CivilitTee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية
www.Civilittee-HU.com

ملخص

ميكانيكا الموائع

إعداد : محمد السفاريني

www.civilittee-hu.com Civilittee Hashemite Civilittee HU | لجنة المدني

ونحن أناس لا توسط بيننا لنا الصدر دون العالمين أو القبر

إعداد : محمد السفاريني
#لجنة_المدني

هذا العمل صدقة جارية عن روح (جدة أخي أحمد دودين)
ونسأل الله القبول ولا تنسونا من صالح الدعاء .

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية
Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

ميكانيكا الموائع " الفلويد " مادة زخمة وبحاجة إلى دراسة وفهم ومصادر الدراسة سابقا لم تكن كافية لذلك قمت بإعداد هذا الملخص والذي سوف يشمل لكم التالي : سلايدات الدكتور إضافة إلى أسئلة الكتاب المهمة مع حلولها و أسئلة سنوات سابقة أيضا مع الحلول وأيضا تحتوي على معلومات إضافية ل الفائدة والدوسية مشروحه بطريقة سلسلة لكي تصل الفكرة إليكم **دون الإستعانة ب أي مصدر أخر** , سيكون هذا **مصدركم الوحيد** ل الدراسة لأني قمت ب إعداده على هذا الأساس ولكي لا يحدث أي تشتت ل الطلبة عند دراسة هذه المادة .

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

في حال وجد أي خطأ او ما شابه يرجى إبلاغي بذلك وجل من لا يسهو وسيكون هذا الملخص متوفر على موقع الهندسة المدنية – لجنة سيفلتيي وبسم الله نبدأ .

CHAPTER 2 Fluid Properties

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

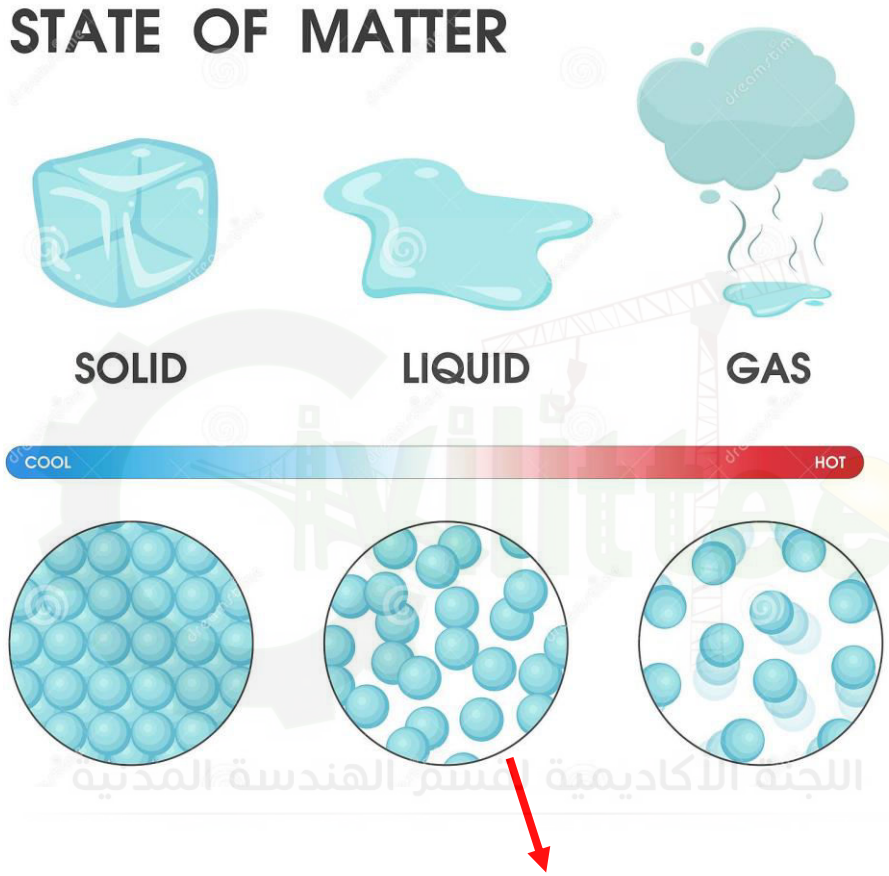
ملخص ميكانيكا الموائع (الفلويد) مادة ل طلبة الهندسة المدنية الميكانيكية ف ميكانيكا الموائع تتعلق ب المائع في حالة السكون عند إنشاء المنشئات ولكي نحسب القوة المسلطة عليها وسوف ندرس خصائصها وسلوكها والموائع تضم السؤال والغازات والان سوف نقوم ب **مقارنة بسيطة .**

ونريد أن نذكر أن الفلويد هي دراسة السوائل في حالة الراحة وتسمى ب **استاتيكية الموائع** والسوائل في الحركة تسمى ب **داينمك الموائع** ولكن نحن نريد معرفة ما هو المائع ؟

قبل هذا سوف نلقي نظرة على حالات المادة والتي نوجهها في حياتنا .

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

حالة المادة



جزيئات متقاربة من بعضها البعض ومتماسكة وبالتالي منع حدوث الجريان , أيضا يصعب علينا ضغط المواد الصلبة

جزيئات مبتباعده جدا أكثر من السائل أي يعني الروابط ما بين الجزيئات لا تذكر والغازات يسهل ضغطها

جزيئات متباعده لذلك هي سائلة وقابلة ل الجريان ويصعب ضغطها مقارنة ب الغازات

Name	Unit
Length	m
time	s
Temperature	K
Work and Energy	J
Power	W or $\frac{J}{s}$

سنستعرض في هذا السلايد الوحدات بنوعيها وكيفية التحويل , وهي أمور أساسية لديكم .

- **SI (International system)**

Name	Unit 1	Unit 2	Unit 3	Relation
Mass	Slug	lbm	Kg	1 slug=14.59 kg 1 lbm=0.4536 kg 1slug = 32.2 lbm
Length	Foot	cm		1 ft = 30.48 cm
Force	Pound force (lbf)	N		1lbf=4.448N
Temperature	Rankine	F	C	R=460+F F=1.8C+32

- **English system**

ملاحظة : غالبا وبنسبة كبيرة جدا لا نحتاج إلى التحويل لأن كل شئ يكون جاهز والتحويل يكون من الوحدات المعروفة لدينا مثل سم إلى متر وهكذا **ولكن يجب** الإطلاع عليهم في حال تم تغير النمط

- A **system** is defined as a given quantity of matter.
- The total mass of a given system is **constant**, since it always consists of the same matter

كمية معطاه من مادة معينة وكتلتها ثابتة لأنها تتكون من نفس المادة

❑**Extensive properties :** Properties **related** to the total mass of the system .

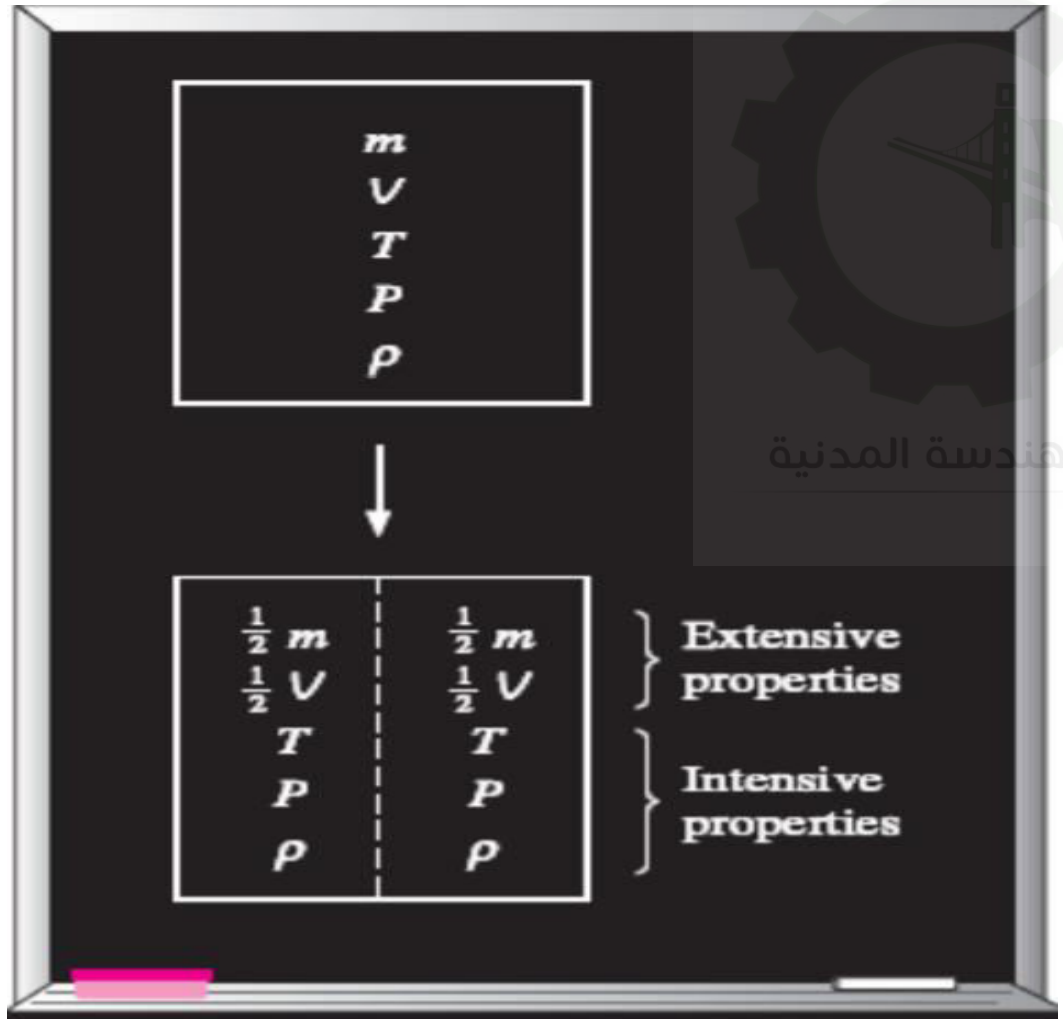
خصائص تعتمد على الكتلة الكلية ل النظام مثل الوزن .

❑**Intensive properties :** Properties **independent** of the amount of fluid

خصائص لا تعتمد على الكلتة الكلية أو الكمية

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

لتوضيح الفكره , لنفرض أن هذه المربع هو نظام وتم تقسيمه ل جزيئين ولا ننسى أن هذا النظام له خصائص مثل الحرارة والكتلة و الكثافة والوزن والحجم ونريد الان معرفة ماذا سوف يحدث عند التقسيم بهذه الخصائص .

