Inovace bakalářského studijního oboru Aplikovaná chemie

Reg. č.: CZ.1.07/2.2.00/15.0247

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Lecture vocabulary:

Liquid	kapalina
Viscosity	viskozita
Surface tension	povrchové napětí
Liquid state	kapalný stav
Definite shape	určitý tvar
Container	nádoba
Arrangement	uspořádání
Random	náhodný
Translational motion	translační (posuvný) pohyb
Short order	krátký dosah
Permanent deformation	stálá deformace
Minute force	nepatrná síla
Flow	tok
Velocity	rychlost
Magnitude	velikost
Inner forces	vnitřní síly
Act against the flow	působit proti toku
Shear deformation	střižná nebo smyková deformace
Spherical object	sférický (kulatý) objekt
Initital period	počáteční perioda
Buoyancy	vztlak
uniform motion in a straight line	rovnoměrný přímočarý pohyb
tube radius	poloměr trubice
apparent viscosity	zdánlivá viskozita
pitch	tér, asfalt
cohesive force	přitažlivá (kohezní) síla
like molecules	molekuly stejného druhu
consequently	v důsledku
cohere	zapadat do sebe, být skloubený s čím
wetting	smáčení
phenomenon	jev
foam	pěna
jaundice	žloutenka
soap	mýdlo
detergent	saponát

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Introduction to Physical Chemistry

Lecture 2

- Liquids –
  - viscosity
  - surface tension

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

The liquid state

A liquid

•has a definite volume,
but it does not have a definite shape
•takes the shape of the container
•unlike the gas state, a liquid does not occupy the entire volume of the container if its volume is larger than the volume of the liquid.

•At the molecular level, the arrangement of the molecules is random
•molecules in the liquid state have translational motions as those in a gas state.
•There is short order intermolecular ordering or structure.

Glasses, although solids, are often called frozen liquids, because the arrangements of molecules in glasses are very similar to those in liquid states.

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VISCOSITY

Liquids have a property of being permanently deformed when even a minute force is exerted on them => **the liquids flow**

The **flow velocity** depends on **the magnitude of force applied and on the inner forces** which act against the flow

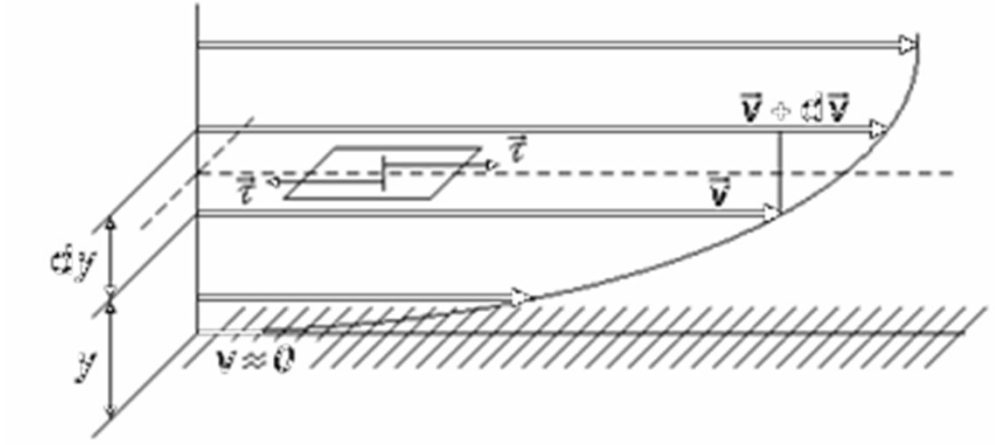
Under the condition of low velocity, the flow has the character of **shear deformation.**

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy}, \qquad [\eta] = Pa \cdot s, N \cdot s \cdot m^{-2}$$

τ ...*shear force*

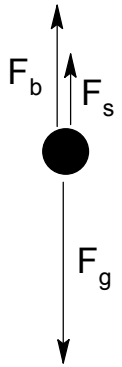
v ... *flow velocity*

$\frac{dv}{dy}$ ...*velocity gradient*



evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VISCOSITY



Spherical object falling in viscous medium

After (short) initial period the Stokes and buoyancy forces equal the gravitational force
⇒no force applies to the sphere
⇒the sphere moves by uniform motion in a straight line (2nd Newton's law)

Stokes force

$$F_S = 6\pi\eta r v$$

(η = dynamic viscosity, r = sphere radius, v = motion velocity)

$$Flow\,rate = \frac{\Delta p \pi r^4}{8\eta l}$$

Poiseuille's equation

(Δp = difference between pressures on each side of the tube, η = dynamic viscosity, r = tube radius, l = tube length)

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

VISCOSITY

Newtonian: fluids, such as water and most gases which have a constant viscosity.

Shear thickening: viscosity increases with the rate of shear.

Shear thinning: viscosity decreases with the rate of shear. commonly, but misleadingly, described as thixotropic.

Thixotropic: materials which become less viscous over time when shaken, agitated, or otherwise stressed.

