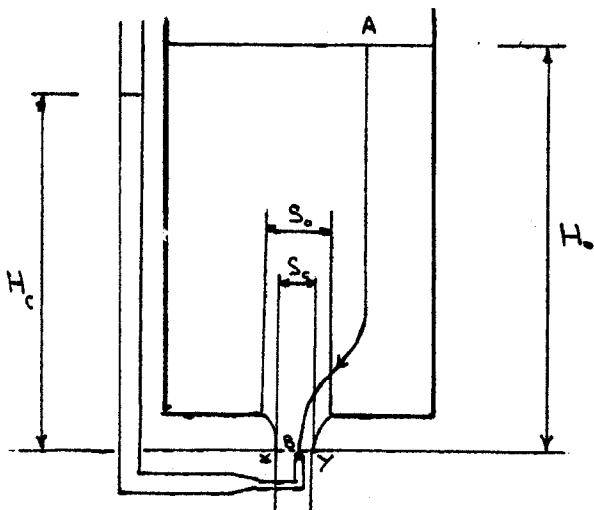
وبالتالي يمكن إهمالها ، ما عدا بالقرب من الفوهة حيث تؤخذ السرعة هناك بعين الاعتبار .

أثناء انسياب السائل رأسيا إلى الأسفل ، فإن تسارع الجاذبية الأرضية سوف يؤدي إلى زيادة السرعة

، مما يؤدي إلى تقارب خطوط السريان باقترابها من مركز الفوهة (يطلق على هذا الجزء من السريان

اسم "المقطع المتقلص") إلى أن تصل إلى المقطع xy حيث تصبح متوازية ، وغالبا ما يبعد

هذا المقطع عن الفوهة بحوالي نصف قطرها $0.5.D_0$.



الشكل (1)

بتطبيق معادلة برنولي بين النقطة A التي تقع على سطح الخزان ، والنقطة B التي تقع في مستوى المقطع المتقلص ، وإذا تم حفظ الطاقة ، و عدم حدوث خسارة في العمود الكلي ، فإننا سوف نحصل

$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B \quad \text{على :}$$

لكن : $P_A = P_B =$ الضغط الجوي .

V_A : مهملة بالافتراض .

$$Z_A - Z_B = H_0$$

إذن تصبح السرعة المثالية في النقطة B بالشكل :

$$\frac{V_B^2}{2g} = H_0$$

$$V_B = \sqrt{2g.H_0} \quad \dots \dots \dots (1)$$

وبتعميم هذه النتيجة على جميع النقاط في مستوى المقطع المتقلص ، ووضع الرمز V_0 بدل الرمز V_B

$$V_0 = \sqrt{2g.H_0} \quad \dots \dots \dots (2) \quad \text{نحصل على :}$$

ولأن مرور الماء خلال الفوهة يؤدي إلى ضياع في الطاقة ، فإن السرعة الحقيقية V_C في مستوى

التقلص تكون أقل من السرعة المثالية V_0 ، لذا يمكن حساب V_C من قراءة أنبوب بيتو واستعمال

$$\frac{V_C^2}{2g} = H_C \quad \text{المعادلة التالية :}$$

$$V_C = \sqrt{2g.H_C} \quad \dots \dots \dots (3)$$

يمثل الفرق بين العمودين H_0 و H_C الخسارة في الطاقة ، وتسمى النسبة بين سرعتين V_0 و V_C

$$C_v = \frac{V_C}{V_0} \quad \text{معامل السرعة للفوهة :}$$

الفصل الثالث : حركة السوائل .

تجربة : التصريف من خلال فوهة .

من المعادلتين (2) و (3) يتج :
$$C_v = \sqrt{\frac{H_c}{H_0}} \quad (4)$$

وبنفس الطريقة ، فإن النسبة بين مساحة التقلص S_c ومساحة الفوهة S_0 تسمى بمعامل

التقلص C_c :
$$C_c = \frac{S_c}{S_0} \quad (5)$$

وكذلك تعرف النسبة بين معدل التصريف الحقيقي Q_r ، ومعدل التصريف المثالي Q_0 (الانسياب الذي

يحدث عندما لا يكون هناك احتكاك مع عدم وجود تقلص) ، بمعامل التصريف C_d .

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_0}$$

مع ملاحظة أن التصريف الحقيقي يعطى بالعلاقة :

$$Q_r = V_c . S_c$$

أما التصريف المثالي فيعطى بالعلاقة :

$$Q_0 = V_0 . S_0$$

ومن المعادلة (2) تصبح :

$$Q_0 = \sqrt{2g.H_0} . S_0$$

إذن يكون معامل التصريف كالتالي :

$$C_d = \frac{Q_r}{\sqrt{2g.H_0} . S_0} \quad (6)$$

من المعادلتين (4) و (5) نستنتج أن :

$$C_d = C_v . C_c$$

4/ وصف الجهاز : يبين الشكل (2) الجهاز المستعمل في التجربة ، وكيفية توصيله بأنبوب تجهيز

المسطبة ، الذي يرش الماء فوق حاجز مثقب لتنظيم الجريان ، وتحت هذا الحاجز يوجد أنبوب

لتصريف الفائض من الماء في خزان الجهاز . يتزل الماء ، عبر حاجز آخر مثقب ، إلى أسفل الخزان ،

وبغادره من خلال فوهة حادة الحافة مثبتة في قاعدته ، لينتج مباشرة نحو قمع بوصلة إلى تجهيز المسطبة

بواسطة خرطوم مرن ، وتوجد قرب القاعدة فتحة تتصل بأنبوب زجاجي مثبت أمام تدريج شاقولي

مدرج بالاستمترات ، يبدأ من الصفر الذي يقع على بعد ستة مليمترات من مستوى الفوهة ، كما

