

CHƯƠNG 3

CÁC TÍNH CHẤT LƯU BIẾN CỦA THỰC PHẨM *(Rheology of food Products)*

Lưu biến

Vật chất chuyển động như thế nào

- Lưu biến học là nghiên cứu sự biến dạng và dòng chảy

Sự thay đổi hình dạng

ứng dụng

```
graph TD; A[ứng dụng] --> B[Kiểm tra chất lượng sản phẩm : tính giòn, đàn hồi, dẻo, độ liên kết,...]; A --> C[phát hiện ra các sản phẩm mới]; A --> D[tính toán kỹ thuật (các quá trình truyền nhiệt và động lượng)]; A --> E[thiết kế được máy móc, thiết bị chính xác và tiết kiệm năng lượng]; A --> F[tính chất cảm quan];
```

Kiểm tra chất lượng sản phẩm : tính giòn, đàn hồi, dẻo, độ liên kết,...

phát hiện ra các sản phẩm mới

tính toán kỹ thuật (các quá trình truyền nhiệt và động lượng),

thiết kế được máy móc, thiết bị chính xác và tiết kiệm năng lượng

tính chất cảm quan

Ứng suất và biến dạng

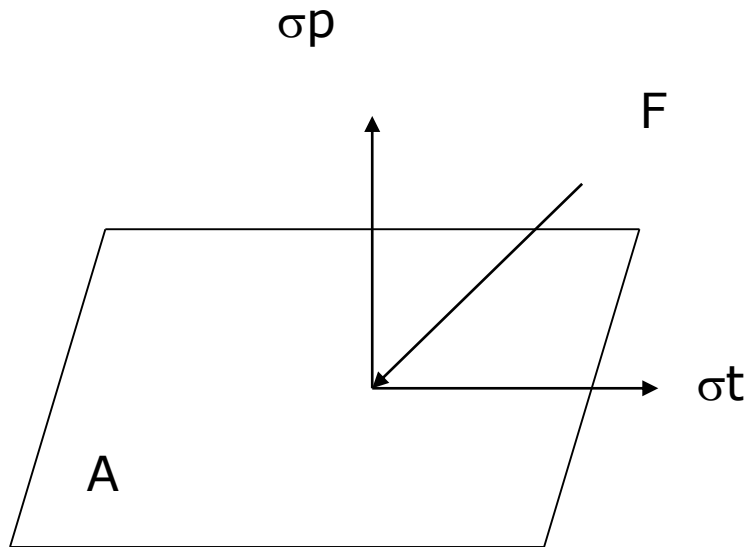
Trả lời câu hỏi (nhóm 2SV, 5 phút/1 câu hỏi)

1. Khi một miếng thịt heo bị tác động của một lực (ngón tay của người mua hàng) thì nó biến dạng như thế nào? Tại sao miếng thịt heo có thể phục hồi lại trạng thái ban đầu của nó? Sự phục hồi đó có thể hiện được chất lượng của thịt heo.
2. Nếu bạn kéo dài một sợi bún thì sự biến dạng về đường kính và chiều dài như thế nào? Sự thay đổi chiều dài đó nói lên điều gì về cấu trúc của bún.
3. Độ biến dạng dài và biến dạng góc được xác định như thế nào?

ỨNG SUẤT VÀ BIẾN DẠNG

(*Stress and Deformation*)

Ứng suất (*Stress*) là lực tác dụng (theo phương bất kỳ) trên một đơn vị diện tích.



$$\sigma = F/A$$

$$\text{Stress} = F/A \text{ [Pa, N/m}^2\text{]}$$

Phân loại ứng suất

- Ứng suất pháp tuyến (nén hay kéo): lực tác dụng theo phương vuông góc với bề mặt \Rightarrow bề dài hay thể tích của vật thay đổi

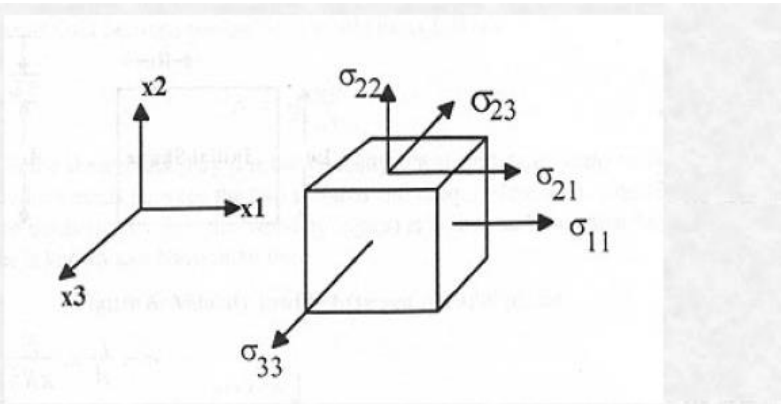


Fig. 2.3 Typical stresses on a material element

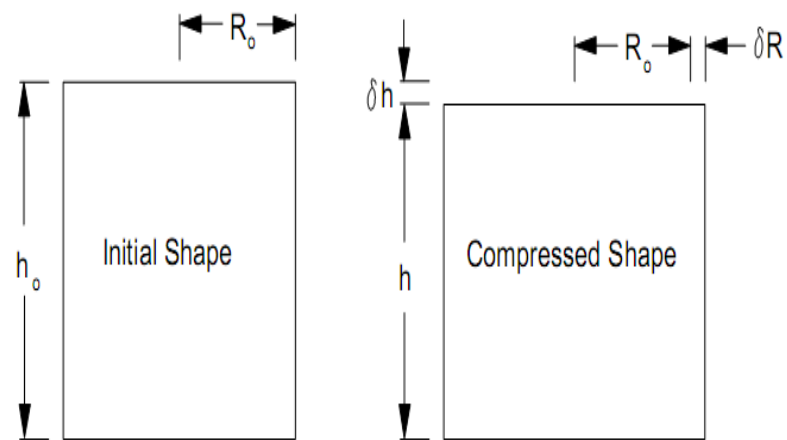
- Ứng suất trượt (hay ứng suất tiếp): lực tác dụng theo phương song song (tiếp xúc) với bề mặt \Rightarrow lớp bề mặt dịch chuyển so với lớp phía dưới

Biến dạng

- Biến dạng dài

+ Độ biến dạng Cauchy

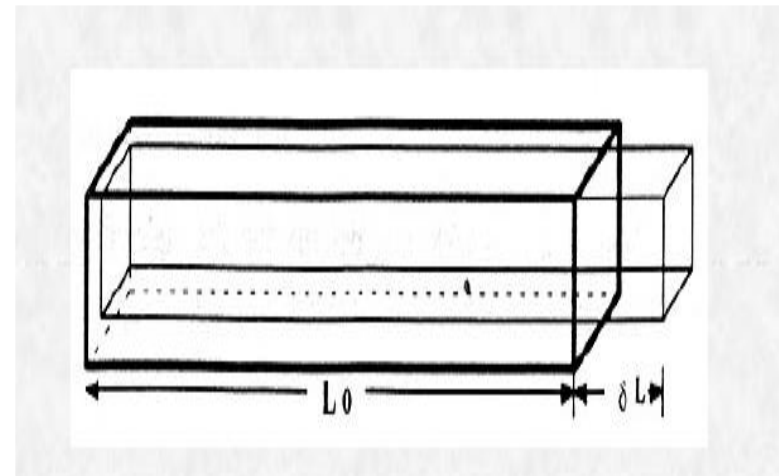
$$\epsilon_c = \frac{\delta h}{h_o}$$



+ Độ biến dạng Hencky

Hencky strain (true strain):

