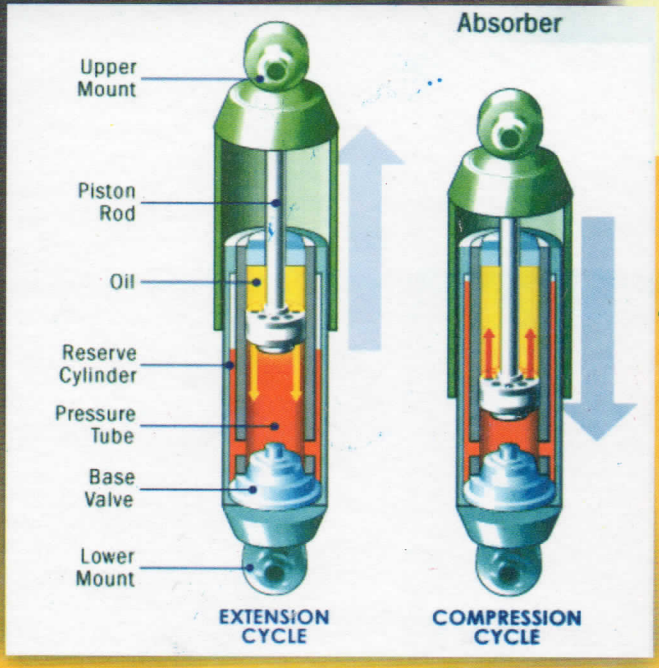
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

تجارب في الهيدروليك



المهندس
محمد رمضان

المهندس
مؤيد سعد الله

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

تجارب في الهيدروليك

تأليف

المهندس محمد رمضان
قسم الري والمكائن

المهندس مؤيد سعد الله
قسم الهندسة المدنية

١٩٧٨

شـــكر وتقديـــر

يسرنا أن نتقدم بجزيل الشكر والتقدير للدكتور صباح محمد جميل لمراجعته الكتاب وابدائه بعض الملاحظات والتوجيهات المتعلقة بترتيبه وطبعه. كما ونشكر كافة السادة منتسبي كلية الهندسة الذين ساهموا بجهودهم ومقترحاتهم لاظهار الكتاب بهذا الشكل، وكذلك تقديرنا الجزيل للسادة العاملين في مطبعة مؤسسة دار الكتب على الجهود الصادقة والتعاون المخلص في سبيل طبعه ...

وفق الله الجميع لما فيه الخير

المؤلفان

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

بالنظر لأهمية علم الهيدروليك وللاستعمالات المتعددة والواسعة للمياه الآن وفي المستقبل فقد اجريت البحوث والدراسات المختلفة ووضعت الكتب والمصادر المتنوعة التي تبحث في مشاكل الهيدروليك والسيطرة على المياه وتخزينها . وبالرغم من هذه الأهمية العظيمة فإن المصادر الهيدروليكية المؤلفة أو المترجمة باللغة العربية قليلة جداً فيما إذا قورنت بمدى الحاجة اليها بل ويمكن القول ان المؤلفات التي تعني بدراسة النظريات المختلفة في الهيدروليك وتطبيقاتها في المختبرات والحقول وباللغة العربية معدومة تقريباً . واليوم تتزايد الحاجة إلى مثل هذه المؤلفات والترجمات حيث اتجهت الجامعات العراقية إلى تعريب التعليم العالي مما ولد ضغطا متزايداً وطلبا ملحا على هذه المصادر ، وهكذا فقد ولدت فكرة تأليف كتاب باللغة العربية يهتم بالتجارب المختلفة التي يمكن اجراءها في مختبرات الجامعات العراقية ولها مساس مباشرة بحياة المهندس العملية في المستقبل ومن الممكن الاستفادة منها في التطبيقات الحقلية في المشاريع الزراعية والمائية المنتشرة في قطرنا .

يضم الكتاب (مجموعتان متميزتان) من التجارب ، المجموعة الاولى عبارة عن تجارب مبسطة سهلة تعتمد التطبيق المباشر للنظريات المختلفة في المائعات والظواهر الهيدروليكية الطبيعية .

اما المجموعة الثانية فتضم تجارب متطورة اكثر تعتمد على القياس والمشاهدة واستعمال العلاقات الهيدروليكية المختلفة للخروج بصيغ واستنتاجات يمكن استعمالها في حساب وتقدير كميات ومناسيب المياه في الطبيعة كما تضم تجارب متقدمة تصلح كفكرة لمشاريع طلبة الصفوف المنتهية او طلبة الدبلوم .

يلاحظ في جميع هذه التجارب انه من الممكن اجراؤها في أي مختبر من مختبرات الهيدروليك وتعتمد على أجهزة بسيطة ومتوفرة في أي مختبر أو من الممكن تصميمها وانشاءها محليا باستعمال المواد المتوفرة في الأسواق ، اضافة إلى ذلك فأنه من الممكن الاستفادة من هذه التجارب في معظم الأقسام الهندسية كالمدني والري والميكانيك حيث انها متنوعة وملائمة لهذه الأقسام .

اضافة إلى التجارب اعلاه يضم الكتاب بعض الجداول التي ارتئينا اضافتها نظراً لأهميتها وخاصة جدول تغير اللزوجة الكينماتية للماء مع تغير درجات الحرارة ، وجدول الوحدات القياسية وتحويلاتها وكذلك جدول المصطلحات الهيدروليكية .

ان هذا الكتاب ليس الا خطوة اولى في سبيل تهيئة مصادر علمية وباللغة العربية تبحث في الهيدروليك والمائعات ، ولذلك فنحن نطمح من زملائنا الأساتذة الافاضل في الكليات الهندسية بتقديم مقترحاتهم وارائهم القيمة التي من شانها ان تساعدنا على تطوير هذا الكتاب في المستقبل والله الموفق ..

المؤلفان

الفهرست

1 الفصل الاول

كتابة التقارير ورسم المنحنيات

1.1 كتابة وأعداد التقارير المختبرية الهندسية ١١

1.2 رسم المنحنيات وأستعمال الاوراق البيانية ١٢

2 الفصل الثاني

تجارب المجموعة الاول

2.1 معايرة مقياس الضغط ٢٥

2.2 ايجاد مركز الضغط على سطح مغمور في سائل ٢٨

2.3 ايجاد القوة التي يسلطها بثق ماء على لوح معدني ٣٦

2.4 اثبات معادلة برنولي ٤٣

2.5 دراسة الجريان خلال فتحة حادة ٤٩

2.6 ايجاد رقم رينولدز في الأنابيب ٥٧

2.7 قياس التصريف في الأنابيب بواسطة مقياس لوحة الفتحة الحادة ٦٣

2.8 قياس التصريف في الأنابيب بواسطة مقياس فنشوري ٧٠

2.9 حساب القدرة الحصانية لمحرك مضخة ما ٨١

2.10 ايجاد الضياع في الطاقة بسبب التقلص او التوسع الفجائي في الانابيب ٨٦

2.11 ايجاد معامل الأحتكاك للأنابيب ٩٣

2.12 دراسة توزيع الضغط في المبسم ١٠٠

2.13 قياس التصريف بواسطة السد الغاطس في القنوات المفتوحة ١٠٧

3 الفصل الثالث

تجارب المجموعة الثانية

3.1 توزيع السرع في القنوات المفتوحة ١١٧

3.2 ايجاد معامل مانيك (n) ١٢٨

3.3 القفزة الهيدروليكية في القنوات المفتوحة ١٣٤

3.4 معايرة قناة بارشل ١٤١

3.5 دولاب فرانسس ١٤٩

3.6 دولاب بلتون ١٥٦

3.7 استقرار الجسم الطافي ١٦٥

3.8 الجريان الدردوري (الدوامي) ١٧٧

3.9 دراسة توزيع السرع حول اقواس القنوات المفتوحة ١٩٤

4 الفصل الرابع

الملحقات والجداول

4.1 نماذج من الاوراق البيانية والوغارتمية ٢٠٥

4.2 جدول تغير اللزوجة الكينماتية للماء مع تغير درجات الحرارة ٢١٥

4.3 جدول الوحدات القياسية وتحويلاتها ٢١٧

4.4 جدول الرموز ووحداتها ٢١٩

4.5 جدول المصطلحات ٢٢٢

المصادر ٢٢٩

جدول الخطأ والصواب

الفصل الاول

كتابة التقارير ورسم المنحنيات

1.1 كتابة واعداد التقارير المختبرية الهندسية :

من المتطلبات الضرورية لاي عمل هندسي وخاصة بعد اكماله وضع تقرير مفصل عن ذلك العمل بحيث يضم التقرير كافة التفاصيل الدقيقة والمعلومات الفنية والنتائج المتعلقة بالعمل .

وبالنسبة للتجارب المختبرية وسيما في حقل الهيدروليك فمن المهم جداً وبعد اكمال التجربة وضع تقرير حول التجربة يوضح اهميتها ومدى فائدتها في الحياة العملية وكذلك النظريات والمعادلات التي تستعمل خلال التجربة والنتائج التي تم التوصل اليها والاستنتاجات التي خرجنا بها من التجربة . ان جميع المعلومات السابقة يجب وضعها بصورة علمية مسلسلة بحيث يمكن عن طريقها تكوين فكرة واضحة عن التجربة ، وهناك اسس وخطوات عامة يكتب التقرير بموجبها وتثبت كافة المعلومات بمقتضاها ويمكن ايجاز الخطوات بالشكل التالي : —

1.1.1 يكتب اولا عنوان التجربة واسم الشخص الذي أجرى التجربة وكذلك يوم وتاريخ اجراء التجربة وتاريخ تسليم تقرير التجربة .

1.1.2 الغرض أوالهدف من اجراء التجربة .

شرح مفصل للغرض الذي اجريت من اجله التجربة وفوائدها العملية والنظرية وذكر المعلومات والمفردات التي جمعت خلال التجربة .

1.1.3 نظرية التجربة

تشرح النظرية التي تعتمد عليها التجربة وفرضيات النظرية وتطبيقاتها وكذلك المعادلات والعلاقات المستعملة ومفرداتها ووحداتها .

1.1.4 جهاز التجربة وخطوات اجرائها

تذكر الاجهزة المستعملة في التجربة مع الرسوم التوضيحية ويراعى أن تكون الرسوم خطيطية وواضحة وكذلك يؤشر على اجزاء الجهاز المختلفة . وكذلك تشرح خطوات اجراء التجربة وطريقة جمع المفردات والمعلومات .

1.1.5 الحسابات والنتائج

توضح وبشكل تفصيلي كافة الحسابات لنموذج واحد من المفردات أو القراءات التي

جمعت خلال التجربة وكذلك كيفية استعمال المعادلات المختلفة وتحليل مكوناتها

1.1.6 جداول المفردات والنتائج

بعد أكمال كافة الحسابات والتحليلات الرياضية توضع القراءات والنتائج الحسابية التي تم التوصل اليها في جداول خاصة بصورة مفصلة ومنظمة جيداً .

1.1.7 الرسومات البيانية

تصاغ نتائج التجربة ومفرداتها بشكل منحنيات ترسم على اوراق بيانية اعتيادية او لوغارتمية ويراعى في ذلك أن يتم رسم المنحني بصورة صحيحة حيث يجب وضع المتغيرات المختلفة على المحاور المناسبة مع بيان وحدة كل متغير وكذلك وضع تعريف للمنحني واخيراً ذكر كافة الاستنتاجات التي يتم الحصول عليها من المنحني .

1.1.8 مناقشة التجربة ونتائجها

تناقش التجربة بصورة تفصيلية ابتداءاً من فائدتها وطريقة اجراءها والاجهزة المستعملة في التجربة وطريقة جمع المفردات والقراءات وكذلك اجراء الحسابات والتحليلات الرياضية ورسم المنحنيات والمعلومات الناتجة من رسم المنحنيات ومقارنتها بالنتائج النظرية المتوقعة وكذلك مناقشة نتائج التجربة بصورة عامة والاستنتاجات التي توصلنا اليها من اجراء التجربة واخيراً ذكر الاقتراحات التي من شأنها تطوير التجربة في المستقبل .

1.1.9 ترفق ورقة العمل والمفردات الاصلية في نهاية التقرير .

1.2 رسم المنحنيات واستعمال الاوراق البيانية

لحل وتعريف المسائل الرياضية والمشاكل الهندسية ودراسة المتغيرات المختلفة يجري صياغة هذه المتغيرات بشكل علاقات اومعادلات، ابسطها معادلةمن الدرجة الاولى .

$$y = mx + b \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

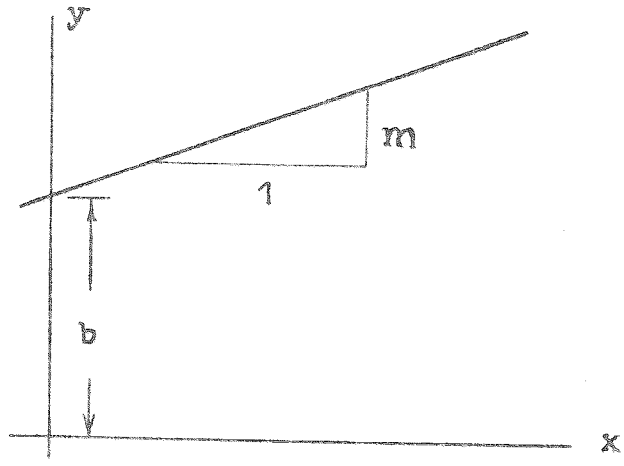
حيث كل من

x , y ..... متغير المعادلة

m , b ..... ثابت المعادلة

ويلاحظ في مثل هذه المعادلات ان أس المتغير (x, y) يساوي واحد لذلك يطلق عليها معادلة من الدرجة الاولى ، وبتغير درجة المعادلة تزداد تعقيداً ويصعب حلها تبعاً لذلك .

غالباً ما يعبر عن المعادلة هندسياً برسم منحنيها على المستوي (xy) . ان المنحني الناتج من رسم معادلة من الدرجة الاولى (معادلة – 1) يكون خطاً مستقيماً كما في شكل (رقم – 1) .



شكل (رقم – 1)

بالاضافة الى التعرف على طبيعة العلاقة بين المتغيرات هندسياً عن طريق رسم المنحني فان هناك اغراض اخرى من رسم منحني المعادلة يأتي في مقدمتها حل المعادلة هندسياً أي ايجاد قيمة ثابت المعادلة من المنحني . الشكل (رقم – 1) يمثل تقاطع المستقيم مع المحور العمودي (y) قيمة الثابت (b) في المعادلة (1) حيث تكون(x=0) ، بينما يمثل انحدار المستقيم الثابت (m) في المعادلة (1) .

كما سبق القول فان المنحني الناتج من رسم معادلة من الدرجة الاولى هو خط مستقيم بينما لايكون كذلك للمعادلات غير الدرجة الاولى . ولذلك يجري تحوير هذه المعادلات الى معادلات من الدرجة الاولى عن طريق اخذ اللوغاريتم لطرفي المعادلة او برسم مثل هذه المعادلات على اوراق لوغارتمية فيكون المنحني الناتج في هذه الحالة خطاً مستقيماً ايضاً ، ويتم ايجاد قيم ثابت المعادلة كما في حالة معادلات الدرجة الاولى .

$$Q = KH^n \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث

Q , H .... متغيرا المعادلة

K .... ثابت المعادلة

n .... ثابت المعادلة (لايساوي الواحد الصحيح في هذه الحالة) .

وهكذا فان رسم مثل هذه المعادلة على ورق بياني اعتيادي يعطي منحنياً لايمكن معه ايجاد قيمة (K,n) بالطريقة السابقة ، ولذلك يؤخذ لوغاريتم المعادلة كما يلي :ـ

$$\log Q = \log K + n \log H \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

ولو فرضنا ان

$$\log Q = y$$
$$\log K = b$$
$$\log H = x$$

لاصبحت المعادلة (3) بالصورة التالية :

$$y = n.x + b$$

وهي معادلة من الدرجة الاولى شبيهة بالمعادلة رقم (1) .

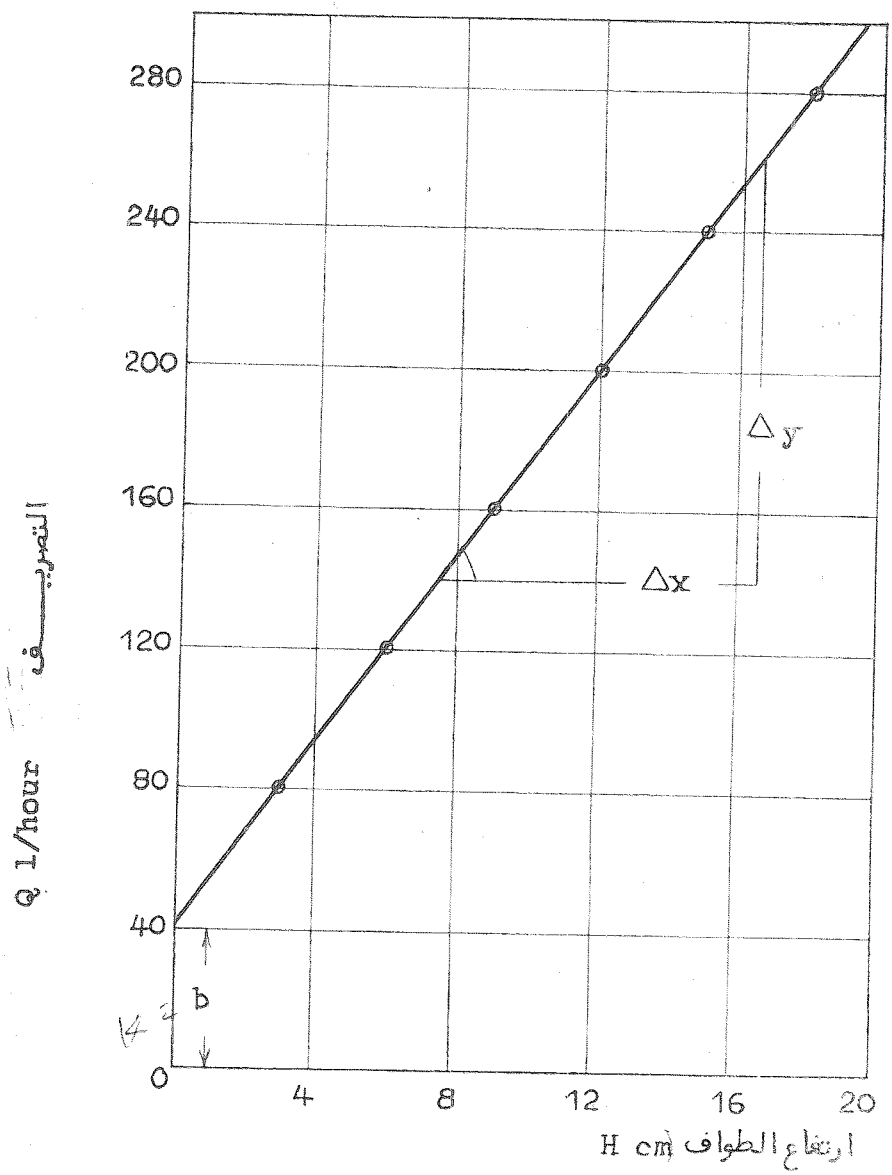
وفي معظم الاحيان يجري رسم المعادلة (2) على ورق لوغاريتمي مباشرة وتحسب قيم الثابت من المستقيم الناتج . ان قسم من المعادلات بصيغة المعادلة (2) يحوي احد متغيراتها على قيمة الصفر بحيث لايمكن رسم مثل هذه القيم على ورق لوغاريتمي ولذلك ترسم على ورق نصف لوغاريتمي . حيث توضع المتغيرات التي تحوي على قيمة الصفر على محور مقسم تقسيمات بيانية اعتيادية ، بينما المتغيرات الاخرى على محور مقسم تقسيماً لوغاريتمياً

1.2.1 امثلة :ـ

1.2.1.1 ـ في اختبار عملي اجرى في درجة حرارة (20°) مئوية على المقياس الدوار (روتوميتر Rotometer) (المقياس الدوار عبارة عن اسطوانة زجاجية مدرجة مفتوحة من الجهتين تستعمل لقياس التصريف في الانابيب العمودية حيث تربط خلال الانبوب المطلوب ايجاد التصريف خلاله ، ويوجد طواف يتحرك بحرية داخل الاسطوانة حيث يتغير ارتفاع الطواف في الاسطوانة تبعاً لشدة التدفق في الانبوب) .

وجد أن ارتفاع الطواف (H) داخل المقياس يتغير مع التصريف (Q) كما يلي : ـ

ارتفاع الطواف H cm	التصريف Q L/hr
3	80
6	120
9	160
12	200
15	240
18	280



شكل رقم — 2

العلاقة بين ارتفاع الطواف في المقياس الدوار والتصريف

في انبوب مـــــا

مع العلم أن العلاقة بين التصريف (Q) وارتفاع الطواف (H) هي بالصيغة :

$$Q = m H + b$$

فما هي قيمة (b,m) في هذه المعادلة .