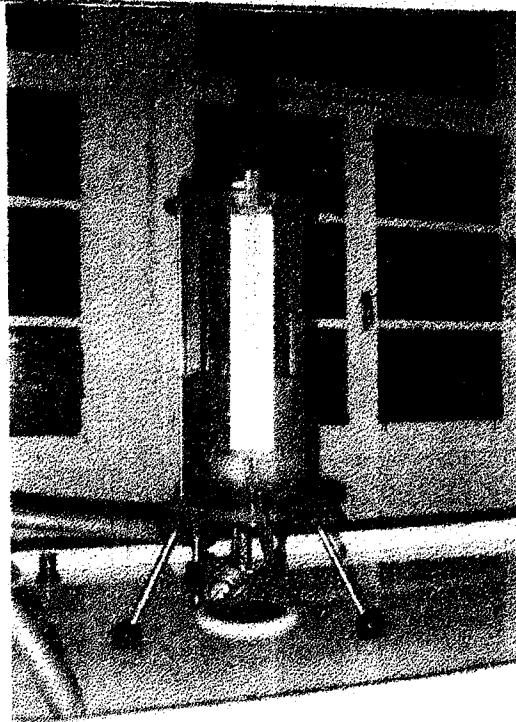
يوجد أنبوب زجاجي آخر متصل بأنبوب بيتو الموضوع مباشرة تحت الفوهة لاعتراض النفث عند خروجه ، وقياس عموده الكلي ، ويمكن تحريك أنبوب بيتو عبر مقطع النفث بواسطة تدوير صامولة مدرجة حول لولب طول سنه مليمتر واحد ، أي أن دورة كاملة للصامولة تساوي مسافة قدرها واحد مليمتر يتحرك بها أنبوب بيتو .

5/ خطوات التجربة :

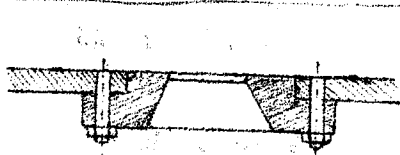
- ضبط الوضع الأفقي للجهاز فوق المسطبة الهيدروليكية .
- إيصال صمام تجهيز المسطبة بالأنبوب المثقب ، وكذا قمع التجميع بخزان الوزن ، ثم أنبوب الفائض بالفتحة التي ترجع الزائد من الماء إلى الحوض .
- قياس قطر الفوهة .
- تنقسم التجربة إلى قسمين ، القسم الأول يتضمن قياس المعاملات C_d و C_v و C_c من أجل قيمة معينة لـ H_0 ، لذلك نقوم بالخطوات التالية :
- فتح صمام السيطرة لإدخال الماء إلى الخزان وملئه إلى حد أنبوب الفائض .
- تنظيم الماء الوارد حتى الحصول على تدفق ثابت يكون أسفل بقليل من أنبوب الفائض .
- حساب C_d يتم بإيجاد معدل التدفق من الفوهة ، وتسجيل قيمة العمود H_0 .
- حساب C_v يتم بوضع أنبوب بيتو في مسار النفث الخارج قرب أسفل الخزان ، وتسجيل قيمي العمود H_c و العمود H_0 .
- حساب C_c يتم بقياس قطر المقطع المتقلص ، وذلك باستخدام الشفرة الحادة .

تجربة: التصريف من خلال فوهة .

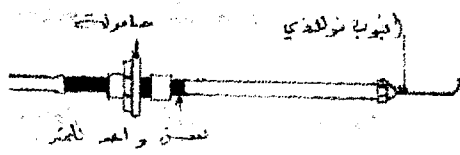
المفصل الثالث : حركة السوائل .



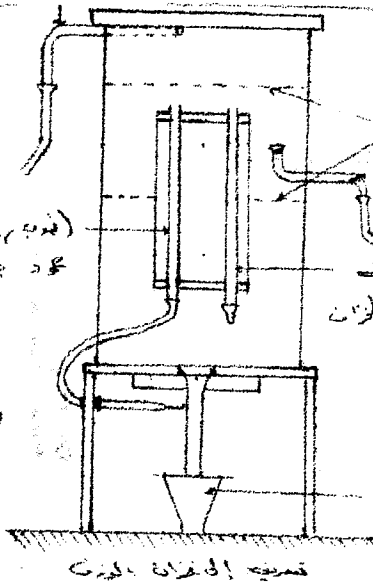
التجربة : التصريف من خلال فوهة



تفصيل الفوهة .



تفصيل انبوب بيتر .



عمود ضبط

انبوب المقاومة

انبوب موزعة
استقبال المستوى في الزمان

مستوى النظام

قمتح الإفران الموزع

الشكل (1) ترتيب مجاز الفوهة

- أما القسم الثاني من التجربة يتضمن قياس التدفق Q لقيم مختلفة للعمود H_0 ، حسب الخطوات التالية بالإضافة إلى الخطوتين الأولى والثانية في القسم السابق:
- سد صمام السيطرة بالتدريج لخفض مستوى الماء في الخزان، ثم قياس معدل تصريف الفوهة، وتسجيل قيمة H_0 .
- تكرير هذه الخطوة مع تسجيل عدة قراءات لمعدل تصريف الفوهة.

6/ الأسئلة:

- 1— احسب المعاملات C_c ، C_v ، C_d .
- 2— قارن بين قيمة C_d المحصل عليها والجداء $(C_c \cdot C_v)$.
- 3— ارسم بيان Q بدلالة العمود H_0 .

