أجب عن جميع الأسئلة التالية: **(الدرجة الكلية: ٦٠ درجة)**

السؤال الأول: (٢٠ درجة)

أ- اذكر ما تعرفه عن الطرق المختلفة للقياس مع توضيح مراحلها المختلفة. (٥ درجات)

يوجد طريقتين للقياس هما:
- طريقة القياس المباشر.
- طريقة القياس غير المباشر.

أ- القياس المباشر:

وفيه تتم مقارنة القيم المجهولة المراد قياسها بمقياس معيارى. ولكن هذه الطريقة محدودة ودقتها محدودة أيضا اذ انها تستخدم فقط فى حالة ايجاد الابعاد الطولية باستخدام المسطرة العادية التى لا يمكن ان تزيد دقة القياس بها غالبا عن نصف ملليمتر، أو فى حالة ايجاد اتجاه باستخدام المنقلة ودقة القياس بها محدودة أيضا.

ب- القياس الغير مباشر:

وفى هذه الطريقة يتكون جهاز القياس من عدة أجزاء أولها جزء حساس للقيمة المقاسة التى تسمى القيمة المجهولة Input ثم عدة أجزاء اخرى فائدها تحويل القيمة المجهولة إلى قيمة يمكن قياسها، سواء كانت هذه القيمة من نفس طبيعة القيمة المجهولة أو بصورة أخرى تحاكيها. وبذلك يمكن قراءة نتيجة القياس Output كدالة للقيمة المجهولة المقاسة Input.

فبالنسبة للانسان فإن حواسه (وأهمها حاسة البصر) لا يمكن أن تقدر القيمة المقاسة (ولتكن الوزن مثلا) بطريقة مباشرة، ولكنها تحتاج الى جهاز يتأثر بالقيمة المجهولة، ثم يحتاج أيضا إلى جهاز أوأجهزة أخرى تحول القيمة المجهولة إلى صورة أخرى مثل حركة مؤشر الميزان على سطح مدرج، حتى يمكن لحاسة البصر أن تقرأها بسهولة.

وعملية تحويل هذه قد تكون بسيطة للغاية مثل حالة استخدام عدسة مكبرة لتوضيح أو تضخم القيمة المقاسة، وقد تكون أكثر تعقيدا كأن تضم روافع ميكانيكية أو أجهزة كهربائية كل منها يؤدى عملا خاصا مثل:

١- استخلاص القيمة المراد قياسها عن طريق ترشيحها من قيم أخرى مختلطة معها.
٢- تضخيم تأثير الجزء الحساس للقيمة المقاسة حتى يمكن تمييزها بسهولة.
٣- تسجيل منيجة قياس القيم المقاسة او ايضاحها على هيئة قراءة أو منحنى أو غيرها من طرق الايضاح أو التسجيل.
٤- سرعة تتبع القيم المقاسة التى تتغير سريعا مع الزمن، وهى ما يعبر عنه بالقيم الديناميكية وهنا تظهر أهمية أجهزة القياس الكهربائية، اذ ان مثل هذه الاجهزة يمكنها أداء هذه العمليات المختلفة بكفاءة عالية خاصة بالنسبة للقيم الديناميكية التى تتغير بسرعة كبيرة فى زمن صغير.

وبصفة عامة يمكن تقسيم اى جهاز قياس الى ثلاث اجزاء يكون كل جزء منها مرحلة من مراحل القياس الثلاثة وهى:

١- **مرحلة التحويل الحسى Detector-transducer stage:**

وفيها يحس المحول الحسى – وهو الجزء الحساس للجهاز بالقيمة المجهولة ويحولها إلى قيمة قد تخالفها فى طبيعة تكوينها ولكنها تحاكى القيمة المجهولة، اى تزيد اذا زادت وتنقص اذا نقصت. ويشترط فى هذه المرحلة ان يكون الاحساس للقيم المراد قياسها أعلى ما يمكن، أى يكون المحول الحسى شديد الحساسية لها بينما يكون احساسه لغيرها من القيم المختلطة معها اقل ما يمكن.