$$\epsilon_h = \ln \left(\frac{L}{L_o} \right)$$



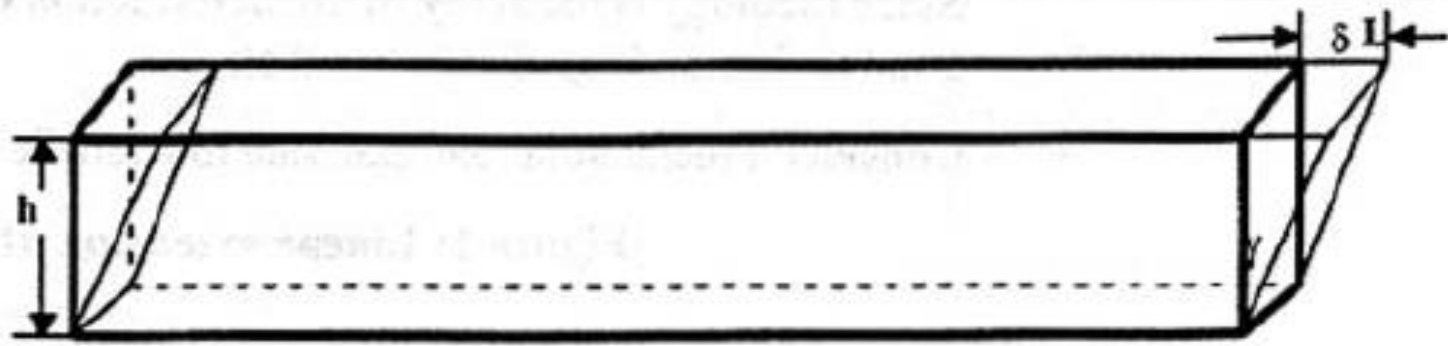


Fig. 2.2 Shear deformation of a rectangular bar

- Biến dạng góc

$$\tan(\gamma) = \frac{\delta L}{h}$$

khi γ nhỏ thì

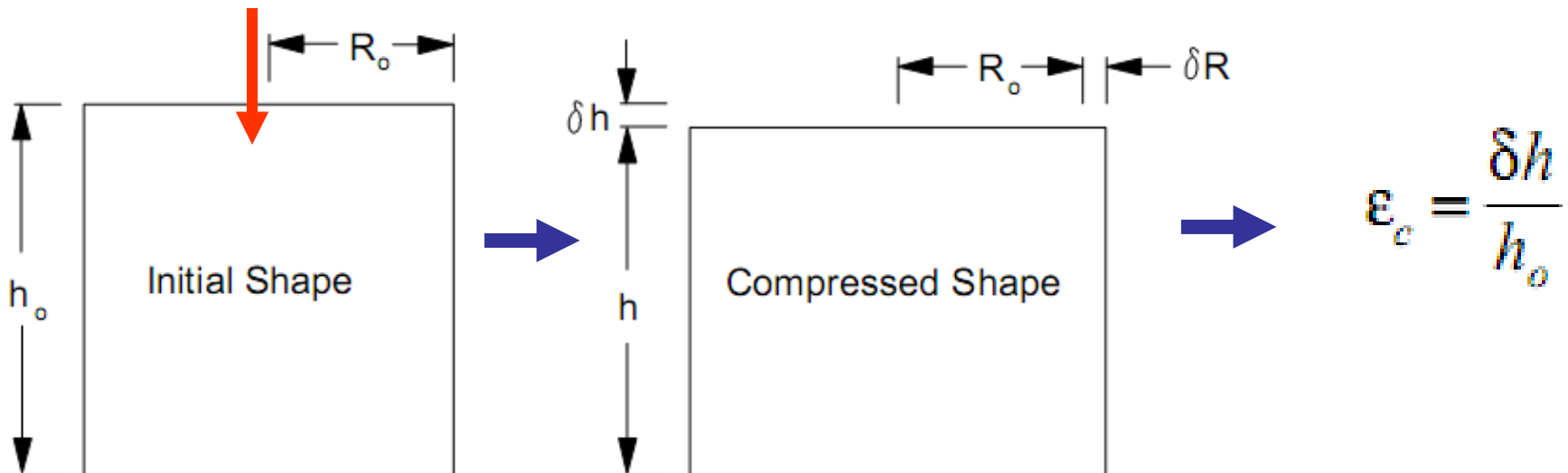
$$\dot{\gamma} = \tan(\gamma)$$

Định luật Hookean - Chất rắn đàn hồi (Elastic Solids)

Dưới tác dụng của ứng suất kéo hoặc ứng suất nén

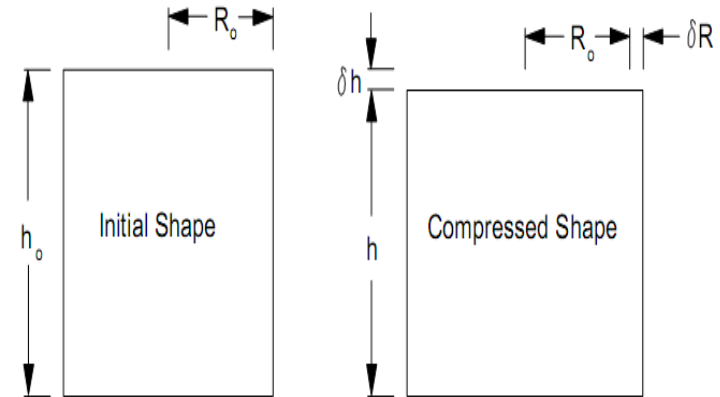
$$\sigma = E^* \varepsilon_c$$

E: modun đàn hồi của chất rắn (Young's or elasticity module) (độ cứng)



• Hệ số Poisson

$$\nu = \frac{\text{lateral strain}}{\text{axial strain}} = \frac{\delta R / R_o}{\delta h / h_o}$$



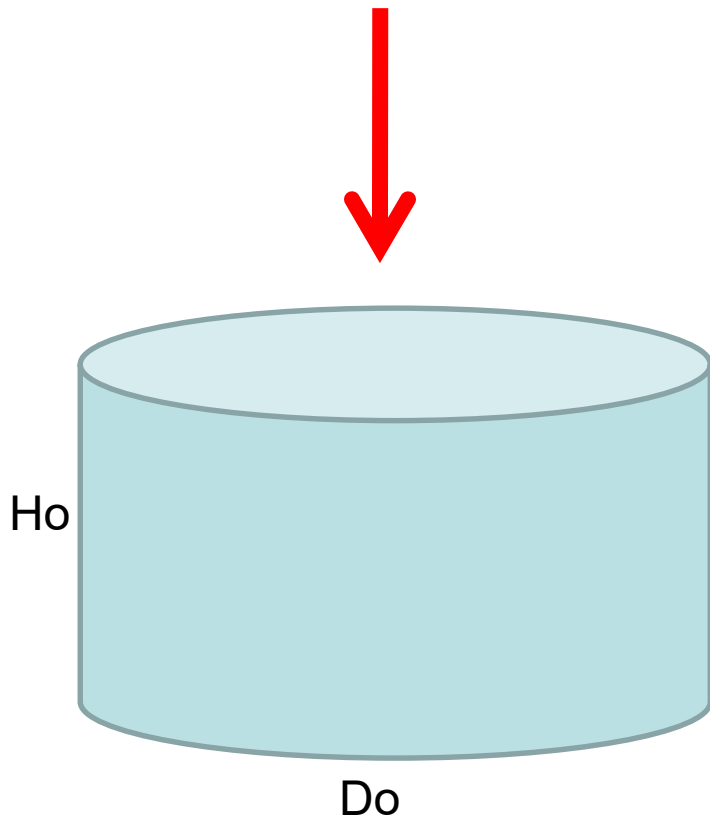
$$\nu = \frac{\text{biến dạng bên}}{\text{biến dạng dọc}} = \frac{\frac{\Delta d}{d_o}}{\frac{\Delta h}{h_o}} = \frac{\frac{\Delta R}{R_o}}{\frac{\Delta h}{h_o}}$$