الحل :-

يرسم ارتفاع الطواف على المحور - x ، وتغير التصريف على المحور - y ، شكل (رقم-2)

عندما تكون $H = O$

فان $b = Q$

ومن المستقيم الناتج نجد قيمة (b) وهي النقطة التي يقطع فيها المستقيم المحور -y عندما تكون $H = O$ شكل (رقم - 2)

$b = 40$

ثم نجد انحدار المستقيم

$$m = \tan \theta = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{260 - 140}{16{\cdot}5 - 7{\cdot}5} = \frac{120}{9} = 40/3 = 13{\cdot}33$$

وبذلك تصبح العلاقه بين ارتفاع الطواف في المقياس الدوار والتصريف في الانبوب تحت التجربة بالصيغة التالية :-

$$Q = 13.33\ H + 40$$

1.2.1.2 في تجربة اجريت في المختبر على نموذج لخزان ماء وجد أن ارتفاع الماء (H) في الخزان يتناسب مع التصريف (Q) من انبوب في قاعدة الخزان بالصيغة التالية :-

$$Q = KH^n$$

فما هي قيمة (K و n) إذا كان ارتفاع الماء في الخزان يتغير مع التصريف كما يلي :-

ارتفاع الماء في الخزان H cm	التصريف Q cm^3/Sec
1.5	110
2.0	125
3.0	150
4.0	175
5.0	200
7.0	230
8.0	250

شكل (رقم – 3) . ويلاحظ أن البيان الناتج يمثل منحنياً لايمكن معه ايجاد قيمة (K&n) كما في المثال (1) ولذلك ترسم هذه القيم على ورق لوغاريتمي شكل (رقم – 4) . ان انحدار البيان الناتج يمثل قيمة (n) .

$$n = \tan\theta = \frac{\log Q}{\log H} = \frac{\log Q_2 - \log Q_1}{\log H_2 - \log H_1}$$

$$= \frac{\log 380 - \log 140}{\log 18 - \log 2{\cdot}4}$$

نقطة(1) و(2)موضحة في شكل(رقم – 4)

$$= \frac{2{\cdot}579 - 2{\cdot}146}{1{\cdot}255 - 0{\cdot}380} = \frac{0{\cdot}433}{0{\cdot}875} = 0{\cdot}495$$

او نجد قيمة (n) مباشرة من المنحني بقياس انحدار المنحني بمقياس اعتيادي حيث

$$n = \frac{\Delta Q}{\Delta H}$$

$$= \frac{4.2}{8.35}$$

$$= 0.503$$

اما قيمة (K) فتمثل النقطة التي يقطع فيها المستقيم المحور (Q) حيث (H=1) وفي هذا المثال فان

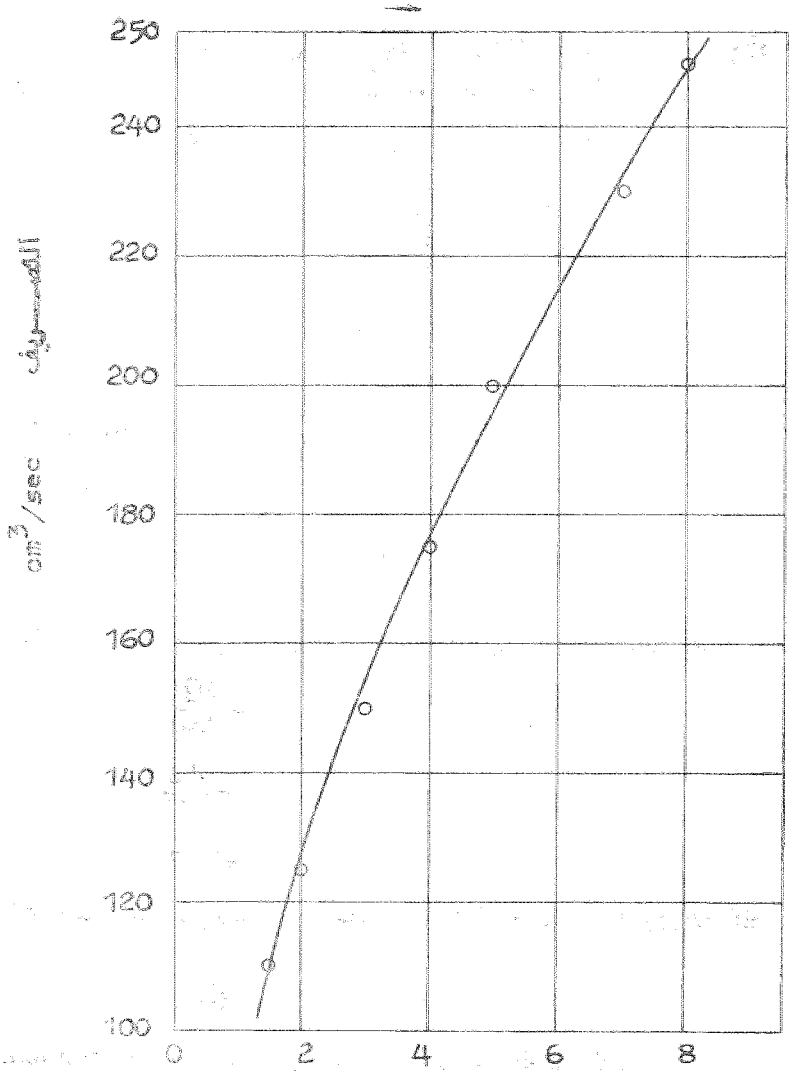
$$K = 86$$

وبذلك تصبح العلاقة بين التصريف وارتفاع الماء في الخزان بالصيغة التالية : –

$$Q = 86\ H^{0.5}$$

ملاحظة : –

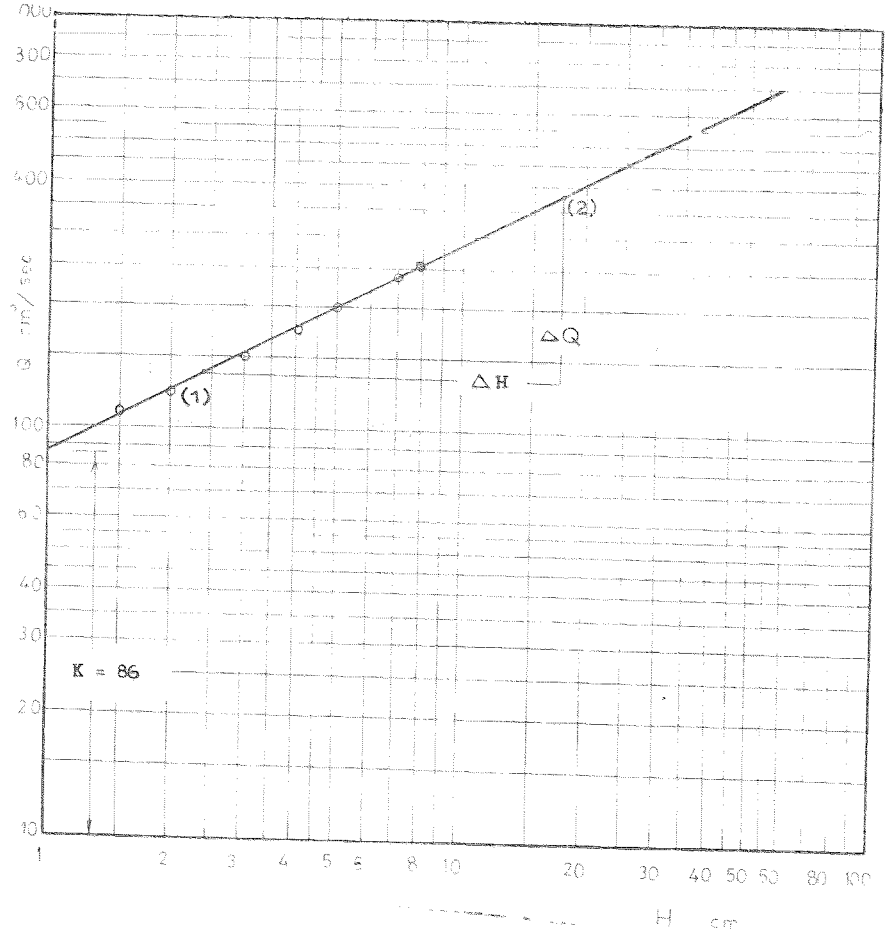
استعملنا في هذه المعادلة (n=0.5) وهي قيمة تقريبية بين (0.495–0.503) التي تم الحصول عليها من المنحني .



شكل (رقم – 3)

العلاقة بين ارتفاع الماء في الخزان والتصريف

من انبوب في قاعدته



شكل (رقم — 4)

العلاقة بين ارتفاع الماء في الخزان والتصريف من انبوب في قاعدته

1.2.2 مسائل : ـ

1.2.2.1 وجد عملياً أن القوة الناتجة من سقوط شلال ماء على مروحة معدنية بشكل نصف كرة مجوفة تساوي تقريباً ضعف القوة الناتجة من سقوط نفس الشلال على مروحة معدنية مسطحة وفي تجربة اجريت في هذا المجال وجد أن القوة التي يسلطها شلال الماء تتغاير مع القوة الناتجة كما يلي :

القوة التي يسلطها شلال الماء N	القوة الناتجة من ارتطام الشلال بنوح معدني بشكل نصف كرة مجوفة N
3.17	5.69
2.49	4.71
1.95	3·75
1·49	2.75
0.93	1.77
0.45	0.78

اوجد معادلة من الدرجة الاولى تربط بين القوة المسلطة والقوة الناتجة من شلال الماء.

1.2.2.2

(v/V)	(y/Y)
0.70	0.016
0.75	0.030
0.80	0.050
0.85	0.090
0.90	0.160
0.95	0.300
1.00	0.400
1.20	0.900

القيم اعلاه وجدت في تجربة لقياس سرعة جريان الماء في قناة مفتوحة مستطيلة المقطع : حيث (v) سرعة الجريان في نقطة ما في أي مقطع من القناة ، (V) معدل السرعة في ذلك المقطع ، (y) ارتفاع النقطة التي تم فيها قياس السرعة ، (Y) ارتفاع الماء في مقطع القناة . فاذا كانت العلاقة بين ($\frac{v}{V}$ ، $\frac{y}{Y}$) كما في المعادلة :

$$\frac{v}{V} = \left(\frac{y}{Y}\right)^n$$

فما هي قيمة (n) .

1.2.2.3 في تجربة اجريت على انبوب معدني لحساب مقدار الضياع في الطاقة وجد أن الانحدار الهيدروليكي (i) (معدل الضياع في الطاقة إلى طول الانبوب) يتناسب مع سرعة جريان الماء في الانبوب (V) كما في المعادلة : $i = KV^n$

اوجد قيمة (n,K) للقيم التالية : —

Vm/sec	i
3.44	6.25
3.27	5.77
2.74	4.23
2.20	2.94
1.86	2.201
1.55	1.689
0.885	0,866

1.2.2.4 لقياس التصريف في القنوات المفتوحة يستعمل السد الغاطس (weir) وهو عبارة عن حاجز يثبت في مجرى القناة فيتدفق الماء من اعلاه ، ومن قياس ارتفاع الماء أعلى السد الغاطس يمكن حساب التصريف خلال القناة بواسطة معادلات وضعت لهذا الغرض وتكون بالصيغة :

$$Q = KH^n$$

حيث Q .... التصريف في القناة

H .... ارتفاع الماء اعلى السد الغاطس

K,n ... ثابت المعادلة .

وقد وجد أن ارتفاع الماء اعلى السد الغاطس يتغير مع التصريف كما يلي : —

H cm	Q cm^3/sec
3.00	5100
3.90	7700
5.30	12800
6.80	18950
8.30	25600
10.50	37300
12.20	47000
13.60	56300
15.40	68400

فما قيم (K,n) .

الفصل الثاني

تجارب المجموعة الأولى

2.1 معايرة مقياس الضغط

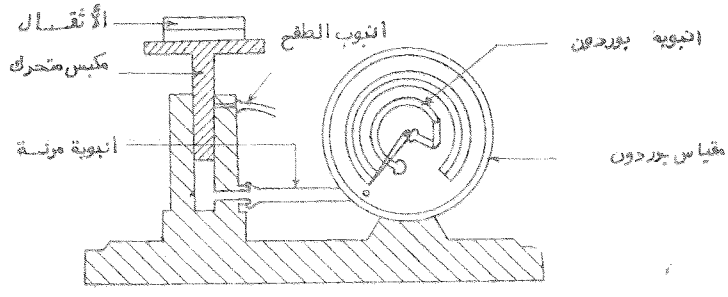
2.1.1 مقدمة : —

الضغط هو عبارة عن القوة المسلطة على وحدة المساحة، ويقاس الضغط بايجاد الفرق بين قيمته ومنسوب ثابت معين ويسمى الفرق بين اى ضغط والضغط الجوي الموقعي بضغط القائس . ان احد الاجهزة التي تستعمل لقياس (الضغط القائس) هو مقياس بوردون (Bourdon gauge) الذي يستعمل على نطاق واسع في الاغراض الهندسية والتطبيقات العملية الاخرى .

2.1.2 الجهاز المستعمل في التجربة

يتكون جهاز التجربة من مكبس اسطواني قابل للحركة إلى الاعلى والاسفل داخل الاسطوانة ويمكن تحميل المكبس بثقل معين للحصول على ضغط معلوم حيث ينتقل الضغط خلال سائل داخل انبوب يصل إلى المقياس .

ان مقياس بوردون يتكون من انبوبة معدنية رقيقة الجدار ذات مقطع بيضوي ثنيت على شكل قوس زاويته حوالي (270°)مثبتة من احدى نهايتيها والنهاية الاخرى تكون طليقة وعندما يسلط الضغط تميل الانبوبة للاستقامة نتيجه لعدم تساوى قوى الضغط على وجهيها ، فتتحرك وتعمل على تحريك مؤشر يدور على قرص مدرج . وتتناسب حركة المؤشر مع الضغط المسلط . ان آلية الجهاز ترى بصورة واضحة من خلال القرص الشفاف شكل (رقم — ١)



شكل (رقم — ١)

معايرة مقياس بوردون بربطة بمكبس متحرك داخل اسطوانة تتصل بالمقياس وتنقل اليه الضغط الناتج من المكبس

2.1.3 خطوات العمل

1 — يجرى التخلص من الهواء الموجود في الاسطوانة والانبوب الموصل بين الاسطوانة والمقياس وبعد ملئها بالسائل المستخدم في التجربة (ويستعمل عادة الماء او الزيت)
2 — بعد التخلص من الهواء تسجل قراءة المقياس ووزن المكبس ومساحة مقطعه .
3 — تضاف الاوزان بصورة تدريجية مع تسجيل قراءة المقياس بعد كل اضافة.
4 — ترفع الاوزان تدريجياً وتسجل قراءة المقياس ثانية .
5 — بعد كل تغيير في الوزن يجب تحريك المكبس دائرياً وببطء لمنع التصاقه بالاسطوانة.

2.1.4 الحسابات والنتائج

1— لايجاد الضغط المسلط على المكبس .

$$P = \frac{W}{a} \qquad \ldots(1)$$

حيث P الضغط المسلط N/m^2.
W الوزن المؤثر = وزن المكبس + الوزن المضاف N.
a مساحة مقطع المكبس m^2

2— لحساب الخطأ في قراءة المقياس

الخطأ في المقياس = الضغط الحقيقي (المسلط) — قراءة المقياس .

ملاحظة : —

يحسب الخطأ في المقياس في حالتي اضافة ورفع الاثقال .

3— يرسم منحني التصحيح ، اى الضغط الحقيقي مع قراءة المقياس ويجب ان ترسم حالتي الزيادة والنقصان في الاثقال .

4— ترسم العلاقة بين الضغط الحقيقي مع الخطأ في المقياس في الحالتين .

2.1.5 اسئلة المناقشة

1— ما الضغط المطلق والضغط الجوي ؟
2— ماالاستعمالات العملية لمقياس بوردون ؟
3— كيف يتغير مقطع المكبس اذا كان الضغط المطلوب قياسه يساوى(10)بار وباستعمال نفس الاوزان المستعملة في التجربة .

2.1.6 جدول القوى والضغوط

المسلسل	إضافة الأثقال N	دفع الأثقال N	الثقل الكلي واقع على الكبس N	الضغط الجوي المؤثر على الكبس N/m^2	قوة الجاذبية N/m^2	الضغط الجوي N/m^2	الوحدات
1							
2							
3							
.							
.							
.							
.							
n							

2.2 ايجاد مركز الضغط على سطح مغمور في سائل

2.2.1 مقدمة :-

ان مركز الضغط هو نقطة على سطح مغمور داخل سائل ما وفي تلك النقطة تؤثر محصلة ضغط السائل المسلط على ذلك السطح. في حالة سطح افقي مغمور داخل سائل ما فان الضغط يتوزع بصورة متماثلة ومحصلة الضغط تمر في مركز مساحة السطح وفي حالة السطح المائل فان مركز المحصلة يتجه نحو الاسفل وتزداد شدة الضغط كلما ازداد العمق .

2.2.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

نفرض ان السطح (AB) يميل بزاوية مقدارها (θ) مع المحور العمودي .

1 – في حالة سطح مغمور بالماء كلياً اى ان ($h_o < R_1 \cos\theta$) حيث (h_o) هو بعد مستوى الماء عن المحور ($\bar{0} - 0$) كما في الشكل (رقم–1)، (R_1) هو بعد نقطة (A) عن نقطة تقاطع امتداد (AB) مع مستوى منسوب معين. ان الضغط على اية نقطة على بعد (x) من (A) يكون:

$$P_x = \gamma \left[(R_1+x) \cos\theta - h_o \right] \quad \ldots\ldots (1)$$

ان تغير القوة على مساحة (dx B) في نفس النقطة تساوى :

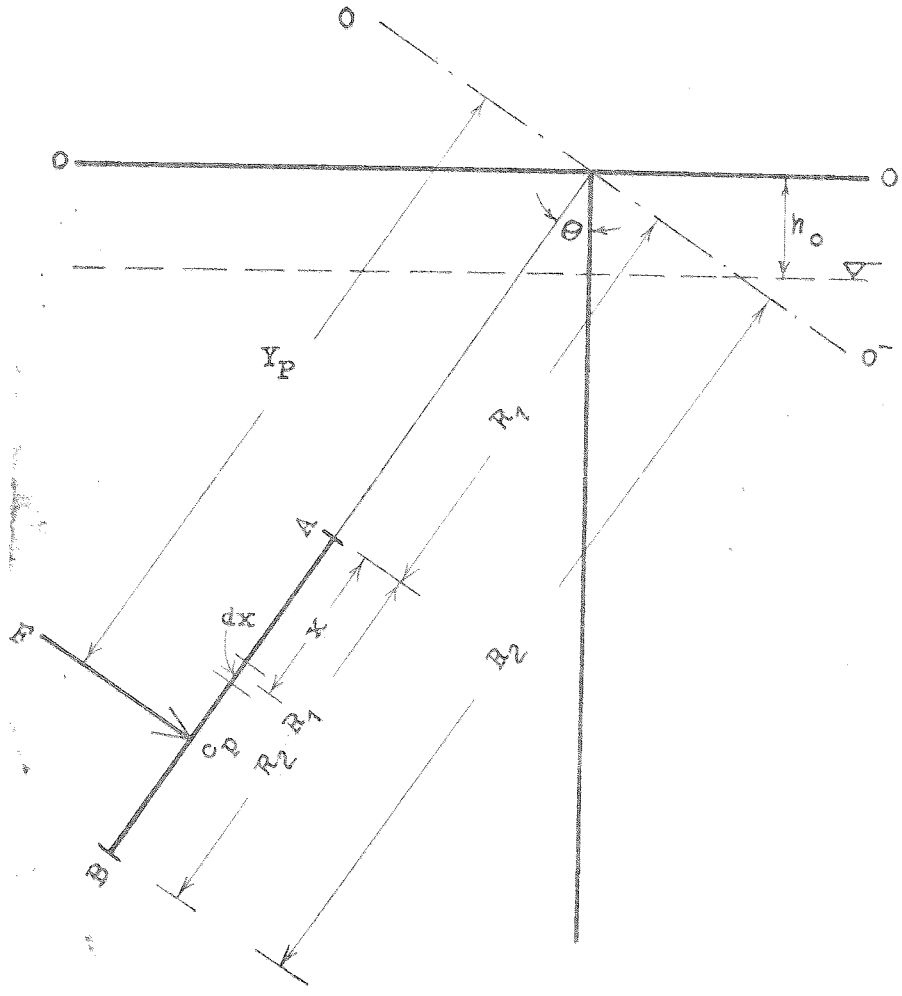
$$dF = \gamma B \left[(R_1+x) \cos\theta - h_o \right] \quad \ldots\ldots (2)$$

حيث تمثل (B) عرض السطح

وبذا تصبح القوة الكلية المسلطة على السطح (AB) تساوى

$$F = \int_0^{R_2-R_1} \gamma \left[B(R_1 + x) \cos\theta - h_o \right] dx \quad \ldots\ldots\ldots (3)$$

$$F = \frac{\gamma B \cos\theta}{2} (R_2^2 - R_1^2) - \gamma B h_o (R_2 - R_1) \quad \ldots\ldots (4)$$



شـــكل (رقم — ٦)

السـطح AB مغمور بالسائل

وبأخذ العزوم حول المحور $\bar{O}-O$

$$dM = dF_x \cdot (R_1 + x)$$

العزم الكلي

$$M = \int_o^{R_2 - R_1} dF_x (R_1 + x)$$

$$M = \int^{R_2 - R_1} \gamma ((R_1 + x)\cos\theta - h_o)\, dx \cdot B (R_1 + x)$$

$$M = \frac{\gamma B \cos\theta}{3} (R_2^3 - R_1^3) - \gamma \frac{B}{2} (R_2^2 - R_1^2) h_o \quad \ldots\ldots (5)$$

نفرض أن مركز العزوم يبعد مسافة مقدارها (y_p) عن المحور $O-\bar{O}$

$$y_p = \frac{M}{F}$$

2 ـ السطح مغمور جزئياً في الماء أي ان $(h_o > R_1 \cos\theta)$

وتمثل (h_o) بعد مستوى سطح الماء عن المحور $(O-O)$ كما في الشكل (رقم-2) فتكون

$$P_x = \gamma x \cos\theta$$

$$dF = \gamma Bx \cos\theta\, dx$$

$$F = \int_o^{R_2 - h_o \sec\theta} \gamma Bx \cos\theta\, dx$$

$$F = \frac{\gamma B \cos\theta\, R_2^2}{2} - \gamma B R_2 h + \frac{\gamma B h^2 \sec\theta}{2} \quad \ldots (6)$$

$$dM = (h_o \sec\theta + x)\, dF$$

$$= (\gamma B x \cos\theta\, dx)(h_o \sec\theta + x)$$

$$M_{o-o} = \gamma B \int_{o}^{R_2 - h_o \sec\theta} x \cos\theta\, (h_o \sec\theta + x)\, dx$$

$$M = \frac{\gamma B \cos\theta R_2^3}{3} - \frac{\gamma B R_2^2 h_o}{2} + \frac{\gamma B \sec^2\theta h_o^3}{6} \quad ...(7)$$

2.2.3 وصف الجهاز :

ان الجهاز المستعمل في التجربة عبارة عن مقطع اسطواني ومحور جوانبه ينطبق على الحافة الحادة التي يرتكز عليها الجهاز ويجري قياس العزم حولها .ان المقطع الاسطوانيمن الجهاز عبارة عن اسطوانتين الداخلية نصف قطرها(10)cm والخارجية نصف قطرها(20)cm ويكون عرض الجهاز (7.5)cm. ويثبت على الجهاز مقياس مقسم من (0° — 90°) وكل تقسيم (10°) والغرض من هذا المقياس تثبيت الجهاز بالنسبة للاحداثي العامودي. وهذا المقياس مقسم ايضاً أفقياً من (0)إلى(20)cm نحو الاسفل و(5)cm نحو الاعلى وكل تقسيم(2)mm. ويوجد ثقل متحرك لتنظيم وضع الجهاز.وبواسطة لولبين يمكن تثبيت المقطع الاسطواني بالوضع المراد ،ولمعادلة عزم الماء الموضوع في الجهاز توضع اثقال تعلق بالجهاز بواسطة ذراع التعليق كما يوجد صمام في أسفل الجهاز لتفريغه من السائل بعد انتهاء التجربة . شكل (رقم—3)

2.2.4 خطوات العمل

1 — قبل البدء بالتجربة يثبت الجهاز بصوره أفقية موزونة بواسطة ثلاث لوالب مثبتة في القاعدة.