٢- **مرحلة التحويل الوسطى Intermediate modifying stage:**

وفيها تتم بعض التعديلات على القيم المحولة سواء بتنقيتها من القيم الاخرى المختلطة بها، او تضخيمها او اجراء غيرها من التعديلات حتى يمكن الاستفادة من القيمة المحولة الاخيرة بأعلى كفاءة مع الاحتفاظ بدقة عالية للقياس.

٣- **مرحلة الايضاح النهائية Terminating stage:**

وتشمل هذه المرحلة الاخيرة الاجهزة التى توضح نتيجة القياس سواء كان ذلك عن طريق مؤشر Indicator يتحول أمام سطح مدرج لوحدات قياس معترف بها علميا، او عن طريق تسجيلها على خريطة أو ورقة رسم بيانى chart recording أو تسجيلها فى عداد counter.

ب- تعترض عملية القياس بعض الأخطاء، ناقش هذه العبارة موضحا انواع الاخطاء المختلفة. (٥ درجات)

أولا: الاخطاء Errors

تعترض عملية القياس بعض العوامل التى تسبب حدوث أخطاء في نتيجة القياس، فبصفة عامة يمكن تقسيم هذه الاخطاء الى ثلاث أقسام يختلف كل منهما في طبيعته وهي الاخطاء الثابتة والاخطاء الاعتباطية ،وأخطاء الاهمال.

١ـ الاخطاء الثابتة : Systematic or Fixed Error

وتشمل الأخطاء التى لها صفة الثبات في المقدار او الاتجاه، وذلك نتيجة لاجراء عملية القياس تحت تأثير عوامل لها تأثير معين ثابت. ومن أمثلة هذه الأخطاء:

أ- **أخطاء بشرية : Human errors :**

ومن أمثلتها ميل شخص ما للنظر الى الاناء المدرجة بزاوية معينة تبين قراءة أكبر مما يجب أو أقل مما يجب.

ب- أخطاء معايرة calibration errors :

فكثير ما يكون بجهاز القياس خطأ داخلى نتج عن خطأ في التصميم أو التصنيع أو الصيانة، ومثل هذه الاخطاء ثابتة التأثير سواء بالزيادة أو النقصان، ولذلك فيمكن تداركها بالمعايرة في أحوال كثيرة، ولكن اذا كانت القيمة المقاسة ومعقدة التركيب فكثيرا ما تفشل عملية المعايرة في تدارك مثل هذه الاخطاء.

جـ أخطاء في طريقة الاداء Technique and Experimental error :

وقد تنتج مثل هذه الاخطاء نتيجة لاستخدام طريقة معينة في القياس تسبب بعض الاخطاء .

٢ـ الاخطاء الاعتباطية Random errors :

وهذه الاخطاء غير ثابتة التأثير سواء في الاتجاه أو المقدار. وقد تنتج مثل هذه الاخطاء من تغير في الظروف المحيطة بعملية القياس والتى لايمكن التحكم فيها، مثل حدوث ذبذبة وقتية أو حدوث ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارة أحد أجزاء جهاز القياس أو حدوث احتكاك غير متوقع بها. وقد تحدث مثل هذه الاخطاء الاعتباطية نتيجة لنظر بشري كاختلاف في زاوية النظر للتدريج بين قراءة وأخرى.

٣ـ أخطاء الاهمال Illegitimate errors :

وهذه الاخطاء يجب تلافيها بكل الطرق اذ انها ناتجة عن اهمال في اجراء عملية القياس او عدم اخذ قرارات مكررة او عدم العناية في قراءة نتيجة المقياس او عدم الاهتمام بمنع ذبذبة الجهاز او التحكم في درجة الحرارة طالما كان ذلك في الامكان. كذلك تحدث أخطاء الاهمال نتيجة للاهمال في حساب نتائج القياس او في تدوينها او في تجريبها.