Thực phẩm	Hệ số poisson
Phomai	0,5
Khoai tây lát	0,49
Cao su	0,49
Miếng táo lát	0,37
Táo	0,21-0,34
Kim loại	0,3
Thủy tinh	0,24
Nút chai bằng gỗ	0

Khi ν cao : vật thể có E nhỏ, dễ biến dạng

Khi ν nhỏ : vật thể có E lớn, khó biến dạng.

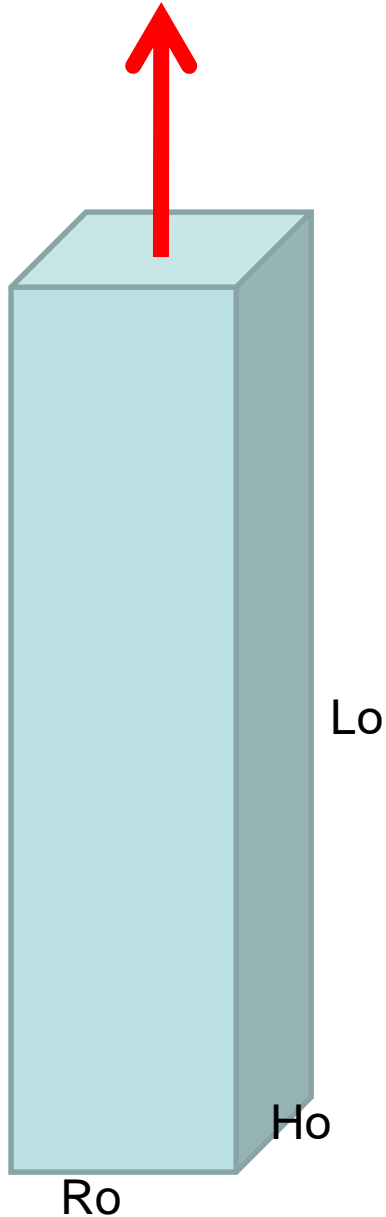
Bài tập 1



Một miếng thịt hình trụ tròn có kích thước $D_0 \times H_0 = 7 \times 5$ cm. dùng một lực tác động vào miếng thịt làm cho đường kính của miếng thịt tăng lên là 7,8 cm.

1. Tính chiều cao của miếng thịt sau nén biết hệ số poisson là 0,32.
2. Tính lực tác động vào miếng thịt? Biết $E = 10^4$ Pa

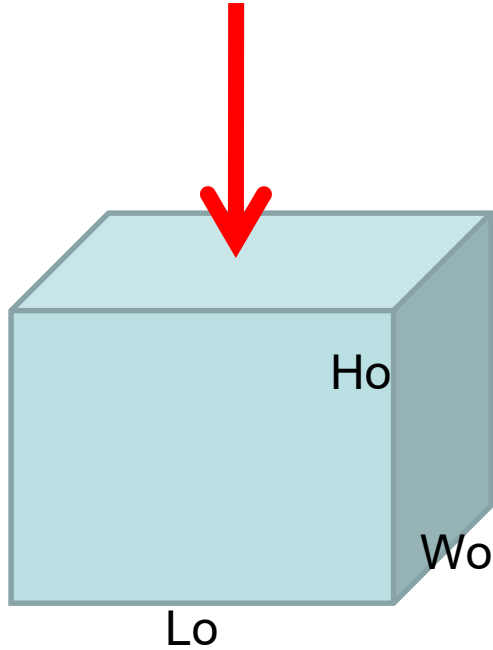
Bài tập 2



Dùng một vật nặng có khối lượng tương đương 200 ml nước kéo một sợi phở có kích thước ban đầu là $L_o \times R_o \times H_o = 5 \times 0,5 \times 0,2$ cm. Sau khi kéo chiều dài giãn ra là 7 cm. biết hệ số poisson của phở là 0,42.

1. Tính môđun đàn hồi của sợi phở?
2. Tính chiều rộng, chiều dày sau khi kéo?

Bài tập



- Một miếng phô mai hình chữ nhật có kích thước dài x rộng x cao = $L \times W \times H = 0.5 \times 0.4 \times 0.3$ inch. Dùng 1 vật có khối lượng 1lb nén lên miếng phô mai. Sau khi nén, miếng phô mai có chiều dài 0.043ft. Xác định độ cứng (modun đàn hồi), chiều rộng, chiều cao của miếng phô mai sau khi nén. Biết hệ số Poisson của miếng phô mai là 0.25.
- 1 inch = 2,54 cm, 1 lb = 0,453 kg,
- 1 ft = 0,3048 m

Độ nhớt - Viscosity

- Độ nhớt là một đại lượng vật lý đặc trưng cho trở lực do ma sát nội tại sinh ra giữa các phân tử khi chúng có sự chuyển động trượt lên nhau.
- Phân loại độ nhớt:
 - **Độ nhớt động học:** Pa.s (kg/m.s), mPa.s, Poise (g/cm.s), cP,
 - **Độ nhớt động lực học.** St (stock), cSt, cm²/s

Viscosity – Độ nhớt

- Là đại lượng mô tả sự chống lại tính chảy của chất lỏng.
- Công thức:
$$\eta = \frac{\bar{F}/A}{\Delta v_x / \Delta z}$$
- η : eta, độ nhớt (Pa.s)
- F/A : shearing stress, ứng suất cắt

$$1 \text{ Pa s} = 10 \text{ P}$$

$$1000 \text{ mPa s} = 10 \text{ P}$$

$$1 \text{ mPa s} = 0.01 \text{ P}$$

$$1 \text{ mPa s} = 1 \text{ cP}$$

Đơn vị Poise (P) đặt tên theo nhà vật lý người Pháp Jean Poiseuille (1799–1869)

