

Fluid Mechanics

Chapter 1

Introduction

Asst.Prof.Denpong Soodphakdee

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

Department of Mechanical Engineering



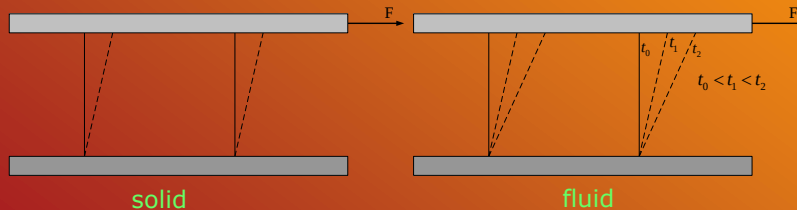
Introduction

- ◆ Behavior of liquids and gases.
- ◆ How can a rocket moving without any air in outer space?
- ◆ How can information obtained from model airplanes be used to design the real thing?
- ◆ Why can't you hear a supersonic airplane until it has gone past you?



Characteristic of Fluids

- ✦ A **fluid** is a substance that deforms continuously when acted on by shearing stress of any magnitude.
- ✦ A **solid** also deforms under shearing stress but **initially**, **NOT continuously**.



ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[3]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Dimensions

- ✦ Fluid characteristics need to be described both **qualitatively** and **quantitatively**.
- ✦ Fluid characteristics can be described **qualitatively** in terms of certain basic quantities such as **length**, **time**, and **mass**.
- ✦ Fluid characteristics can be described in terms of **primary quantities** (basic dimensions) and **secondary quantities**.
- ✦ Fluid mechanics involves only three basic dimensions i.e. **L**, **T**, and **M**, or **L**, **T**, and **F**.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[4]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Dimensions Associated with Common Physical Quantities

	MLT	FLT		MLT	FLT
Acceleration	LT^{-2}	LT^{-2}	Pressure	$ML^{-1}T^{-2}$	FL^{-2}
Angle	$M^0L^0T^0$	$F^0L^0T^0$	Specific heat	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$
Area	L^2	L^2	Stress	$ML^{-1}T^{-2}$	FL^{-2}
Density	ML^{-3}	$FL^{-4}T^2$	Surface tension	MT^{-2}	FL^{-1}
Energy	ML^2T^{-2}	FL	Temperature	θ	θ
Force	MLT^{-2}	F	Torque	ML^2T^{-2}	FL
Frequency	T^{-1}	T^{-1}	Velocity	LT^{-1}	LT^{-1}
Heat	ML^2T^{-2}	FL	Viscosity (dynamic)	$ML^{-1}T^{-1}$	$FL^{-2}T$
Momentum	MLT^{-1}	FT	Viscosity (kinematic)	L^2T^{-1}	L^2T^{-1}
Power	ML^2T^{-3}	FLT^{-1}	Work	ML^2T^{-2}	FL



Systems of Units

- ✦ Two systems of units that are widely used in engineering are the **British Gravitational (BG) System** and the **International System (SI)**.
- ✦ **British Gravitational System (BG)**
 - Length (foot, ft), Time (second, s), Force (pound, lb), Temperature (Fahrenheit °F, Rankine °R)
- ✦ **International System (SI)**
 - Length (meter, m), Time (second, s), mass (kilogram, kg), Temperature (Kelvin, K)
- ✦ When solving problems it is important to use a consistent system of units, e.g., don't mix BG and SI units



Analysis of Fluid Behavior

- ◆ Newton's law of motion, conservation of mass, first and second law of thermodynamics are used.
- ◆ Fluid mechanics can be generally subdivided into
 - **Fluid Statics** – fluid is at rest.
 - **Fluid Dynamics** – fluid is moving.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

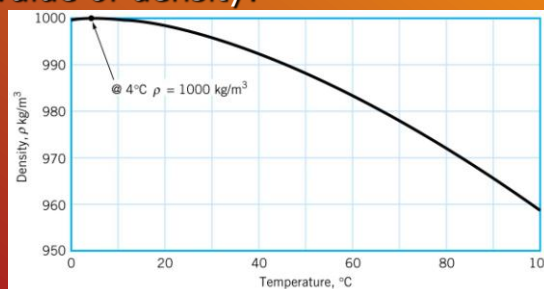
[7]

ผศ.ดร.เด่นพงษ์ สุดภักดี



Measures of Fluid Mass and Weight

- ◆ **Density, ρ (rho)** – mass per unit volume
 - Vary widely between different fluids.
 - For liquid, variations in pressure and temperature have only a small effect on the value of density.