تصحيح القراءات:

كثير ما يمكن تقدير انحراف القيمة المقاسة إلى حد ما عن القيمة الحقيقية، وبذلك يمكن تصحيح القيمة المقاسة باضافة معامل تصحيح عليها اضافة جبرية أو بضربها في معامل التصحيح.

وفي هذه الحالة يعبر عن القيمة المقاسة المصححة بالتعبير " نتيجة القياس Result "

وبذلك يمكن ايجاد نتائج القياس من المعادلة:

$$Result = (C_1 \times Measured\ value) + C_2$$

حيث أن:

C_1, C_2 معاملات تصحيح

ت- اذكر ما تعرفه عن طرق تثبيت مقاييس الانفعال. (٥ درجات)

أـ تثبيت المقاييس المثبتة على ورق : paper-back gauge

وتثبيت بمادة النتروسيليلوز nitro cellulose cement مثل الدوكو Duko فيوضع أولاً مادة اللصق بكمية كبيرة نسبياً على السطح المراد اختباره – ثم يوضع المقياس بعد ذلك مع الحرص على عدم وجود فقاقيع هوائية خلفه والحرص أيضاً على عدم ثقب أو تهتك لمادة العزل لشبكة المقياس، مما يحدث دائرة فصل بين سلك المقياس والسطح المعدنى ويجب لاحظ أن الأطراف تلتوى أحياناً لأعلى ولا ضرر من ذلك طالما أن المساحة أسفل الشبكة تامة الالتصاق، كذلك يجب الانتباه إلى انه بعد تمام ثبات المقياس على السطح المعدنى، إلا أن مادة اللحام تحت المقياس تكون لازالت سائلة، لذلك بفضل تغطية موقع المقياس بطبقة رفيعة من الأسفنج المطاطى بسمك ما بين ٣-١٠ملليمتر والضغط عليه بثقل حوالى ½ إلى ١ كجم. أو يتم الضغط بسوستة أو زاوية ضغط Clamp أو بشريط لاصق مشدود أو بالضغط عليها بالأصابع لمدة ٥ دقائق على اضعف الإيمان . ثم يترك المقياس لمدة ٨ ساعات على الأقل قبل الاستقبال.

ب- تثبيت المقاييس المثبته على الباكليت : Bakelite gauge

وتثبيت هذه المقاييس أصعب لأنها تحتاج إلى ضغط لا يقل عن ٢ ضغط جوى أى ٢ كجم/سم^2 حتى يتم جفاف مادة اللصق ويصل أحياناً إلى ٧ – ١٤كم/سم^2 كما أنها تحتاج إلى عملية إنضاج حرارى إضافية كما يلى حيثي يستخدم معها بان تثبيت فينوليه phenol-resin cement التسخين إلى درجة ٦٠°م لمدة ساعة، ثم التسخين إلى درجة ٧٥°م لمدة ساعتين ثم التسخين إلى ١٢٠°م لمدة ساعتين، ثم يرفع الضغط من على المقياس وتسخين إلى درجة ما بين ١٣٥ – ١٧٥°م لمدة ساعة واحدة، ثم يسخن المقياس إلى الدرجة التى سوف يتم القياس عليها عدة مرات حتى نحصل على ثبات للواءات بعد ذلك.

جـ- تثبيت المقاييس المثبته على مادة الابوكس – Epoxy resin backing :

وغالباً ما تكون المقاييس ذات الرقائق المعدنية foil grid، ويستخدم معها مادة لصق مصنوعة من الايبوكس Epoxy cement thermosetting type التى تحتاج إلى حرارة لتمام النضج. ولتثبيت هذه المقاييس ينظف أولاً السطح وظهر المقياس بمادة الكلوروايتليا الثلاثى trichloroethylene مع التعامل مع المقياس بملقط منعاً للتلوث ، ثم يحضر مادة التثبيت بمزج عدد ٢ مكون بالنسب الموصى بها لذلك مع الحرص على سرعة الاستخدام إذ أن المدة المسموح بها لا تتعدى نصف الساعة بعد عملية الخلط، ثم يوضع مادة اللصق بكمية كافية على السطح المراد اختباره بواسطة فرشاه مع الحرص على عدم وجود فقاقيع هواء. ثم يوضع المقياس بحيث تكون الشبكة لأعلى مع الضغط لإزالة مادة اللصق الزائدة أو أى فقاقيع.