Độ nhớt của nước ở 20°C là 1.0020 mPa.s. Đa số chất lỏng có độ nhớt từ 1÷1000 mPa.s. Độ nhớt của chất khí từ 1÷10 μ Pa.s

simple liquids	T (°C)	η (mPa s)	gases	T (°C)	η (μ Pa s)
alcohol, ethyl (grain)	20	1.1	air	15	17.9
alcohol, isopropyl	20	2.4	hydrogen	0	8.42
alcohol, methyl (wood)	20	0.59	helium (gas)	0	18.6
blood	37	3–4	nitrogen	0	16.7
ethylene glycol	25	16.1	oxygen	0	18.1
ethylene glycol	100	1.98	complex materials	T (°C)	η (Pa s)
freon 11 (propellant)	-25	0.74	caulk	20	1000
freon 11 (propellant)	0	0.54	glass	20	10^{18} – 10^{21}
freon 11 (propellant)	+25	0.42	glass, strain pt.	504	$10^{15.2}$
freon 12 (refrigerant)	-15	?	glass, annealing pt.	546	$10^{12.5}$
freon 12 (refrigerant)	0	?	glass, softening pt.	724	$10^{6.6}$
freon 12 (refrigerant)	+15	0.20	glass, working pt.		10^3
glycerin	20	1420	glass, melting pt.		10^1
glycerin	40	280	honey	20	10
helium (liquid)	4 K	0.00333	ketchup	20	50
mercury	15	1.55	lard	20	1000
milk	25	3	molasses	20	5
oil, vegetable, canola	25	57	mustard	25	70
oil, vegetable, canola	40	33	peanut butter	20	150–250

oil, vegetable, corn	20	65	sour cream	25	100
oil, vegetable, corn	40	31	syrup, chocolate	20	10–25
oil, vegetable, olive	20	84	syrup, corn	25	2–3
oil, vegetable, olive	40	?	syrup, maple	20	2–3
oil, vegetable, soybean	20	69	tar	20	30,000
oil, vegetable, soybean	40	26	vegetable shortening	20	1200
oil, machine, light	20	102			
oil, machine, heavy	20	233			
oil, motor, SAE 20	20	125			
oil, motor, SAE 30	20	200			
oil, motor, SAE 40	20	319			
propylene glycol	25	40.4			
propylene glycol	100	2.75			
water	0	1.79			
water	20	1.00			
water	40	0.65			
water	100	0.28			

- Độ nhớt động học (dynamic viscosity) hay độ nhớt tuyệt đối hay đơn giản là độ nhớt (Pa.s, Poise)
- Độ nhớt động lực học (kinematic viscosity)

$$\mu = \frac{\eta}{\rho} \text{ đơn vị theo SI m}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ cm}^2/\text{s} = 1 \text{ St}$$

$$1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt}$$

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10,000 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 1,000,000 \text{ mm}^2/\text{s}$$

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10,000 \text{ St}$$

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 1,000,000 \text{ cSt}$$

Đơn vị Stock (St) được đặt theo nhà toán học và vật lý học người Irish George Stokes (1819–1903)

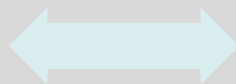
Các yếu tố ảnh hưởng đến độ nhớt

- Nhiệt độ
- Áp suất

Chất lỏng



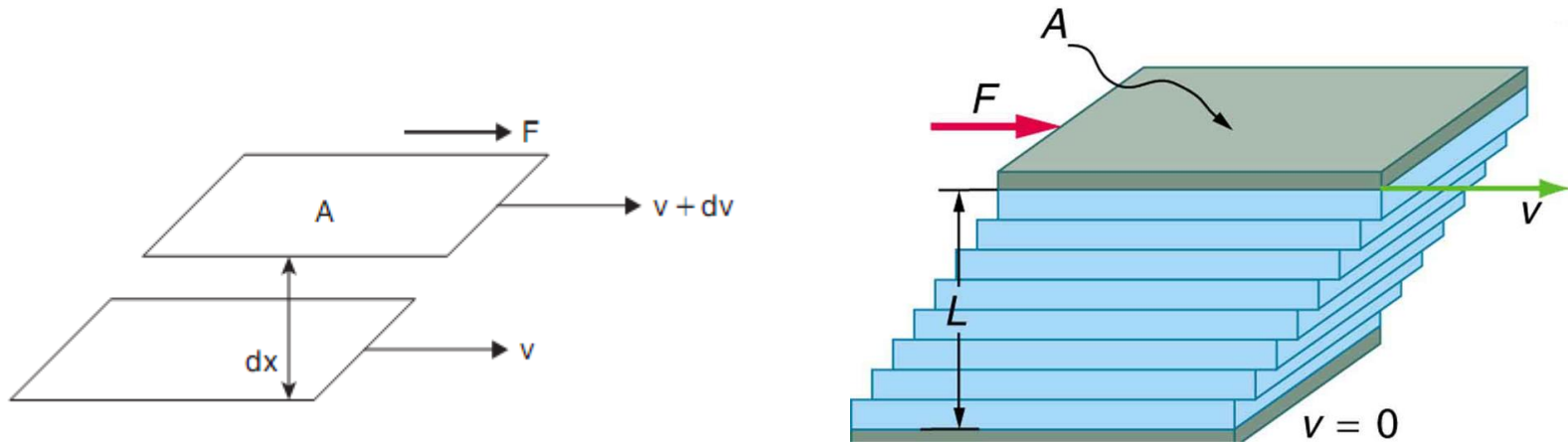
Newton



**Phi
Newton**

Chất lỏng Newton

Có 2 tấm phẳng, ở giữa là chất lỏng, tấm ở dưới cố định. Khi ta tác dụng 1 lực lên tấm ở trên, nó sẽ trượt đi kéo theo lớp chất lỏng chạy theo. Tốc độ trượt giảm dần từ trên xuống dưới hình thành một giản đồ véc tơ.



- Định luật Newton về độ nhớt

$$\sigma = \mu * \dot{\gamma}$$

- μ : hệ số thực nghiệm phụ thuộc vào đặc tính của thực phẩm (độ nhớt)
- Chất lỏng mà độ nhớt không phụ thuộc vào tốc độ trượt gọi là **chất lỏng Newton** và ngược lại nếu độ nhớt phụ thuộc vào tốc độ trượt thì gọi là **chất lỏng phi Newton**

- Bài tập

Một tấm gỗ phẳng được phủ một lớp chất bao phủ có chiều dày là 1,4 mm, tấm gỗ có chiều dài x chiều rộng là : 20 cm x 10 cm, dùng một lực 6 N tác động vào bề mặt song song với tấm gỗ. tính vận tốc chuyển động của bề mặt tấm gỗ ? biết rằng độ nhớt của chất bao phủ là 100 cP.

Đáp số : $v = 4,2 \text{ m/s}$

Thảo luận cặp đôi (5 phút)

1. Tại sao khi uống nước trà thì dễ nuốt còn uống sinh tố trái cây thì khó nuốt hơn?
2. Giải thích tại sao khi cắm ống hút vào cốc sinh tố mãng cầu, lúc đầu hút cần nhiều lực, sau đó lực hút giảm dần mà vẫn có được lưu lượng như ban đầu?
3. Giải thích tại sao tinh bột càng khuấy càng đặc?
4. Giải thích tại sao khi dốc chai nước sốt cà chua thì chúng không chảy, phải dùng một lực đủ lớn bóp vào chai thì sốt mới chảy ra?
5. Giải thích tại sao khi phối trộn nhân chả giò (thịt nghiền và các loại gia vị) thì lúc đầu khó trộn, càng trộn thì càng dễ dàng hơn?

Chất lỏng Newton

- Phương trình biến dạng tuân theo đẳng thức Newton
Hàm liên hệ giữa ứng suất trượt và tốc độ trượt là hàm tuyến tính:

VD: nước, trà, cà phê, bia, rượu vang, các loại đồ uống và nước ép trái cây, mật ong

Sữa: là nhũ tương có chứa các các giọt bơ nhỏ có đường kính 0,0015 – 0,001mm, chứa 87% nước, 4% chất béo, 5% đường, 3% protein – là chất lỏng Newton

Độ nhớt của sữa tăng theo hàm lượng chất béo, nhưng lại giảm khi nhiệt độ tăng

Dầu cũng là chất lỏng Newton. Cấu trúc phân tử của nó có mạch dài, chiều dài mạch cacbon của các acid béo càng lớn thì độ nhớt càng lớn. Độ nhớt của dầu tăng cùng với mức độ bão hòa của liên kết cacbon nối đôi.