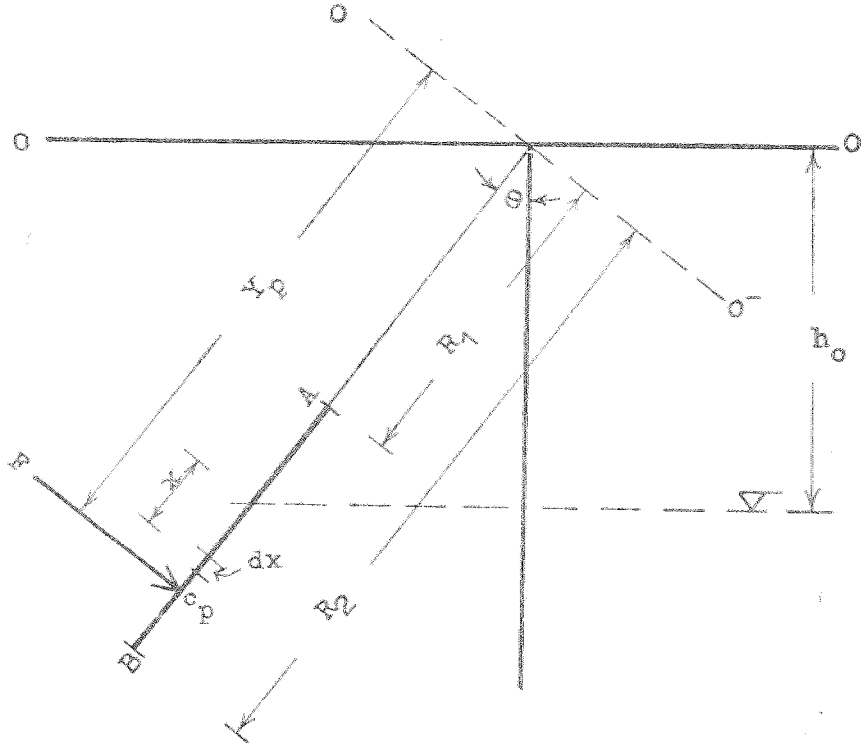
2 — يعلق حامل الاثقال بذراع الجهاز التي توضع بشكل أفقي بواسطة الثقل المتحرك عليها .

3 — يثبت المقطع الاسطواني بواسطة لولبين في أعلى الجهاز بحيث ينطبق مع الخط العمودي عندما تكون زاوية ميل السطح في هذه الحالة تساوي صفراً (أما في حالة اختيار زاوية أخرى فيجب أن ينطبق مع خط الزاوية المطلوبة) .

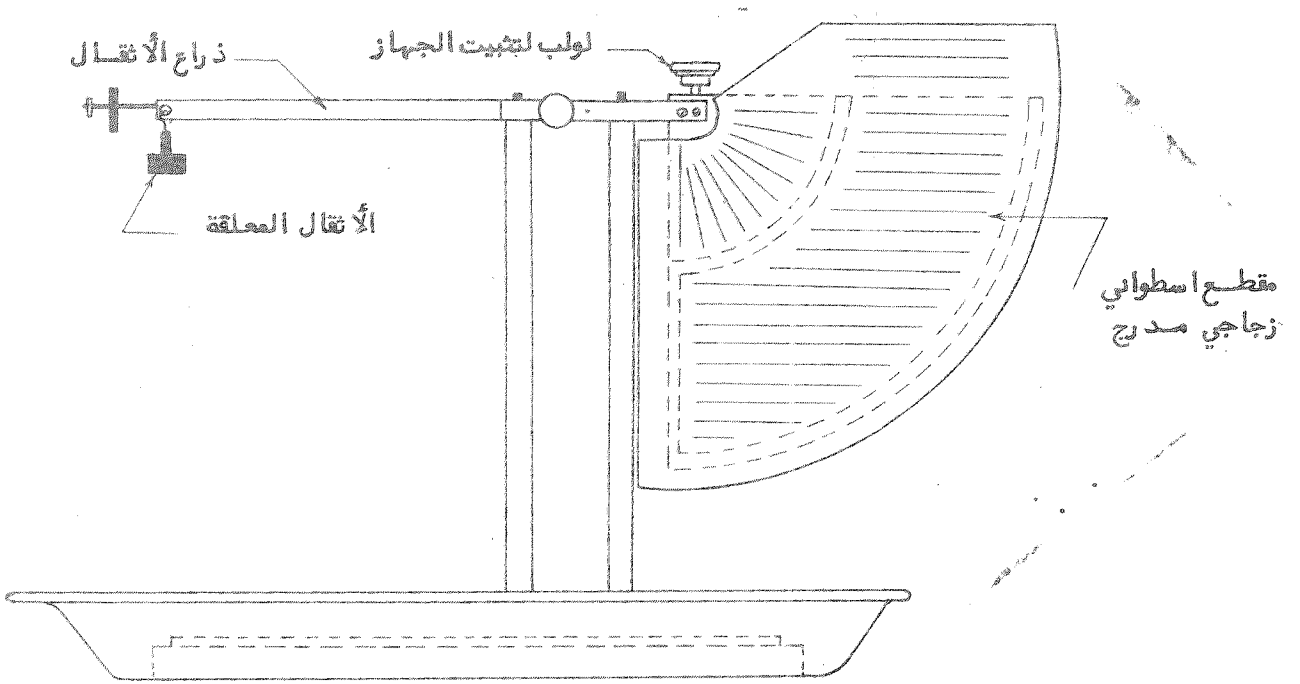
4 — يوضع ثقل معلوم على حامل الاثقال مما يغير وضع الجهاز حيث يتم اعادته إلى وضعه الاصلي باضافة السائل تدريجياً .

5 — يغير الثقل الموضوع بزيادته بصورة تدريجية وفي كل مرة يسجل ارتفاع السائل في الجهاز .

6 — تؤخذ مابين (12) إلى (16) قراءة ويلاحظ أن نصف هذه القراءات تمثل حالة السطح وهو مغمور جزئياً بينما يمثل الباقي حالة السطح وهو مغمور كلياً .



شكل (رقم 2)
السطح AB مغمور بالسائل



شكل (رقم – 3)

الجهـــاز المستعمل في التجربـــــة

2.2.5 الحسابات والنتائج

1– تحسب القوة وكذلك يحسب العزم (الحقيقي والنظري) المسلط على السطح في حالة كونه مغمورا جزئياً أو كلياً في السائل . (المعادلات 7, 6,5,4)

2– يحسب ذراع القوة (yp) الحقيقي والنظري من العلاقات السابقة .

3– ترسم المنحنيات التالية :

الاثقال (على حامل الثقل) مع بعد السائل (h_o) (لكلا الحالتين) .

العزم الحقيقي والنظري مع بعد السائل (h_o) .

العزم الحقيقي مع النظري .

مركز الضغط عن السطح (yp) النظري مع مركز الضغط (yp) الحقيقي .

2.2.6 اسئلة المناقشة

1– ما التطبيقات العملية لهذه التجربة ؟

2– في حالة السطح المائل يقع مركز الضغط تحت مركز الثقل ، لماذا ؟

3– هل يتغير موقع مركز الضغط عند استبدال السائل المستخدم في التجربة بسائل آخر ولماذا ؟

2.2.7 جدول القراءات والنتائج

المسلسل	الوزن الحامل W N	h_o cm	العزم الانحنائي M=W.X N.cm	العزم الخطي N.cm	القوة الكلية F N	ذراع القوة المحتمي y_p cm	ذراع القوة المضلي y_p cm
في حالة سطح مغمور بالماء جزئياً							
1							
2							
3							
.							
.							
n							
في حالة سطح مغمور بالماء كلياً							
1							
2							
3							
.							
.							
n							

2.3 ايجاد القوة التي يسلطها بثق ماء على لوح معدني

2.3.1 مقدمة : ـــ

من الممكن الحصول على شغل ميكانيكي بواسطة سائل تحت ضغط مسلط عليه حيث يستعمل الضغط لزيادة سرعة السائل الذي ينبثق على شكل بثق (jet) يرتطم بمروحة مثبتة على عجلة العنفة (Turbine) والتي تأخذ بالدوران بفعل القوة المتجمعة على المروحة والناتجة من انتقال الزخم حين يرتطم البثق بالمروحة .

ان العنفة التي تعمل بالماء تعتمد على هذه الطريقة والتي يمكن بواسطتها الحصول على قدرة مقدارها (100,000) قدرة حصانية وبكفاءة تزيد على (90%) .

في هذه التجربة يجري قياس القوة المتولدة على اللوحة المسطحة او النصف كروية نتيجة ارتطام بثق الماء بها .

2.3.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

نفرض وجود مروحة متماثلة حول المحور x - x كما في الشكل(رقم—1). يسلط على المروحة بثق من ماء مقداره (W_s)N/sec في اتجاه المحور x - x وبسرعة مقدارها (V_1)m/sec حيث يرتطم بالمروحة وينحرف بزاوية مقدارها (β) وبسرعة تساوي (V_2) m/sec (يهمل التغير الحاصل في الضغط حين يرتطم البثق بالمروحة ويتركها) .

ان كمية الزخم التي تصاحب بثق الماء حين دخوله الجهاز تساوي

$W_s V_1$ m.N/sec2

في إتجاه المحور x - x .

اما كمية العزم التي تصاحب بثق الماء عند خروجه من الجهاز فتساوي

$W_s V_2 \cos \beta$ m.Nisec2

في اتجاه المحور x - x .

اذن القوة المسلطة على البثق تساوي التغير الحاصل في الزخم في اتجاه المحور x–x

$$\frac{W_s}{g}(V_2 \cos\beta - V_1) \quad N$$

أي أن القوة التي يسلطها البثق على مروحة تساوي القوة اعلاه في القيمة وتعاكسها في الإتجاه

$$F = \frac{W_s}{g}(V_1 - V_2 \cos\beta) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

في حالة استعمال مروحة بشكل لوحة مسطحة فان قيمة $(\cos\beta=0)\ \beta=90^0$

$$F=\frac{W_S V_1}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

وفي حالة استعمال مروحة بشكل نصف كرة فان قيمة $(\cos\beta=1),\ 180^0=\beta$

$$F=\frac{W_S}{g}(V_1+V_2) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

وعلى فرض عدم احتساب التغير في الضغط والتغير في الارتفاع (أي بفرض عدم وجود ضياع في الطاقة) فان اعلى قيمة ممكن ان تصلها (V_2) هي مساوية ا (V_1) فتكون اكبر قوة ممكن الحصول عليها على المروحة النصف كروية تساوي

$$F\max =2\frac{W_S V_1}{g} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

أي ضعف القوة الممكن الحصول عليها باستعمال لوحة مسطحة.

2.3.3 الجهاز المستعمل في التجربة

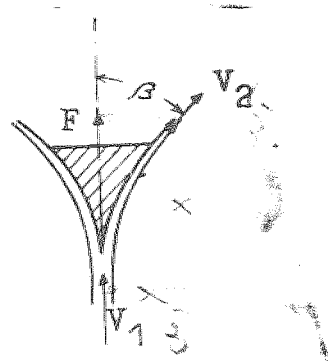
في الشكل (رقم –2) يلاحظ الطريقة التي يربط بها انبوب التجهيز بانبوب عمودي يتصل بخرطوم يقوم بتسليط بثق من الماء يرتطم بمروحة على شكل لوحة معدنية مسطحة او نصف كروية وتحيط بالخرطوم والمروحة اسطوانة بلاستيكية في قاعدتها فتحة عن طريقها ينتقل الماء الى حوض القياس وكذلك تتصل بقاعدة الخرطوم لوالب يمكن بواسطتها توجيه الخرطوم بحيث أن بثق الماء يضرب المروحة في مركزها .

وتثبت المروحة على ذراع يتحرك عليه افقياً ثقل معلوم ويسيطر على الذراع بواسطة زنبرك يتصل من اعلاه بصامولة يمكن بواسطتها تثبيت وضع الذراع افقياً حيث يكون الذراع بوضع متوازن حين يكون الثقل الموضوع عليه في نقطة الصفر ، كما يربط بالذراع قطعة حديدية صغيرة تتدلى منه عمودياً تساعد في ضبط وضع الذراع ايضاً .

من الواضح أن أي قوة يسلطها بثق الماء على المروحة يمكن معادلتها عن طريق تحريك الثقل على الذراع الى أن يعود الى وضعه الافقي الموزون .

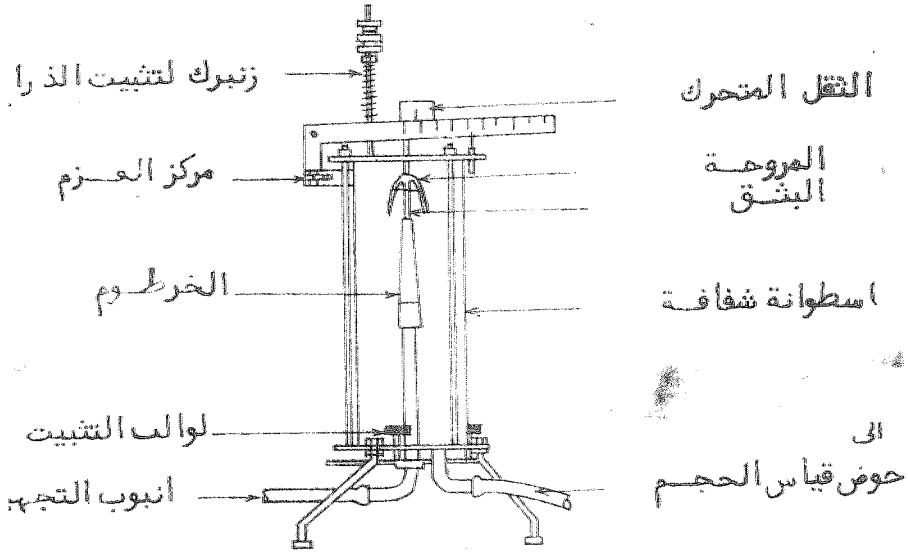
2.3.4 خطوات العمل

1 – يثبت الجهاز بصورة افقية ويوضع الذراع افقياً . ثم يسمح للماء بالدخول الى الجهاز عن طريق صمام التجهيز ويضبط بثق الماء بحيث يضرب اللوحة في نقطة المركز



شكل (رقم – 1)

ارتطام بثق بمروحـــــة معدنيـــــة



شكل (رقم – 2)

الجهاز المســـــتعمل في التجربة

بواسطة اللوالب المثبتة في قاعدة الاسطوانة البلاستيكية . ويجري ذلك بتحريك كل لولبين متقاربين في وقت واحد .

2 – يحرك الثقل على الذراع مسافة معينة ولتكن cm (1) فينحرف الذراع قليلا عن وضعه الافقي ويعاد الى وضعه الاصلي بواسطة بثق الماء الذي يسلط على اللوحة ويتحكم بكميته بواسطة صمام التجهيز حتى يعود الذراع الى وضعه الافقي ثم يقاس التصريف بواسطة حوض القياس .

3 – يغير الثقل بتحريكه مسافة معينة وتعاد العملية في الخطوة (2) مابين(8 الى 10)مرات بحيث تعطي هذه القراءات اقصى قوة يمكن الحصول عليها من بثق الماء .

4 – يعاد العمل بالخطوتين (2 و 3) وذلك بعد رفع اللوحة المسطحة ووضع اللوحة النصف كروية .

2.3.5 الحسابات والنتائج

1 – تسجل قيم مايأتي من الجهاز :

قطر الخرطوم D : m

المسافة بين مركز المروحة ومحور الذراع : X : m

وزن الثقل التحرك W_t : N

المسافة بين نهاية الخرطوم والمروحة S : m

ان العزم الناتج من القوة (F) التي يسلطها بثق الماء على المروحة يساوي العزم الناتج من حركة الثقل على الذراع فيكون .

$$F.X = W_t . y$$

حيث :

y = المسافة التي يقطعها الثقل المتحرك على الذراع من نقطة الصفر .

$$F = \frac{W_t . y}{X} \quad \ldots\ldots (5)$$

ويلاحظ أن جميع المعاملات في الجهة اليمنى من المعادلة يمكن ايجاد قيمتها بالقياس أومن خلال التجربة وبذلك تحسب قيمة (F) بالنيوتن (N) .

2 – يحسب التصريف

$$Q = \frac{Vol.}{t} \quad \ldots\ldots (6)$$

حيث

Q .. تمثل التصريف m^3/sec

Vol. .. الحجم m^3

t .. الزمن sec

وهذا يعادل تصريف مقداره

$$W_s = \gamma Q \quad N/sec$$

حيث γ ..... كثافة السائل N/m^3

3 – تحسب سرعة الجريان في نهاية خرطوم البثق : –

$$V_0 = \frac{Q}{a} \quad \ldots\ldots (7)$$

حيث

V_0 .. سرعة الجريان في نهاية خرطوم البثق m/sec

a .. مساحة مقطع الخرطوم m^2

ان سرعة البثق حين يضرب المروحة (V_1) اقل من سرعته في نهاية الخرطوم للتأخير الحاصل بسبب الجاذبية .ويمكن حساب (V_1) كما يلي : –

$$V_1^2 = V_0^2 - 2gS$$
$$= V_0^2 - 2 \times 9.81 \times S$$
$$= V^2 - 19.62S \quad \ldots\ldots\ldots (8)$$

4– تحسب بعد ذلك القوة التي يسلطها بثق الماء على المروحة المسطحة والنصف كروية باستعمال المعادلة (2) .

5 – ترسم العلاقة بين القوة الناتجة من البثق والتي حسبت من المعادلة (5) مع القوة التي

يسلطهـا البثق والتي حسبت مـن المعادلـة (2) على مقياس بياني اعتيادي ومـن المنحني تحسب قيم $(C_2 ، C_1)$ حيث

$$F = C_1 \frac{W_s V_1}{g}$$

$$F = C_2 \frac{W_s V_1}{g}$$

حيث

$(C_2 ، C_1)$ تمثل انحدار المستقيم للمنحني المرسوم ؟

2.3.6 أسئلة للمناقشة : —

1 — ماالتطبيقات العملية لهذه التجربة ؟

2 — اي نوع من أنواع اللوحات تستعمل عملياً ،ولماذا ؟

3 — هل القيم التي تم الحصول عليها للثوابت $(C_1$ و$C_2)$ خلال التجربة معقولة؟ وماالقيم المتوقعة ؟

4 — على فرض أن سرعة البثق غير متماثلة فكيف يتغير عزم البثق إذا كان البثق الذي مساحة مقطعه تساوي (a) وله سرعة مقدارها $(O.5V_1)$ في نصف مقطعه وسرعة مقدارها $(1.5\ _1)$ في النصف الثاني كيف تثبت أن مقدار القوة الناتجة من هذا البثق تساوي $1.25\frac{W_s V_1}{2}$

2.3.7 جدول القراءات والنتائج

التسلسل	A_{cm}	A_{cm^2}	T_{sec}	α	y m	W_s N/sec	V_0 m/sec	V_1 m/sec	$\frac{W_s V_1}{g}$ N	F N	الملاحظات
الوحدة السطحية											
مقاييس الجهد 1											
2											
3											
.											
.											
n											
الوحدة النصف كروية											
1											
2											
3											
.											
.											
n											

C_1 = من المنحنى

C_2 =

2.4 اثبات معادلة برنولي

2.4.1 مقدمة :

ان الطاقة هي القدرة على انجاز شغل ما ، ويمكن للطاقة ان تتخذ عدة اشكال حيث تتغير من شكل إلى آخر وبالنسبة للمائعات فان اشكال الطاقة المهمة هي طاقة كامنة (Kinematic energy) وحركية (Kinetic energy)وضغط .(Pressure energy).

في سنة 1738 توصل دانيال برنولي (Daniel Bernoulli) إلى نظرية تنص على انه في حالة وجود سائل ذو جريان ثابت (غير معرض للاحتكاك وبدون لزوجة) فان مجموع الشحنة الناتجة من الضغط $\left(\frac{P}{\gamma}\right)$ والشحنة الناتجة من الارتفاع (Z) والشحنة الناتجة من السرعة $\left(\frac{V^2}{2g}\right)$ يبقى ثابتاً في اي مقطع من هذا السائل على فرض انه لا توجد اية اضافة للطاقة من مصدر خارجي او فقدان لهذه الطاقة .

ان هذه النظرية والتي سميت بمعادلة برنولي (Bernoulli's Equation) تطبق اليوم في معظم الحالات الهيدروليكية مثل تحديد التصريف من مقياس فنتشوري (Venturimeter) ومقياس الفتحة الحادة (Orifice Meter) وكذلك الجريان خلال بوابة الكسح (Sluice gate) والبثق(jet) وايضا حركة الدردور المائي (Vortices) .

2.4.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

في حالة جريان سائل ما غير معرض إلى ضغط خارجي ولا يتوقع زيادة في درجة حرارته فان هذا السائل يمكن ان يملك جميع انواع الطاقة وتصبح الطاقة الكلية مساوية لمجموع جميع انواع الطاقة التي سبق ذكرها انفا ، وحسب معادلة برنولي فان قيمة الطاقة الكلية تبقى ثابتة ان لم يكن هناك ضياع او فقدان في الطاقة . واذا حسبنا قيم الطاقة مقسومة على وحدة الوزن فان وحدات ناتج القسمة ستكون وحدة طول .

وبذلك يمكن التعبير عن الطاقة الكلية كالاتي :—

$$V^2/2g + P/\gamma + Z = H = \text{const} \quad . \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث

Z .... ارتفاع السائل عن منسوب معين .	m
P .... شدة الضغط	N/m^2
γ .... كثافة السائل	N/m^3
V ....معدل سرعة جريان السائل	m/sec
g .... التعجيل الارضي	m/sec^2
H .... الشحنة الكلية للسائل	m

واذا افترضنا المقطعين (1-1) و (2-2) على مجرى مثالي للسائل فان معادلة برنولي تكون كالآتي :-

$$V_1^2/2g + P_1/\gamma + Z_1 = V_2^2/2g + P_2/\gamma + Z_2 = H \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

وعمليا فان هناك بعض الضياع في الطاقة بسبب لزوجة السائل والاحتكاك اثناء الجريان من مقطع (1-1) إلى مقطع (2-2) ويمكن الرمز لهذا الضياع بـ (h_{1-2}) حيث تصبح المعادلة

$$V_1^2/2g + P_1/\gamma + Z_1 = V_2^2/2g + P_2/\gamma + Z_2 + h_{1-2} \qquad \ldots\ldots\ldots (3)$$

ومع ذلك فان قيمة (h_{1-2}) تكون صغيرة جدا في بعض الحالات اذا كان الجريان بسرعة كبيرة نسبياً وكذلك عندما يكون المقطع (1-1) قريباً بعض الشيء من مقطع (2-2) بحيث يمكن اهمال h_{1-2}

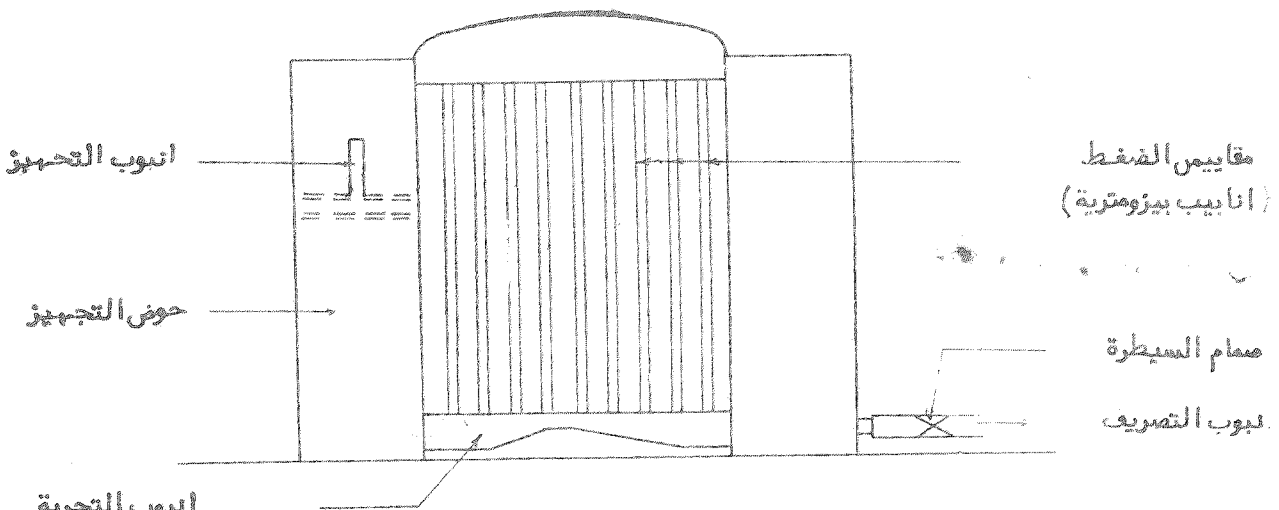
2.4.3 الجهاز المستعمل في التجربة

الشكل (رقم -1) يوضح الجهاز المستعمل في التجربة والمصنوع من البلاستيك الشفاف . وهو يتكون من انبوبة بلاستيكية ذات مقاطع مختلفة المساحة يدخل الماء اليها من حوض التجهيز خلال انبوب صغير فيه صمام للسيطرة وتخرج المياه منه إلى انبوبة أخرى تؤدي إلى جهاز قياس التصريف .

