الخواص الميكانيكية للموائع المتحركة :

تناولنا في المواضيع السابقة الخواص الميكانيكية للموائع الساكنة .اما اذا كانت الموائع في حالة جريان فإنها تظهر خواص اخرى لها اهمية بالغة لفهم السلوك العام للموائع واهم خاصية تظهر في حالة حركة المائع هي خاصية اللزوجة .وهي الخاصية التي تقاوم حركة المائع ذاته .بالإضافة الى ذلك فانه في حالة سكون المائع فان الضغط يكون متساوي في جميع النقاط في نفس العمق . ولكن ذلك ليس صحيحا اذا كان المائع متحركا.

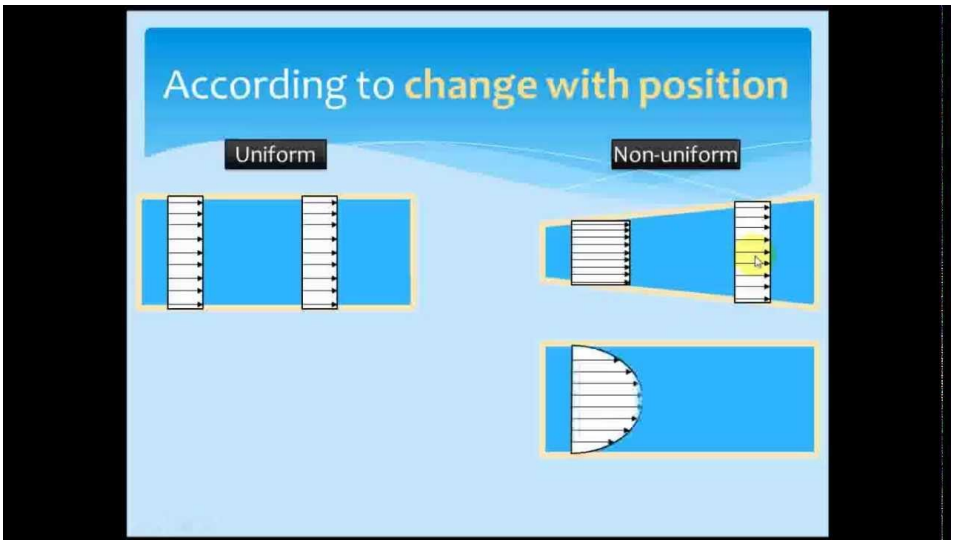
ان حركة المائع سببها وجود قوة غير متوازنة تؤثر عليه . والحركة الناتجة تؤثر عليها عوامل عديدة وسنتناول ما يتعلق بحركة المائع من سلوك وخواص . وللسهولة سنعتبر المائع غير قابل للانضغاط وسنتطرق على وجه التحديد الى طبيعة جريان المائع .

جريان المائع :

من المعلوم ان المائع لا يتحرك ببساطة كقطعة واحدة مثل الجسم الصلب وانما يتحرك بطريقة اكثر تعقيدا من ذلك , لكون المائع لا يستطيع مجابهة قوة مماسيه وانما يجري تحت تأثيرها على شمل طبقات او اجزاء تتحرك بسرع مختلفة .ومن الامثلة على ذلك ماء النهر حيث نلاحظ انه يكون سريعا في الوسط وتقل سرعته كلما اقتربنا من القعر او الساحل وكذلك الحال بالنسبة للمائع المتحرك داخل انبوبة افقية حيث يكون سرعته اكبر ما يمكن في مركز الانبوبة واقل ما يمكن قرب جدرانها

ان هذا الاختلاف في السرع سببه الاحتكاك بين المائع والسطح الساكن الملامس له من جهة وبين مختلف طبقات المائع من جهة اخرى . وقد لوحظ ان جريان المائع يكون على نوعين اولهما يدى الجريان الانسيابي او الجريان المنتظم والاخر يدعى الجريان الاضطرابي او الجريان الدوامي

الجريان الانسيابي



ان الجريان الانسيابي هو ما يمكن تمثيلة بخطوط جريان ذات شكل ثابت مع الزمن كما في الشكل ومن الطبيعي ان سرعة المائع قد تختلف مع الزمن من نقطة الى اخرى على خط الانسياب ولكن في كل نقطة تبقى ثابته مع الزمن .