$H_0^{1/2}$ [m ^{1/2}]	Q [m ³ /s]	H_0 [m]	t [s]	m [kg]

التجربة رقم 06

إرتظام نفاث

التجربة رقم 06

إرتظام نفقات

واستنادا على قانون أولر المستنبط من قانون نيوتن الثاني يمكن كتابة :

$$\sum \vec{F}_{ex} = \rho . dQ . (\vec{V}_F - \vec{V}_i)$$

$$\sum \vec{F}_{ex} = \rho . \bar{Q}_F . \vec{V}_F - \rho . \bar{Q}_i . \vec{V}_i \quad (1) \quad \text{أو :}$$

حيث : ρ : الكتلة النوعية للمائع .

$\bar{Q}_F$: معدل التصريف بعد الاصطدام بالصفحة .

$\vec{V}_F$: سرعة المائع بعد الاصطدام بالصفحة .

$\bar{Q}_i$: معدل التصريف قبل الاصطدام بالصفحة .

$\vec{V}_i$: سرعة المائع قبل الاصطدام بالصفحة .

بتطبيق المعادلة (2) على الجريان ، وبالإسقاط على المحور OX نحصل على :

$$\sum \vec{F}_{ex} = \rho . \frac{Q}{2} . V_2 . \cos \theta + \rho . \frac{Q}{2} . V_3 . \cos \theta - \rho . Q . V_1 \quad (3)$$

وبالمساواة بين (1) و (3) نجد :

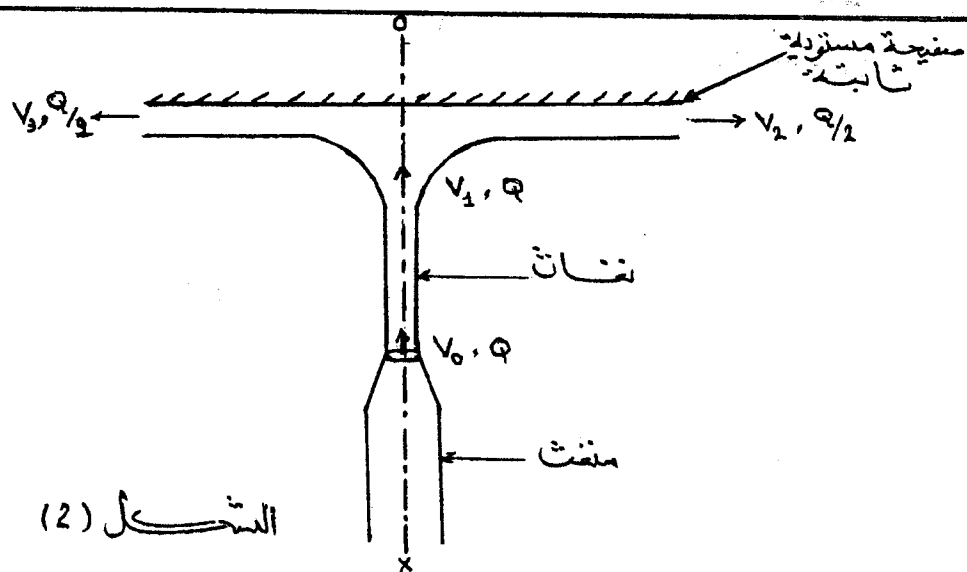
$$- F_R = \rho . Q . \left(\frac{V_2}{2} . \cos \theta + \frac{V_3}{2} . \cos \theta - V_1 \right)$$

تغير قيم القوة F_R حسب الشكل الهندسي للصفحة .

3-1-الصفحة المستوية : أنظر الشكل (2) .

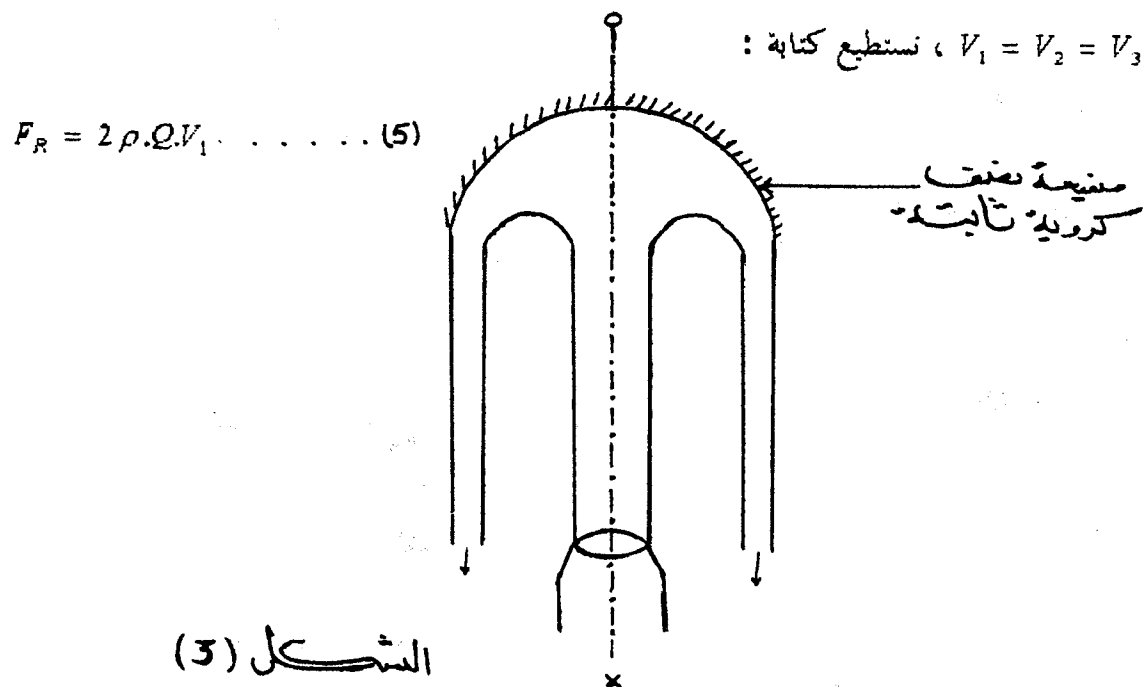
في هذه الحالة $\theta = 90^\circ$ ، أي أن قوة رد فعل الصفحة تكون :

$$F_R = \rho . Q . V_1 \quad (4)$$



3-2-الصفحة نصف الكروية : انظر الشكل (3) .