Density of water as a function of temperature

The specific volume, v is the volume per unit mass

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

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[8]

ผศ.ดร.เด่นพงษ์ สุดภักดี



Measures of Fluid Mass and Weight

- ✦ **Specific Weight, γ (gamma)** – weight per unit volume ---> $\gamma = \rho g$
- ✦ **Specific Gravity, SG** – the ratio of density of the fluid to the density of water at 4°C
 - At 4°C, the density of water is 1000 kg/m³ or 1.94 slugs/ft³.
 - Specific gravity does not depend on the system of units.



Viscosity

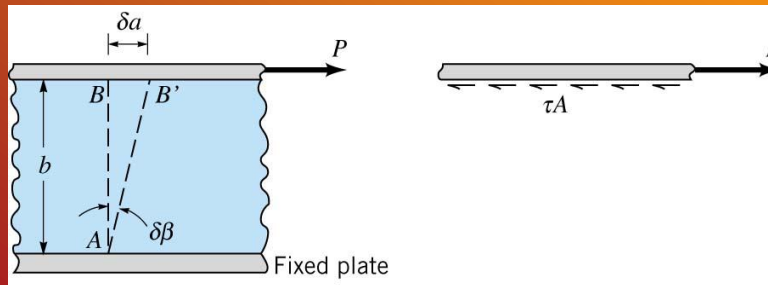
- ✦ Viscosity is the property that is used to describe the **fluidity** of the fluid.
- ✦ Real fluids, even though they may be moving, always “stick” to the solid boundaries that contain them.





Viscosity

- Deformation of material placed between two parallel plates.
- Fluid motion can cause shearing stresses.



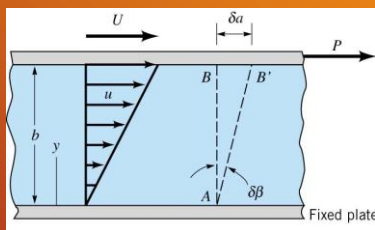
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[11]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Viscosity



$$\tan \delta\beta \approx \delta\beta = \frac{\delta a}{b}$$

since $\delta a = U \delta t$ then

$$\delta\beta = \frac{U \delta t}{b}$$

rate of shear strain, $\dot{\gamma}$

$$\dot{\gamma} = \lim_{\delta t \rightarrow 0} \frac{\delta\beta}{\delta t} = \lim_{\delta t \rightarrow 0} \frac{U \delta t}{b \delta t} = \frac{U}{b} = \frac{du}{dy}$$

Since the rate of shearing strain is increased in direct proportion ---

$$\tau \propto \dot{\gamma} \text{ or } \tau \propto \frac{du}{dy}$$

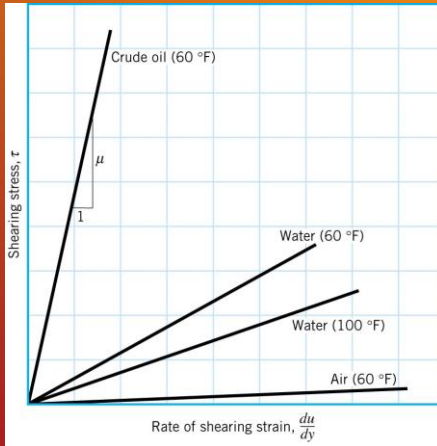
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[12]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Viscosity



Common fluid such as water, oil, and air the shearing stress and the rate of shearing strain can be related with a relationship of the form

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

μ is called the **absolute viscosity**, **dynamic viscosity**, or simply **viscosity**.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[13]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Viscosity



Fluid for which the shearing stress is not linearly related to the rate of shearing strain are designated as **non-Newtonian fluids**.

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

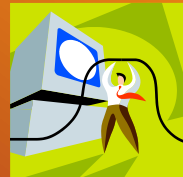
[14]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Viscosity

- Dynamic viscosity is the fluid property that relates shearing stress and fluid motion
- The various type of non-Newtonian fluids are distinguished by how their apparent viscosity changes with shear rate.



ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[15]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Viscosity

- Kinematic viscosity is defined as the ratio of the absolute viscosity to the fluid density

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

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[16]

ศาสตราจารย์สุศักดิ์



Compressibility of Fluids

◆ Bulk modulus

$$E_v = - \frac{dp}{dV / V}$$

Where dp is the differential change in pressure needed to create a differential change in volume dV .