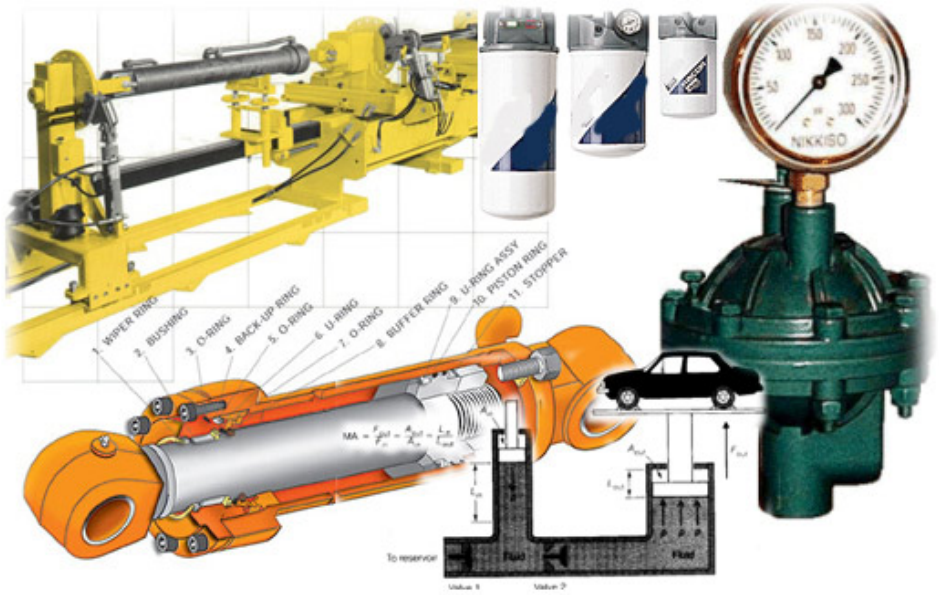
المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية

أساسيات قدرة الموائع

١١٣ نظم



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي؛ لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " أساسيات قدرة الموائع لمتدربي قسم" تقنية الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية " للكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه ، إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

هذه الحقيبة التدريبية هي حقيبة أساسيات قدرة الموائع . والهدف من دراسة هذه الحقيبة هو التعرف على خواص الموائع (سائل أو غاز) تمهيدا لاستنتاج القوانين التي تحكم هذه الموائع. ومن ثم استخدام هذه القوانين في دراسة تنفيذ وتشغيل المنظومات الهيدرولية والنيوماتية، حيث يعتمد نقل القدرة في هذه المنظومات على المائع – سائل أو غاز - كوسيط نقل.

ويتم نقل هذه القدرة في المنظومات عن طريق تغيير ضغط المائع وبالتالي فإن معرفة خواص الموائع والقوانين التي تحكمها تعتبر عرض لعلم الهيدروليكا الصناعية وتطبيقاتها والتي تعتمد اعتمادا كليا على القوى السائلة. أما في مجال النيوماتيك ، فإن الاعتماد هنا يكون على قوة الهواء المضغوط بعد إعداده وتنظيفه من الرطوبة والشوائب.

لقد صممت هذه الحقيبة لكي يتمكن المتدرب في النهاية من المهارات الآتية :

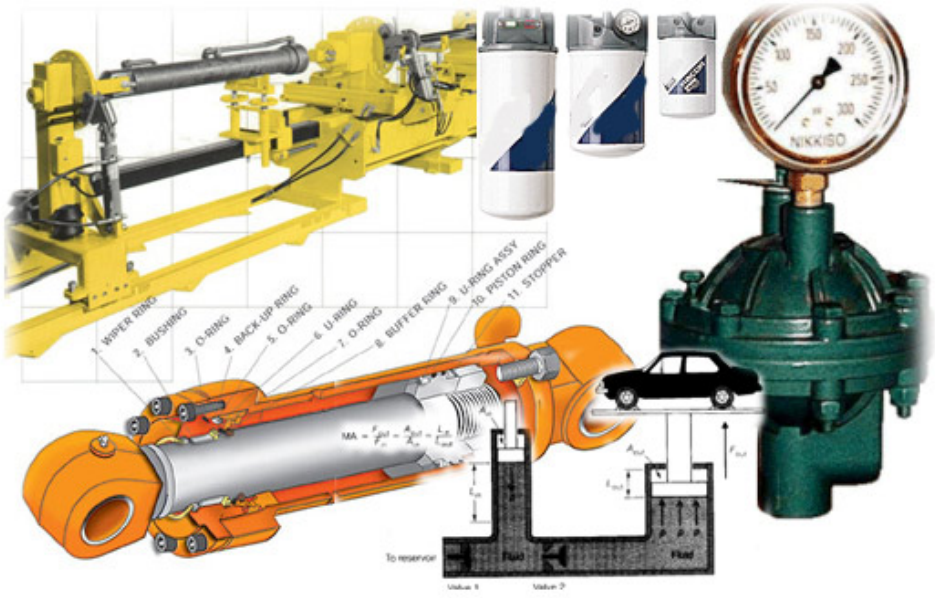
- أن يعرف الخواص الطبيعية للنظم الهيدروليكية مع القوانين الأساسية للهيدروستاتيات والهيدروديناميات.
- أن يعرف خواص زيوت الهيدروليك ويستطيع تحديد مواصفاتها.
- إجراء حسابات الفقد في الضغط في المواسير.
- معرفة نظرية عمل التركيب الانشائي ومعرفة رموز المضخات و الأسطوانات والمحركات الهيدروليكية وأيضا صمامات التحكم في الضغط والسريان.
- معرفة الخواص الأساسية للهواء المضغوط كوسيط لنقل الطاقة لأغراض التحكم والنوعية الضرورية للهواء المضغوط.
- معرفة الأسس الواجب مراعاتها عند تحضير الهواء المضغوط ، وأجهزة تحويل الطاقة النيوماتية وأجهزة التحكم في الطاقة النيوماتية.

يجب التنوية إلى أننا قد أعطينا اختبارا ذاتيا في الوحدات الأولى من الحقيبة وسعينا قدر الإمكان لإعطاء الأمثلة لكل فكرة في جميع الوحدات لكي يتمكن المتدرب من تقييم فهمه للمادة .

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

اساسيات قدرة الموائع

الوحدات والأبعاد الهندسية



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادراً على التفريق بين الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة والتحويل فيما بين النظام الدولي للوحدات والنظام الإنجليزي.

الاهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- معرفة الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة والتفريق فيما بينها .
- التفريق بين النظام الدولي للوحدات والنظام الانجليزي .
- وزن المعادلات عن طريق الوحدات .

مستوى الاداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ١٠٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

ساعتان

الوسائل المساعدة :

١. حل بعض التمارين في تحويل الوحدات .

متطلبات الجدارة :

طالما أنه لا يوجد شيء قبل هذه المهمة ، يجب التدريب على جميع المهارات لأول مرة.

مقدمـــه :

إ ن النتائج الكمية لأي بحث تقني أو هندسي يجب في النهاية التعبير عنها بدلالة الأرقام. عليه لابد من الفهم الوا ضح للأبعاد والوحدات التي تصف الكميات الهندسية الشائعة الاستخدام في مجال النظم الهيدروليكية والنيوماتية . ومن المهم جدا عدم الخلط بين مصطلحي الأبعاد والوحدات. .فالبعد عبارة عن مصطلح يصف الكمية الفيزيائية التي تكون تحت الدراسة .

فالطول، المساحة ، الحجم ،الكتلة، الزمن ، السرعة ، درجة الحرارة ، الطاقة تعتبر كلها أبعاداً مختلفة . ويمكن - بطبيعة الحال- التعبير عن بعض هذه الأبعاد بدلالة أخرى .

فالمساحة هي مربع الطول والسرعة هي المسافة (بعد طولي) مقسومة على الزمن .

أما الوحدة فهي عبارة عن مصطلح يستخدم في قياس حجم أو مقدار كمية ذات بعد معين . ولهذا فإن الأمتار والأقدام والكيلومترات والأميال تكون كلها وحدات لقياس بعد الطول. و.هناك عدة أنظمة للوحدات استخدمت وما زالت تستخدم إلا أن التطورات الأخيرة اقتضت تطبيع نظام جديد يستخدم في جميع أنحاء العالم. عليه فقد تم تعديل النظام المتري وسمي بالنظام العا لمي للوحدات International System Of Units" والمعروف اختصارا بالرمز (SI) في جميع اللغات .

وعلى الرغم من ذلك فإننا في مجال الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية سوف نتعامل مع الأنظمة القديمة للوحدات لسنوات عديدة وذلك لأن كثيرا من المواصفات الصناعية والبينات في المنشورات التقنية والعلمية والكتب الدراسية في مجال الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية ما زالت موجودة بالأنظمة القديمة للوحدات . عليه لابد للمتدربين أن تكون لديهم المقدرة على التحويل من الوحدات القديمة إلى نظام الـ (SI).

تحويل الوحدات :

من أفضل الطرق لاتقان أي مهارة هي ضرب الأمثلة ، لإتقان مهارة تحويل الوحدات سوف نبدأ بالامثلة التوضيحية لإتقان هذه المهارة المهمة كأساس لمعظم العلوم الهندسية بما فيها أساسيات قدرة الموائع.

المثـال الأول :

حول سرعة $60\frac{mile}{hr}$ إلى $\frac{m}{\sec}$

الحل :

$1ft = 0.3048m \quad ,1mile = 5280ft \quad ,1hr = 3600sec$

هذه العلاقة يمكن التعبير عنها بطريقة بديلة كما يلي :

$$0.3084 \times \frac{m}{ft} = 1$$

$$5280 \times \frac{ft}{mile} = 1$$

$$3600 \times \frac{\sec}{hr} = 1$$

وحيث إن كلاً من معاملات التحويل هذه تساوي الواحد (الوحدة) ، فإن أي كمية يمكن أن تضرب بها أو تقسم عليها بدون تغيير قيمتها.

فإذا رتبت المعاملات بحيث تحذف الوحدات غير المطلوبة ، فإن النتيجة المرغوبة سوف يتم الحصول عليها :

$$\left(60\frac{mile}{hr}\right) = \left(60\frac{mile}{hr}\right)\left(0.3048\frac{m}{ft}\right)\left(5280\frac{ft}{miles}\right)\left(\frac{1}{3600}\frac{hr}{\sec}\right) = \frac{(60)(0.3048)(5280)}{3600}\left(\frac{m}{\sec}\right) = 26.8\left(\frac{m}{\sec}\right)$$

وتعطي جداول لمعاملات التحويل في كل المعاجم العلمية والهندسية وفي كثير من الكتب الدراسية ، كما يمكن استخدام الطريقة في المثال أعلاه بكل سهولة.

سنعطي هنا مراجعة مختصرة لوحدات نظام الـ SI والمستعملة في مجال الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية.

الوحدات لأساسية لنظام الـ SI هي:

- وحدة الطول وتساوي متر واحد (1m) وبعدها هو (L)
- وحدة الكتلة وتساوي كيلوجرام واحد (1kg) وبعدها هو (M)
- وحدة الزمن وتساوي ثانية واحدة (1sec) وبعدها هو (T)
- وحدة درجة الحرارة وتساوي كلفن واحدة (1k)

أما الوحدات المشتقة المستخدمة في هذا المجال فهي:

- الحجم: ووحدة الحجم هي المتر المكعب (m^3)
- السرعة: وهي معدل تغير المسافة بالنسبة للزمن ووحداتها متر لكل ثانية (m/sec) .
- القوة: ووحدة القوة تسمى بالنيوتن Newton ويرمز لها بالرمز (N)، وهو وحدة القوة التي تعجل كتلة كيلوجرام واحد بعجلة مقدارها متر واحد لكل ثانية تربيع (m/sec^2).
- الضغط: يعرف الضغط بأنه القوة على وحدة المساحة. عليه فوحدات الضغط الأساسية هي نيوتن /متر مربع (N/m^2) .
- الكثافة: وتعرف على أنها الكتلة لوحدة الحجم أي أن وحدات الكثافة هي كيلوجرام/ متر مكعب (kg/m^3).
- الحجم النوعي: وهو مقلوب الكثافة ويعرف بأنه الحجم لوحدة الكتل ووحدته m^3/kg .
- الطاقة: وهي السعة لعمل شغل ما ووحداتها هي نيوتن . متر (N.m) أو الجول (J) .
- القدرة: وتعرف على أنها معدل إنجاز الشغل ووحداتها الوات (Watt,W) .

الـوزن والضغط والقوة :

هناك بعض الكميات سيتم تعريفها وتسمية وحداتها عند التعرض لها في حينها، ولكن ما يهمنا في هذه الحقيبة كأساسيات لقدرة الموائع هو التركيز ومعرفة العلاقة بين كل من :

- الوزن .
- الضغط .
- القوة .

ستتم التعريفات والحسابات فيما يلي وفق النظام الدولي للوحدات (وحدات SI) .

تعرف الكتلة بأنها مقدار ما في الجسم من مادة . وينتج عن الكتلة التي مقدارها كيلو جرام واحد (1 Kg) قوة وزن تساوي 1 Kpa عند سطح الارض.

طبقا لقانون نيوتن :

القوة = الكتلة × العجلة

$$F = m \cdot a$$

وطبق النظام الوحدات المتري (القديم) ، عندما تكون عجلة الجاذبية الأرضية هي المؤثرة على الكتلة تكون :

القوة = الكتلة × العجلة الارضية

$$F = m \cdot g$$

$$1KPa = 1Kg \times 9.8\frac{m}{\sec^2} = 9.81\frac{kg.m}{\sec^2}$$

أما في النظام الدولي للوحدات (وحدات SI) فيتم استخدام وحدة النيوتن N لقياس القوة F .

ويعرف النيوتن N بأنه مقدار القوة اللازمة لاكساب كتلة مقدارها 1 Kg تسارعا مقداره $1m/s^2$.

$$1N = 1Kg \times 1\frac{m}{s^2} = 1\frac{Kg.m}{s^2}$$

$$1KP = 9.81N$$

وعمليا نستخدم العلاقة التقريبية $1KPa \approx 10N = 1daN$

الضغط :

ويعتبر واحداً من أهم الكميات في الهيدروليكا ، يعرف بأنه مقدار القوة المؤثرة على وحدة المساحات.

الضغط = P القوة = F المساحة = A	$P = \frac{F}{A}$

وفي السابق ، كانت وحدة قياس الضغط هي KP/cm^2
(وحدة ضغط جوي واحدة) $1KP/cm^2 = 1atm$

ومع استخدام وحدة النيوتن لقياس القوة ، ينتج أن :

$$1bar = 10\ N/cm^2 = 1\ daN/cm^2$$

$$1\ bar\ = 1.02\ Kpa/cm^2$$

$$1KPa/cm^2\ = 0.98\ bar$$

عند استخدام النظام الدولي للوحدات (وحدات SI) ، تقاس القوة بوحدات (N) والمساحة بوحدة m^2 ، ويطلق على وحدة قياس الضغط الناتج الباسكال Pa

$$1Pa\ = 1\ N/m^2$$

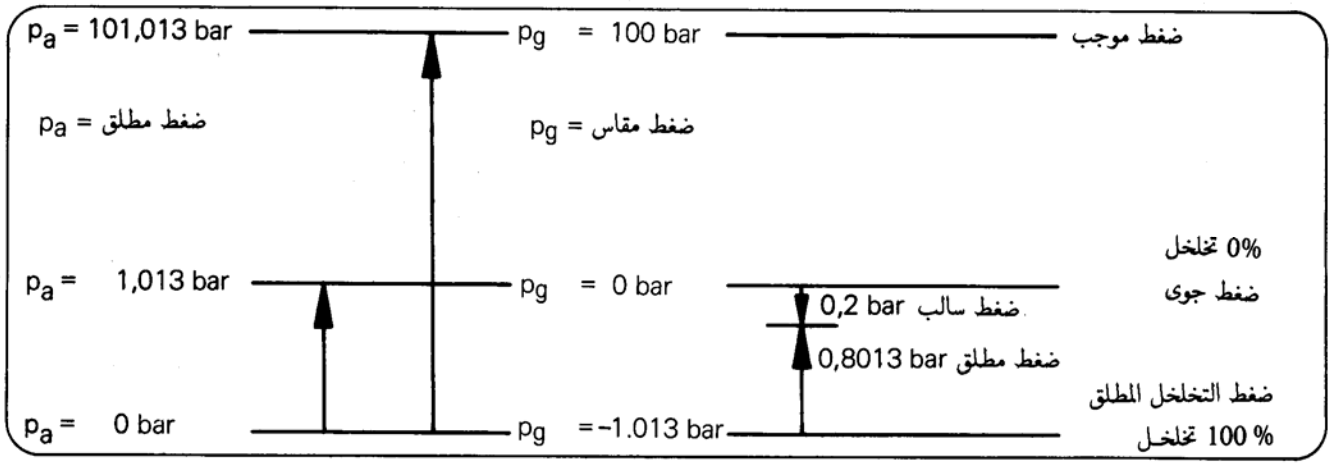
ولما كانت الباسكال وحدة صغيرة عمليا . فإن قيمة الضغط الناتج تكون كبيرة جدا . لذا من الأنسب نتيجة لذلك استخدام وحدة bar في قياس الضغط .

$$1\ bar\ = 100000\ Pa$$

من ناحية أخرى لا تزال وحدة psi (رطل قوة لكل بوصة مربعة) مستخدمة إلى الآن :

$$1\ bar = 14.5\ psi$$

إلا أن هذه الوحدة ليست معتمدة ضمن الوحدات الواردة في النظام الدولي للوحدات. وفي النظام الدولي للوحدات ، يقصد بالضغط المقاس بوحدة bar الضغط المطلق . الشكل (١ ـ ١) يبين الفرق بين الضغط المطلق والضغط المقاس.



شكل (١ ـ ١) الضغط المطلق والضغط المقاس

نحتاج في كثير من الأحيان للتعامل مع أعداد ضخمة جدا لذلك فإنه من الضروري استخدام مضاعفات العشرة كما هو موضح في الجدول التالي:

مضاعفات العشرة			أجزاء العشرة		
الاسم	الرمز	المضاعف	الاسم	الرمز	المضاعف
دكا deca	de	10	ديسي deci	d	10^{-1}
هيكتو hecto	h	10^{2}	سنتي centi	c	10^{-2}
كيلو kilo	k	10^{3}	ملي milli	m	10^{-3}
ميقا mega	M	10^{6}	مايكرو micro	u	10^{-6}
قيقا giga	G	10^{9}	نانو nano	n	10^{-9}
تيرا tera	T	10^{12}	بيكو pico	p	10^{-12}

كما ذكرنا أن وحدة القوة هي النيوتن، ويتم الحصول عليها من قانون نيوتن الثاني للحركة والذي ينص على أن القوة تتناسب مع معدل التغير الزمني لكمية الحركة (الزخم) ولكتلة معينة يمكن كتابة قانون نيوتن كالتالي:

$$F = \frac{1}{g_c} ma$$

حيث F هي القوة وm هي الكتلة و a هي العجلة و g_c هي مقدار ثابت تعتمد قيمته ووحداته على الوحدات المستخدمة للقوة والكتلة والعجلة. في النظام si تكون وحدة القوة هي النيوتن وتعرف كما يلي:

$$1Newton = \frac{1}{g_c} \times 1kg \times 1\frac{m}{\sec^2}$$

وعليه فان: $g_c = 1\frac{kgm}{Newton \times \sec^2}$

وفي النظام الإنجليزي فإن:

$$1Ib_f = \frac{1}{g_c} \times 1Ib_m \times g\frac{ft}{\sec^2}$$

نلاحظ أن القيمة العددية لـ (g_c) في النظام الإنجليزي هي $32.174\frac{ft.Ib_m}{Ib_f \sec^2}$ في حين أن قيمة هذا الثابت في النظام si هي واحد فقط.

إن الوحدات المستخدمة للطاقة في النظام الإنجليزي هي وحدة طاقة حرارية Btu وللتحويل الطاقة بين هذه الوحدة ووحدات si هي كالتالي:

1 Btu =1054.35 J(or N.m)

مميزات النظام العالمي للوحدات (SI System) **:**

من مميزات النظام العامي للوحدات:

- توحيد اللغة للوحدات.
- تسهيل تبادل المعلومات العلمية لوجود مصطلحات قياسية موحدة.
- توفير الوقت والمجهد اللازمين للحسابات وذلك لأن النظام يستخدم أجزاء ومضاعفات العشرة.

- ألغى النظام العام أي لبس بين الكتلة والوزن إذ أعطاها أسماء مختلفة لوحداتهما وهي kg للكتلة و N للوزن.
- هناك وحدة واحدة لكل كمية طبيعية مهما اختلفت نوعيتها فمثلا الطاقة وحدتها الـ J أو الـ N.m مهما كان نوع الطاقة: طاقة حركة، طاقة داخلية، شغل أو طاقة كهربية.

مثـال :

إذا أكلت قطعتين من الفطير طاقة كل منهما 400 kj ، خلال ساعة، احسب القدرة بالوات W .

الحـــل :

$$Power, P = 2 \times 400 \frac{KJ}{hr}$$

$$P = \left(800 \frac{KJ}{hr}\right)\left(\frac{1000J}{KJ}\right)\left(\frac{hr}{3600 \sec}\right) = 222.2 \frac{J}{\sec} = 222.2W$$

مثـال:

ثلاثة أنواع من الطاقات:

$E_1 = 4000$ J
$E_2 = 10$ W.hr
$E_3 = 20$ kN.m

أوجد مجموع الطاقات بـ KJ و Btu .

الحـــل:

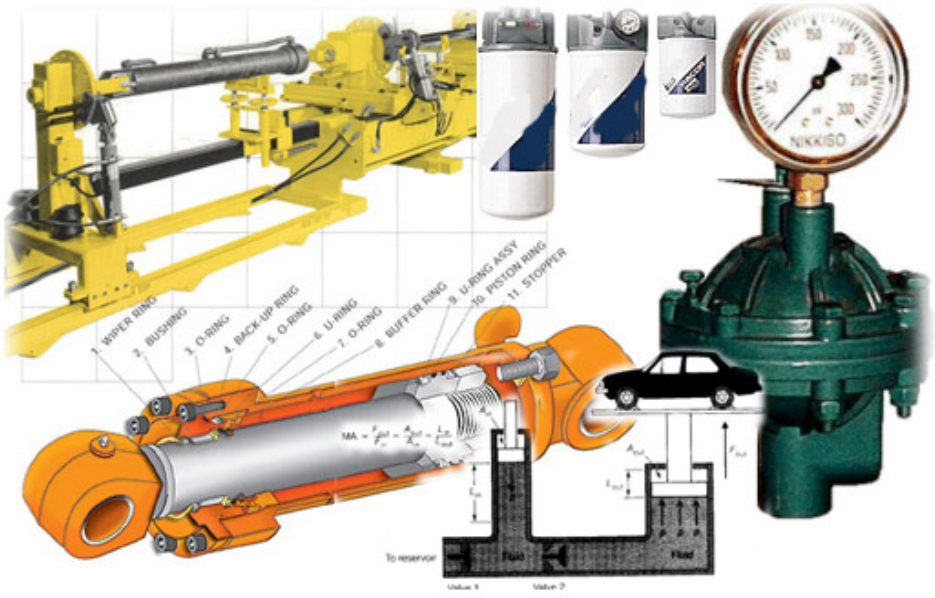
$$\sum E = (4000J)\left(\frac{KJ}{1000J}\right) + \left(10 \frac{J}{\sec} hr\right)\left(\frac{3600 \sec}{hr}\right)\left(\frac{kj}{1000 j}\right) + (20KN.m)\left(\frac{KJ}{KN.m}\right)$$

$$\sum E = 4 + 36 + 20 = 60KJ$$

$$\sum E = (60KJ)\left(\frac{1Btu}{1.055KJ}\right) = 56.87Btu$$

أساسيات قدرة الموائع

الخواص الفيزيائية للموائع



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: التعرف على الخصائص الفيزيائية للموائع .

الاهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- معرفة الخواص الفيزيائية للموائع وكيفية تحديدها
- معرفة الفرق بين معامل اللزوجة المطلقة واللزوجة الكيناماتيكية ومعرفة تأثير الحرارة على اللزوجة المطلقة .

مستوى الاداء المطلوب :

ان لا تقل نسبة اتقان هذه الجدارة عن ٩٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٣ ســـاعات

الوسائل المساعدة :

ســـوف تحتاج إلى الرجوع إلى مقرري الفيزياء التخصصية والرياضيات التخصيصية .

متطلبات الجدارة :

طالما أنه لا يوجد شيء قبل هذه المهمة ، يجب التدريب على جميع المهارات لأول مرة.

مقدمـة :

تعرف الموائع بأنها المواد القابلة للتشكل بشكل الأوعية التي تحتويها وتكون قادرة على السريان وهـذه المـواد هـي السـوائل والغـازات. وميكانيكـا الموائـع هـو العلـم الـذي يـدرس ميكانيكـا السـوائل والغازات أو بصيغة أخرى هو العلم الذي يدرس الموائع في السكون و الحركة. ويعتمد أساسا على نفس المبادئ المستخدمة في ميكانيكا المواد الصلبة. يمكن تقسيم ميكانيكا الموائع إلى قسمين:

- إستاتيكا الموائع : وهي دراسة القوى المؤثرة على المائع في حالة السكون .
- ديناميكا الموائع : وهي دراسة الموائع أثناء الحركة .

إن أهمية ميكانيكا الموائع تتضح تماما عندما نفكر في الدور الذي تلعبه في حياتنا اليومية ففي مجال الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية هناك الرافعة الهيدروليكية التي ترفع مئات الأطنان بمجرد ضغط الزيت عن طريق مضخة والتحكم به عن طريق الصمامات وتوجيهه إلى الأسطوانات أو المحركات الهيدرولية. والكهرباء التي نستخدمها وطرق توليده من المساقط المائية التي تدفع الماء خلال التربينات والتي تولد الطاقة الكهربية أو من الطاقة الحرارية من البخارالذي يدفع خلال التربينات البخارية لتوليد الطاقة الكهربية. وسياراتنا التي نقودها ، ففيها الإطارات الهوائية تعطى السيارة التعليق ، و الوقود يضخ عبر أنابيب، ومقاومة الهواء تكون كابحا للسيارة في مجملها. بل إن حياتنا الشخصية تعتمد على ميكانيكا الموائع، فالدم هو الحياة الذي يجري في أوردتنا وشرايينا هو عملية لميكانيكا الموائع.

لابد من الإشارة هنا إلى أن كل التطور الذي حدث في مجال ميكانيكا الموائع حديثا استخدمت فيه الحاسبات الآلية كما هو الحال في كل المجالات الأخرى. ومازال الحاسب الآلي مرشح للعب دور كبير جدا في هذا المجال.

الكميات الفيزيائية

١/ الكثافة ρ Density:

كثافة أي مائع هي كتلة وحدة الحجم أو كتلة المتر المكعب الواحد من تلك المادة. ويمكن كتابتها كالتالي :

الكثافة = الكتلة / الحجم = $\rho = \frac{m}{V} \frac{kg}{m^3}$

ان كثافة الماء عند درجة حرارة 4c تساوي 1000 kg/m والهواء عند درجة حرارة $20C^o$ وضغط جوي عادي ، فإن الكثافة تساوي 1.2kg/m (كثافة بعض الموائع الشائعة الاستخدام توجد في ملاحق)

٢/الوزن النوعي γ : Specific Weight

يعرف الوزن النوعي بأنه وزن وحدة الحجم أو وزن المتر المكعب الواحد من المادة .ويعبر عنه رياضيا كالتالي :

الوزن النوعي = الوزن / الحجم = $\gamma = \frac{W}{V} \frac{N}{m^3}$

كما يمكن ان يعبر عن الوزن النوعي بدلالة الكثافة كالتالي :

الوزن النوعي = الكثافة × تسارع الجاذبية الأرضية = $\gamma = \rho \times g = \frac{mg}{V}$

٣/الحجم النوعي v : Specific Volume

يعرف الحجم النوعي بأنه الحجم الذي تشغله وحدة الكتلة أو حجم الكيلو جرام الواحد من المادة و يعبر عنه رياضيا كالتالي:

الحجم النوعي = الحجم / الكتلة = $v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \frac{m^3}{kg}$

٤/ الثقل النوعي Specific Gravity : SG

تسمى في بعض الأحيان الكثافة النسبية وهي النسبة بين كثافة المائع وكثافة الماء النقي عند درجة الحرارة القياسية $(4C^0)$

الثقل النوعي = كثافة المائع / كثافة الماء $\quad = \quad SG = \frac{\rho_f}{\rho_w}$

ولان الثقل النوعي نسبة بين وزني نوعين فلا وحدات له.

هنالك ملحوظة هامة هنا وهي أننا عندمانحسب كثافة الغازات فإننا نستخدم القانون العام للغازات المثالية وهو:

قانون الغاز المثالي $\quad p \times v = m \times R \times T$

ومنه نحصل على:

كثافة الغاز: $\quad \rho = \frac{p}{RT}$

حيث :

الضغط المطلق $\quad p = {}^{N}/_{m^2}$

الثابت العام للغازات $\quad R(R = 287\ {}^{J}/_{kg\ K})$

درجة الحرارة المطلقة $\quad T(K)$

كثافة الغاز $\quad \rho = {}^{kg}/_{m^3}$

مثال (٢- ١):

أسطوانة أبعادها كالتالي :قطرها الداخلي 2cm وارتفاعها 4m ، ملئت بزيت حتى ارتفاع 6.3m . إذا علمت أن كتلة الزيت تساوي 9772kg ، فاحسب كثافة الزيت .

الحل:

من قانون الكثافة نحسب الكتلة:

$$\rho = \frac{m}{V}\ \frac{kg}{m^3}$$

$$m = 9772kg$$

من قانون حجم الأسطوانة نحسب الحجم:

$$V = \frac{\pi}{4} d^2 \times h$$

حيث :

d= القطر الداخلي ، h = ارتفاع الأسطوانة

$$V = \frac{\pi}{4} \times 2^2 \times 3.6 = 11.31 m^3$$

ثم نعوض في معادلة الكثافة للحصول على كثافة الزيت المطلوبة :

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{9772}{11.31} = 864 \frac{kg}{m^3}$$

مثال (٢- ٢)

خزان ماء على هيئة متوازي مستطيلات، فإذا كان ارتفاع الخزان يساوي عرضه والعرض يساوي نصف الطول وملئ بماء كثافته 1000kg/m ، وكانت كتلة الماء تساوي 6750 kg ، فاحسب أبعاد الخزان (الطول والعرض والارتفاع).

الحل:

نفرض أن الأبعاد هي كالتالي :

الطول L والعرض W والارتفاع H

إذا كان العرض W فإن الطول هو2W (العرض يساوي نصف الطول) والارتفاع هو W (الارتفاع يساوي العرض) وذلك حسب ماورد في صياغة السؤال . عليه فإن الحجم V يمكن أن يكتب كالتالي :

$$V = l \times w \times h = 2w \times w \times w = 2w^3$$

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

$$1000 = \frac{6750}{2w^3}$$

$$w^3 = \frac{6750}{2000} = 3.375$$

$$w = \sqrt[3]{3.375} = 1.5m$$

$$\therefore l = 2 \times w = 2 \times 1.5 = 3.0m$$

$$\therefore h = w = 1.5m$$

مثال (٢- ٣)

إذا كانت كتلة لترين من زيت البرافين تساوي 1.6k ، احسب الثقل النوعي لزيت البرافين.

الحل:

بما أن اللتر الواحد يساوي 1000cm^3 أي (0.001m^3)

نحسب كثافة الزيت :

$$\rho_f = \frac{m}{V} = \frac{1.6}{2 \times 0.001} = 800 \frac{kg}{m^3}$$

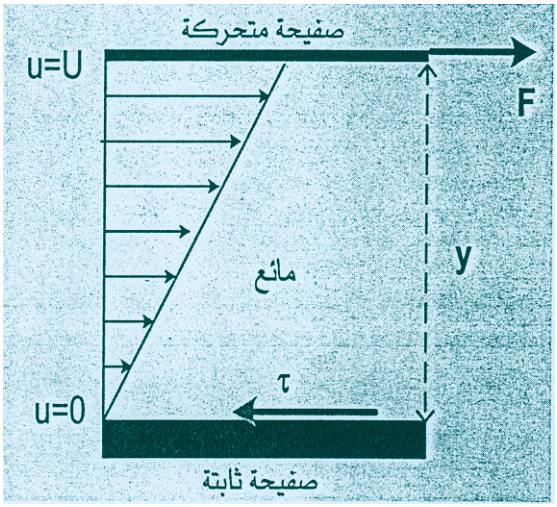
نحسب الثقل النوعي لزيت البرافين وهو النسبة بين كثافة زيت البرافين وكثافة الماء :

$$SG_f = \frac{\rho_f}{\rho_w} = \frac{800}{1000} = 0.8$$

اللزوجة Viscosity :

تنساب بعض السوائل بسهولة مقارنة بغيرها ، فالماء مثلا سائل أخف من زيت المحركات لأنه ينساب بسهولة. وهذا يعني أن لكل سائل خاصية تتحكم بمعدل سريانه. هذه الخاصية في الواقع هي مايعرف باللزوجة. ولاتختصر اللزوجة على السوائل فقط، وإنما تعم كل الموائع أي السوائل والغازات. وبها يتعين سهولة انسياب المائع. ويمكن اعتبارها مقياسا لمدى مقاومة المائع لقوى القص التي تحاول تحريف شكله.

وبإجراء التجرابة التالية يمكن التوصل الىتعريف اللزوجة بدلالة كمية يمكن قياسهافي المختبر .



شكل (١.٢) تجربة اللزوجة

إذا افترضنا وجود مائع بين صفحتين (كما هو موضح بالشكل (٢ـ١) أحدهما ثابت والآخر يتحرك بسرعة أفقية قدرها U والمسافة بين اللوحين هي y ومساحة سطح اللوح A والقوة المسببة لحركة اللوح هي F.

ثبت بالتجربة أنه نتجية لتأثير القوة F يحدث إجهاد قص Shear Stress للمائع بين اللوحين . هذا الإجهاد يرمز له بـ τ_w يكون مقاوما للحركة ويعطى بالمعادلة التالية:

اجهاد القص = القوة / المساحة $\qquad \tau_w = \frac{F}{A}$

وجد أيضا أن إجهاد القص هذا يتناسب مع التغير في السرعة بالنسبة للتغير في المسافة بين اللوحين أي أن:

$$\tau_w \alpha \frac{du}{dY}$$

وبصورة أخرى:

اجهاد القص = $\qquad \tau_w = \mu \frac{du}{dy}$

حيث μ هي ثابت التناسب وهي ما يعرف بمعامل اللزوجة أو ما تعارف عليه باللزوجة الديناميكية ، وهي النسبة بين إجهاد القص وانحدار السرعة. رياضيا يعبر عنها بالقانون التالي:

اللزوجة الديناميكية = $\qquad \mu = \frac{\tau_w}{\left(du/dy\right)} \left(\frac{N.\sec}{m^2}\right)$

ووحدات اللزوجة هي (نيوتن . ثانية لكل متر مربع) او(باسكال . ثانية) أو (البويز) $\mu = \frac{N.\sec}{m^2} = Pa.Sec$

اما النسبة بين اللزوجة الديناميكية والكثافة هي ما يعرف باللزوجة الكيناماتيكية(الكينماتية) Cinematic Viscosity

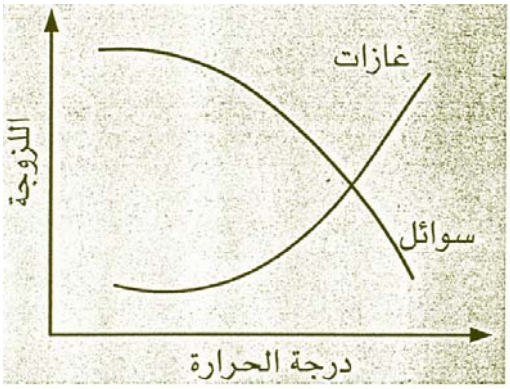
اللزوجة الكيناماتيكية = $\qquad \gamma = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{m^2}{\sec}\right)$

ووحداتها $\frac{m^2}{\sec}$.

تجدر الإشارة هنا أن اللزوجة الكيناماتيكية للغازات بالنسبة إلى اللزوجة الكيناماتيكية للسوائل مرتفعة وذلك بسبب انخفاض كثافة الغازات. بينما اللزوجة الديناميكية للسوائل مرتفعة بالنسبة إلى اللزوجة الديناميكية للغازات. تتغير اللزوجة الكيناماتيكية للغازات بتغير الضغط وذلك لأن الضغط يؤثر على الكثافة.

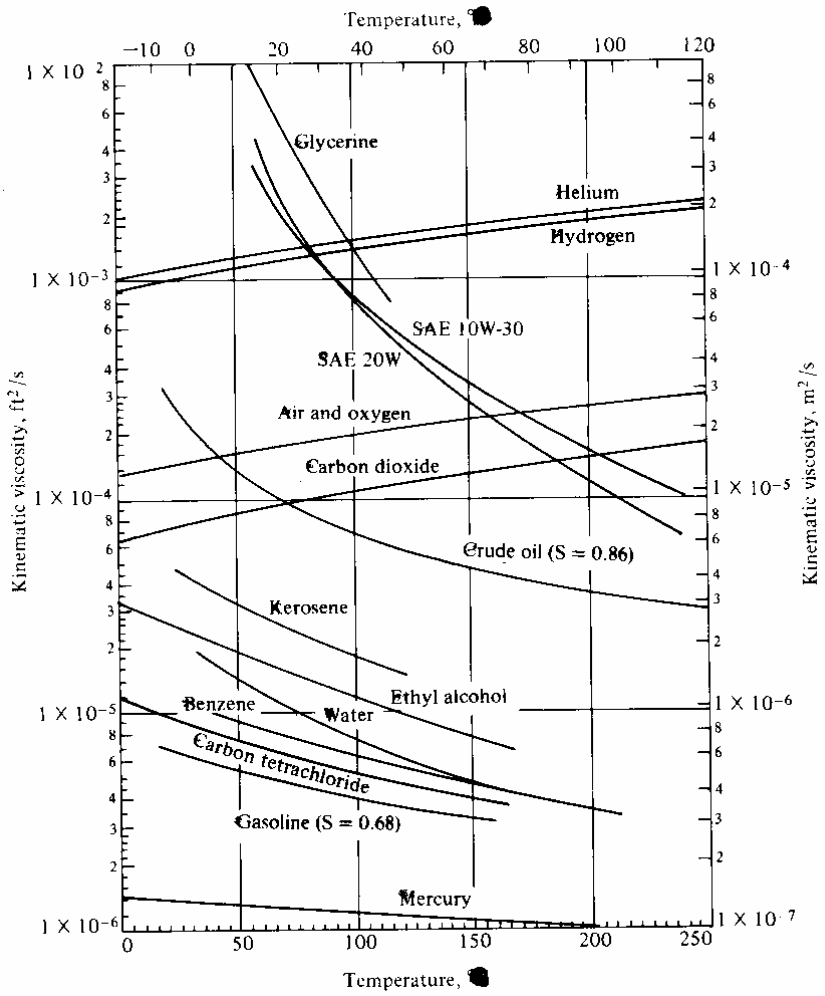
تأثير درجة الحرارة على اللزوجة:

تتأثر اللزوجة بدرجة كبيرة بدرجة الحرارة . فتقل اللزوجة للسوائل بزيادة درجة الحرارة وتزيد اللزوجة لجميع الغازات بارتفاع درجة الحرارة ويرجع ذلك إلى أن قوى التماسك بين جزيئات السائل تقل بزيادة درجة الحرارة وبالتالي تقل اللزوجة . أما في الغازات ، فيؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى زيادة كمية حركة الجزيئات مما يؤدي إلى زيادة معدل تصادم هذه الجزيئات بعضها ببعض وبالتالى تزيد قوة الاحتكاك وقوى القص بين الجزيئات مما يزيد من لزوجة الغازات كما بالشكل (٢.٢).