في هذه الحالة $\theta = 180^\circ$ ، مع مراعاة الشروط المفترضة سابقا من الاحتكاك والضغط المتساوي ، أي



$$F_R = 2\rho.Q.V_1 \dots \dots (5)$$

: نستطيع كتابة $V_1 = V_2 = V_3$ ،

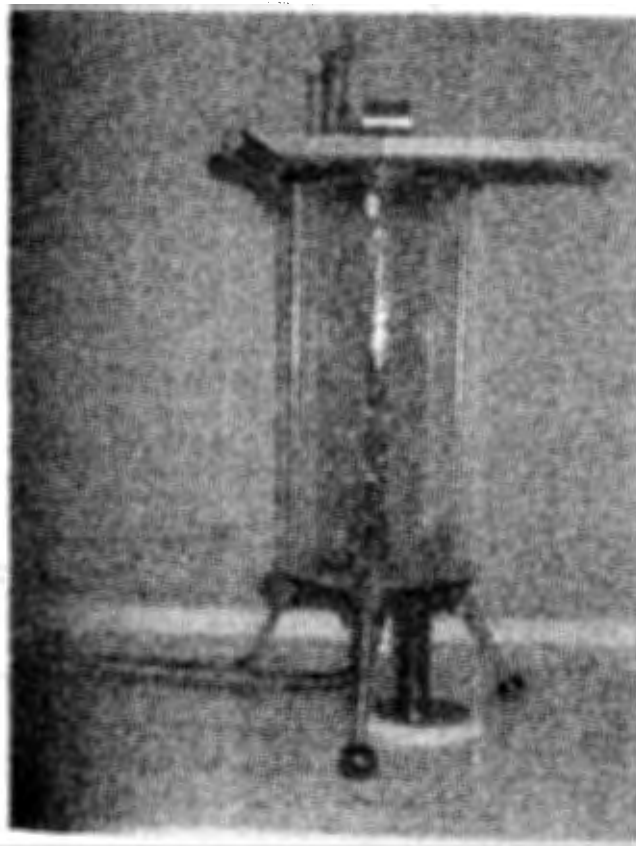
4/ وصف الجهاز : بين الشكل (4) الجهاز المستعمل في التجربة ، والتكون من منفث متقلص تدريجيا

يتم تزويده بالماء بعد توصيله بأنبوب تجهيز المسطبة ، حيث يخرج الماء من النفث ليصطدم بالصفحة

المستوية أو نصف الكروية ، تحاط هذه التركيبة بمجدار أسطواني شفاف يوجد عند أسفله مخرج يوجه

الماء إلى خزان الوزن ، كما توجد ثلاثة لواب يمكن بواسطتها ضبط موضع المنفذ ، وبالتالي جعل

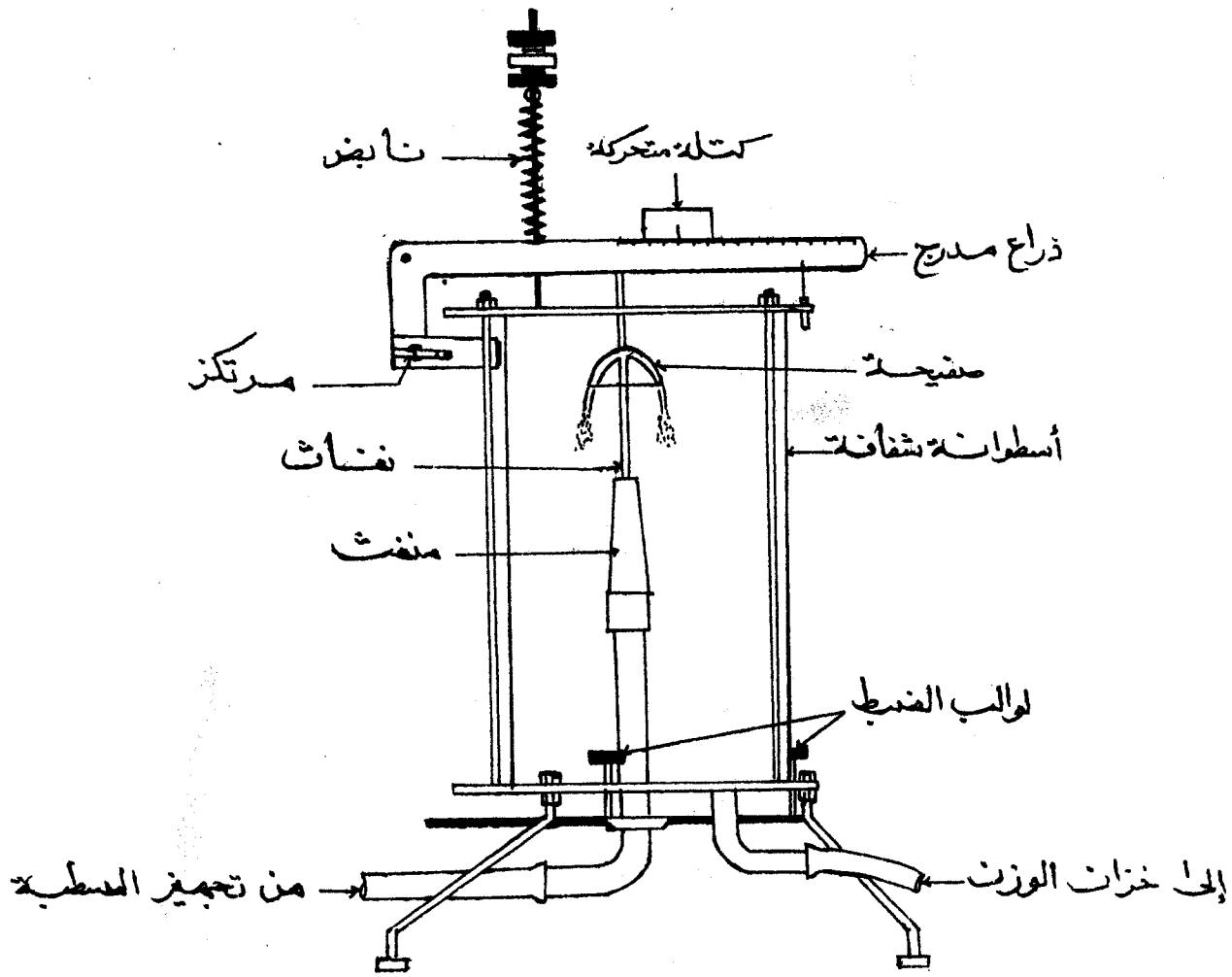
المفاتيح الحام الحزام تجريدية المستقيمة خلاصة لوصفها