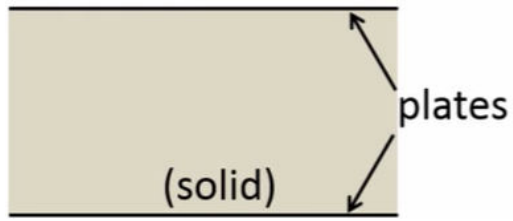


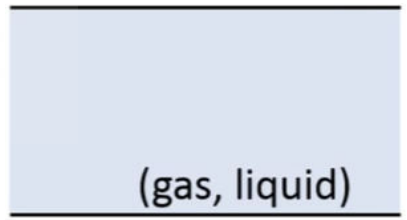
شخصان يجلسان في نفس الغرفة هل من المنطق أن تكون درجة الحرارة ل شخص 16 والثاني 9 ؟ بالطبع لا لذلك درجة الحرارة لا تعتمد على الكتلة الكلية ولكن يمكنا لنا تقسيم الحجم أو الوزن وهكذا

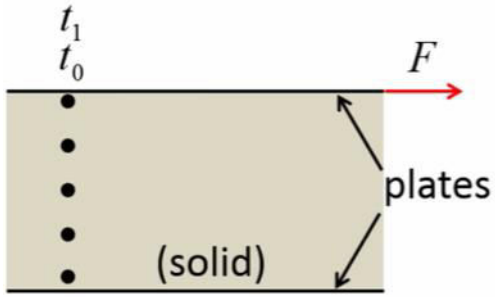
يعرف المائع على أنه أي مادة تتشوه بشكل مستمر عند التعامل معها بواسطة إجهاد القص وسأوضح ذلك عن طريق مثال بسيط .

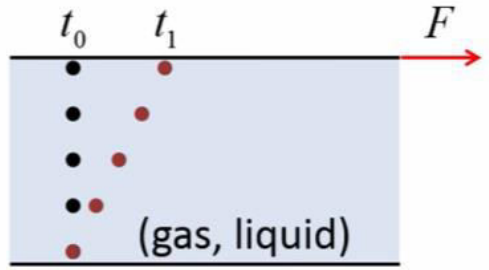
يوجد لدينا صفيحيتن ولنفرض أننا وضعنا مادة سائلة أو غازية و المحاولة الثانية قمنا بوضع مادة صلبة , ويتم تطبيق قوة على الصفحية العلوية أما الصفيحة السفلية تكون ثابتة , هذه القوة سوف تنتج قوة قص على المادة والتي هي بين الصفحيتين , نلاحظ أن القطرات التي تمت إضافتها في المادة الصلبة لا تتشوه بسبب مقاومة المواد الصلبة لذلك أما في الحالة السائلة سوف يحدث تشوه والتحرك كما هو موضح في الصورة

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية









➢ **Fluid :** **fluid** is a substance that continually deforms (flows) under an applied **shear stress** .

❑ **Fluid Properties :**

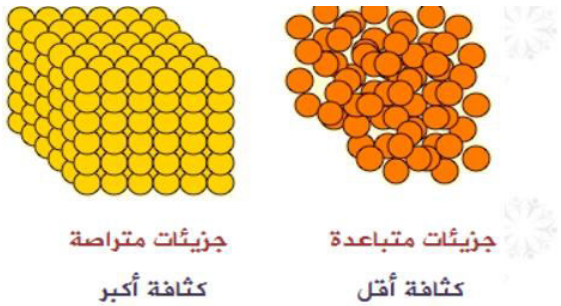
❑ **1- Density** (ρ) **(كثافة المائع)** : **Ratio** of mass to volume $\quad unit = \frac{kg}{m^3}$

$$\rho = \frac{mass}{volume} = \frac{M}{\forall}$$

The mass density of water at 4°C is 1000 kg/m^3 (62.4 lbm/ft^3)

Density of air at 20°C and standard pressure = 1.2 kg/m^3.

علاقة الكثافة ب درجة الحرارة , علاقة عكسية وهي ليست علاقة قوية



من باب الفائدة ولكي تربط كل شي في أرض الواقع , **الكثافة** أيضا تعبر عن مدى تراص جزيئات المادة في الحيز، أو تباعدها

❑2- Specific Weight (γ)

The gravitational force per unit volume of fluid, or simply the weight per unit volume,

$$\gamma = \frac{weight}{volume} = \frac{W}{\forall} = \frac{N}{m^3} \text{ or } \frac{kN}{m^3}$$

$$\gamma = \rho g$$

The specific weight of water at 20°C = 9.79 kN/m³.

The specific weight of air at 20°C and standard pressure = 11.8 N/m³.

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑3- Specific Gravity(SG or S)

The ratio of the specific weight of a given fluid to the specific weight of water at the standard reference temperature 4°C is defined as *specific gravity*, S:

$$S = \frac{\gamma_{fluid}}{\gamma_{water}} = \frac{\rho_{fluid}}{\rho_{water}}$$

لا يوجد لها وحدة

At standard reference temp of 4 °C,
γ_{water}=9810 N/m^3

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ 4- Specific Volume :

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

غير موجود في السلايدات لكنني وضعته
من باب الإحتياط في حال تم شرحه

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

- **Q1(Years).** A fluid is a substance that will continuously deform under the action of ?

Ans. Shear stress

- **Q2(Years).** What is the **specific weight** of gasoline if its specific gravity is 0.81 ? Water density equals 1000 $\frac{kg}{m^3}$?

$$\gamma_{water} = \rho_{water} * g \qquad \gamma_{water} = 1000 * 9.81 = 9810$$

$$S = \frac{\gamma_{fluid}}{\gamma_{water}} \qquad 0.81 * 9810 = 7.95$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑**Q3(Years).** What do we mean by ?

1- Extensive properties

2- Give two properties that are extensive

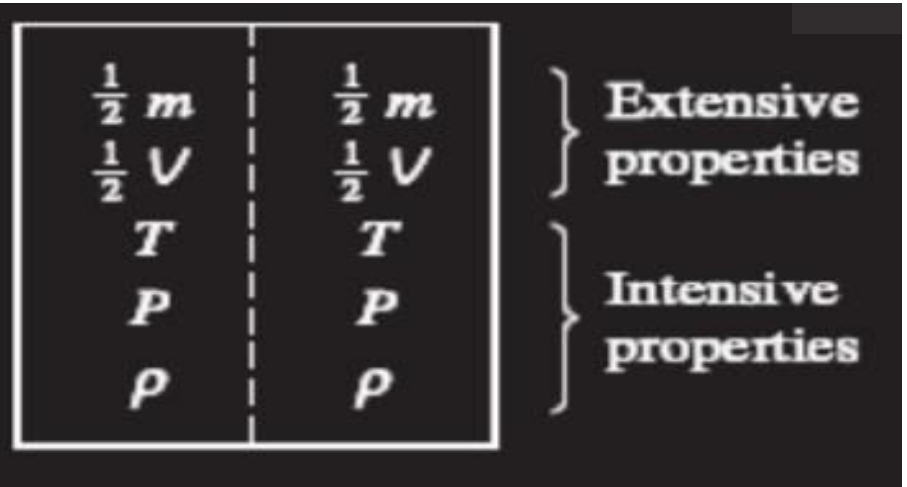
3- Intensive Properties

4- Give two properties that are Intensive

Ans.

❑**Extensive properties :** Properties **related** to the total mass of the system .

❑**Intensive properties :** Properties **independent** of the amount of fluid



ملاحظة هامة : يرجى إعتماد الأمثلة الموجودة في السلايدات كما هو موجود في الصورة هذه لكي تكون على الجانب الأمن ولكي تضمن العلامة لأن الصورة التي في البداية هي من خارج السلايدات

الان سنتحدث عن **الغاز المثالي** وسنتحدث لماذا تم تسميته هكذا وما الفرق ما بين الغاز الحقيقي والمثالي **وهذا من باب العلم والفائدة فقط** .

الغاز الحقيقي : جسيمات الغاز لها حجم وإن كان صغيرا وتوجد قوى تجاذب كما أن التصادمات فيما بينها وبين الوعاء ليس تصادم مرن .

الغاز المثالي : يتبع فرضيات نظرية الحركة الجزيئية و حجم الجسيمات يكون معدوما ولا يشغل حيز ولا يوجد قوى تجاذب بينها ولا بين الجدران الخاصة ب الوعاء وتتحرك حركة عشوائية في خطوط مستقيمة .

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Ideal Gas Law

$$pV = nR_uT \longrightarrow \boxed{P = \rho RT}$$

where p is the absolute pressure, V is the volume, n is the number of moles,

R_u: *Universal gas constant*

T is absolute temperature.

The value of (R) is the gas constant which is characteristic of the gas itself. Values of (R) are given in Table A.2.

تكون ب الكلفن ولو كانت درجة الحرارة ب السيلسيوس نضيف 273

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ $Q4(BOOK)$ **2.5** Calculate the density and specific weight of carbon dioxide at a pressure of 300 kN/m^2 absolute and 60°C.

$$\rho = \frac{P}{RT} \qquad \rho = \frac{300 * 1000}{189(273 + 60)} = 4.766 \ \frac{kg}{m^3}$$

$$\gamma = \rho g \qquad \gamma = 4.66 * 9.81 = 46.76 \frac{N}{m^3}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

سنضع الأن كامل الجداول التي تتعلق ب المواضيع السابقة وهي فقط ل الإطلاع لأنه في الإمتحان تكون القيم معطاه لك

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑**Q5(Years).** What do we mean by the following in terms of fluid properties ?

1- Hydrodynamics Fluid Mechanics

2- Gas dynamics Fluid Mechanics

Ans.

- **Hydrodynamics Fluid Mechanics :** We study forces and motion of fluid immersed in fluid when they have motion includes : momentum and energy and its related to incompressible flow .
- **Gas dynamics Fluid Mechanics :** We study force on compressible fluid , it includes compressible fluid which change its density with respect to temperature and pressure .