ث- بين باستخدام التحليل البعدى أن تصرف المضخة الطاردة المركزية يمكن تحديد بالعلاقة الاتية: (٥ درجات)

$$R = \rho D^2 V^2 f\left(\frac{\mu}{\rho V D}\right)$$

حيث ان:

R المقاومة D قطر الحبيبة الكروية V سرعة الحبيبة

ρ كثافة المائع μ لزوجة المائع

هذه العلاقة يمكن كتابتها على الصورة الاتية:

$$R = f(D, V, \rho, \mu)$$
$$= k(D^a, V^b, \rho^c, \mu^d) \quad (1)$$

وبالتعويض بأبعاد الكميات الموجودة فى طرفى المعادلة السابقة:

$$(MLT^{-2}) = k\left[(L)^a \cdot (LT^{-1})^b \cdot (ML^{-3})^c (ML^{-1}T^{-1})^d\right]$$

وبمساواة قوى كل من M, L, T فى طرفى المعادلة السابقة حسب نظرية الابعاد

$$for\ \mathrm{M}, \quad 1 = c + d \quad (2)$$
$$for\ \mathrm{L}, \quad 1 = a + b - 3c - d \quad (3)$$
$$for\ \mathrm{T}, \quad -2 = -b - d \quad (4)$$

من المعادلة رقم (٢) نجد ان:

$$c = 1 - d$$

وبالمثل من المعادلة رقم (٤) نجد أن:

$$b = 2 - d$$

وبالمثل من المعادلة رقم (٣) نجد أن:

$$a = 1 - b + 3c + d$$
$$= 1 - (2 - d) + 3(1 - d) + d$$
$$= 1 - 2 + d + 3 - 3d + d$$
$$= 2 - d$$

وبالتعويض عن قيم a, b, c فى المعادلة رقم (١):

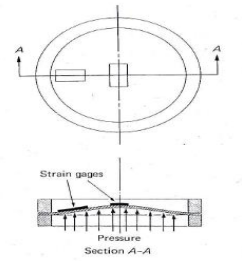
$$R = k(D^{2-d}, V^{2-d}, \rho^{1-d}, \mu^d)$$
$$= \rho D^2 V^2 k\left(\frac{\mu}{\rho V D}\right)^d$$
$$= \rho D^2 V^2 f\left(\frac{\mu}{\rho V D}\right)$$

السؤال الثانى: (٢٠ درجة)

أ- اذكر نوعين من المحولات الحسية الثانوية المستخدمة مع الاغشية المرنة لقياس الضغط، مع رسم مبسط لكل نوع وشرح مختصر لطريقة اداءه. (٦ درجات)

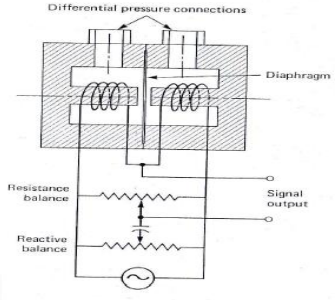
١- استخدام مقياس الانفعال ذى المقاومة : Resistance strain gage

ولابد من استخدام مقاييس انفعال صغيرة وعادة تلصق فى وضع مركزى أى فى مركز الغشاء بينما يلصق الآخر فى اتجاه قرب الحافة والمقياس المركزى يقيس انفعال شد بينما المقياس قرب الحافة يقيس انفعال ضغط نتيجة الانحناء إلى أعلى. ولذا يمكن وصل المقياسين لذراعين متجاورين من قنطرة هويتسون مما يعرض لأى اختلاف فى درجة الحرارة ويضاعف المخرج.