Chất lỏng phi Newton

$$\frac{\partial \mu}{\partial \dot{\gamma}} \neq 0$$

Độc lập với thời gian – *Time – independent fluid*

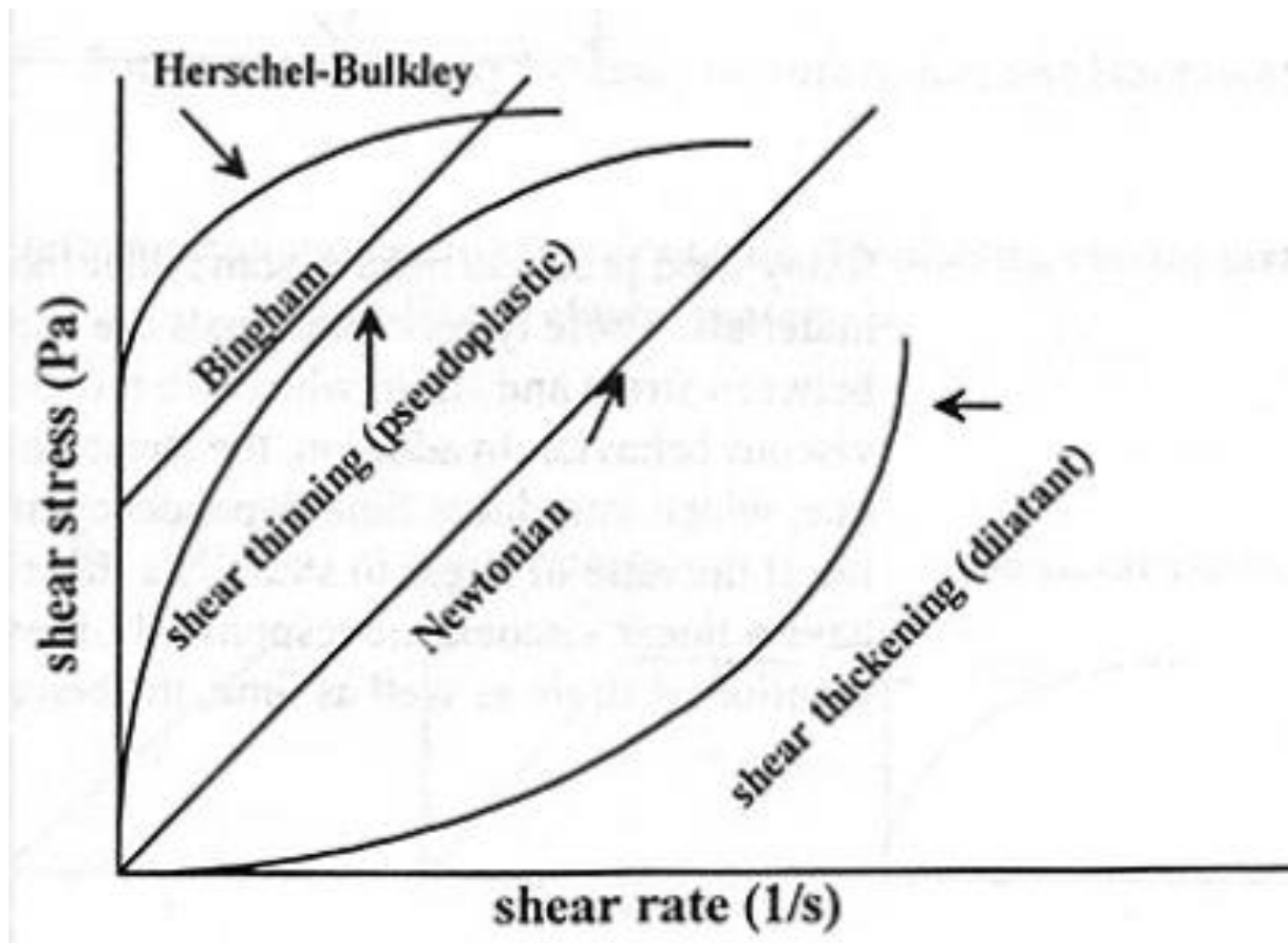
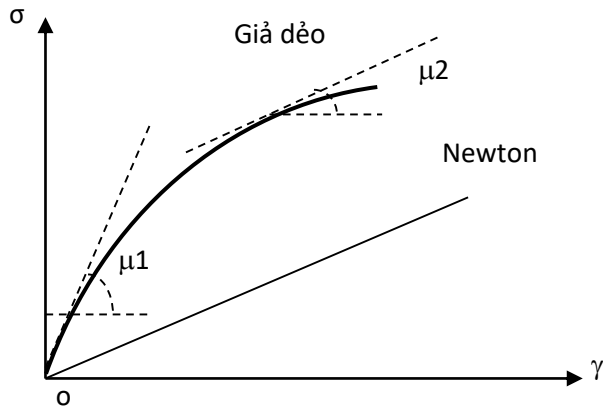
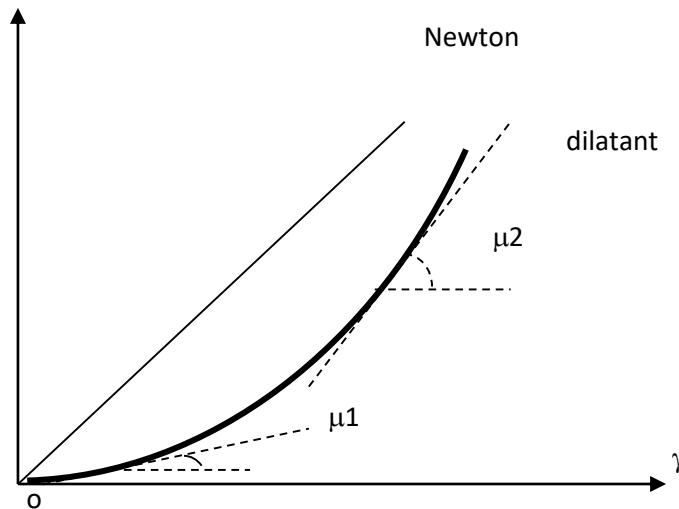


Fig. 2.6 Curves of typical time-independent fluid

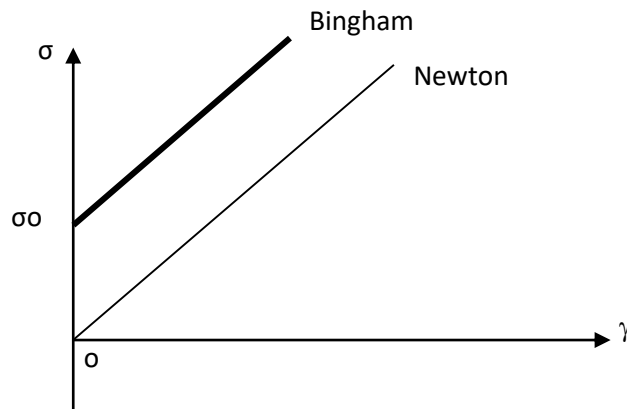
- Pseudoplastic (shear thinning): Khi tốc độ trượt càng tăng, độ dốc của đường cong càng giảm, độ nhớt giảm – **càng khuấy càng loãng** : VD: các sản phẩm như : puré chuối, sốt táo đường, nước cam ép cô đặc, kem, máu, các loại sơn và sơn móng tay.