Table A.2 PHYSICAL PROPERTIES OF GASES [$T = 15°C$ (59 °F), $p = 1$ atm]

Gas	Density kg/m^3 ($slugs/ft^3$)	Kinematic Viscosity m^2/s (ft^2/s)	R, Gas Constant J/kg K (ft-lbf/slug-°R)	c_p $\frac{J}{kg\ K}$ $\left(\frac{Btu}{lbm\text{-}°R}\right)$	$k = \frac{c_p}{c_v}$	S Sutherland's Constant K (°R)
Air	1.22 (0.00237)	1.46×10^{-5} (1.58×10^{-4})	287 (1716)	1004 (0.240)	1.40	111 (199)
Carbon dioxide	1.85 (0.0036)	7.84×10^{-6} (8.48×10^{-5})	189 (1130)	841 (0.201)	1.30	222 (400)
Helium	0.169 (0.00033)	1.14×10^{-4} (1.22×10^{-3})	2077 (12,419)	5187 (1.24)	1.66	79.4 (143)
Hydrogen	0.0851 (0.00017)	1.01×10^{-4} (1.09×10^{-3})	4127 (24,677)	14,223 (3.40)	1.41	96.7 (174)
Methane (natural gas)	0.678 (0.0013)	1.59×10^{-5} (1.72×10^{-4})	518 (3098)	2208 (0.528)	1.31	198 (356)
Nitrogen	1.18 (0.0023)	1.45×10^{-5} (1.56×10^{-4})	297 (1776)	1041 (0.249)	1.40	107 (192)
Oxygen	1.35 (0.0026)	1.50×10^{-5} (1.61×10^{-4})	260 (1555)	916 (0.219)	1.40	

Table A.3 MECHANICAL PROPERTIES OF AIR AT STANDARD ATMOSPHERIC PRESSURE

Temperature	Density	Specific Weight	Dynamic Viscosity	Kinematic Viscosity
	kg/m^3	N/m^3	$N \cdot s/m^2$	m^2/s
–20°C	1.40	13.70	1.61×10^{-5}	1.16×10^{-5}
–10°C	1.34	13.20	1.67×10^{-5}	1.24×10^{-5}
0°C	1.29	12.70	1.72×10^{-5}	1.33×10^{-5}
10°C	1.25	12.20	1.76×10^{-5}	1.41×10^{-5}
20°C	1.20	11.80	1.81×10^{-5}	1.51×10^{-5}
30°C	1.17	11.40	1.86×10^{-5}	1.60×10^{-5}
40°C	1.13	11.10	1.91×10^{-5}	1.69×10^{-5}
50°C	1.09	10.70	1.95×10^{-5}	1.79×10^{-5}
60°C	1.06	10.40	2.00×10^{-5}	1.89×10^{-5}
70°C	1.03	10.10	2.04×10^{-5}	1.99×10^{-5}
80°C	1.00	9.81	2.09×10^{-5}	2.09×10^{-5}
90°C	0.97	9.54	2.13×10^{-5}	2.19×10^{-5}
100°C	0.95	9.28	2.17×10^{-5}	2.29×10^{-5}
120°C	0.90	8.82	2.26×10^{-5}	2.51×10^{-5}
140°C	0.85	8.38	2.34×10^{-5}	2.74×10^{-5}
160°C	0.81	7.99	2.42×10^{-5}	2.97×10^{-5}
180°C	0.78	7.65	2.50×10^{-5}	3.20×10^{-5}
200°C	0.75	7.32	2.57×10^{-5}	3.44×10^{-5}

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Table A.4 APPROXIMATE PHYSICAL PROPERTIES OF COMMON LIQUIDS AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Liquid and Temperature	Density kg/m³ (slugs/ft³)	Specific Gravity	Specific Weight N/m³ (lbf/ft³)	Dynamic Viscosity N · s/m² (lbf-s/ft²)	Kinematic Viscosity m²/s (ft²/s)	Surface Tension N/m* (lbf/ft)
Ethyl alcohol[1][3] 20°C (68°F)	799 (1.55)	0.79	7,850 (50.0)	1.2×10^{-3} (2.5×10^{-5})	1.5×10^{-6} (1.6×10^{-5})	2.2×10^{-2} (1.5×10^{-3})
Carbon tetrachloride[3] 20°C (68°F)	1,590 (3.09)	1.59	15,600 (99.5)	9.6×10^{-4} (2.0×10^{-5})	6.0×10^{-7} (6.5×10^{-6})	2.6×10^{-2} (1.8×10^{-3})
Glycerine[3] 20°C (68°F)	1,260 (2.45)	1.26	12,300 (78.5)	1.41 (2.95×10^{-2})	1.12×10^{-3} (1.22×10^{-2})	6.3×10^{-2} (4.3×10^{-3})
Kerosene[1][2] 20°C (68°F)	814 (1.58)	0.81	8,010 (51)	1.9×10^{-3} (4.0×10^{-5})	2.37×10^{-6} (2.55×10^{-5})	2.9×10^{-2} (2.0×10^{-3})
Mercury[1][3] 20°C (68°F)	13,550 (26.3)	13.55	133,000 (847)	1.5×10^{-3} (3.1×10^{-5})	1.2×10^{-7} (1.3×10^{-6})	4.8×10^{-1} (3.3×10^{-2})
Sea water 10°C at 3.3% salinity	1,026 (1.99)	1.03	10,070 (64.1)	1.4×10^{-3} (2.9×10^{-5})	1.4×10^{-6} (1.5×10^{-5})	
Oils—38°C (100°F) SAE 10W[4]	870 (1.69)	0.87	8,530 (54.4)	3.6×10^{-2} (7.5×10^{-4})	4.1×10^{-5} (4.4×10^{-4})	
SAE 10W-30[4]	880 (1.71)	0.88	8,630 (55.1)	6.7×10^{-2} (1.4×10^{-3})	7.6×10^{-5} (8.2×10^{-4})	
SAE 30[4]	880 (1.71)	0.88	8,630 (55.1)	1.0×10^{-1} (2.1×10^{-3})	1.1×10^{-4} (1.2×10^{-3})	

Table A.5 APPROXIMATE PHYSICAL PROPERTIES OF WATER* AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Temperature	Density	Specific Weight	Dynamic Viscosity	Kinematic Viscosity	Vapor Pressure
	kg/m^3	N/m^3	$N \cdot s/m^2$	m^2/s	N/m^2 abs
0°C	1000	9810	1.79×10^{-3}	1.79×10^{-6}	611
5°C	1000	9810	1.51×10^{-3}	1.51×10^{-6}	872
10°C	1000	9810	1.31×10^{-3}	1.31×10^{-6}	1,230
15°C	999	9800	1.14×10^{-3}	1.14×10^{-6}	1,700
20°C	998	9790	1.00×10^{-3}	1.00×10^{-6}	2,340
25°C	997	9781	8.91×10^{-4}	8.94×10^{-7}	3,170
30°C	996	9771	7.97×10^{-4}	8.00×10^{-7}	4,250
35°C	994	9751	7.20×10^{-4}	7.24×10^{-7}	5,630
40°C	992	9732	6.53×10^{-4}	6.58×10^{-7}	7,380
50°C	988	9693	5.47×10^{-4}	5.53×10^{-7}	12,300
60°C	983	9643	4.66×10^{-4}	4.74×10^{-7}	20,000
70°C	978	9594	4.04×10^{-4}	4.13×10^{-7}	31,200
80°C	972	9535	3.54×10^{-4}	3.64×10^{-7}	47,400
90°C	965	9467	3.15×10^{-4}	3.26×10^{-7}	70,100
100°C	958	9398	2.82×10^{-4}	2.94×10^{-7}	101,300

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Properties Involving Thermal Energy

Specific Heat, *c* **Internal Energy** **Enthalpy**

Specific Heat, *c*

- The capacity of a substance to **store thermal energy** , it is the amount of thermal energy that must be transferred to a unit mass of substance to raise its temperature by one degree

- Specific heat can be given at constant pressure (C_p) or at constant volume (C_v)

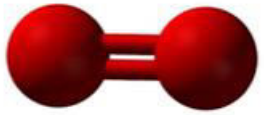
- $Unit: \frac{J}{kg.K}$

$$K = \frac{C_P}{C_V}$$

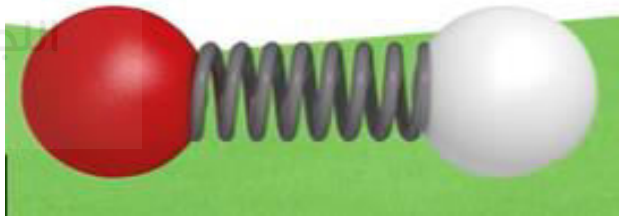
من **باب الفائدة** ولكي تفهم المصطلح العلمي وما مدى الفائدة منه , كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من مادة ما درجة مئوية واحدة , **ما الفائدة منها ؟** كلما كان الرقم قليل هذا يدل على قلة إمتصاصها ل الحرارة وسرعة إرتفاع درجات الحرارة وفي حال كان الرقم كبير يدل على إمتصاص عالي ل درجات الحرارة دون إرتفاع درجة الحرارة بشكل ملحوظ

نحن نعلم أن درجة الحرارة هي مقياس **الطاقة الحركية الجزيئية** الموجودة في الجزيئات والطاقة الحركية قد تكون على أكثر من شكل ومنها كما هو موضح في الصور ويوجد أيضا **الطاقة الكامنة** بسبب القوى الموجودة ما بين الجزيئات ومجموع الطاقتين هو الطاقة الداخلية وهي تتأثر ب درجة الحرارة فكلما زادت درجة الحرارة زادت الطاقة الداخلية

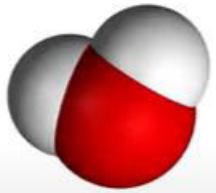
translational motion



vibrational motion



rotational motion



Internal Energy

Enthalpy

$$h = (u + \frac{p}{\rho}) or \ \ (u + RT)$$

Enthalpy

$Unit: \frac{J}{kg}$

internal energy

$Unit: \frac{J}{kg}$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

- The energy that a substance possesses because of the state of the **molecular activity** in the substance is termed internal energy.

- The internal energy is generally a function of temperature and pressure. However, **for an ideal gas**, it is a function of temperature alone.

❑**Q6(Years).** Air(its gas constant is 287 $\frac{J}{kg.K}$) escapes from a tank at a temperature of $55C^{\circ}$ and specific internal energy of 10000 $\frac{J}{kg.K}$, what will be its enthalpy ?

$$h = (u + \frac{p}{\rho}) or \ \ (u + RT)$$

$$h = 10000 + 287(55 + 273) = 104136$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Viscosity, μ

- Is a measure of a **fluid's resistance** to deformation under **shear stress .**

قدرة المائع على مقاومة الجريان تحت إجهاد القص .