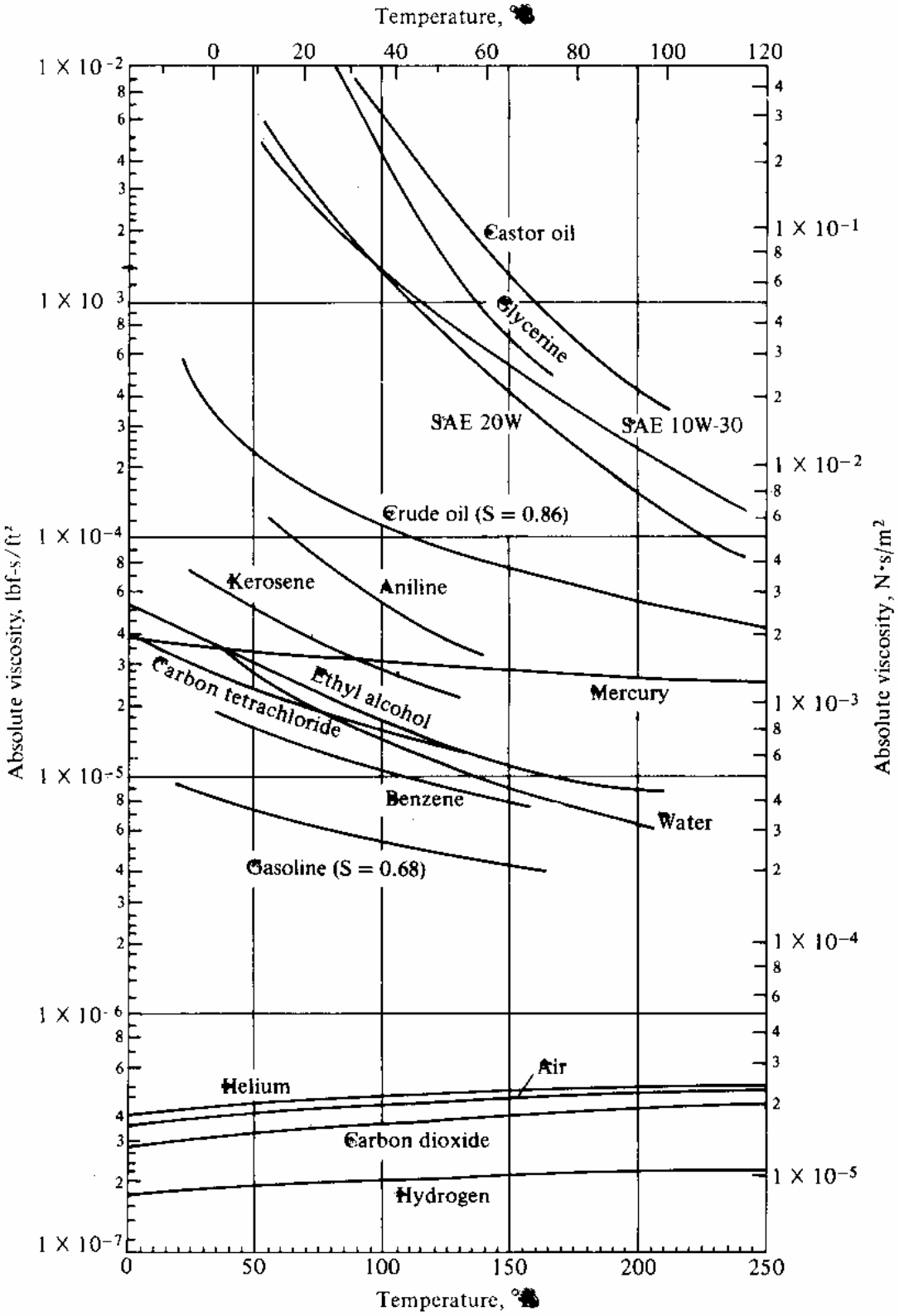


شكل (٢.٢) ثاثير الحرارة على اللزوجة للسوائل والغازات

الشكل (٢ ـ ٣ _ ا) و الشكل (٢ ـ ٣ ـ ب) يبينا تأثر اللزوجة الديناميكية والكينماتية بدرجة الحرارة للسوائل والغازات . كما يمكن إيجاد أي قيمة للزوجة لأي مائع عند أي درجة حرارة.



شكل (٢.٣.١) اللزوجة الكينماتيكية لبعض الموائع وعلاقتها بدرجة الحرارة



شكل (٢.٣ـ ب) اللزوجة الديناميكية (المطلقة) لبعض الموائع وعلاقتها بدرجة الحرارة

مثال (٢- ٤):

أوجد إجهاد القص للماء عند درجة الحرارة المحيطة، إذا كان $\frac{du}{dY}=100\frac{1}{\sec}$ 1 ولزوجة الماء عند نفس درجة الحرارة تساوي 10^{-3} pa.sec.

الحل :

$$\tau = \mu \times \frac{du}{dy}$$

$$\therefore \tau = 10^{-3} \times 100 = 0.1Pa$$

اختبار ذاتي في الخواص الفيزيائية للموائع :

السؤال الأول:

عرف الكثافة ، الحجم النوعي ، الكثافة النسبية واللزوجة.

السؤال الثاني:

إناء حجمه متر مكعب واحد ملئ بـ $0.12m^3$ من الجرانيت صغير الحجم و$0.15m^3$ من الرمل و$0.2m^3$ من الماء وبقية الحجم في الإناء هواء كثافته $1.15kg/m$. أوجد الكثافة المتوسطة للخليط والحجم النوعي المتوسط . (خذ كثافة الجرانيت والرمل والماء بالكيلوجرام للمتر المكعب 2750 و 1500 و 997 على التوالي).

السؤال الثالث:

(أ) أوجد إجهاد القص للماء عند درجة الحرارة المحيطة إذا كان انحدار السرعة يساوي $100\ 1/sec$ ولزوجة الماء عند درجة الحرارة المحيطة تساوي $0.001\ pa.sec$.

(ب) أوجد اللزوجة الكينماتية لسائل كثافتة النسبية 0.85 ولزوجتة الديناميكية $2.87\times10^{-3}\ N\ sec/\ m^2$

السؤال الرابع:

باستخدام منحنى اللزوجة الديناميكية ، ما هو المائع الذي لزوجتة الديناميكية $5.00\times10^{-4}\ N\ sec/\ m^2$ عند درجة حرارة $40C^0$

الإجابة على أسئلة الاختبار الذاتي :

جواب السؤال الأول:

الكثافة هي كتلة وحدة الحجم. الوزن النوعي هو وزن وحدة الحجم . الحجم النوعي هو حجم الكيلوجرام من المادة . الكثافة النسبية هي نسبة كثافة المادة إلى كثافة الماء . اللزوجة هي إجهاد القص على انحدارالسرعة.

جواب السؤال الثاني:

من تعريفنا للكثافة والحجم النوعي أن الكثافة هي الكتلة على الحجم والحجم النوعي هو الحجم على الكتلة . أي أن الكثافة:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{v}$$

والحجم النوعي:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho}$$

نحسب كتلة الجرانيت والرمل والماء والهواء من المعادلة:

$$m = \rho \times V$$

وبالتالي فإن كتلة الجرانيت ستكون:

$$m_g = 2750 \times 0.12 = 330 \ kg$$

وكتلة الرمل:

$$m_s = 1500 \times 0.15 = 225 \ kg$$

وكتلة الماء:

$$m_w = 997 \times 0.2 = 199.4 \ kg$$

وكتلة الهواء:

$$m_a = 1.15 \times 0.53 = 0.61 \ kg$$

وبالتالي فإن الكتلة الكلية m_{total} تساوي:

$$m_{total} = 755 \ kg$$

علية يمكن حساب الكثافة الكلية:

$$\rho_{total} = \frac{m_{total}}{V_{total}} = \frac{755}{1} = 755 \, kg/m^3$$

الحجم النوعي الكلي هو مقلوب الكثافة الكلية أو :

$$v_{total} = \frac{V_{total}}{m_{total}} = \frac{1}{755} = 0.001325 \, m^3/kg$$

جواب السؤال الثالث:

ا) - هنا نستخدم المعادلة التي استخدمناها في تعريف اللزوجة وهي:

$$\tau = \mu \times \frac{du}{dy}$$

حيث τ هو إجهاد القص و μ هي اللزوجة و $\frac{du}{dy}$ هو انحدار السرعة.

نعوض في المعادلة لنحصل على إجهاد القص:

$$\tau = 0.001 \times 100 = 0.1 \text{ Pa}$$

ب) - اللزوجة الكيناماتيكية = $\gamma = \frac{\mu}{\rho}\left(\frac{m^2}{\sec}\right)$

$$\rho = 0.85 \times 1000 = 850 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\gamma = \frac{\mu}{\rho} = \frac{2.87 \times 10^{-3}}{850} = 3.3 \times 10^{-6}\left(\frac{m^2}{\sec}\right)$$

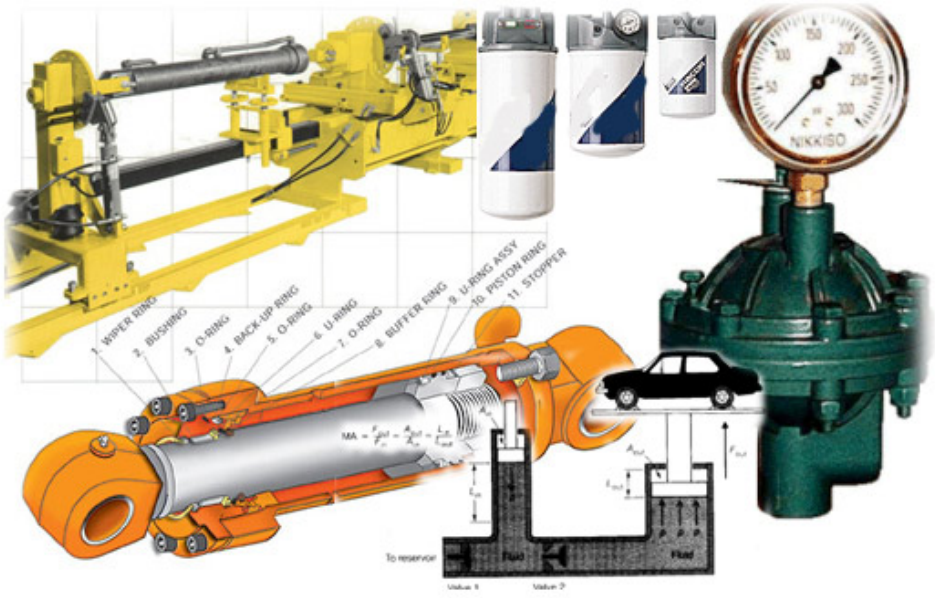
جواب السؤال الرابع:

باستخدام منحنى اللزوجة الديناميكية شكل (٢ـ ٣ ـ ب)، وبعرفة اللزوجة الديناميكية 5.00×10^{-4} N sec/ m² ومعرفة درجة الحرارة $40C^0$ نستنتج ان المائع المطلوب هو :

Benzene البنزين

أساسيات قدرة الموائع

الهيدروستاتيكا



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادرا على أن يعرف الضغط ويطبق قانون باسكال في تطبيقات نقل القوى الهيدروليكية .

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- تعريف الضغط - الضغط المطلق والضغط المقاس - الضغط الجوي ووحدات قياسه
- التعبير عن الضغط الناتج عن القوي الخارجية (قانون باسكال) .
- فهم كيفية زيادة الضغط في النظم الهيدرولية .
- وصف نقل القوى في النظام الهيدرولي : المكابس الهيدرولية - محول الضغط.
- التعبير عن الضغط الهيدرولي بوزن عمود من السائل .
- حل تمارين على حساب الضغط ونقل القوى والضغوط في النظم الهيدرولية.

مستوى الاداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٩٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٥ ساعات .

الوسائل المساعدة :

١. استخدام العارض الضوئي لعرض صور أساسيات تطبيق قانون باسكال .
٢. ضرب الامثلة من الحياة اليومية للتفريق بين أنواع الضغط .

متطلبات الجدارة :

اتقان استخدام وتحويل الوحدات والأبعاد الهندسية في الوحدة الأولى .

مقدمـــة :

سكون المائع هو دراسة القوى المؤثرة في الموائع الساكنة. وتختفي تماما هنا في هذا الفصل إجهادات القص ولذا يختفي تأثير اللزوجة ويقتصر التحليل والدراسة على الضغط وارتفاع وكثافة المائع . وعلم الهيدرو ستاتيكا بمعنى آخر هو علم يدرس ميكانيكا السوائل الساكنة.

الضغط pressure

الضغط هو تأثير القوة العمودية على وحدة المساحة ، ورياضياً .

$$P = \frac{F}{A}\left(\frac{N}{m^2}\right)$$

$$\left(\frac{N}{m^2}\right) = Pascal(Pa)$$

حيث أن:

الضغط بوحدة الباسكال $P = (pa)$

القوة العمودية المؤثرة $F = (N)$

المساحة العمودية على اتجاه تأثير القوة $A = (m^2)$

حيث:

$$1\,pa = 1\left(N/m^2\right)$$

$$1bar = 100000\left(N/m^2\right) = 100kpa$$

مثـــال(١.٣)

تم ضغط غاز بواسطة مكبس (piston) قطره 5mm و بقوة عمودية قدرها 1kN . احسب الضغط على الغاز.

الحـــل:

نحسب مساحة قاعدة المكبس التي تؤثر عليها القوة عن طريق تأثيرها على الغاز .

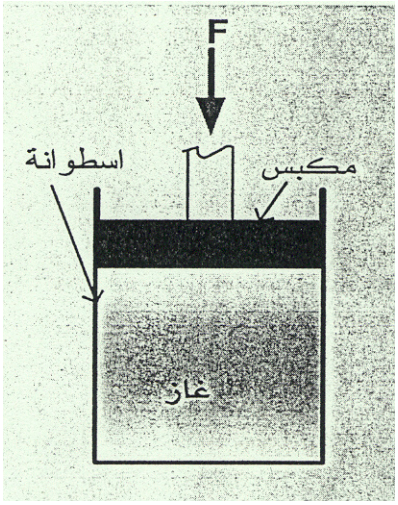
$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

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

$$\therefore P = \frac{1000}{\frac{\pi}{4} \times 50^2 \times 10^{-6}}$$

$$P = 509 \frac{KN}{m^2}$$

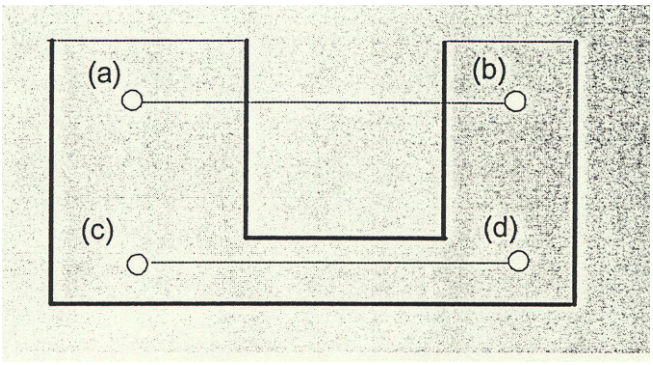
$$P = 509 KPa = 5.09 bar$$



شكل ١.٣ شكل توضيحي للمثال ١.٣

تغيرات الضغط في المائع الساكن:

إن إجراء موازنة للقوى المؤثرة على جسم من المائع الساكن وذلك بمعلومية أن محصلة هذه القوى في أي اتجاه تساوي صفرا ، فإنه يمكن استنتاج أن الضغط يتساوى في المقدار عند أي نقطتين تقعان على المستوى الأفقي نفسه في المائع. فمثلا يلاحظ أن الضغط على النقطة (a) يساوي الضغط عند النقطة (b) وكذلك الضغط المؤثر على النقطة (c) يساوي الضغط عند النقطة (d) كما بالشكل (٣ ـ ٢).

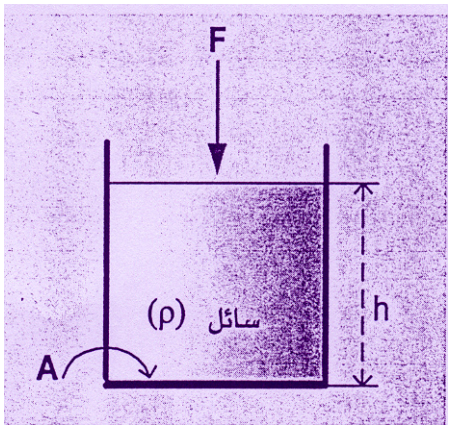


الشكل (٣- ٢) تغيرات الضغط في المائع الساكن

سمت (علو) الضغط Pressure Head :

تعتمد كثافة الموائع الانضغاطية مثل الغازات على مقدار درجة الحرارة والضغط. أما في حالة الموائع غير الانضغاطية مثل السوائل فكثافتها ثابتة المقدار.

الضغط يعتمد على سمت أو ارتفاع السائل وليس على المساحة الكلية التي تحتوي السائل.



شكل ٣ ـ ٣ سمت الضغط

إذا كانت كثافة السائل الموجود داخل الإناء في الشكل (٣ ـ ٣) أعلاه هي (ρ) ومن تعريفنا للضغط بأنه هو تأثير القوة على المساحة ومن قانون نيوتن أن القوة (F) هي حاصل ضرب كتلة المادة (m) في عجلة الجاذبية (g) يمكن استنتاج أن الضغط الهيدروستاتيكي (p) يمكن أن يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$P = \rho \times g \times h$$

$$\Delta p = \rho \times g \times (\Delta h)$$

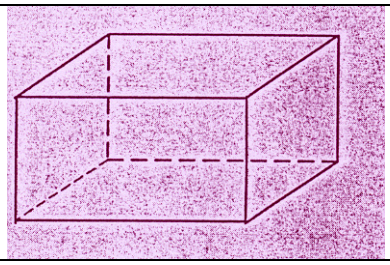
يلاحظ أن الضغط يعتمد تماما على السمت أو العلو h

مثال (٣ ـ ٢)

احسب القوة الكلية المؤثرة على سطح خزان أبعاده 300cm طولا و250cm عرضا و450cm ارتفاعا، إذا تم ملؤه بماء كثافته . $1000Kg/m^3$ احسب أيضا الضغط على نقطة في القاعدة.

الحل :

نحسب القوة المؤثرة على القاعدة وهي وزن عمود السائل.



شكل (٣ ـ ٤) المثال (٣ ـ ٢)

$$F = m \times g$$

$$F = (\rho \times V) \times g$$

$$F = \rho \times (A \times h) \times g$$

$$F = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 0.25m \times 0.30m \times 0.45m \times 9.81 \frac{m}{\sec^2}$$

$$F = 331N$$

ولكن الضغط المؤثر على القاعدة:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{331}{0.30 \times 0.25} = 4400 \frac{N}{m^2}$$

وبطريقة أخرى يمكن استخدام المعادلة:

$$P = \rho \times g \times h$$

$$P = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.81 \frac{m}{\sec^2} \times 0.45m$$

$$P = 4400 \frac{N}{m^2} = 4.4 \frac{KN}{m^2} = 4.40Kpa$$

وهي نفس النتيجة من الطريقة السابقة.

مثال (٣ ـ ٣)

نقطتان A و B على عمق 300m و 200m في قاع البحر. أوجد الفرق في الضغط بين النقطتين إذا عرفت أن كثافة ماء البحر $1023\frac{kg}{m^3}$

الحل:

باستخدام معادلة الضغط الهيدروستاتيكي يمكن حساب الضغط عند كل نقطة وإيجاد الفرق بين الضغطين أو استخدام معادلة الضغط الهيدروستاتيكي لإيجاد الفرق بين الضغطين مباشرة.

نحسب الضغط عند A

$$P_A = \rho \times g \times h_A$$
$$P_A = 1023 \times 9.81 \times 300$$
$$P_A = 3.011 \times 10^6 Pa$$

نحسب الضغط عند النقطة B

$$P_B = \rho \times g \times h_B$$
$$P_B = 1023 \times 9.81 \times 200$$
$$P_B = 2.007 \times 10^6 Pa$$

يمكن حساب الفرق في الضغط بين النقطتين كما يلي:

$$P_A - P_B = 3.011 \times 10^6 - 2.007 \times 10^6 = 1.004 \times 10^6 Pa$$

بالطريقة الثانية يمكن حساب فرق الضغط في خطوة واحدة كالتالي:

$$\Delta p = P_A - P_B = \rho \times g \times \Delta h$$
$$P_A\text{-}P_B = 1023 \times 9.81 \times (300 - 200) = 1.004 \times 10^6 Pa$$

مثال(٣ ـ ٤):

حول الضغط الجوي ($101.325kN/m^2$) إلى ما يعادله من:

- عمود ضغط من ماء كثافته $1000kg/m^3$.
- عمود ضغط من زئبق كثافته النسبية 13.6.

الحل:

المعطيات:

الضغط الجوي ($101.325kn/m^2$) ، كثافة الماء($1000kg/m^3$) ، الكثافة النسبية للزئبق (13.6) ، عجلة الجاذبية ($9.81m/sec^2$).

المطلوب:

عمود ضغط الماء الذي يكافئ الضغط الجوي، عمود ضغط الزئبق الذي يكافئ الضغط الجوي.

من معادلة سمت الضغط:

$$P = \rho \times g \times h$$

$$h_{H_2o} = \frac{P}{\rho_{H_2o} \times g} = \frac{101.325 \times 100000\ {}^{N}\!/_{m^2}}{1000\ {}^{kg}\!/_{m^3} \times 9.81\ {}^{m}\!/_{\sec^2}}$$

$$\therefore h_{H_2o} = 10.33m$$

إذن الضغط الجوي يكافئ عمود ضغط من الماء قدره 10.33 m.

بالمثل يمكن حساب عمود ضغط الزئبق الذي يكافئ الضغط الجوي، ولكن هنا لابد من أن نتذكر أنه لابد من حساب كثافة الزئبق أولا:

من معادلة الكثافة النسبية والتي هي النسبة بين كثافة المادة وكثافة الماء يمكن حساب كثافة الزئبق:

$$\rho_{Hg} = \rho_{Hg} \times 13.6$$

$$\rho_{Hg} = 1000 \times 13.6\ {}^{kg}\!/_{m^3}$$

من معادلة سمت الضغط يمكن حساب عمود ضغط الزئبق الذي يكافئ الضغط الجوي:

$$h_{Hg} = \frac{101.325 \times 100000\ {}^{N}\!/_{m^2}}{\left(13.6 \times 1000\ {}^{kg}\!/_{m^3}\right)\left(9.81\ {}^{m}\!/_{\sec^2}\right)}$$

$$h_{Hg} = 0.76\ m$$

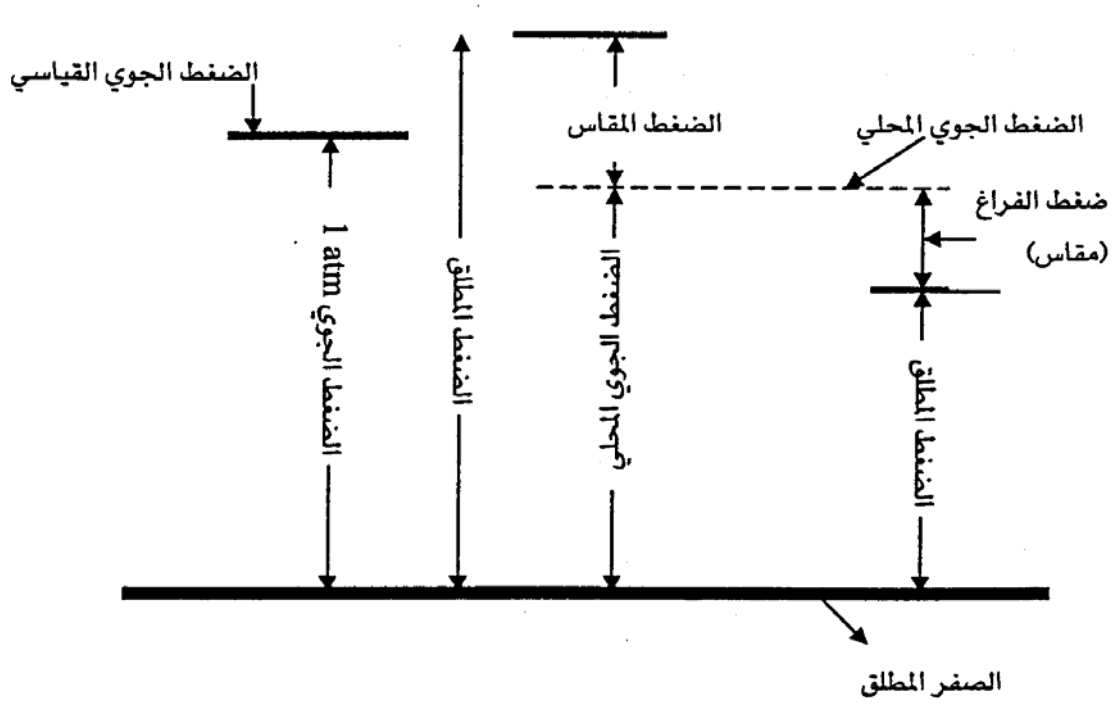
ولأن الزئبق أثقل من الماء فإن 0.76 m من ضغط عمود الزئبق تكافئ الضغط الجوي بينما 10.33 m من الماء تكافئ الضغط الجوي.

الضغط المطلق والضغط المقاس:

ومن مقاسات الضغط المعروفة الضغط المقاس والضغط المطلق والضغط السالب أو ضغط الفراغ. يقاس الضغط دائما على مرجعية معروفة وهي إما الصفر أو الضغط الجوي المعروف.

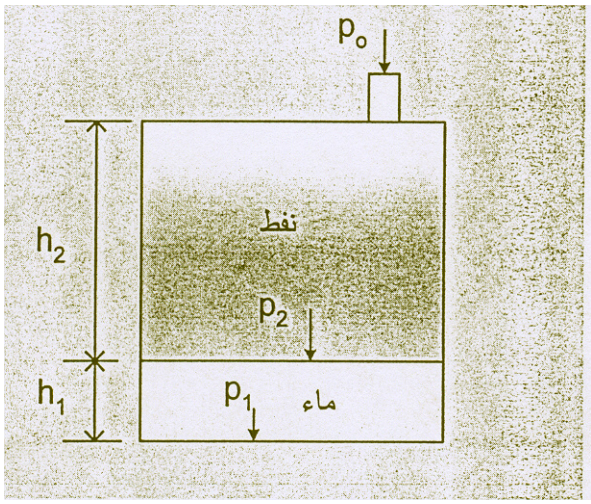
و الفرق بين الضغط المقاس والضغط المطلق هو نقطة الصفر (انظر الشكل أدناه) وفي الضغط المقاس أيضا تكون نقطة الصفر عند خط الضغط الجوي. وللضغط المطلق تكون نقطة الصفر هي الصفر المطلق.

يوضح الشكل مقاييس الضغط المعروفة. الضغط السالب أو ضغط الفراغ هو مقياس الضغط تحت الضغط الجوي. في كثير من الحسابات التي تعني بالضغط هناك ما يعرف بالضغط الجوي القياسي (Standard) هذا الضغط قيمته دائما 1.013 bar أو $101.3\ kN/m^2$ وتستخدم هذه القيمة دائما في الحسابات لأن الضغط الجوي المحلي متغير بصورة مستمرة.



مثال(٣ ـ ٥)

خزان ارتفاعه 3.66m يحتوي على ماء بعمق 0.61m ونفطا في الحجم المتبقي، يوجد أنبوب تنفس في غطاء الخزان العلوي، احسب الضغط المطلق المسلط على طبقة الماء والضغط المطلق المسلط على قاعدة الخزان، ثم أوجد الضغط المقاس على قاعدة الخزان، خذ كثافة الماء $1000kg/m^3$ وكثافة النفط : $917kg/m^3$ ، والضغط الجوي : $101.3kN/m^2$.



شكل (٣ ـ ٥) المثال (٣ ـ ٥)

الحل :

يتضح من الشكل (٣ ـ ٥) إن الضغط P_2 هو مجموع الضغط الجوي زائدا ضغط عمود النفط، والضغط P_1 على قاعدة الخزان هو مجموع الضغط P_2 زائدا ضغط عمود الماء.

$$P_2 = P_0 + P_2 g\, h_2$$

$$P_2 = (101.3 \text{ X } 1000\ N/m^2) + (917\ kg/m^3)\ .\ (9.8\ m/sec^2).(3.05m)$$

$$= 128737\ N/m^2.$$

لحساب الضغط المطلق P_1 عند قاعدة الخزان :

$$P_1 = P_2 + P_1 g h_1$$

$$P_1 = 128737 N/m^2 + (1000\ kg/m^3).(9.81\ m/sec^2).(0.61m)$$

$$= 134721.1\ N/m^2$$

لحساب الضغط المقاس عند قاعدة الخزان ، فإنه يساوي الضغط المطلق عندقاعدة الخزان ناقصا الضغط الجوي:

$$P_{1(gauge)} = P_1 - P_{0(atm)}$$

$$= 134721.1 - 101.3 \times 1000$$

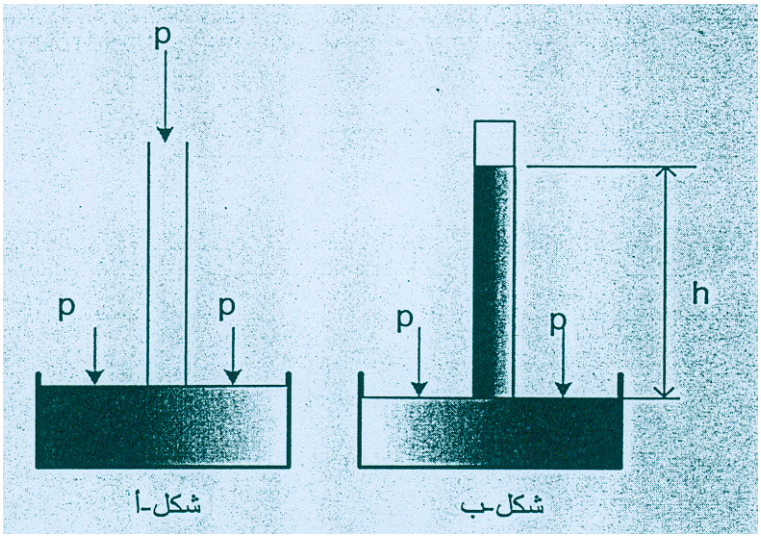
$$= 33421.1 N/m^2$$

بمعنى أنه لو وضع مقياس ضغط عند قاعدة الخزان لقرأ $3.34\ kN/m^2$

قياس الضغط (Pressure Measurement)

هناك أجهزة تستخدم لقياس الضغط ، ومن تلك الأجهزة ما يعتمد على فكرة الضغط الهيدروستاتيكي في عملية القياس . و فيما يلي بعض أجهزة قياس الضغط :

البارومیتر(The Barometer)



شكل (٣ ـ ٦) البارومتر

هو جهاز لقياس الضغط الجوي بوحدات ضغطه المطلقة ، الشكل(٣ ـ ٦) يوضح خزان يحتوي على سائل ، وقد أدخل أنبوب زجاجي مفتوح النهاية ، كما هو واضح فإن الضغط الجوي (p) سيكون مسلطا خلال الأنبوب وعلى سطح السائل الموجود عند القاعدة عليه سيكون مستوى سطح السائل متساويا على مدى سطح السائل داخل وخارج الأنبوب. أما إذا سدت النهاية العليا من الأنبوب الزجاجي وأفرغ من الهواء تماما بحيث لا يوجد الآن ضغط مسلط داخل الأنبوب ولكن دائما الضغط الجوي يكون مسلطاً على سطح السائل خارج الأنبوب ولذلك سوف يرتفع السائل في الاتجاه العلوي داخل الأنبوب حتى تصبح هناك كتلة من السائل فوق مستوى سطح الخزان كافية لخلق ضغط عند هذا المستوى المساوي للضغط الجوي. فإذا كانت h هي ارتفاع عمود السائل و ρ هي كثافة السائل، فإن الضغط في هذه الحالة وكما أوضحنا سابقا هو:

$$P = \rho \times g \times h$$

حيث g هي عجلة الجاذبية..و قياس الضغط بالطريقة السابقة هو ما عرف بالبارومتر .

إذا افترضنا إن الضغط الجوي يساوي 1.013 bar عليه يمكن حساب ارتفاع عمود الماء الذي يساوي هذا الضغط كما يلي :

$$1.013 \times 100000 = 1000 \times 9.81 \times h$$

$$h = \frac{1.013 \times 100000}{1000 \times 9.81} = 10.326m$$

إن عموداً من الماء ارتفاعه 10.326m يكون كبيرا جدا للأغراض القياسية.عليه وللتقليل من هذا الارتفاع يستعمل الزئبق في البارومترات بدلا من الماء وذلك لأن الزئبق أثقل 13.6 مرة من الماء. وفي هذه الحالة فإن الارتفاع البارومتري للضغط الجوي سيكون كما يلي :

$$1.013 \times 100000 = 13600 \times 9.81 \times h$$

$$\therefore h = \frac{1.013 \times 100000}{13600 \times 9.81} = 0.76\,m = 760\,mm = 0.76m$$

وعليه فغالبا ما يكتب الضغط الجوي على أنه يساوي 760mm من الزئبق أو (760 mm Hg).

المانومترات (The Manometers):

من أسهل الطرق لقياس الضغط هو استخدام المانومترات. و المانومتر عبارة عن أنبوب زجاجي على شكل U يحتوي على سائل يعرف بسائل المانومتر يكون أثقل من المائع المراد قياس ضغطه وينبغي أن لا يمتزج سائل المانومتر حيث بالمائع الآخر وأن لا يتفاعل معه كيميائيا..ويمكن معرفة ارتفاع السائل من التدرج الموجود على الأنبوب. تشكل علاقة الضغط بعمود الضغط أساسا لقياس الضغط بواسطة المانومتر. وهناك عدة أنواع من المانومترات المستعملة سنحاول التعرف على أهمها .

المانومتر البسيط:

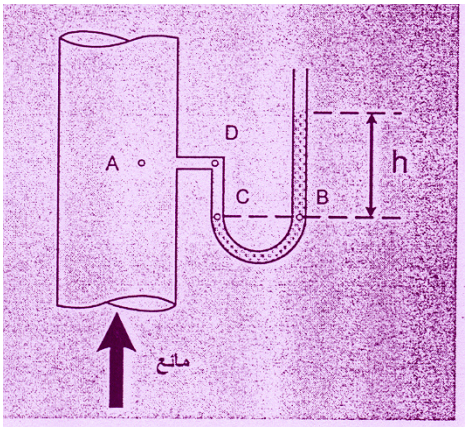
يبن الشكل (٣ ـ ٧) مانومتر وهو ما يعرف بالمانومتر البسط. وهو عبارة عن سائل يسري في انبوب متصل بمانومتر على شكل حرف U.يحتوي المانومتر سائلا ثقيلا كالزئبق الذي يندفع بسبب الضغط إلى ارتفاع معين يحسب منه مقدار الضغط على النحو الموضح بالشكل (٣ ـ ٧).

فالضغط عند B يساوي الضغط عند C.

ولكن الضغط عندB يساوي الضغط الجوي زائدا ضغط عمود الزئبق h.

والضغط عند C هو ضغط السائل الذي يسري داخل ألانبوب.

$$P_B = P_C = P_0 + \rho_{Hg}\, g\, h$$



شكل (٣ ـ ٧) المانومتر البسيط

المانومتر التباييني Differential Manometer

هـذا المـانومتر يـستخدم لقيـاس الفـرق بـين ضـغطين لنقطـتين في مـائع يـسري خـلال أنبـوب معين.الشكل(٣ ـ ٨) يوضح المانومتر التباييني. يحسب فرق الضغط بين النقطتين بدلالة ارتفاع السائل (h).

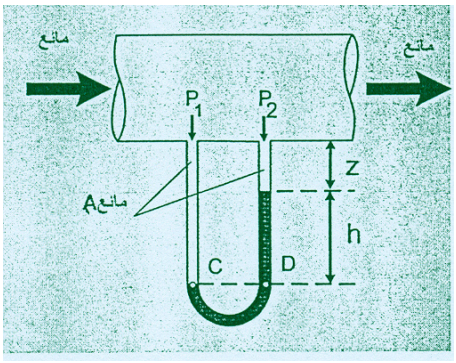
و الضغط عندD يساوي الضغط عند C.

و الضغط عند D يساوي الضغطP_2 زائدا ضغط عمود سائل المانومتر h زائد ضغط عمود سائل الأنبوب Z.

و الضغط عند C يساوي الضغط P_1 زائدا ضغط عمود سائل الأنبوب (Z + h).

$$P_1+(h+Z)\rho_A g =P_2+\rho_B gh+\rho_A gZ$$

$$P_1+ P_2= \rho_B hg +\rho_A gZ - \rho_A gZ - \rho_A gh$$



شكل (٣ ـ ٨) المانومتر التباييني

$$P_1 – P_2 = (\rho_B - \rho_A)gh$$

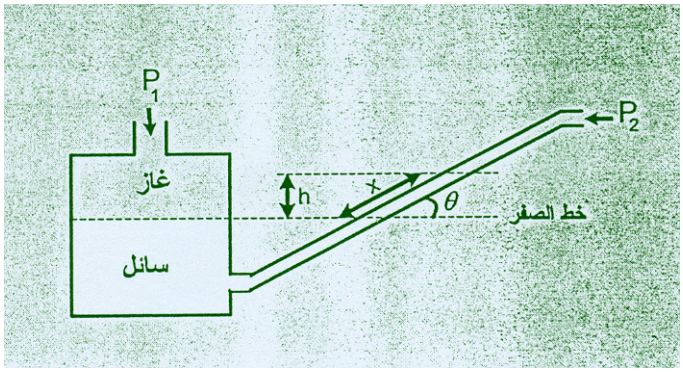
إذا كان المائع الذي يسري في الأنبوب غاز، فيمكن اهمال ضغط عمود المائع A وذلك لصغر كثافة المائع A مقارنة بمائع المانومتر B .وبتالي يمكن كتابة المعادلة السابقة كالتالي:

$$P_1-P_2= \rho_B \times g \times h$$

المانومتر المائل :Inclined Manometer

يستخدم المانومتر المائل في الحالات التي يقاس فيها الضغط بصورة دقيقة. إذ إنه يقرأ فروق في الضغط صغيرة جداً. وفي هذه الحالة فإن ارتفاع سائل المانومتر h يعوض عنه بـ X Sinθ حيث X هي الارتفاع المائل لسائل المانومتر و θ هي زاوية ميل المانومتر كما في الشكل (٣ ـ ٩).

$$P_1 - P_2 = \rho g \, X \, \sin\theta$$



شكل (٣ ـ ٩) المانومتر المائل

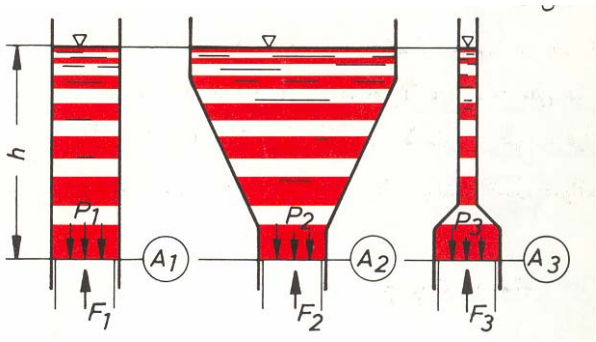
الضغط الهيدروستاتيكي (الناجم عن قوة الجاذبية الأرضية) :

في الدوائر الهيدروليكية يسمى الضغط عادة P . والضغط المقصود بذلك هو الضغط المقاس ، أي ارتفاع الضغط عن الضغط الجوي.

ينشأ الضغط عند سطح معين داخل سائل نتيجة وزن السائل الموجود أعلى هذا السطح. وتتوقف قيمة الضغط P على كل من ارتفاع عمود السائل h أعلى السطح وكثافة السائل ρ وعجلة الجاذبية الأرضية g.

الضغط الناجم عن قوة الجاذبية الأرضية يحسب ـ كما عرفنا ـ من المعادلة الآتية :

$$P = h \cdot \rho \cdot g$$



شكل (٣ ـ ١٠) تساوي الضغط مع تساوي الارتفاع بالدعم من اختلاف الشكل للوعاء الحاوي

إذا أخذنا في الاعتبار مجموعة من الأوعية المختلفة الأشكال المملوءة بسائل من نوع واحد ، فإن الضغط عند النقاط المختلفة في الأوعية يكون متساويا بتساوي ارتفاع السائل فوق هذه النقاط كما بالشكل (٣ـ١٠).

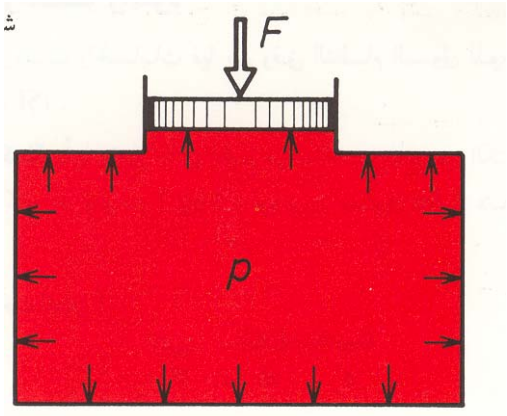
$$P_1 = P_2 = P_3$$

حيث يخلق الضغط الهيدرو ستاتيكي قوة على قاعدة الوعاء. وإذا تساوت مساحة قواعد الأوعية الموضحة في الشكل (أي أن $A_1 = A_2 = A_3$) فإن القوى المؤثرة على قواعد هذه الأوعية الثلاث تكون متساوية أيضا ($F_1 = F_2 = F_3$) .

الضغط الناجم عن قوى خارجية (قانون باسكال)

عندما تؤثر قوة F على سائل في إناء من خلال سطح مساحته A كما بالشكل (٣ ـ ١١) ، ينشأ ضغط P في السائل تتوقف قيمته على مقدار مركبة القوة العمودية على السطح ، وعلى مساحة السطح .

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



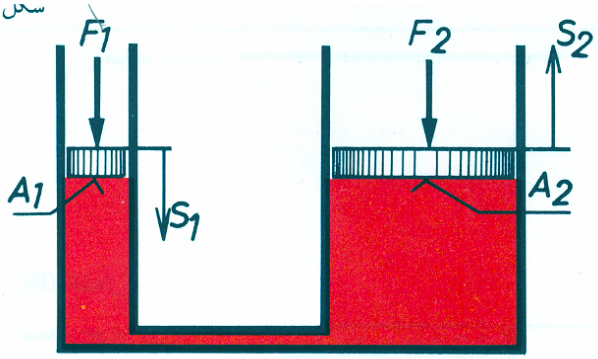
شكل (٣ ـ ١١) الضغط الناتج عن قوة خارجية

يؤثر هذا الضغط آنيا ، وبنفس المقدار على كافة الجوانب. أي أن الضغط المؤثر على كل الاسطح يكون متساويا. ويشترط لصحة ذلك اهمال تأثير قوة الجاذبية الأرضية. أما في حالة عدم اهمالها ، فيجب أن نأخذ في الاعتبار أثر ارتفاع سطح السائل عن السطح الذي يحسب عنده الضغط.