صغيرة مستقيمة



صغيرة نصف كروية



الشكل (4) - ترتيب جهاز ارتظام نفث

النفاث يرتطم بمركز الصفيحة . أما الجزء العلوي من الجهاز بوضوح كيفية استناد الصفيحة على ذراع مدرج بالمليمتر ، يحمل كتلة متحركة ، ويتم التحكم في حركة الذراع لإرجاعه إلى موضع اتزانه الأصلي بواسطة نابض متصل به ، وهذا من أجل قياس قوة ارتطام النفاث في هذا الموضع .

5/ خطوات التجربة :

- ضبط أفقية الجهاز فوق تجهيز المسطبة .
- تثبيت الصفيحة المستوية بواسطة لولاب التثبيت ، ثم ضبط الوضع الأفقي للذراع حامل الكتلة المتحركة .
- جعل النفاث في مركز الصفيحة بتدوير اللولاب في نفس الوقت ونفس المقدار وباتجاه متعاكس .
- فتح صمام التجهيز والسماح بدخول الماء إلى الجهاز .
- رفع معدل الجريان إلى أقصاه ، ثم تسجيل قراءة قيمة الموضع x للكتلة المتحركة m ، والذي يعيد الذراع إلى الوضع الأفقي ، ثم قياس التصريف Q بواسطة خزان الوزن .
- تكرير الخطوة الأخيرة مع خفض معدل الجريان بصورة تدريجية .
- تعاد نفس الخطوات السابقة من أجل صفيحة نصف كروية .

6/ الأسئلة :

1- دون النتائج التي حصلت عليها للصفيحتين في الجدولين (1) و(2) ، ثم قم بالحسابات الأخرى .

2- ارسم على نفس الورق المليمترى بيان قوة الدفع المكافئة F_{dp} بدلالة قوة الدفع F_x لكل من

الصفيحتين .

3- ما هو نوع المنحنى المتحصل عليه ؟

3- قارن بين المعادلتين (4) و (5) ، ماذا تلاحظ ؟ ، وماذا تستنتج ؟

4- أي الصفحتين أفضل الإستعمال ، الصفحة المستوية ، أم الصفحة الكروية ؟

F_{RP} [N]	F_R [N]	V_1 [m/s]	V_0 [m/s]	Q [m ³ /s]	x [m]	t [s]	V [m ³]

الصفحة المستوية

جدول (1)

F_{RP} [N]	F_R [N]	V_1 [m/s]	V_0 [m/s]	Q [m ³ /s]	x [m]	t [s]	V [m ³]

الصفحة نصف كروية

جدول (2)

التجربة رقم ٥٦

للتصريف خلال السدود الفاطمية

التصريف خلال السدود العاطسة

1/ مقدمة : إن القياس الدقيق للتدفق في القنوات المكشوفة ، كالجاري الطبيعية ، والقنوات الصناعية

، و مجاري الصرف ، أصعب بكثير من القياس في أنابيب الضغط ، فكل الأجهزة المدروسة سابقا غير

صالحة لقياس هذا التدفق ، لأن للقنوات المكشوفة أشكالا غير منتظمة و أسطح حرة معرضة فقط

للتبسط الجوي ، ومن بين الوسائل المستعملة لقياس هذا التدفق السدود العاطسة أو الطدارات .

2/ الهدف : هو حساب التدفق في القنوات المكشوفة ، وتحديد العلاقة بين التدفق وارتفاع الماء من

أعلى حافة السد العاطس .

وفي المجال العملي كهدف إلى وضع بيانات عملية لتنظيم الجريان يعتمد عليها عند بناء قنوات نقل المياه

الصناعية ، وأغراض استغلال الطاقة الهيدروليكية ، كالري وشبكات مياه الشرب و الصرف في المياه

المدن و العديد من المجالات الأخرى .

3/ الدراسة النظرية : لتعتبر الجريان الموضح في الشكل (1) يحدث بين النقطة A الواقعة قبل

الطدار ، والنقطة B الواقعة فوقه ، وبتطبيق معادلة برنولي بين هاتين النقطتين نجد :

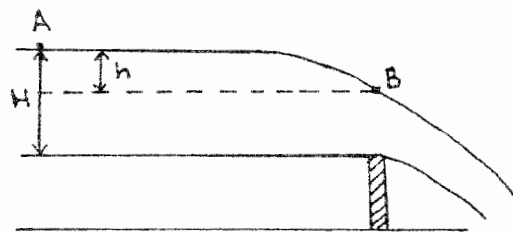
$$\frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B \quad (1)$$

نما أن السطح الحر للماء تحت تأثير الضغط الجوي فإن : $P_A = P_B$

نما أن مساحة مقطع القناة أكبر بكثير من مساحة مقطع فحة الطدار فيمكن اعتبار السرعة V_A معدومة.