في نقاط متعددة على طول الانبوبة ثبتت مقاييس الضغط (انابيب بيزومترية) مزودة بلوحة مدرجة بالسنتمترات واجزاء السنتمتر .

وفي بعض الاجهزة تتصل جميع مقاييس الضغط في نهايتها العليا بانبوبة ناشرة عن طريقها يمكن التخلص من فقاعات الهواء المتواجدة فيها بواسطة صمام في نهاية الانبوبة الناشرة .

ان كل هذه الاجزاء متصلة بقاعدة واحدة مثبتة بواسطة لوالب يمكن عن طريقها تنظيم وضع الانبوب أفقياً .



شكل (رقم ـ ٦)

شكل يوضح الجهاز المستعمل وتوزيع مقاييس الضغط على انبوب التجربة

2.4.4 خطوات العمل

1- يضبط وضع الانبوب أفقياً ويجري التخلص من فقاعات الهواء المحتمل وجودها في مقاييس الضغط عن طريق فتح صمام التجهيز وصمام السيطرة والسماح للماء بالمرور لبضع ثوان ثم يقفل صمام السيطره فيبدأ الماء بالارتفاع تدريجياً خلال مقاييس الضغط طارداً الهواء منها، ويجب ملاحظة انه عندما يسد صمام التجهيز يجب أن يكون ارتفاع الماء في جميع المقاييس متساوياً .

2- يفتح صمام التجهيز ثانية وكذلك صمام السيطرة باعلى تصريف ممكن ويقاس هذا التصريف بواسطة ساعة توقيت واسطوانة مدرجة .

3- يغير التصريف تدريجياً ما بين ثلاث أو أربع مرات وفي كل مرة يقاس التصريف وارتفاع الماء في مقاييس الضغط .

2.4.5 الحسابات والنتائج

1- يحسب التصريف وذلك بقسمة الحجم على الزمن

$$Q = \frac{Vol.}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث Q .... التصريف m^3/sec

Vol. ..... حجم الماء في الاسطوانة المدرجة m^3

t ..... الزمن Sec

2- تسجل مساحة مقاطع اتصال مقاييس الضغط بالانبوب وكذلك المسافة الافقية بين كل منها

3- تحسب شحنة السرعة $(V^2/2g)$ بعد ايجاد قيمة (V) من العلاقة

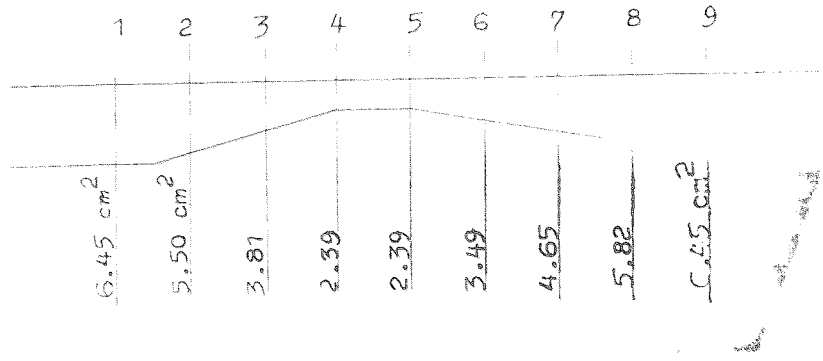
$$V = \frac{Q}{a} \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

حيث a ..... مساحة مقطع الانبوب

4- ترسم العلاقة بين $(\frac{P}{\gamma} + Z)$ مع المسافة الافقية بين فتحات مقاييس الضغط . ويجب ملاحظة أن قيمة (Z) ثابتة .

5- ترسم العلاقة بين شحنة السرعة $\frac{V^2}{2g}$ مع المسافة الافقية بين فتحات مقاييس الضغط على ورق بياني اعتيادي .

المسافة بين انابيب مقاييس الضغط — 2.54 cm من المركز الى المركز



شكل (رقم — 2)

شكل يوضح مساحة مقطع الانبوب تحت كل مقياس

3 — ترسم العلاقة بين الشحنة الكلية $\left(\frac{V^2}{2g}+\frac{P}{\gamma}+Z\right)$ مع المسافة الافقية بين فتحات مقاييس الضغط على ورق بياني اعتيادي .

2.4.6 اسئلة للمناقشة

1— مامقدار الضياع في الشحنة بين المقطع (1) والمقطع (5) ؟ في الشكل (رقم — 2)

2— إذا كانت السرعة غير منتظمة في الانبوبة البلاستيكية ، فما هو تأثير ذلك على معادلة برنولي ؟

3— مامعامل تصحيح الطاقة ؟ وماقيمته اذا كانت السرعة غير منتظمة في انبوب ما ؟ و كانت تتغير حسب العلاقة التالية :

$$V=V_{max.}\left(\frac{R-r}{R}\right)^{1/7}$$

حيث R ..... نصف قطر الانبوب

V ..... السرعة على مسافة تبعد (r) عن مركز الانبوب . m/sec

2.4.7 جدول القراءات والنتائج

رقم مقياس الضغط	1	2	3				n
مساحه مقطع الانبوب تحت مقياس الضغط							
التسلسل	شحنه مقياس الضغط (ضغط البزومتر) $m\ (\frac{P}{\gamma}+Z)$						
1							
2							
3							
4							
التسلسل	شحنة السرعة $(\frac{V^2}{2g})$						m
1							
2							
3							
4							
التسلسل	الشحنه الكليه $(\frac{V^2}{2g}+\frac{P}{\gamma}+Z)$						m
1							
2							
3							
4							

2.5 دراسة الجريان خلال فتحة حادة

2.5.1 مقدمة :-

اثناء جريان السائل من خلال تخصر كفتحة حادة او سد غاطس مثلا فان كمية التصريف تكون في الحقيقة اقل من الكمية المتوقعة نظرياً وعلى فرض عدم وجود فقدان في الطاقة وان الجريان خلال التخصر يكون متماثلا ومتوازيا .

ان هذا الضياع او النقصان في التصريف يعود بالطبع إلى التخصر الحاصل في المجرى والذي يستمر تأثيره إلى مسافة اخرى في مؤخرة الفتحة الحادة مسبباً فقدانا في الطاقة . ان الغرض من اجراء هذه التجربة هو قياس مقدار التخصر الحاصل في مساحة مقطع السائل اثناء مروره من خلال الفتحة وكذلك رسم العلاقة بين التصريف وارتفاع الماء عن منتصفها .

2.5.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

في الشكل (رقم — 1) يلاحظ طبيعة الجريان خلال فتحة حادة وعلى فرض ان الحوض كبير نسبياً فان سرعة الجريان داخله يمكن اهمالها عدا تلك القريبة من الفتحة .

بوجود الفتحة الحادة يتعرض الجريان إلى تخصر بسبب انحناء خطوط الانسياب. ان هذا التخصر يمكن ان يستمر إلى مسافة مقدارها نصف قطر الفتحة الحادة ابتداء من مستوى الفتحة الحادة وباتجاه المؤخر ، ان هذا المقطع المتخصر من البثق يسمى بالمقطع الاقلص . ان الضغط في نقاط مختلفة على سطح البثق يعادل الضغط الجوي ولكن خلال البثق لايمكن الوصول الى الضغط الجوي الا بعد تكون المقطع الاقلص .

بتطبيق معادلة برنولي (Bernoulli's equation) بين النقطة (1) والنقطة (2) •

$$P_1/\gamma + Z_1 + V_1^2/2g = P_2/\gamma + Z_2 + \frac{V^2_{th}}{2g}$$

$$O + h + O = O + O + \frac{V^2_{th}}{2g}$$

$$V_{th} = \sqrt{2gh} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث تمثل (V_{th}) السرعة النظرية عند النقطة (2)، ويلاحظ ان فقدان الشحنة في النقطة (1) والنقطة (2) يساوي صفراً على فرض انه لايوجد فقدان في الطاقة من خلال مرور الماء من الفتحة الحادة .

بسبب ذلك فان السرعة الحقيقية (V_a) في مستوى المقطع الاقلص اقل من (V_{th})، ويمكن حسابها بقياس احداثيات البثق . ومن الشكل (رقم -1) اذا كانت (t) تمثل الزمن المطلوب للبثق للوصول الى النقطة (3) ، فان .

$$X = V_a t \qquad \ldots\ldots(2)$$

$$y = \frac{1}{2g} t^2 \qquad \ldots\ldots(3)$$

ومن المعادلتين السابقتين يمكن الحصول على :

$$V_a = X (g/2y)^{1/2} \qquad \ldots\ldots(4)$$

ان النسبة بين السرعة الحقيقية والسرعة النظرية تسمى معامل السرعة (C_v) ويمكن ايجاد قيمته من المعادلتين (1) و (4) حيث

$$C_v = \frac{X}{(4yh)^{1/2}} \qquad \ldots\ldots(5)$$

وبنفس الطريقة يمكن ايجاد معامل التحضر (C_c) الذي يمثل النسبة بين مساحة مقطع البثق في المقطع الاقلص (a_c) ومساحة مقطع الفتحة الحادة (a_o) او

$$C_c = \frac{a_c}{a_o} \qquad \ldots\ldots(6)$$

ان معامل التصريف (C_d) يمثل النسبة بين التصريف الحقيقي الى التصريف النظري الناتج من جريان البثق بسرعة نظرية وبدون تحضر بالمقطع وبما أن

$$Q_a = \frac{Vol.}{t} \qquad \text{.....(7)}$$

$$Q_{th.} = V_{th} \cdot a_o = (2gh)^{\frac{1}{2}} a_o \qquad \text{.....(8)}$$

وأن

$$C_d = \frac{Q_a}{Q_{th}} = \frac{V_a}{V_{th_o}} \cdot \frac{a_c}{a_o} \qquad \text{.....(9)}$$

وبتعويض المعادلة رقم (5) ورقم (6) في المعادلة الاخيرة

$$C_d = C_v \quad C_c \qquad \text{.....(10)}$$

2.5.3 الجهاز المستعمل في التجربة

يتكون الجزء الرئيسي من الجهاز من حوض للماء يتصل بانبوب التجهيز الرئيسي للمختبر او بخزان التجهيز وينظم جريان الماء الى الحوض بواسطة كابح ويثبت بالحوض انبوب الطفح الذي يتم عن طريق التخلص من الماء الزائد ، بينما يجري تفريغ الحوض من الماء بواسطة انبوب التفريغ الذي يتصل بقعر الحوض .

تثبت لوحة الفتحة الحادة بجدار الحوض وبمستوى عمودي واحد .

يتصل بالحوض من الخارج انبوبة زجاجية عمودية لقياس ارتفاع الماء عن الفتحة الحادة وكذلك يثبت بالحوض من الخارج حامل افقي مجهز بمقياس عمودي يتحرك افقياً على الحامل المدرج بحيث يمكن قياس احداثيات بثق الماء الخارج من الفتحة الحادة .

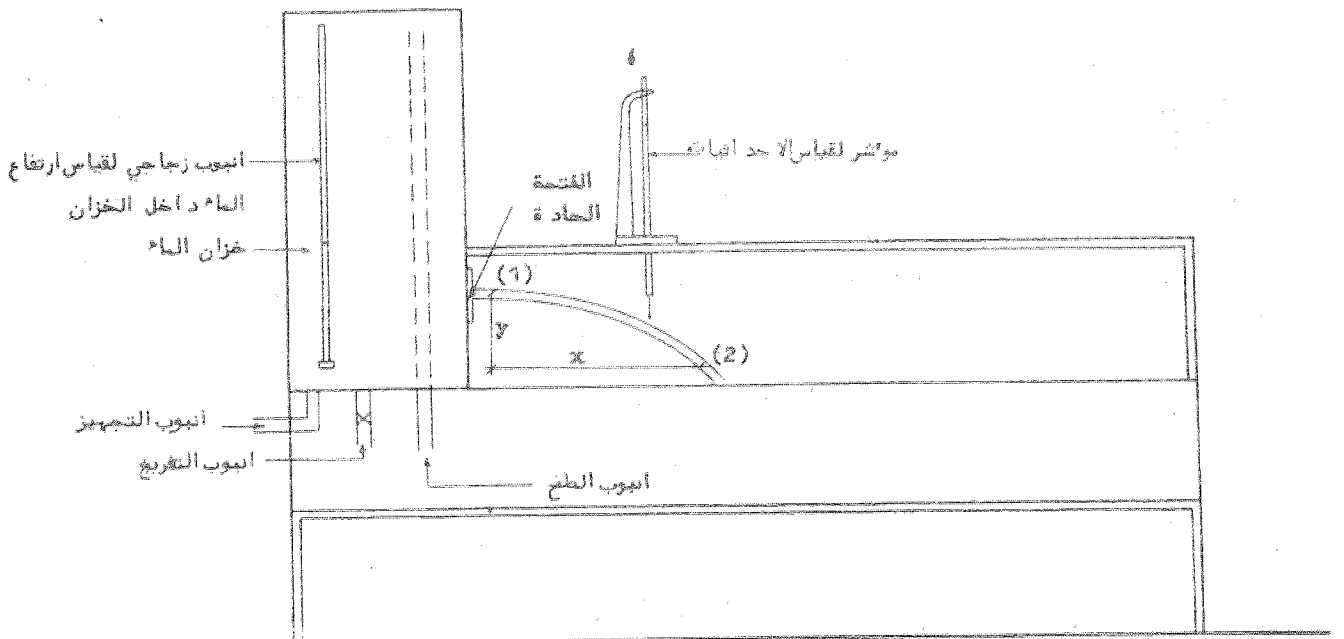
ان الماء الذي ينبثق من الفتحة الحادة يعاد إلى الخزان الرئيسي للمختبر بعد مروره خلال قناة الجهاز إلى الحوض الاسفل ثم إلى قنوات المختبر او يعاد مباشرة إلى الجهاز اذا كان الجهاز ذاتي التجهيز بالماء .

2.5.4 خطوات العمل

القسم الأول :

لايجاد معاملات السرعة والتحصر والتصريف وكذلك قياس المقطع الاقلص .

1- يسمح للماء بالدخول إلى الحوض حتى يمتلىء ويبدأ الماء الزائد بالطفح ويجرى بعد ذلك تنظيم صمام التجهيز للحصول على اقل طفح ممكن وذلك للتأكد من ان مستوى الماء في الحوض ثابت وغير مضطرب .



شكل (رقم – 1)

الجهاز المستعمل في التجربة

يتكون من خزان يوجد في احد جوانبه فتحة حادة ومجهز بمقياس لقياس
الاحداثيات الافقية والعامودية لمنحنى الماء الناتج من وضع الفتحة الحادة

2 ــ تقاس احداثيات البقع على مسافة مناسبة من الفتحة الحادة ويلاحظ ان منسوب الفتحة الحادة يجب ان يثبت على المقياس العمودي قبل البدء بالقياس .

3 ــ يقاس التصريف بواسطة اسطوانة مدرجة وساعة توقيت وكذلك تقاس الشحنة على الفتحة الحادة (ارتفاع عمود الماء من منتصف الفتحة الحادة إلى مستوى سطح الماء العلوى).

4 ــ تقاس مساحة المقطع الاقلص بواسطة الورنية .

القسم الثاني :

يجري التعرف على تغير التصريف (Q) بتغير الشحنة (h) .
ينظم صمام التجهيز بحيث يقل التصريف تدريجياً خلال الفتحة الحادة بكميات مناسبة ثم يقاس التصريف وتسجل الشحنة ايضا .

وتعاد العملية ما بين (6-8) مرات ويلاحظ بان مستوى الماء داخل الحوض يجب ان يكون ثابتاً وغير متذبذب اثناء القياس ويتم ذلك بفسح فترة مناسبة من الزمن للماء بعد كل تغير لصمام التجهيز حتى نصل الى الجريان الثابت .

2.5.5 الحسابات والنتائج

قطر الفتحة الحادة	m	d_o
مساحة الفتحة الحادة	m2	d_o
مساحة المقطع الاقلص	m2	d_c
قطر المقطع الاقلص	m	d_c

للقسم الاول من التجربة تحسب القيم التالية : ــ

1 ــ قيمة (C_v) من المعادلة رقم (5)

2 ــ التصريف الحقيقي .

$$Q_{act} = \frac{Vol.}{t}$$

3 ــ التصريف النظري من المعادلة رقم (8)

4 ــ قيمة معامل التصريف (C_d) من المعادلة رقم (9)

5 ــ قيمة معامل التخصر (C_c) من المعادلة

$$C_c = \frac{Cd}{Cv}$$

6 — مساحة مقطع الانفلص (a_c)

$$a_c = C_c.a_o$$

للقسم الثاني من التجربة

يجرى حساب قيمة (Q_{th}) من المعادلة رقم (8) وكذلك قيمة (Q_{act}) ثم تحسب قيمة (C_d) لكل قراءة وبحسب معدل هذه القراءات .

ترسم العلاقة بين (Q_{act}) و(h) على ورق بياني اعتيادي وعلى ورق لوغاريتمي ونجد قيمة (n,k) من المعادلة $Q = kh^n$

2.5.6 اسئلة المناقشة :

1 — هل تتطبق قيم (C_v) ، (C_c) ، (C_d) التي وجدتها من التجربة مع القيم النظرية ؟

2 — هل قيمة (C_d) التي تم ايجادها في القسم الاول من التجربة تتطبق مع قيمة (C_d) التي وجدت من المنحني ؟

3 — اذا كان التصريف خلال خزان مساحة مقطعة m^2 (6) يساوي m^3/sec (6) هل يمكن اهمال السرعة على طح الخزان وما هو مقدار الضياع في الشحنة بسبب هذه السرعة ؟

4 — ما قيمة معامل التقلص (C_c) للوحة حادة قطرها cm (10) اذا كان قطر النفث الناتج منها يساوي cm(8) ؟ .

2.5.7 جدول القراءات والنتائج

2.5.7.1 ايجاد مساحه المقطع الاقصى تحت سمنه ثابته

h m	y m	X m	الزمن sec	الحجم m
C_v	Q_{the} m^3/sec	Q_{act} m^3/sec	V_{th} m/soc	V_{act} m/sec
d_c من القياس m	d_c m	a_c m^2	C_c	C_d

2.5.7 جدول القراءات و النتائج

2.5.7.2 قياسات التصريف وانتفاع الماء في الخزان

الرقم	الحجم m^3	الزمن sec	h m	Q_{act} m^3/sec	Q_{the} m^3/sec	C_d	C_d المعدل من القراءات	C_d المعدل من المنحنى	الملاحظات
1									
2									d_o =
3									n =
.									K =
.									
.									
n									

2.6–ايجاد رقم رينولدز في الانابيب

2.6.1 مقدمة :–

يمكن تصنيف جريان اي سائل ما الى صنفين ، جريان صفحائي ويكون فيه جريان السائل بشكل طبقات متراصة تنزلج كل طبقة منها على الطبقة المجاورة بهدوء وبدون اي تغيير في العزم حيث ان قوة التلاصق بين الجزيئات تقاوم اي ظاهرة لتعكير توازنها ، والصنف الثاني من الجريان هو الجريان المضطرب والذي تكون فيه حركة الجزيئات مضطربة ومشوشة بنتيجة تصادمها مع بعضها .

ان تغير الجريـان من الصفحائي الى المضطرب لايتم بصورة مفاجئة وانما تدريجياً حيث تدعى هذه المرحلة بالانتقالية .

ان طبيعة الجريان، سواء كان صفحائياً ام مضطرباً يمكن التعبير عنه بواسطة رقم رينولدز والذي يمثل النسبة بين قوى القصور الذاتي ولزوجة السائل .

2.6.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

في سنة 1883 برهن اوزبورن رينولدز (Osborn Reynolds) وبالتجربة حالات جريان في الانابيب ووجد ان النسبة بين قوة القصور الذاتي الى قوة مقاومة اللزوجة على جزيبات اي سائل ما يمكن استعمالها لتصنيف حالات الجريان ، حيث

$$\frac{\text{Inertia force}}{\text{Viscous force}} = \frac{\rho V^2 L^2}{\mu V L} = \frac{\rho V L}{\mu}$$

وبعـد تبسيط هذه النسبة حصل على علاقة سميت فيما بعد برقم رينولدز (R_e) (Reynolds Number)

$$R_e = V D/\nu \qquad \text{.....(1)}$$

حيث V سرعة الجريان m/Sec

D قطر الانبوب m

ν اللزوجة الكينماتية m^2/Sec

وباستعمال هذه العلاقة تمكن رينولدز من حصر حالات الجريان في الانابيب بصورة عامة كالاتي : –

1- الجريان صفحائي أذا كان رقم رينولدز اقل من 2000

2- الجريان المضطرب اذا كان رقم رينولدز اكبر من 4000

3- الجريان انتقالي اذا كان رقم رينولدز ما بين 4000-2000

2.6.3 الجهاز المستعمل في التجربة

الشكل (رقم–1) يمثل الجزء الرئيسي من حوض رينولدز المستعمل في التجربة ويكون هذا الحوض بشكل متوازي الاضلاع مقطعه الجانبي والافقي مستطيل(0.5×1)mويجهز بالماء بواسطة انبوب خارجي مثبت به جهاز تسكين الجريان وبواسطته يمكن التخلص من الاضطراب الناتج من تدفق الماء في أنبوب التجهيز .