Rheopectic: materials which become more viscous over time when shaken, agitated, or otherwise stressed.

A Bingham plastic is a material that behaves as a solid at low stresses but flows as a viscous fluid at high stresses.

A magnetorheological fluid is a type of "smart fluid" which, when subjected to a magnetic field, greatly increases its apparent viscosity, to the point of becoming a viscoelastic solid.

The University of Queensland Pitch Drop Experiment

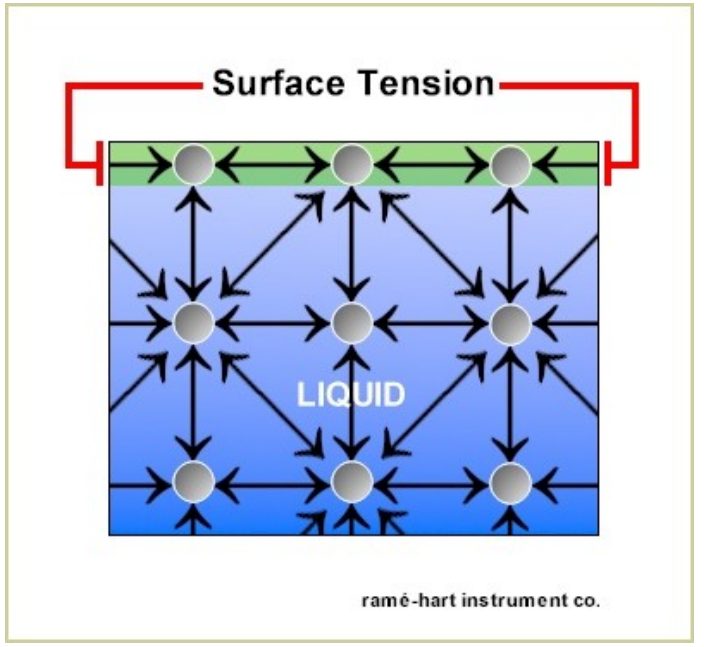
Year	*Event*
1930	The stem was cut
1938(Dec)	1st drop fell
1947(Feb)	2nd drop fell
1954(Apr)	3rd drop fell
1962(May)	4th drop fell
1970(Aug)	5th drop fell
1979(Apr)	6th drop fell
1988(Jul)	7th drop fell
2000(28 Nov)	8th drop fell

The viscosity of pitch is approximately 2.3×10^{11} times higher than that of water

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

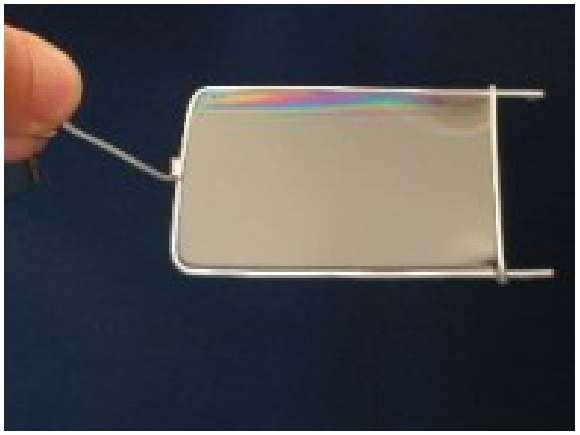
SURFACE TENSION

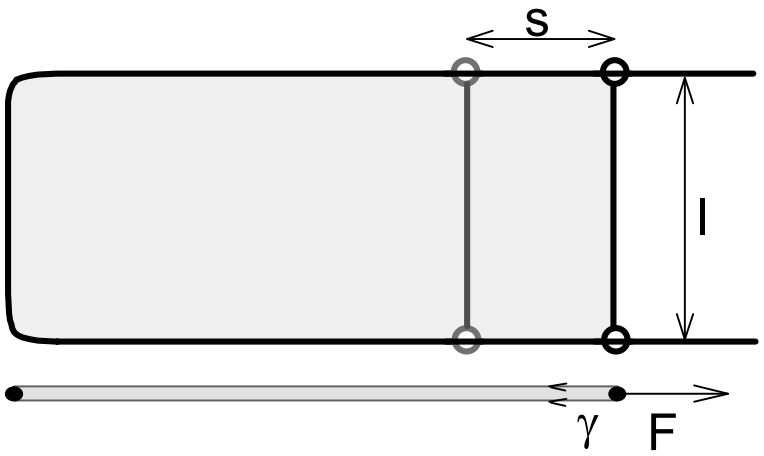
- Surface tension is caused by the cohesive forces between liquid molecules
- The molecules at the surface do not have other like molecules on all sides of them and consequently they cohere more strongly to those directly associated with them on the surface
- This forms a surface "film" which makes it more difficult to move an object through the surface than to move it when it is completely submersed



esf
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
2007-13
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SURFACE TENSION