هذا تصبح المعادلة (1) كالتالي :

$$Z_A = \frac{V_B^2}{2g} + Z_B$$



$$H = \frac{V_B^2}{2g} + Z_B \quad \text{أو :}$$

$$H = h + Z_B \quad \text{وبما أن :}$$

$$\frac{V_B^2}{2g} = h \quad (2) \quad \text{فإن :}$$

3-1-الهدار المستطيل :

بما أن السرعة في هذا الهدار تكون متغيرة وتابعة للزمن ، فإنه لحساب التدفق فيه نعتبر شريحة أفقية

ذات سرعة منتظمة وسطحها ذي شكل مستطيل طوله b (عرض الهدار) ، وارتفاعه dh أي أن

$$ds = b . dh \quad \text{مساحته :}$$

$$dQ = V . ds \quad \text{إذن تدفق الشريحة يكون :}$$

$$dQ = \sqrt{2gh} . b . dh \quad \text{ومن العلاقة (2) يصبح :}$$

بمكاملة هذه المعادلة نتحصل على التدفق النظري الإجمالي فوق الهدار ، حيث h تتغير من الصفر

إلى H .

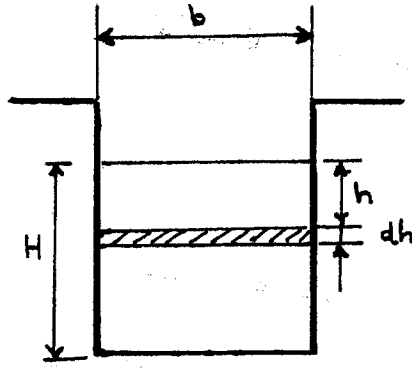
$$Q_{th} = \int_0^H \sqrt{2gh} . b . dh$$

$$Q_{th} = \frac{2}{3} . \sqrt{2g} . b . H^{3/2} \quad (3)$$

نظرا لإهمال السرعة v_A ، والتقلص الحادث في الانسياب عند مخرج الهدار ، فإن التدفق الحقيقي

يختلف عن التدفق النظري ، ولنعويض هذا الاختلاف وضع معامل التدفق cd كي يصبح التدفق

$$Q = cd . \frac{2}{3} \sqrt{2g} . b . H^{3/2} \quad (4) \quad \text{كالتالي :}$$



الشكل (1-2) - مدار مستطيل .

2-3- الهـدار المثلثي :

أما في حالة الهـدار ذي الفتحة المثلثية بالزاوية 2θ ، فإن طول الشريحة المأخوذة ليس مقدارا ثابتا ، وإنما يكون مندرجا ويعطى كما يلي :

$$\tan \theta = \frac{x}{H - h}$$

من الشكل (2-2) نحصل على :

$$x = (H - h) \tan \theta .$$

$$b = 2.x = 2(H - h) \tan \theta$$

أي :

$$ds = 2.(H - h) \tan \theta . dh$$

ومنه تصبح مساحة الشريحة :

وباعتماد نفس الخطوات السابقة للهـدار المستطيل نحصل على التدفق النظري للهـدار المثلثي بحيث :

$$Q_{th} = \int_0^H V_B . 2.(H - h) \tan \theta . dh$$

$$Q_{th} = \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot \tan \theta \cdot H^{\frac{5}{2}} \quad (5)$$

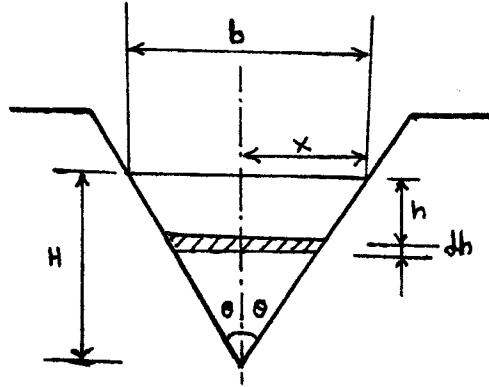
$$Q = cd . \frac{8}{15} \cdot \sqrt{2g} \cdot \tan \theta \cdot H^{\frac{5}{2}} \quad (6)$$

والتدفق الحقيقي :

$$Q = K . H^n \quad (7)$$

إذن يمكن كتابة المعادلتين (4) و (6) بالصيغة التالية :

حيث K و n ثابتان يمكن تعيين قيمهما من نتائج التجربة باستعمال مخطط بياني لوغاريتمي .