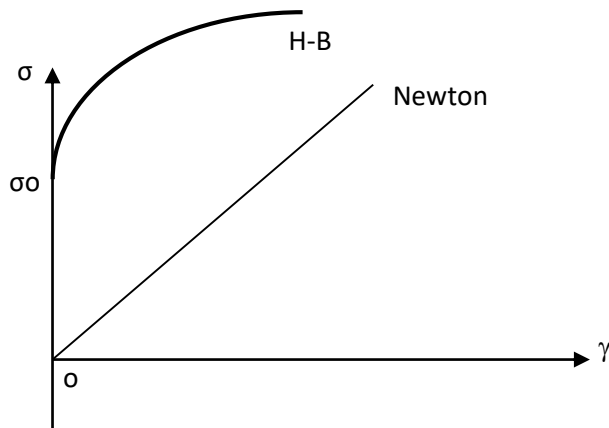
- Dilatant (shear thickening): Khi tốc độ trượt càng tăng, độ dốc của đường cong càng tăng, độ nhớt tăng – **càng khuấy càng đặc**, tương tự Ví dụ : mật ong (một số loại riêng biệt), tinh bột ngô sồng chiếm 40%



- Chất lỏng dạng Bingham: Nếu ứng suất tác dụng nhỏ hơn ứng suất ngưỡng (σ_0) chất lỏng chưa chảy. Khi ứng suất tác dụng lớn hơn **ứng suất ngưỡng (σ_0)** chất lỏng chảy và có động thái chảy giống chất lỏng Newton
VD: kem đánh răng, sốt cà chua



- Pseudoplastic fluids with yield stress (HB): Khi ứng suất trượt vượt qua giá trị ngưỡng thì chất lỏng chảy và có động thái chảy giống với Pseudoplastic
ví dụ : thịt nghiền



Mô hình Herschel - Bulkley

$$\sigma = k * \dot{\gamma}^n + \sigma_0$$

σ : shear stress (ứng suất trượt) (Pa)

K: consistency index (chỉ số độ nhớt)

$\dot{\gamma}$: shear rate (tốc độ trượt) (1/s)

σ_0 : ứng suất ngưỡng (là ứng suất nhỏ nhất để dòng bắt đầu chảy)

n: index of flow behavior (chỉ số về động thái chảy), *khi n thay đổi thì dáng điệu của đường cong thay đổi*

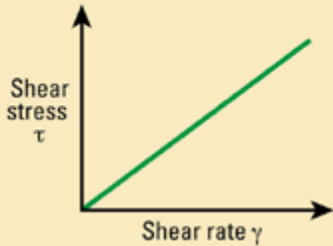
Mô tả động thái chảy của các dạng chất lỏng Non-newton thông qua mô hình Herschel - Bulkley

$$\sigma = \sigma_0 + K \dot{\gamma}^n$$

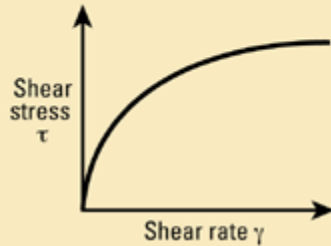
σ_0

Rheological Models

Newtonian Model



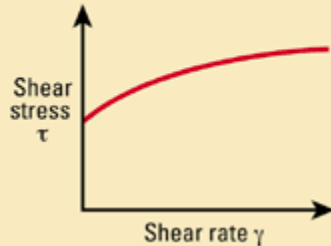
Power Law Model



Bingham Plastic Model



Herschel-Bulkley Model



Fluid	K	n	σ_0	Examples
H-B	> 0	$0 < n < ?$	> 0	minced fish paste, raisin paste
Newtonian	> 0	1	0	water, fruits juice, milk, honey, vegetable oil
Shear-thinning (pseudoplastic)	> 0	$0 < n < 1$	0	applesauce, banana puree, orange juice concentrate
Shear-thickening (dilatant)	> 0	$1 < n < ?$	0	Some types of honey, 40% raw corn starch solution
Bingham plastic	> 0	1	> 0	Tooth paste, tomato paste

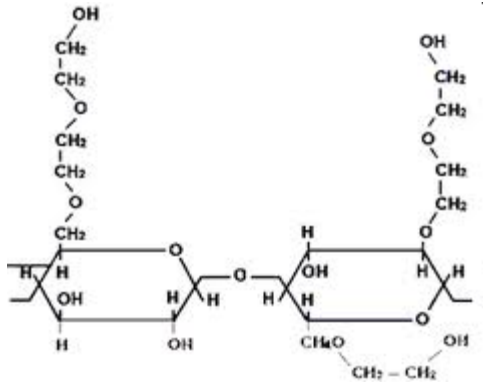
Table 2.1 Summary of fluid characteristics

Table 3.9 Values for Plastic Yield Stress of Some Foods

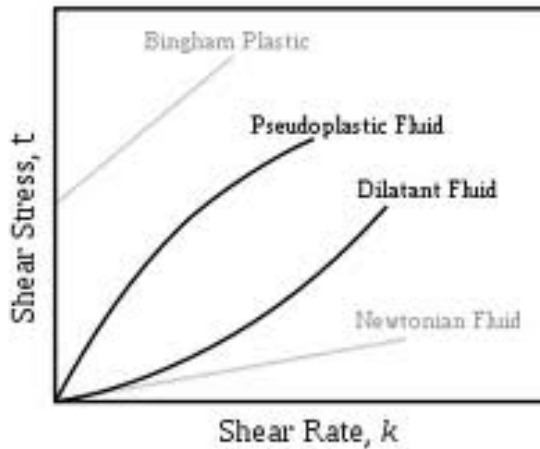
Type of food and condition	Yield stress (dyn cm ⁻²)
Chocolate, melted	12
Cream, whipped	400
Guar gum, 0.5% solids, in water	20
Guar gum, 1.0% solids, in water	135
Orange juice, concentrated 60° Brix	7
Pear puree, 18.3% solids	35
Pear puree, 45.7% solids	339
Protein from yeast, 10% solids	0
Protein from yeast, 25% solids	42
Protein from soy isolate, 20% solids	1271
Protein, whey, 20%	21
Sucrose, 7.5% in water	0
Tomato puree, 11% solids	20
Xanthan gum, 0.5% solids, in water	20
Xanthan gum, 1.2% solids, in water	45

Source: Rha (1980).