يثبت مستوى الماء داخل الحوض حيث يتم التخلص من الماء الزائد عن طريق طفحة خارج الحوض بواسطة انبوب الطفح بعد وصوله الى مستوى معين ثابت .

ان حالات الجريان الصفحائي او المضطرب وكذلك الحالة الانتقالية يمكن تمييزها بصورة واضحة داخل انبوب زجاجي افقي مثبت داخل الحوض حيث تمرر خلال هذا الانبوب صبغة من مادة البرونكنات تجهز بواسطة خرطوم في مقدم الانبوب الزجاجي. ويتصل هذا الخرطوم بحوض الصبغة الذي يثبت خارج حوض رينولدز ، ويمكن السيطرة على كمية الصبغة بواسطة صنبور خاص بين حوض التجهيز والخرطوم ويجب عدم فتح الصنبور الا لفترات قصيرة ويقفل بعد تمييز حالة الجريان في الانبوب الزجاجي .

في نهاية الانبوب الزجاجي وخارج حوض رينولدز يوجد صمام التصريف الذي يتحكم بالتصريف في الانبوب الزجاجي .

2.6.4 خطوات العمل :

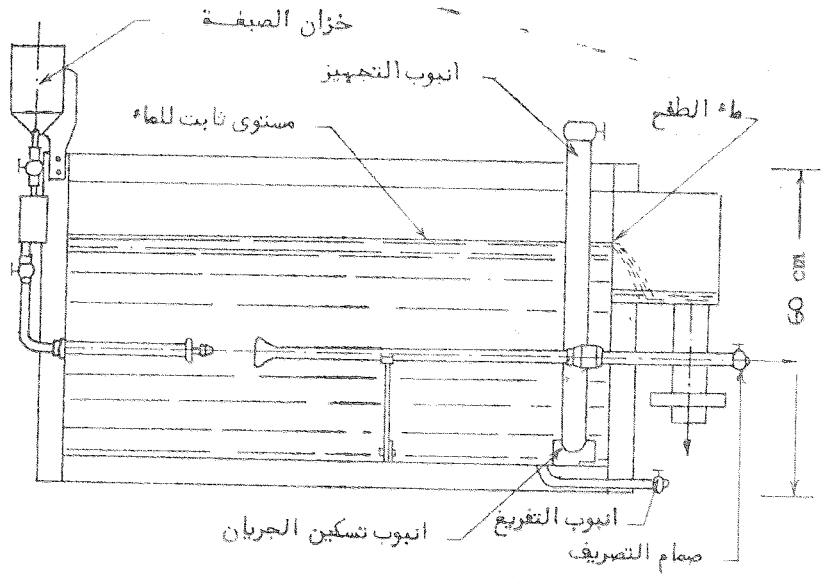
1– يملأ الحوض الى مستوى انبوب الطفح وينظم صمام التجهيز بحيث يمكن الحصول على اقل تصريف ثابت في انبوب الطفح وفي هذه الحالة يكون مستوى الماء ثابت في الحوض اثناء أجراء التجربة .

2– يفتح صمام التصريف في الانبوب الزجاجي ويسمح لاقل تصريف ممكن بالمرور من خلال الانبوب .

3– تمرر الصبغة خلال الانبوب ويجري التعرف على حالة الجريان في الانبوب الزجاجي فاذا انتقلت الصبغة خلال الانبوب بشكل طبقة متماسكة فان الجريان يكون صفحائي وأذا انتشرت الصبغة وتبعثرت داخل الانبوب يكون الجريان انتقالياً ، ويكون الجريان مضطرباً في حالة تبعثر الصبغة وانتشارها بصورة سريعة حالما تدخل الانبوب الزجاجي.

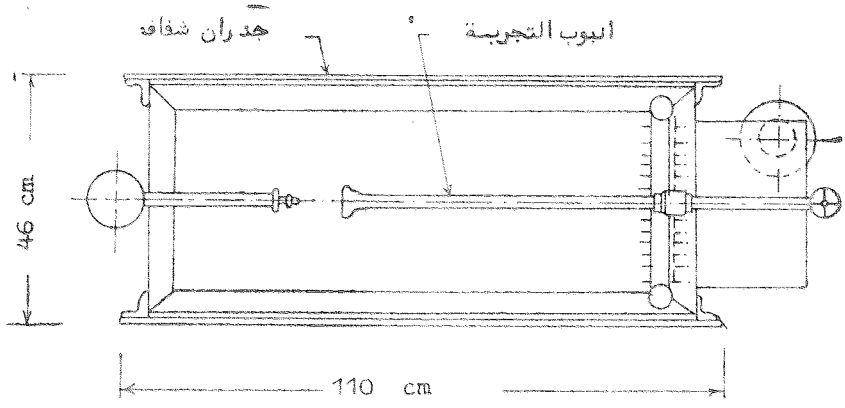
4– يغير التصريف تدريجياً وفي كل مرة يثبت نوع الجريان في الانبوب ويقاس الحجم لكل تصريف خلال زمن معين بواسطة اسطوانة مدرجة .

5– تقاس درجة حرارة الماء حيث يمكن الحصول بواسطتها على اللزوجة الكينماتية للماء .



شكل (رقم — 1-A)

مقطع عمودي في جهاز التجربة



شكل (رقم — 1-B)

مقطع افقي في جهاز التجربة

2.6.5 الحسابات والنتائج :

قطر الانبوب : D=.....m

درجة حرارة الماء : درجة مئوية (C°)

اللزوجة الكينماتية : υ=.....m^2/Sec

نحسب القيم التالية : —

1— التصريف Q m^3/sec

$$Q=\frac{Vol.}{t}$$

حيث Vol ... الحجم m^3

t ... الزمن Sec

2— سرعة الجريان (V) m/sec

$$V=\frac{Q}{a}$$

a.. مساحة مقطع الانبوب m^2

3— رقم رينولدز (R_e) من المعادلة (1)

ترسم العلاقة بين عدد رينولدز وسرعة الجريان على ورق لوغاريتمي .

2.6.6 اسئلة للمناقشة

1— ما عدد رينولدز الحرج من المنحني وكيف يقارن بالرقم 2000 ؟

2— باستعمال انبوب قطره نصف قطر الانبوب المستعمل في التجربة وفي حالة بقاء درجة الحرارة ثابتة . ما قيمة التصريف في هذه الحالة ؟

3— لماذا يتغير الجريان من صفحائي الى مضطرب ؟

4— ما الفائدة العملية من اجراء هذه التجربة ؟

5— لماذا يثبت مستوى الماء داخل الحوض اثناء القيام بالتجربة ؟

6— هل النتائج التي تم الحصول عليها من التجربة مقنعة وتتفق مع فرضيات التجربة ؟

2.6.7 جدول القراءات والنتائج

العدد	الضغط N/m^2	الزمن sec	التصريف m^3/sec	السرعة m/sec	الضغط في الأنبوب	الضغط في الخزان
1						
2						
3						
.						
.						
.						
n						

درجة الحرارة =

اللزوجة الكينماتية ν =

قطر الانبوب D =

2.7 قياس التصريف في الانابيب بواسطة لوحة الفتحة الحادة

2.7.1 مقدمة : —

تستعمل لوحة الفتحة الحادة لقياس التصريف في الانابيب. وهي عبارة عن لوحة مسطحة تثبت بين شفتي الانبوب في منتصفها فتحة دائرية حادة .

ان قياس التصريف بواسطة الفتحة الحادة يعتمد على فكرة الفرق في الشحنة بين مقدم الفتحة الحادة وخلال الفتحة الحادة، وهذا الفرق في الشحنة ينتج من سرعة الجريان نتيجة التخصر في مقطع الانبوب بسبب وجود لوحة الفتحة الحادة التي يكون مقطعها عادة اقل من مقطع الانبوب. ان استعمال لوحة الفتحة الحادة في قياس التصريف في الانابيب يتأتى من كونها بسيطة لاتحتاج إلى مسافة كبيرة لتثبيتها ولاتكلف غالياً.

2.7.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

ان معادلة الجريان بين النقطتين (FوE) يمكن ان توضع بالاستناد إلى معادلة برنولي (Bernoulli's equation) بالشكل التالي :

$$V_F^2/2g - V_E^2/2g = (P_E/\gamma - P_F/\gamma) - h_{EF}$$

ويفرض انه لايوجد اي ضياع في الشحنة بين (FوE) اي ان $H_{EF}=0$

فان

$$V_F^2/2g - V_E^2/2g = \left(\frac{P_E - P_F}{\gamma} \right) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

من معادلة الاستمرارية

$$V_E a_E = V_F a_F$$

او

$$V_F = V_E a_E/a_F$$

بالتعويض في المعادلة (1) عن قيمة V_F

$$\frac{V_E^2}{2g}(a_E/a_F)^2 - V_E^2/2g = \left(\frac{P_E - P_F}{\gamma}\right)$$

$$\frac{V_E^2}{2g}\left(\left(\frac{a_E}{a_F}\right)^2 - 1\right) = \left(\frac{P_E - P_F}{\gamma}\right)$$

$$V_E = \sqrt{2g\left(\frac{P_E - P_F}{\gamma}\right) \Big/ (a_E/a_F)^2 - 1}$$

$$V_E = \sqrt{\frac{2g(h_E - h_F)}{(a_E/a_F)^2 - 1}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

وبما ان

$$Q = V_E\, a_E$$

فان

$$Q = a_E \sqrt{\frac{2g\,(h_E - h_F)}{(a_E/a_F)^2 - 1}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

ان المعادلة رقم (3) لاتمثل القيمة الحقيقية للتصريف حيث ان التصريف الحقيقي اقل من هذه القيمة بسبب الضياع في الشحنة والتخصر في مقطع الجريان ولذلك تكتب المعادلة (3) بالصيغة التالية :—

$$Q = C_d\, a_E \sqrt{\frac{2g\,(h_E - h_F)}{(a_E/a_F)^2 - 1}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

2.7.3 الجهاز المستعمل في التجربة

يوضح الشكل(رقم – 1 و2) الجهاز المستعمل في التجربة ثبتت فيه لوحة الفتحة الحادة. ويصل اليه الماء من حوض التجهيز خلال انبوبة زجاجية ثم إلى الانبوب المطلوب قياس التصريف خلاله والمثبت عليه لوحة مصنوعة من مادة البراص وتحوي على ثقب مقطعه اقل من مقطع الانبوب ويكون ثقب اللوحة حاد الزاوية.

ينتقل الماء بعد ذلك إلى المقياس الدوار الذي يستعمل لقياس التصريف ايضاً (المقياس الدوار عبارة عن اسطوانة زجاجية مدرجة بداخلها طواف يتحرك بحرية وبتأثير سرعة التصريف حيث يندفع نحو الاعلى كلما ازداد التصريف، وبعد ايجاد العلاقة بين ارتفاع الطواف والتصريف يمكن استعمال المقياس عملياً لهذا الغرض) وبعد المقياس الدوار ينتقل الماء إلى حوض القياس ماراً بصمام السيطرة.

على لوحة خاصة ثبتت مقاييس للشحنة تتصل بالجهاز في مناطق مختلفة، يتم من خلالها التعرف على كيفية تغير الشحنة وكذلك الفرق في الشحنة بين مقدم ومؤخر مقياس الفتحة الحادة.

2.7.4 خطوات العمل

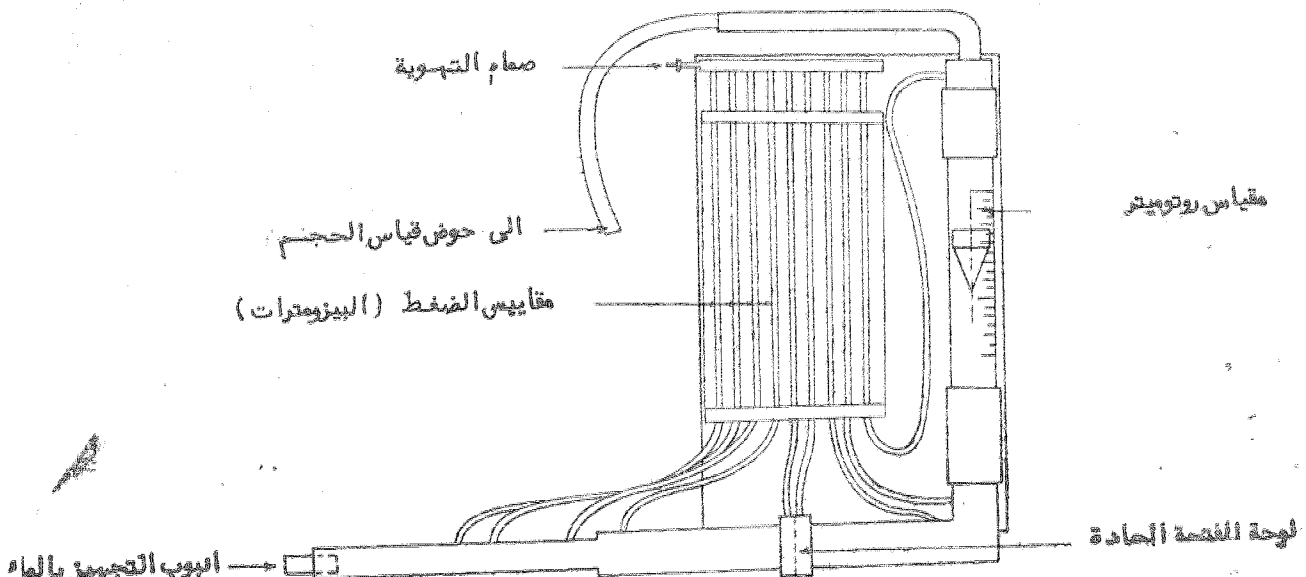
1– يثبت الجهاز افقياً بواسطة لوالب خاصة في اسفل قاعدة الجهاز.

2– يفتح صمام التجهيز وكذلك صمام السيطرة ويجري التخلص من فقاعات الهواء في الانبوب والانابيب البلاستيكية المستعملة لقياس الشحنة، ويثبت مستوى الماء على لوحة قياس الشحنة بحيث يكون في منتصف اللوحة مما يساعد على الحصول على اعلى فرق في الشحنة مابين مقدم ومؤخر الفتحة الحادة (h_E-h_F).

ثم تقفل الصمامات ويجب ان يكون ارتفاع الماء في مقاييس الشحنة واحداً ومتساوياً.

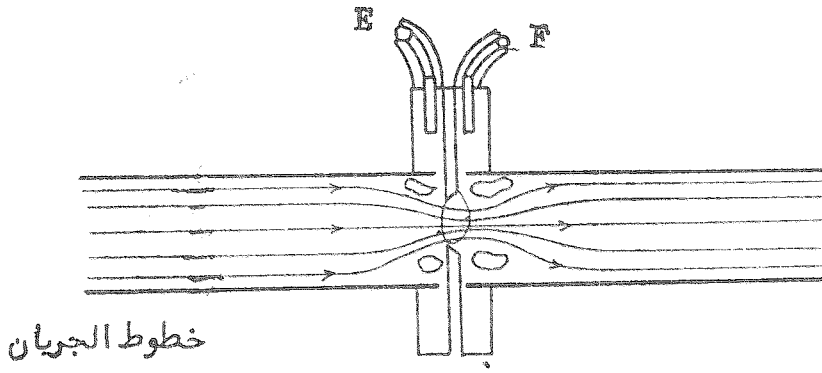
3– يفتح صمام التجهيز ثانية وكذلك صمام السيطرة ويبدأ باعلى فرق ممكن في الشحنة (h_E-h_F) حيث تسجل قراءة الشحنة هذه ويقاس التصريف بواسطة حوض القياس.

4– تغير فتحة صمام التجهيز تدريجياً بحيث يمكن الحصول على قيم مختلفة لـ (h_E-h_F) وكذلك يقاس التصريف المقابل لكل تغير يؤخذ مابين (8-10) قراءات مختلفة لـ (h_E-h_F)



شكل (رقم ـ ٦)

الجهاز المستعمل في التجربة



شكل (رقم –2)
طريقة ربط لوحة الفتحة الحادة بأنبوب التجربة

2.7.5 الحسابات والنتائج

قطر الانبوب (E) ..... m

قطر الفتحة الحادة (F) ..... m

1- يحسب التصريف (Q) m^3/sec

$$Q = \frac{Vol.}{t}$$

حيث Vol. ... الحجم m^3

t ... الزمن sec

2- تحسب قيم (C_d) من المعادلة (4)

3- ترسم العلاقة بين التصريف (Q) وفرق الشحنة ($h_E - h_F$) على ورق بياني اعتيادي .

4- ترسم العلاقة بين التصريف (Q) وفرق الشحنة ($h_E - h_F$) على ورق لوغاريتمي وتحسب قيم (K,n) في المعادلة ($Q=Kh^n$) من المنحني حيث :

n ..... انحدار المستقيم

K ..... قيمة (Q) عندما تكون قيمة (h = 1)

ثم تحسب قيمة (C_d) بعد ايجاد قيمة (K)

2.7.6 اسئلة للمناقشة :-

1- قارن بين مقياس فنتشوري ومقياس الفتحة الحادة .

2- مانسب تغير قيم (C_d) الموجودة في المعادلة (4) مع معدل (C_d) الموجود من المنحنى ؟

3- ماتاثير كل من المتغيرات التالية على قيمة (C_d) خلال التجربة ؟

3.1 زاوية ميل اللوحة الحادة عن محور الانبوب (θ)

3.2 النسبة بين قطر المقياس وقطر الانبوب المستعمل $\frac{d}{D}$

3.3 رقم رينولدز (R_e) خلال التجربة .

2.7.7 جدول القياسات والنتائج

التسلسل	الحجم m^3	الزمن sec	التصريف m^3/sec	h_E m	h_F m	$(h_E - h_F)^{1/2}$	C_d	C_{d_1}	$\frac{C_{d_1} - C_d}{C_d} \times 100$	Re
1										
2										
3										
.										
.										
.										
.										
n										

عمل المجموعة

درجة حرارة الماء =

اللزوجة الكينماتية =

قيمة n من المخني =

قيمة K من المخني =

2.8 قياس التصريف في الانابيب بواسطة مقياس فنتشوري :

2.8.1 مقدمة :-

مقياس فنتشوري (Venturi meter) عبارة عن جهاز استعمل لسنوات طويلة لقياس كمية الجريان في الانابيب . ويتم ذلك عن طريق ايصال السائل الذي في الانبوب بواسطة تخصر تدريجي الى انبوب ضيق حيث تزداد سرعة الجريان خلاله ويصاحب زيادة السرعة هذه انخفاض في الضغط .

ان انخفاض الضغط هذا يتناسب مع كمية الجريان وبقياس الانخفاض الحاصل في الضغط يمكن ايجاد كمية التصريف في الانابيب . من ثم ينتقل السائل من الانبوب الضيق الى الانبوب الاصلي بواسطة توسع تدريجي حيث يزداد الضغط وتقل سرعة الجريان.ان هذا الجزء من المقياس يدعى الناشر .

2.8.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

يفرض وجود سائل تحت ضغط جوي اعتيادي يجرى خلال انبوب متصل به مقياس فنتشوري كما في الشكل (رقم – 1) حيث تكون مساحة المقطع في اعلى الانبوب (a_1) بينما تكونمساحة مقطع الانبوب الضيق لمقياس الفنتشوري (a_2) وفي اية نقطة اخرى (n) تكون مساحة المقطع (a_n) . وتكون قراءة مقياس الشحنة (h_1) ، (h_2) و (h_n) على التوالي .

وبفرض انه لايوجد فقدان في الطاقة خلال الانبوب حيث يكون الضغط المسلط متساوي في جميع المقاطع وباستعمال معادلة برنولي .

$$V_1^2/2g + h_1 = V_2^2/2g + h_2 = V_n^2/2g + h_n \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث (V_1 ، V_2 ، V_n) تمثل السرعة في المقاطع (1) ، (2) و(n)

وحسب معادلة الاستمرارية

$$V_1\ a_1 = V_2\ a_2 = V_n\ a_n = Q \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث (Q) تمثل التصريف m^3/sec

$$\frac{V_2^2}{2g}\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 + h_1 = V_2^2/2g + h_2$$

$$V_2 = \sqrt{2g(h_1 - h_2) \Big/ 1 - \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2}$$

يكون التصريف (Q) بعد التعويض عن قيمة (V_2) في معادلة (2) يساوي

$$Q = a_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2) \Big/ 1 - \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(3$$

ن الملاحظ عملياً أنه يفقد بعض الطاقة خلال جريان السائل من النقطة (1) إلى النقطة (2)
ا أن السرعة لاتكون ثابتة في اي من هذه المقاطع . ولذلك فان كمية الجريان الحقيقية تكون أقل
ن القيمة التي يمكن ايجادها بالمعادلة (3) وهكذا فان المعادلة (3) يجب أن تكون بالشكل التالي :

$$Q = C_d a_2 \sqrt{2g(h_1 - h_2) \Big/ 1 - \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(4$$

حيث (C_d) معامل المقياس الذي يمكن ايجاد قيمته عملياً .
ن قيمة (C_d) تتغير من مقياس إلى آخر وحتى بالنسبة للمقياس الواحد فانها تتغير مع كمية
لجريان وبصورة عامة فان قيمته محصورة بين (0.92 - 0.99) .
ايجاد توزيع الضغط في نقاط مختلفة من المقياس نستعمل معادلة برنولي كما في معادلة (1)

$$h_n - h_1 = \frac{V_1^2 - V_n^2}{2g}$$

لسهولة الحسابات ومقارنة النتائج العملية بالاخرى النظرية فمن المناسب ربط قيمة
($h_1 - h_2$) بالضغط الناتج من سرعة الجريان في الانبوب الضيق للفنتشوري .