وفي الدوائر الهيدروليكية يمكن اهمال الضغط الناجم عن قوة الجاذبية الأرضية ، وبالتالي الضغط الناجم عن ارتفاع السائل عن الأسطح، نظرا لأن هذه الضغوط تكون مهملة القيمة بالنسبة لضغوط التشغيل. وعلى سبيل المثال ، فإن الضغط الناجم عن عمود من الماء ارتفاعه 10 m يكون مقداره 1 bar تقريبا .

انتقال القوى الهيدروليكية :

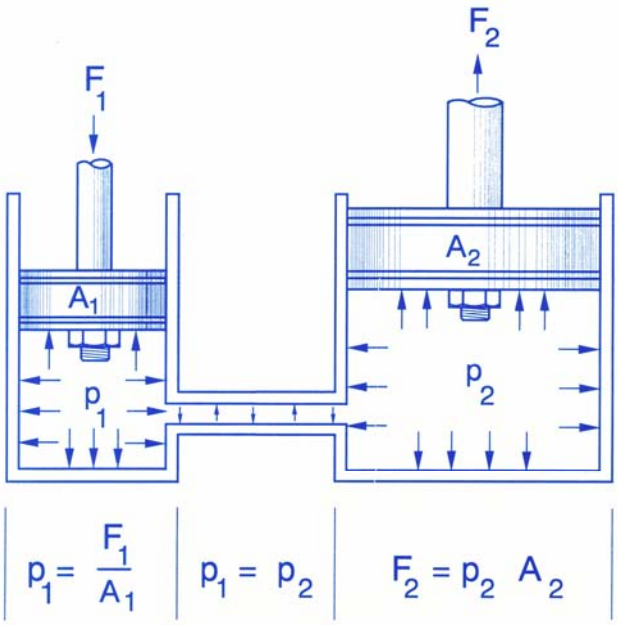
نظرا لتساوي الضغط في السائل ، وتأثيره في كل الاتجاهات ، يكون شكل الخزان غير مهم . يوضح شكل (٣ ـ ١٢ ـ ١) فكرة الاستفادة من الضغوط الناشئة عن قوى خارجية في تشغيل المعدات .



$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{F_2}{F_1}$$

شكل (٣ ـ ١٢ ـ ا) انتقال القوى الهيدروليكية

وبشكل تفصيلي أوضح من الشكل (٣ ـ ١٢ ـ ب) نستطيع استنتاج معادلات انتقال القوة الهيدروليكية على النحو الآتي:



شكل (٣ ـ ١٢ ـ ب) معادلات انتقال (تكبير) القوى الهيدروليكية

إذا أثرت قوة F_1 على السطح ذي المساحة A_1 نشأ ضغط P ، يساوي:

$$P = \frac{F_1}{A_1}$$

يؤثر الضغط P على كل أجزاء الدورة ، ومنها بالطبع السطح A_2 . يمكن بالتالي الحصول على قوة F_2 (تساوي مقدار الحمل الذي يجب رفعه).

$$F_2 = P.A_2$$

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

ومنه :

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

ويعني أن القوة تتناسب طرديا مع المساحة. يعتمد الضغط في مثل هذه النظم على الحمل والمساحة. ويعني ذلك أن الضغط يبدأ في الارتفاع حتى يصل إلى القيمة اللازمة للتغلب على الحمل الخارجي وتحريكه.

وهكذا فإنه إذا أمكن ، عن طريق القوة F_1 والسطح A_1، رفع ضغط هذه الدورة إلى القيمة اللازمة للتغلب على الحمل F_2 (عند السطح A_2) ، فإنه يمكن رفع هذا الحمل (الفواقد نتيجة الاحتكاك غير مأخوذة في الاعتبار) .

من ناحة أخرى نستنتج أنه :

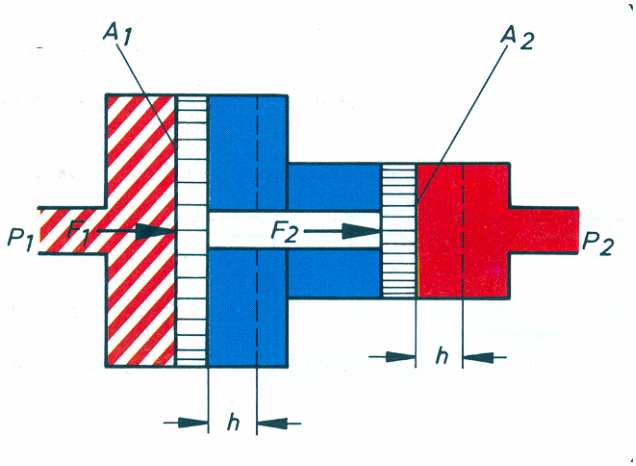
تتناسب إزاحة الكباسين تناسبا عكسيا مع مساحتيهما

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

أما الشغل المبذول بأي من الكباسين فيكون بالتالي متساويا ، حيث:

$$S_1 \times W_1 = F_1$$
$$S_2 \times W_2 = F_2$$

مبدأ انتقال الضـــغط :



شكل (٣ ـ ١٣) مبدا انتقال الضغط

يوضح الشكل (٣ ـ ١٣) كباسين مختلفي المساحة متصلين اتصالا جاسئا عن طريق ذراع كباس . إذا أثر ضغط P_1 على السطح A_1 ، نشات على هذا السطح قوة F_1 . تنتقل هذه القوة إلى الكباس الأصغر عن طريق ذراع الكباس مما يسبب ضغطا P_2 عند السطح A_2 . وعند اهمال الفواقد يكون:

$$F_1 = F_2 = F$$

ولكن :

$$P_1 \cdot A_1 = F_1$$

$$P_2 \cdot A_2 = F_2$$

أي أن :

$$P_1 \cdot A_1 = P_2 \cdot A_2$$

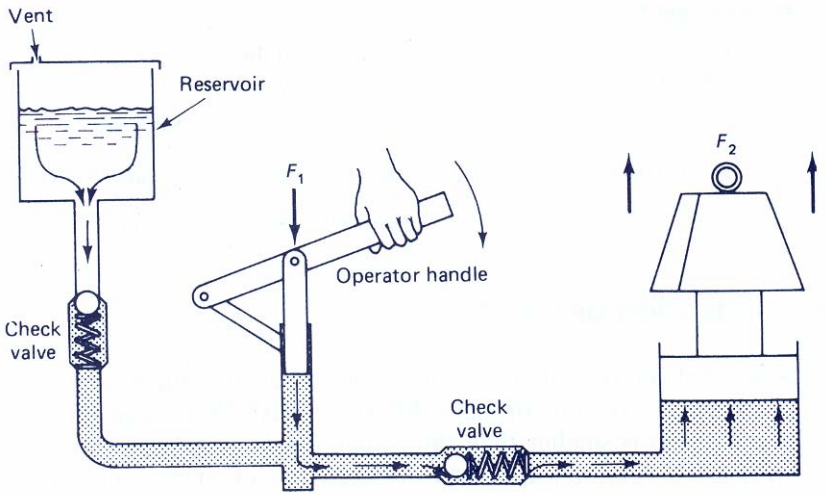
أو :

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

يتضح من المعادلة :

أن الضغوط تتناسب عكسيا مع المساحات.

التكوين الأساسي للدورة الهيدروليكية البسيطة :



شكل (٣ ـ ١٤) فكرة عمل الدورة الهيدروليكية البسيطة

يوضح الشكل (٣ ـ ١٤) التكوين الأساسي وفكرة عمل الدورة الهيدروليكية.

نؤثر على كباس مضخة وحيدة الكباس بقوة معينة . و بقسمة هذه القوة على مساحة مقطع الكباس، ينتج الضغط المؤثر على السائل.

بزيادة القوة المؤثرة على الكباس يزيد الضغط . مع زيادة القوة ، يرتفع الضغط حتى يصل إلى القيمة التي تمكنه من التغلب على الحمل الخارجي ورفعه. إذا ظل الحمل الخارجي ثابتا ، ظل الضغط أيضا ثابتا ، ولا يعاود الارتفاع. وهكذا فإن الضغط في الدائرة يرتفع إلى القيمة اللازمة للتغلب على المقاومة التي تعوق الحركة ، ولا يتعدى هذه القيمة. ويمكن بالتالي تحريك الحمل إذا أمكن رفع ضغط الدورة إلى القيمة اللازمة لذلك.

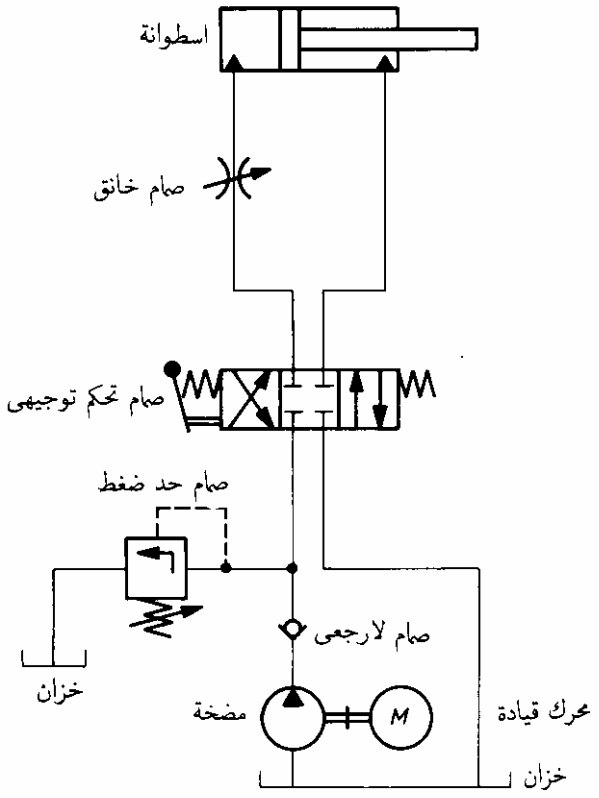
تعتمد سرعة حركة الحمل على معدل تدفق السائل الذي تم دفعه إلى الأسطوانة. ويعني هذا أنه بزيادة سرعة نزول كباس المضخة ، الموضحة في الشكل (٣ ـ ١٤) ، يزداد معدل تدفق السائل المغذي للأسطوانة ، وتزداد بالتالي سرعة رفع الحمل.

وفي الحياة العملية ، عادة مايتم تكبير هذه الدورة البسيطة. ويرجع ذلك إلى الرغبة في التحكم مثلا في:

- اتجاه حركة الأسطوانة .
- سرعة الأسطوانة .
- أقصى حمل خارجي يمكن تحريكه .

ويتم ذلك بتركيب أجهزة تحكم خاصة. كما أنه يتم إبدال المضخة اليدوية بمضخة اخرى يقودها محرك.

ولإيضاح ذلك سنعرض فيما يلي تفاصيل دائرة هيدروليكية بسيطة كما في الشكل (٣ ـ ١٥).



شكل (٣ ـ ١٥) رسم تخطيطي للدائرة الهيدروليكية

تسحب المضخة سائلا من الخزان ، وتدفعه إلى خط الضغط المتصل بها ،والمزود بأجهزة تحكم مختلفة :

- صمام توجيهي (لخروج ورجوع الأسطوانة) .
- صمام خانق (للتحكم في سرعة الأسطوانة) .
- صمام حد الضغط (للتحكم في مقدار الضغط للمنظومة الهيدرولية) .

ومن ثم يندفع السائل (الزيت) إلى الأسطوانة (أو المحرك الهيدروليكي) . يستمر سريان السائل في الخط طالما لم يواجه مقاومة لذلك.

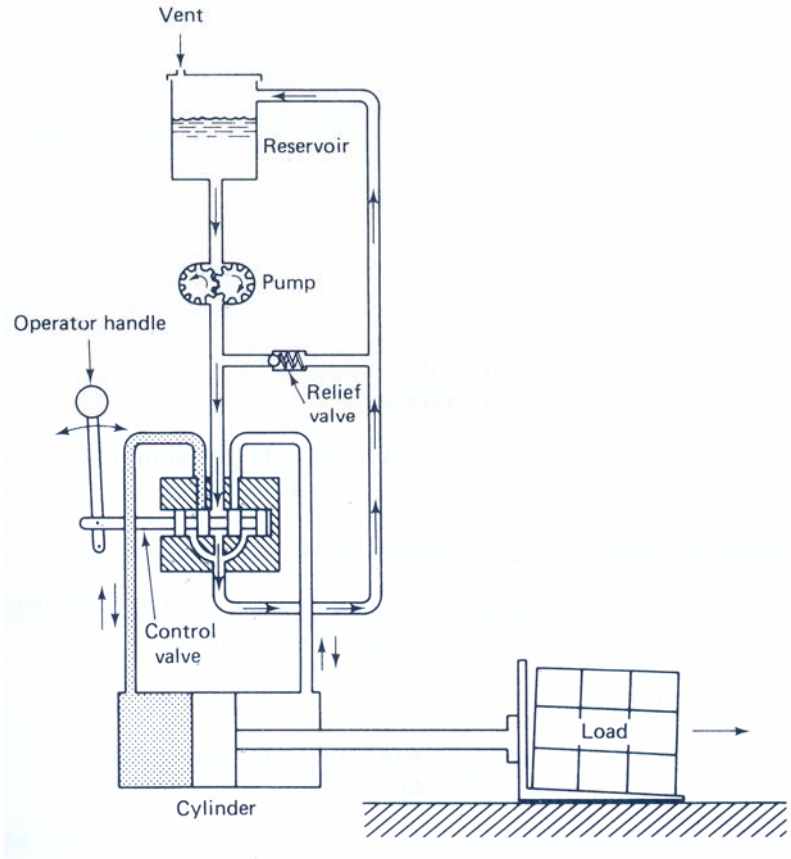
و يمثل الحمل الذي تحركه الأسطوانة الموجودة في نهاية الخط مقاومة لسريان السائل. لذلك يرتفع ضغط السائل حتى يصل إلى القيمة اللازمة للتغلب على هذه المقاومة ، فتتحرك الأسطوانة.

و تستخدم الرموز بدلا من الرسوم المبسطة لمقاطع أجزاء الدائرة .

ويطلق على الدائرة الناتج عند استخدام الرموز لتمثيل العناصر اسم الرسم التخطيطي للدائرة. وستوضح الرموز المختلفة للمكونات وكذلك وظائفها وفكرة عملها في مقرري مكونات الأنظمة الهيدرولية مع مقرر منظومات هيدروليكية ونيوماتية.

وفي نهاية هذه الوحدة نكتفي فقط بعرض لرموز هذه المكونات كمقدمة لما سيدرس في الفصول القادمة ــ إن شاء الله ــ .

الشكل (٣ ـ ١٦) يمثل أحد التطبيقات لاستخدام الدائرة الهيدروليكية



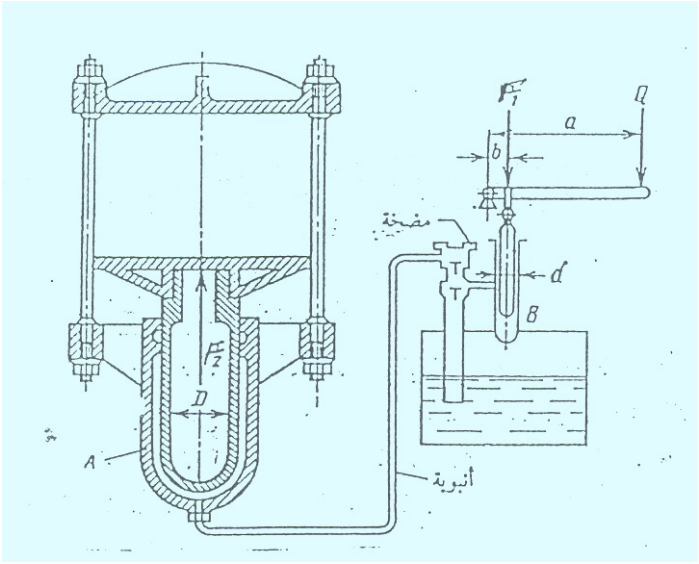
شكل (٣ ـ ١٦) مثال تطبيقي لاستخدام الدائرة الهيدروليكية

قانون باسكال ونظرية عمل المكبس الهيدروليكي:

ينص قانون باسكال على أنه إذا اثر ضغط خارجي على سائل في إناء مغلق في أي اتجاه ، فإنه ينتشر في جميع الاتجاهات بشدة متساوية. ويعني ذلك أن يحدث أي سائل ساكن ضغطاعلى الجدران المحيطة به ، تكون قيمة هذا الضغط P على كافة نقاط السطح .

وطريقة عمل الكباس الهيدرولي مبنية على نظرية باسكال . والمكبس الهيدرولي عبارة عن آلة مصممة لإحداث إجهادات عالية مأخوذة من مبدأ نقل القوة وتكبيرها.

شكل (٣ ـ ١٧) يبين رسم مبسط لأجزاء المكبس الهيدروليكي .



شكل (٣ ـ ١٧) المكبس الهيدروليكي

يتكون المكبس الهيدروليكي من أسطوانة كبيرة A يتحرك بداخلها مكبس قطره D وأسطوانة صغيرة B يتحرك بداخلها مكبس قطره d . وتتصل الأسطوانة الصغيرة B بمضخة ، تعبأ الأسطوانة الكبرى A بمساعدتها بالسائل العامل الذي يكون عادة زيت هيدروليكي. ويتحرك مكبس الأسطوانة الصغرى B بمساعدة ذراع من النوع الثاني ذي كتفين b,a .

وإذا سلطنا على نهاية الذراع قوة Q ، فستؤثر على المكبس الصغير d قوة F_1 ناتجة من الضغط P_1 . وقيمة هذه القوة حسب قانون الذراع من النوع الثاني هي :

$$F_1 = Q \times \frac{a}{b}$$

حيث Q القوة المطبقة على نهاية الذراع .

ويساوي ضغط المكبس الصغير P_1 الناتج عن تأثير القوة F_1 كما يلي :

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_1}{\left(\frac{\pi}{4} d^2\right)} = \frac{4 \times F_1}{\pi \times d^2}$$

$$P_1 = P_2 = P$$

ويشكل هذا الضغط كضغط خارجي حسب قانون باسكال خلال المضخة ومواسير التوصيل إلى المكبس الكبير مع العلم بأن القوة F_2 هي التي تؤثر على المكبس الكبير وتساوي :

$$F_2 = P_1 A_2 = P_1 \frac{\pi \times D^2}{4} = \frac{4 \times F_1 \times \pi \times D^2}{4 \times \pi \times d^2} = Q \frac{a}{b} \frac{D^2}{d^2}$$

وفي واقع الأمر تقل القوة الضاغطة على الحمل عن هذه القيمة ، نظرا لوجود قوى الاحتكاك في النظام . ويؤخذ هذا في الاعتبار بإدخال معامل كفاءة المكبس في المعادلة السابقة ، أي أن:

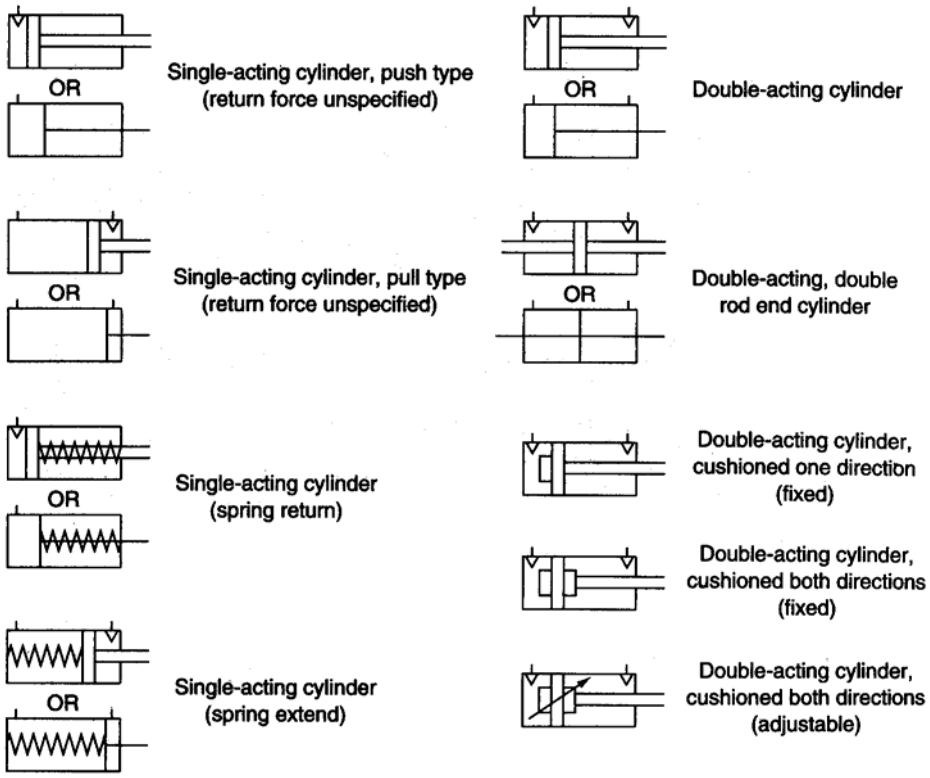
$$F_2 = \xi \times Q \times \frac{a}{b} \frac{D^2}{d^2}$$

حيث ξ هو معامل كفاءة المكبس الهيدروليكي ويساوي عادة :

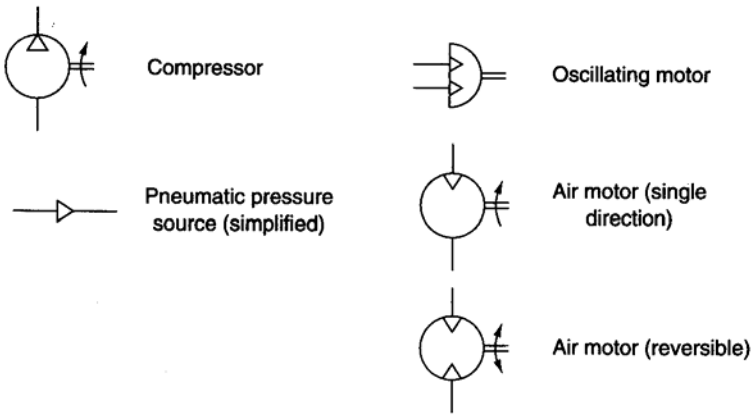
$$0.85 \geq \xi \geq 0.80$$

رموز العناصر و المكونات الهيدروليكية والنيوماتية :

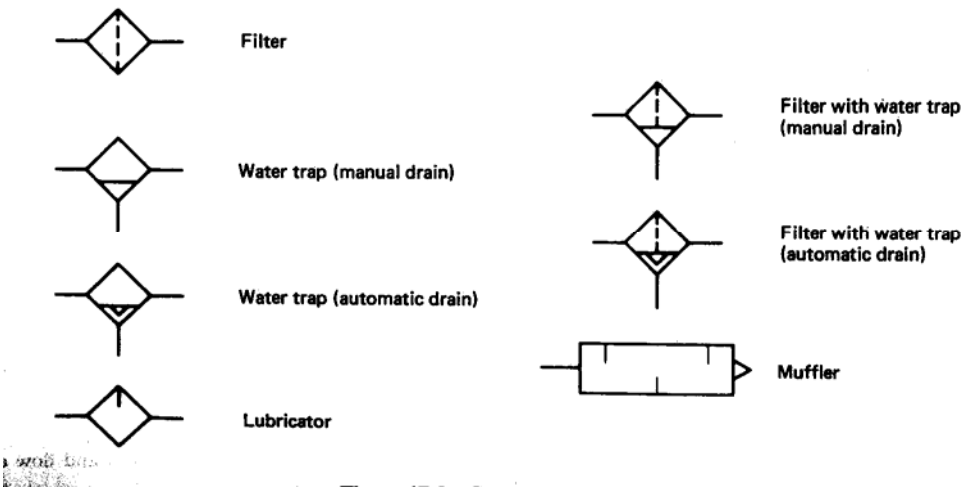
وأخيرا ننهي هذه الوحدة بسرد سريع لرموز مكونات الدائرة الهيدروليكية والنيوماتيه تمهيدا لدراستها بالتفصيل في مقرر الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية.



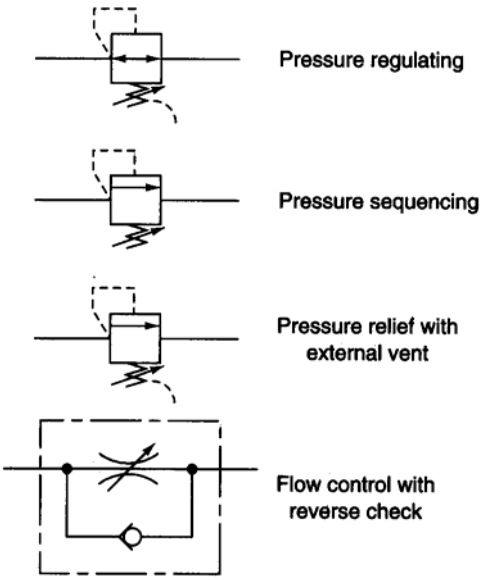
شكل (٣ ـ ١٨) رموز أسطوانات هيدروليكية و نيوماتية مفردة ـ ومزدوجة الفعل



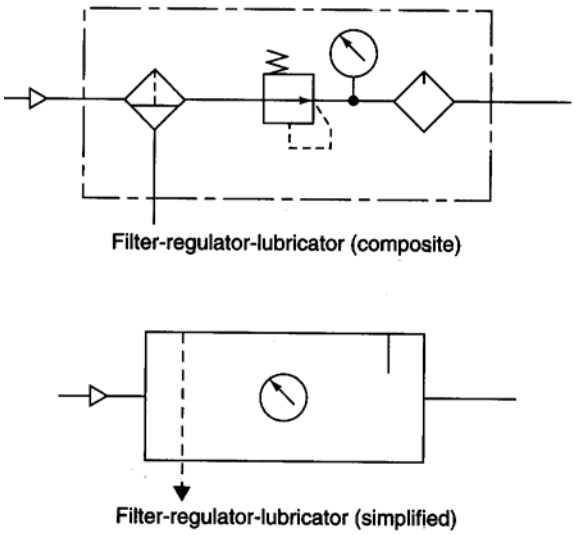
شكل (٣ ـ ١٩) رموز أجهزة تحويل الطاقة النيوماتية



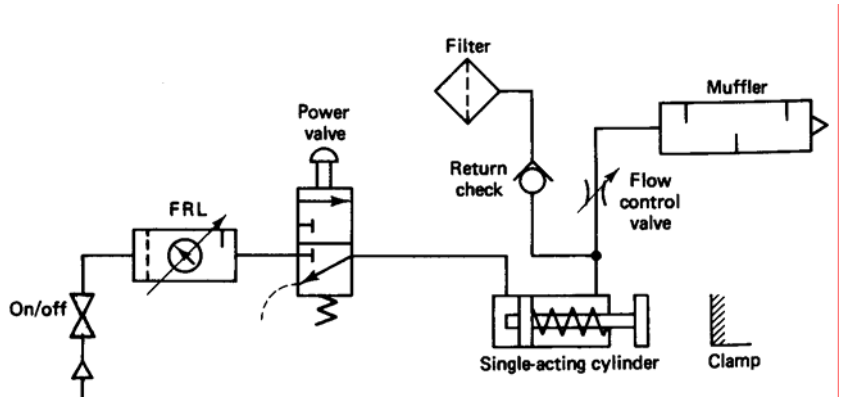
شكل (٣ ـ ٢٠) رموز أجهزة تهيئة الهواء المضغوط



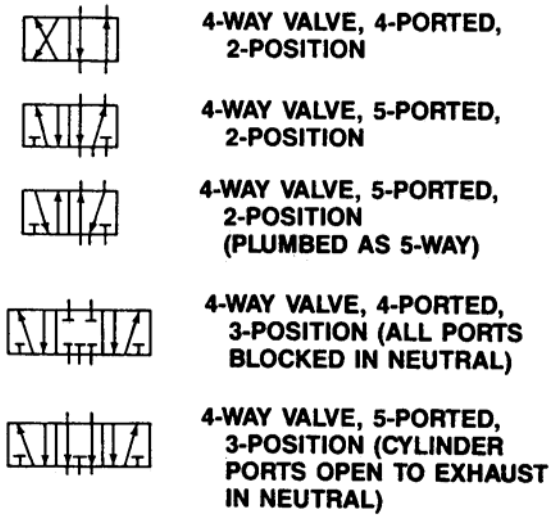
شكل (٣ ـ ٢١) رموز صمامات حد الضغط والصمامات الخانقة اللارجعية للتحكم في السرعة



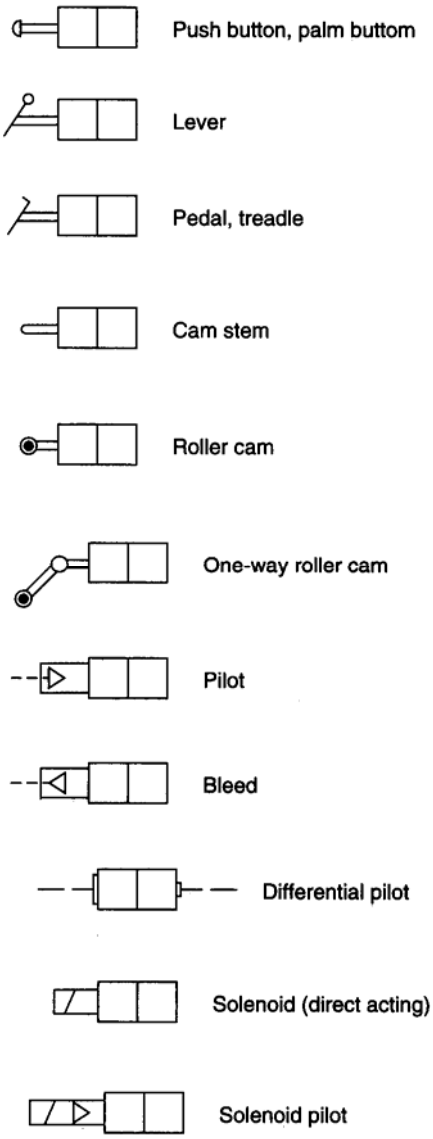
شكل (٣ ـ ٢٢) رموز أجهزة الفلترة والتزييت والإعداد للهواء المضغوط



شكل (٣ ـ ٢٣) دائرة نيوماتية بسيطة تحتوي على صمامات تحكم وأجهزة إعداد الهواء



شكل (٣ ـ ٢٤) رموز الصمامات التوجيهية الهيدروليكية والنيوماتية



شكل (٣ ـ ٢٥) رموز مشغلات الصمامات التوجيهية

اختبار ذاتي في الهيدروستاتيكا

السؤال الأول:

(أ) عرف الضغط، و الضغط المقاس.

(ب) أسطوانة هيدروليكية قطرها 7.5cm ,كم يكون ضغط المائع الهيدروليكي اللازم لقوة 6000N على القضيب المنزلق.

(جـ) ما هو الضغط الواقع على قاعدة خزان ارتفاعه 7.5 m مليء بزيت لمنظومة هيدروليكية كثافته $1206\ kg/m^3$ إذا كان الضغط على سطح الخزان يساوي 1 Mpa ؟

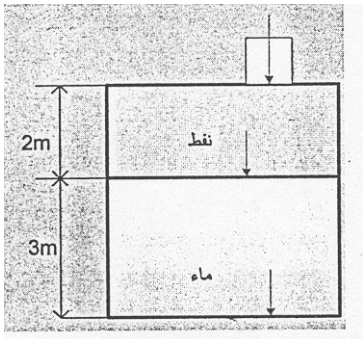
(د) يقرأ مقاس الضغط 150 kpa في حين أن مقاس الضغط الجوي (البارومتر) يقرأ 95 kpa . أوجد الضغط المطلق ؟

السؤال الثاني:

احسب ارتفاع عمود الماء المكافئ لضغط جوي قدره 101.325 kpa. خذ كثافة الماء $999kg/m^3$. ما هو الارتفاع إذا استبدلت الماء بالزئبق .

السؤال الثالث:

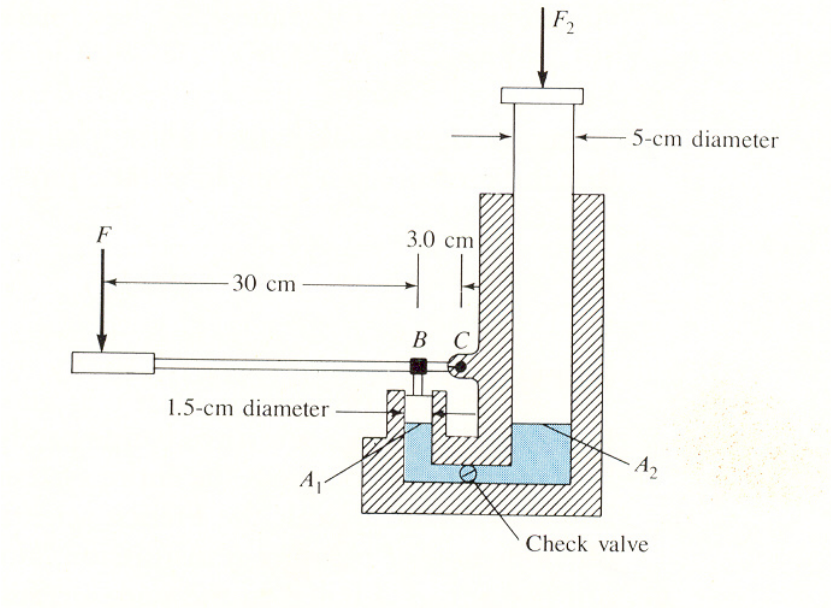
خزان مفتوح إلى تأثير الضغط الجوي يحتوي سائلا نفطيا كثافته $750\ kg/m^3$ وماء كثافته $10^3kg/m^3$. فإذا كان عمق الماء 3m وعمق النفط 2m فوق الماء ، احسب مقدار الضغط المقاس والضغط المطلق لدى قاعدة الخزان . علما أن الضغط الجوي السائد يساوي 1bar.



شكل يوضح السؤال الثالث

السؤال الرابع :

رافعة هيدروليكية ذات الابعاد الموجودة في الرسم أدناه ، إذا تم تطبيق قوة خارجية F مقدارها 100 N على يد الرافعة ، فما هو الثقل F_2 التي سوف ترفعه الرافعة من جراء تلك القوة ؟



شكل يوضح السؤال الرابع

إجابة الاختبار الذاتي للهيدروستاتيكا :

جواب السؤال الاول:

(أ)

- الضغط هو القوة على المسافة.
- الضغط المطلق يساوي الضغط المقاس + الضغط الجوي.

(ب)

من تعريف الضغط بأنه القوة على المساحة:

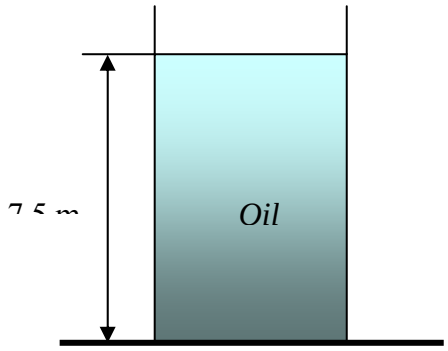
$$P = \frac{F}{A}$$

حيث أن مساحة مقطع الأسطوانة يساوي:

$$A = \pi \times r^2 = \frac{\pi}{4} D^2 = \frac{\pi}{4} \times (0.075)^2 = 0.004418 m^2$$

$$\therefore P = \frac{6000}{0.004418} = 135808 Pa \approx 1358 KPa$$

(جـ)



شكل يوضح السؤال الأول (جـ)

الضغط الواقع على قاعدة الخزان يساوي الضغط الواقع على سطح الخزان زائدا ضغط عمود الزيت الهيدرولي على قاعدة الخزان:

$$P = P_{top} + P_{Oil} = P_{top} + (\rho \times g \times h)_{Oil}$$

$$P = 1000000 + (1206 \times 9.81 \times 7.5) = 1088704Pa = 1088.7KPa$$

حيث p هي الضغط على قاعدة الخزان.

(د)

الضغط المطلق يساوي الضغط المقاس + الضغط الجوي

$$P_{\backslash bs} = P_g + P_{atm} = 150 + 95 = 245KPa$$

جواب السؤال الثاني:

$$P = \rho \times g \times h$$
$$101.325 = 999 \times 9.81 \times h$$
$$\therefore h = \frac{101.325 \times 10^3}{999 \times 9.81} = 10.34m$$

في حالة استبدال الماء بالزئبق (نعلم أن كثافة الزئبق هي $13600\ kg/m^3$)

$$p = \rho \times g \times h$$
$$101.325 \times 10^3 = 13600 \times 9.81 \times h$$

$$h = 0.76\ m = 76\ cm$$

ومنه يتبين لنا الفرق الواضح بين ١٠ م للماء و ٧٦ سم للزئبق.

جواب السؤال الثالث:

الضغط المقاس عند القاعدة :

$$P_{gage} = P_{Oil} + P_W$$
$$P_{gage} = (2 \times 750) + (3 \times 1000) = 4500Pa = 4.5kPa$$

أما الضغط المطلق على قاعدة الخزان :

$$P_t = P_{gage} + P_{atm}$$
$$P_{gage} = 4500Pa = 4.5kPa$$
$$P_{atm} = 1bar = 100000Pa = 100kPa$$
$$\therefore P_t = 4.5 + 100 = 104.5kPa$$

جواب السؤال الرابع :

يمكن إيجاد مقدار القوة F_1 (القوة المطبقة على الأسطوانة الصغرى) بأخذ العزوم حول النقطة C ومساواتها بالصفر لأن العزم حول المفصلة يساوي صفرا كما نعرف وعليه:

$$(0.33m)(100\ N) - (0.03m)\ F_1 = 0$$

$$F_1 = \frac{0.33m \times 100N}{0.03m} = 1100N$$

من معادلة الدائرة الهيدرولية البسيطة لنقل القوة :

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$P_1 = P_2 = P = F_1/A_1 = F_2/A_2$$

$$F_1 = P_1 A_1 = 1100\ N$$

$$P_1 = 1100/A_1$$

$$P_1 = \frac{1100}{A_1} = \frac{1100}{\frac{\pi}{4}d^2} = 6.22 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$P_1 = P_2$$

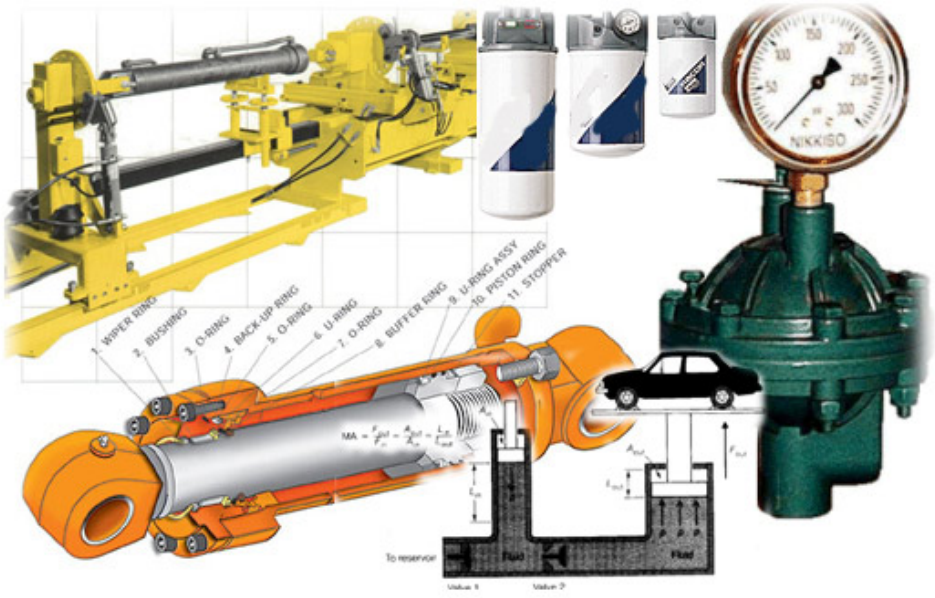
$$F_2 = P_1\ A_2$$

$$F_2 = 6.22 \times 10^6 \frac{N}{m^2} \times \frac{\pi}{4} \times (0.05m)^2 = 12.22kN$$

المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

أساسيات قدرة الموائع

الهيدرو ديناميكا



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادرا على فهم المعادلات الأساسية في الهيدروديناميكا وكيفية تطبيقها و معرفة الفرق بينها وبين الموائع في حالة السكون.

الاهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- وصف أنواع السريان : الرقائقي والمضطرب ومعرفة العوامل المؤثرة على نوع السريان - حساب رقم رينولدز في المواسير المستديرة – حل بعض التمارين للحكم على نوع السريان - تحديد معادلة الاستمرارية والقيام بحل تمارين عليها
- فهم طاقة الحركة لمائع منساب وكيفية حسابها - حساب طاقتي الوضع والضغط .
- استنتاج معادلة الطاقة للانسياب المستقر للمائع غير القابلة للانضغاط (مبدأ برنولي) - حل عدد من التمارين التطبيقية على حساب معدل التدفق .

مستوى الاداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٤ ساعات .

الوسائل المساعدة :

١. ربط أمثلة الحياة اليومية بقوانين الموائع في حالة الحركة ودراستها .
٢. حل بعض التمارين في الهيدروديناميكا .