Pseudoplastic (chất giả dẻo) có đặc điểm



Hydroxyethyl-cellulose



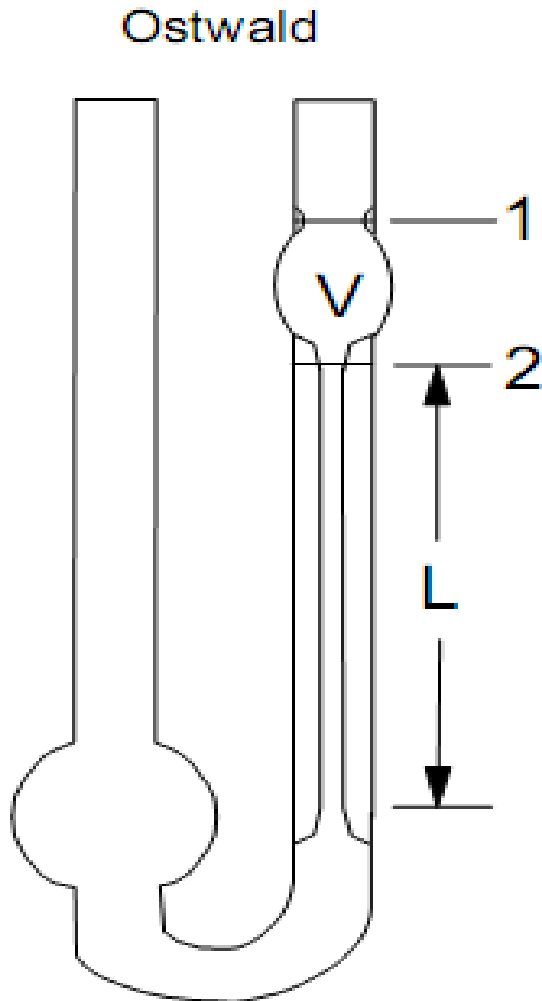
1. Hợp chất có khối lượng phân tử lớn hay hạt dài
2. Giữa các phân tử có tương tác mạnh với nhau tạo nên sự kết hợp bằng các liên kết thứ cấp
3. Trong phân tử có một trục dài và phân tử không đối xứng do đó nó định hướng theo dòng chảy làm cho độ nhớt giảm
4. Hình dạng và kích thước của hạt không đồng nhất cho phép chúng chống chọi lên nhau.
5. Các phân tử của nó mềm dẻo, có thể làm thay đổi hình dạng của chúng, dẫn ra hoặc thu lại tùy theo lực kéo

Bài tập

Khi đo độ nhớt của chất lỏng có phương trình như sau : $\sigma = 5000.\gamma^{1,25}$; (Pa)

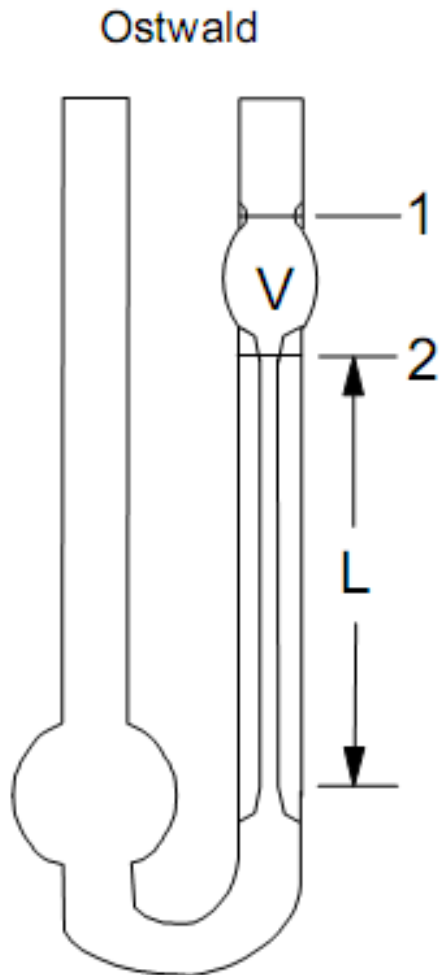
- đây là chất lỏng nào, giải thích ?
- tính độ nhớt thực của chất lỏng tại thời điểm đo được vận tốc chảy trong ống là 0,012 m/s trong ống có đường kính 2 mm.

Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế



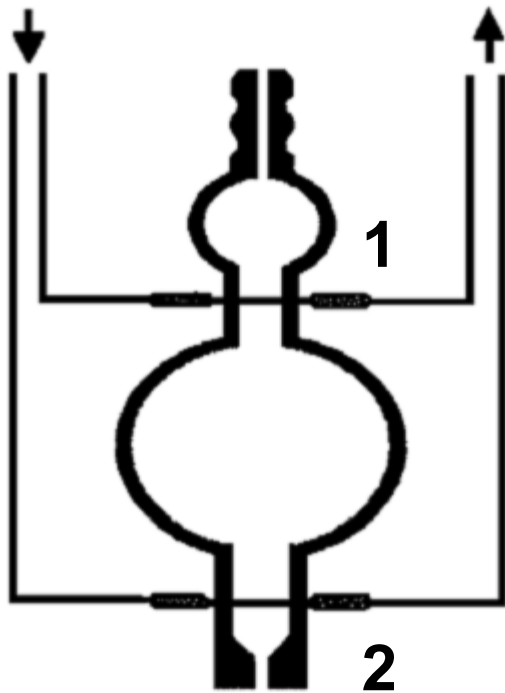
-Nhớt kế chữ U được điền đầy chất lỏng trong các ống mao dẫn và bầu chứa. Nhớt kế được đặt thẳng đứng và trong thiết bị ổn nhiệt.

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế



- quá trình đo độ nhớt được thực hiện bằng việc xác định thời gian chảy của chất lỏng qua ống mao dẫn. Khi chất lỏng chảy đến vị trí trên của bầu chứa là thời điểm tính thời gian chảy, chất lỏng chuyển động đến vạch dưới của bầu chứa là thời điểm kết thúc tính thời gian

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế



-Từ thời gian chảy từ điểm 1 đến 2, tính toán ra các giá trị về độ nhớt và các thông số vật lý khác như khối lượng phân tử của chất đo.

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế

Chất lỏng Newton

Chất lỏng chảy trong ống mao quản có vận tốc v và lưu lượng Q , với vận tốc v , sinh ra một tốc độ trượt y' ,

-Dưới tác dụng của lực làm cho chất lỏng chảy (lực sinh ra từ áp suất thủy tĩnh).

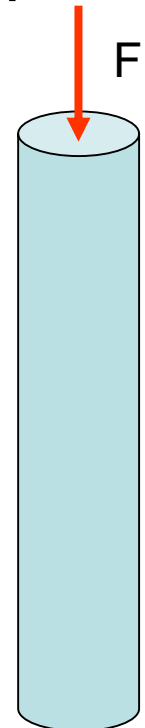
-Lực đó được tính $F = P.A$

trong đó

P : áp suất (N/m^2)

F : lực tác dụng làm cho chất lỏng chảy (N)

A : diện tích bề mặt (tròn), Mà $A = \pi R^2$, m^2 .



3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế

-Khi chất lỏng chảy sinh ra một ứng suất trượt xung quanh ống mao quản và thay đổi dọc theo đường ống mao quản

Lực đó tình bằng : $\sigma \cdot 2\pi R \cdot L$

Như vậy áp suất sinh ra ứng suất, ta có cân bằng

$$\delta P \cdot \pi R^2 = \sigma \cdot 2\pi R \cdot L$$

do đó

$$\sigma = \frac{\delta P \cdot R}{2L}$$

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế

Theo định nghĩa về độ nhớt thì

$$\gamma \cdot = \frac{v}{R}$$

Mà $Q = v \cdot \pi R^2$, nên ta có

$$\gamma \cdot = \frac{Q}{\pi R^3}$$

Kết hợp với

$$\sigma = \frac{\delta P \cdot R}{2L}$$

Ta có :

$$\mu = \frac{\frac{\delta P \cdot R}{2L}}{\frac{Q}{\pi R^3}} = \frac{\delta P \cdot \pi R^4}{Q \cdot 2L}$$

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế

Mà $Q = V/t$; trong đó V : thể tích của dịch lỏng (ml) và t là thời gian chảy của chất lỏng qua ống mao quản (s).