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

بالتعويض عن الجزء الايمن من المعادلة نسبة المساحات بدل نسبة السرع والتي يتوصل اليها من معادلة (2) فان المعادلة الاخيرة تتخذ الصيغة التالية :-

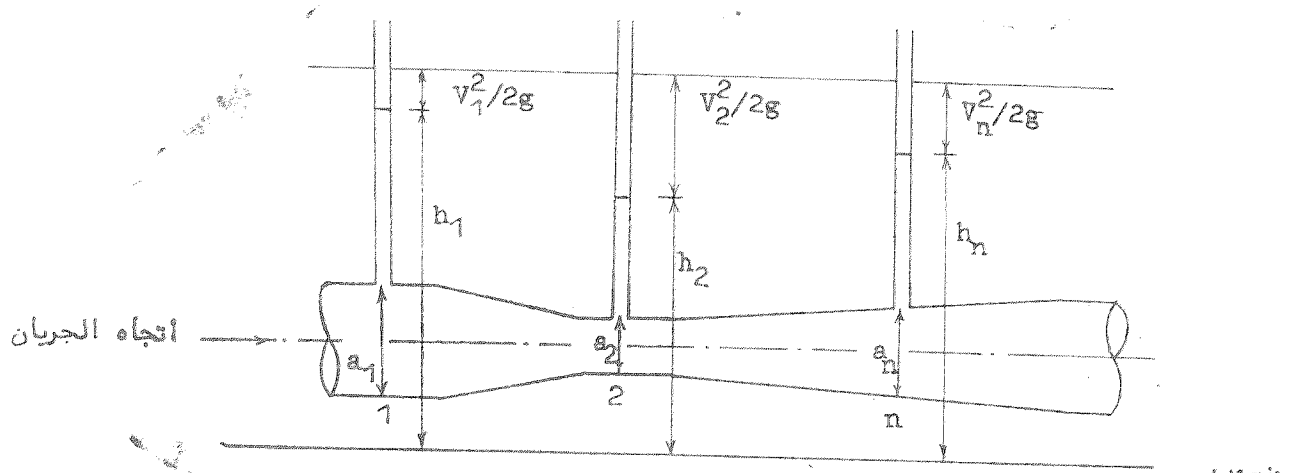
$$\frac{h_2 - h_1}{V_2^2/2g} = \left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 - \left(\frac{a_2}{a_2}\right)^2$$

2.8.3 الجهاز المستعمل في التجربة

ان جهاز التجربة شكل (رقم — 3.2) مصنوع من مادة بلاستيكية يزود بالماء من حوض التجهيز بواسطة صمام خاص يمر منه بواسطة انبوب مرن الى المقياس الذي يوجد في نهايته انبوب مرن اخر يتصل بصمام السيطرة ومن ثم الى حوض قياس الحجم وخلال نقاط مختلفة على المقياس الذي يكون في بعض اجزائه متخصراً ومتوسعاً في اماكن اخرى (كما سبق ذكره) خلال هذه النقاط توصل انابيب بلاستيكية حيث تتصل هي الاخرى بانابيب زجاجية لقياس الشحنة وتكون الاخيرة مثبتة على لوحة مدرجة بالملمترات .

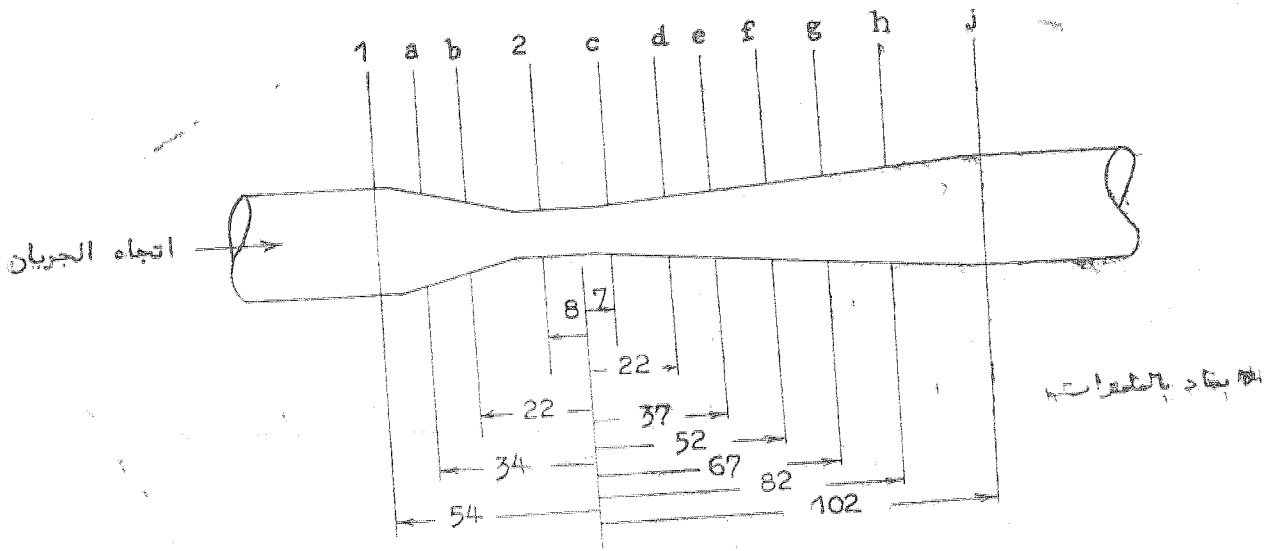
تكون مقاييس الشحنة هذه متصلة في نهايتها العليا بانبوبة التهوية المشتركة التي يتم عن طريقها التخلص من فقاعات الهواء الموجودة في المقياس او في مقاييس الشحنة وكذلك التحكم في مستوى الماء داخل المقاييس بواسطة صمام الهواء الموجود في نهاية انبوب التهوية .

ان جميع هذه الاجزاء مثبتة على قاعدة محمولة بواسطة لوالب والتي يمكن عن طريقها ضبط الجهاز بصورة افقية. بالنسبة لمقياس فنتشوري الذي يستعمل عملياً لقياس التصريف يثبت مقياسان للضغط فقط احدهما في مدخل المقياس والآخر في الانبوب الضيق للفنتشوري حيث تكون قراءة هذين المقياسين كافية لحساب التصريف اما بقية المقاييس المثبته على مقياس فنتشوري في هذه التجربة فانها تستعمل فقط لتوضيح توزيع الضغط خلال المقياس .



شكل (رقم — ١)

رسم تخطيطي لمقياس فنتشوري ومواقع مقاييس
الضغط (البيزومترات) الرئيسية



شكل (رقم – 2)

نموذج لأحد مقاييس فنتشورى المستخدمة فى قياس التصرف فى الأنابيب

موضحا عليه مواقع اتصال مقاييس الضغط (البيزومترات)

والمسافات الأفقية بينها

2.8.4 خطوات العمل

1 — يفتح صمام التجهيز وكذلك صمام السيطرة لبضع ثوان لازالة فقاعات الهواء الموجودة داخل الجهاز ثم صمام السيطرة تدريجياً وبذلك يتعرض المقياس الى ضغط يتزايد بصورة مضطردة ويؤدي بالتالي الى رفع مستوى الماء في انابيب قياس الضغط ومن ثم تسليط ضغط على الهواء الموجود في أنبوب التهوية، وحين ان يصل ارتفاع مستوى الماء في الانابيب الى مستوى مناسب يغلق صمام التجهيز بصورة تدريجية ايضاً . وعندما يتم غلق صمامي السيطرة والتجهيز بصورة نهائية فان المقياس يكون مملوء بماء متوازن تحت ضغط معتدل ومن ثم يجري ضبط الجهاز بواسطة اللوالب المثبتة في القاعدة لوضعه بصورة افقية . ويلاحظ هنا ان مستوى الماء في جميع المقاييس يكون واحداً .

2 — يفتح صمامي التجهيز والسيطرة بصورة تدريجية للحصول على اكبر قيمة لـ $(h_1 - h_2)$ (اي حين تكون h_1 قريبة من اعلى المقياس بينما h_2 قريبة من نهاية المقياس السفلي) تخفض قيمة $(h_1 - h_2)$ تدريجياً وفي كل مرة يتم قياس التصريف بواسطة حوض قياس الحجم في زمن معين .

3 — تغير قيمة $(h_1 - h_2)$ ما بين (6 – 8) مرات ويقاس التصريف في كل مرة.

4 — تسجل قراءات بقية مقاييس الضغط لواحدة او اثنتين من قراءات التجربة .

2.8.5 النتائج والحسابات

1— يحسب التصريف لكل قراءة من المعادلة التالية :

$$Q_a = \frac{Vol.}{t}$$

حيث Q_a .... التصريف الحقيقي m^3/sec

Vol. .... الحجم m^3

t .... الزمن sec

2 — تحسب قيمة (C_d) لكل تصريف من المعادلة.

$$C_d = a_2 \sqrt{\frac{2g\ (h_1 - h_2)}{1 - \frac{(a_2)^2}{a_1}}}$$

3 – ترسم العلاقة بين التصريف الحقيقي (Q_a) والتغير في الضغط $(h_1-h_2)^{\frac{1}{2}}$ على ورق بياني اعتيادي حيث تمثل العلاقة بخط مستقيم ويمكن تمثيلها ايضاً بالمعادلة.

$$Q=K(h_1-h_2)^{\frac{1}{2}}$$

حيث (K) تمثل انحدار المستقيم، ومنها يحسب معدل قيمة (C_d).

4 – ترسم العلاقة بين التصريف الحقيقي ومعامل التصريف على ورق بياني اعتيادي .

5 – بالنسبه للتصاريف التي يتم قياس الضغط فيها على طول المقياس فانه يجري حساب تغير الضغط (h_n-h_1) مقسوماً على $\frac{V_2^2}{2g}$ الضغط الناتج من سرعة الجريان في انبوب فنتشوري الضيق وتقارن العملية بالنتائج النظرية المحسوبة من المعادلة(5) والمثبتة في جدول (رقم-1) حيث ترسم هذه القيم ومثيلاتها التي تم التوصل اليها عملياً مع المسافة بين مقاييس الضغط المختلفة على ورق بياني اعتيادي .

2.8.6 اسئلة للمناقشة

1 – اذا وضع مقياس فنتشوري بصورة مائلة ماتأثير هذا الميل على النتائج؟ هل هناك تصحيح لقراءات مقاييس الضغط في حالة كون مقياس فنتشوري مثبت بصورة عمودية .

2 – كما يلاحظ من النتائج العملية فان هناك هبوط في الضغط خلال المقياس من نقطة مقدم المقياس إلى المؤخرة وان هذا الهبوط يزداد بزيادة التصريف.
هل يمكن استعمال هذا الهبوط لغرض القياس بدلا من استعمال الفرق بين الضغط في مقدم المقياس والضغط في الانبوب الضيق للمقياس ؟

3 – هل يمكن الحصول على قيمة لمعامل التصريف ثابتة مهما تغير التصريف ؟
وهل يمكن ايجاد علاقة بين تغير التصريف ومعامل التصريف؟

4 – ماقياس الانبوب الضيق لفنتشوري في حالة استعماله لقياس تصريف مقداره (0.4) m^3/sec لانبوب قطره m(0.6) ، اذا كان فرق الضغط يساوي m(0.8) ؟
(تستعمل نفس قيمة معامل التصريف الذي تم الحصول عليه خلال التجربة)

2.8.7 جدول القراءات والنتائج

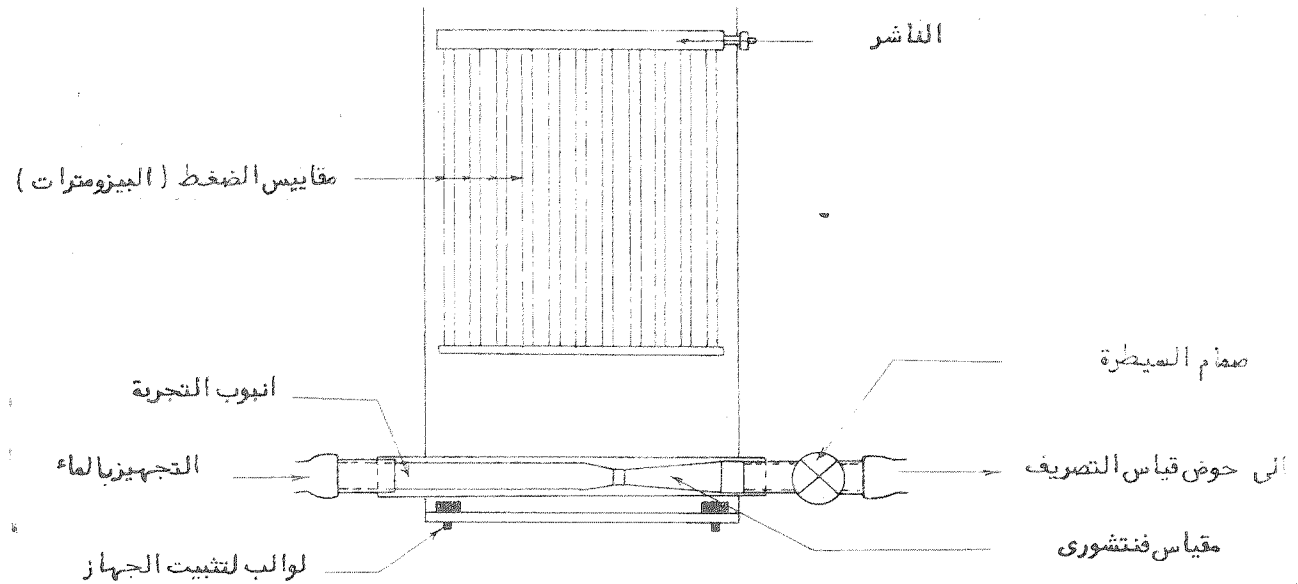
12.8.7.1 إيجاد معامل مقياس فنتشوري (C_d)

التسلسل	الحجم m^3	الزمن sec	التصريف m^3/sec	h_1 m	h_2 m	$(h_1-h_2)^{\frac{3}{2}}$	C_d	C_d العدد
1								
2								
3								
.								
.								
.								
.								
n								

2.8.7 جدول القراءات والنتائج

2.8.7.2 توزيع الضغط على مقياس فنتشوري

رقم المسبر n	القراءة الاولى			القراءة الثانية			$\left(\frac{a_2}{a_1}\right)^2 - \left(\frac{a_2}{a_c}\right)^2$
		$Q_1 =$ m³/sec			$Q_2 =$ m³/sec		
		$V_1^2/2g =$			$V_2^2/2g =$		
	$\frac{E}{h_n}$	$\frac{h_1 - E}{h_n - E}$	$\frac{h_n - h_1}{V_1^2/2g}$	$\frac{E}{h_n}$	$\frac{h_1 - E}{h_n - E}$	$\frac{h_n - h_1}{V_2^2/2g}$	
1							
a							
b							
2							
c							
.							
.							
.							
n							



شكل (رقم — 3)

الجهاز المستعمل في التجربة

$(\frac{a_1}{a_1})^2-(\frac{a_2}{a_n})^2$	$(\frac{a_2}{a_n})^2$	$\frac{d_2}{d_n}$	قطر انبوب التجربة تحت البيزومتر d_n mm	رقم البيزومتر n
0.000	0.144	0.615	26.00	1
-0.082	0.226	0.690	23.20	a
-0.431	0.575	0.890	18.40	b
-0.856	1.000	1.000	16.00	2
-0.686	0.830	0.953	16.80	c
-0.421	0.565	0.867	18.47	d
-0.256	0.400	0.787	20.16	e
-0.145	0.289	0.730	21.84	f
-0.071	0.215	0.680	23.53	g
-0.024	0.168	0.633	25.24	h
0.000	0.144	0.615	26.00	i

جدول (رقم - 1)

2.9 حساب القدرة الحصانية لمحرك مضخة مـــا

2.9.1 مقدمة :-

ان الغرض من اجراء هذه التجربة هو ايجاد القدرة الحصانية لمحرك مضخة ماء صغيرة عملياً . وتعتبر هذه التجربة من أهم التطبيقات العملية لمبادىء المضغاط الانبوبي (مقياس الضغط) ومعادلة برنولي (Bernoulli's equation) ان معرفـة القدرة الحصانيـة لأي محرك ما يفيد كثيراً في تصاميم شبكات توزيع المياه وكذلك تصاميم محطات الضخ الضخمة المستعملة في المشاريع الكبرى كمشاريع النفط واسالة الماء والري .

2.9.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

بتطبيق معادلة برنولي بين النقطتين (1) و (2) . شكل (رقم –1)

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + H_m = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} - Z_1 \quad \ldots(1)$$

حيث H_m .... تمثل الشحنة المجهزة من قبل المضخة في النقطة (3)

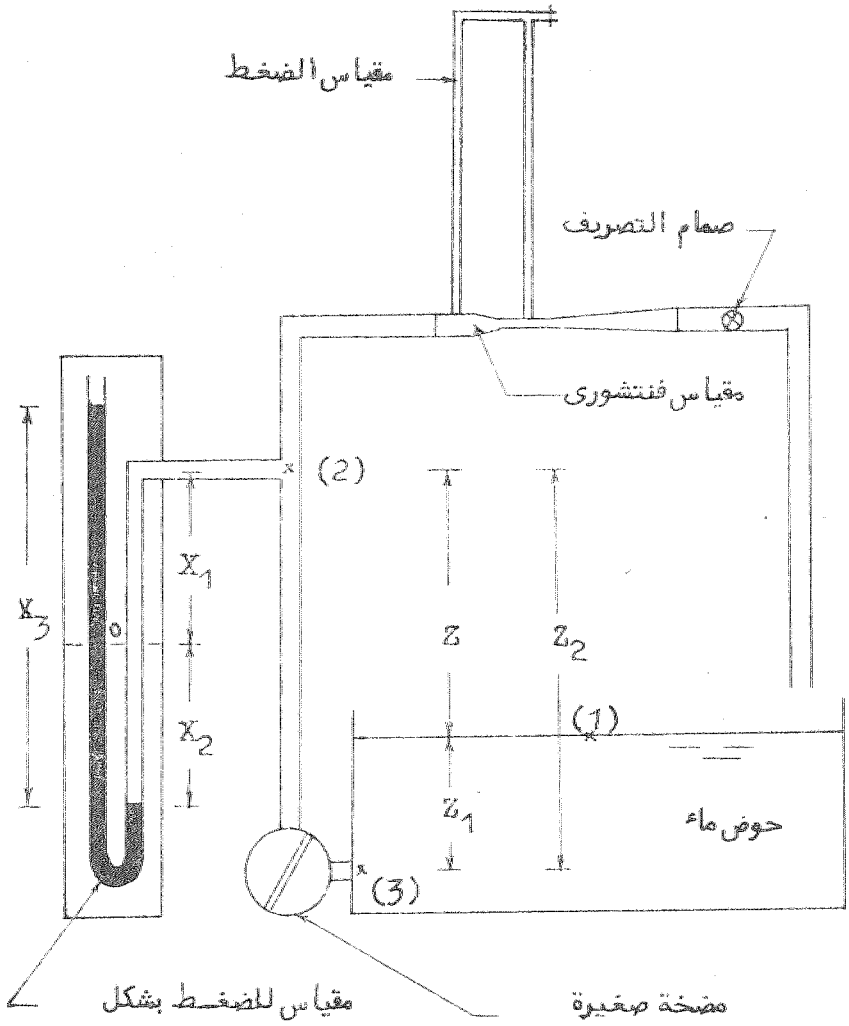
في نقطة (1) على سطح الماء . تكون

$$\frac{V_1^2}{2g} = 0, \frac{P_1}{\gamma} = 0, Z = Z_2 - Z_1$$

$$H_m = \frac{P_2}{\gamma} + Z + \frac{V_2^2}{2g} \quad \ldots\ldots(2)$$

تحسب قيمة $(\frac{P_2}{\gamma})$ بربط مقياس للضغط على شكل الحرف (U) (يستعمل فيه الزئبق) في النقطة (2)

وبواسطة مقياس فنتشوري يمكن الحصول على التصريف المجهز بواسطة المضخة في المعادلة رقم (3) (بعد قياس h_2, h_1 من مقياس فنتشوري).



شكل (رقم — 1)

مخطط لربط مضخة بحوض للماء لحساب

الشحنة والتصريف الناتج منها

حيث

$$Q = C_d a_2 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 - (a_2/a_1)^2}} \qquad \ldots\ldots\ldots(3)$$

وبملاحظة قيم (X_1) ، (X_2) و(X_3) في الشكل (رقم 1-) يكون

$$P_2/\gamma + x_1 + x_2 = 13{\cdot}55\, x_3 \qquad \ldots\ldots\ldots(4)$$
$$P_2/\gamma = 13{\cdot}55\, x_3 - x_1 - x_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(5)$$

بعد ايجاد التصريف نحسب قيمة (V_2) (السرعة عند نقطة 2) من معادلة الاستمرارية.

$$Q = V_2\, a_2 \qquad \ldots\ldots\ldots(6)$$

حيث

a_2.. تمثل مساحة مقطع الانبوب في النقطة (2)

وبتعويض قيم $(\frac{P_2}{\gamma})$و$(\frac{V_2}{2g}+Z)$ في المعادلة رقم (2)

يمكن الحصول على قيم (Hm) ومنها يتم حساب القدرة الحصانية المترية من المعادلة

$$m.p.h. = \frac{7QH_m}{735{\cdot}5} \qquad \ldots\ldots\ldots(7)$$

حيث m.p.h تمثل القدرة الحصانية المترية .

2.9.3 الجهاز المستعمل في التجربة

يوضح الشكل (رقم –1) مخطط للجهاز المستعمل في التجربة. ربطت مضخة ماء بين حوض التجهيز ومقياس فنتشوري بواسطة انبوب قطره معلوم وفي نهايته صمام التجهيز وقبل هذا الصمام ربط وبصورة عمودية مضغاط انبوبي على شكل الحرف (U) وتكون نهايته الثانية معرضة للضغط الجوي .

ان مقياس فنتشوري يستعمل لقياس تصريف الماء بعد مروره خلاله ومن ثم رجوعه إلى حوض التجهيز.

2.9.4 خطوات العمل

1- يشغل محرك المضخة ويجري التخلص من فقاعات الهواء في الأنابيب ومقياس الضغط ومقياس فنتشوري .

2- ينظم صمام التجهيز للحصول على أعلى تصريف ممكن من الجهاز .

3- تقاس قيم (h_1) و(h_2) وكذلك قراءة مقياس الضغط (قيم X_1, X_2, X_3)

4- يغير التصريف مابين (6) إلى (8) مرات وفي كل مرة يجري قياس (h_1)و(h_2) وكذلك قراءة مقياس الضغط .

5- تقاس قيمة (Z_2)بواسطة مسطرة مترية .

2.9.5 الحسابات والنتائج

تحسب القيم التالية :–

1- $\frac{P_2}{\gamma}$ من المعادلة رقم (5)

2- V_2 من المعادلة رقم (6)

ثم تحسب قيم $\left(\frac{V_2^2}{2g}\right)$

3- الشحنة المضافة (H_m) من المعادلة رقم (2)

4- القدرة الحصانية المترية من المعادلة رقم (7)

5- ترسم العلاقة بين التصريف والشحنة الناتجة من المضخة على ورق بياني اعتيادي.

2.9.6 أسئلة للمناقشة

1- هل تبقى الشحنة المضافة من المضخة ثابتة بتغير التصريف خلال التجربة ولماذا ؟

2- على فرض تغير الزئبق المستعمل في مقياس الضغط بالماء ، هل تتغير قيمة $\left(\frac{P_2}{\gamma}\right)$ ولماذا ؟

2.9.7 جدول القراءات والنتائج

رقم التجربة	h_1 m	h_2 m	Δh m	Q m^3/sec	Z m	X_1 m	X_2 m	X_3 m	$\frac{P_2}{\gamma}$ m	$\frac{V_2^2}{2g}$ m	Hm m	المقدرة الحصانية المتحيد
1												
2												
3												
.												
.												
n												

2.10 ايجاد الضياع في الطاقة بسبب التقلص او التوسع الفجائي في الانابيب

2.10.1 مقدمة :-

وجد عملياً ان الطاقة الكلية في اي مقطع لسائل مالاتبقى ثابتة في مقطع اخر من نفس السائل بل تنقص نتيجة الضياع في الطاقة .