للتوضيح , عندما نقول عن مائع هو لزج أي يعني صعوبة حركته مثل العسل , أما الماء فجريانه يكون بكل سهولة

$$\boldsymbol{Types:}$$

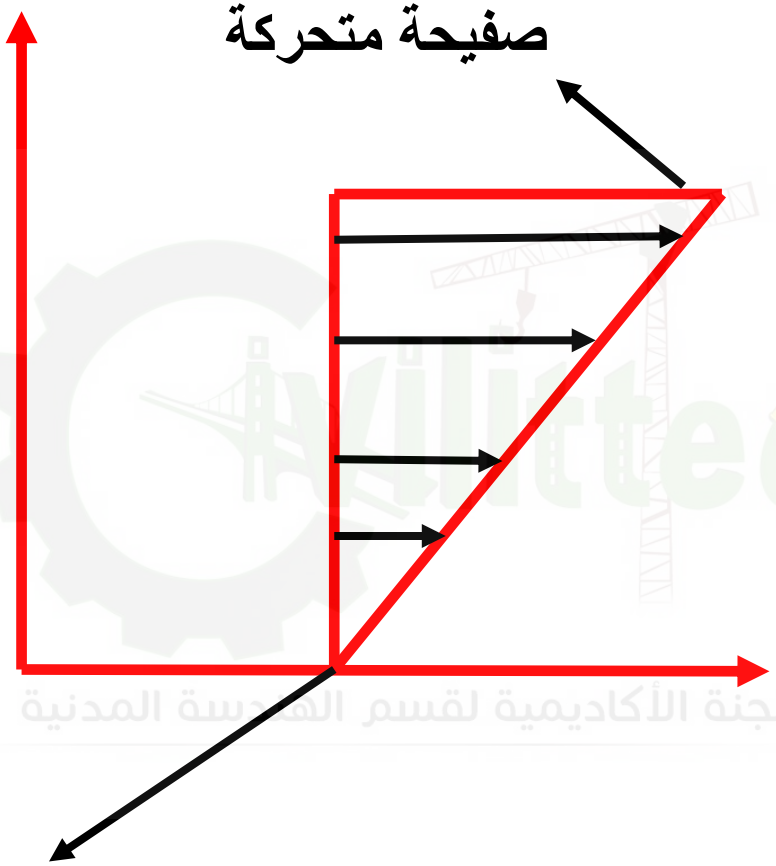
$$\mathbf{1-}\boldsymbol{Dynamic\ viscosity\ or\ absolute}\left(Unit: \frac{N.s}{m^2}\right)$$

$$\mathbf{2-}\boldsymbol{Kinematic\ viscosity}\left(Unit: \frac{m^2}{s}\right) \qquad \nu = \frac{\mu}{\rho}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

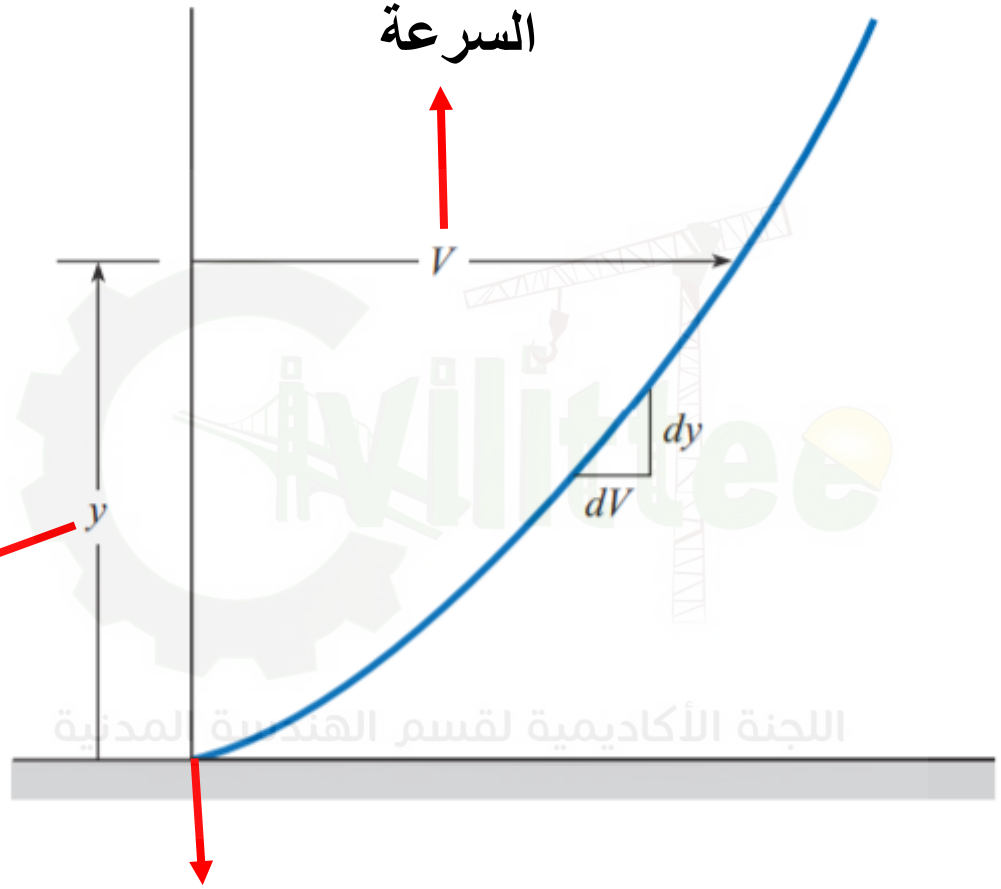
Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

حركة المائع تكون على شكل **طبقات**



السرعة هنا تساوي صفر , السطح الملامس ل المائع(صفيحة ثابتة) وكلما زاد الإرتفاع تزداد السرعة

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



المسافة ما بين الطبقتين

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

تغير المسافة مع السرعة

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

τ: **Shear stress**

μ: **dynamic viscosity**

$\frac{dV}{dy}$: **Velocity gradient or Shear strain**

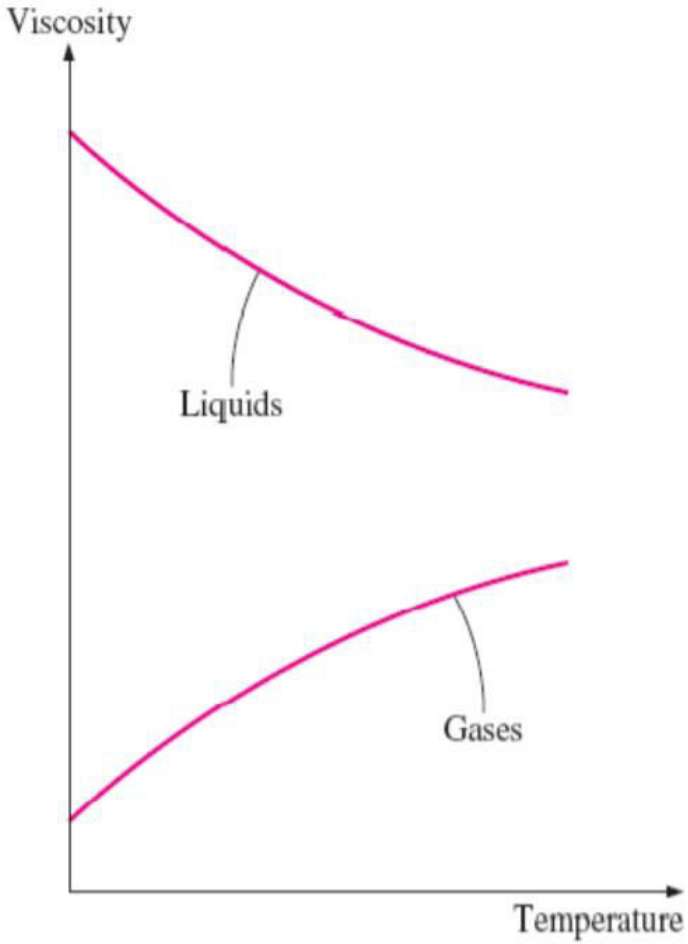
- The viscosity of a **gas** increases with temperature .

$$\frac{\mu}{\mu_\circ} = \left(\frac{T}{T_\circ}\right)^{3/2} \frac{T_\circ + S}{T + S}$$

- The viscosity of a **liquid** decreases with temperature .

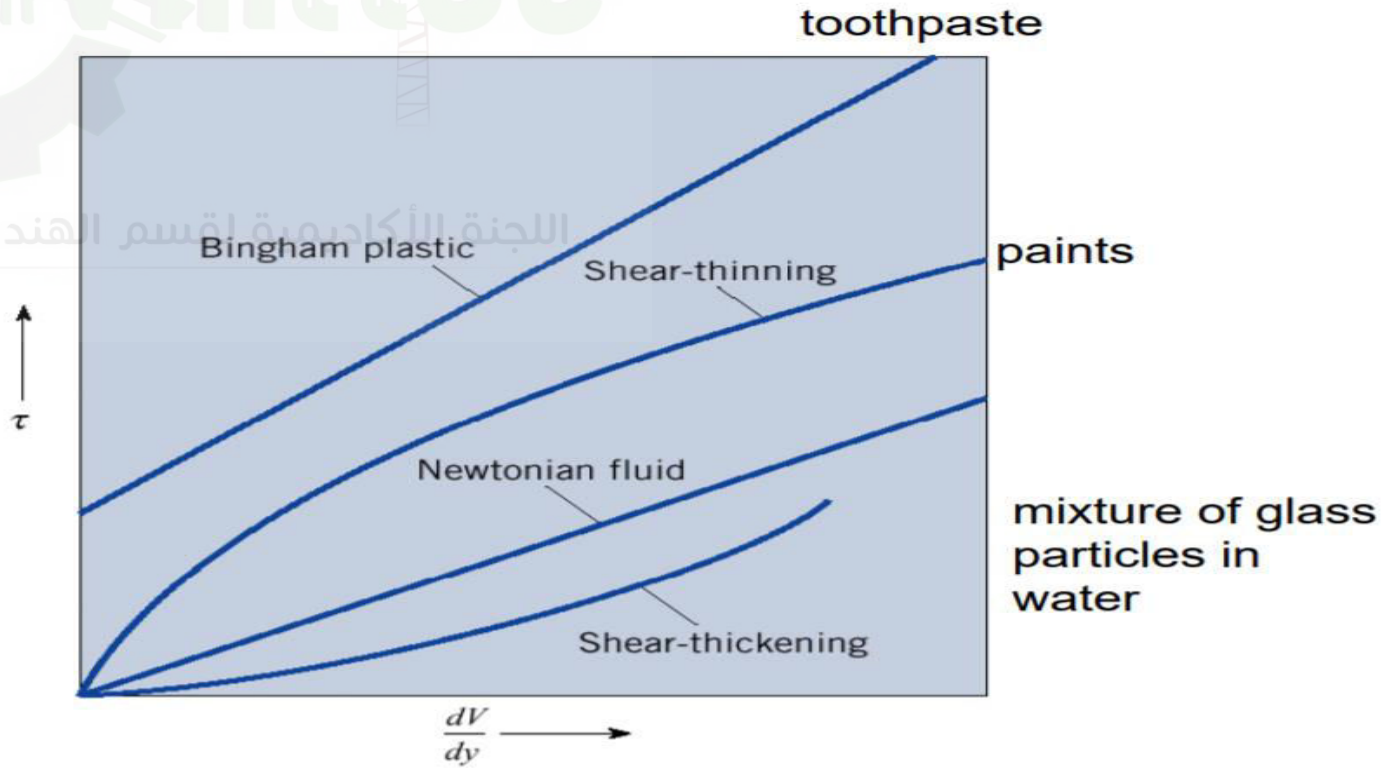
$$\mu = Ce^{b/T}$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية



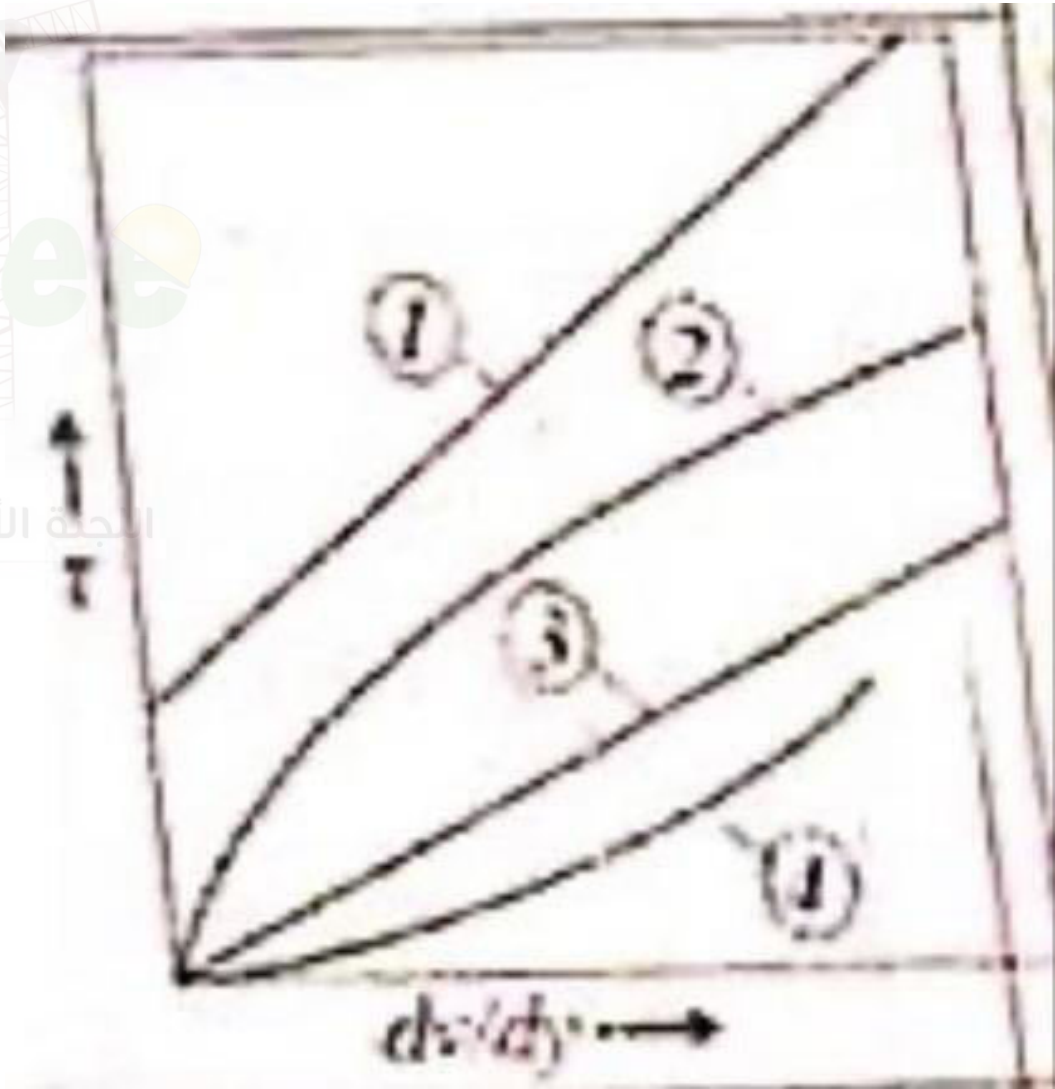
❑ **Q7(Years).** Which of the following **is correct** ?
Ans. The viscosity of liquids decreases with temperature while the viscosity of gases increases with temperature

- Not in all fluids, the relationship between the shear stress and the rate of strain is **directly proportional** .
- In some fluids, these relationship is not directly proportional. These are called **non-Newtonian fluids** .
- **Examples** of non-Newtonian fluids are shear-thinning [paints, ink], Shear thickening [mixture of glass particles in water, and Bingham plastic [toothpaste]



❑**Q8(Years).** The figure aside shows the variation of shear stress(τ) and $\frac{dv}{dy}$ for four different types of fluids 1 ,2 , 3 and 4 . **Glass particles and water mixture** will behave as ?

Ans. Fluid 4



❑ **Q9(Years).** Which of the followings is **correct** regarding shear-thinning fluid?

Select one:

a. It has the property that the rate of change in shear stress increases with increasing strain rate.

b. It has the property of large viscosity magnitudes.

c. It has the property that the strain rate is linearly related to the shear stress.

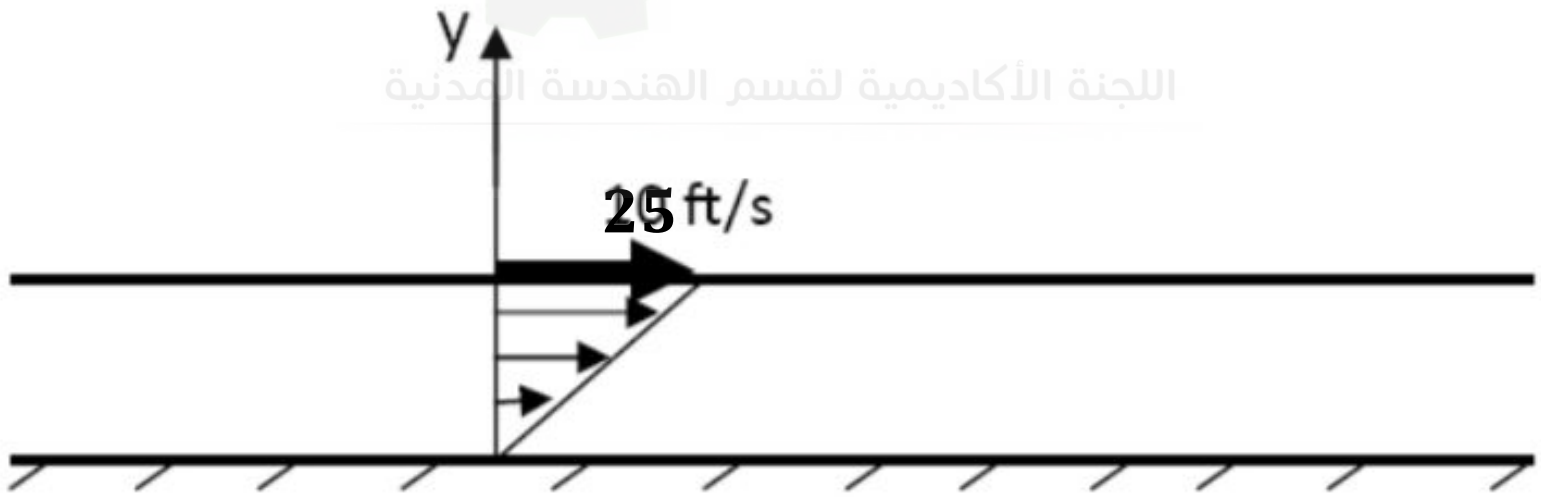
d. It has the property that the rate of change in shear stress decreases with increasing strain rate.

e. It has the property of small viscosity magnitudes

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ $Q10(BOOK)$

2.31 Two plates are separated by a 1/8-in. space. The lower plate is stationary; the upper plate moves at a velocity of 25 ft/s. Oil (SAE 10W-30, 150°F), which fills the space between the plates, has the same velocity as the plates at the surface of contact. The variation in velocity of the oil is linear. What is the shear stress in the oil?



ملاحظة : ورد هذا السؤال في السلايدات بالضبط **<u>والتغير الوحيد</u>** هو الأرقام

$$dy = \frac{1}{8}\,in = \frac{\frac{1}{8}}{12} = 0.0104\,ft$$

$$dV = 25$$

لكي نحول من الإنش إلى الفت

$$1\,ft = 12\,in$$

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

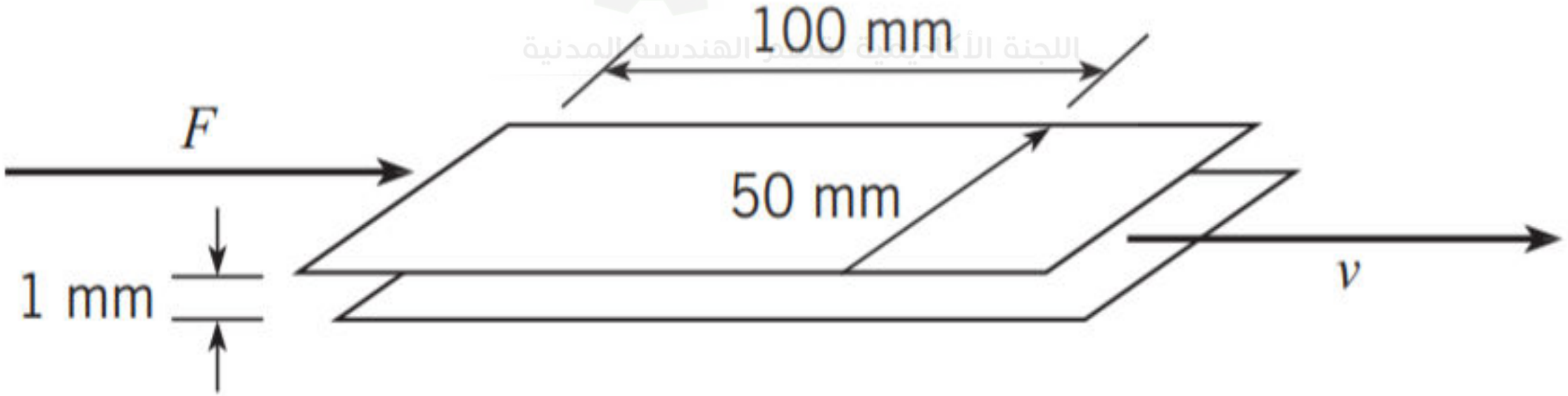
$$\mu = 5.2 * 10^{-4}$$

$$\tau = 5.2 * 10^{-4} * \frac{25}{0.0104} = 1.25$$

civiltee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ $Q11(BOOK)$

2.33 The sliding plate viscometer shown below is used to measure the viscosity of a fluid. The top plate is moving to the right with a constant velocity of 10 m/s in response to a force of 3 N. The bottom plate is stationary. What is the viscosity of the fluid? Assume a linear velocity distribution.



$$dV = 10 \qquad dy = 1mm = 0.001m$$

$$\tau = \frac{Force}{Area} = \frac{3}{0.05 * 0.1} = 600$$

$$600 = \mu * \frac{10}{0.001}$$

$$\mu = 0.06$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ **Q12(Years).** The velocity profile between two stationary plates is given by the following relation $V(y) = 1 - (\frac{y}{H})^2$, where y is the distance from the midplane and **H** is half the distance between the plates and equal to **3 cm** , what is the shear stress magnitude at location **y=1.85cm** if you know the **viscosity is 0.08** ?

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

ملاحظة : يجب عليك مراجعة قواعد الإشتقاق

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

$$Ans. \qquad 0.08 * \frac{-2y}{H^2} = -0.08 * \frac{2 * 0.0185}{(0.03)^2} = 3.28$$

❑**Q13(Years).** What is the necessary force (N) that is required to pull the block over a layer of oil 2mm thick at constant speed ? The oil has a viscosity of 0.08 and the velocity profile in the oil layer is given below , the surface area of the block that is touching the oil is $0.25m^2$, neglect end effects .