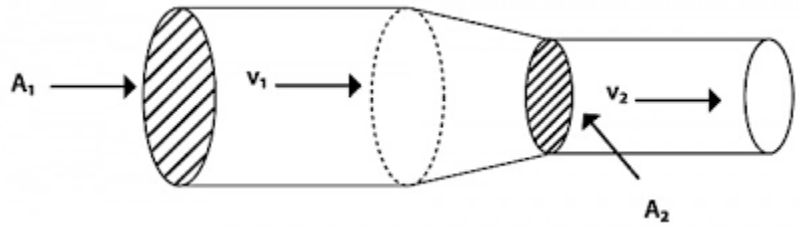
ويحدث الجريان الانسيابي للمائع في اي انبوب عندما تكون سرعة المائع واطئة او معتدلة او اقل من السرعة الحرجة . ويمكن مشاهدة الخطوط الانسيابية في المائع (كالماء مثلا) يوضع كمية ضئيلة جدا من سائل ملون وملاحقة الخطوط التي يتبعها السائل الماون وسيلاحظ ان هذه الخطوط لا تتقاطع مع بعضها اطلاقا طالما كان الجريان انسيابيا .

وفي حالة الجريان الانسيابي يتحق قانون الاستمرارية (او ما يدعى بقانون حفظ المادة) الذي ينص على ان معدل تدفق المائع من اي مقطع داخل الانبوب يبقى ثابتا (ويضم نفس خطوط الجريان) ويمكن التعبير عن ذلك رياضيا بالصيغة التالية

$$A_1V_1= A_2V_2$$

حيث V_1 هي سرعة المائع عند المقطع A_1 و V_2 هي سرعة الجريان عند المقطع A_2

وهذه العلاقة صحيحة على طول الانبوبة وهي تشير الى ان سرعة الجريان في اي نقطة تتناسب عكسيا مع مساحة المقطع في تلك النقطة اي ان سرعة الانسياب تزداد كلما ضاقت انبوبة الانسياب .



<u>الجريان الاضطرابي</u>

يتميز هذا النوع من الجريان بان سرعة المائع في اي نقطة تتغير بالمقدار والاتجاه بين لحظة واخرى , ويحدث عادة عندما يكون الانسياب سريعا جدا ويرافقه تكوين دوامات . وفي مثل هذا الجريان لا يمكن متابعة المسار الحقيقي الذي يتبعه المائع نتيجة الحركة العشوائية في جميع النقاط . ومن الامثلة المالوفة على ذلك هو سريان الماء في الانهار خلف بوابات السد .

ان تغير الجريان الانسيابي الى الاضطرابي يحدث عندما يتجاوز سرعة المائع السرعة الحرجة .

السرعة الحرجة :

وهي السرعة التي يتغير عندها جريان المائع من انسيابي منتظم الى اضطرابي عشوائي .

وفي حالة جريان المائع في انبوبة نصف قطرها r فان السرعة الحرجة Vc للمائع تتحدد بالعلاقة التجريبية