ان هذا الضياع في الطاقة قد يكون بسبب الاحتكاك او وجود معوقات في مجرى السائل كالاقواس والصمامات وكذلك عدم انتظام توزيع السرعة من مقطع إلى آخر بسبب تغير مفاجيء في مساحة مقطع الجريان كما يحصل في التوسع أو التقلص المفاجيء في الانابيب . ان ايجاد الضياع في الطاقة او الشحنة بسبب التوسع او التقلص الفجائي في الانابيب هو الغرض الرئيسي من اجراء هذه التجربة.

2.10.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

ان الفرق في الطاقة الكلية في نقطة تقع اعلى التوسع او التقلص الفجائي لانبوب ما والطاقة الكلية في نقطة خلال التوسع او التقلص يساوي الضياع في الشحنة بسبب هذا التقلص او التوسع في الانبوب.

المقاطع (1-1)، (2-2)، (3-3) شكل (رقم-1) تمثل مقاطع على الانبوب قبل التوسع . بعد التوسع (قبل التقلص) وبعد التقلص على التوالي .

وبتطبيق معادلة برنولي (Bernoulli's equation) بين المقطع (1-1) و (2-2).

$$\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + h_{L_{1-2}}$$

حيث h_{L1-2} الضياع في الشحنة بسبب التوسع الفجائي او

$$h_{L_{1-2}} = \left(\frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + \frac{P_1}{\gamma}\right) - \left(\frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}\right)$$

Z_1 ، Z_2 شحنة الارتفاع في المقطع (1-1) و (2-2) عن منسوب ما على التوالي .

$\frac{P_1}{\gamma}$ ، $\frac{P_2}{\gamma}$ شحنة الضغط في المقطع (1-1) و (2-2) على التوالي .

V_2, V_1 سرعة الجريان في المقطع (1-1) و (2-2) على التوالي ،
واذا كان الانبوب افقياً فان ($Z_2 = Z_1$)

و

$$\frac{P'_1 - P'_2}{\gamma} = h_p$$

حيث (h_p) تمثل الفرق في الشحنة بين المقطع (1-1),(2-2)
فيكون

.....(2)

هناك بعض المعادلات الاخرى وضعت لايجاد الضياع في الشحنة بسبب التوسع الفجائي
ومنها معادلة بورد (Borde Equation)

$$h_{(LB)} = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} \qquad \text{.....(3)}$$

ومعادلة ارثر (Archer Equation)

$$h_{(LA)} = 1{\cdot}1 \frac{(V_1 - V_2)}{2g}^{1{\cdot}92} \qquad \text{.....(4)}$$

وبنفس الطريقة فان الضياع في الشحنة بسبب التقلص الفجائي

$$h_{L_{2-3}} = h_p + \frac{(V_2^2 - V_3^2)}{2g} \qquad \text{...(5)}$$

حيث

$$h_p = \frac{P_2 - P_3}{\gamma}$$

2.10.3 الجهاز المستعمل في التجربة

يتكون جهاز التجربة من ثلاثة انابيب مختلفة في اقطارها متصلة مع بعضها بصورة محكمة وربطت الانابيب بحيث يكون اكبرها قطراً في الوسط وبذلك يتم الحصول على توسع فجائي ثم تقلص فجائي شكل (رقم– 1).

وتتصل الانابيب بخزان للماء الذي يجهز الانبوب بشحنة ثابتة لاتتغير خلال التجربة ، كما يتصل به مقياس متري لقياس حجم الماء المتدفق خلال الانبوب اثناء التجربة.

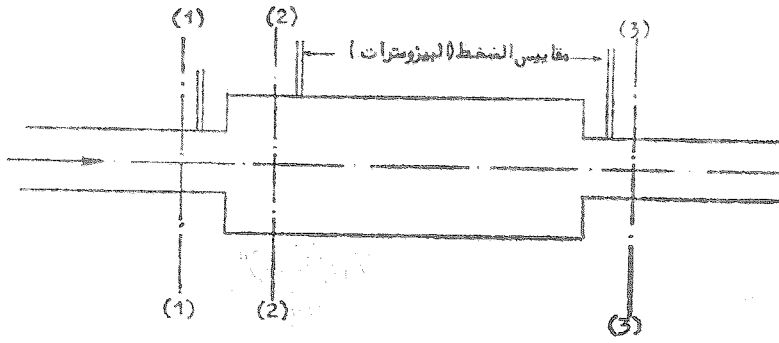
ثبتت بيزومترات لقياس الضغط على نقاط مختلفة على طول الانبوب المستعمل في التجربة احدها في مقدمة الانبوب والاخر لقياس الضغط بعد التوسع الفجائي و الثالث لقياس الضغط بعد التقلص الفجائي .

احياناً تثبت بيزومترات اخرى على نقاط مختلفة من الانبوب للحصول على فكرة عن كيفية تغير الضغط على طول الانبوب.
يوضع صمام في نهاية الانبوب للسيطرة على التصريف خلاله .

2.10.4 خطوات العمل

1 – يفتح صمام التجهيز قليلا مع بقاء صمام السيطرة مقفولا ويتم التخلص من فقاعات الهواء المحتمل وجودها في البيزومترات.

2 – يفتح صمام التجهيز باقصى طاقة ممكنة وبواسطة صمام السيطرة يتم التحكم بالجريان في الانبوب بحيث يمكن الحصول على اقصى فرق في الضغط بين البيزومتر الاول والاخير.



شكل (رقم – 1)

التوسع والتقلص الفجائي في انبوب ما مثبتا" عليه مواقع
مقاييس الضغط (البيزومترات)

– تسجل قراءة البيزومتر الاول والثاني والثالث ويقاس التصريف خلال وقت معين بواسطة المقياس المتري وساعة توقيت .

4– بواسطة صمام السيطرة يغير التصريف في الانبوب ما بين (8-10) مرات وفي كل مرة يسجل التصريف وقراءة البيزومتر .

5– تثبت اقطار الانابيب المستعملة في التجربة .

2.10.5 الحسابات والنتائج

تحسب القيم التالية :–

1– التصريف (Q) m^3/sec

$$Q = \frac{Vol.}{t}$$

2– السرعة (V) m/sec

$$V_1 = Q/a_1 \, , \, V_2 = Q/a_2 \, , \, V_3 = Q/a_3$$

حيث (V_1) و (V_2) و (V_3) سرعة الجريان قبل التوسع وبعد التوسع وبعد التقلص الفجائي على التوالي m/sec .

(a_1) و (a_2) و (a_3) مساحة مقطع الانبوب قبل التوسع وبعد التوسع وبعد التقلص الفجائي على التوالي m^2 .

3- قيم (h_1) من المعادلات (2) ، (3) ، (4) و (5)

4- ترسم العلاقة بين الضياع في الشحنة بسبب التوسع الفجائي من المعادلات (2)، (3) و(4) مع السرعة في الانبوب قبل التوسع (V_1) على ورق بياني اعتيادي .

5- ترسم العلاقة :

$$h_L = K \frac{(V_1 - V_2)^n}{2g}$$

على ورق لوغاريتمي وتحسب قيم (n) و (K) من المنحني الناتج في حالتي ضياع الشحنة بسبب التوسع والتقلص الفجائي .

2.10.6 اسئلة للمناقشة

1- تتغير خطوط الجريان في الانبوب المستعمل في التجربة . كيف يوضح ذلك بالرسم؟

2- كيف يتم ربط انبوب بخزان للماء عملياً ؟ مع بيان ذلك بالرسم .

3- كيف يتغير منحني الشحنة الكلية والشحنة البيزومترية للانبوب المستعمل في التجربة ؟ مع الرسم .

2.10.7 جدول القراءات والنتائج

2.10.7.1 التوسع الفجائي

h_L معادلة (4) m	h_L معادلة (3) m	h_L معادلة (2) m	V_2 m/sec	V_1 m/sec	h_p m	$\frac{P_2}{\gamma}$ m	$\frac{P_1}{\gamma}$ m	التصريف m^3/sec	الزمن sec	الحجم m^3	رقم القراءة
											1
											2
											3
											.
											.
											n

2.10.7 جدول الفتحات والنتائج
2.10.7.2 التقلص الفجائي

الرقم	الحجم m^3	الزمن sec	التصريف m^3/sec	$\frac{P_2}{\gamma}$ m	$\frac{P_3}{\gamma}$ m	h_p m	V_2 m/sec	V_3 m/sec	h_L معادلة (5) m	الملاحظات
1										قيم K.n من المنحنى في حالة التوسع والتقلص الفجائي
2										
3										
.										
.										
n										

2.11 ايجاد معامل الاحتكاك للانابيب

2.11.1 مقدمة :—

تؤدي مقاومة الاحتكاك إلى ضياع جزء من الطاقة أثناء جريان سائل في انبوب ما ، ويلاحظ ذلك في الشكل (رقم —1) حيث أن الفرق في ارتفاع السائل في البيزومتر (ميز الضغط) بين النقطتين A,B يمثل الضياع في الشحنة الكلية (h) لجزء من الانبوب طوله (L) إذا كان الانبوب ثابت المقطع.

وفي أغراض هندسة المياه فان معدل سرعة فقدان الشحنة على طول الانبوب يسمى بالانحدار الهيدروليكي ويرمز له بالرمز (i)

$$i = \frac{dh}{dL} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

2.11.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

في سنة 1883 أجرى اوزبورن رينولدز (Osborne Reynolds) عدداً من التجارب لغرض ايجاد علاقة يمكن بواسطتها ايجاد مقاومة الاحتكاك في الانابيب . ان التجارب الكثيرة المختلفة التي أجراها على انابيب باقطار مختلفة وباستعمال الماء بدرجات حرارية متفاوتة جعلته بالتالي يستنتج ان المعاملات التي تحدد نوعية الجريان في الأنابيب فيما إذا كان الجريان صفحائياً أم مضطرباً هي :—

$$R_e = \frac{\rho VD}{\mu} = \frac{VD}{\nu} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

حيث

R_e	.....	رقم رينولدز	
ρ	.....	كثافة كتلة السائل	Kg/m^3
V	.....	سرعة الجريان	m/sec
D	.....	قطر الانبوب	m
ν	.....	اللزوجة الكينماتية	m^2/sec
μ	.....	اللزوجة الدينماكية	$N,sec/m^2$

وتم بعد ذلك استنتاج قوانين مختلفة لايجاد مقاومة الاحتكاك لكل نوع من أنواع الجريان ففي الجريان الصفحائي لسائل في انبوب ما نجد أن :

$$i \alpha V \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

اما للجريان المضطرب فان

$$i \alpha V^n \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

حيث ان قيمة (n) تتغير من 1.7 الى 2.0 (ويعتمد بالدرجة الاولى على رقم رينولدز وخشونة جدار الانبوب)

ويمكن صياغة المعادلة رقم(3) وباستعمال معادلة هايكن بويزلي (Hagen-Poiseuille) بالشكل التالي :

$$i = \frac{32\,\mu V}{\rho g D^2} \quad \ldots\ldots (5)$$

وتستعمل معادلة دارسي وايزباخ (Darcy-Weisbach) في حالة الجريان الصفحائي او المضطرب على السواء :

$$i = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \ldots\ldots\ldots (6)$$

وبمساواة المعادلة رقم (5) والمعادلة رقم (6) يمكن ايجاد معامل الاحتكاك (f) للجريان الصفحائي .

$$f = \frac{64}{R_e}$$

اما في حالة الجريان المضطرب فان قيمة (f) تعتمد على رقم رينولدز ونسبة الخشونة في الانبوب $\frac{k}{D}$ ، حيث k .. مقدار ارتفاع خشونة الانبوب .

2.11.3 الجهاز المستعمل في التجربة

يوضح الشكل (رقم – 2) الجهاز المستعمل في التجربة حيث يدخل الماء خلال انبوب مرن الى مدخل الانبوب المستقيم ويجري قياس فقدان الشحنة بسبب الاحتكاك خلاله . تثبت احدى فتحتي البيزومتر (ميز الضغط) في مقدم الانبوب وعلى مسافة لاتقل عن (50) مرة بقدر قطر انبوب التجربة عن مدخل الانبوب والثانية في مؤخر الانبوب قبل نهايته بمسافة لاتقل عن (20) مرة بقدر قطر الانبوب . ان تثبيت هذه النقاط يمكننا من الحصول على جريان منتظم وثابت .

يستخدم لقياس فرق الضغط انبوبة على شكل الحرف (U) يستعمل فيها الزئبق عندما يكون فرق الضغط كبير او انبوبة اخرى يستعمل فيها الماء عندما يكون فرق الضغط صغير .

2.11.4 خطوات العمل

1- يضبط وضع الانبوب بصورة افقية بحيث يكون مقياس الضغط عمودياً ، ويفتح صمام التجهيز وكذلك صمام السيطرة (وهو من النوع الابري) ويسمح لكمية قليلة من التصريف بالمرور ويجري التخلص من الفقاعات الهوائية داخل الانبوب وذلك عن طريق صمام الهواء المتصل بالانبوب . بعد ذلك يسد صمام السيطرة وصمام التجهيز ويجب ان يكون مستوى سطح السائل في مقياس الضغط بشكل حرف (U) متساوي في فرعي الانبوبة اما مستوى الماء في مقياس الضغط الثاني فيجري خفضه الى مستوى مناسب عن طريق فتح الصمام الهوائي في اعلى الجهاز .

2- يفتح صمام التجهيز ثانية وكذلك صمام السيطرة بحيث يكون الفرق في ارتفاع الماء في مقياس الضغط بحدود cm (30) من الماء على الاقل. ثم يقاس التصريف بواسطة اسطوانة مدرجة وساعة توقيت وتسجل قراءة مقياس الضغط .

3- يسد صمام السيطرة بصورة تدريجية وفي كل مرة يقاس التصريف وتسجل قراءة مقياس الضغط ويؤخذ ما بين (6-8) قراءات وتقاس درجة حرارة الماء بين فينة واخرى (من المفروض ان القراءات السابقة تمثل جريان الماء الصفحائي والانتقالي) .

4- للحصول على قراءات تمثل الجريان المضطرب يجب الحصول على فرق ضغط كبير نسبياً في فرعي انبوبة قياس الضغط ولهذا يستعمل مقياس الضغط الزئبقي بدلا من الماء، ويفتح صمام التجهيز باقصى تصريف ممكن بينما يفتح صمام السيطرة جزئياً ويتم التخلص من فقاعات الهواء كما في الخطوة (1) ثم يسد صمام السيطرة ويلاحظ مستوى الزئبق في فرعي الانبوبة بحيث يكون على ارتفاع واحد .

5- يفتح صمام السيطرة جزئياً بحيث يكون فرق الضغط في فرعي الانبوبة الزئبقية حوالي cm (2) (وهذا الضغط يساوي حوالي cm (25) من الماء اي ان الجزء الثاني من التجربة يبدأ من نهاية الجزء الاول تقريباً وحين يكون الجريان انتقالياً) .

6- يغير التصريف تدريجياً عن طريق فتح صمام السيطرة ويتم قياس التصريف وتسجل قراءة مقياس الضغط وفي كل مرة تؤخذ ما بين (6-8) قراءات وتقاس درجة الحرارة عدة مرات.

7- يقاس قطر الانبوب وطوله مابين فتحتي مقياس الضغط

2.11.5 الحسابات والنتائج

التصريف (Q) m^3/sec

$$Q = \frac{vol.}{t}$$

حيث Vol. ... الحجم m^3

t ..... الزمن sec

V ..... سرعة الجريان m/sec

$$V = \frac{Q}{a}$$

a ..... مساحة مقطع الانبوب m^2

الانحدار الهيدروليكي i

$$i = \frac{dh}{dL}$$

حيث dh ... فرق الضغط في فرعي القياس m

$$dh = h_1 - h_2$$

dL ... طول الانبوب في الدجرة m

ويحسب رقم رينولدز للقراءات المختلفة حيث :

$$R_e = \frac{VD}{\nu}$$

1- ترسم العلاقة بين الانحدار الهيدروليكي (i) وسرعة الجريان (V) على ورق لوغاريتي ويلاحظ ان قيمة (V) التي تمثل الجريان الصفحائي تقع على خط مستقيم واحد تقريباً. بينما تقع القيم التي تمثل الجريان المضطرب على مستقيم آخر وتمثل نقطة تقاطع المستقيمين الجريان الحرج (يمكن التعرف على الجريان الصفحائي أو المضطرب بعد حساب رقم رينولدز).

2- في المعادلة $i \propto V^n$

ماقيمة (n) التي تمثل انحدار المستقيم في المنحني السابق لكل من الجريان الصفحائي والمضطرب.

3- تحسب قيمة (f) في المعادلات (7, 6) وبالرجوع إلى المنحني السابق وتحسب قيمة (f) للنقطة الحرجة

4- تسجل كافة القراءات والنتائج في الجدول الخاص بذلك.

2.11.6 اسئلة للمناقشة ،

1- ما الفرق بين الجريان الصفحائي والمضطرب ؟

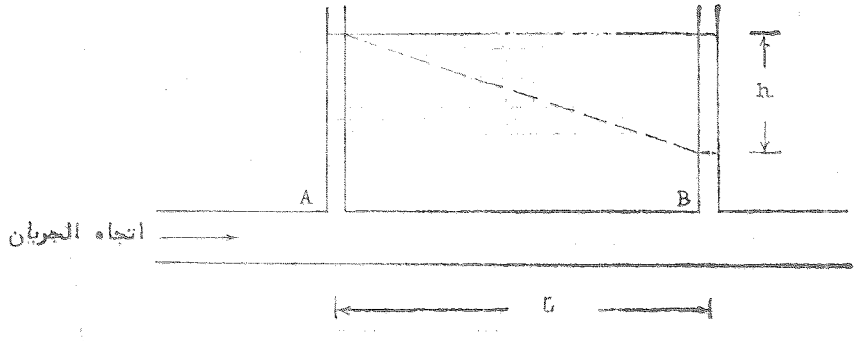
2- ماالفرق بين قيم (f)التي وجدت في التجربة والقيم المقابلة في المعادلة التالية :

$$f=0.316\ R_e^{-0.25}$$

التي تمثل الجريان المضطرب في انبوب املس وضعت من قبل بلاسيس (Blasius)

3- ماالعوامل التي تؤثر على قيمة (f) في الجريان الصفحائي والمضطرب ؟

4- هل تتماثل قيم (n) الموجودة في التجربة مع مثيلاتها النظرية ؟



شكل (رقم - ٢)

الضياع في الشحنة لطول معين من الأنبوب

شكل رقم (2)
الجهاز المستعمل لايجاد معامل Xl حنكاوي الأنابيب

2.11.7 جدول القراءات والنتائج

التسلسل	الحجم m^3	الزمن sec	التصريف m^3/sec	السرعة m/sec	رقم رينولدز	h_1 m	h_2 m	dh m	λ	f (6.7)	فقد الجريان	الملاحظات
1												
2												
3												
.												
.												
.												
n												

طول الانبوب المستعمل =

قطر الانبوب المستعمل =

درجة حرارة الماء =

اللزوجة الكينماتية للماء =

درجة n من المنحنى =

رقم رينولدز الحرج من المنحنى =

2.12 دراسة توزيع الضغط في المبسم

2.12.1 مقدمة :-

في حالة جريان سائل ماغير معرض لضغط خارجي خلال مبسم اسطواني الشكل يتعرض اثناء دخوله المبسم وبتأثير عزم التصور الذاتي على جزيئاته إلى تخصر في مقطعه في المقطع (C-C) الشكل (رقم-1).

بعد هذا المقطع يعود السائل إلى التمدد ويملأ مقطع المبسم حتى نهايته، وبسبب وجود هذا التقلص في مقطع السائل اثناء جريانه خلال المبسم تتكون مجموعة من الدوامات في المنطقة المحصورة بين مدخل المبسم والمقطع (C-C) وبما ان طول المبسم قصير جداً لذلك يمكن اهمال الضياع في الشحنة بسبب الاحتكاك، ويكون السبب الرئيسي للضياع في الشحنة هو تكون الدوامات في المبسم ولذلك فان الضغط بين مدخل المبسم والمقطع (C-C) يكون اقل من الضغط الجوي شكل(رقم-1). بينما يعود الضغط بعد المقطع (C-C)وإلى نهاية المبسم ليساوي الضغط الجوي .

أن حالة الجريان اعلاه لاتتم الا بتوفير الشرطين التاليين :-

1- طول المبسم (L) يجب ان يكون ضمن الحدود التالية

$$d\ (\ 3.5\text{-}4.0\ ) < L < (\ 6.0\text{-}7.0\ )\ d$$

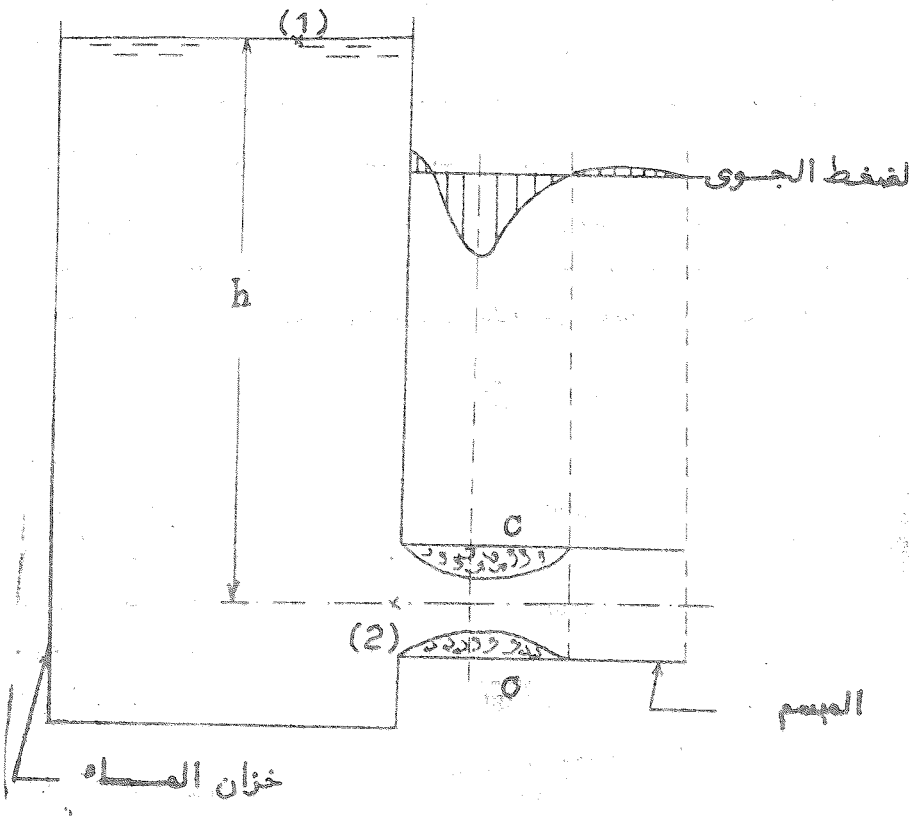
حيث (d) ... تمثل قطر المبسم .