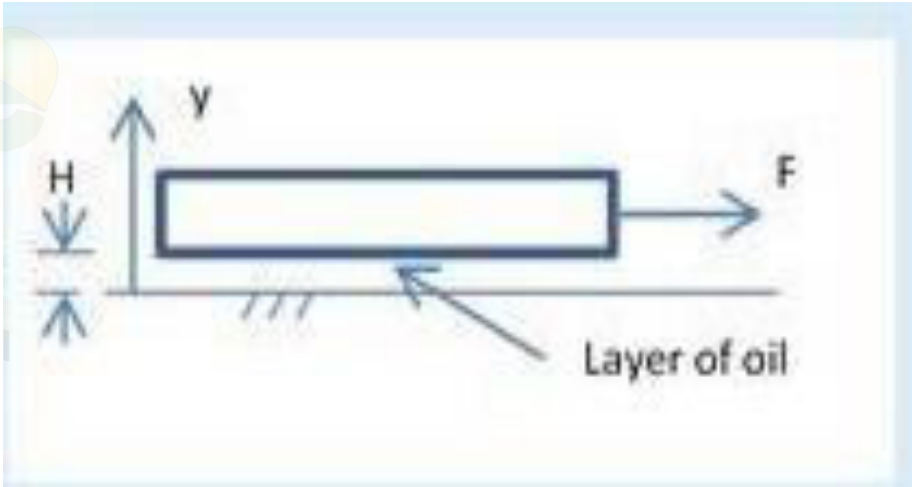
$$V = 3(\frac{y}{H})^2$$

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

$$\tau = 0.08 * \frac{6y}{H^2} \qquad At\ Y = H$$

$$\tau = 0.08 * \frac{6}{0.002} = 240$$

$$force = 240 * 0.25 = 60$$



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑ $Q14(BOOK)$

2.35 The velocity distribution for the flow of crude oil at 100°F ($\mu = 8 \times 10^{-5}$ lbf · s/ft^2) between two walls is shown, and is given by $u = 100y(0.1 - y)$ ft/s, where y is measured in feet and the space between the walls is 0.1 ft. Plot the velocity distribution and determine the shear stress at the walls.

$$\frac{du}{dy} = 10 - 200y$$

$\frac{du}{dy}$ when y=0 and y=0.1

$$\frac{du}{dy}(y = 0) = 10$$

$$\frac{du}{dy}(y = 0.1) = -10$$

$$\tau\ (when\ y = 0)\ = 8 * 10^{-5} * 10 = 80 * 10^{-5}$$

$$\tau\ (when\ (y = 0.1) = -8 * 10^{-5} * 10 = -80 * 10^{-5}$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

قمنا بهذه الخطوة لأنه مطلوب منا الرسم

$$V = 10y - 100y^2$$

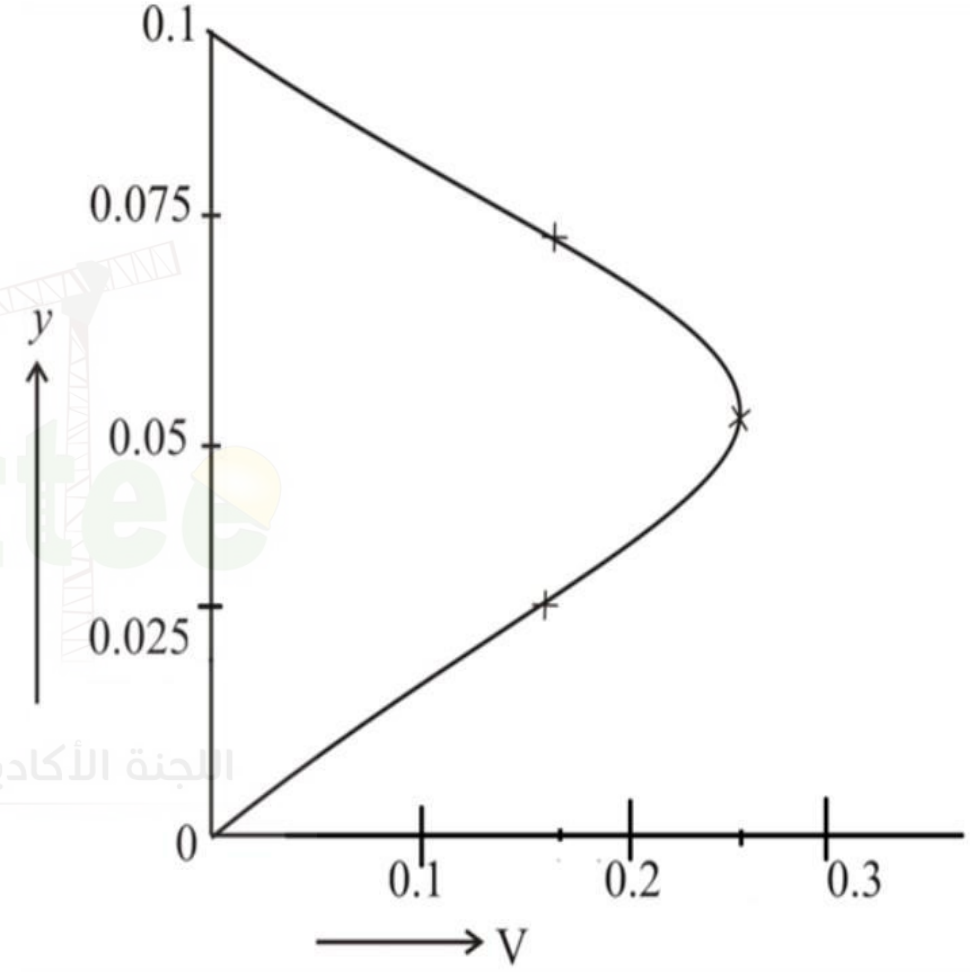
$When\ y = 0\ , V = 0$

$When\ y = 0.05\ , V = 0.25$

$When\ y = 0.025, V = 0.1875$

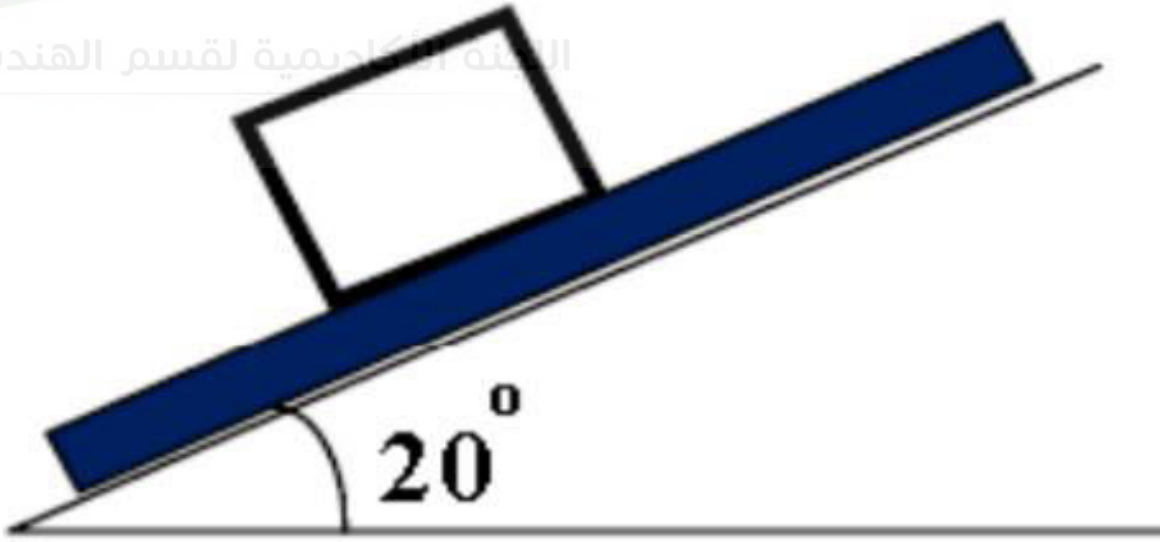
$When\ y = 0.075, V = 0.1875$

$When\ y = 0.1\ , V = 0$



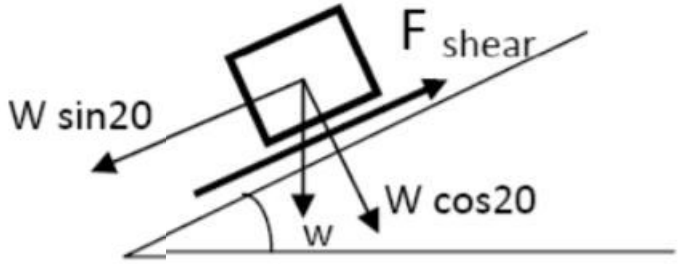
❑ $Q15(BOOK)$

Example: A block weighing 1 kN and having dimensions 200 mm on an edge is allowable to slide down an incline on a film of oil having a thickness of 0.005 mm. If we use a linear velocity profile in the oil. What is the terminal speed of the block. The viscosity of the oil is $7x10^{-3}$ N.s/m^2



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

$$\mu = 7x10^{-3} \quad N.s/m^2$$

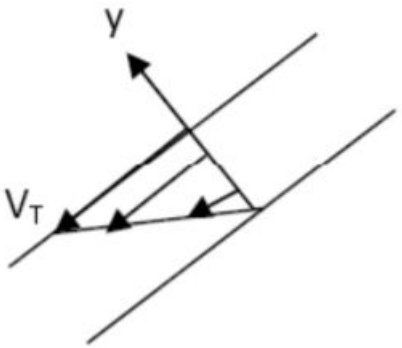


$$\frac{dV}{dy} = \frac{V_T}{\frac{0.005}{1000}} = 200000VT$$

$$W \sin 20^\circ = F_{shear}$$

$$\tau = 7 * 10^{-3} * 200000VT$$

$$= 1400VT$$



$$\mathbf{1400VT} = \frac{\boldsymbol{Force}}{\frac{\mathbf{200}}{\mathbf{1000}} * \frac{\mathbf{200}}{\mathbf{1000}}}$$