متطلبات الجدارة :

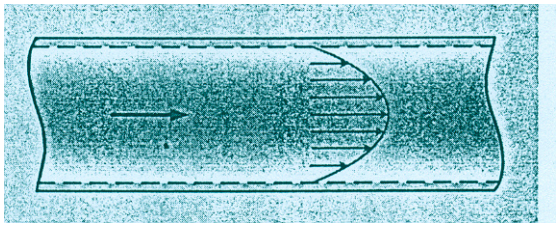
فهم المبادئ الأساسية في الهيدروستاتيك (الموائع الساكنة) للدخول في دراسة الموائع في حالة الحركة.

مقدمـه :

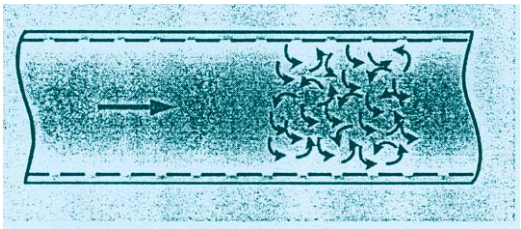
تهتم الهيدروديناميكا بدراسة قوانين الموائع المتحركة والقوى الفعالة الناتجة عن حركة هذه الموائع. عند إهمال قوى الاحتكاك الناتجة عن احتكاك المائع مع جدران الأنابيب وكذلك قوى الاحتكاك الناتجة عن احتكاك المائع مع بعضها البعض ، يمكن عندها فرض أن تدفق المائع مثالي وحر وبالتالي يمكن استخدام القوانين التي تصف المائع المثالي .

أنواع انسياب الموائع Types of Fluid Flow

يعرف الانسياب بأنه حركة الموائع والموائع هي مجموعة المواد القابلة للسيلان والانتشار كالغازات والسوائل. فعند انسياب مائع خلال ماسورة فإنه يتعرض إلى مقاومة سببها الاحتكاك واللزوجة، فإذا كان متوسط سرعة المائع خلال الماسورة منخفضاً فإن المائع سوف يسري في خطوط متوازية على طول الماسورة وفي هذه الحالة فإن جسيمات (Particles) المائع تتحرك بصورة منتظمة وتحتفظ بمواقعها النسبية على مختلف المقاطع أثناء حركتها. في هذه الحالة يعرف انسياب المائع بأنه انسياب هادئ أو انسياب رقائقي أو طبقي(Laminar Flow) شكل (٤ ـ ١ ـ أ)، وفي حالة زيادة السرعة المتوسطة إلى قيمة معينة فإن جسيمات المائع ستتحرك بصورة غير منتظمة وستنشأ تيارات دوامية. في هذه الحالة يسمى انسياب المائع بالانسياب الدوامي أو الانسياب المضطرب (Turbulent Flow) شكل (٤ ـ ١ ـ ب).



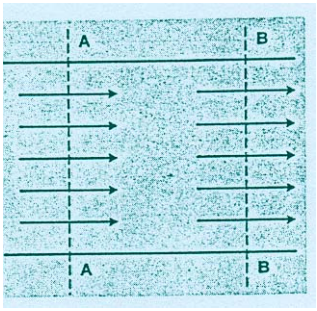
شكل (٤ ـ ١ ـ أ) السريان الرقائقي



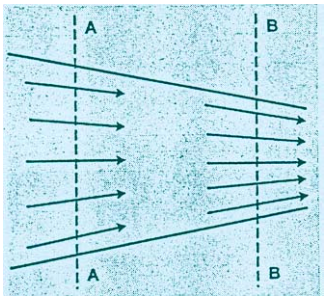
شكل (٤ ـ ١ ـ ب) السريان المضطرب

حركة الموائع Fluids in Motion :

بافتراض أن جسيمات السائل تتحرك في خطوط متوازية، فإن حالة الضغط والسرعة عند أي مقطع ستكون متطابقة. هذه الحالات توجد في المواسير المتوازية وعندما تكون سرعة الانسياب منخفضة. هذا النوع من الانسياب يسمى انسياب منتظم مستقر Steady Uniform Flow ، انظر الشكل (٤ ـ ٢ـ أ).أما إذا انساب السائل في ماسورة متقاربة أو لامة (Convergent) فإن سرعة جسيمات المائع سوف تزيد في اتجاه السريان (انظر الشكل (٤ ـ ٢ـ ب) وعليه فإن حالة الضغط والسرعة عند أي مقطع لم تتطابق. ولكن وطالما أن الضغط والسرعة ستكون ثابتة عند المقطع المعين فإن الانسياب في هذه الحالة يسمى انسياب غير منتظم ومستقر (Steady Non-Uniform Flow).



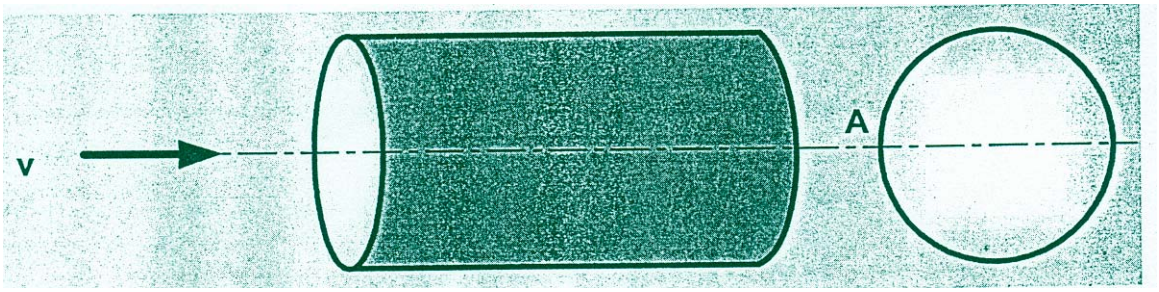
شكل (٤ ـ ٢ ـ ١) سريان مستقر ومنتظم



شكل (٤ ـ ٢ ـ ب) سريان مستقر وغير منتظم

معدل السريان Rate of Flow

عندما ينساب مائع في ماسورة كما في الشكل (٤ ـ ٣)، فإن حجم المائع الذي يقطع المساحة العمودية على اتجاه السريان في وحدة زمنية معينة يعبر عنه بمعدل السريان الحجمي Q.



شكل (٤ ـ ٣) معدل السريان الحجمي يساوي السرعة في مساحة المقطع

يحسب معدل السريان الحجمي على النحو التالي:

$$Q = A \times v$$

ووحدات معدل السريان الحجمي هي m^3/sec

يمكن استنتاج معدل السريان الكتلي $\dot{m}$

من تعريفنا للكثافة بأنها هي كتلة وحدة الحجم، أي أن:

∴ الكتلة = الكثافة × الحجم

$$\therefore m = V \times \rho$$

$$\dot{m} = \rho \times Q$$

مثـال

ينساب الماء في ماسورة قطرها 15mm وبسرعة قدرها 0.6 m/sec . احسب معدل السريان الحجمي ومعدل السريان الكتلي.

الحـل :

باستخدام معادلة معدل السريان الحجمي :

$$Q = A \times v$$

$$Q = \frac{\pi}{4} (0.015)^2 X 0.6 = 106.02X10^{-6} \ m^3/sec$$

وباستخدام معدل السريان الكتلي:

$$\dot{m} = \rho \times Q$$

$$\dot{m} = 1000 \times (106.02 \times 10^{-6}) = 0.106 \ kg/sec$$

معادلة الاستمرار (الاستمرارية) Continuity Equation

عندما يكون الحجم هو معدل السريان الحجمي أي حجم المادة (بالأمتار المكعبة مثلا) في الثانية الواحدة فإن الكتلة لابد أن تصير هي معدل السريان الكتلي أي عدد الكيلوجرامات من المادة في الثانية وعليه فإن:

$$\dot{m} = \rho_1 \times A_1 \times v_1 = \rho_2 \times A_2 \times v_2$$

المعادلة السابقة هي ما يعرف بمعادلة الاستمرار (الاستمرارية، الاتصال) Continuity Equation أو قانون حفظ الكتلة Law of Conservation of Mass .

أي أن معدل السريان الكتلي يكون ثابتا عند جميع المقاطع. وفي حالة الموائع غير القابلة للانضغاط تكون الكثافة ثابتة أي أن:

$$\rho_1 = \rho_2 = \rho$$

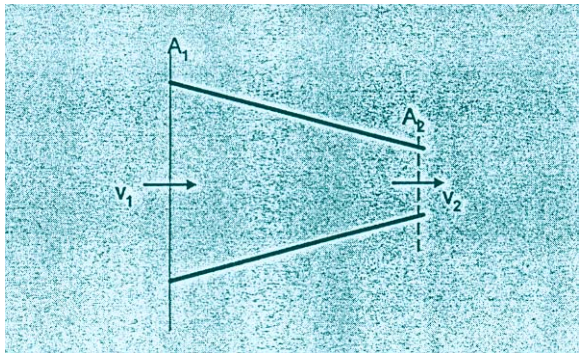
وبالتالي فإن :

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

$$\therefore \dot{Q}_1 = \dot{Q}_2$$

مثـــال :

مائع غير قابل للانضغاط يسري في أنبوبة لامة (Converging Pipe) كما في الشكل (٤ ـ ٤) ذات مقطع دائري قطره عند المدخل 0.46m وقطره عند المخرج 0.15m ، إذا كان معدل السريان الحجمي $0.3m^3$، احسب السرعة عند المدخل والسرعة عند الخرج.



شكل (٤ ـ ٤) المثال

الحـــل :

بالرجوع لمعادلة السريان الحجمي :

$$v_1 \qquad \times = A_1 \dot{Q}$$

يمكن حساب السرعة عند مقطع الدخول كما هو موضح في الشكل (٤ ـ ٤).

$$v_1 = \frac{\dot{Q}}{A_1}$$

ولكن المساحة عند مقطع الدخول A_1 يمكن حسابها كالتالي:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} d_1^2 = \frac{\pi}{4}(0.46^2) = 166.19\times10^{-3}\ m^2$$

$$\therefore v_1 = \frac{0.3}{1.66019\times10^{-3}} = 1.8\ m/sec$$

يمكن حساب السرعة عند مقطع الخروج بنفس الطريقة.

$$v_2 = \frac{\dot{Q}}{A_2} = \frac{0.3}{\frac{\pi}{4}(0.15^2)} = 16.98 \cong 17 m/sec$$

يمكن ملاحظة الفرق الكبير بين السرعتين. ولكن يظل معدل السريان الحجمي ثابت عند المقطعين.
يمكن حل المثال السابق باستخدام معادلة الاستمرار.

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

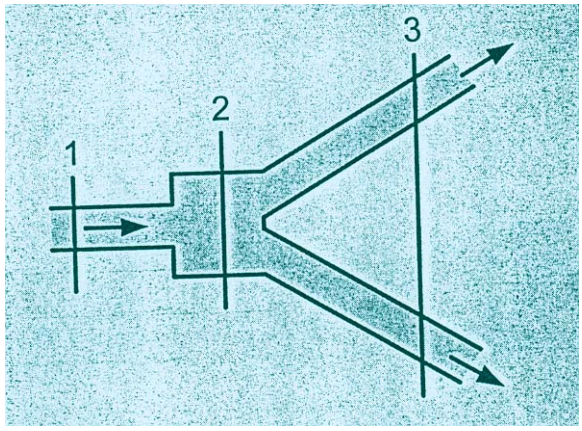
$$\therefore v_2 = \frac{A_1 \times v_1}{A_2} = \frac{\frac{\pi}{4}\times d_1^2 \times v_1}{\frac{\pi}{4}\times d_2^2}$$

$$\therefore v_2 = \frac{\frac{\pi}{4}\times 0.46^2 \times 1.8}{\frac{\pi}{4}\times 0.15^2} = 16.93 \, m/sec$$

مثـــال /

يجري الماء البارد والذي كثافته $998\ ^{kg}/_{m3}$ في أنبوب دائري المقطع قطره الداخلي 5cm متصل بأنبوب آخر قطره 7.5cm الذي بدوره يتفرع إلى مجريين قطر كل منهما 3.75cm فإذا كان معدل سريان الماء عند مدخل الأنبوب الأول $0.15\ m^3/sec$ كما في الشكل (٤ ـ ٥) ، احسب:

- معدل السريان الكتلي في الأنبوب الأول وفي فرعي الأنبوب الثاني.
- احسب السرعة في المجرى الأول وفي فرعي المجرى الثاني.



شكل (٤ ـ ٤) المثال

الحـل:

نحسب معدل السريان الكتلي في المجرى الأول:

$$\dot{m}_1 = \rho \times A_1 \times v_1$$

$$\dot{m}_1 = \rho \times \dot{Q}$$

$$\therefore \dot{m}_1 = \left(998\ ^{kg}/_{m^3}\right)\left(0.015\ ^{m^3}/_{\sec}\right)$$

$$\therefore \dot{m}_1 = 14.970\ ^{kg}/_{\sec}$$

ولكن معادلة الاستمرار للمسألة هي :

$$\dot{m}_1 = 2 \times \dot{m}_3$$

$$\therefore \dot{m}_3 = \tfrac{1}{2} \times \dot{m}_1$$

$$\dot{m}_3 = \tfrac{1}{2} \times 14.97 = 7.485 \, {kg}/{\sec}$$

لحساب السرعة في المجرى الأول:

معدل السريان الحجمي هو حاصل ضرب السرعة في مساحة مقطع المجرى.

نحسب المساحة A_1 .

$$A =_1 \tfrac{\pi}{4} \times d_1^2 = \tfrac{\pi}{4} \times (0.05)^2 = 0.001963 m^2$$

$$\dot{Q}_1 = A_1 \times \nu_1$$

$$\nu_1 = \frac{\dot{Q}_1}{A_1}$$

$$V_1 = \frac{0.015 \, {m^3}/{\sec}}{0.001963 m^2} = 7.6 \, {m}/{\sec}$$

ولحساب السرعة في أحد فرعي المجرى الثاني

نحسب المساحة A_3

$$A_3 = \frac{\pi}{4} \times d_3^2 = \frac{\pi}{4} \times (0.0375)^2 = 0.001104 m^2$$

$$\nu_3 = \frac{\dot{Q}_3}{A_3} = \frac{0.0075 \, {m^3}/{\sec}}{0.001104 m^2} = 6.76 \, {m}/{\sec}$$

طاقة السائل المتحرك Energy of a Liquid in Motion :

يقال للإنسان العامل الذي يعمل عملا شاقا خلال يومه فقد طاقته، إن استخدام كلمة طاقة هنا يتطابق تماما مع معناها الفيزيائي عندما تعرف الطاقة بأنها المقدرة لإنجاز الشغل "the capacity to do work" .

و هناك عدة أشكال للطاقة، فعلى سبيل المثال هناك الطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الكهربائية والطاقة النووية وطاقة الوضع وطاقة الحركة وطاقة الضغط. كل أشكال الطاقة المذكورة تشترك في أنها إذا ما سخرت التسخير المناسب فإنها سوف تستخدم لعمل **"شغل"** .

و في حالة سريان السوائل فإن:

١) طاقة الوضع .
٢) طاقة الضغط .
٣) طاقة الحركة .

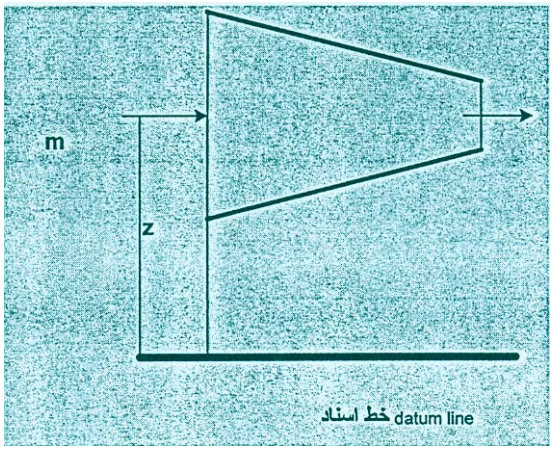
هي أشكال الطاقة المأخوذة في الاعتبار.

طاقة الوضع: Potential Energy

هي الطاقة التي تمتلكها كتلة من السائل m نسبة لارتفاعها Z عن خط إسناد معين Datum Line كما في الشكل (٤ ـ ٦). يمكن التعبير عن طاقة الوضع بالمعادلة التالية:

$$\text{Potential Energy} = \text{طاقة الوضع} = m \times g \times Z \left(kg \times \frac{m}{\sec^2} \times m \right)$$

وفي هذه الحالة فإن وحدات طاقة الوضع هي "الجول " "Joule " أو اختصارا" J"، أما طاقة الوضع لكل كيلو جرام واحد من السائل فإنها تعطى بالمعادلة التالية:



شكل (٤ ـ ٦) طاقة الوضع لكتلة m من السائل

$$\text{Potential Energy per Unit Mass} = g \times z\left(\frac{J}{kg}\right)$$

طاقة الضغط: Pressure Energy

عندما يكون السائل ساريا في أنبوب معين وتحت ضغط معين فإن هناك شغل لتحريك هذا السائل من مقطع لآخر. إذا كانت مساحة مقطع معين من الأنبوب A والضغط عند ذلك المقطعP فإن القوة المؤثرة على ذلك السائل هي (A × P) في اتجاه سريان ذلك السائل. إذا كان معدل السريان الحجمي خلال ذلك المقطع هو Q ، أي أن :

$$\dot{Q} = A \times v$$

وبالتالي فإن القوة (A×P) سوف تدفع السائل مسافة $V = \frac{\dot{Q}}{A}$ لكل وحدة زمنية (ثانية). عليه يمكن حساب الشغل (work) المعمول على السائل كالتالي:

$$\text{Work} = \text{Force} \times \text{Distance}$$

$$\text{Work} = p \times A \times v$$

$$work = p \times A \times \frac{\dot{Q}}{A}$$

$$work = p \times \dot{Q}$$

ولكن معدل السريان الكتلي $\dot{m}$ في الثانية يمكن كتابته على النحو التالي:

$$\dot{m} = \rho \times \dot{Q}$$

عليه يمكن استنتاج أن الشغل للكيلو جرام الواحد(وحدة كتلة) يمكن كتابته كالتالي:

$$\text{work done per unit mass} = \frac{p \times \dot{Q}}{\rho \times \dot{Q}} = \frac{p}{\rho}\left(J/kg\right)$$

أي أن وحدات الشغل للكيلو جرام الواحد هي الجول / كيلوجرام، J/kg

وبالتالي فإن طاقة الضغط (شغل الضغط) للكيلو جرام الواحد تحسب بالقانون $\left(\frac{p}{\rho}\right)$

$$\text{Pressure Energy} = \text{طاقة الضغط} = \frac{p}{\rho}$$

طاقة الحركة : Kinetic Energy

إذا سرت كتلة من السائل قدرها m بسرعة منتظمة قدرها v ، فإن هذه الكتلة من السائل تمتلك طاقة نتيجة لحركتها (تعرف بالطاقة الحركية) قدرها ($\frac{1}{2} \times m \times v^2$).

أي أن:

$$\text{Kinetic Energ} = \frac{1}{2} \times m \times v^2$$

وطاقة الحركة للكيلو جرام الواحد تكتب كالتالي :

$$\text{Kinetic Energy Per Unit Mass} = \frac{1}{2} \times v^2 \left(\frac{J}{kg}\right)$$

إن الطاقة التي يمتلكها كيلوجرام واحد من السائل هي مجموع طاقة الوضع، وطاقة الضغط، وطاقة الحركة. عليه فإن:

مجموع الطاقة للكيلو جرام الواحد = طاقة الوضع + طاقة الضغط + طاقة الحركة

أو

$$\text{Total Energy Per Kg} = g \times z + \frac{p}{\rho} + \tfrac{1}{2} \times v^2$$

إن أشكال الطاقة الثلاثة التي عرفناها(الوضع والضغط والحركة) يمكن التعبير عنها بشكل آخر هو ما يعرف بالسمت أو العلو (height or head) و يعرف بـ:

- سمت أو علو الوضع (Potential Head) .
- سمت أو علو الضغط (Pressure Head) .
- سمت أو علو السرعة (Velocity Head) .

وبالتالي فإن السمت أو العلو الكلي للكيلو جرام الواحد هو مجموع علو الوضع زائدا علو الضغط زائدا علو السرعة. أي أن:

$$\text{Total head Per kg} = \text{z} + \frac{\text{p}}{\rho \times \text{g}} + \frac{v^2}{2g}$$

بالوحدات فإن المعادلة السابقة يمكن التعبير عنها كالتالي:

$$\text{Total head Per kg} = \text{m} + \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \times \frac{m^3}{kg} \times \frac{\sec^2}{m} + \frac{m^2}{\sec^2} \times \frac{\sec^2}{m}$$

أي أن:

$$\text{Total Head Per kg} = \text{m} + \text{m} + \text{m} = \text{m}$$

معادلة برنولي Bernoulli Equation

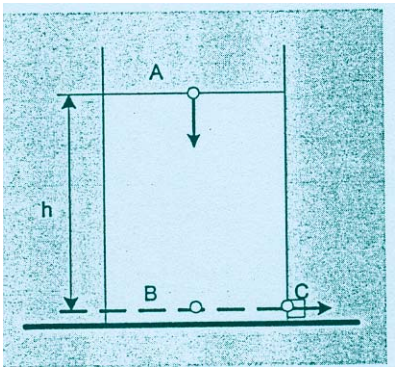
إن نظرية برنولي تنص على الآتي: "إن مجموع طاقة الضغط وطاقة الحركة وطاقة الوضع (الطاقة الكلية) لأي جسيم من مائع ما يسري في مسار معين يظل ثابتا عند أي مقطع على طول ذلك المسار، إذا لم يكن هناك فقد أو اكتساب طاقة من البيئة حول ذلك المسار" أو بمعنى آخر فإن:

طاقة الضغط + طاقة الحركة + طاقة الوضع تساوي ثابت عند أي مقطع.

يمكن كتابة معادلة برنو لي عند تطبيقها عند نقطتين بالصيغة الآتية:

$$\frac{p_1}{\rho}+\frac{v_1^2}{2}gZ_1=\frac{p_2}{\rho}+\frac{v_2^2}{2}+gZ_2$$

إن التقسيم بين أنواع هذه الطاقة يمكن أن يختلف باختلاف المقطع ولكن الطاقة الكلية تظل ثابتة. تستخدم قاعدة برنولي في حل كثير من التطبيقات في سريان الموائع .



شكل (٤ ـ ٧) تطبيق نظرية برنولي

لو نظرنا للخزان الموضح في الشكل (٤ ـ ٧) والذي يوضح سائل يسري عبر فتحة جانبية من الخزان بسرعة قدرها **v** وبعد الفتحة عن سطح السائل h . نظرية برنولي يمكن تطبيقها بين النقاط AوBوC . الطاقة الكلية عند A = الطاقة الكلية عند B= الطاقة الكلية عند C.

أو :

$$\frac{p_A}{\rho}+\frac{v_A^2}{2}+gZ_A=\frac{p_B}{\rho}+\frac{v_B^2}{2}+gZ_B=\frac{p_c}{\rho}+\frac{v_c^2}{2}+gZ_c$$

إذا تم اختيار خط الارتكاز أو الإسناد خلال مركز الفتحة الجانبية مع إهمال الضغط الجوي، السرعة عند A تساوي صفر تقريبا والسرعة عند B تساوي صفر أيضا لأن المائع ثابت ولا يتحرك عند هاتين النقطتين .

عليه يمكن التعويض في معادلة برنولي كما يلي :

$$0+0+gz_A = \frac{p_B}{\rho}+0+0 = 0+\frac{v_C^2}{2}+0$$

بمعنى آخر نستنتج أنه وعند النقطة A الطاقة كلها طاقة وضع وعند النقطة B الطاقة كلها طاقة ضغط وعند النقط C الطاقة كلها طاقة حركة . عليه فإن الصورة العامة لمعادلة برنولي كالتالي :

$$\frac{p_A}{\rho}+\frac{v_A^2}{2}+gZ_A = \frac{p_B}{\rho}+\frac{v_B^2}{2}+gZ_B$$

الجدير بالذكر هنا أن معادلة برنولي بصورتها السابقة لا تعطي وزنا للطاقة المفقودة بين النقطتين AوB في اتجاه حركة السائل.

يمكن تعديل معادلة برنولي لتأخذ في الاعتبار الفقد في الطاقة بين النقطتين على النحو التالي:

$$\frac{p_A}{\rho}+\frac{v_A^2}{2}+gZ_A = \frac{p_B}{\rho}+\frac{v_B^2}{2}+gZ_B + \text{energy loss between A and B}$$

مثـــال :

يدخل الماء البارد في سخان لإنتاج الماء الحار لمحطة تكييف مركزي بمتوسط سرعة قدرها 1.52 m/sec ويخرج الماء الساخن منه بمتوسط سرعة قدرها 9.14 m/sec . إذا كان أنبوب الماء الساخن أعلى من أنبوب الماء البارد بارتفاع 15.2m . أوجد ضغط الماء الساخن إذا كان ضغط الماء البارد 2.339kPa. خذ كثافة الماء البارد 998 kg/m^3 وكثافة الماء الساخن 993 kg/m^3 .؟

الحل :

نطبق معادلة برنولي بين دخول وخروج الماء من المرجل أو السخان:

$$\frac{P_1}{\rho_1}+\frac{v_1^2}{2}gZ_1=\frac{P_2}{\rho_2}+\frac{v_2^2}{2}gZ_2$$

$$\frac{2.339\times1000}{998}+\frac{1.52^2}{2}+9.81\times0=\frac{P_2}{983}+\frac{9.14^2}{2}+9.81\times15.2$$

$$2.344+1.155+0=\frac{P_2}{983}+41.77+149.112$$

$$P_2=983(2.344+1.155-41.77-149.112)=-184.2KPa$$

لماذا الضغط هنا سالبا ؟ وما معنى ذلك .

تطبيقات على معادلة برنولي :

الضغط الكلي والضغط الإستاتيكي وضغط السرعة:

يعرف الضغط الكلي لأي مائع متحرك بأنه هو مجموع الضغط الإستاتيكي زائداً ضغط السرعة.

$$h_t = h_v + h_s$$

حيث h_t هو الضغط الكلي و h_s هوالضغط الإستاتيكي و h_v هو ضغط السرعة . ويعرف الضغط الإستاتيكي : بأنه ضغط المائع عند السكون وضغط السرعة هو ضغط المائع أثناء الحركة. وطاقة الضغط الكلية للمائع هي مجموع طاقة ضغط السرعة مع طاقة الضغط الإستاتيكي.

استخدمت فكرة ضغط السرعة في قياس سرعة المائع وحساب معدل السريان للأنابيب ومجاري الهواء. إذا استطعنا قياس ضغط السرعة فيمكن حساب سرعة المائع من المعادلة التالية :

$$h_v=\frac{v^2}{2g}$$

$$v=\sqrt{2gh}$$

حيث :

v هي سرعة المائع (m/sec)

h_v هو ضغط السرعة (m)

مثـــال :

يتم تبريد مكثف في ماكينة تبريد بالماء . إذا تم قياس الضغط الكلي والضغط الإستاتيكي في خط أنبوب الماء للمكثف ووجد أنهما 22m و21.6m على التوالي .أوجد سرعة الماء في الأنبوب.؟

الحـــل:

الضغط الكلي يساوي الضغط الإستاتيكي زائدا ضغط السرعة .

$$h_v = h_t - h_s$$

$$h_v = 22\text{-}21.6 = 0.4 \text{ m}$$

$$\therefore v = \sqrt{2gh_v} = \sqrt{2 \times 9.81 \times 0.4} = 2.8 \, {}^{m}\!/_{\text{sec}}$$

مثـال

هـواء يسري في مجرى بسرعة مجهولة وباستعمال مانومتر زئبقي وجد أن عمود ضغط السرعة يساوي 20mm زئبق. إذا كانت كثافة الهواء تساوي $1.2 kg/m^3$ وكثافة الزئبق تساوي $13600 kg/m^3$ فما هي سرعة الهواء في المجرى .؟

الحـل:

في هذا المثال نحسب ضغط السرعة من المعادلة :

$$g h_{Hg} \rho P_v =$$

$$= 13600 \times 9.81 \times 0.02 = 2668.32 \text{ N/m}^2$$

ولكن:

$$\frac{P_v}{\rho_{air}} = \frac{v^2}{2}$$

$$v^2 = 2 \times \frac{P_v}{\rho_{air}}$$

$$v = \sqrt{2 \times \frac{266.32}{1.2}} = 66.7 \, {}^{m}\!/_{\text{sec}}$$

قياس سرعة المائع :

إن قياس سرعة المائع وبالتالي معدل السريان، يعتبر أساسيا لأي دراسة تجريبية أو تشغيل فعلي متعلق بسريان الموائع. هناك عدد من الأجهزة لقياس السرعة مبنية على المبادئ التي تمت مناقشتها في الصفحات القليلة الماضية. من المهم لفني الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية تفهم مبادئ تشغيل مثل هذه الأجهزة. من أهم هذه الأجهزة أنبوب بيتوت ومقياس الفنشوري ومقياس الفوهة .

أنبوب بيتوت Pitot Tube

يتألف أنبوب بيتوت من أنبوب زجاجي تشكل نهايته زاوية قائمة كما هو مبين. الشكل (٤ ـ ٨) حيث يوضح الشكل انبوب بيتوت في مجرى السائل بحيث تكون فتحة نهايته نحو الاتجاه المعاكس لسريان المائع. وتجدر الإشارة هنا إلى أن أنبوب بيتوت يقيس السرعة عند نقطة التماس مع المائع فقط.

بتطبيق معادلة برنولي بين النقطتين (١) و (٢) نحصل على المعادلة التالية :

$$\frac{P_1}{\rho}+\frac{v_1^2}{2}+gZ_1=\frac{P_2}{\rho}+\frac{v_2^2}{2}+gZ_2$$

المائع عند النقطة (٢) يكون في حالة سكون والتغير في طاقة الوضع يساوي صفراً. فإن المعادلة تختصر إلى :

$$\frac{P_1}{\rho}+\frac{v_1^2}{2}=\frac{P_2}{\rho}$$

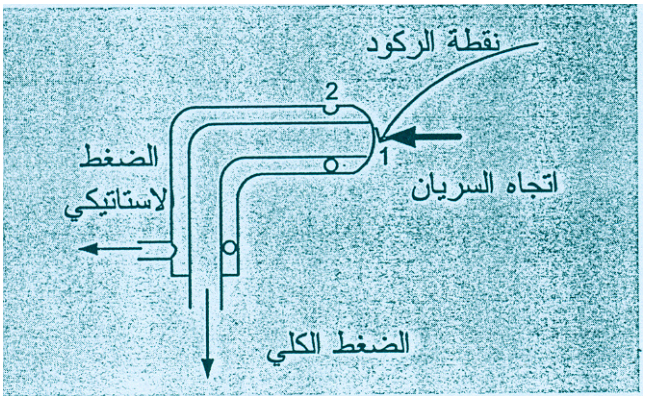
$$\frac{v_1^2}{2}=\frac{P_2-P_1}{\rho}$$

$$v_2=\sqrt{2\times\frac{P_2-P_1}{\rho}}$$

حيث P_1 هو الضغط الإستاتيكي P_2 هو يساوي الضغط الكلي أو مجموع الإستاتيكي زائدا ضغط السرعة.

ويمكن توصيل أنبوب البيتوت بمانومتر لقراءة فرق الضغط مباشرة كما أمكن أيضا تصميم أنبوب

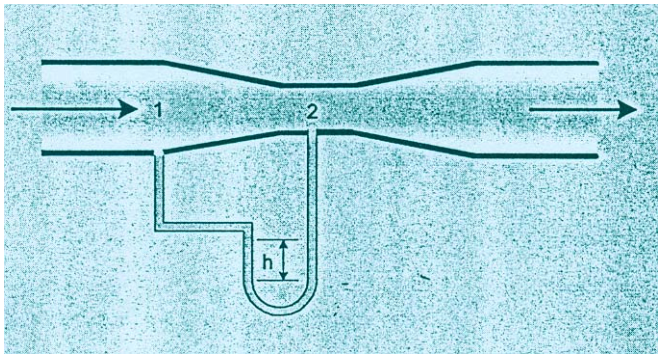
البيتوت في شكل أنبوبين متمركزين، يقيس الأنبوب الداخلي منهما الضغط الكلي بينما يعطي الأنبوب الخارجي الضغط الإستاتيكي من خلال الثقوب في نهايته .



شكل (٤ ـ ٨) انبوب بيتوت الاستاتيكي

الفنشوريمتر Venturi-Meter:

يتكون الفنشوريمتر من مخروطين ناقصين أحدهما لام والآخر منفرج وجزء أسطواني قصير بالإضافة لجهاز مانومتر و مساحة مقطعي المخروطين متساويتين. أنظر الشكل (٤ ـ ٩). نستخدم معادلة برنولي بين النقطتين (١) و(٢) وعادة ما يهمل الفاقد في الطاقة نتيجة الاحتكاك.



شكل (٤ ـ ٩) الفنشوريمتر

من مميزات الفنشوريمتر أن الفقد في الضغط نتيجة الاحتكاك ضئيل جدا وذلك لانسياب المائع بصورة تدريجية. ويعتبر الفنشوري جهازاً مثاليا لقياس معدل السريان. وجهاز الفنشوري شائع الاستخدام خصوصا للموائع ذات الحجم الكبير، غير أنه باهظ الثمن خصوصا لخطوط الأنابيب الصغيرة. يقاس فرق الضغط بين النقطة (١) في مدخل الفنشوري والنقطة (٢) في عنق الفنشوري بواسطة مانومتر مثبت بينهما.

$$\frac{P_1}{\rho_1}+\frac{v_1^2}{2}+gZ_1=\frac{P_2}{\rho_2}+\frac{v_2^2}{2}+gZ_2$$

التغير في طاقة الوضع بين النقطتين يساوي صفر وذلك لوجودهما على نفس المستوى.

$$\therefore \frac{P_1}{\rho_1}+\frac{v_1^2}{2}=\frac{P_2}{\rho_2}+gz_2$$

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

من معادلة الاستمرار بين النقطتين :

$$v_1=\frac{A_2}{A_1}\times v_2$$

بالتعويض في معادلة برنولي يمكن استنتاج أن السرعة عند المقطع (٢) تعطي المعادلة التالية:

$$v_2=\sqrt{\frac{2(P_1-P_{2)}}{\rho-\left(1-\frac{A_2^2}{A_1^2}\right)}}$$

حيث A_1 وA_2 هي مساحة المقطع عند النقطة (١) و (٢) على التولي.

مثـــال

يسري ماء درجة حرارته 25 C خلال جهاز فنشوري. إذا كان الفرق في الضغط (قراءة المانومتر) يعادل 42.1cm من الماء المقطر عند النقطة (١) 7.5cm وعند النقطة (٢) 2.5cm احسب معدل سريان الماء خلال الماسورة باللتر في الدقيقة.؟

الحـــل:

نحسب سرعة الماء عند النقطة (٢)

$$v_2 = \sqrt{\frac{2\times \Delta P}{\rho(1-\frac{A_2^2}{A_1^2})}} = \sqrt{\frac{2g\times \Delta h}{(1-\frac{A_2^2}{A_1^2})}}$$

$$\therefore v_2 = \sqrt{\frac{2\times 9.81\times 0.421}{1-\left(\frac{0.025^2}{0.075^2}\right)^2}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{8.08}{0.988}} = \sqrt{8.18} = 2.86\, m/\sec$$

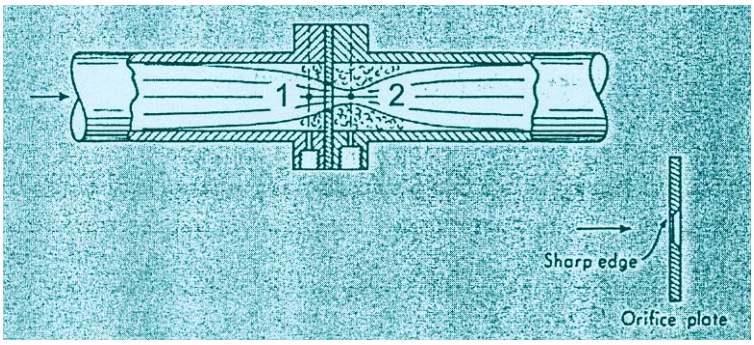
باستخدام معادلة الاستمرار يمكن حساب معدل السريان:

$$\dot{Q} = A_2 \times v_2 = \frac{\pi}{4}\times (0.025)^2 \times 2.86 = 0.0014\frac{m^3}{\sec} = \frac{0.0014\frac{m^3}{\sec}}{0.001\frac{m^3}{lit}} = 1.4\frac{lit}{\sec} = 84\frac{lit}{\min}$$

مقياس الفوهة (الأورفسميتر) Orifice Meter :

لقد قلنا أن مقياس الفنشوري هو جهاز مثالي ولكنه مكلف، عليه فقد تم اختراع أجهزة أخرى بسيطة وغير مكلفة وتقيس معدل السريان بكفاءة عالية. يتألف مقياس الفوهة من صفيحة مثقوبة تعترض مجرى المائع كما هو واضح في الشكل (٤ ـ ١٠) . وتصنع فوهة الثقب بحيث تكون حافتها حادة. يحدد قطر هذه الفوهة بموجب القياسات العالمية المتفق عليها ويقاس فرق الضغط عبر الصفيحة بواسطة المانومتر وتطبق مرة أخرى معادلة برنولي لقياس السرعة ومعدل السريان.

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(P_1 - P_2)}{\rho\times\left(1-\frac{A_2^2}{A_1^2}\right)}}$$



شكل (٤ ـ ١٠) مقياس الفوهة

مثـــال :

يسري الماء في جهاز الأورفسميتر الموضح في الشكل (٤ ـ ١٠) بسرعة 0.3m/sec إذا كان قطر الماسورة 0.3 m وقطر ثقب الأورفسميتر 0.06 m ، أوجد مقدار الفقدان في الضغط عبر الأوروفيس. أخذ معامل فقدان السرعة C_v= 0.82 .

الحـــل:

$$v_2 = C_v \sqrt{\frac{2 \times \Delta P}{\rho \times \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right)^2}}$$

نحسب السرعة ν من معادلة الاستمرار:

$$v_2 = \frac{v_1 \times A_1}{A_2}$$

بالتعويض المناسب ν_2 = 7.5 m/sec

يمكن التعويض في معادلة الأروفيس لنحصل على الفرق في الضغط

$$\Delta P = \frac{v_2^2 \times \rho \times (1 - \frac{A_2^2}{A_1^2})}{2 \times C_v^2} = 73048.9Pa \approx 73KPa$$

اختبار ذاتي في الهيدروديناميكا :

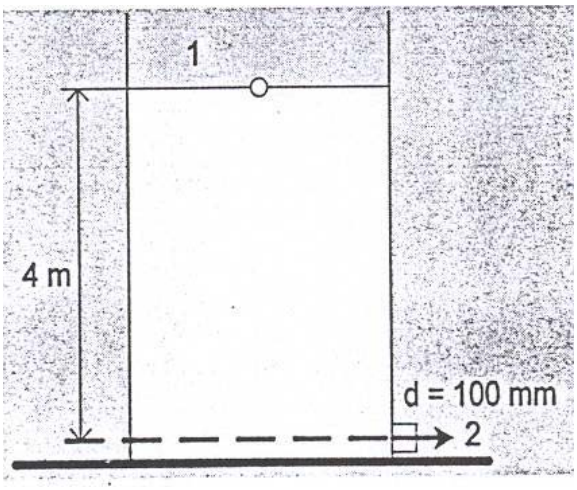
السؤال الأول:

(أ) اكتب معادلة الاستمرار.

(ب) هواء ذو ضغط مطلق مقداره 1.5bar ودرجة حرارة $30\ C^0$ يمر داخل مجرى هوائي مستطيل الشكل عند A وأبعاده $400mm \times 300mm$ ، ومربع الشكل عندB وطول ضلعه 250mm ، فإذا انخفض الضغط بمقدار 0.2bar من A إلى B ، احسب سرعة الهواء في المجرى عند B إذا علمت أن درجة الحرارة لم تتغير وثابت الهواء $R=287\ J/kg\ K$ وسرعة الهواء عند A تساوي 18m/sec .

السؤال الثاني:

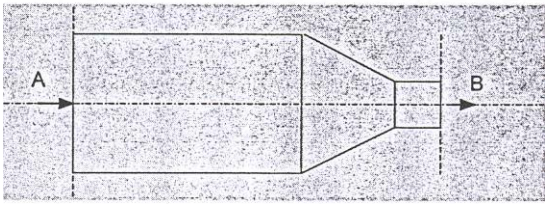
احسب سرعة الماء خلال الفوهة في أسفل الخزان الموضح أدناه حيث إن الخزان مفتوح من الأعلى ليتعرض للضغط الجوي . احسب أيضا معدل السريان الحجمي Q خلال الفوهة .



الانسياب خلال فوهة من خزان كبير

إجابة الاختبار الذاتي للهيدروديناميكا :

جواب السؤال الأول:



شكل يوضح السؤال الأول

- معادلة الاستمرار تنص على أن كتلة المائع الداخله تساوي كتلة المائع الخارجه . أو

$$\rho_1 \times A_1 \times v_1 = \rho_2 \times A_2 \times v_2$$

وفي حالة المائع غير القابل للانضغاط (كثافته ثابتة) فإن معادلة الاستمرار تكتب كالآتي:

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

- المائع الذي يسري في هذا المجرى هو مائع قابل للانضغاط وبالتالي فإن كثافته غير ثابتة وتعتمد على الضغط ودرجة الحرارة. عليه يمكن حساب الكثافة عند (A) والكثافة عند (B) وذلك باستخدام المعادلة العامة للغازات.