٢- استخدام مقياس انفعال ذى تيار تأثيرى : Inductive type

وفى هذا النوع يوضع الغشاء المرن بين ملفين، فعند حدوث الضغط يميل الغشاء للانحناء ناحية الملف والبعد عن الملف الآخر مما يغير من التيارات المنقولة بالتأثير وبالتالى يمكن استخراج فرق الضغط من قنطرة التيار التأثيرى.



ب- اذكر طرق قياس السريان. (٦ درجات)

١- الطرق الابتدائية أو طريقة الكميات Primary or quantity methods

أ- الوزن أو حجم الخزان Weight or volume tanks

ب- مقياس الإزاحة الايجابى Positive – displacement meters

٢- مقاييس السريان : : Flow meters

أ- مقاييس الاختناق Obstruction meters

أ-١- جهاز الفينشورى Venturi meters

أ-٢- فتحة السريان Flow nozzles

أ- ٣- فواهة السريان Orifices

ب- أجهزة المساحة المتغيرة Variable – area meters

جـ- أجهزة القياس التوربينية والمورحية Turbine and propeller meters

د – أجهزة السريان المغناطيسية Magnetic flow meters (liquid only)

هـ- أجهزة الدوامة Vortex shedding meters

٣- مجسات السرعة : Velocity probes

أ- مجسات الضغط Pressure probes

أ- ١- الضغط الكلى وأنابيب تيوب الإستاتيكية

أ-٢- المجسات ذات الإحساس الاتجاهى Direction –sensing probes

ب- جهاز الأنيموميتر المزود بسلك ساخن أو غشاء ساخن

جـ- الأساليب المتناثرة التى تعتمد على الضوء المتناثر Scattering techniques

جـ-١- جهاز الأنيموميتر الخاص بأشعة ليزر دوبلر

جـ-٢- جهاز الأنيموميتر ذات الموجات فوق مغناطيسية

٤- الأساليب المرئية للسريان : Flow-visualization techniques

أ- الدخان أو السحاب المنتشر فوق سلك الدخان

ب- الحقن الصبغى – الترسيب الكيماوى

جـ- فقاعة الهيدروجين (للسوائل) Hydrogen bubble (liquids).

د. تضخم الأشعة الذى يحدث التفلور الإشعاعى Laser-included fluorescence

ت- باستخدام معادلة برنولى لمائع غير قابل للانضغاط يمر خلال انبوبة مختلفة القطر اثبت ان. (٨ درجات)

$$Q_{Total} = KA_2\sqrt{\frac{2g_c\Delta P}{\rho}}$$

فى حالة الموائع الغير قابلة للانضغاط for in compressible fluids

$$\rho_1 = \rho_2 \qquad \text{and} \qquad Q = A_1V_1 = A_2V_2$$

حيث أن:

Q التصرف

A المساحة

$$Z_1 = Z_2$$

$$V_1 = \frac{A_2}{A_1}(V_2)$$

بالتعويض فى معادلة برنولى

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g_c} + \frac{(Z_2 - Z_1)g}{g_c}$$

$$P_1 - P_2 = \frac{V_2^2\rho}{2g_c}\left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right]$$

$$Q_{total} = A_2V_2 = \left[\frac{A_2}{\sqrt{1-(A_2/A_1)^2}}\right]\sqrt{\frac{2g_c(P_1 - P_2)}{\rho}}$$

إذا تم إعطائنا المساحة الأولى والمساحة الثانية هناك معامل يسمى بمعامل السرعة.

$$E = \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1-\left(\frac{\frac{\pi}{4}d^2}{\frac{\pi}{4}D^2}\right)^2}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{1-B^4}}$$

$$B = \frac{d}{D}$$

حيث ان:

d القطر الصغير

D القطر الكبير

وهناك معاملين آخرين يستخدموا فى حسابات أجهزة السريان وهما:

١- معامل التصرف C

٢- معامل السريان K

$$C = \frac{Q_{total}}{Q_{Ideal}}$$

$$K = CE$$

$$= \frac{C}{\sqrt{1-B^4}}$$

$$Q_{Total} = Q_{Ideal} \times C$$

$$= KA_2\sqrt{\frac{2g_c}{\rho}}\sqrt{P_1 - P_2}$$

فى حالة استخدام نظام الوحدات الدولى فان معامل التحويل $g_c = 1$

$$Q_{Total} = Q_{Ideal} \times C$$

$$= KA_2\sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}}$$

السؤال الثالث: (٢٠ درجة)

أ- اذكر فقط طرق قياس المحتوى الرطوبى، ثم اشرح واحدة منها بالتفصيل. (٦ درجات)

١- طريقة الافران
٢- طرق التقطير
٣- الطرق الكيماوية
٤- الطرق الكهربية
٥- طرق قياس شدة الضوء النسبية
٦- الطرق النووية
٧- طرق النيترونات المبعثرة

شرح طرق النيوترونات المبعثرة : Neutron Scatting Methods

وفى هذه الطرق تنبعث نيوترونات سريعة من مصدر ويتسبب الماء فى المواد فى تقليل سرعة هذه النيوترونات السريعة ويتم تسجيل النيوترونات البطيئة عند وصولها إلى أنبوبة العداد التى تسجل النيوترونات السريعة. وكلما ارتفع مقدار المحتوى الرطوبى كلما زاد عدد النيوترونات البطيئة التى تصل إلى أنبوبة العداد. والعنصر الرئيسى لامتصاص النيوترونات السرعية هو الهيدروجين ولذلك فهناك ارتباط تام بين مقدار الماء فى المادة وعدد النيوترونات البطيئة التى تصل إلى العداد حيث أن الماء هو المصدر الرئيسى للهيدروجين فى التربة أو المواد الزراعية المختلفة.

ب- تكلم باختصار عن:- (٦ درجات)

المقارن الميكانيكى – المقارن الهوائى – مقياس الاختراق – مقياس الجذب أو التوتر الرطوبى

المقارن الميكانيكى:

وفيه يتصل فك متحرك لأعلى وأسفل بفك ثابت عن طريق ريشة مرنة كما يتصل الفكان بقاعدة المؤشر ريسة مرنة أيضاً، فإذا تحرك الفك المتحرك بالنسبة للثابت تحرك المؤشر لليمين أو اليسار كما فى شكل (٤-١). ولاستخدام جهاز المقارن الميكانيكى توضع البلوكات أولاً على قاعدة القياس ويضبط الدليل والمكان الثابت والمتحرك بحيث يعطى المؤشرات صفر ثم ترفع بلوكات القياسى ويوضع الجسم إعداد قياسه أو التأكد من قياسه فإذا تحرك الفك لأعلى أو لأسفل يقوم المؤشر توازن مقدار الإزاحة مباشرة. وتتم معايرة وتدريج المقياس عن طريق استخدام بلوكات لقياس أيضاً.

المقارن الهوائى : Pneumatic comparator

يبين الشكل المقارن الهوائى .يعتمد هذا المقارن على مساحة فتحتى مرور الهواء A_1 ، A_2 التى يتسبب عنها فرق فى الضبط P_s أى ضغط المصدر عن الضغط عن فتحة الخروج النهائية P_i، وتتوقف مساحة فتحة الخروج النهائية على المساحة d بين ارتفاع البلوكات أو الجسم بالمقاس ونهاية أنبوبة طروح الهواء حسب المعادلات التالية:

$$\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 = \frac{P_s}{P_i} - \frac{P_i}{P_s}$$