$$\boldsymbol{Force} = \mathbf{56VT}$$

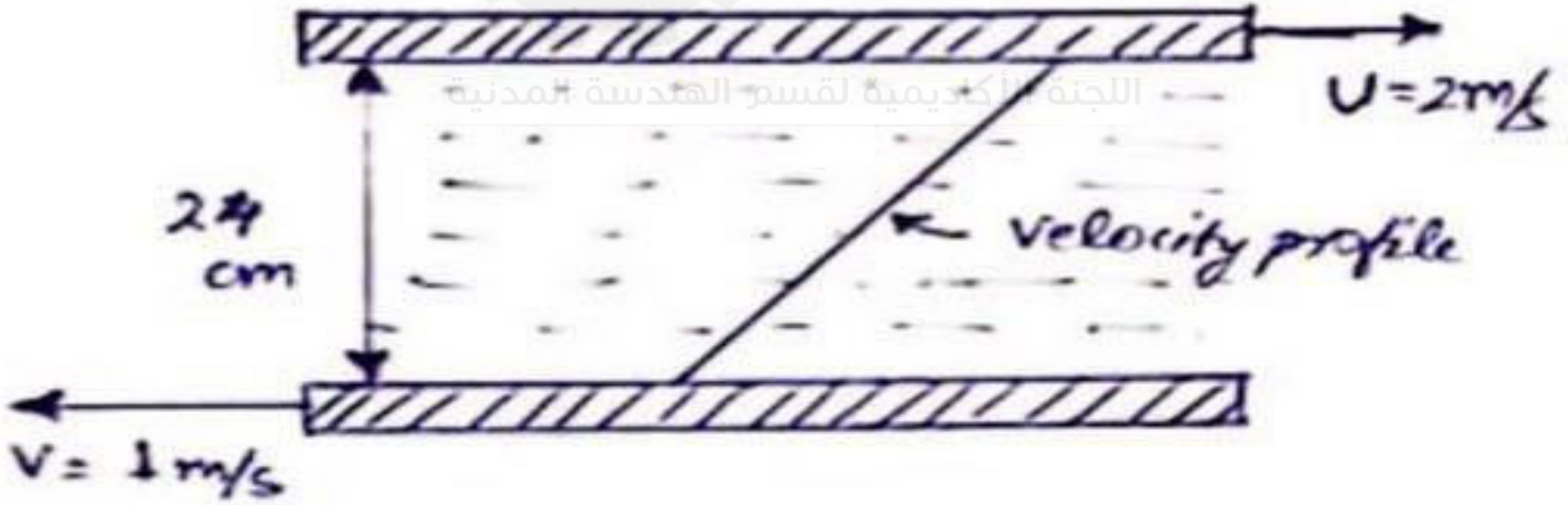
$$1000 * \sin 20^\circ = 56VT$$

$$\boldsymbol{V_T = 6.11}$$

❑**Q16(Years).** Consider a fluid two parallel plates , if the top plate moves with velocity U=2 $\frac{m}{s}$ to the right , the lower plate moves with velocity V= 1 $\frac{m}{s}$ to the left and the gap between the plates is 24 cm , **Hint : Velocity profile is linear** . Find :

1- Velocity of the fluid particle at h = 10 cm from lower plate

2- Shear stress at the lower plate ? Viscosity = 0.015



هذه المعادلة ثابتة لأنه قال في السؤال أن **العلاقة خطية** $u_y = ay + b$

نأخذ نقطة في الأسفل ونقطة في الأعلى **From the boundary**

$y = 0$ **so** $b = -1$ $\quad -1 = a * 0 + b$

$y = 0.24$ **so** $a = \frac{3}{0.24} = 12.5$ $\quad 3 = a * 0.24$ $\quad 2 = a * 0.24 - 1$

$$u_y = 12.5y - 1$$

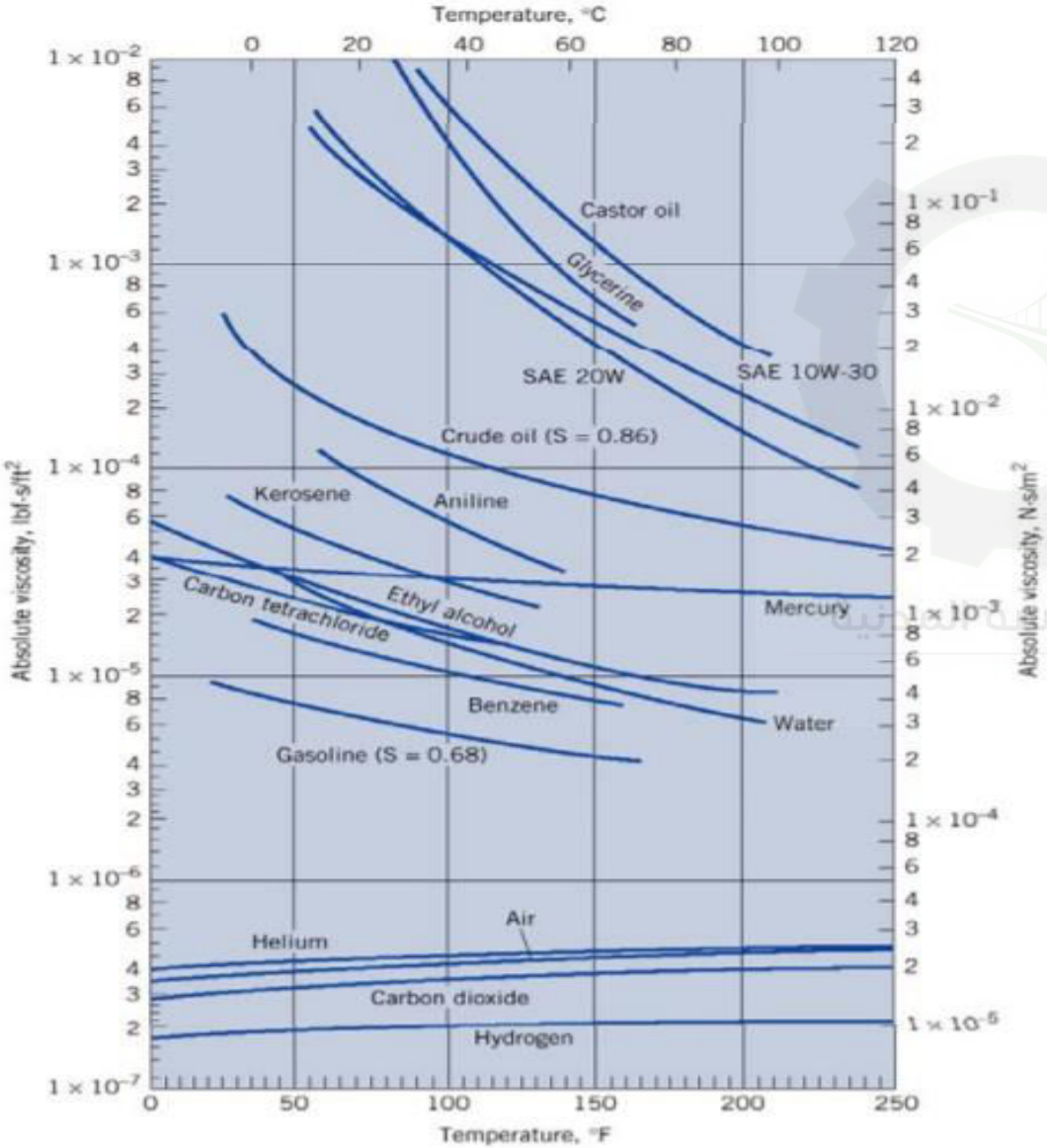
when $\boldsymbol{h = 0.10}$ $\quad u_y = 12.5 * 0.10 - 1 = 0.25$

$$\frac{du}{dy} = 12.5$$

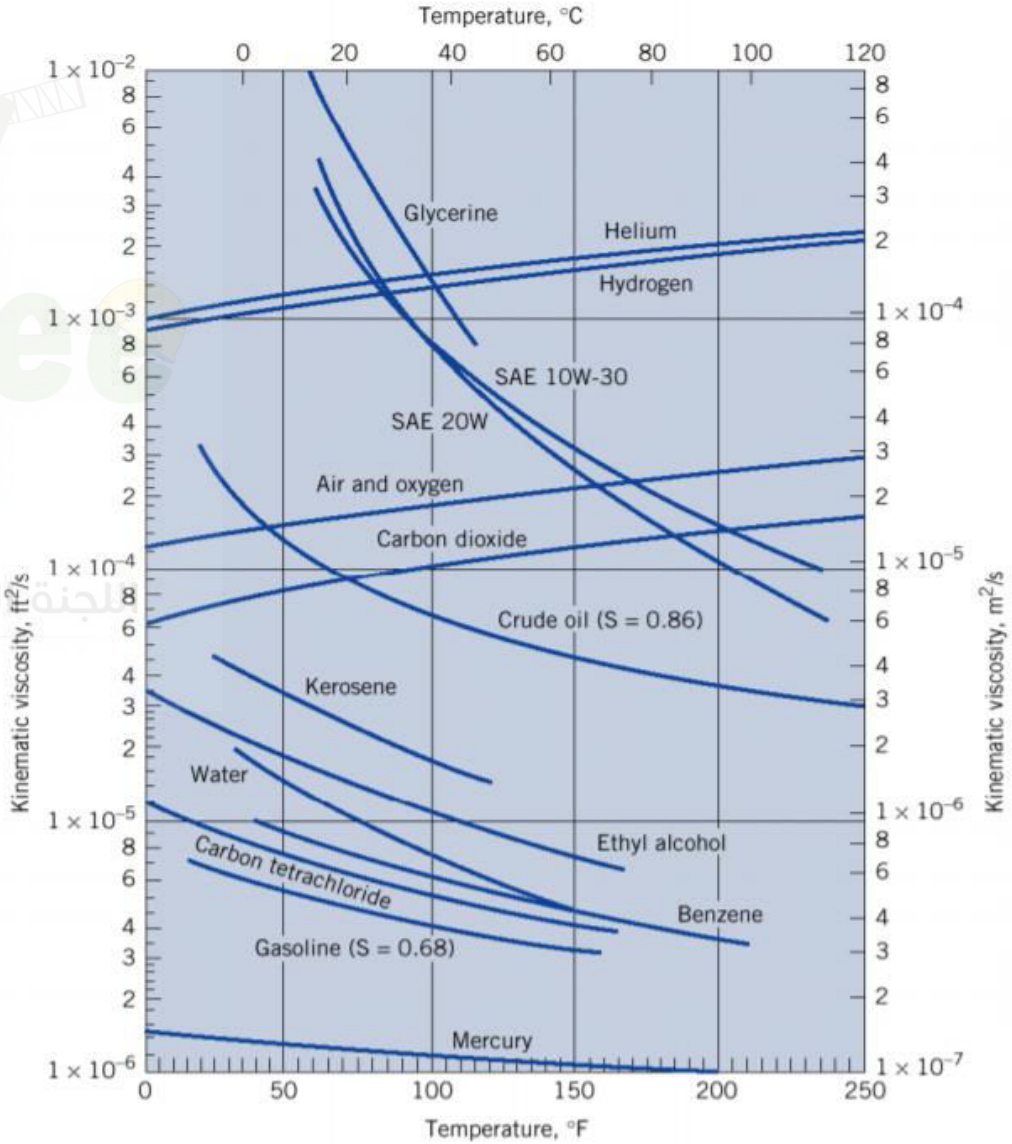
$$\boldsymbol{\tau = 12.5 * 0.015 = 0.1875}$$

Civilittee
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

Dynamic or absolute Viscosity



Kinematic Viscosity



Bulk Modulus of Elasticity

معامل المرونة هو خاصية **تربط** التغيرات في الضغط بالتغيرات في الحجم (على سبيل المثال ، التمدد أو الانكماش)

$$E_v = -\frac{dp}{d\forall/\forall} = -\frac{\text{change in pressure}}{\text{fractional change in volume}}$$

الإشارة السالبة تعني أن الضغط والحجم علاقة عكسية

- The elasticity is often **called the compressibility** of the fluid.