لحساب الكثافة عند A أو المقطع (١):

$$\rho_1 \frac{P_1}{RT_1}$$

$$\rho_1 = \frac{1.5\times10^5}{287\times(30+273)} = 1.725\frac{Kg}{m^3}$$

يمكن حساب الكثافة عندB أو المقطع (٢):

$$\rho_2 \frac{P_2}{RT_2}$$

$$\rho_2 = \frac{(1.5-0.2)\times10^5}{287\times(30+273)} = 1.495\frac{Kg}{m^3}$$

و بتطبيق معادلة الاستمرارية بين المقطعين يمكن حساب السرعة عند المقطع (B) أو (٢)

$$\rho_1 \times A_1 \times v_1 = \rho_2 \times A_2 \times v_2$$

المتغيرات في المعادلة كلها معلومة أو يمكن حسابها ماعدا v_2 ، عليه يمكن التعويض في المعادلة لحساب السرعة عند الخروج:

$$v_2 = \frac{\rho_1 \times A_1 \times v_1}{\rho_2 \times A_2} = \frac{1.725 \times (0.4 \times 0.3) \times 18}{1.495 \times (0.25)^2} = 39.87 \frac{m}{\sec}$$

جواب السؤال الثاني:

بتطبيق معادلة برنولي بين سطح الماء في الخزان والفوهة.

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1}{2} + Z_1 g = \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2}{2} + Z_2 g$$

معلوم أن الضغط عند(١) و(٢) هو الضغط الجوي. أيضا السرعة عند النقطة (١) مقارنة بالسرعة عندالنقطة (٢) تعتبر صغيرة جدا وبالتالي يمكن افتراضها صفرا. عليه فإن معادلة برنولي يمكن اختصارها على النحو التالي:

$$\frac{v_2^2}{2} = Z_1 g - Z_2 g = g(Z_1 - Z_2)$$

ولكن $(Z_1\text{-}Z_2)$ تساوي 4m، عليه يمكن حساب السرعة عند الفوهة:

$$v_2 = \sqrt{(2 \times g \times (Z_1 - Z_2))}$$

$$v_2 = \sqrt{2 \times 9.8 \times 4} = 8.86 \frac{m}{\sec}$$

ولحساب معدل السريان الحجمي $\dot{Q}$:

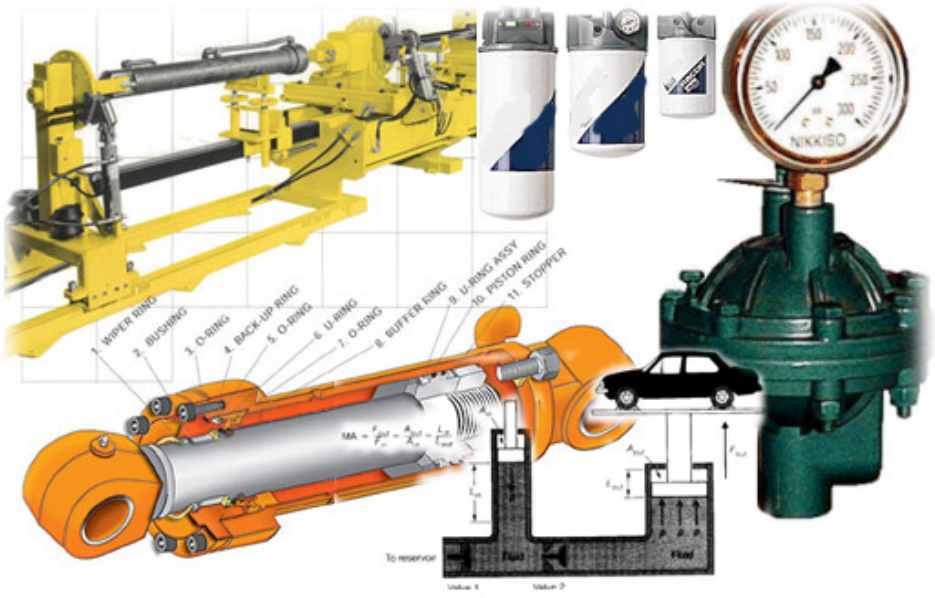
$$\dot{Q} = A_2 \times v_2$$

$$\dot{Q} = \frac{\pi}{4} \times (d_2^2) \times v_2 = \frac{\pi}{4}(0.1)^2 \times 8.86 = 0.0695 \frac{m^3}{\sec}$$

$$\therefore \dot{Q} = 0.0695 \frac{m_3}{\sec}$$

اساسيات قدرة الموائع

الهبوط في الضغط



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادراً على حساب فقد الضغط في الأنابيب بالعلاقات وباستخدام المنحنيات وتأثير ذلك على الكفاءة الكلية للدائرة .

الاهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- حساب فقد الضغط في الأنابيب البسيطة لكل من الوسائط غير القابلة للانضغاط (السوائل) والوسائط القابلة للانضغاط (غازات وأبخرة) .
- اتقان استخدام مخطط مودي في أنواع السريان المختلفة
- حساب فاقد الضغط والتدفق في الأنابيب – حساب فقد الضغط بالعلاقة مع سرعة التدفق ونوع التدفق وفقا للصيغ التقريبية .
- تحديد فقد الضغط باستخدام المنحنيات .

مستوى الأداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٤ ساعات .

الوسائل المساعدة :

١. استخدام منحنيات حساب هبوط الضغط

متطلبات الجدارة :

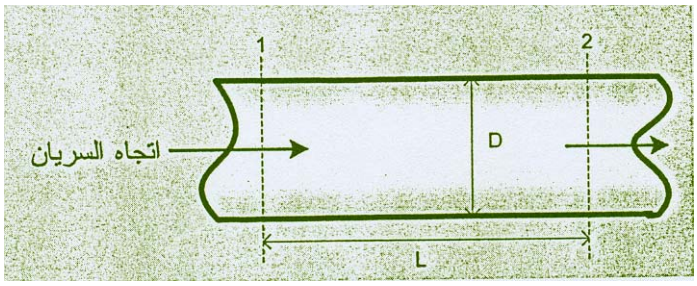
اتقان جميع ما جاء في الوحدة السابقة (الموائع في حالة الحركة) .

مقدمـــه :

من المعروف أن هناك هبوطاً في ضغط المائع وهو من التأثيرات التي لابد للمضخة في حالة الماء (سوائل) أو المروحة في حالة الهواء (غازات) أن تتغلب عليها. وعليه لابد من حساب ذلك الهبوط في الضغط على امتداد طول الأنبوب أو المجرى. عند سريان مائع خلال ماسورة فإن القوى التي يجب التغلب عليها تأتي من عدة مصادر فبالإضافة لقوى الاحتكاك الناتجة من إجهاد القص عند الأسطح، هناك قوة الجاذبية وقوة تغيير اتجاه المائع. القوى الناتجة من الاحتكاك تختلف باختلاف رقم رينولدز وما يسمى بخشونة السطح Surface Roughness .

الهبوط في الضغط ومعامل الاحتكاك :

قوى الاحتكاك تُفقد المائع الذي يسري بعضاً من طاقته. هذه الطاقة غالباً ما يُعبر عنها كهبوط في الضغطPressure Drop أو فقدان عمود الطاقة Energy Head Loss ويعرف هذا الهبوط أو الفقدان بفاقد الاحتكاك أو عمود الاحتكاك Friction Head .



شكل (٥ ـ ١) كيفية حساب الهبوط في الضغط خلال مقطع من ماسورة

إذا أخذنا مقطعاً من أنبوب ما كما هو مبين في الشكل (٥ ـ ١) فإن الهبوط في الضغط بين المقطعين (1) و(2) يعطي بواسطة المعادلة التالية:

$$P_1 - P_2 = f \times \frac{l}{d_i} \times \frac{v^2}{2} \times \rho$$

حيث :

f هو معامل الاحتكاك، V هي سرعة المائع، و ρ هي كثافة المائع ، l طول الأنبوب و d_i القطر الداخلي للانبوب.

الجدير بالملاحظة هنا أن الهبوط في الضغط في هذه المعادلة وحدته N/m^2 .

و يمكن كتابة معادلة الهبوط في الضغط كعمود ضغط H كالتالي:

$$H_f = \frac{P_1 - P_2}{\rho \times g} = f \times \frac{l}{d_i} \times \frac{v^2}{2g}$$

ووحدات عمود الضغط كما نعرف هي m.

ولمعرفة هذا الهبوط في الضغط يجب معرفة أو حساب:

- رقم رينولدز $\left(\mathrm{Re} = \frac{\rho \times V \times d}{\mu} \right)$
- الخشونة النسبية للأسطح (Relative Roughness) وهي نسبة الخشونة المطلقة إلى قطر الماسورة $\frac{\varepsilon}{D}$ (انظر الجدول)
- معامل الاحتكاك (f)

جدول (٥ ـ ١) الخشونة المتوسطة لبعض المواسير التجارية

المادة (Material)	$\frac{\varepsilon}{D(mm)}$
فولاذ البرشام Riveted Steel	0.9-9
الخرسانة Concrete	0.3-3
حديد زهر Cast Iron	0.26
حديد مجلفن Galvanized Iron	0.15
حديد زهر مسفلتAsphalted Cast Iron	0.12
فولاذ تجاري Commercial Steel	0.046
أنابيب مسحوبة Drawn Tubing	0.0015
زجاج Glass	Smooth (ناعم)

رقم رينــولدز *Re* :

يمكن تحديد طبيعة السريان باستخدام رقم رينولدز Re

$$\mathrm{Re} = \frac{V \times d_H}{\nu} = \frac{V \times d_H \times \rho}{\mu}$$

حيث :

Re = رقم رينولدز (بدون وحدة) .

V = سرعة السريان (m/sec) .

ρ = كثافة المائع (kg/m^3) .

ν = اللزوجة الكينماتيكية (m^2/sec) .

μ = اللزوجة الديناميكية(المطلقة) ($N.sec/m^2$)

d_H = القطر الهيدرولي (m) ويساوي قطر الماسورة الداخلي في حالة المواسير المستديرة المقطع ، أما في الحالات الأخرى فيتم حسابه باستخدام المعادلة:

$$d_H = 4 \times \frac{A}{U}$$

حيث :

A = مساحة المقطع المبلل .

U = محيط المقطع المبلل .

مثـــــال :

أوجد القطر الهيدرولي لمجرى هواء مربع الشكل طول ضلعه 1m .

الحـــل:

$$d_H = 4 \times \frac{A}{U}$$

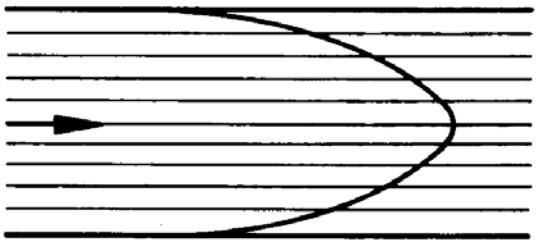
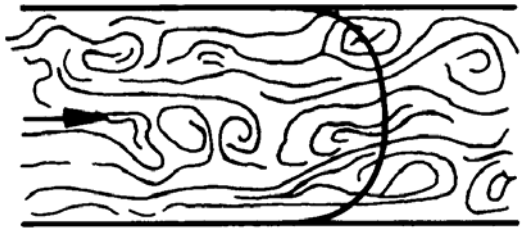
$$d_H = 4 \times \frac{(1 \times 1)m^2}{(1+1+1+1)m} = \frac{4 \times 1}{4} = \frac{4}{4} = 1m$$

$$\therefore d_H = 1m$$

وقد وجد بالتجربة أنه :

- $Re < 2100$: الانسياب رقائقي
- $4000 \leq Re \geq 2100$: الانسياب حرج
- $Re > 4000$: التدفق مضطربا

ورقم رينولد الحرج للمواسير المستديرة المقطع الملساء المستقيمة هو 2300 . و الشكل (٥ ـ ٢) يبين أنواع الانسياب على حسب رقم رينولدز .

	
شكل (٥ ـ ٢ ـ ١) انسياب رقائقي	شكل (٥ ـ ٢ ـ ب) انسياب مضطرب

مخطط مودي Moody Diagram

هذا المخطط نسبة إلى مصممه مودي (١٩٤٤ م) عبارة عن تمثيل عام لكل عوامل هبوط الضغط في أنواع المواد المستخدمة في المجاري والمواسير لسريان المائع (أو الموائع) كمعامل الاحتكاك Friction Factor ورقم رينولدز Reynolds Number وخشونة الأسطح وهناك عدة ظواهر يمكن ملاحظتها عن هذا المخطط:

- إذا كان رقم رينولدز صغيراً جداً ، أي أن الانسياب رقائقي:

$$Re \leq 2\times10^3$$

فإن معامل الاحتكاك لا يعتمد على الخشونة النسبية وعلاقته خطية مع رقم رينولدز ويمكن حسابه من المعادلة التالية:

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

- في حالة الانسياب الدوامي:

إذا كان رقم رينولدز $Re \geq 4\times10^3$ والخشونة النسبية أقل من 0.001 أي أن الماسورة ملساء Smooth Pipe ، يمكن حساب معامل الاحتكاك من المعادلة:

$$f = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$$

- إذا كان عدد رينولدز كبيراً جداً فإن معامل الاحتكاك لا يعتمد على رقم رينولدز والسريان يكون دواماً وهذا الجزء من مخطط مودي يعرف بـ منطقة الماسورة الخشن Rough Pipe Zone.
- بين الحالتين السابقتين يوجد جزء يكون فيه معامل الاحتكاك دالة في عدد رينولدز والخشونة النسبية (الخشونة النسبية هي نسبة الخشونة المطلقة (ε) إلى قطر الماسورة d)

وهذه المنطقة تعرف بالمنطقة الانتقالية Transitional Zone انظر الشكل لمخطط مودي والخشونة النسبية كما نراه مفصلا في شكل (٥ ـ ٤) .

مثـال

أوجد الهبوط في الضغط في أنبوب طوله 15m وقطره 6mm يحمل زيت هيدروليكي لزوجته μ=0.014pa.sec وسرعته خلال الأنبوب 2 m/sec وكثافته 848 kg/m³ .

الحـل:

نحسب رقم رينولدز

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{848 \times 2 \times 0.006}{0.014} = 727$$

ولأن رقم رينولدز أقل من 2100 فالانسياب رقائقي .

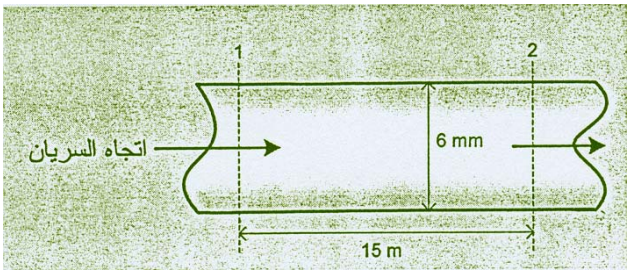
إذن يمكن حساب معامل الاحتكاك من المعادلة:

$$f = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64}{727} = 0.088$$

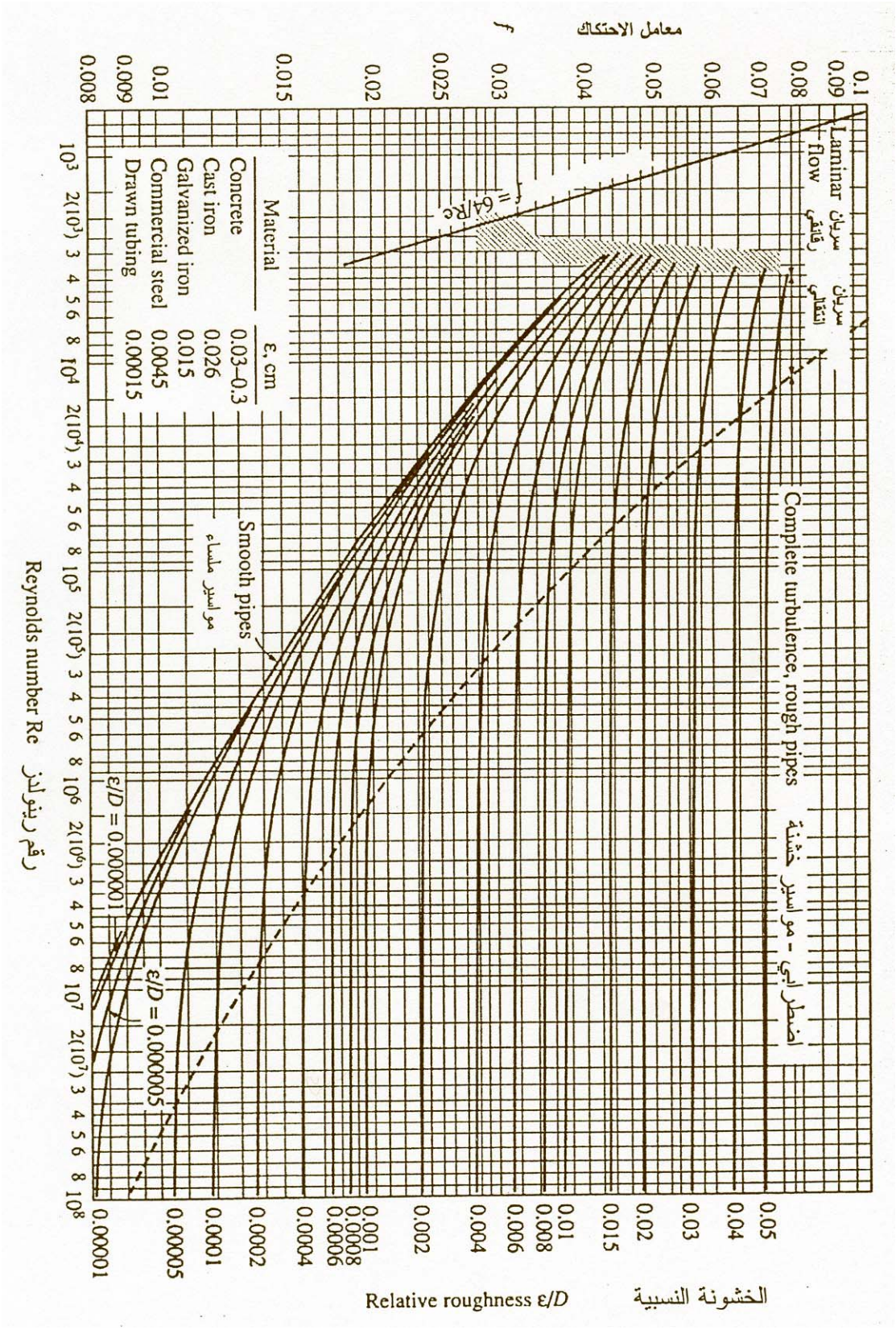
وبالتالي يمكن حساب الهبوط في الضغط نتيجة الاحتكاك من القانون :

$$P_1 - P_2 = f \times \frac{l}{d} \times \frac{v^2}{2} \times \rho$$

$$P_1 - P_2 = \Delta P = 0.088 \times \frac{15}{0.006} \times \frac{2^2}{2} \times 848 = 373.12 KPa$$



الشكل (٥ ـ ٣) المثال



شكل (٥ ـ ٤) مخطط مودي Moody Diagram

مثـــال :

احسب هبوط الضغط (Δp) في ماسورة صرف صحي طولها 10m إذا كان معدل السريان $Q=20\ l/min$ قطرها 3.81cm وكثافة السائل $1030kg/m^3$ ولزوجته $\mu= 50 \times 10^{-3}$ pa .sec

الحـــل:

$$Q = 20\ {}^{l}\!/_{\min} = 0.02\ {}^{m^3}\!/_{\min} = \frac{0.02}{60}\ {}^{m^3}\!/_{\sec} = 3.333 \times 10^{-4}\ {}^{m^3}\!/_{\sec}$$

ولكن:

$$Q = A \times V$$

$$\therefore V = \frac{Q}{A} = \frac{3.333 \times 10^{-4}}{\frac{\pi}{4} \times (0.0381)^2} = 0.292\ {}^{m}\!/_{\sec}$$

$$V = 0.292 \frac{m}{\sec}$$

نحسب رقم رينولدز لتحديد نوعية الانسياب:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} = \frac{1030 \times 0.292 \times 0.0381}{50 \times 10^{-3}} = 229.2$$

$\because \mathrm{Re} \le 2100$

إذن الانسياب رقائقي Laminar Flow

$$\Delta P = f \frac{l}{D} \frac{V^2}{2} \rho$$

وفي حالة الانسياب الرقائقي :

$$f = \frac{64}{\mathrm{Re}}$$

$$f = \frac{64}{229.2} = 0.279$$

ومنه نحسب الهبوط في الضغط :

$$\Delta P = 0.269 \times \frac{10}{0.0381} \times \frac{(0.292)^2}{2} \times 1030 = 3215.5Pa = 3.2Kpa$$

مثـــال :

احسب هبوط الضغط عندما تسري $3\ L/sec$ من الماء عند درجة حرارة $80^{\circ}c$ خلال ماسورة فولاذ تجاري قطرها 52.5mm وطولها 40m

- خذ كثافة الماء عند درجة $80^{\circ}c$ على انها تساوي $971.64\ Kg/m^3$
- ولزوجة الماء عند نفس الدرجة تساوي 0.358×10^{-3} Pa. sec

الحل :

$$Q = 3\ L/sec = 0.003\ m^3/sec$$

نحسب سرعة الماء

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.003}{\frac{\pi}{4}(0.0525)^2} = 1.386\ m/\sec$$

نحسب رقم رينولدز Re

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{971.64 \times 1.386 \times 0.0525}{0.358 \times 10^{-3}} = 197500 \approx 200000$$

بما أن رقم رينولدز أكبر من 40000 ، إذن الانسياب دوامي.

لذا نحسب الخشونة النسبية ونستخدم مخطط مودي.

خشونة الفولاذ التجاري تساوي $\varepsilon = 0.000046$ m

إذن الخشونة النسبية للفولاذ التجاري :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.000046}{0.0525} = 0.000876$$

إذن باستخدام مخطط مودي عند $\mathrm{Re} = 197500$ والخشونة النسبية 0.000876 نحصل على :

$$f = 0.0208$$

يمكن حساب هبوط الضغط:

$$\therefore \Delta P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2} \times \rho$$

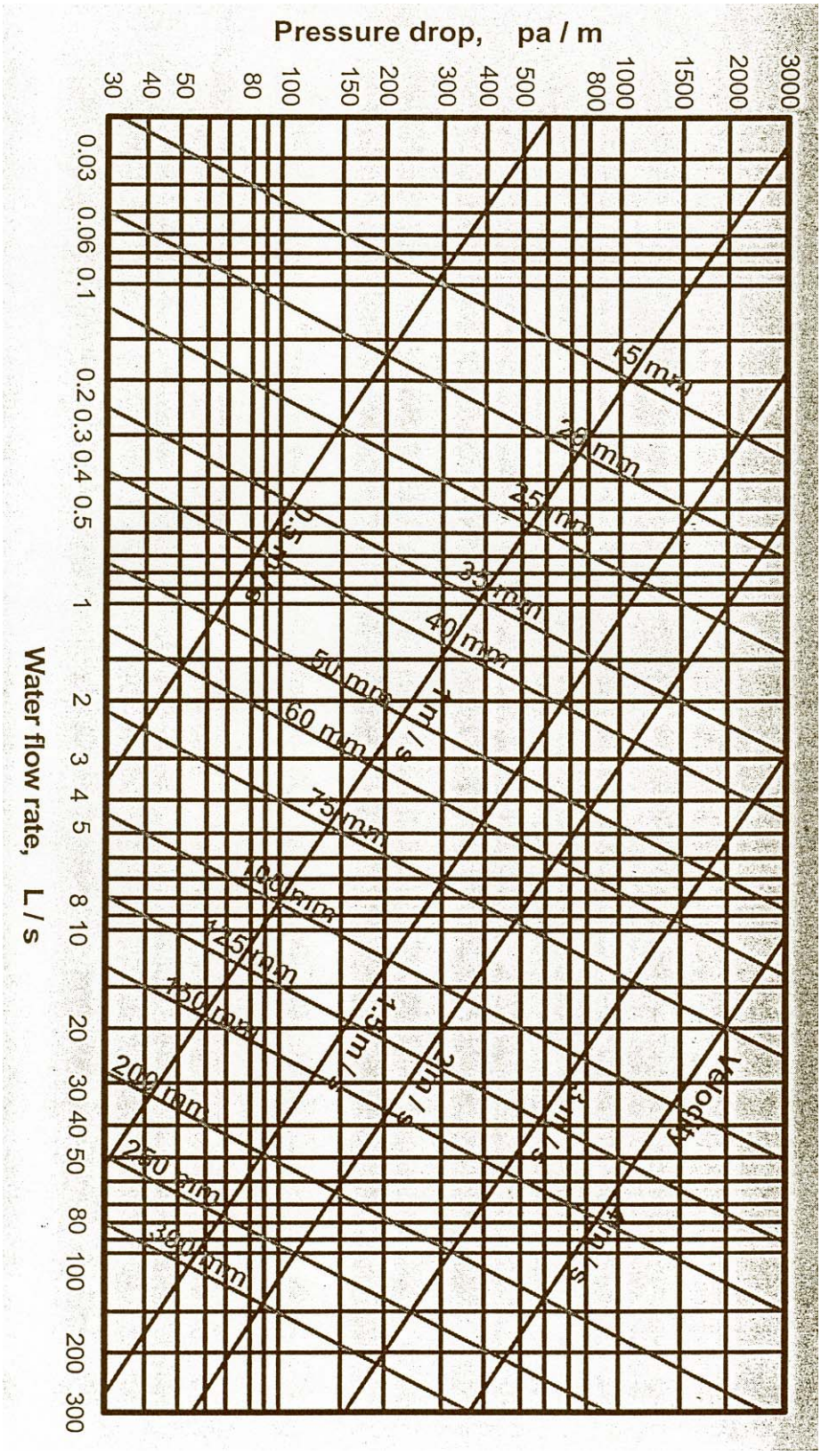
$$\Delta P = 0.0208 \times \frac{40}{0.0525} \frac{(1.36)^2}{2} \times 971.6 = 14.8 KPa$$

هناك بعض المصممون الذين انشأوا مخططاتهم الخاصة لهبوط الضغط في المتر الواحد للماء عند درجة حرارة معينة وذلك بمعرفة معدل السريان الحجمي وسرعة السريان وقطر الماسورة للفولاذ التجاري . ولكي يتمكنوا من معرفة هبوط الضغط عند درجات حرارة أخرى انشأوا مخططاً آخر لتعديل هبوط الضغط في درجة الحرارة المعينة . ومعامل التصحيح Correction Factor أو التعديل هو دالة في درجة الحرارة وسرعة سريان السائل وهو ما يتضح في الشكل (٥ ـ ٥ ـ ١) و (٥ ـ ٥ ـ ب).

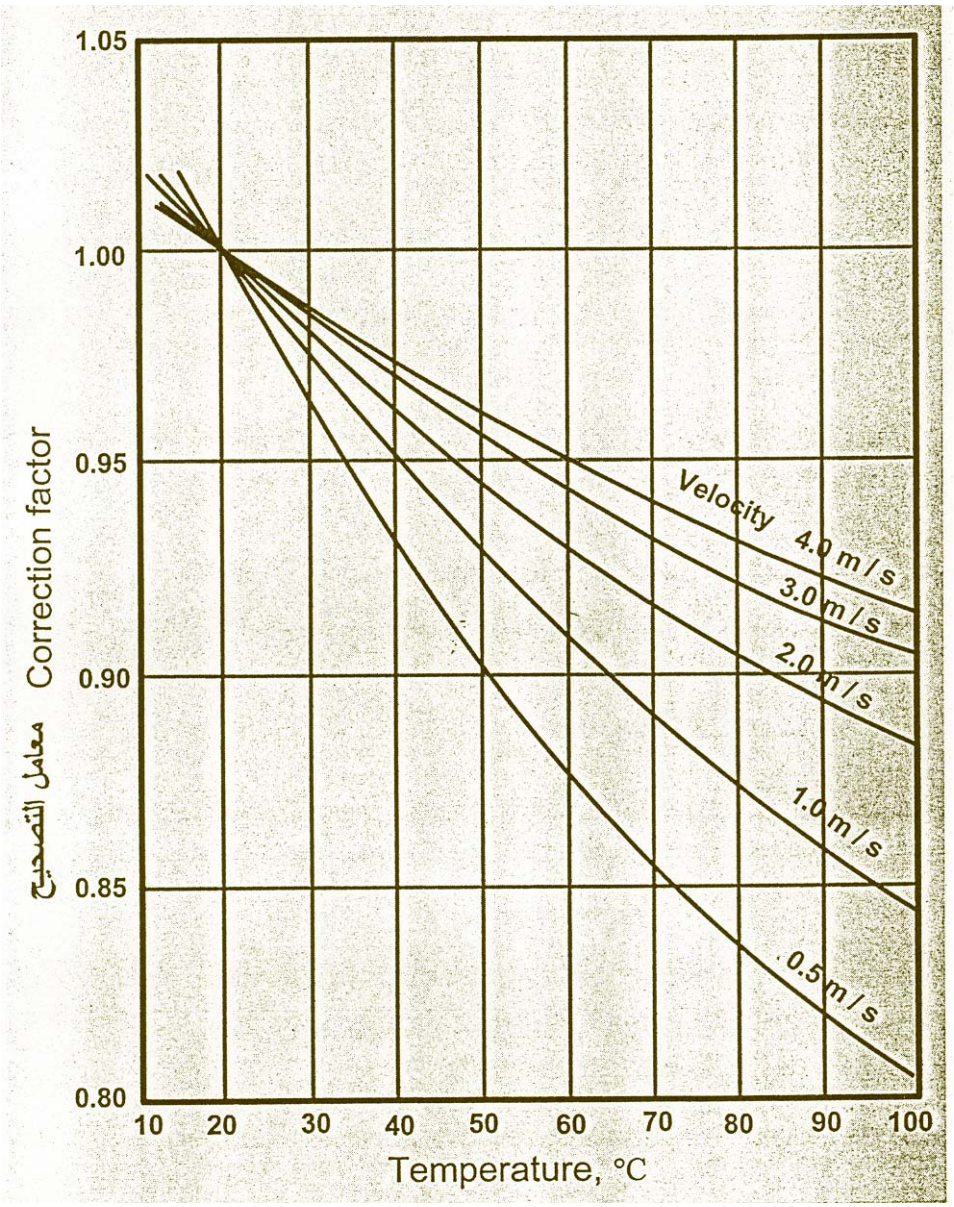
ففي المثال السابق إذا كان قطر الماسورة 50mm يمكن قراءة هبوط الضغط في المتر الواحد 450 pa/m ويمكن تصحيح هذا الرقم في الشكل (٥ ـ ٥ ـ ب) عند 80 C وسرعة 1.386 m/sec بمعامل قدرة 0.88.

التعديل في هبوط الضغط لـ 40m

$$\therefore \Delta p \text{ for } 40m = 374 \times 40 = 15 \text{ kpa}$$



شكل (٥ ـ ٥ ـ ١) هبوط الضغط للماء عند درجة حرارة $20C^0$ خلال ماسورة فولاذ تجاري



شكل (٥ ـ ٥ ـ ب) معامل التصحيح لهبوط الضغط في الشكل السابق (درجات حرارة مختلفة)

هبوط الضغط في قطع توصيل (تركيب) المواسير Pressure Drop in Fittings

يوجد عدد كبير من قطع تركيب الأنابيب تستخدم لربط الأنابيب بعضها ببعض في شبكات توزيع الزيت والهواء في الأنظمة الهيدروليكية والنيوماتية وفي مختلف المصانع. وتضم عادة شبكة الأنابيب تفرعات وتغيرات في الحجم عديدة مما يستوجب توفير قطع التركيب المتنوعة بأحجام قياسية تلائم حجم الأنابيب المختلفة.

إن من أبرز الطرق لحساب هبوط الضغط في تركيبات المواسير (كوع ، تيT ، صمام ....) هي إعطائها بعداً طولياً يسبب نفس الهبوط في الضغط خلال التركيبة، أو بمعنى آخر يحسب الهبوط في

الضغط خلال التركيبة بالتجربة ، ومن ثم يحسب البعد الطولي الذي يتسبب في نفس المقدار من هبوط الضغط . والجدول التالي يبين بعض التركيبات والبعد الطولي الذي أعطي لها . (الأطوال بالمتر)

جدول (٥ ـ ٢) الأطوال الموازية لملحقات المواسير

القطر الاسمي (mm)	القطر الحقيقي (mm)	كوع		تي T		صمام كروي (فاتح)	صمام بوابي
		90 °	45°	فرعية	مستقيمة		
15	15.80	0.6	0.4	0.9	0.2	5	0.2
20	20.93	0.8	0.5	1.2	0.2	6	0.25
25	26.46	0.9	0.6	1.5	0.3	8	0.28
35	34.04	1.2	0.7	1.8	0.4	11	0.42
40	40.90	1.5	0.9	2.1	0.5	14	0.51
50	52.51	2.1	1.2	3.0	0.6	17	0.65
60	62.65	2.4	1.5	3.7	0.8	20	0.79
75	77.92	3.0	1.8	4.6	0.9	24	0.90
100	102.3	4.3	2.4	6.4	1.2	38	1.27
125	128.2	5.2	3.0	7.6	1.5	43	1.70
150	154.1	6.1	3.7	9.1	1.8	50	2.00

مثـــال :

في منظومة مواسير مياه – إذا كانت المواسير قطرها الاسمي 75mm وتحتوي على تسعة أكواع من نوع 90° وثلاثة صمامات بوابية فإذا كان طولها 30m ، احسب الطول المستقيم الإجمالي وهبوط الضغط إذا علمت أن معدل سريان الماء هو 6 L/ sec. خذ كثافة الماء $998.21\ kg/m^3$ ولزوجته $10^{-3} \times 1.008\ Pa/sec$. علماً بأن الماسورة مصنعة من فولاذ تجاري .

الحـــل:

الطول المستقيم الموازي للكوع الواحد (90°) = 3.0m

طول تسعة أكواع $9 \times 3 = 27$ m

الطول المستقيم الموازي لصمام بوابي = 0.90 m

طول ثلاثة صمامات يساوي $= 2.7\ m$

الطول المستقيم للماسورة $= 30\ m$

الطول الإجمالي $L = 30 + 27 + 2.7$

$L_t = 59.7\ m$

سرعة سريان الماء :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.006}{\frac{\pi}{4}(0.07792)^2} = 1.258 \frac{m}{\sec}$$

حساب عدد رينولدز:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{998.2 \times 1.258 \times 0.07792}{1.008 \times 10^{-3}} = 97071$$

إذن السريان مضطرب أو دوامي.

الخشونة النسبية :

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.00046}{0.07792} = 0.0006$$

معامل الاحتكاك (باستخدام مخطط مودي) $f = 0.0208$

ومنه نحسب هبوط الضغط :

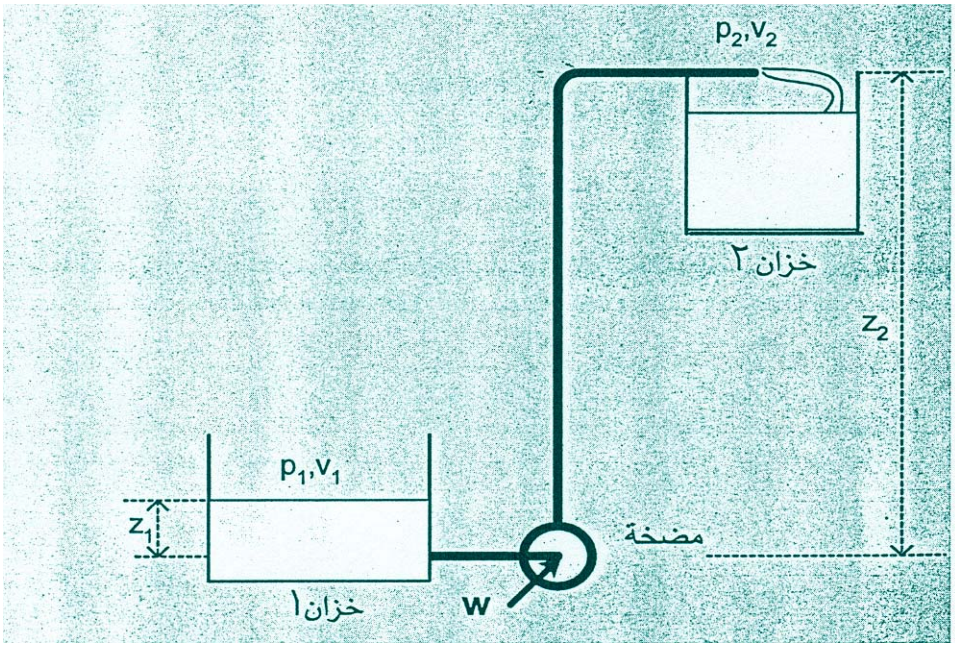
$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \times \rho$$

$$= 0.0208 \times \frac{59.7}{0.07792} \times \frac{(1.258)^2}{2} \times 998.21$$

$$\because \Delta P = 12587 Pa = 12.587 KPa$$

المضخات ومتطلبات الضخ Pumps and Pumping Requirements :

المضخة هي الجهاز المسؤول عن ضخ السائل عبر مواسير من مكان لآخر . وهي جهاز ميكانيكي يعطى السائل الطاقة اللازمة للتغلب على مقاومة سريان السائل في مواسير المنظومة . والمضخة تصنف على الطريقة التي تطور بها هذا الضغط وأشهرها وأكثرها استخداماً مضخات الطرد المركزي ومضخات الإزاحة الموجبة. إن أهم ما يميز أداء المضخة هو عمود الضغط (pressure head) الذي تطوره المضخة ومعدل سريان (flow rate) السائل الذي تعطيه والقدرة (power) التي تحتاجها وكفاءة المضخة (efficiency) . وتسمى هذه بخصائص المضخة وغالباً ما تضمن هذه الخصائص في منحنيات لكل مضخة.



الشكل (٥ ـ ٦) المضخة ومتطلبات الضخ

بتطبيق معادلة برنولي بين النقطتين (١) والنقطة (٢) – انظر الشكل (٥ ـ ٦):

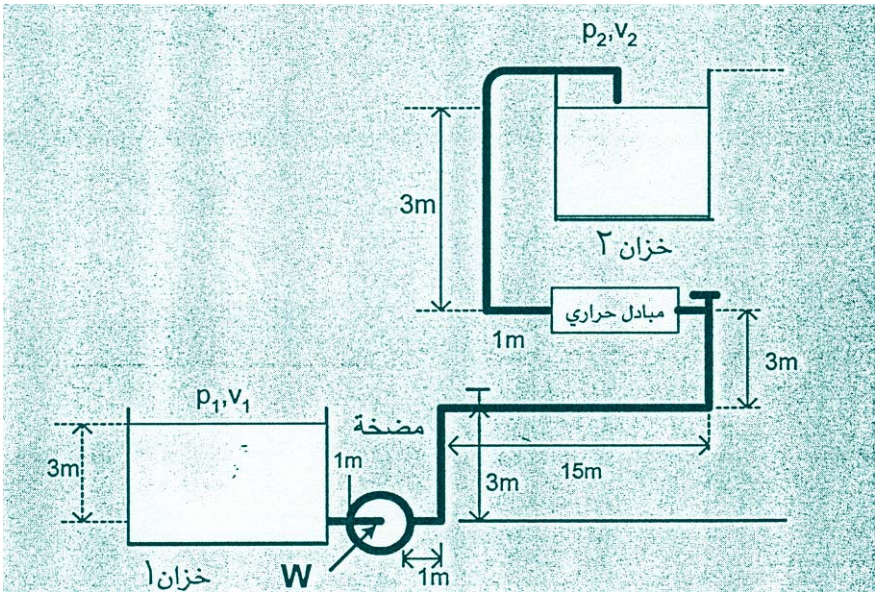
$$\frac{P_1}{\rho}+\frac{V_1^2}{2}+Z_1 g+W=\frac{P_2}{\rho}+\frac{V_2^2}{2}+Z_2 g+\left(\Delta P_{frict.}\right)$$

حيث : W هي طاقة المضخة بالجول J .

مثـال :

مـائع كـثافتـه 1100 kg/m³ ولـزوجـتة 2.1 pa.sec ، يـراد ضـخه مـن الخـزان الـسفلي إلى الخـزان العلوي خلال ماسورة قطرها 52.51mm وبمعدل سريان قدره 50 kg/sec . احسب طاقة المضخة (W) .

الأطـوال موضـحة علـى الرسـم وهنـاك سـتة أكـواع 90° وصـلة حـرف واحـدة T صـمامي بـوابي ومبادل حراري فقدان الضغط خلاله يساوي 30 KPa .



شـكل (٥ ـ ٧) المثال

بتطبيق معادلة برنو للي :

$$\frac{P_1}{\rho}+\frac{V_1^2}{2}+Z_1g+W=\frac{P_2}{\rho}+\frac{V_2^2}{2}+Z_2g+\left(\Delta P_{frict.}\right)$$

السرعة عند مدخل الخزان (١) تساوي صفراً ، الضغط عند (١) و(٢) هو الضغط الجوي . عليه فإن المعادلة العالية تختصر إلى الآتي :

$$W=\frac{V_2^2}{2}+Z_2g-Z_1g+\left(\Delta P_{frict.}\right)$$

ولكن فقدان الضغط يساوي فقدان الضغط نتيجة الاحتكاك + فقدان الضغط في التوصيلات + فقدان الضغط في الأجهزة .