- Sự mất mát áp suất thủy tĩnh do cột chất lỏng giảm là $\delta P = \rho.g.h$

Ta có :

$$\mu = \frac{\rho g h . \pi R^4}{V . 2L} . t$$

Suy ra :

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{g h . \pi R^4}{V . 2L} . t$$

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế

Đặt $\eta = \mu/\rho$: độ nhớt động học

Và

$$\eta = \frac{gh.\pi R^4}{V.2L} .t$$

Đặt

$$k = \frac{gh.\pi R^4}{V.2L}$$

Do đó $\eta = k .t$

Khi đó muốn xác định độ nhớt động học thì chỉ cần xác định thời gian chảy của chất lỏng Newton, vì $k = \text{const}$ với các thông số đã cho.

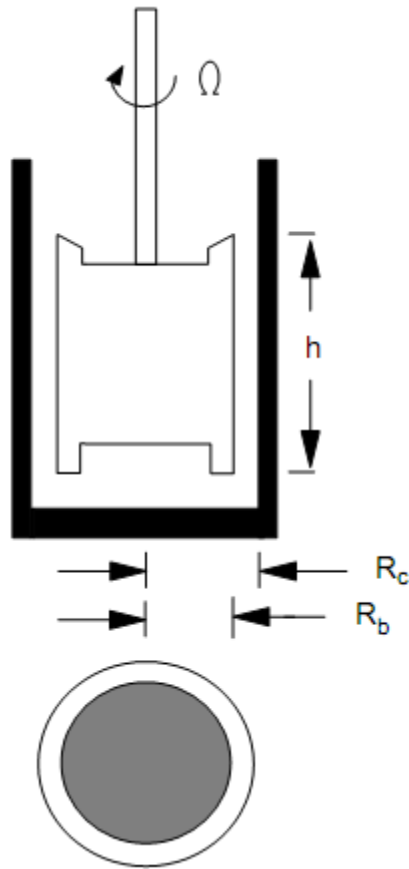
Bài tập

Một nhớt kể dạng ống có công thức tính độ nhớt theo công thức sau

$\mu = (\pi.R^4g/8V).\rho.t$ (V : thể tích của chất lỏng, R : bán kính của ống, μ : độ nhớt của chất lỏng, ρ : khối lượng riêng của chất lỏng). Coi như $\mu = K. \rho.t$, trong đó K : hằng số của nhớt kể.

1. Người đo được độ nhớt của dịch đường 20 cP (1 cP = 1 mPa.s = 10^{-3} Pa.s) ở 20°C. ở nhiệt độ này đo được thời gian chảy của chất lỏng qua ống là 4 phút 55 giây. Tính hằng số K của nhớt kể biết rằng chất tan có bản chất là Cacbonhydrate có nồng độ 0,5%.
2. thể tích của bầu chứa là 10 ml
 - a. tính lưu lượng của chất lỏng (Q)
 - b. tính bán kính R của ống mao ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)
 - c. tính vận tốc v của chất lỏng (m/s)
 - d. tính Re của quá trình chảy

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế



- nhớt kế đĩa quay :
Nhớt kế trụ đồng tâm :
trục quay với tốc độ không đổi trong chiếc cốc cố định, thiết bị đo mômen đạt được để duy trì vận góc của trục quay không đổi. sự đối kháng momen đến từ ứng suất trượt tạo nên trên trục bởi chất lỏng.

3.3. Kiểm tra độ nhớt của thực phẩm bằng nhớt kế

Momen được tính ($M = F \cdot d$)

$$M = 2\pi r h r \sigma = 2\pi r^2 h \sigma$$

Với chất lỏng Newton thì độ nhớt được tính :

$$\Omega = \frac{M}{4\pi\mu h} \left[\frac{1}{R_b^2} - \frac{1}{R_c^2} \right]$$

Trong đó :

M : momen đo được

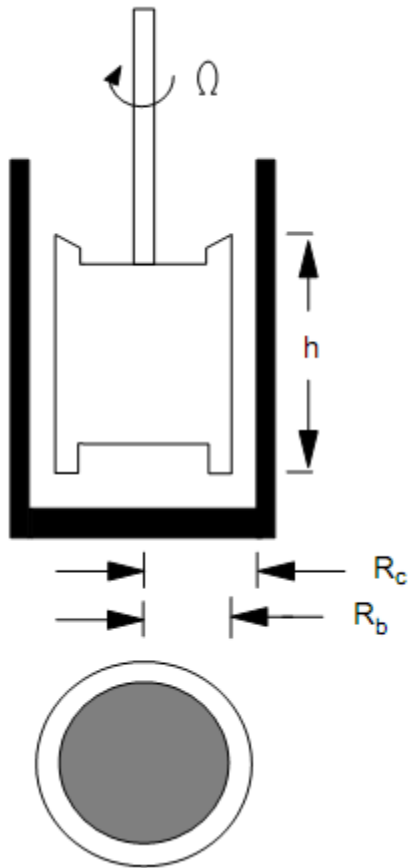
Ω : vận tốc góc quay của trụ

μ : độ nhớt của chất lỏng

H : chiều cao của trụ quay

R_b : bán kính của trụ quay

R_c : bán kính của cốc chứa



Máy đo độ nhớt tầm thấp từ 15cp đến 20 000 P

- Cách hoạt động

1. Kiểm tra cân bằng máy : nút trên đỉnh có bọt bóng nằm đúng ở vị trí tâm.
2. Chuyển sang chế độ speed hoặc spindre, bằng cách gạt cần gạt trên bảng điều khiển.
3. Khi chọn tốc độ thì đặt ở Speed, xoay nút chỉnh tốc độ, khi đó số tốc độ từ 0-100 sẽ hiện trên màn hình. Các loại cánh khuấy S61, S62, S63 và S64 có thể tích giảm dần. Chọn tốc độ và mã hiệu cánh khuấy. ứng với mỗi tốc độ và cánh khuấy khác nhau thì có một giới hạn đo khác nhau, bạn bấm vào nút Autorange máy sẽ hiện ra giới hạn thang đo.
4. Sau đó gạt cần về giữa để chạy máy.



Máy đo độ nhớt tầm thấp từ 15cp đến 20 000 P



5. Dùng cốc chứa dịch cần đo đã hiệu chỉnh về nhiệt độ cố định cho vào khung của cánh khuấy sao cho nước ngập đến vạch của cánh khuấy.
6. Lắp cánh khuấy: ren vặn ngược, một tay giữ cánh khuấy, một tay giữ trục, đẩy trục lên trên để chống quay trục, xoay ngược chiều kim đồng hồ để cánh khuấy đi vào trục quay. Lưu ý khi đưa cánh khuấy vào cốc thì cho bề mặt cánh khuấy tiếp xúc với chất lỏng ít nhất bằng cách nghiêng cánh khuấy, nhúng chìm vào chất lỏng, hạn chế việc tạo bọt bám trên thành cánh khuấy
7. Bấm Motor on để chạy máy
8. Ghi nhận kết quả khi giá trị độ nhớt không đổi (cP).
9. Kết quả = giá trị đo \pm sai số (1% giá trị + 1% giới hạn thang đo)