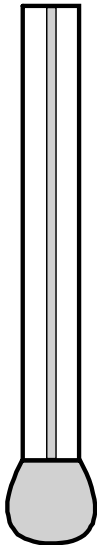




$$F = 2\gamma l$$

$$A = 2\gamma ls$$

Stalagmometric method



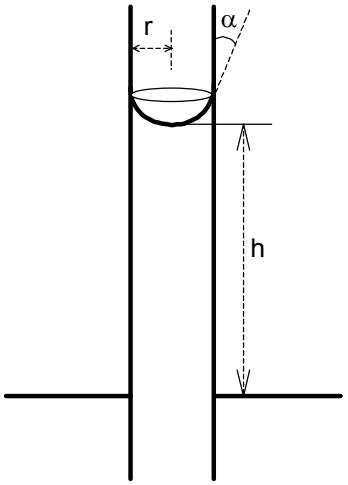
$$F_g = F_s$$

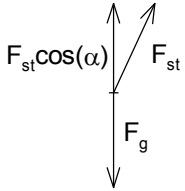
$$mg = 2\pi r\gamma$$

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SURFACE TENSION

Capillary elevation / depression

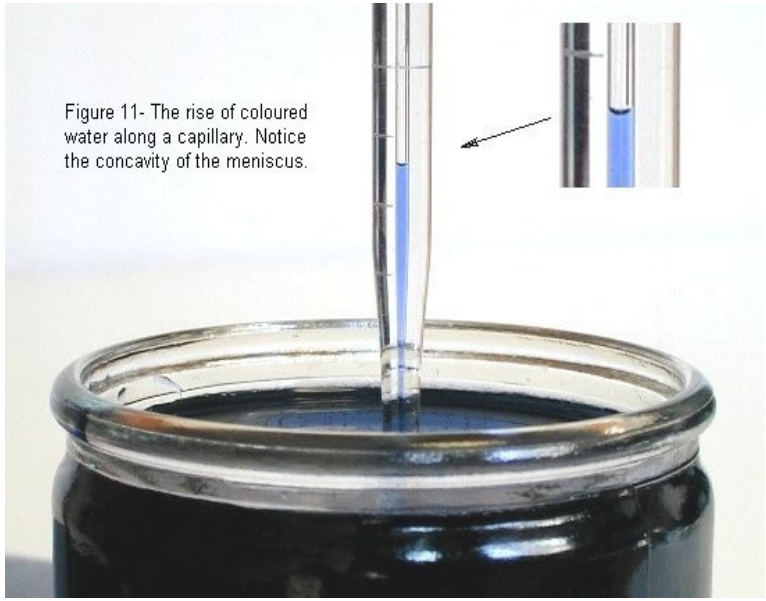




Usually, an ideal wetting is assumed

$$\pi r^2 h \rho g = 2\pi r \gamma$$

$$\gamma = \frac{rh\rho g}{2}$$



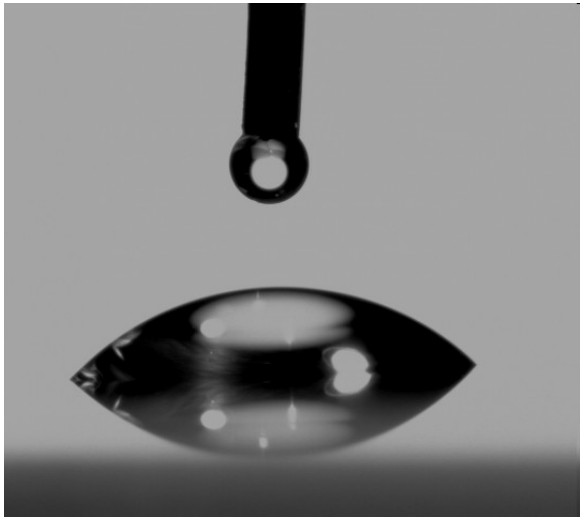
evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

SURFACE TENSION

Surface tension is interesting and important phenomenon

foam

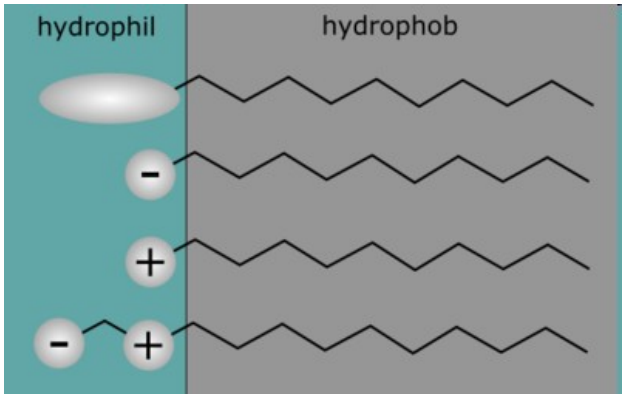
Young-Laplace equation



Wettability, superhydrophobicity, contact angle

Jaundice test

Soaps, detergents



Temperature dependence – Eötvös equation

evropský sociální fond v ČR
EVROPSKÁ UNIE
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY
OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

evropský
sociální
fond v ČR

EVROPSKÁ UNIE

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