لحساب فقدان الضغط نتيجة الاحتكاك والتوصيلات:

نحسب أولا عدد رينولدز :

$$\mathrm{Re}=\frac{\rho\times v\times D}{\mu}=\frac{1100\times v\times 0.0508}{2.11}$$

نحسب السرعة:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{50}{1100 \times 60 \times \left(\frac{\pi}{4}(0.0521)^2\right)} = 0.35 \frac{m}{\sec}$$

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} = \frac{1100 \times 0.35 \times 0.0508}{2.11} = 9.6$$

$9.6 > 2100$ إذن الانسياب رقائقي

نحسب معامل الاحتكاك f :

$$f = \frac{64}{\mathrm{Re}} = \frac{64}{9.6} = 6.67$$

هبوط الضغط نتيجة الاحتكاك والتوصيلات :

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \times \rho$$

$$L = 1+1+3+2+15+3+1+3+6\times 2.1+1\times 0.6 +2\times 0.65$$

$$L = 29+12.6+0.6+1.3 = 43.5\ m$$

هبوط الضغط نتيجة الاحتكاك والتوصيلات و الأجهزة:

$$\Delta p_{tot} = 372.1 + 30 = 402.1 \text{ kpa}$$

طاقة (هبوط) الضغط:

$$\frac{\Delta P_{tot}}{\rho} = \frac{402.1 \times 1000 \frac{N}{m^2}}{1100 \frac{Kg}{m^3}} = 365.55 \frac{J}{Kg}$$

هبوط الضغط في مسالك الهواء Pressure Drop in Air Duct Flow :

في أي جهاز تبريد أو تدفئة أو تهوية فإنه ولتحريك الهواء يجب أن تكون المروحة لها سعة كافية لدفع كمية الهواء المطلوبة بضغط إستاتيكي يساوي أو أكبر بقليل من المقاومة الكلية للمجرى . تحدد أحجام المجاري على أساس السرعات القصوى للهواء التي يمكن استخدامها بدون أن تحدث ضوضاء أو فقدان مضطرد في ضغط الاحتكاك.

طريقة حساب هبوط الضغط في مسالك الهواء

مما سبق عرفنا أن:

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \times \rho$$

أو

$$\Delta P = K\left(\frac{1}{2}\rho V^2\right)$$

حيث إن :

$$K = \left(f \times \frac{L}{D} \right)$$

ويطلق على K بمعامل المقاومة أو معامل فقدان الضغط Resistance Coeff. Or Press. Loss Coefficient

ويمكن التعبير عن الضغط (هبوط الضغط الديناميكي الذي ينشأ من تغيير اتجاه مرور الهواء أو زيادة أو تخفيض سرعة الهواء في مجاري الهواء أو بسبب نشوء دوامات هوائية وذلك لوجود اكواع وزوايا ومنحنيات ضيقة ومداخل ومخارج ووصلات مختلفة وبوابات (Dampers) وموزعات هواء ومرشحات ومغاسل وملفات التبريد أو ملفات التسخين وغيرها) بما يسمى الطول المكافئ

$$K = \left(f \times \frac{L_e}{D} \right)$$

$$\therefore L_e = \frac{K \times D}{f}$$

حيث ان:

Le = Equivalent Length (m) الطول المكافئ

K = معامل الفقد الخاص بالشكل

f = معامل الفقد الخاص بالاحتكاك

D = (m) القطر المكافئ

اختيار حجم المروحة :

اختيار حجم وقدرة المروحة في نظام التكييف يتوقف أساسا على كمية الهواء ومقدار الضغط.

$$P = \Delta P \times Q$$

فكمية الهواء تعرف وتحدد أساسا من التصميمات الخاصة بحمولة التبريد للمبنى المراد تكييفه ولكن مقدار الضغط الواجب لتشغيل المروحة فإنه يحدد من الحسابات الخاصة بتصميم القنوات الهوائية.

فمقدار الضغط الذي نستعمل أمام المروحة يمكن تحديده بحساب مقدار المقاومة الكلية للمجرى و الذي يتكون أساسا من:

- مقدار الفقد نتيجة الاحتكاك Friction Loss

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \times \rho$$

- مقدار الفقد في الضغط نتيجة تغيير السرعة أو الاتجاه أو الدوامات وهذا يعرف بفقد الضغط الديناميكي Dynamic Press. Losses

$$\Delta P = K \frac{\rho V^2}{2}$$

تقدير الفقد الكلي للضغط في مجرى (مسلك) هوائي :

يتكون الفقد الكلي للضغط لوصلة من مجرى هوائي من:

- الفقد في الضغط نتيجة الاحتكاك.
- الفقد الناتج من أحد أو بعض أو كل من الآتي:

١- الفتحات .

٢- تغيير مساحة مقطع مجرى الهواء (تقليل أو تكبير) .

٣- التغيير في اتجاه سريان الهواء في المجرى .

٤- التفريغ من مجرى رئيس إلى مجرى فرعي.....ألخ .

في حالة تكييف الهواء هناك بعض المحددات التي تحدد قيماً شبه ثابتة من درجات الحرارة وكثافة الهواء عند هذه الدرجات وكذلك سرعة الهواء المناسبة والتي لا تسبب عيوباً غير مطلوبة في النظام.

اختبار ذاتي في هبوط الضغط :

السؤال الأول:

(أ) اكتب معادلة توضح الفقد في الضغط لسريان مائع ما خلال أنبوب نتيجة الاحتكاك.

(ب) احسب هبوط الضغط عندما تسري $10\ l/sec$ من مائع ما عند درجة حرارة $80C^0$ خلال ماسورة فولاذ تجاري قطرها 25.5mm وطولها 40m . خذ كثافة المائع عند درجة حرارة $80C^0$ تساوي $801\ kg/m$ ولزوجة المائع عند درجة حرارة $80C^0$ تساوي $4.46\times10^{-3}\ Pa.\sec$

السؤال الثاني:

طول المواسير في شبكة توزيع مياه 42m وقطر الماسورة الاسمي يساوي 60mm . ويوجد في الشبكة ثمانية أكواع من 90° وأربعة أكواع من نوع 45° وستة صمامات بوابية .

إذا كان معامل الاحتكاك يساوي 0.02 ومعدل السريان في الشبكة يساوي $480\ l/min$ ، احسب كمية الهبوط في الضغط . (كثافة الماء $1000kg/m^3$)

إجابة الاختبار الذاتي لهبوط الضغط:

جواب السؤال الأول :

(أ) في أثناء سريان المائع في أنبوب معين هناك فقد في الطاقة نتيجة الاحتكاك ونتيجة للتوصيلات والأجهزة. ويعطي هذا الفقد في الطاقة أو الفقد في الضغط (القوة الدافعة لسريان المائع) بالمعادلة التالية:

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \times \rho$$

(ب)

$$V = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{10 \times 0.001}{\frac{\pi}{4} \times (0.0525)^2} = 4.62 \frac{m}{\sec}$$

نحسب رقم رينولدز:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} = \frac{801 \times 4.62 \times 0.0525}{4.46 \times 10^{-3}} = 43561 > 4000$$

إذن الانسياب دوامي.

الخشونة للفولاذ التجاري تساوي 0.046mm (من الجداول)

تحسب الخشونة النسبية

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0.000046}{0.0525} = 0.000876$$

من مخطط مودي نستطيع قراءة معامل الاحتكاك f

$$f = 0.025$$

وبالتالي نستطيع حساب الهبوط في الضغط:

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2} \times \rho$$

$$\Delta P = 0.025 \times \frac{40}{0.0525} \times \frac{(4.62)^2}{2} \times 801 = 162827.3Pa = 162.8kPa$$

جواب السؤال الثاني:

نحسب الطول الكلي للشبكة بما فيه التوصيلات:

$$L = 42 + 8 \times 2.4 + 4 \times 1.5 + 6 \times 0.79 = 71.94\text{m}$$

نحسب سرعة الماء في الشبكة: $(1L = 0.001\ \text{m}^3)$

$$\dot{Q} = A \times V$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{480 \times 0.001}{60 \times \left(\frac{\pi}{4} \times (0.06265)^2 \right)} = 2.6 \frac{m}{\text{sec}}$$

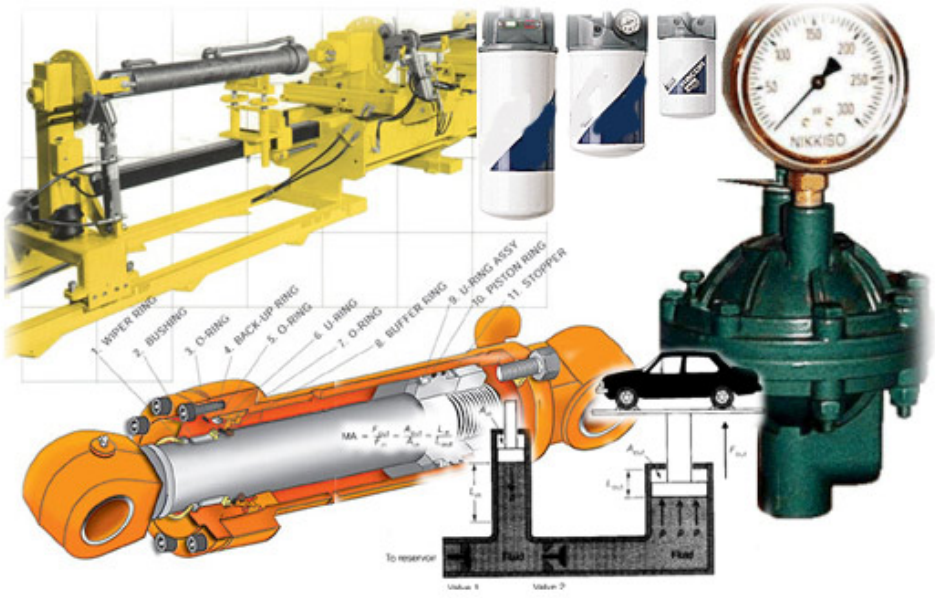
وعليه يمكن حساب الهبوط في الضغط :

$$\Delta P = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2} \times \rho$$

$$\Delta P = 0.02 \times \frac{71.94}{0.06265} \times \frac{2.6^2}{2} \times 1000 = 77333Pa = 77.333Pa$$

اساسيات قدرة الموائع

انواع الزيوت الهيدروليكية وخواصها



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

اسم الوحدة: الزيوت الهيدروليكية وخواصها .

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادرا على اختيار زيت الهيدروليك المناسب كما يتطلب عليه تحديد أعطال المنظومة بالكشف على حالة الزيت الموجود بها.

.

الأهداف :

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- معرفة وظائف زيت الهيدروليك ومتطلبات الجودة لزيت الهيدروليك .
- معرفة خصائص زيت الهيدروليك وتأثير اللزوجة على التسرب والاحتكاك .
- معرفة أنواع السوائل الهيدروليكية .
- اختيار زيت الهيدروليك المناسب بعد تقييم الخواص المختلفة مثل :- اللزوجة - القابلية للانضغاط - تخميد الرغاوى - المقدرة على فصل الماء وإعتاق الهواء- مقاومة الأكسدة - مقاومة التآكل- المقدرة على مقاومة القدم - نقاط التجمد ، الوميض ، الغليان - مدى الملائمة مع الخراطيم .
- اختيار السوائل الهيدروليكية المقاومة للاشتعال ومجموعاتها المختلفة .
- معرفة تعليمات صيانة وتخزين ومقاومة الزيوت الهيدروليكية.

مستوى الاداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٣ ساعات .

الوسائل المساعدة :

١. التعرف على أنواع الزيوت الهيدروليكية في الطبيعة .
٢. زيارة الورشة ومعاينة كيفية عملية تخزين الزيوت وكيفية تناولها ونقلها .

متطلبات الجدارة :

طالما أنه لا يوجد شيء قبل هذه المهمة ، يجب التدريب على جميع المهارات لأول مرة.

مقدمـــه :

الهدف الأساسي من الموائع الهيدرولية في المنظومات هو نقل القدرة الهيدرولية إلى المشغلات على شكل قوة أو حركة. تلك السوائل تشفط من الخزان عن طريق المضخة، ليتم إرسالها إلى صمامات التحكم ومن ثم إلى الأسطوانات أو المحركات الهيدرولية (موضع خرج الطاقة) . ومن ثم تعود إلى الخزان مرة أخرى لتبريدها واستقرارها قبل استخدامها مرة أخرى.

ماهو مقياس جودة نقل المائع الهيدرولي لنقل الطاقة ؟ ، يعتمد ذلك على سهولة ضخه، و مدى تحمله لعناصر اخرى تبين مدى مواءمة هذا المائع للتطبيق المستخدم لأجله والبيئة المحيطة به.

هناك خصائص معينة تؤثر على كفاءة السائل الهيدروليكي تشتمل على : اللزوجة - القابلية للإنضغاط - تخميد الرغاوى - المقدرة على فصل الماء وإعتاق الهواء- مقاومة الأكسدة - مقاومة التآكل- المقدرة على مقاومة القدم - نقاط التجمد ، الوميض ، الغليان - مدى الملاءمة مع الخراطيم . هذه العوامل لا تحدد ملاءمة السائل للاستخدام فحسب ، بل مقاومته خلال وقت استخدامه في المنظومة.

وتستخدم الفلاتر لحفظ السائل نظيفا ، ويجري تغييرها من قبل عمال الصيانة لضمان استخدام هذا السائل لاطول فترة ممكنه في مستوى مقبول. و بين الفترة والاخرى ، تؤخذ عينات من هذا السائل لاختباره لمعرفة حالته : هل يحتاج إلى تنظيف ، تغيير أو إعادة إصلاح ؟. و عند تعطل إحدى مكائن الهيدروليك، يتم اكتشاف المشكلة ـ عادة ـ من طبيعة زيتها.

وقد تم مؤخرا إدخال التكنلوجيا لضمان صلاحية السائل أثناء وجوده في دائرة العمل لضمان عمل الدائرة بشكل إنتاجي صحيح في الماكينة المستخدمة.

انواع السوائل الهيدروليكية :

هناك عدة أنواع من السوائل ، بما فيها الماء، استخدمت على أنها موائع هيدروليكية.
و تستخدم الصناعة خمسة أنواع رئيسة من هذه الموائع الهيدروليكية هي:

١. زيوت هيدروليكية بترولية الأصل .
٢. زيوت مركبه (صناعية) .
٣. موائع تحتوي على ماء مجلسر .
٤. مستحلبات الزيت في الماء و الماء في الزيت .
٥. موائع محتوية على نسب عالية من الماء(HWCF) .

تقريبا % 80 من 275 – 250 جالون من الزيوت يتم بيعها سنويا من الزيوت الهيدروليكية بترولية الاصل و % 20 من باقي الأنواع الأربعة الأخرى كونها زيوت مقاومة للحريق .

كان الماء هو المائع الهيدروليكي الأول في الاستخدام، ولكن لوجود عدة خصائص غير مرغوب بها استبدل بالزيوت البترولية. وذلك لأن الماء و يتجمد ،يتبخر إضافة إلى أنة عامل رئيس بتصديه النظام المستخدم فيه بالاضافة إلى أنه رديئ التزييت.

لذلك استخدمت الزيوت البترولية كونها رخيصة الثمن مع امتلاكها خصائص جيدة كثيرة.
و لضمان جودة عمل الأنظمة الهيدروليكية، لابد من اختيار المائع الهيدرولي ذي الخصائص الآتية:

١. نقل الطاقة الهيدروليكية بكفاءة .
٢. تزييت المنظومة المستخدم فيها .
٣. يبدد الحرارة المتولدة من المنظومة .
٤. لايفسد مانعات التسرب (الصوف) واجزاء المنظومة .
٥. ان يضل صامدا لفترة طويلة مع تغير درجة الحرارة وتغير ظروف العمل .

و إذا كان هناك احتمالية حدوث حريق في المنظومة ، فيجب استخدام نوع من الموائع يكون مقاوماً لدرجة الحرارة بالاضافة إلى الخصائص المذكورة.
وقد ثبت بالتجربة أن الحرائق الهيدروليكية تبدأ عندما ينفجر أحد أهواز المنظومة ويرش الزيت على

الأسطح الساخنة.

متطلبات موائع نقل القدرة :

يجب أن تتمتع موائع نقل الحركة والقدرة بالمميزات الآتية:

- التزييت ومكافحة التآكل، بمعنى أن يكون المائع قادرا على تغطية الأجزاء بطبقة رقيقة تحميه من التآكل نتيجة الاحتكاك ولذلك يقوم بتزييت كافة أجزاء العنصر.
- أن تكون لزوجته معقولة وجيدة ومناسبة لنوع العمل ، بحيث لا يشكل مقاومة عالية لحركة الجزء أو يؤدي إلى التسريب.
- أن يكون تغير اللزوجة مع تغير درجة الحرارة قليل جدا ، بحيث لاتتغير مواصفات الزيت.
- أن يكون اختيار اللزوجة مناسبا للضغط ، حيث إن اللزوجة تتأثر بالضغط وعند استعمال ضغط أكبر من ٢٠٠ بار يجب الاخذ بعين الاعتبار زيادة اللزوجة الكبيرة تحت تأثير الضغط.
- مناسبة السائل للمواد المختلفة المستخدمة في تصنيع الأجزاء بحيث لايكون مناسبا لمادة ومضراً الأخرى(المحامل والصوف وغيرها).
- أن يكون لديه مقاومة عالية لقوى القص ، لأن وجود هذه القوى يؤدي إلى نقص في لزوجة السائل وبالتالي فقدان خواصه.
- أن يكون الزيت قابلاً لتحمل الحرارة العالية وتغيرها باستمرار.
- أن يكون مقاوماً للأكسدة، بمعنى أن يكون قادرا على امتصاص الأكسجين بسرعة وبالتالى منع عملية تأكسد المعادن.
- أن تكون انضغاطيته منخفضه بحيث لايؤثر على سرعة الاستجابة وأن لاتتواجد أي فقاعات هوائية تؤدي عند انفقاعها إلى اضرار كثيرة منها تكهف المضخة.
- ان يكون معامل تمدد السائل صغيراً عند ارتفاع درجة حرارته ، حيث إن الزيوت المعدنية تتمدد بـ 0.7 لكل ١٠ درجات مئوية مثلا.
- عدم أو قلة تشكل الرغوة وذلك عن طريق ضبط السائل في خط الرجوع.
- أن تكون المنظومة مضبوطة بمعنى أنها تسحب القليل من الهواء وتطلق بسرعة أي هواء زائد.
- أن تكون درجة غليان الزيت عالية وضغط التبخير قليل جدا.
- أن تكون كثافة السائل عالية قدر الإمكان بحيث يمكن نقل القدرة الهيدروليكية بحجم قليل من المائع.
- أن يكون قادرا على التخلص من الحرارة الزائدة بسرعة في الخزان أو في المبادل الحراري.

- أن يكون غير ناقل للتيار الكهربائي.
- أن تكون مقاومة المائع للاحتراق عالية جدا.
- أن لا يكون ساما في الحالة السائلة أو عند التبخر.
- أن يكون مانعا للصدأ.
- أن يكون قابلا للترشيح والتنظيف.
- أن يكون سهل الخدمة.
- أن يكون غير ضار بالبيئة.
- أن يكون رخيص الثمن ومتوفر بشكل دائم.

تطبيقات الموائع الهيدروليكية:

من أهم المهام التي تواجه فني موائع نقل الطاقة هو كيفية اختيار المائع الهيدرولي المناسب للعمل المناسب له في المنظومة الهيدروليكية. و السؤال المطروح هنا : ما هو المائع المناسب للمنظومة المناسبة التي أعطيت خصائصها وظروفها وفي أي الظروف تعمل؟.

للإجابة على هذا السؤال على الفني أن يتبع عدة خطوات منها:

- أن يرجع إلى المصّنع والتوصيات التي يرغب تشغيل الآلة عليها، وهل هناك من توصيات على بعض أنواع الموائع من غيرها لهذه الآلة.
- قبل اختيار أي مائع هيدروليكي وملء خزان الآلة الجديدة أو أي آلة في حالة الاستخدام، علية أن يرجع إلى الكتيب الخاص بتلك الآلة ، كما يجب التأكد من نوعية الزيت الموجود في الالة قبل التغيير لان بعض الزيوت لا تتوافق مع مواصفات تلك الآلة مما يسبب بعض المشاكل بها . على سبيل المثال ، إذا تم استخدام زيوت مركبة (صناعية) في آلة يفترض استخدام زيوت ذات اساس بترولي ، فإن النتيجة ستكون تلف صوف (مانعات التسرب) لتلك الآلة.

خواص الزيوت الهيدروليكية:

١. الزيوت الهيدروليكية البترولية الأصل

أقل كلفة من جميع الزيوت الهيدروليكية الأخرى .

٢. موائع مركبه (صناعية) :

تمتلك خاصية التزييت الجيد للأجزاء المتحركة ، توجد على نطاق واسع للزوجة مختلفة . تستخدم

للسرعات العالية التي تحتاج إلى لزوجة منخفظة .

٣. موائع تحتوي على ماء مجلسر :

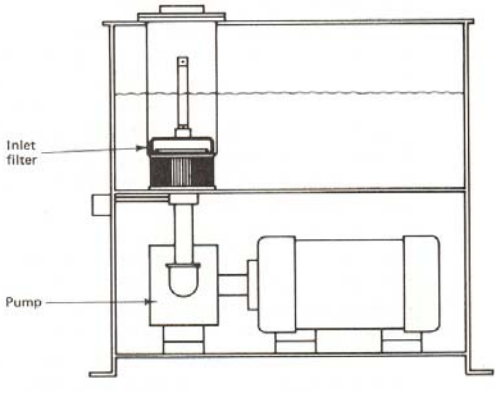
صممت للاستخدام في الأنظمة الهيدروليكية التي يكون بها مصدر للحرارة والاشتعال ومخاطر الحريق. تحتوي على ماء مع جلسرين و زيوت عالية اللزوجة ومقاومة للصدأ. يمكن استخدامها في المضخات الترسيه بكفاءة عالية دون الخوف من مشاكل الحريق . كما يستخدم للضغوط العالية ولا ينصح باستخدامه في المنظومات ذات الضغوط المنخفظة أو المتوسطة لأن احتواءها على الماء يحد من جودة التزييت في تلك الظروف. و يجب عند استخدام هذا النوع من الزيت استخدام صوف خاصة ملائمة مع معجون خاص بها.

٤. مستحلبات الزيت في الماء و الماء في الزيت.

٥. موائع محتوية على نسب عالية من الماء(HWCF) :

زيوت غير غالية الثمن نسبيا ولها مقاومة عالية للحرارة . و جودة التزييت بها تعتمد على نوعية المائع المضاف إليها. لأنه تحتوي على ٩٠٪ من تركيبتها ماء، لذا فانه يعتبر مائع جيد لتبديد الحرارة المتولدة من المنظومة. يجب أن تعمل في درجة حرارة بين (٤,٤ و ٤٨,٩ درجة مئوية) لتفادي تجمدها وتبخرها عند الاستخدام مما يودي إلى تغّير تركيز وحالة المائع.

ينصح باستخدام نظام فلترة لهذا النوع. كون هذا النوع يحتوي على مركبات كيميائيه في نسبة عالية من الماء ، كما أنها سوف تنفصل عن بعضها البعض إذا وضع خزان المنظومة أسفل المضخة بل يجب وضعه أعلاها لمنع تكهف أرياش المضخة وضمان جودة المزج ووضع الفلتر عند أسفل الخزان كما نشاهد في الشكل (٦ ـ ١)



شكل (٦ ـ ١) وضع الخران في المنظومات التي تستخدم زيت من نوع HWCF

اللزوجة والزيوت الهيدروليكية :

لقد تطرقنا إلى لفظ اللزوجة مع تبيين المعادلات الخاصة بهذه الكمية الفيزيائية للمائع في الوحدة الثانية من هذه الحقيبة ، ولتطبيق استخدامها وتفعيله في أنواع الزيوت لهيدروليكية نتطرق لبعض القواعد الأساسية في علاقة اللزوجة بالزيوت الهيدروليكية.

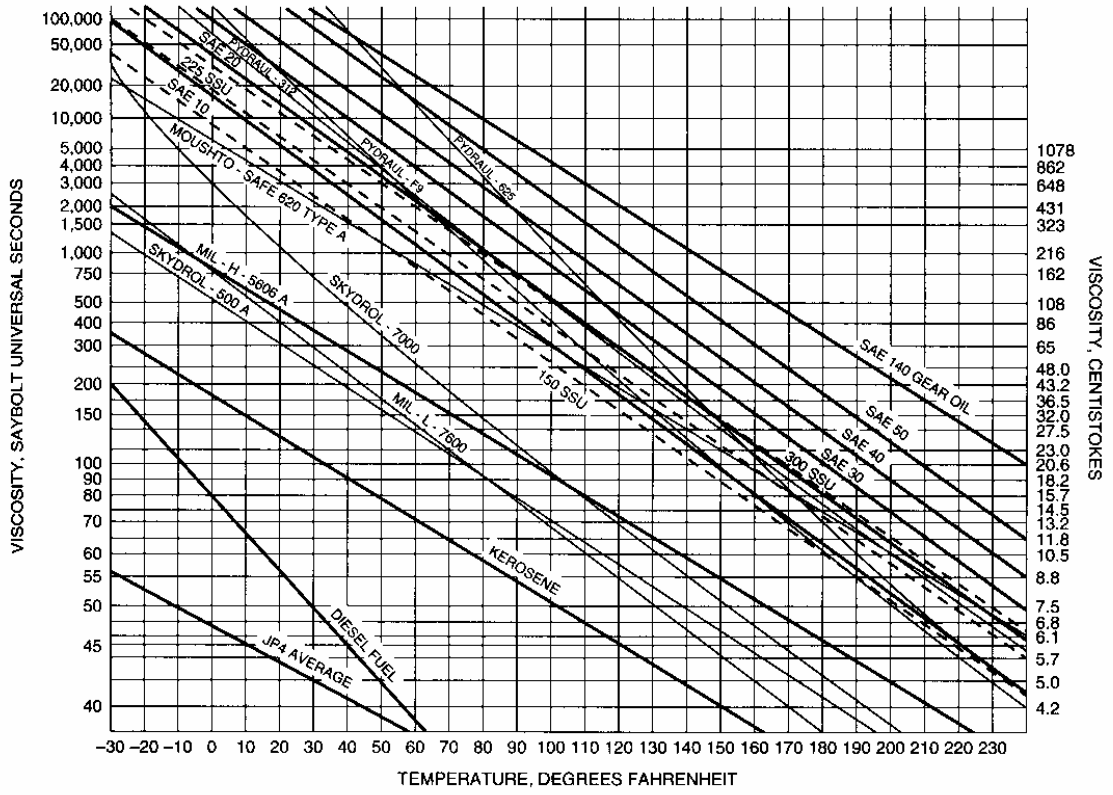
تعتبراللزوجة من أهم الخواص التي تؤثر على أداء الزيوت الهيدروليكية ومن ثم اختيارها للتطبيق المناسب لاستخدامها.

في تشغيل الدوائر الهيدروليكية ، تسبب الزيوت ذات اللزوجة العالية تقليل في كفاءة نقل قدرة المائع كما انها تولد حرارة عالية في المائع . وذلك ناتج من الاحتكاك الداخلي في جزيئات الزيت الهيدروليكي. لذلك في درجات الحرارة المتدنية واللزوجة العالية للزيت ، سوف تتعرض المضخة والمحرك الكهربي إلى التلف من جراء المقاومة العالية للمائع للدوران.

كما أن الزيوت ذات اللزوجة المنخفضة تحسن وتزيد في كفاءة المضخة والمحرك ، إلا أنها تسبب انزلاقاً وانحشاراً في الأجزاء الصغيرة في المنظومة مما يسبب التسرب في بعض الأجزاء مثل الصمامات .

عليه يتحتم الاختيار المناسب للزوجة المناسبة للزيت حسب طبيعة عمل المنظومة ودرجة حرارة البيئة المحيطة والمعرضة لها اثناء العمل مما يعود على اداء المنظومة بالشكل المجدي مع الأخذ في الاعتبار تبريد وتزييت المنظومة في نفس الوقت بدون أي تسرب أو نقص للزيت.

و يمكن اختيار اللزوجة لعدد من الزيوت الهيدروليكية في درجات حرارة مختلفة حسب طبيعة عمل المنظومة من الشكل (٦ ـ ٢).



شكل (٦ ـ ٢) لزوجة عدد من الموئع الهيدروليكية وتغيرها بتغير درجة الحرارة

نستنتج من شكل (٦ ـ ٢) ـ وكما تطرقنا لذلك في الوحدة الثانية ـ أن لزوجة السوائل تنحدر بزيادة درجة الحرارة .

مثـال :

أوجد لزوجة الزيت الهيدروليكي من نوع (SAE 50) عند درجة حرارة 170 F بوحدتي : Centistokes و Saybolt Universal Seconds .

الحل :

باستخدام الشكل (٦ ـ ٢) والنظر للزيت من نوع (SAE 50) عند درجة حرارة 170 F ، نجد أن اللزوجة تساوي : 48.0 centistokes ويقابلها على نفس الخط الافقي 250 saybolt universal seconds

مثال :

منظومة هيدروليكية درجة حرارة عمل مضختها وبالتالي المنظومة ككل 100 F أراد فني الزيوت الهيدروليكية استبدال الزيت بآخر جديد ولا يعرف الزيت المستخدم ، وبعد قياس لزوجتة عند نفس الدرجة وجد انها تساوي : 7.5 centistokes . ما هو نوع الزيت الهيدروليكي الذي يجب أن يستخدمه هذا الفني في هذه المنظومة؟

الحل :

من معطيات السؤال ان اللزوجة تساوي 7.5 centistokes عند درجة حرارة 100 F ، بالرجوع إلى الشكل (٦ ـ ٢) يتضح أن المائع الذي يجب أن يستخدمه الفني لهذه المنظومة هو من نوع (KEROSENE) .

درجات الحرارة ومجالات اللزوجة لبعض المكونات الهيدروليكية :

بعد التعرف على خصائص الزيوت الهيدروليكية ، لا بأس من التعرف على بعض المكونات الهيدروليكية واللزوجة التي تتطلبها في الزيت الناقل للقدرة في منظومتها عبر الجدول الآتي:

جدول (٦ ـ ١) : درجات الحرارة ومجالات اللزوجة لبعض المكونات الهيدروليكية

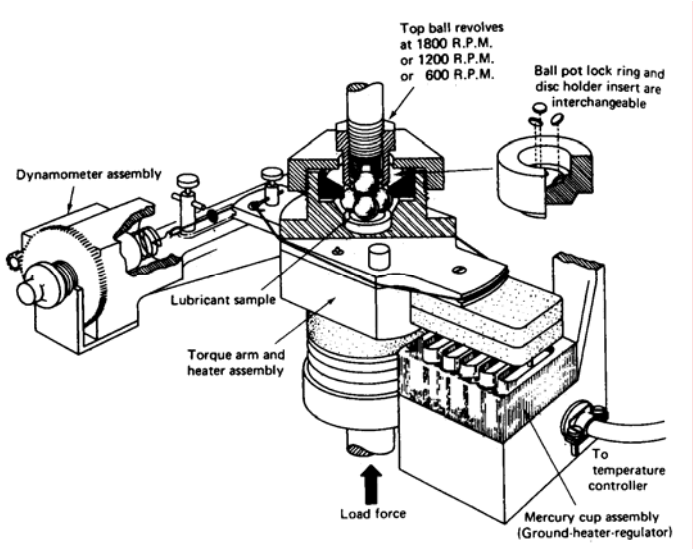
مسمى العنصر	درجة الحرارة C^0	اللزوجة الكينماتيكية (mm^2/sec)
مضخة ترسية ثابتة الإزاحة	١٥ - ٨٠	١٠ — ٣٠٠
مضخة ريشيةV2 ثابتة الإزاحة	١٠ — ٧٠	١٦ — ١٦٠
مضخة ريشيةV4 متغيرة الإزاحة أقل من ضغط ٦٣ بار	١٠ - ٧٠	١٦ — ١٦٠
مضخة ريشيةV4 متغيرة الإزاحة أكبر من ضغط ٦٣ بار	١٠ - ٧٠	٢٥ — ١٦٠
صمام عازل S	٣٠ - ٨٠	٢,٨ — ٣٨٠
صمام اتجاهي WE	٣٠ - ٨٠	٢,٨ — ٥٠٠
صمام تخفيض الضغط DBD	٣٠ - ٨٠	١٠ - ٨٠٠

اختبار الزيوت الهيدروليكية :

بعد استخدام الزيت لفترات طويلة في المنظومة الهيدروليكية وقبل استبداله بزيت آخر كونه تعرض استهلك ، يتم اختبار عينة منه بطريقة اختبار تسمى :

"اختبار بلى الزيوت الهيدوليكية ذو الأربع كرات".

يتكون جهاز الاختبار بصورة مبسطة من أربع كرات يتم تثبيت ثلاث منها وتدور الرابعة ـ التي تعلوها بسرعة دورانية معينة ويكون الزيت المراد اختباره في منطقة احتكاك الكرة المتحركة مع الكرات الثوابتة ، وعند حساب معدل الاحتكاك بينها نستخلص نتيجة مدى صلاحية هذا الزيت من عدمه كما هو موضح بالشكل (٦ ـ ٣).



شكل (٦ ـ ٣) جهاز اختبار صلاحية الزيوت الهيدروليكية ذو الاربع كرات

تخزين ومناولة الزيوت الهيدروليكية :

معرفة كيفية مناولة وأين تحفظ الزيوت الهيدروليكية يعطي انطباعا مبدئيا عن تاريخ وجودة تلك الزيوت قبل الاستخدام. عليه يجب الوضع في الاعتبار عدة نقاط على أهمية حفظ تلك الزيوت بالشكل الصحيح وفي المكان المناسب الخالي من الغبار والرطوبة وعوامل الجو المتغيرة التي سوف تؤثر على جودة الزيت وبالتالي على أداء المنظومة الهيدروليكية بشكل عام.

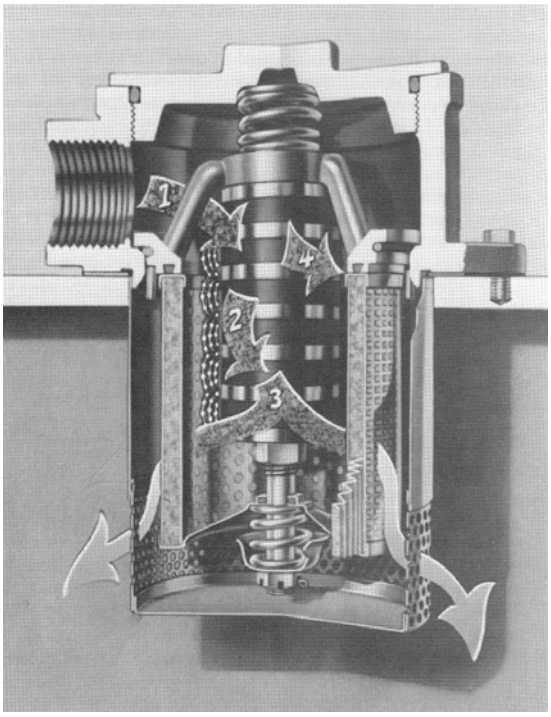
كما أن الطرق الصحيحة في المناولة والوضع الصحيح لخزانات الزيوت المخزنة قبل الاستخدام تعطي انطباعا على جودة ذلك الزيت وما به من شوائب واختلاطه بالماء من جراء الرطوبة وما إلى ذلك .

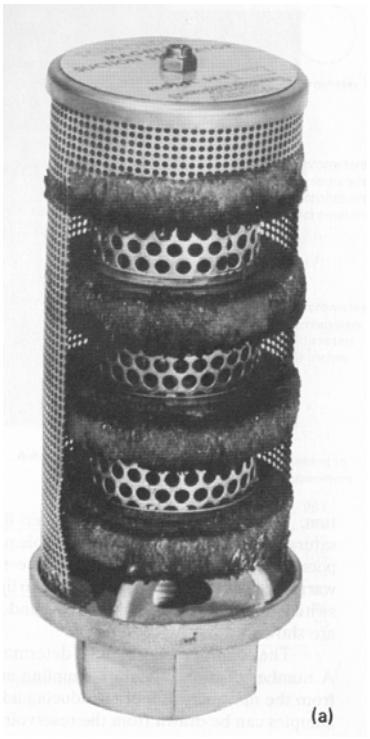
كل تلك الأمور يجب أن توضع في الاعتبار لضمان أداء جيد للمنظومة المراد استبدال زيتها الهيدروليكي.

ترشيح الزيوت الهيدروليكية

يمكن التعبير عن مستوى نقاوة الزيوت الهيدروليكية بعدد وحجم الأجسام الغريبة الموجودة بها. و عملية الفلترة كفيلة بإزالة هذه الأجسام الكبيرة والكثيرة الغريبة في الزيوت الهيدروليكية مما يؤدي لازالة البلى عن المنظومة الهيدروليكية على المدى البعيد. يتم التخلص من الأجسام الغريبة في كل دورة يكملها الزيت من الخزان حتى يعود إليه مرة أخرى.

يتم تصميم الفلتر بحيث يكون متعدد الطبقات كما انه يحتوي على مغناطيس لجذب المعادن المتطايرة في المنظومة وحمايتها منها كما في الشكل (٦ ـ ٤)

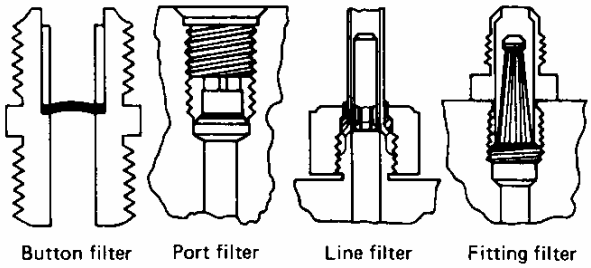




شكل (٦ ـ ٤) فلتر الزيوت الهيدروليكية المتعدد الطبقات ذو المغناطيس و موقعة عند مدخل الخزان

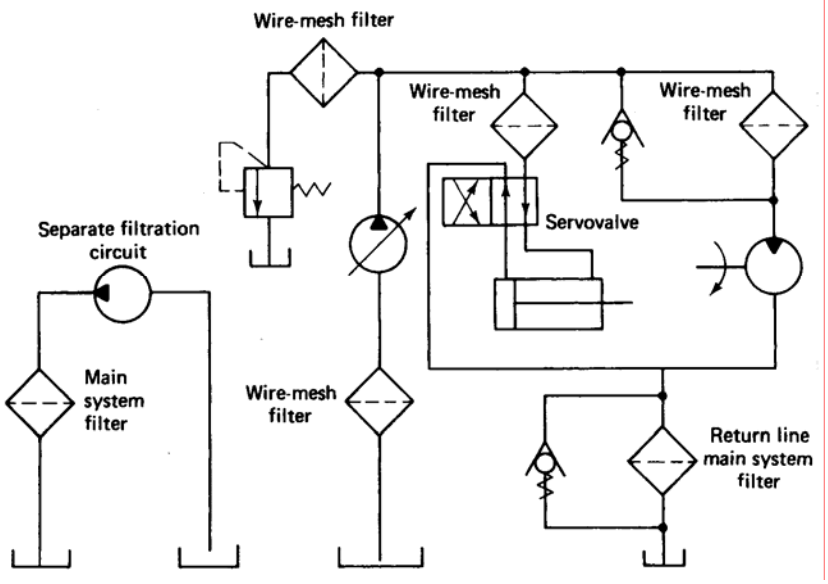
يوضع الفلتر عادة عند مدخل خزان الزيت العائد له من المنظومة بعد ان اكمل دورته ، ولا يوضع أمام مدخل المضخة حتى لا يسبب لها التكهف (التآكل لأجزائها) كون ضغط الزيت الخارج من الفلتر يكون أقل من الضغط الداخل له وذلك لطبقاته المتعددة التي تقلل من الضغط بشكل ملحوظ .

هناك بعض الفلاتر تحتوي على حساسات ،يتم توصيلها بجرس إنذار أو إضاءة تستخدم للكشف عن زيادة الأجسام الغريبة في المنظومة تسمى ـ فلاتر الفرصة الأخيرة ـ وتنذر بتغيير الفلتر الرئيس أو استبدال الزيت قبل أن تبلى المنظومة . ويمكن مشاهدة بعض هذا الأنواع من الفلاتر في شكل (٦ ـ ٥)



شكل (٦ ـ ٥) أنواع متعددة من فلاتر الإنذار الأخير المتصلة بحساسات إنذار

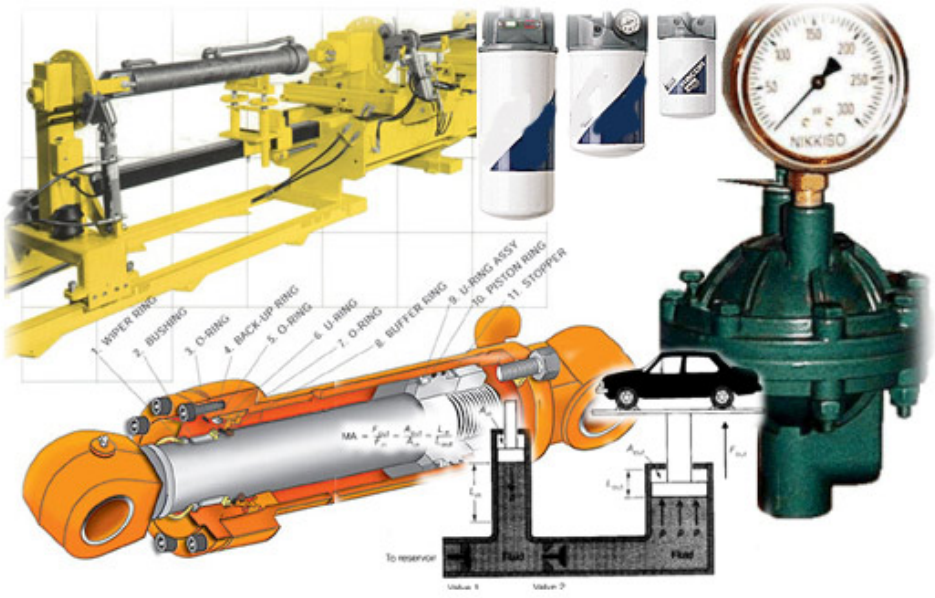
كما أنه ـ في بعض الحالات ـ يتم استخدام الفلاتر ذات الحساسات عند كل عنصر من عناصر المنظومة للحفاظ على جميع اجزاء المنظومة من التلف . و الشكل (٦ ـ ٦) يبين مواقع تلك الفلاتر عند كل أجزاء المنظومة الهيدروليكية.