مقياس الاختراق: Penetrometer

يقاس تماسك التربة (soil compaction) بعدة طرق منها قياس الكثافة الظاهرية (bulk density) أو النفاذية، الخ... ولكن الطريقة الشائعة لبساطتها هى قياس مقاومة الاختراق (penetration resistance). وتستخدم هذه الطريقة مجسا مخروطيا ذا مقطع محدد المساحة، وتقيس القوة اللازمة للتغلب على مقاومة التربة لاختراقه عند مختلف الأعماق. فتقاس القوة عادة بواسطة يای معاير، أو بواسطة مقاييس الانفعال (strain gages). وتقسم القوة على مساحة مقطع المجس ويسمى الضغط الناتج "معامل الاختراق penetration index). ولهذه الطريقة توصيف قياسى باسم الجمعية الأمريكية للهندسة الزراعية (الشكل التالى). وهناك طريقة أخرى للقياس تعتمد على دفع المجس بعدد معين من الطرقات من كتلة تسقط من ارتفاع معين مع ملاحظة عمق الاختراق.

مقياس الجذب أو التوتر الرطوبى (Tensiometer)

هذه الطريقة غير مباشرة لتقدير الرطوبة. وهى لا تقيس الرطوبة بالضبط، ولكن تفيد فى معرفة حاجة التربة الى الرى. تعتمد فكرة الجهاز على أن التربة تمتص الرطوبة التى تجاورها بخاصية الجذب الاسموزى والتوتر السطحى والانتشار الشعرى. وكلما زادت الرطوبة فى التربة يقل الجذب (التوتر أو الشفط) الرطوبى الى أن ينعدم عند درجة التشبع المائى. ويتكون الجهاز من انبوبة رأسية تمتلئ بالماء، وتدفع فى ثقب بالتربة الى العمق المطلوب القياس عنده. وبطرف الانبوب السفلى كوب مسامى (أو وعاء porous cup) تنشع المياه منه الى التربة المجاورة (والتى يجب أن تكون ملتصقة معه تماما) فتسبب انخفاضا فى الضغط دخل الانبوب. ويقاس هذا الضغط بواسطة مقياس (مانومتر)، أو بواسطة انبوبة مانومترية بها زئبق الشكل التالى.

ت- اذا كان طول سلك L ومساحة مقطعه CD^2 يتعرض لانفعال محورى يسبب زيادة فى طوله فاثبت ان:-

$$F = 1 + 2v + \frac{d\rho/\rho}{dL/L}$$ (٨ درجات)

إذا كان طول السلك L ومساحة مقطعه CD^2 فإن الانفعال المحورى يسبب زيادة فى طوله ونقص فى الأبعاد المستعرضة نتيجة نسبة بواسون وبذلك تزداد مقاومته فإذا كانت المقاومة أولاً هى :

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{CD^2}$$

وعند إجهاد السلك

$$dR = \frac{CD^2(Ld\rho + \rho dL) - 2C\rho LDdD}{(CD^2)^2}$$

$$= \frac{1}{CD^2}\left((Ld\rho + \rho dL) - 2\rho L\frac{dD}{D}\right)$$

ومن المعادلتين السابقتين نستنتج أن:

$$\frac{dR}{R} = \frac{dL}{L} - 2\frac{dD}{D} + \frac{d\rho}{\rho}$$

يمكن اعادة كتابة المعادلة السابقة كما يلى:

$$\frac{dR/R}{dL/L} = 1 - 2\frac{dD/D}{dL/L} + \frac{d\rho/\rho}{dL/L}$$

وحيث ان:

$$\frac{dL}{L} = \varepsilon_a = axial \text{ strain}$$

$$\frac{dD}{D} = \varepsilon_L = lateral \text{ strain}$$

$$\mu = v = Poisson's \text{ ratio} = \frac{\mathrm{dD/D}}{dL/L}$$

$$\mathrm{F} = \frac{\mathrm{dR/R}}{dL/L} = \frac{\mathrm{dR/R}}{\varepsilon_a} = 1 + 2v + \frac{\mathrm{d}\rho/\rho}{dL/L}$$

مع أطيب التمنيات بالتوفيق ،،،