الشكل (2-2) - سد ثلاثي

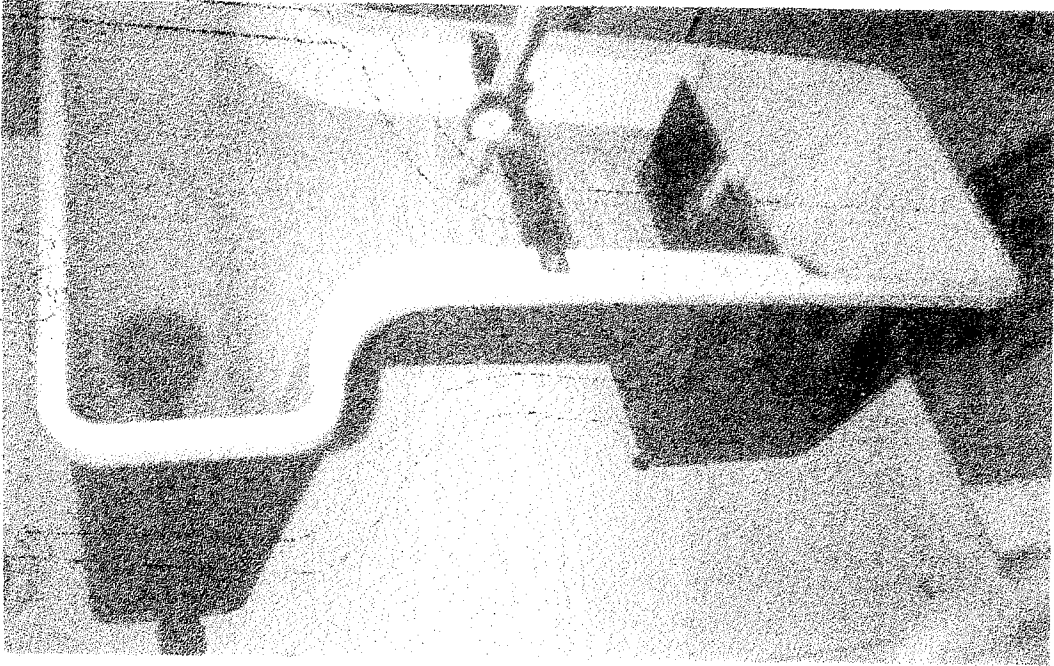
4- وصف الجهاز :

يبين الشكل (3) الجهاز المستعمل في التجربة ، وطريقة إتصال الماء خلال خرطوم مرن من صمام تجهيز المسطبة إلى أنبوب ينتهي بإسفنجة الغرض من وضعها توزيع الماء بانتظام في المنطقة الموسعة من الخزان ، تليها منطقة متقلصة على شكل قناة قصيرة يوجد بنهايتها شق تدخل فيه لإحكام صفيحة الهدار ، ويجمع الماء المار عبر الهدار إلى خزان الخروج ومنه إلى تجهيز المسطبة . ويتم قياس ارتفاع الماء بواسطة مسطرة مدرجة بالمليمترات مثبتة عموديا في أعلى الجهاز .

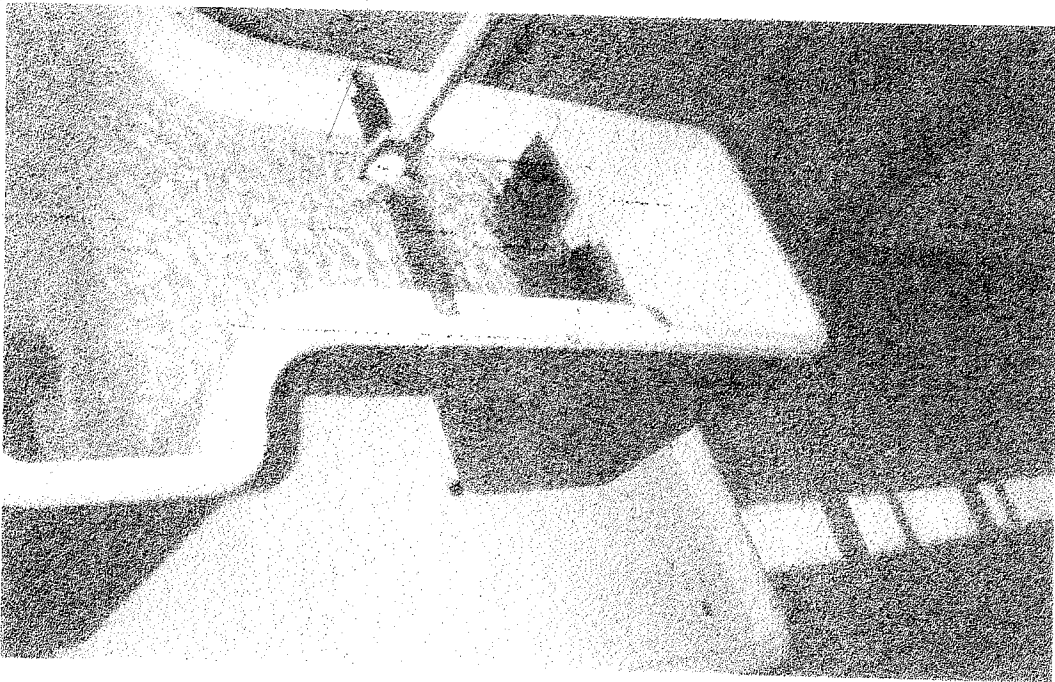
5/خطوات التجربة :

- أخذ أبعاد كل من الهدارين (المثلثي والمستطيل) بدقة .
- ضبط أفقية الجهاز فوق تجهيز المسطبة بواسطة لولب التسوية .
- تثبيت أحد الهدارين في مكانه (أي في الشق) .
- فتح صمام السيطرة لدخول الماء إلى الجهاز .
- قياس ارتفاع الماء عند أقصى تدفق ، وأخذ الزمن المناسب لهذا التدفق .