شكل (٦ـ ٦) مواقع الفلاتر الرئيسة في المنظومة الهيدروليكية

اساسيات قدرة الموائع

الخواص الطبيعية للهواء



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

اسم الوحدة : الخواص الطبيعية للهواء .

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادرا على التفريق بين خصائص السـائل والغاز وما هي الخواص الطبيعية للهواء الجوي وما هي مكوناته وكيف يتأثر بعدة عوامل مثل الضغط ودرجة الحرارة.

الأهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادرا على:

- معرفة استخدام الإنسان للهواء كوسيط في الأعمال المختلفة و حالات المادة الثلاث وخصائصها
- معرفة: الحجوم الطبيعية والوحدات الخاصة بالهواء المضغوط - قوانين الضغط والحجم - الضغط الجوي ووحدات قياسه - الضغط المطلق والضغط المقاس .
- الخواص الطبيعية وقوانين الهواء : العلاقة بين الضغط والحجم ودرجة الحرارة في الغازات .

مستوى الاداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٣ سـاعات .

الوسائل المساعدة :

الإلمام الجيد بتطبيقات الوحدات والأبعاد الهندسية .

متطلبات الجدارة :

معرفة الخواص الأساسية للسوائل (الموائع غير الانضغاطية) لمقارنتها بخواص الهواء (مائع انضغاطي).

مقدمـــة :

خلق الله الأرض محاطة بغلاف جوي من مجموعة من العناصر (الغازات وأبخرة) والهواء الجوي يحتوي على ٧٨٪ نيتروجين و حوالي ٢١٪ أوكسجين ومجموعة من الغازات الأخرى وبخار الماء بنسبة ضئيلة جدا . .ويستخدم الهواء في كثير من الأعمال اليومية وكثير من الصناعات . فيستخدم الهواء في ملء إطارات السيارات وأيضا في التغليف وحديثا في التحكم في حركة الماكينات والمنتجات داخل بعض المصانع وكذلك في عمليات التغليف والتعبئة.

و لفظ " بنيوما " هو لفظ مأخوذ من اللغة اليونانية وهو يعني " تنفس الهواء" . ومن هذا اللفظ "بنيوما"، تطور اللفظ " بنيوماتيك" (الهواء المظغوط) وهو يعني علم تحركات الهواء وظواهره الطبيعية.

و المفهوم الأساسي في عصرنا هذا عن الهواء المضغوط هو : استغلال الهواء كوسيط للعمل في المجالات الصناعية، على وجه الأخص من أجل تشغيل الماكينات والأجهزة الصناعية وكذلك من أجل التحكم في توجيهها.

وبالرغم من أن أساسيات الهواء المضغوط من أقدم ما تعرف عليه الإنسان على الإطلاق، إلا أن الأبحاث قد استمرت حتى ربع القرن الماضي من أجل اكتشاف خواص ونظريات الهواء المضغوط وكذلك التعرف عليها عموما.

حالات المادة الثلاث وخصائصها :

هناك ثلاثة تصنيفات عامة للمادة وهي:

١. الجوامد .
٢. السوائل .
٣. الغازات .

في الغازات تكون الجزيئات مستقلة تقريبا عن بعضها البعض وتتجول في الفراغ متصادمة مع بعضها البعض ولكنها لا تلتصق نتيجة التصادم. ويؤدي تصادم الجزيئات بالجدار إلى ظهور الضغط على الجدران. ونظراً لأن طاقة حركة الجزيئات تكون كبيرة ، يمكن إهمال طاقة الوضع وعليه يكون الضغط للغازات الخفيفة في وعاء متساوي عند القمة أو القاع.

في الحالة الغازية للمادة لايكون هناك حجم أو شكل معين لها ولكن تأخذ حجم أو شكل الإناء الذي يحويها.

و الوضع يختلف في حالة السوائل، فإن جزيئات السائل توجد في حالة حركة مستمرة وطاقة حركتها ليست كافية للتغلب على قوى جذب الجزيئات المجاورة، ولذا توجد جزيئات السائل في مجموعات

مائعة ،و من آن لآخر قد يكتسب جزء من طاقة حركة كافية لأن ينتزع نفسه من سطح السائل.وهذا ما يحدث عندما يتبخر السائل عند السطح. في الحالة السائلة للمادة يوجد كتلة وحجم ثابتين ولكن لا يوجد شكلا ثابتا.

أما في الحالة الجامدة ، فإن الجزيئات مثبتة مع الجزيئات المجاورة ولا تنزلق عليها كما في حال السوائل وتكون القوة بين الجزيئات كبيرة لدرجة أن الجزء يثبت في مكانه بشدة بواسطة الجزيئات المجاورة.

الهواء وتأثير الحرارة والضغط :

يتمدد الهواء بالحرارة وترتبط كل من الحجوم الطبيعية والضغط ودرجة الحرارة في الغازات بعلاقة تبادل مع بعضها.

وقد أثبتت القياسات الدقيقة أنه بالرغم من حالات الغاز المختلفة فإن علاقة الغاز المثالي تبقى ثابته.

الغاز المثالي :

بتطبيق قانون الغاز المثالي على الهواء ، يمكن التعرف على سلوك ذلك الغاز.

قانون الغاز المثالي يحتوي على ثلاثة متغيرات أساسية هي:

- الضغط P .
- درجة الحرارة T .
- عدد الجزيئات في وحدة الحجوم V

كما أن هناك حقائق استخلصت من التجارب المعملية عن العلاقة بين المتغيرات الثلاثة .

١. اذا سخنت كمية من الغاز مع حفظ حجمها ثابت فإن ضغطها يزداد.

٢. طالما ان الغاز بعيد عن الاسالة ، فإنه يتبع العلاقة:

$$P\,V = (\text{const.})\,T$$

$$\frac{PV}{T} = const.$$

حيث إن :

P = الضغط المطلق ، V = الحجم ، T = درجة الحرارة المطلقة (كلفن) ، const. = ثابت

حيث انه يجب الانتباه إلى أن الضغط ودرجة الحرارة تكون مطلقة:

- **الضغط المطلق** = الضغط المقاس + الضغط الجوي

حيث إن :

الضغط الجوي = $14.7 Ibf/in^2 = 101 KN/m^2$

وحدات قياس الضغط:

وحدة قياس الضغط (كما عرفنا) هي الباسكال وهي وحدة صغيرة حيث:

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

$$1KPa = 10^3\ \frac{N}{m^2}$$

$$1MPa = 10^6\ \frac{N}{m^2}$$

الضغط الجوي :

$$1bar = 10^5\ \frac{N}{m^2} = 0.1MPa = 100KPa = 10^3\ Pa = 1.01325 \times 10^5\ \frac{N}{m^2} = 76(cm)Hg = 14.7\frac{Ibf}{in^2}$$

- **درجة الحرارة المطلقة** = الحرارة المقاسة + الصفر المطلق

حيث إن :

(١ كلفن = ١ مئوي + ٢٧٣) ($K^0 = 1C^0 + 273$) او(١ رانكن= ١فهرنهايت + ٤٦٠)($R^0 = F^0 + 460$)

و 273 هو الصفر المطلق الذي تفرغ عنده المادة (تنعدم) .

وعليه يمكن استنتاج القانون العام للغاز المثالي على النحو الاتي:

$P\ V = m\ R\ T$	
$P\ v = R\ T$	$v = \frac{V}{m},$
$= M\ R\ T \overline{V}\ P$	$\overline{V} = \frac{V}{n},$
$T \overline{R}\ = \overline{V}\ P$	$\overline{R} = MR,$

حيث P هو الضغط المطلق . V هو الحجم . m هي الكتلة . R ثابت الغاز . T الحرارة المطلقة

M الوزن الجزئي ـ n عدد المولات ـ $\overline{R}$ الثابت العام للغاز ($\overline{R}$ = 8314 J/Kg mol K^0)

ولاستخدام قانون الغاز المثالي لاستخدامات الهواء ،ندرس الهواء في وضعين (الوضع الابتدائي والوضع النهائي) ، فبمعرفة بعض المعلومات في الوضع الابتدائي وبعض المعلومات عن الوضع النهائي ، يمكن حساب الكميات المطلوبة باستخدام هذا القانون. أو بمعنى آخر ، إذا ثبتنا كمية فإن الكميتان الأخريان تتغير أحداها بتغير الأخرى، ومنه يمكن تطبيق هذا القانون في عدة حالات :

- **في حالة ثبوت درجة الحرارة ($T_1 = T_2$) آيزوترومالي**

من قانون الغاز المثالي :

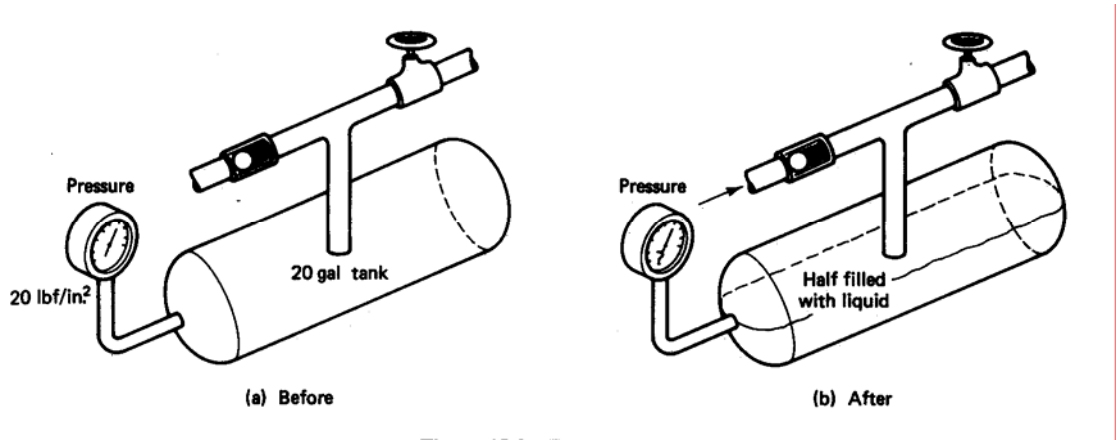
$$\frac{PV}{T} = const.$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}, \qquad T_1 = T_2$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

مثـــال :

خزان ماء ممتلئ بالهواء وفارغ من الماء في الحالة الابتدائية ، حجمه (75.7 L) 20 gal ضغط الهواء المقاس فيه يساوي (137.9 kPa) 20 Ibf/in^2 ، فما هو ضغط الهواء بعد ملئه بالماء إلى منتصفه كما يمثله الشكل (١.٧).



شكل (٧ ـ ١) مثال على ثبوت درجة الحرارة

الحـــل :

$$P_2 = \frac{P_1 V_1}{V_2}$$

$$P_2 = \frac{(137.9KN/m^2 + 101KN/m^2) \times (75.71 \times 10^{-3} m^3/L)}{(37.851 \times 10^{-3} m^3/L)} = 478KPa(abs)(377\,gauge)$$

$$P_2 = 478 \text{ kPa}$$

نلاحظ أن الضغط قد ازداد بنقص الحجم فارتفع من 137.9 kPa إلى 478 kPa

- **في حالة ثبوت الضغط ($P_1 = P_2$) آيزوباري :**

من قانون الغاز المثالي :

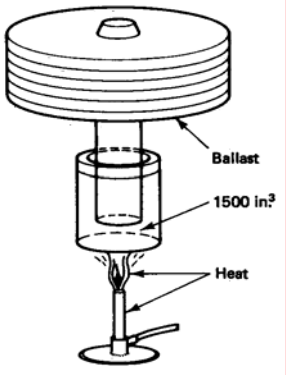
$$\frac{PV}{T} = const.$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \qquad P_1 = P_2$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow V_1 T_2 = V_2 T_1$$

مثـــال :

أسطوانة ممتلئة بالهواء ، حجم فراغها الداخلي قبل الانفراد يساوي 1500 in^3 تم تسخين هواء تلك الأسطوانة من درجة $26.67C^0$ إلى درجة $93.3C^0$ مما أدى إلى انفراد تلك الأسطوانة كما يمثلة الشكل (٧ ـ ٢)، أوجد حجم الأسطوانة بعد الانفراد.



شكل (٧ ـ ٢) مثال على ثبوت الضغط

الحل :

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \rightarrow V_1 T_2 = V_2 T_1$$

$$V_2 = \frac{T_2 V_1}{T_1}$$

$$V_2 = \left[\frac{\left[(93.3C^o + 273)(1500in^3 \times 16.39cm^3 / in^3) \right]}{(26.67C^o + 273)} \right] = 30051cm^3 = 1833.3in^3$$

نلاحظ أن الحجم قد ازداد بزيادة درجة الحرارة فارتفع من $1500\ in^3$ إلى $1833.3\ in^3$

- **في حالة ثبوت الحجم** ($V_1 = V_2$)

من قانون الغاز المثالي :

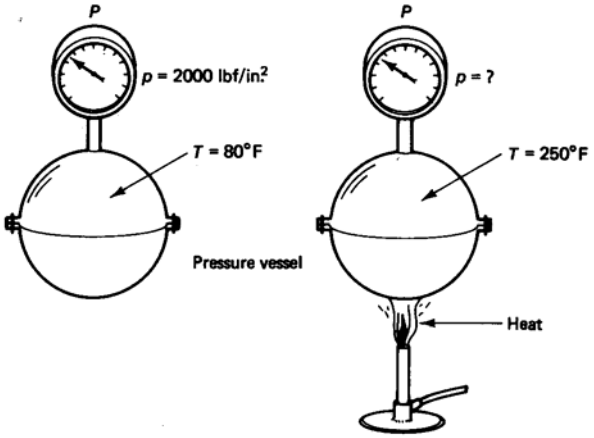
$$\frac{PV}{T} = const.$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}, \qquad V_1 = V_2$$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_1 T_2 = P_2 T_1$$

مثـــال :

إناء مغلق به هواء مضغوط إلى ($2000 Ibf/in^2$) ضغط قياسي كما بالشكل (٧ ـ ٣)، تم تسخينه من درجة $80F^0$ إلى درجة $250F^0$، ما هو الضغط المقاس (P_{gauge}) بعد عملية التسخين .



شكل (٧ ـ ٣) مثال على ثبوت الحجم

الحل :

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \rightarrow P_1T_2 = P_2T_1$$

$$P_2 = \frac{P_1T_2}{T_1}$$

$$P_2 = \left[\frac{\left(2000\frac{Ibf}{in^2} + 14.7\frac{Ibf}{in^2}\right) \times \left(250F^o + 460\right)}{\left(80F^o + 460\right)}\right] = 2649 Ibf/in^2$$

الضغط هنا هو مطلق ، ولايجاد الضغط المقاس :

$$P_2 = 2649 \text{ Ibf/in}^2 - 14.7 \text{ Ibf/in}^2 = 2634 \text{ Ibf/in}^2$$

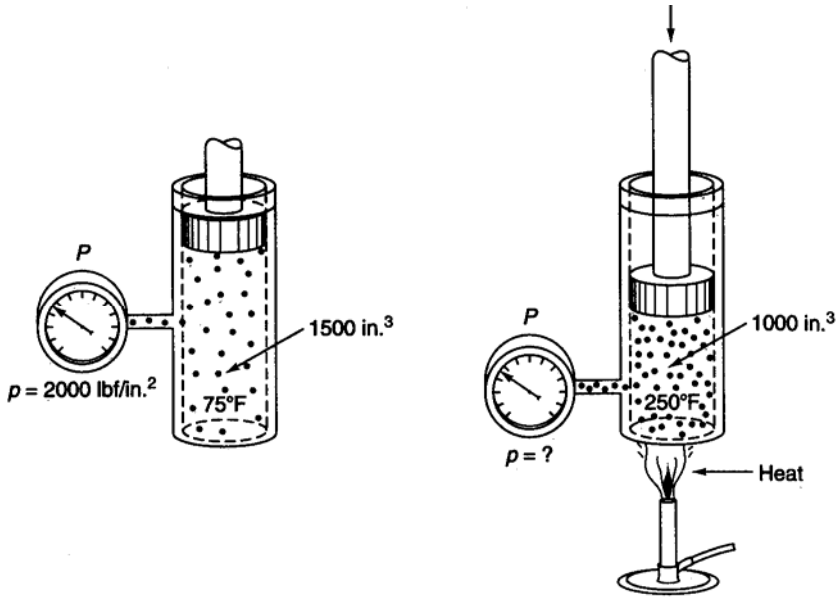
نلاحظ إن الضغط المقاس قد ازداد بزيادة درجة الحرارة فارتفع من 2000 Ibf/in^2 إلى 2634 Ibf/in^2

استخدام قانون الغاز المثالي في صورته الأصلية

في الحالات الثلاث الماضية كان هناك متغير واحد بعد تثبيت أحد المتغيرات الثلاث ،ولكن في بعض الحالات يكون هناك متغيران ولا نستطيع تثبيت أحد المتغيرات الثلاث ، عليه يجب استخدام قانون الغاز المثالي في صورته الأصلية كما نشاهد ذلك في المثال القادم .

مثال :

هواء في أسطوانة حجمها $1500\ in^3$ تحت ضغط مقاس مقدارة $2000\ Ibf/in^2$ ، تم كبس الأسطوانة إلى أن وصل الحجم إلى $1000\ in^3$ في نفس الوقت يتم تسخين هذه الأسطوانة من درجة $75F^0$ إلى درجة $250F^0$ كما نشاهد ذلك في الشكل (٧ ـ ٤) . فما هو الضغط المقاس النهائي للهواء داخل الأسطوانة؟



شكل (٧ ـ ٤) مثال على تغير الحجم ودرجة الحرارة معا

الحل :

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$P_2 = \frac{P_1V_1T_1}{T_1V_2}$$

$$P_2 = \left[\frac{\left(2000Ibf/in^2 + 14.7Ibf/in^2\right)\times\left(1500in^3\right)\times\left(250F^o + 460\right)}{\left(75F^o + 460\right)\times\left(1000in^3\right)}\right] = 4011Ibf/in^2 abs$$

$$P_2 = 4011Ibf/in^2 - 14.7Lbf/in^2 = 3996Ibf/in^2(gauge)$$

نلاحظ أن الضغط المقاس (P_{gauge}) بعد تقليل الحجم وزيادة درجة الحرارة قد ارتفع من $1500\ Ibf/in^2$ إلى $3996\ Ibf/in^2$

ولتثبيت المعلومة نحل المثال مرة أخرى بالنظام الدولي للوحدات (SI):

$$P_2 = \left(\frac{13793 \frac{KN}{m^2} + 101 \frac{KN}{m^2}}{23.89C^o + 273} \right) \times \left(\frac{\left(1500in^3 \times 16.39 \frac{cm^3}{in^3} \times 10^{-6} \frac{m^3}{cm^3}\right)\left(121C^o + 273\right)}{1000in^3 \times 16.39 \frac{cm^3}{in^3} \times 10^{-6} \frac{m^3}{cm^3}} \right)$$

$$p_2 = \frac{\left(1389KN/m^2\right)\left(0.0246m^3\right)\left(394K^o\right)}{\left(297K^o\right)\left(0.0164m^3\right)} = 27648kPa(abs) = 27547kPa(gauge) = 27.5MPa(gauge)$$

مثـــال :

يندفع هواء مضغوط في خزان ضغط ذو سعة قدرها ١ م^3 على أن يوقف دفع الهواء عند وصول الضغط إلى ٧,٢ بار . بعد مرور بضعة ساعات نلاحظ أن درجة حرارة الهواء الموجود في الخزان قد انخفضت حتى وصلت إلى درجة حرارة الغرفة الموجود بها الخزان (٢٠ م^0) ، في هذه الحالة نجد أن قيمة الضغط الموضحة هي ٦,٧ بار .

ماهي درجة الحرارة التي كان عليها الهواء في الخزان عندما توقف جهاز الضغط عن دفع الهواء.

الحـــل :

$$P1_{abs} = P_{at} + P_e$$
$$P1_{ABS} = 1 + 7.2 = 8.2bar$$
$$P2_{abs} = 1 + 6.5 = 7.5bar$$

$$V_1 = 1m^3$$
$$V_2 = 1m^3$$

$$T_2 = 20 + 273 = 293K^o$$

ومن قانون الغاز المثالي:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$

$$T_1 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 V_2} = \frac{P_1 T_2}{P_2} = \frac{8.2 \times 293}{7.5} = 320K^o = 47C^o$$

ومنه نستنتج أن درجة الحرارة التي كان عليها الهواء في الخزان عندما توقف جهاز الضغط عن دفع الهواء كانت تساوي ٤٧ م^0 .

قدرة الهواء على امتصاص الماء:

الهواء قادر على امتصاص نسبة من الماء وهو في صورة بخار . وترتفع قدرة الامتصاص بارتفاع درجة الحرارة. و عند تبريد الهواء المشبع ببخار الماء ،يتساقط الماء من الهواء في صورة قطرات تنحدر على جدران الخزان من أعلى إلى أسفل.

و قدرة الهواء على امتصاص الماء ترتبط فقط بكمية الهواء ودرجة حرارته ولا ترتبط بالضغط.

خواص الهـــواء :

للهواء الجوي عدة خواص من الضروري التعرف عليها لكي نتمكن من تحضير الهواء لنقل الطاقة وهي :

- **الهواء الجاف** (Dry air) :

يعتبر الهواء الجاف عبارة عن خليط من الأوكسجين O_2 ٢١٪ والنيتروجين N بنسبة ٧٨٪ وغازات أخرى وبخار ماء بنسبة ١٪ تقريبا .

- **الهواء الرطب** (Humid air) :

هو خليط من الهواء الجاف + بخار ماء وتعتمد نسبة بخار الماء الموجودة في الهواء على درجة الحرارة.

- **الهواء المشبع**

في هذه الحالة يكون الهواء محمل ببخار الماء إلى حد التشبع حيث إنه إذا برد الهواء يبدأ البخار في التكثف.

- **درجة الحرارة الجافة**(T_{db}) :

هي عبارة عن درجة الحرارة التي يعينها الترمومتر الجاف أي الترمومتر الزئبقي العادي.

- **درجة الحرارة الرطبة**(T_{wb}) :

هي عبارة عن أقل درجة حرارة يعينها الترمومتر الرطب . والترمو متر الرطب عبارة عن ترمومتر زئبقي عادي ، بصيلته الزجاجية مغطاة بقطعة من الشاش المبلل بالماء. تعرف درجة الحرارة الرطبة بدرجة

التشبع الآدياباتي وذلك لأن الحرارة اللازمة لتبخير الماء من قطعة الشاش المبللة تؤخذ كلها من الهواء الجوي المار خلالها عندما تصل قراءة الترمومتر الرطب أقل قيمة لها.

- **درجة الندى** (T_{dp}) :

هي عبارة عن درجة الحرارة التي يتكثف عندها بخار الماء المتواجد في الهواء الجوي . حيث إن بخار الماء يتوقف على درجة تشبعه فإن الضغط الجزئي لبخار الماء تعينه درجة الندى للهواء الجوي.

- **نسبة الرطوبة :**

هي عبارة عن كتلة بخار الماء المتواجدة في الهواء الجوي والمناظرة لوحدة الكتلة للهواء الجاف . يمكن اعتبار الهواء الجاف وبخار الماء غازات مثالية عند الضغط الجوي ودرجات الحرارة العادية. مع العلم أن نسبة الرطوبة للهواء الجوي تزداد مع زيادة الضغط الجزئي لبخار الماء المتواجد في الهواء الجوي وتكون أكبر ما يمكن عندما يكون الضغط الجزئي لبخار الماء أكبر ما يمكن . وحيث ان الضغط الجزئي لبخار الماء تحدده درجة الندى فإن نسبة الرطوبة للهواء تكون أكبر ما يمكن عندما تصبح درجة الندى مساوية لدرجة الحرارة الجافة للهواء الجوي.

- **الرطوبة النسبية :**

هي عبارة عن نسبة الضغط الجزئي لبخار الماء المتواجد في الهواء الجوي والمناظر لدرجة الندى إلى أعلى ضغط جزئي لبخار الماء المناظر لدرجة الحرارة الجافة للهواء الجوي.

- **الرطوبة المئوية :**

هي عبارة عن كمية الرطوبة الحقيقية في الهواء الجوي والمناظرة لدرجة الندى إلى أكبر كمية رطوبة يمكن للهواء الجوي أن يحتويها والمناظرة لدرجة الحرارة للهواء الجوي.

- **الإنثالبيا النوعية :**

هي عبارة عن المجموع الجبري للإنثالبيا النوعية للهواء الجاف ولبخار الماء المتواجد معه محسوبا من درجة الصفر المئوي.

- **الحجم النوعي :**

هو عبارة عن الحجم النوعي للهواء الجاف الذي يعبر عن الحيز المشغول بالهواء .

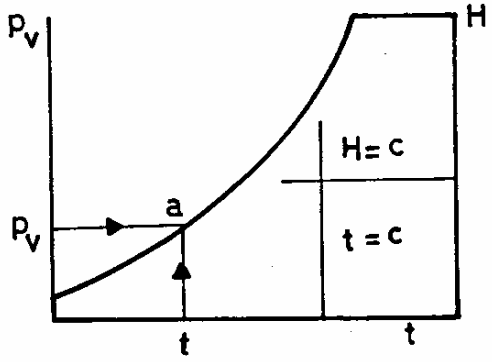
جداول السيكرومتري (Psycrometric Tables) :

جداول السيكرومتري عبارة عن جداول تعطى لقيمة معينة للضغط الجوي الخواص التالية:
درجة الحرارة الجافة، درجة الحرارة الرطبة، الرطوبة النسبية، الإنثالبيا النوعية والحجم النوعي للكيلوجرام الواحد من الهواء الجاف.

خريطة السيكرومتري (Psycrometric Chart) :

خريطة السيكرومتري عبارة عن وسيلة على هيئة تمثيل بياني تعين خواص وحالات الهواء عند قيمة معينة للضغط الجوي.
و خريطة السيكرومتري، كما هو موضح في الاشكال التالية، على هيئة حذاء وتعطي الخطوط التالية:

١. **خط التشبع** (Saturation Line)



شكل (٧ ـ ٥) خطوط: التشبع ،ثبات درجة الحرارة الجافة و ثبات نسبة الرطوبة

لرسم خط التشبّع ، اختر قيمة معينة لدرجة الحرارة (t) . عين قيمة الضغط الجزئي لبخار الماء (p_v) (من الجداول) . حدد نقطة (a) في شكل (٧ـ ٥) . كرر العملية لقيم أخرى لدرجة الحرارة (t) . المحل الهندسي للنقطة (a) سوف يمثل خط التشبع.

٢. **خطوط ثبات درجة الحرارة الجافة** (Constant Dry Bulb Temperature Line) :

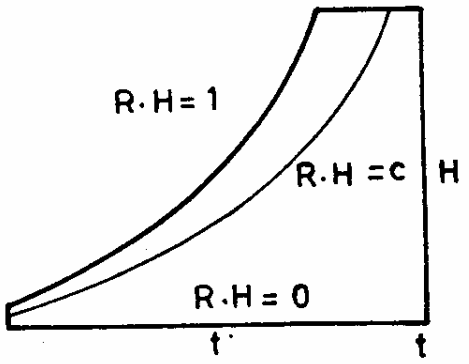
الخطوط الرأسية في شكل (٧ ـ ٥) تمثل خطوط ثبات درجة الحرارة.

٣. **خطوط ثبات نسبة الرطوبة** (Constant Humidity Ratio Lines) :

الخطوط الأفقية في الشكل (٧ ـ ٥) تمثل خطوط ثبات نسبة الرطوبة (H) .

٤. **خطوط ثبات الرطوبة النسبية** (Constant Relative Humidity Lines) :

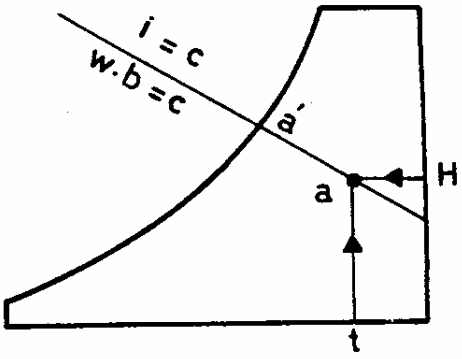
لرسم خطوط ثبات الرطوبة النسبية ، اختر قيمة معينة لدرجة الحرارة (t) . قسم المسافة الراسية المحصورة بين الخط الافقي (R.H.= 0) وخط التشبع (R.H.= 1) إلى عشرة أجزاء متساوية.



شكل (٧ ـ ٦) خطوط ثبات الرطوبة النسبية

كرر العملية لقيم مختلفة لدرجة الحرارة (t) . صل النقط المتناظرة ، تحصل على خطوط ثبات الرطوبة النسبية (H = C) في شكل (٧ ـ ٦).

٥. **خطوط ثبات الانثالبيا النوعية** (Constant Specific Enthalpy Lines) :



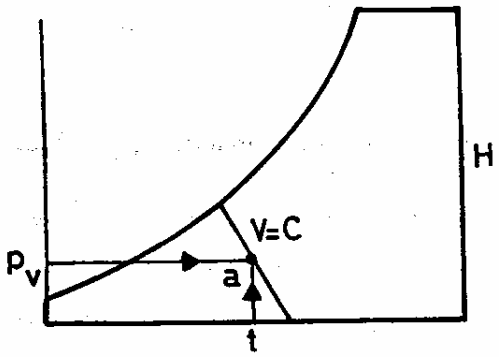
شكل (٧ ـ ٧) خطوط ثبات الإنثالبيا النوعية و ثبات درجة الحرارة الرطبة

لرسم خط ثبات الانثالبيا ، اختر قيمة معينة لدرجة الحرارة (t) . عين قيمة نسبة الرطوبة (H) ، حدد نقطة (a) في شكل (٧ ـ ٧) . كرر العملية لقيم مختلفة لدرجة الحرارة (t) . المحل الهندسي لنقطة (a) سوف يمثل خط ثبات الانثالبيا(i=c) .يلاحظ أن خطوط ثبات إلانثالبيا مستقيمة، مائلة ومتوازية وتزداد قيمتها مع زيادة درجة الحرارة الجافة (t).

٦. **خطوط ثبات درجة الحرارة الرطبة** (Constant Wet Bulb Temperatures) :

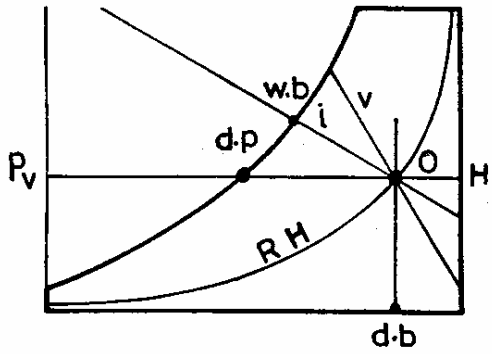
حيث إن درجة الحرارة الرطبة تمثل درجة التشبع الادياباتي فإن خط ثبات إلانثالبيا ، في شكل (٧ـ٧) ، سوف يمثل خط ثبات درجة الحرارة الرطبة. نقطة تقاطع خط ثبات الانثالبيا مع خط التشبع (a) تحدد قيمة درجة الحرارة الرطبة. و يمثل خط (aa) في الشكل (٧.٧) خط ثبات درجة الحرارة الرطبة(t_a=c) .

٧. **خطوط ثبات الحجم النوعي** (Constant Specific Volume Lines)



شكل (٧ ـ ٨) خطوط ثبات الحجم النوعي

لرسم خطوط ثبات الحجم ،اختر قيمة معينة للضغط الجزئي لبخار الماء (p_v). ثم عين قيمة درجة الحرارة(t) . و حدد نقطة (a) في شكل (٧ ـ ٨) . كرر العملية لقيم مختلفة للضغط الجزئي لبخار الماء. المحل الهندسي لنقطة (a) سوف يمثل خط ثبات الحجم النوعي(v=c) . يلاحظ أن خطوط ثبات الحجم النوعي عبارة عن خطوط مستقيمة ، مائلة ومتوازية تزداد قيمتها مع زيادة درجة الحرارة الجافة.

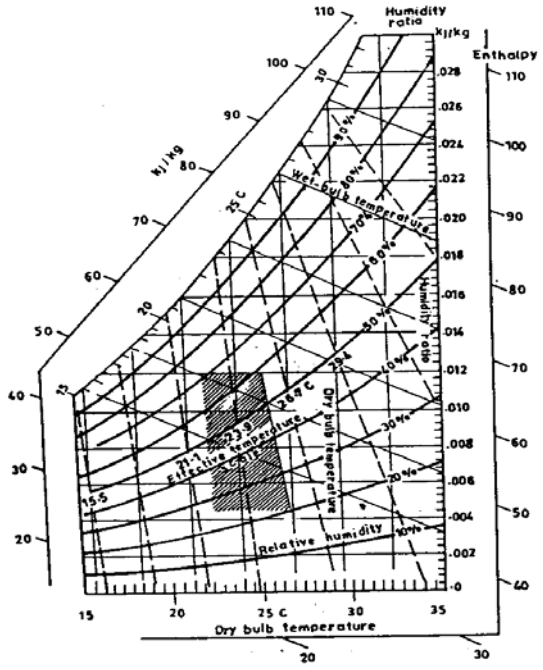


شكل (٧ ـ ٩) طريقة تعيين خواص الهواء المختلفة

يوضح الشكل (٧ـ ٩) طريقة تعيين خواص الهواء المختلفة لو عرفت أي خاصيتين على الأقل مثل (d.b & w.b) أو (d.b & R.H) لتحديد نقطة o على خريطة السيكرومتري.

أهمية السيكرومتري(Importance of Psychrometry) :

يعبر تعبير **تكييف الهواء للراحة** عن حالة تكييف الهواء الذي يوفر ويحقق حالة الراحة (Comfort Condition) للإنسان . و تحقق بعض التوليفات من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة الجافة حالة الراحة المشهورة كما نراها في شكل (٧ـ ١٠) .



شكل (٧ ـ ١٠) منطقة (حالة الراحة) في السيكرومتري

يفضل شتاء أن تكون الرطوبة النسبية في الحدود من ٣٠٪ إلى ٣٥٪ ودرجة الحرارة الجافة في الحدود من

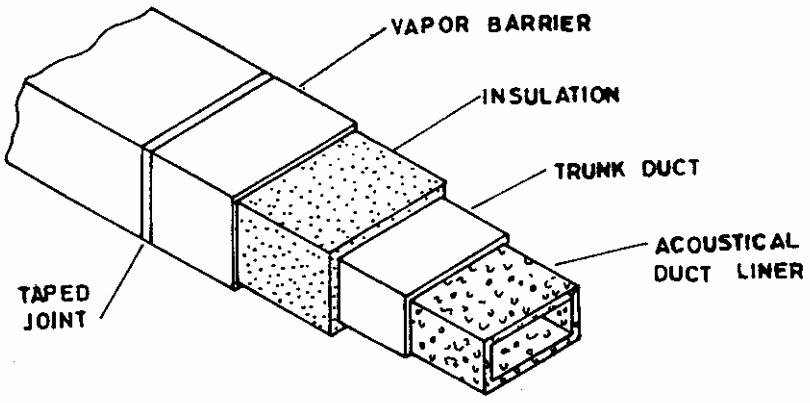
٢٢م^0 إلى ٢٤م^0 بينما صيفا يفضل أن تكون الرطوبة النسبية في الحدود من ٤٥٪ إلى ٥٠٪ ودرجة الحرارة الجافة في الحدود من ٢٤م^0 إلى ٢٦م^0 . باستخدام خريطة السيكرومتري يمكن معرفة وتحديد ما يجب إجراؤه للهواء الخارجي قبل تغذيته للمكان المراد تكييفه لتحقيق وحفظ توليفة الرطوبة ودرجة الحرارة الجافة الاكثر راحة.

و تستخدم خاصية الرطوبة النسبية لتعيين حالة الراحة للانسان وليست الحالة التي عندها يتكثف بخار الماء، المتواجد في الهواء الجوي ، على الأسطح الباردة. كما يمكن منع بخار الماء على الشبابيك باستخدام لوح زجاجي حراري ، تركيب لوحين من الزجاج أو بدفع هواء دافئ على الاسطح الباردة.

كما تلعب درجة الندى دوراً هاماً في تحديد الشروط اللازمة لمنع تكثيف البخار على الأسطح الباردة في الأماكن غير المكيفة مثل مواسير تكييف الهواء الناقلة للماء المثلج صيفا.

مثـــــال :

في الشكل المعطى (٧ ـ ١١) ، ماسورة تكييف هواء مغطاة من الخارج بطبقة من المادة العازلة حراريا وطبقة من العازل المائي لمنع تكثيف بخار الماء على السطح الخارجي للماسورة ونفاذه إلى العازل الحراري . علماًبأن الماسورة مبطنة من الداخل بطبقة ماصة للصوت .

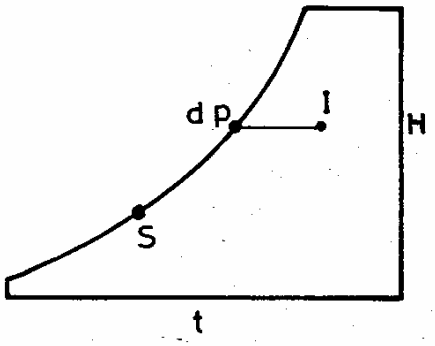


شكل (٧ ـ ١١) المثال

باستخدام خارطة السيكرومتري ، بين درجة حرارة السطح الخارجي للماسورة وحالة الهواء المحيط بها.

الحـل:

باستخدام خارطة السيكرومتري شكل (٧ـ١٣) نجد أن النقطة (S) تمثل درجة حرارة السطح الخارجي للماسورة بينما النقطة (I) تعبر عن حالة الهواء المحيط بالماسورة.



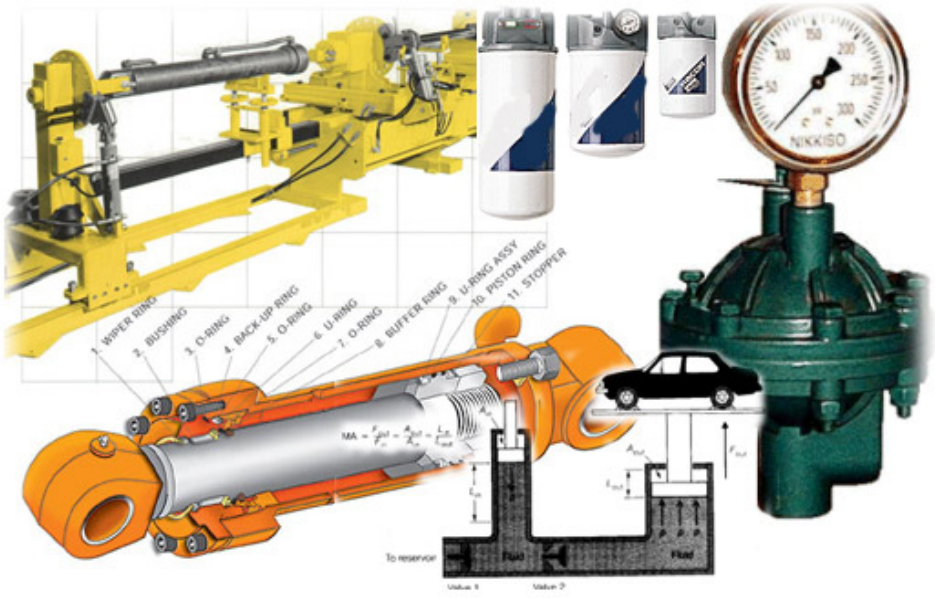
شكل (٧ ـ ١٢) حل المثال

لوكانت درجة الندى للهواء المحيط للنقطة (dp) أعلى من درجة حرارة السطح الخارجي (S) للماسورة، فإن بخار الماء يتكثف على السطح الخارجي لماسورة الهواء.

ملحوظة: لمنع تكثيف بخار الماء على أسطح المواسير المتواجدة في الأماكن غير المكيفة عادة نستخدم العوازل الحرارية (كما هو في الشكل (٧ ـ ١١)) ، لرفع درجة حرارة السطح الخارجي(S) بحيث تصبح أعلى من درجة الندى للهواء المحيط بالماسورة.

اساسيات قدرة الموائع

تحضير الهواء المضغوط



جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

اسم الوحدة : تحضير الهواء المضغوط .