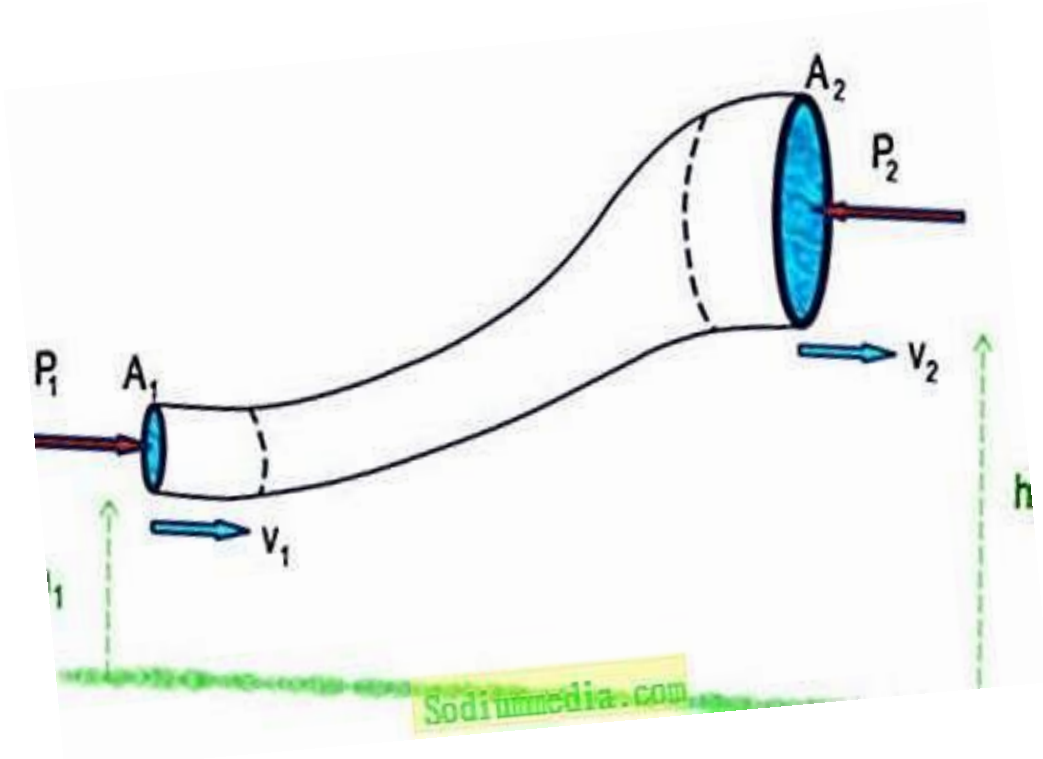
$$Vc=\frac{R\eta}{\rho r}$$

حيث η معامل اللزوجة للمائع و ρ كثافة المائع وR ثابت يدعى ثابت رنيولد = 1100

فاذا كانت قيمة $\frac{V_c\rho r}{\eta}$ اقل من R فان الجريان انسيابي واذا كانت القيمة $\frac{V_c\rho r}{\eta}$ اكبر من R فان الجريان يكون اضطرابيا

معادلة برنولي :

ان هذه المعادلة ذات اهمية اساسية في دراسة حركة الموائع وقد اشتقها لأول مرة العالم السويسري (دانيال برنولي) في عام 1738 حيث وجد ان ضغط المائع يتغير بتغير سرعته , وعندما اشتق برنولي المعادلة افترض ان المائع عديم اللزوجة وغير قابل للانضغاط ويجري جريانا انسيابيا في انبوبة



فاذا كان ضغط المائع عند النقطة (1) هو P_1 ومساحة مقطع الانبوبة هو A_1 وسعة المائع هي V_1 وان هذه الكميات عند النقطة(2) هي P_2 و A_2 و V_2 على الترتيب وان ارتفاع المقطع A_1 عند مستوى افقي معين هو h_1 وان ارتفاع المقطع A_2 عن نفس المستوى هو h_2 فان معادلة برنولي يمكن كتابتها بالصيغة التالية

$$P_1+\frac{1}{2}\rho V_1+\rho g h_1=P_2+\frac{1}{2}\rho V_2+\rho g h_2$$

حيث ρ هي كثافة المائع وهي ثابته لان المائع غير قابل للانضغاط

ان هذه المعادلة تمثل صيغة رياضية لقانون حفظ الطاقة وتنص على انه في اي نقطتين على امتداد المسار الانسيابي لمائع مثالي يكون مجموع الضغط والطاقة الحركية والطاقة الكامنة لوحدة الحجم من المائع مساويا لنفس القيمة

اللزوجة :

ان اللزوجة في الموائع تقابل الاحتكاك في المواد الصلبة . وتظهر اللزوجة في الموائع اثناء انسيابها كما يظهر الاحتكاك بين الاجسام الصلبة اثناء حركتها النسبية . وعليه فان اللزوجة يمكن اعتبارها شكل من اشكال الاحتكاك الداخلي بين جزيئات المائع . ولما كان الاحتكاك يقاوم الحركة لذلك فان اللزوجة يمكن اعتبارها خاصية المائع التي بفضلها يقاوم الانسياب . فالمواد التي تنساب بسهولة كالماء مثلا يقال ان لزوجتها صغيرة والمواد التي لا تنساب بسهولة وهي المواد الغليظة كالعسل والدبس والعصير المركز يقال ان لزوجتها كبيرة .