Assembly Order 1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

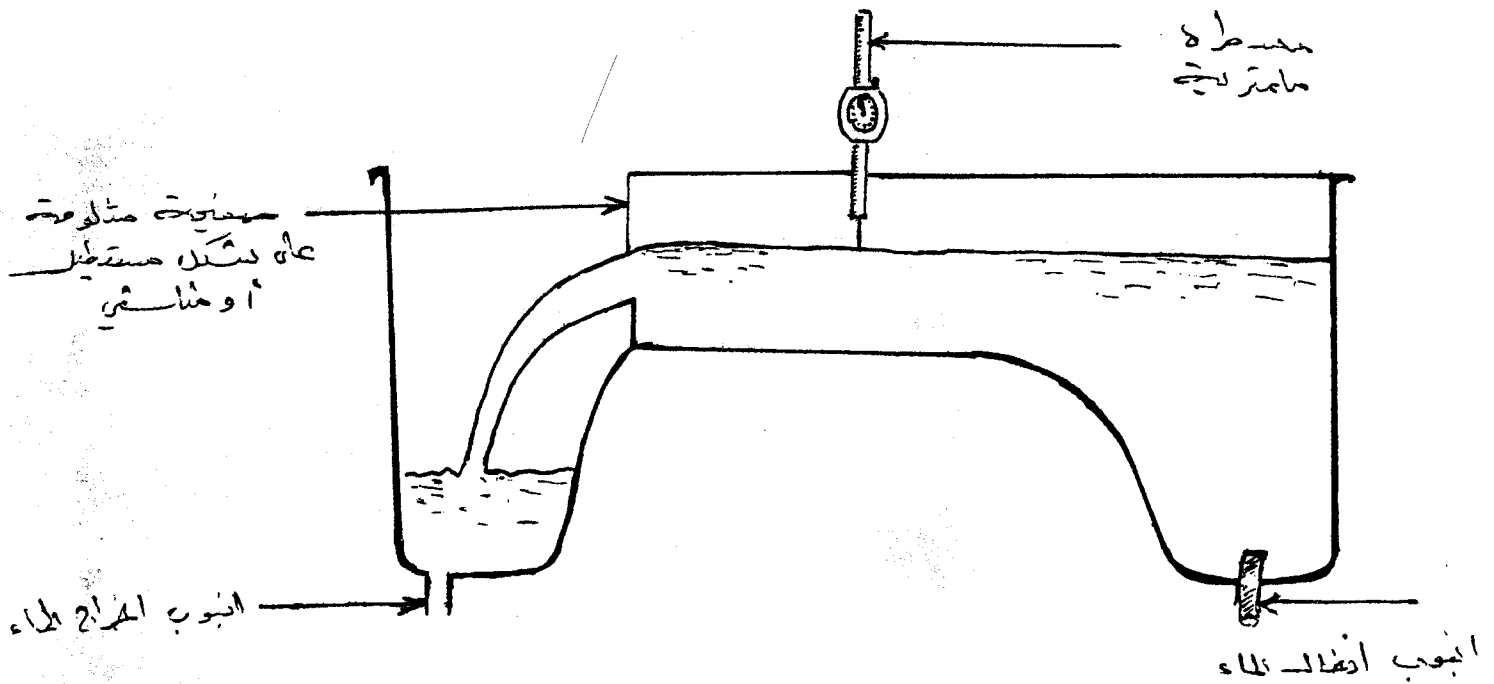
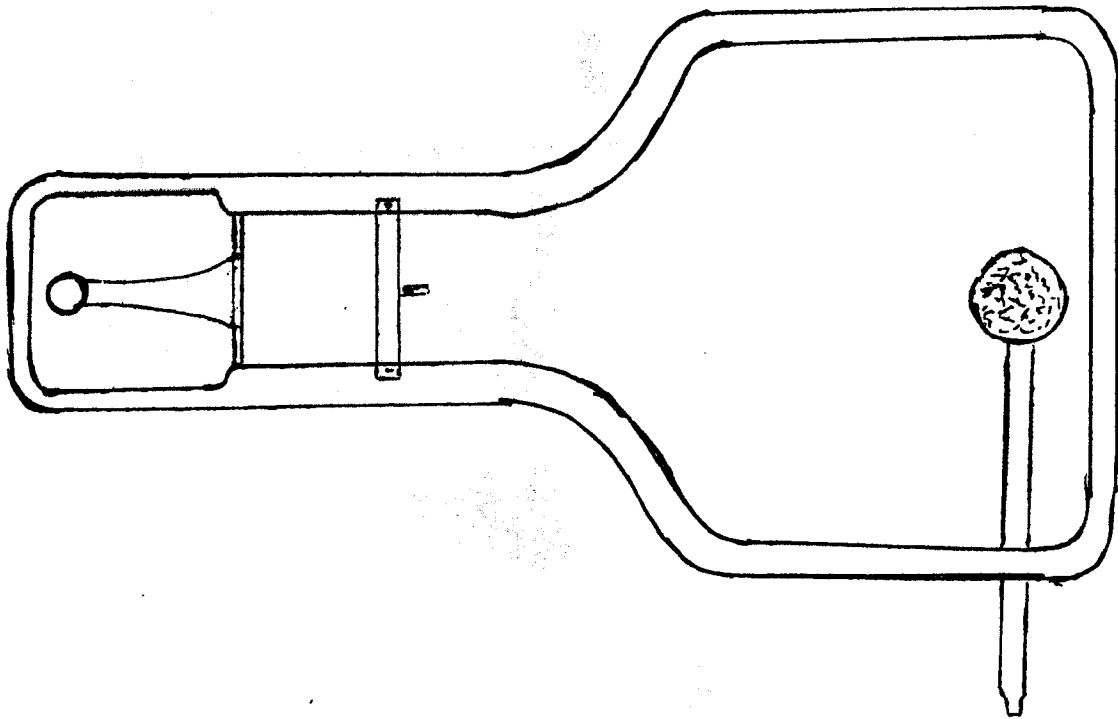


مركب من قاعه



مركب من قاعه

مركب من قاعه



الشكل (3) - ترتيب جهاز السد الغاطس (المصدر) .

6/ الأسئلة:

- | logH | Log Q | C_d | Q_{reel}
[m ³ /s] | Q_{th}
[m ³ /s] | t
[s] | H
[m] | y
[m] |
|------|-------|-------|-----------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|
| | | | | | | | |

جدول (1)