الجدارة: يجب على المتدرب أن يكون قادرا على كيفية تحضير الهواء المضغوط قبل استخدامه في العمل.

الاهداف:

عندما تكمل هذه الوحدة تكون قادرا على :

- مفاهيم الرطوبة وتحضير الهواء المضغوط بعد تنظيفه من الشوائب و تجفيفه من الرطوبة العالقة به .
- فهم المكونات المستخدمة لتحضير الهواء المضغوط ورموزها .
- استخدام الهواء المضغوط كوسيط في العمل .

مستوى الأداء المطلوب :

أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ١٠٠ ٪

الوقت المتوقع للتدريب :

٣ ساعات

الوسائل المساعدة :

معاينة الضواغط الموجودة في المعمل لتحضير الهواء المضغوط والتعرف على أنواعها والتعرف على عملية تحضير الهواء من سحبه من الهواء الجوي إلى إرساله إلى المعمل جاهز للاستخدام

متطلبات الجدارة :

معرفة الخواص الطبيعية للهواء التي تم دراستها في الوحدة السابقة .

مقدمـــــه :

المفهوم الاساسي في عصرنا هذا عن الهواء المضغوط ، هو استغلال الهواء كوسيط للعمل في المجالات الصناعة ، و على وجه الأخص من أجل تشغيل الماكينات والأجهزة الصناعية وكذلك من أجل التحكم في توجيهها.

الهواء المضغوط كوسيط في العمل :

هناك مزايا وعيوب من استخدام الهواء المضغوط في العمل .

مزايا استخدام الهواء المضغوط:

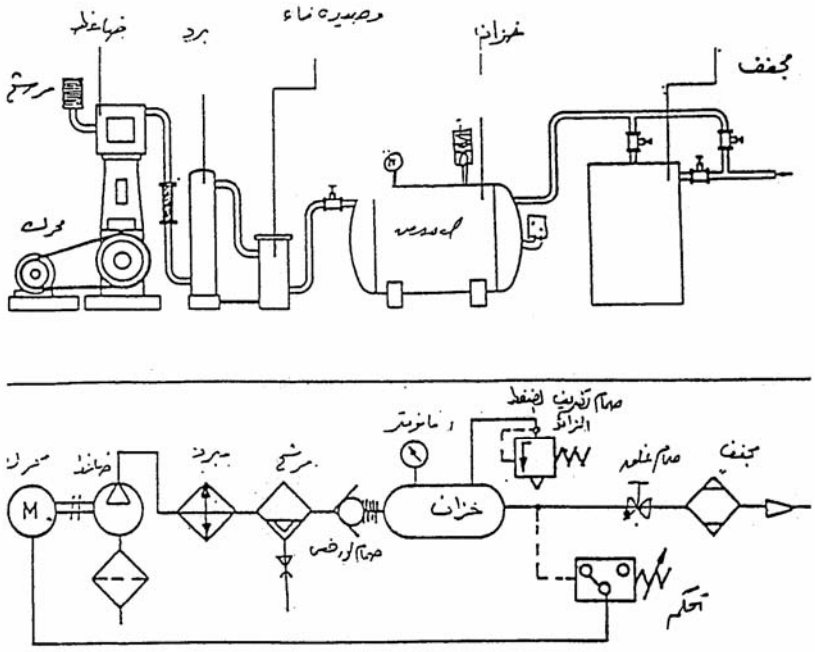
١. يمكننا الحصول على الهواء في أي مكان وبأي كمية .
٢. يمكن نقل الهواء المضغوط خلال الانابيب لمسافات بعيدة .
٣. الهواء المضغوط قابل للتخزين .
٤. يمكن تسريب الهواء المضغوط إلى الجو .
٥. الهواء المضغوط ليس حساسا لتقلبات الجو ودرجة الحرارة .
٦. لاتوجد أخطار انفجارات عند استخدام الهواء المضغوط .
٧. الهواء المضغوط مادة نظيفة، لذلك فهي مهمة للصناعات الغذائية والاخشاب والنسيج والجلود .
٨. الأجهزة الخاصة بالهواء المضغوط رخيصة الثمن وسهلة الاستعمال .
٩. الهواء المضغوط سريع وبذلك يمكننا الحصول على سرعات عالية في الانتاج .
١٠. يمكن التحكم في سرعة وقوة عناصر الهواء المضغوط بلا حدود .
١١. أجهزة الهواء المضغوط مؤمنة تماما ضد الضغط الزائد .
١٢. التحركات المستقيمة يمكن أن تصدر إصداراً مباشراً .

عيوب استخدام الهواء المضغوط :

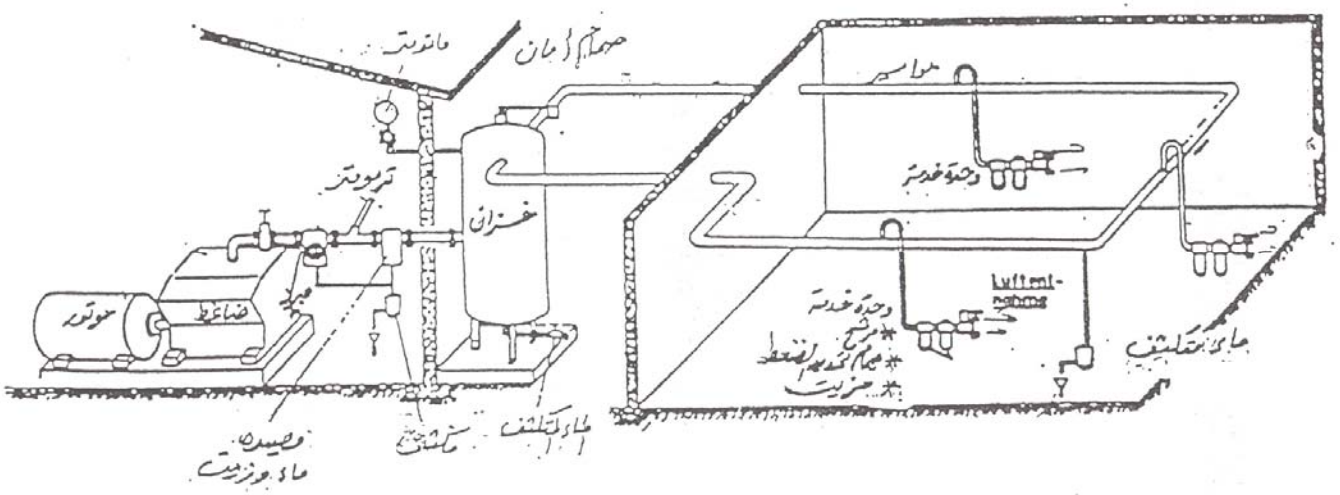
١. الهواء المضغوط يلزمه توليد طاقة مرتفعة التكاليف إلى حد ما
٢. يلزم إعداد الهواء المضغوط إعداداً جيداً ، ولا يسمح بأن يتدفق معه بقايا قاذورات أو رطوبة
٣. لايمكن التحكم في سرعة ثابتة ومنتظمة للكباسات (لأن الهواء يقبل الانضغاط)
٤. الهواء المضغوط يكون منخفض التكاليف فقط حتى قدرة معينة فتوقفه على حدود الضغط الموجود بالمصانع (٧ بار) مرتبطة بطول الطريق (المشوار) والسرعة وبعدها يفضل استخدام الهيدروليك .
٥. خروج الهواء المضغوط يحدث ضوضاء كبيرة .
٦. يخلط مع الهواء بعض الزيت للتشحيم ، فيسبب خروج بخار الزيت تلوثا.

تحضير الهواء المضغوط :

وبعد التعرف على أساسيات الهواء الجوي والعوامل التي تؤثر عليه واعتبار أنه يسلك سلوك الغاز المثالي ، سنختم هذه الحقيبة بنظرة موجزة عن طرق تحضير الهواء المضغوط لاستخدامه في نقل القدرة النيوماتية.
كما تم التطرق إليه سابقا ، يجب التخلص من جميع الشوائب قبل دخولها الضاغط ومن ثم التخلص من الزيت المستخدم في التشحيم داخل الضاغط وأخيرا التخلص من الرطوبة العالقة بالهواء من بخار الماء لكي لا تسبب صدأ لأجزاء الضاغط وكافة أجزاء المنظومة من مواسير وصمامات وأسطوانات وغيرها.
الشكل (٨ ـ ١ ـ ا) و الشكل (٨ ـ ١ ـ ب) يعطيان تصور مبدئي عن طريقة تحضير الهواء المضغوط التي سوف نتطرق إلى بعض عناصرها بالتفصيل.



شكل (٨ ـ ١ ـ ا) تحضير الهواء المضغوط



شكل (٨ ـ ١ ـ ب) تحضير الهواء المضغوط

تجفيف الهواء :

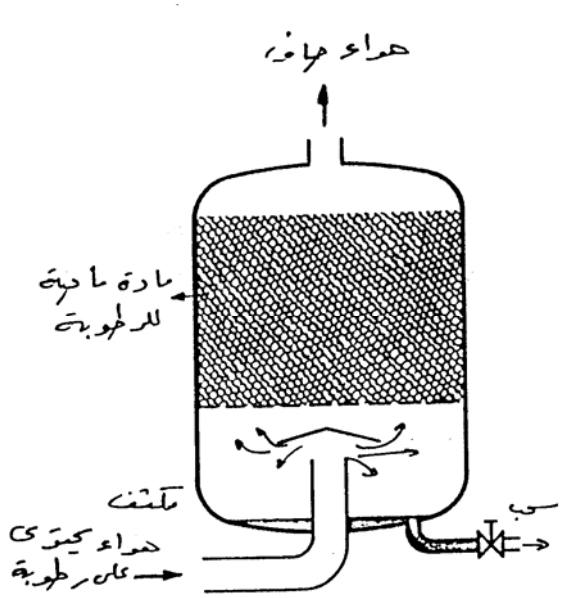
يتحتم تجفيف الهواء من الرطوبة العالقة به للحصول على هواء جاف لا يسبب صدأ لأجزاء المنظومة. وهناك أكثر من طريقة لتجفيف الهواء الرطب نتطرق إلى اثنتين للاختصار :

- **التجفيف بالامتصاص :**

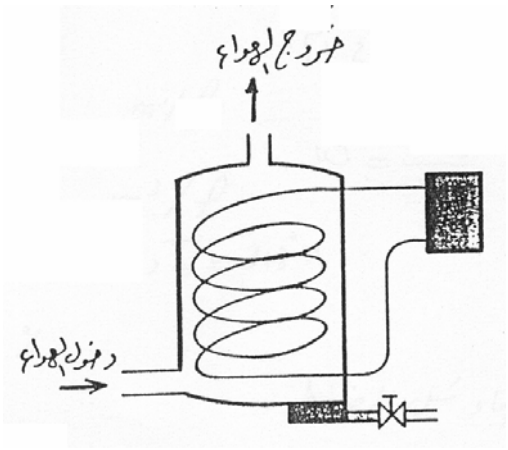
وهي بأن يمرر الهواء الرطب على مواد لها قابلية عالية لامتصاص الماء (مادة ساحبة للرطوبة) ومن ثم يصرّف الماء المتجمع إلى أسفل المجفف ويخرج هواء جاف من الاعلى كما في الشكل (٨ ـ ٢)

- **التجفيف بالتبريد :**

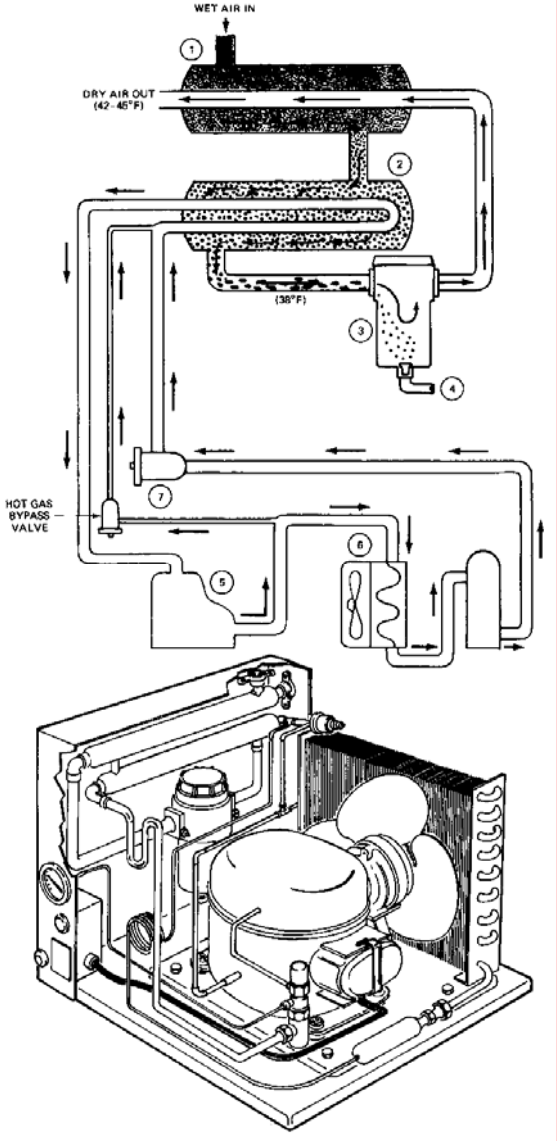
وهو يشبه إلى حد ما الطريقة الأولى ولكن يتم استبدال المجفف بمبرد. وهي بأن يتم إدخال الهواء الرطب من أسفل المبرد الذي يسبب خفض لدرجة الحرارة فتزال رطوبته كما في الشكل (٨ ـ ٣) . فيصرف الماء المتجمع من أسفل المبّرد ويخرج هواء جاف من الاعلى . و الشكل (٨ ـ ٤) يعطي تفصيلا أوضح لعملية التجفيف بالتبريد. هذه الطريق يمكن تشبيهها بمكيف الهواء في الغرف ، لاحظ في فصل الصيف في المناطق الرطبة نزول كميات كبيرة من الماء خارج المكيف بعد تبريد الهواء وإرساله إلى داخل الغرفة بارد جاف في درجة الراحة للإنسان.



شكل (٨ ـ ٢) التجفيف بالامتصاص



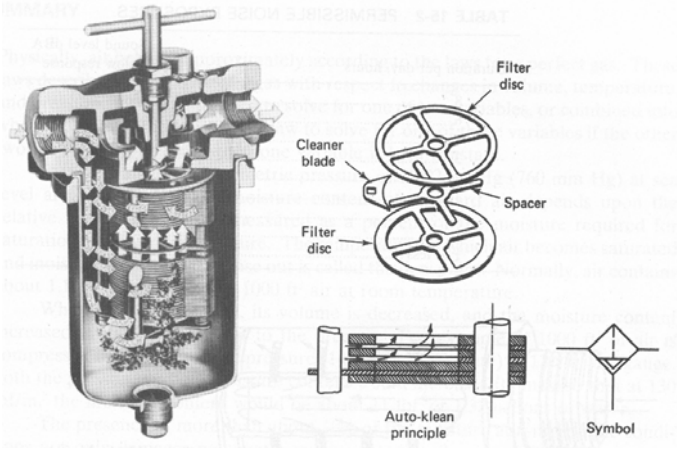
شكل (٨ ـ ٣) التجفيف بالتبريد



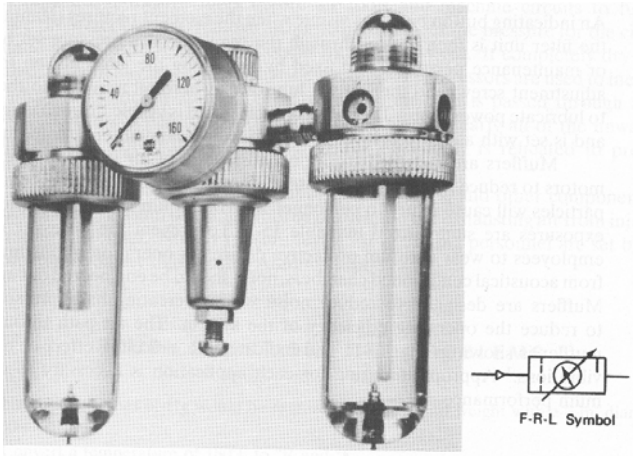
شكل (٨ ـ ٤) شرح عملية التجفيف بالتبريد

الفلاتر (المرشـــحات) :

لابد من التخلص من المواد العالقة بالهواء لكي لاتسبب أي تلف لعناصر المنظومة من ضاغط أو صمامات أو أسطوانات وغيرها. وللحصول على هواء نقي نستخدم الفلاتر وهي على أنواع منها ما يكون في عدة طبقات كما يمكن تنظيفه وإعادة استخدامه عدة مرات كما في الشـــــــكل (٨ ـ ٥) .



شكل (٨ ـ ٥) فلتر هواء قابل للتنظيف



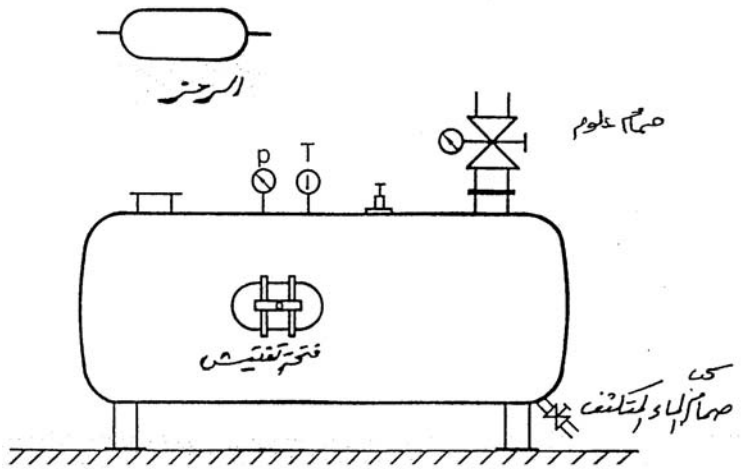
شكل (٨ ـ ٦) وحدة الخدمة

وحدة الخدمة :

وحدة الخدمة عادة توضع بعد الخط الرئيس المغذي القادم من الضاغط و تحتوي على معاير (لضبط الضغط المطلوب وقياسه) وفلتر ومشحم كما في الشكل (٨ ـ ٦) .

الخـــزان :

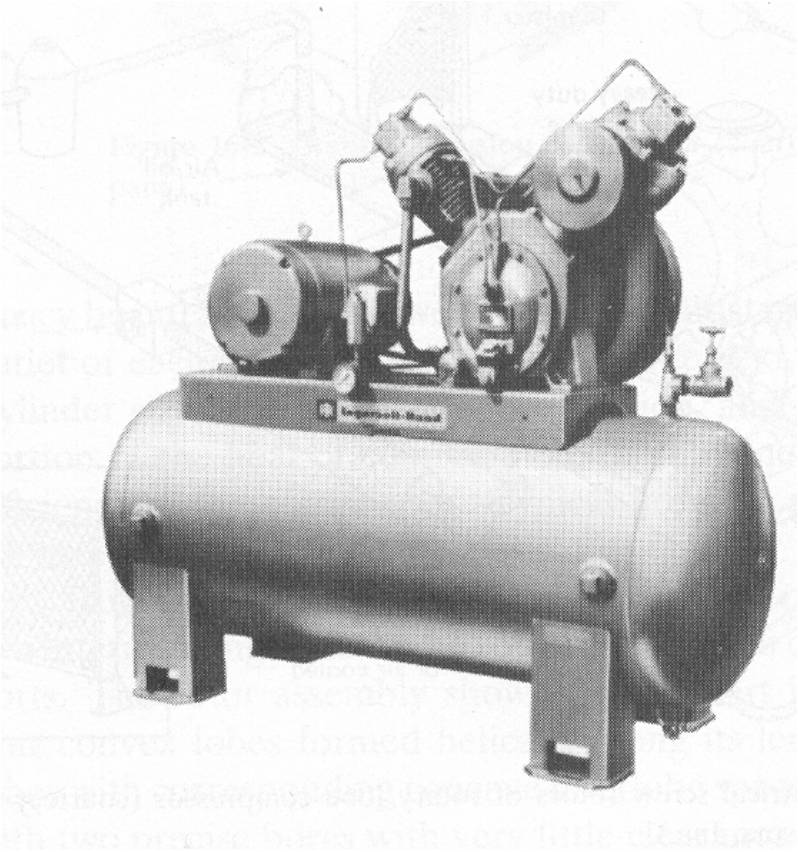
وهو الحيز الذي يرسل إليه الهواء المضغوط بعد تنقيته وتجفيفه ليحتفظ به إلى وقت الحاجة اليه . ويحتوي الخزان عادة على عدة عناصر منها مقياس للضغط ،و صمام سحب الماء المكثف صمام تنفيس لا رجعي للسلامة و فتحة تفتيش للصيانة كما في الشكل (٨ ـ ٧) ويأتي على أوضاع منها الأفقي ومنها الرأسي حسب الحاجة و عادة يكون الخزان متصل بالضاغط مباشرة.



شكل (٨ ـ ٧) خزان الهواء المضغوط

الضواغط :

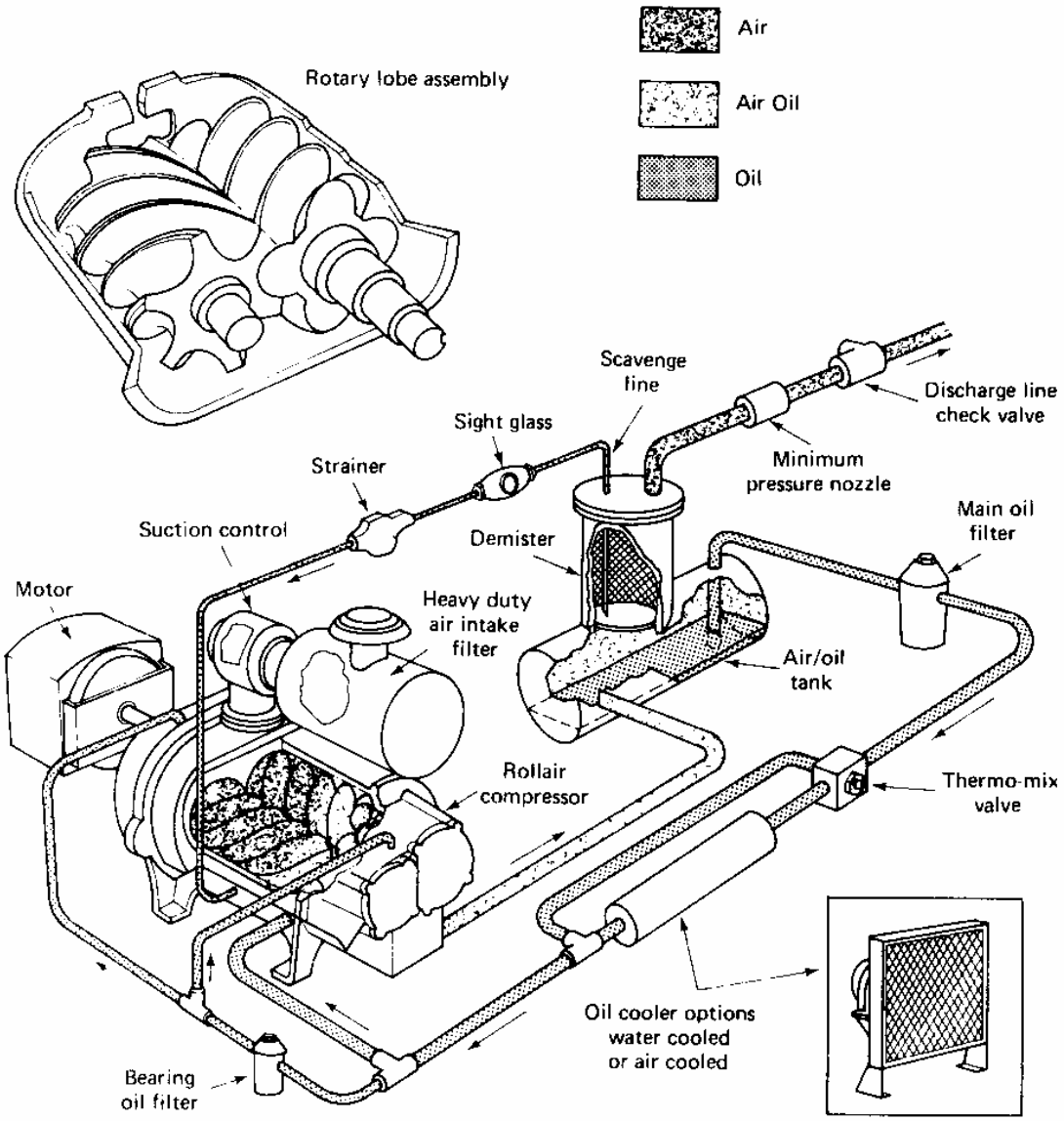
يمكن أن يطلق على ضواغط الهواء أنها مضخات تستخدم لضخ الهواء المضغوط بعد ضغطه . الشكل (٨ ـ ٨) يبين الشكل الاساسي لضاغط الهواء.



شكل (٨ ـ ٨) ضاغط هواء

الهدف من تلك الضواغط هو تزويد الهواء النقي الجاف لمعدات القدرة واستخدامات الصناعة. حيث يتم سحب الهواء عن طريق المدخل الرئيس للضاغط بعد فلترته من الشوائب فيتم ضغطه، مما يؤدي إلى ارتفاع كل من ضغطه ودرجة حرارته، من قانون الغاز المثالي : إذا رفع ضغط الغاز وقل الحجم الحاوي له فإن درجة حرارته ترتفع ومن ثم يتم تخزينه في الخزان.

وتتم معالجة الهواء بعدها بتبريدة وتجفيفه وفي بعض الاستخدامات تتم إزالة الزيت عنه كما نرى ذلك في شكل (٨ ـ ٩) .



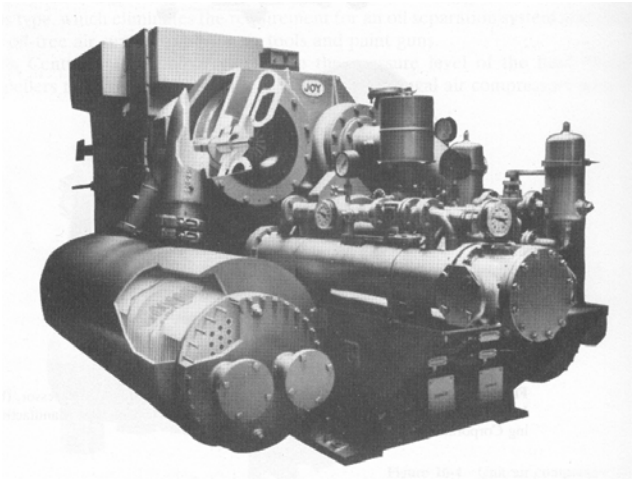
شكل (٨ ـ ٩) دورة تشحيم الهواء المضغوط في الضاغط

و هناك عدة طرق يمكن تصنيف الضواغط بها مثل:

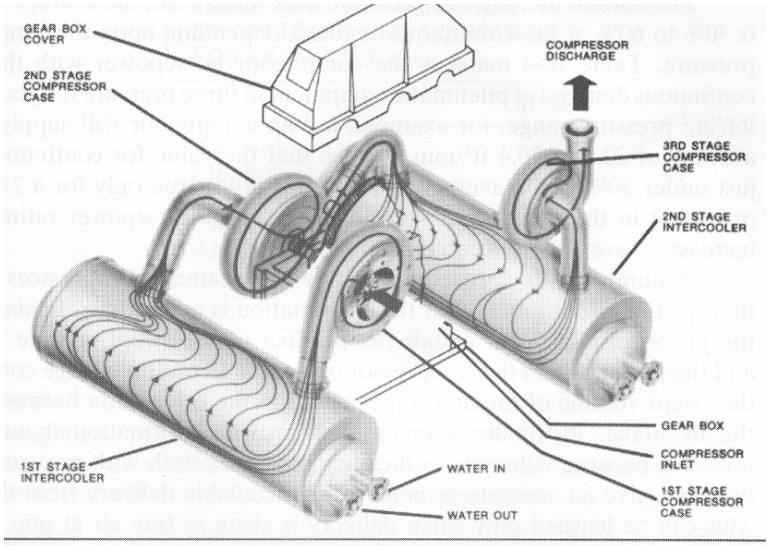
١. ضواغط موجبة الإزاحة .
٢. ضواغط غير موجبة الإزاحة .
٣. ضواغط ذو مرحلة مفرة أو متعدد المراحل .

و يمكن معرفة بعض هذه الأنواع من الأشكال الآتيه:

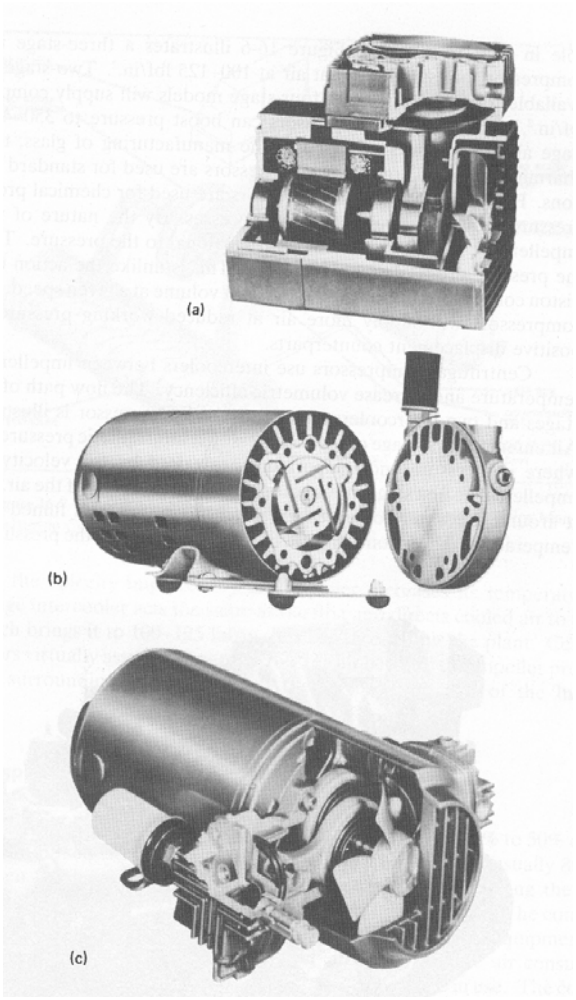
- شكل (٨ـ ١٠) ضاغط طارد مركزي .
- شكل (٨ـ ١١) ضاغط طرد مركزي مع مبرد .
- شكل (٨ـ ١٢) ضواغط موجبة الإزاحة .



شكل (٨ـ ١٠) ضاغط طارد مركزي



شكل (٨ـ ١١) ضاغط طرد مركزي مع مبرد

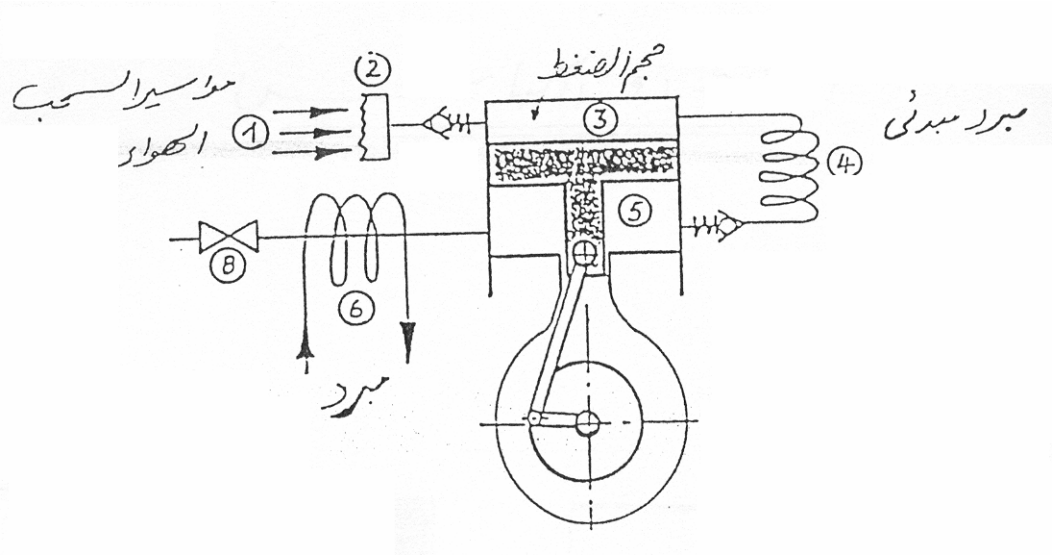


شكل (٨ـ ١٢) ضواغط موجبة الإزاحة

و سنكتفي في هذه الحقيبة بهذا المقدار وعدم التطرق لشرح الضواغط إلا بشكل مبسط، كون المتدرب سوف يدرسها في مقرر مكونات هيدروليكية ونيوماتية بشكل اكبر وأدق .

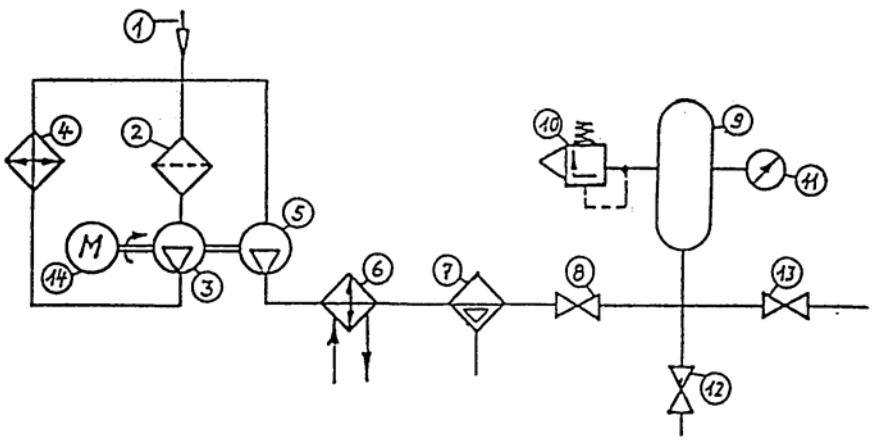
دورة عمل الضاغط :

في الشكل (٨ ـ ١٣) كباس متصل بمبرد . أثناء حركة الكباس للأسفل يتم سحب الهواء للداخل عبر الانابيب (١) والمرشح (٢) إلى غرفة الضغط (٣) .



شكل (٨ ـ ١٣ ـ أ) دورة عمل ضاغط الهواء

و أثناء حركة الكيس للأعلى ، يضغط الهواء في حجرة الضغط (٣) . حيث يوجد صمام عدم رجوع يمنع مرور الهواء إلى انابيب التفريغ . يمر الهواء المضغوط عبر المبرد (٤) إلى حجرة الضغط (٥) . باستمرار دفع الكباس لأسفل يدفع الهواء إلى المبرد (٦) قبل دفعه. وهكذا نحصل على هواء مضغوط جاهز للاستخدام في الصناعة.



١. دخول الهواء	٨. صمام غلق
٢. مرشح الهواء	٩. مركم هواء
٣. الضغط المنخفض للأسطوانة	١٠. صمام تفريغ الضغط الزائد
٤. مبرد مبدئي	١١. مانو متر
٥. الضغط العالي للأسطوانة	١٢. صمام غلق
٦. مبرد	١٣. صمام غلق خط الضغط
٧. مصيدة ماء	١٤. المحرك

شكل (٨ ـ ١٣ ـ ب) دورة عمل ضاغط الهواء (رمـــــوز)

المراجع

المراجـــع العربيـــــة

١. مبادئ ميكانيكا الموائع ، د. جميل الملائكة ، ١٩٨٢م .
٢. ميكانيكا الموائع وتطبيقاتها الهندسية، اوبرت دوجرتي، جوزيف فرانزيني ، ١٩٨٢م .
٣. ميكانيكا الموائع والدقائق ، د. محمد تقي داوود الكامل .
٤. مكونات الدوائر الهيدروليكية، م. أرنو شميت ـ د. عبدالفتاح قاسم ، الجزء الأول .

المراجـــع الأجنبيـــــة

1. Engineering Fluid Mechanics, Roberson-Crowe.3rd Ed. 1995.
2. Fluid Power Theory and Applications, James A. Sullivan, 4th Ed. 1989

المحتويات

الموضـــــــــــــــــوع	الصفحة
تمهيد	
المقدمة	
الوحدة الأولى : الابعاد والوحدات الهندسية	١
مقدمة	٢
تحويل الوحدات	٣
الوحدات الأساسية	٤
الوحدات المشتقة	٤
الوزن والضغط والقوة	٤
مميزات النظام العالمي للوحدات	٨
الوحدة الثانية : الخواص الفيزيائية للموائع	
مقدمة	١١
الكميات الفيزيائية	١٢
الكثافة	١٢
الوزن النوعي	١٢
الحجم النوعي	١٢
الثقل النوعي	١٣
اللزوجة	١٦
تاثير درجة الحرارة على اللزوجة	١٨
اختبار ذاتي في الخواص الفيزيائية للموائع	٢٢
الاجابة عن الاختبار الذاتي	٢٢
الوحدة الثالثة : الهيدروستاتيكا (الموائع في حالة السكون)	
مقدمة	٢٦
الضغط	٢٦

تغيرات الضغط في المائع الساكن ٢٧
سمت (علو) الضغط ٢٨
الضغط المطلق والضغط المقاس ٣٢
قياس الضغط ٣٤
المانومترات ٣٦
المانومتر البسيط ٣٦
المانومتر التباييني ٣٧
المانومتر المائل ٣٨
الضغط الهيدروستاتيكي ٣٨
الضغط الناجم عن قوى خارجية ٣٩
انتقال القوى الهيدروليكية ٤٠
مبدأ انتقال الضغط ٤٣
التكوين الاساسي للدورة الهيدروليكية البسيطة ٤٤
قانون باسكال ونظرية عمل المكبس الهيدروليكي ٤٧
رموز العناصر والمكونات الهيدروليكية والنيوماتية ٤٩
اختبار ذاتي في الهيدرو ستاتيكا ٥٣
اجابة الاختبارالذاتي للهيدرو ستاتيكا ٥٤

الوحدة الرابعة : الهيدرودينااميكا (الموائع في حالة الحركة)

مقدمة ٥٩
انواع انسياب الموائع ٥٩
حركة الموائع ٦٠
معدّل السريان ٦٠
معادلة الاستمرار (الاستمرارية) ٦٢
طاقة السائل المتحرك ٦٦
طاقة الوضع ٦٦
طاقة الضغط ٦٧
طاقة الحركة ٦٨

معادلة برنولي ٧٠
تطبيقات على معادلة برنولي ٧٢
قياس سرعة المائع ٧٤
الفنشوري متر ٧٥
مقياس الفوهة (الاورفسميتر) ٧٧
اختبار ذاتي في الهيدرو ديناميكا ٧٩
اجابة الاختبار الذاتي في الهيدرو ديناميكا ٨٠

الوحدة الخامسة : الهبوط في الضغط

مقدمة ٨٣
الهبوط في الضغط ومعامل الاحتكاك ٨٣
رقم رينولد Re ٨٥
مخطط مودي ٨٦
هبوط الضغط في قطع توصيل (تركيب) المواسير ٩٣
المضخات ومتطلبات الضخ ٩٦
هبوط الضغط في مسالك الهواء ٩٩
اختيار حجم المروحة ١٠٠
تقدير الفقد الكلي للضغط في مجرى (مسلك) هوائي ١٠٠
اختبار ذاتي في هبوط الضغط ١٠١
اجابةالاختبار الذاتي في هبوط الضغط ١٠٢

الوحدة السادسة : أنواع الزيوت الهيدروليكية وخواصها

مقدمة ١٠٥
انواع السوائل الهيدروليكية ١٠٦
متطلبات موائع نقل القدرة ١٠٧
تطبيقات الموائع الهيدروليكية ١٠٨
خواص الزيوت الهيدروليكية ١٠٨
اللزوجة والزيوت الهيدروليكية ١١٠
درجات الحرارة ومجالات اللزوجة لبعض المكونات الهيدروليكية ١١٢

اختيار الزيوت الهيدروليكية ١١٣
تخزين ومناولة الزيوت الهيدروليكية ١١٣
ترشيح الزيوت الهيدروليكية ١١٤

الوحدة السابعة : الخواص الطبيعية للهواء

مقدمة ١١٧
حالات المادة الثلاث وخصائصها ١١٧
الهواء وتاثير الحرارة والضغط ١١٨
الغاز المثالي ١١٨
الضغط المطلق و درجة الحرارة المطلقة ١١٩
الغاز المثالي في حالة ثبوت درجة الحرارة ١٢٠
الغاز المثالي في حالة ثبوت الضغط ١٢١
الغاز المثالي في حالة ثبوت الحجم ١٢٢
استخدام الغاز المثالي في صورته الاصلية ١٢٣
خواص الهواء ١٢٦

الوحدة الثامنة : تحضير الهواء المضغوط

مقدمة ١٣٥
الهواء المضغوط كوسيط في العمل ١٣٥
عيوب استخدام الهواء المضغوط ١٣٥
تحضير الهواء المضغوط ١٣٦
تجفيف الهواء ١٣٧
الفلاتر (المرشحات) ١٣٨
وحدة الخدمة و الخزان ١٣٩
الضواغط ١٤٠
دورة عمل الضاغط ١٤٣
المراجع ١٤٤

تقدر المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني الدعم

المالي المقدم من شركة بي آيه إي سيستمز (العمليات) المحدودة

GOTEVOT appreciates the financial support provided by BAE SYSTEMS