2- شحنة ضغط الفراغ في المقطع (C-C) يجب ان لاتقل عن شحنة ضغط الفراغ المسموح بها للسائل المستعمل في التجربة (h_p) في تلك الدرجة الحرارية .

حيث :
$$\frac{p_c}{\gamma} \leq h_p$$

p_c ..... ضغط الفراغ في المقطع (C-C) .

في حالة كون (d(3.5-4)>L) فان هذا الطول لن يكون كافياً للسائل لكي يتمدد ويملأ المبسم، اما اذا كان (d(6.0-7.0)>L) فان الضياع في الشحنة في هذه الحالة سيكون كبيراً بحيث لايمكن اهماله.



شكل (رقم —1)

شكل يمثل خزان للماء ربط به مجسم مقطعه دائري، يلاحظ انسياب خطوط الجريان وتغير الضغط خلال المجسم مقارنة بالضغط الجوي

اما أذا كان الشرط الثاني غير متوفر فان الضغط في المبسم سيكون متخلخلاً والجريان ثابت .

في حالة استعمال الماء في التجربة فان شحنة ضغط الفراغ المسموح بها تكون (8m) .

2.12.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

يفرض وجود خزان ماء ثبت في احد جوانبه مبسم بحيث يكون محوره افقياً ويكون الجريان تحت ضغط جوي اعتيادي ، ان سرعة تدفق الماء من المبسم يمكن ايجادها باستعمال معادلة برنولي (Bernoulli's equation) بين النقطة (1) والنقطة (2)

$$V = \sqrt{2gh} \qquad \ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث

V ... سرعة تدفق الماء من المبسم m/sec

h ... ارتفاع الماء عن محور المبسم m

g .... التعجيل الارضي m/sec^2

وبذلك يكون التصريف خلال المبسم

$$Q = a\sqrt{2gh} \qquad \ldots\ldots (2)$$

حيث

Q ..... التصريف m^3/sec

a ..... مساحة مقطع المبسم m^2

عملياً هناك بعض الضياع في الشحنة بسبب تكون الدوامات في المبسم ولذلك يجب تصحيح معادلة السرعة والتصريف كما يلي :-

$$V = C_V\sqrt{2gh} \qquad \ldots\ldots (3)$$

$$Q = C_d\, a\sqrt{2gh} \qquad \ldots\ldots (4)$$

حيث C_V .... معامل السرعة

C_d .... معامل التصريف

في نهاية المبسم يكون الجريان كاملاً ولا يوجد تقلص في مساحته لذلك فان

$$C_v = C_d \qquad \ldots\ldots\ldots (5)$$

ان المعادلة رقم (1) استنتجت بواسطة معادلة برنولي على فرض عدم وجود ضياع في الشحنة خلال المبسم، ولكن هناك ضياع في الشحنة مقداره(h_1) فتكون معادلة برنولي

$$h = V^2/2g + h_1$$
$$h_1 = h - V^2/2g \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

وبالتعويض عن قيمة (h) من المعادلة رقم (3) فان

$$h_1 = \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{1}{C_v^2} - \frac{V^2}{2g}$$

$$h_1 = \frac{V^2}{2g}\left(\frac{1}{C_v^2} - 1\right) \qquad \ldots\ldots\ldots (7)$$

حيث(h_1) تمثل الضياع في الشحنة خلال المبسم بالامتار.

وعلى فرض ان الضياع في الشحنة نتيجة التوسع الفجائي في الجريان بعد المقطع (C - C) وباستعمال معادلة بوردا (Borda equation) فان :-

$$h_1 = \frac{(V_c - V)^2}{2g}$$

حيث

V_c ..... سرعة الجريان في المقطع (C-C) m/sec

V ..... سرعة الجريان في نهاية المبسم m/sec

ومن معادلة الاستمرارية

حيث

$V_c a_c = V.a$

a_c ..... مساحة مقطع الجريان في المقطع (C - C) m^2

a ..... مساحة مقطع الجريان في نهاية المبسم m^2

بالتعويض عن قيمة (V_c) في معادلة بوردا

$$h_l = \frac{(\frac{V.a}{a_c} - V)^2}{2g}$$

$$h_l = \frac{V^2}{2g}(\frac{a}{a_c} - 1)^2 \quad \ldots(8)$$

ومن المعادلة (7) و (8) يمكن ايجاد قيمة (a_c)

$$a_c = \frac{a}{1+\sqrt{\frac{1}{C_v^2} - 1}} \quad \ldots\ldots(9)$$

وبتطبيق معادلة برنولي بين المقطع (C-C) ومؤخر المبسم يكون

$$\frac{P_c}{\gamma} + \frac{V^2_c}{2g} = \frac{V^2}{2g} + h_l$$

بالتعويض عن قيمة (V_c) من معادلة الاستمرارية في المعادلة السابقة

$$\frac{P_c}{\gamma} = \frac{V_c^2}{2g} - \frac{V^2}{2g}.\frac{a^2}{a_c^2} + h_l$$

$$= -\frac{V^2}{2g}(\frac{a^2}{a_c^2} - 1) + h_l$$

او

$$\frac{P_c}{\gamma} = h_l - \frac{V^2}{2g}(\frac{a^2}{a_c^2} - 1) \quad \ldots(10)$$

2.12.3 الجهاز المستعمل في التجربة

ان الجهاز المستعمل في هذه التجربة عبارة عن خزان يثبت المبسم على احد جوانبه في نفس المستوى العامودي للخزان، ويزود الخزان بالماء عن طريق انبوب التجهيز وبواسطة صمام السيطرة المتصل بالانبوب يتم التحكم بتجهيز الماء إلى الخزان ، ويمتد خلال الخزان

وبصورة عمودية انبوب الطفح الذي تكون فتحته في اعلى الخزان وفائدة هذا الانبوب الحصول على تصريف ثابت في الخزان وذلك بطفح الماء الزائد خارج الخزان بعد وصوله اعلى الخزان.

2.12.4 خطوات العمل

1 — يثبت المبسم في خزان الماء ويقاس طول المبسم وقطره .

2— يفتح صمام التجهيز ويسمح لكمية من الماء بالدخول إلى مستوى منتصف المبسم حيث يقاس ارتفاع الماء في الخزان عندها.

3— يفتح صمام التجهيز باقصى طاقة ممكنة ويترك لفترة قصيرة ليستقر ويهدأ. يسجل ارتفاع الماء داخل الخزان ويقاس التصريف بواسطة اسطوانة مدرجة حيث يسجل حجم الماء المتجمع فيها في زمن معين.

4— يقفل صمام التجهيز تدريجياًلعدة مرات ويقاس ارتفاع الماء في الخزان والتصريف في كل مرة. تؤخذ مابين (6–8) قراءات.

2.12.5 الحسابات والنتائج

1 — يحسب التصريف (Q) m^3/sec

$$Q = \frac{Vol.}{t}$$

2 — تحسب قيمة (C_d) من المعادلة رقم(4) .

3 — تحسب قيمة ($\frac{P_c}{\gamma}$) من المعادلة رقم(10).

4 — ترسم العلاقة بين (Q) و (h) على ورق لوغاريتمي وتحسب قيمة (C_d) من المنحني الناتج.

5 — ترسم العلاقة بين $\frac{P_c}{\gamma}$ و (h) على ورق لوغاريتمي ثم توضح المعادلة التي تربط بينهما وكيفية التوصل اليها من المنحني وبالاعتمادعلى المعادلة رقم (10) :

2.12.6 أسئلة للمناقشة

1 — كيف يتغير ضغط الفراغ مع ارتفاع الماء في الخزان (h)، ماهي العلاقة الرياضية بينهما؟

2 — ماانواع المباسم المستعملة في المجالاتالعملية؟

3 — ماالتطبيقات العملية لاستعمال المبسم؟

2.12.7 جدول القراءات والنتائج

$\frac{P_c}{\gamma}$ معادلة 10 m	a_c معادلة 9_a m^2	h_L معادلة 7 m	C_d معادلة 4	التصريف m^3/sec	الزمن sec	الحجم m^3	h m	القراءة
								1
								2
								3
								.
								.
								.
								.
								.
								.
								n

قيمة C_d من المنحنى =

2.1 قياس التصريف بواسطة السد الغاطس في القنوات المفتوحة

2.13. مقدمة : —

للسد الغاطس استعمالات كثيرة في مجالات هندسة المياه وخاصة لتنظيم وقياس التصريف في الانهر والقنوات المفتوحة . وتكون العلاقة بين مستوى الماء في مقدم السد الغاطس والتصريف من اعلى السد معلومة بحيث يقاس مستوى الماء أعلى السد الغاطس لايجاد التصريف في القناة .

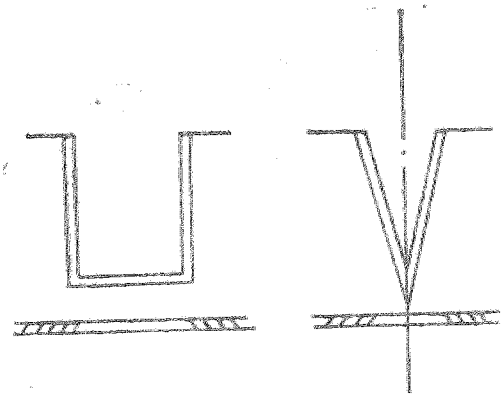
يشاهد في شكل (رقم –1) مجموعة مختلفة الاشكال من السد الغاطس وقد صنعت بقطع جزء هندسي من لوحة معدنية ويكون هذا الجزء بشكل مستطيل او مربع او نصف دائرة او على شكل حرف (V) وتكون حافة القطع حادة بحيث يسهل تدفق الماء من خلال الفتحة بسرعة .

2.13.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

في الشكل (رقم – 2) نفرض حركة جزيئة من الماء من نقطة (A) في مقدم السد الغاطس الى النقطة (B) في نفس المستوى العمودي الذي يضم لوحة السد الغاطس وبفرض انه لايوجد فقدان في الطاقة وبالرجوع الى معادلة برنولي (Bernoulli's equation)

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

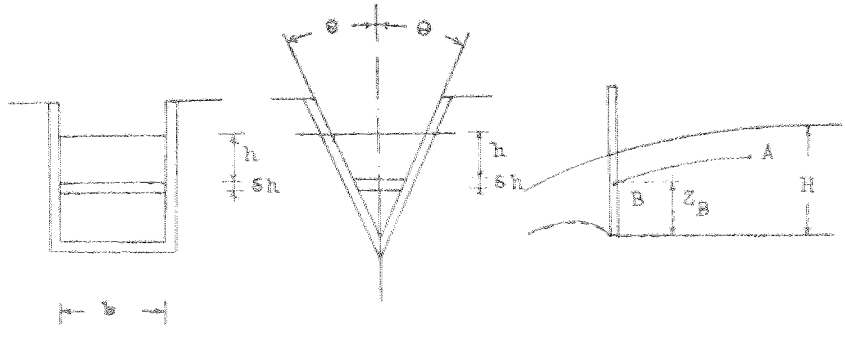
بفرض ان مساحة مقطع الاقتراب اكبر كثيراً من مساحة مقطع ثلمة السد الغاطس فان المستوى العمودي الذي يضم (A) سيكون في حالة سكون تقريباً وتكون جميع النقاط في ذلك المستوى تحت ضغط هيدروستاتيكي والشحنة الكلية على كل منها متساوية ومقدارها (H) لاحظ الشكل (رقم – 2) ، وبفرض ان الضغط في نقطة (B) يساوي صفر ($P_B=o$)



سد فاطس بثلمة على شكل الحرف ـ V ـ

سد فاطس بثلمة مستطيلة

شكل (رقم ـ 1)



شكل (رقم ـ 2)

حركة الماء في قناة مفتوحة تحت ضغط هايدروستاتيكـــــي

اي انه يساوي الضغط الجوي وبذلك تصبح المعادلة رقم (1)
بالشكل التالي : —

$$\frac{V_B^2}{2g} + Z_B = H \qquad \ldots\ldots\ldots (2)$$

$$H - Z_B = h \qquad \ldots\ldots\ldots (3)$$

ومن الشكل (رقم — 2)

$$\frac{V_B^2}{2g} = h \qquad \ldots\ldots\ldots (4)$$

ويمكن ايجاد التصريف بواسطة التكامل . ففي حالة سد غاطس بثلمة مستطيلة عرضها (b) فان مساحة الجزء الذي ارتفاعه (δh) تكون ($b\delta h$) لذا فان وحدة التصريف (δQ) لهذا الجزء تكون

$$\delta Q = V_B b \delta h = \sqrt{2hg}\ b\ \delta h \qquad \ldots\ldots\ldots (5)$$

وبايجاد التكامل للمعادلة رقم (5) حيث (h) تتغير من صفر الى (H) فان

$$Q = \int_0^H \sqrt{2gh}\ b\,\delta h$$

$$Q = 2/3\ \sqrt{2g}\ b\ H^{3/2} \qquad \ldots\ldots\ldots (6)$$

اما في حالة السد الغاطس بثلمة على شكل حرف (V) بزاوية مقدارها (2θ) فان عرض اي جزء سيكون $2(H-h)(\tan\theta)$ وأذا كان ارتفاع هذا الجزء (δh) فان مساحته تكون $2(H-h)\tan\theta\ \delta h)$ وبذا تكون وحدة التصريف

$$\delta Q = V_B\ 2(H-h)\tan\theta\,\delta h = \sqrt{2gh}\ 2(H-h)\tan\theta\,\delta h \qquad \ldots\ldots (7)$$

وبايجاد التكامل للمعادلة السابقة فان

$$Q = \int_{o}^{H} \sqrt{2gh}\ 2(H-h)\tan\theta\ \delta h$$

$$Q = \frac{8}{15}\sqrt{2g}\ \tan\theta\ H^{5/2} \qquad \ldots\ldots (8)$$

من الملاحظ وجود تقلص في مقطع الجريان حين يمر من لوحة السد الغاطس في المستوى العامودي حيث ينخفض السطح الاعلى للماء فوق ثلمة السد الغاطس والسطح الاسفل يقفز من اعلى حافة الثلمة، وكذلك في المستوى الافقي حيث يسلك الماء مساراً منحنياً مقلصاً عرض مقطع الجريان وان هذا التقلص يؤدي الى تقليل التصريف اعلى السد الغاطس. ويمكن الآن كتابة معادلة التصريف بالصورة التالية (للسد الغاطس بثلمة مستطيلة)

$$Q = C_D\ \frac{2}{3}\sqrt{2g}\ b\ H^{3/2} \qquad \ldots\ldots (9)$$

وبالنسبة للسد الغاطس بثلمة على شكل الحرف (V)

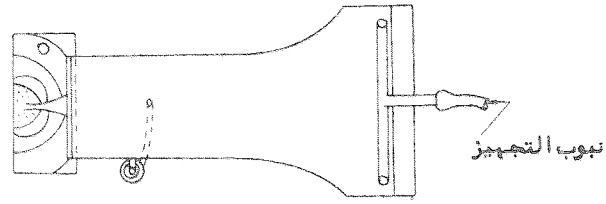
$$Q = C_D\ \frac{8}{15}\sqrt{2g}\ \tan\theta\ H^{5/2}$$

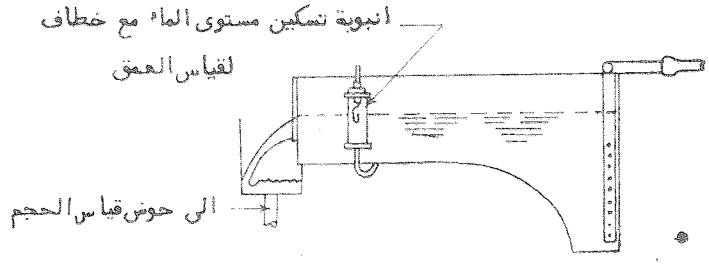
ان قيمة معامل التصريف (Cd) يتم ايجادها عملياً في المختبر .

2.13.3 الجهاز المستعمل في التجربة

في الشكل (رقم – 3) ينتقل الماء من حوض التجهيز بواسطة انبوب مرن الى انبوب آخر بشكل حرف (T) الذي يقوم بتوزيع الماء في الجزء العريض من الحوض ثم ينتقل الماء من خلال مقطع متحصر الى قناة قصيرة في نهايتها اخدود تثبت لوحة السد الغاطس بواسطته شكل (رقم – 3) ، وينتقل الماء الذي يمر من السد الغاطس الى حوض آخر ثم ينتقل بواسطة انبوب مرن الى حوض القياس .

ان مستوى الماء في القناة القصيرة الضيقة في اعلى السد الغاطس يمكن الحصول عليه بواسطة انبوبة مدرجة مثبتة بجانب الجهاز من الخارج ومتصلة بقعر القناة ويوجد في هذه الانبوبة





شكل (رقم — 3)

الجهاز المستعمل في التجربـــــة

مقياس يتكون من خطاف حاد مربوط في نهاية ذراع يدور لولبياً بواسطة صامولة يمكن بواسطتها تحريك الخطاف الى الاعلى او الاسفل .
ان الذراع يكون مقسم الى سنتمترات وملمترات بينما تقسم الصامولة الى اجزاء عشرية من الملمتر .

2.13.4 خطوات العمل

1 – يجب التأكد من تثبيت الجهاز بصورة افقية وتثبت قراءة الصفر للخطاف في انبوبة قياس ارتفاع الماء (ان قراءة الصفر او البداية تمثل ارتفاع الماء في قناة الاقتراب حين يكون الماء بمستوى حافة الثلمة الحادة) .
يستعمل سد غاطس بثلمة مستطيلة .
2 – يتم التحكم بكمية التصريف بواسطة صمام حوض التجهيز ويفضل بعد تثبيت نقطة الصفر البدء بأعلى تصريف ممكن ثم يتم تقليل هذا التصريف تدريجياً بحيث يمكن الحصول على (6–8) قراءات مختلفة التصريف ولكل منها يسجل ارتفاع الماء داخل قناة الاقتراب.
3 – يقاس الحجم والزمن لكل تصريف بواسطة حوض القياس .
4 – تعاد الخطوات (3.2-1) بعد تغيير السد الغاطس واستعمال سد غاطس بثلمة على شكل الحرف (V) .
5 – تقاس ابعاد الثلمة للسد الغاطس المستطيلة والتي بشكل حرف (V) .

2.13.5 الحسابات والنتائج

1 – يحسب التصريف لكل قراءة حيث

$$Q_{act.}=\frac{Vol.}{t}$$

2 – تحسب قيمة (C_d) من المعادلتين (10,9) ولكل نوع من انواع السد الغاطس حيث

$$C_d=\frac{Q_{act.}}{Q_{th.}}$$

3 – ترسم العلاقة بين التصريف وارتفاع الماء اعلى السد الغاطس على ورق بياني اعتيادي.
4 – ترسم العلاقة بين التصريف وارتفاع الماء اعلى السد الغاطس على ورق لوغاريتمي وتحسب قيمة (C_d) من المنحني حيث

$$Q=KH^n$$

حيث

n .... تمثل انحدار المنحني

K .... قيمة ثابتة تساوي قيمة التصريف (Q) عندما تكون (H=1) وبعد حساب (K) تحسب

قيمة (C_d) حيث

(في حالة السد الفاطس بثلمة مستطيلة) $K = C_d \frac{2}{3}\sqrt{2g}\ b$

(في حالة السد الفاطس بثلمة على شكل الحرف V) $K = C_d \frac{8}{15}\sqrt{2g}\ \tan\theta$.

6. 2.13 أسئلة للمناقشة

1- ما التطبيقات العملية لهذه التجربة ؟

2- الى أية درجة تنطبق النتائج التي تم الحصول عليها عملياً مع مماثلاتها النظرية ؟

3- على أية مسافة من السد الفاطس يجري قياس ارتفاع منسوب الماء ؟

4- أيهما أفضل في الاستعمال السد الفاطس بثلمة مستطيلة أم سد غاطس بثلمة على شكل حرف (V) . ولماذا ؟

2.13.7 جدول القراءات والنتائج

الرقم المسلسل	الحجم	الزمن	ارتفاع الماء اعلى السد H	التصريف	C_d	قيم تحسب من المنحنى		
	m^3	sec	m	m^3/sec		n	K	C_d
سد غاطس بثلمة مستطيلة								
1								
2								
3								
.								
.								
.								
n								
سد غاطس بثلمة على شكل حرف - V								
1								
2								
3								
.								
.								
.								
n								

الفصل الثالث

تجارب المجموعة الثانية

3.1 توزيع السرعة في القنوات المفتوحة

3.1.1 مقدمة :-

بصورة عامة يصنف جريان الماء في مجاري الأنهر والجداول كنوع من أنواع الجريان في القنوات المفتوحة . ان كمية التصريف خلال أي مقطع في قناة ما تعتمد اعتماداً مباشراً على مساحة ذلك المقطع ومعدل السرعة خلاله ، وفي هذا المقطع فإن سرعة الجريان تتغير من نقطة إلى أخرى إذ تكون أعلى قيمة لها قرب سطح الماء وتقل كلما اقتربت من القعر ، وتدل الدراسات النظرية على أن تغير سرعة الجريان على امتداد خط عمودي في المقطع يتبع تغيراً لوغاريتمياً ومن الممكن اثبات ان معدل السرعة يكون على عمق (0.6y) من السطح حيث (y) عمق الماء في ذلك الخط العمودي . من هنا يصبح من الضروري ايجاد سرعة الجريان في نقاط مختلفة للمقطع كي يتسنى معرفة معدل السرعة في ذلك المقطع .

ان الغاية من هذه التجربة هي دراسة التغير في السرعة على طول الخط العمودي من القناة المفتوحة وباستعمال انبوب بيتوت لقياس السرعة على أعماق مختلفة من المقطع ثم رسم منحني تغيير السرعة مع عمق الماء ومن ثم ايجاد معدل السرعة في ذلك المقطع من المنحني الناتج:

3.1.2 العلاقات النظرية التي تعتمد عليها التجربة

A – توزيع السرع في القنوات المفتوحة :

كما سبق القول فإن السرعة لاتتوزع بصورة منتظمة بسبب مقاومة الاحتكاك في قعر وجوانب القناة ووجود السطح الحر ؛ إن السرعة تكون صغيرة جداً وقريبة من الصفر بالقرب من حدود القناة (القعر والجوانب) وتزداد كلما ابتعدنا عن هذه الحدود ؛ كما تبلغ اعلى قيمة لها تحت سطح الماء على مسافة (0.05 إلى 0.25) من عمق الماء في ذلك الخط العمودي .

في حالة الجريان المضطرب فإن تغير السرعة في الخط العمودي يتبع العلاقات اللوغاريتمية في أغلب الأحيان أما في الجريان الصفحائي فإن السرعة تتوزع حسب قانون القطع المكافيء .

ان رقم رينولدز الحرج بالنسبة للقنوات المفتوحة والذي يتغير فيه الجريان من الصفحائي إلى المضطرب هو (500) .

$$R_e = \frac{V.R}{\nu}$$