تعريف أخر وبشكل بسيط ل إيصال الفكرة و هو يصف كمية الضغط التي يلزم تطبيقها على جسم من جميع نواحيه للحصول على تغير معلوم في حجمه

For an isothermal (constant-temperature) process, درجة الحرارة ثابتة

$$E_v = \rho \frac{dp}{d\rho} = \rho RT = p$$

For an adiabatic process, لا يوجد تبادل حراري بين المنظومة والوسط المحيط

$$E_v = kp$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

- The elasticity or compressibility of a gas is important in high speed gas flows where pressure variations can cause significant density changes .

  تعتبر مرونة الغاز أو قابلية انضغاطه مهمة في تدفقات الغاز عالية السرعة حيث يمكن أن تسبب تغيرات الضغط تغيرات كبيرة في الكثافة

- ***Q17(BOOK)***

*2.44 PQ◀ The bulk modulus of elasticity of ethyl alcohol is 1.06×10^9 Pa. For water, it is 2.15×10^9 Pa. Which of these liquids is easier to compress? Why?

Ans . ethyl alcohol is ***easier*** *to compress*

$$\frac{\text{Compressibility(ethyl alcohol)}}{\text{Compressibility(water)}} = \frac{2.15\times10^9}{1.06\times10^9}$$

$$= 2.02$$

كلما زاد الرقم كلما زادت سهولة الإنضغاطية

- ***Q18(BOOK)***

2.46 Calculate the pressure increase that must be applied to water to reduce its volume by 2%.

$$E = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}}$$

$$2.2\times10^9 = \frac{\Delta p}{\frac{2}{100}}$$

$$\boxed{\Delta p = 44 \text{ MPa}}$$

- **Q19(Saffarini + Years).** A liquid was compressed in a cylinder , initially it had a volume of 1695 cm^3 at 1.69MPa and 1691 cm^3 at 9.61MPa , what is the bulk modulus of elasticity in Mpa ?

$$E = -VI * \frac{P_F - PI}{(V_F - VI)}$$

$$E = -1695 * \frac{(9.61 - 1.69)}{(1691 - 1695)} = 3356.1$$

سؤال سنوات بالضبط لكنني قمت فقط **بتغير الارقام** لغاية في نفس يعقوب

- **Q20(Years).** Consider a fluid that has specific gravity of 0.9 and bulk modulus of 2.10GPa , what the pressure increase in Mpa that must be applied to this fluid to **reduce** its volume by 0.60 % ?

$$E = \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}}$$

$$\frac{\Delta V}{V} = -\frac{0.6}{100}$$

$$-2.1 * 10^3 * \left(-\frac{0.6}{100}\right) = 12.6\%$$

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

❑**Q21(Years).** What is the volume change in cm^3 of a hydraulic oil when subjected to a pressure of magnitude 6 MPa ? The original volume of the oil is $1500\ cm^3$ and its bulk modulus of elasticity is $2.1 * 10^9$.

$$E = -VI\ _* \ (\frac{P_F - PI}{V_F - VI})$$

$$2.1 * 10^9 = -1500 * 10^{-6} * \ (\frac{6 * 10^6}{V_F - VI})$$

$$\Delta V = 4.28 cm^3$$

هذه عدة مواضيع لا يأتي عليها حل ولكن قد يأتي عليها أسئلة نظرية وسنقوم بشرحها بشكل مختصر لكي تصل لكم الفكرة بشكل سهل والمواضيع التي سوف نناقشها هي التوتر السطحي والخاصية الشعريه و الضغط البخاري وظاهرة التكهف .

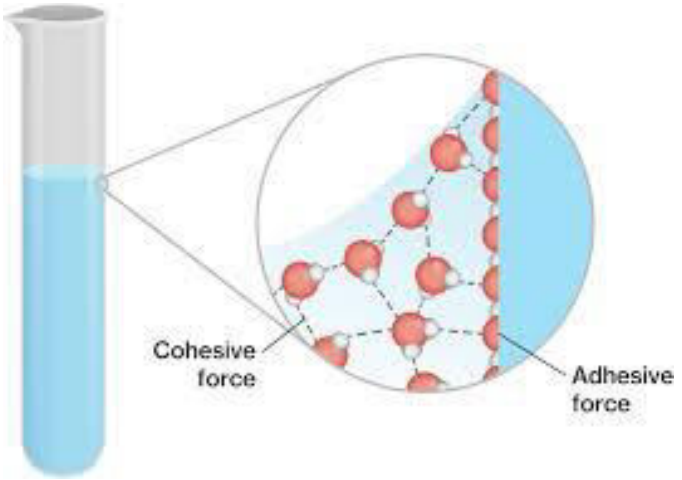
التوتر السطحي : تحدث هذه الظاهرة عند إجتماع سائلين غير قابلين ل الإمتزاج مثل الماء والزيت وعند خلطهم يحدث إنفصال وتتكون طبقيتن وبالتالي إثر وجود قوة تماسك بين جزيئات المادة السائلة وتحدث إثر تعرض الجزيئات الموجودة داخل السائل لقوى الشد من كل الاتجاهات، فتلغي كل منهما الأخرى، أما **الجزيئات الموجودة على سطح السائل** فتتأثر بالقوى الموجودة في الأسفل والجوانب لأنها تكون الأقل ، مما يجعل السطح مشدوداً للأسفل؛ فيظهر على هيئة غشاء .

والان نريد أن نتطرق ل موضوع **الخاصية الشعريه** , ما قبل البدء بها أريد الحديث عن القوى وهي قوى التجاذب وقوى التلاصق .

القوى ما بين الجزيئات نفس المادة والتي تسمى ب قوة التجاذب و القوى التي تكون ما بين جزيئات الماء والماء تسمى ب قوى التلاصق .

Cohesion : قوى التجاذب وتحدث بين جزيئات الماء

Adhesion : قوى التلاصق وتحدث بين جزيئات الماء والأنبوب



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

الخاصية الشعريه : هي خاصية فيزيائية يتم بواسطتها انتقال السائل من الأسفل إلى الأعلى، في الانابيب الشعرية كارتفاع السائل عن طريق (أنبوب) من الأسفل إلى الأعلى (دون التأثير عليه بقوة خارجية) عند وضعه في إناء ويكون ب عكس الجاذبية . فعندما يوضع الأنبوب الزجاجي في الماء تنجذب بعض جزيئات الماء لجزيئات السطح الداخلي للأنبوب بفعل قوة تسمى قوة التلاصق، وتشد جزيئات الماء هذه بدورها جزيئات الماء الأخرى المجاورة لها بفعل قوة تسمى قوة التماسك، مما يؤدي إلى ارتفاع الماء في الأنبوب الزجاجي

❑ **Q22(Years).** When we deal with the phenomenon of capillary effect , what do we mean by ?

1- Cohesive force such as :

2- Adhesive force such as :

Ans.

- **Cohesive force :** The molecular bonding attraction force between same fluids , **example** : soap bubbles

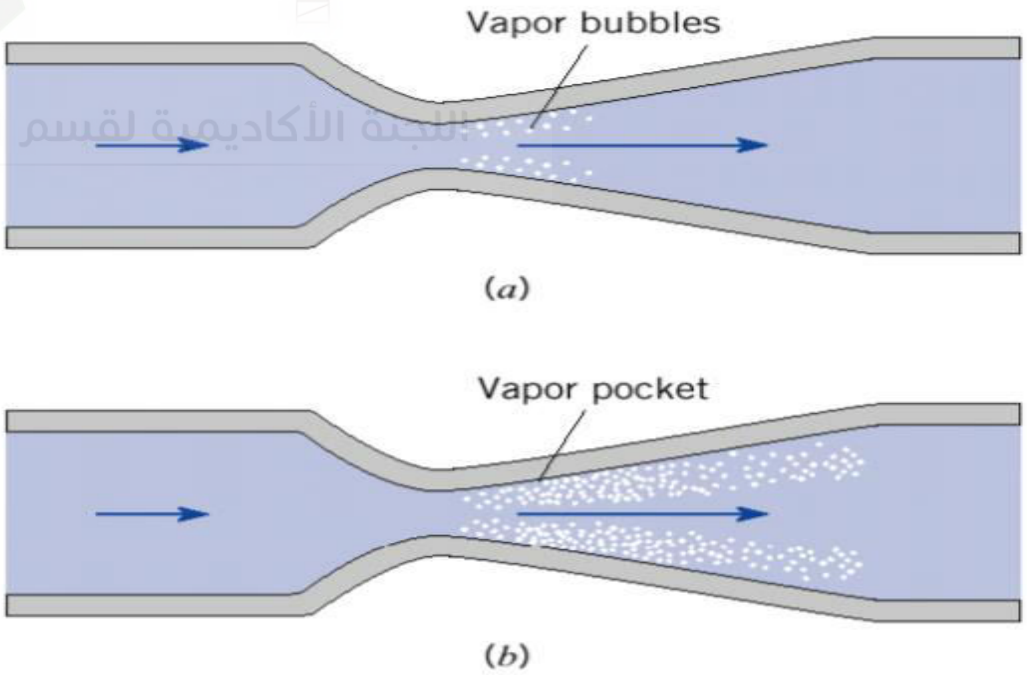
- **Adhesive forces :** The molecular bonding attraction force between different fluids , **example** : liquid drops to cling to window panes

الضغط البخاري : عند كل درجة حرارة يوجد ضغط بخاري ثابت فوق السائل عند الإتزان وهو عبارة عن تصادم دقائق الغاز مع الوعاء الذي يحتويه ، وينتج الضغط البخاري للسائل من تحول بعض جزيئات السائل السطحية إلى غاز ثم يعاد تكثيف بعض جزيئات البخار حتى درجة الوصول إلى الإتزان وعندها يكون عدد الجزيئات المتحولة من السائل إلى بخار مساوياً لعدد الجزيئات المتحولة من البخار إلى السائل .

يعرف الضغط البخاري للسائل على أنه قابلية الجزيئات على الافلات من سطح السائل وهو يعتمد على درجة الحرارة حيث أنه يزداد الضغط البخاري للسائل بزيادة درجة الحرارة إلى أن يصل إلى الضغط الجوي عندها تكون درجه الحرارة هي نفسها درجه الغليان .

يمكن أن يحدث الغليان في درجات حرارة منخفضة إذا انخفض الضغط في السائل إلى ضغط بخاره والان سوف نتحدث عن ظاهرة مهمة وهي التكهف .

ما هى ظاهرة التكهف ؟

عندما يصبح ضغط السائل المتدفق أقل من ضغط البخار ، يبدأ الغليان وتتكون الفقاعات.
تنتقل هذه الفقاعات إلى منطقة الضغط المرتفع وسيعمل سائل الضغط المرتفع على انهيار هذه الفقاعات ويضرب الجدران ، مما قد يؤدي إلى التآكل والتآكل وكذلك الكدمات .

لتجنب هذه الظاهرة , يجب أن يتم التصميم بطريقة تجعل ضغط السائل المتدفق دائمًا أكبر من ضغط البخار. التكهف هو أيضا ظاهرة الضغط المنخفض.