امثلة :

1-عصارة النبات في الاشجار تكون في الصيف مخففة جدا الى درجة يمكن اعتبارها قريبة الشبه بالماء فما هو اقصى ارتفاع تصله العصارة اذا اعتبرنا الشجرة مؤلفة من منظومة من الانابيب الشعرية اقطارها 5-5x10 ؟

علما ان الشد السطحي للماء في درجة الحرارة 200 سيليزيوس هو 72.8 نيوتن / م.

الحل / ان الصيغة العامة التي تحدد ارتفاع السائل في اي انبوب شعري هي

$$h = \frac{2T\cos\theta}{\rho g r}$$

فاذا اعتبرنا زاوية التماس θ = صفر (وهذه هي الحالة بالنسبة للماء)

وان كثافة الماء $\rho = 10^3$ كغم/ $م^3$

ونصف قطر الانبوبة الشعرية $r = 2.5 \times 10^{-5}$ متر

نعوض في المعادلة اعلاه نجد ان الارتفاع الذي تصله العصارة هو

$$h = \frac{2x27.8}{10^3 x 9.8 x 2.5 x 10^{-5}} = 0.594 \text{ m}$$

ان هذا الارتفاع يمثل مقدارا صغيرا بالمقارنة مع ارتفاع معظم الاشجار لذلك لا يمكن اعتبار الخاصية الشعرية سببا في صعود عصارة النبات للأجزاء العليا منها

2-اذا كان القطر الداخلي للانبوب الرئيسي الذي يزود المسكن بالماء عبر شبكة من الانابيب هو 14 سم . فما هي سرعة انسياب الماء في هذا الانبوب عند فتح صنبور قطره الداخلي 1سم .علما ان سرعة تدفق الماء في الصنبور هي 3سم لكل ثانية .

الحل :

في هذه الحالة نطبق معادلة الاستمرارية

$A_1V_1=A_2V_2$

$$V_2 = V_1\frac{A_1}{A_2} = V_1\frac{\pi r_1^2}{\pi r_2^2}$$

$$V_2 = 3x(\frac{0.5}{7})2$$

وهي تمثل سرعة تدفق الماء في الانبوب الرئيسي $V_2 = 0.0153$ cm/sec

.

مثال 3/ انبوب افقي غير منتظم المقطع ينساب فيه الماء .فاذا كان الضغط 1سم زئبق في الجزء الذي تكون فيه سرعة الماء 0.5 م/ثا احسب الضغط في الجزء الذي تكون فيه لسرعة 0.8 م/ثا

الحل /

لدينا معادلة برنولي

$$P1+\frac{1}{2}\rho_1 V_1^2+\rho_1 g h_1=P2+\frac{1}{2}\rho_2 V_2^2+\rho_2 g h_2$$

لما كان الانبوب في وضع افقي لذلك فان h1=h2 ولما كان الماء غير قابل للانضغاط لذلك فان $\rho_2=\rho_1$

P1= 1cm زئبق

P1 = 1x13.6x981 dyn/cm2

$= 0.01 \times 13.6 \times 10^3 \times 9.8 = 1332.8\ nt/m^2$

$\rho= 1\times10^3\ kg/m3$

نعوض في معادلة برنولي فنحصل على

$$1332.8+\frac{1}{2}\times1\times10^3\times(0.5)^2=P_2+\frac{1}{2}\times1\times10^3\times(0.8)^2$$

$$1332.8-\frac{1}{2}\times103\times[(0.8)^2-(0.5)^2]=p_2$$

P_2= 1137.8 n/m2

وهذا الضغط يقابل عمود زئبق ارتفاعه 0.085 متر = 0.85