



كلية: الصيدلة	مقرر: الكيمياء الفيزيائية الصيدلانية
الرمز:	مدرس المقرر: د. زكي عجي

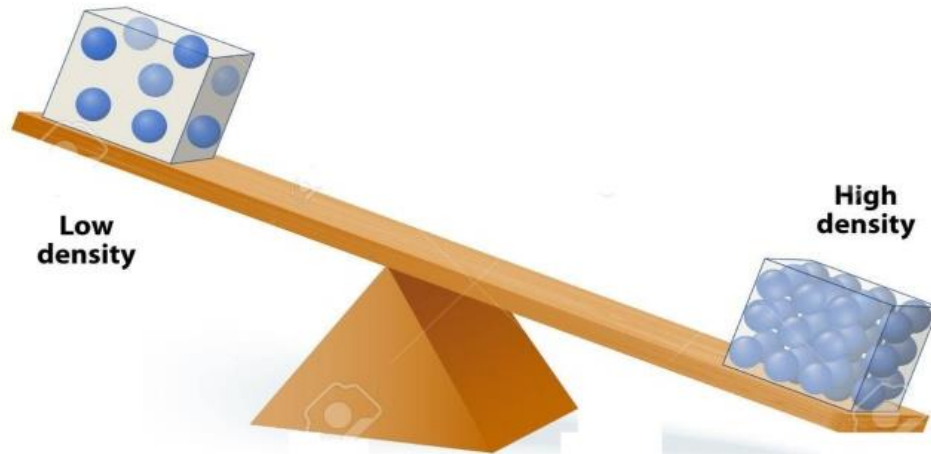


## قياس الكثافة Measurement of density

هي إحدى الخواص الهامة والمميزة للمادة ونستخدمها عادة في حياتنا اليومية فنقول أن الرصاص ثقيل والألمنيوم خفيف والمقصود هو كثافة هذين المعدنين.

تعرف الكثافة على أنها حاصل **قسمة كتلة الجسم على الحجم الذي تشغله هذه الكتلة** ولكن بشروط محددة من الضغط ودرجة الحرارة أي أنها كتلة واحدة الحجم من

المادة. The density of a substance is its mass per unit volume.



$$d = \frac{m}{v} \quad \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} = \text{الكثافة}$$

وتكون واحدتها بالجملة السغئية غرام كتلي على  $\text{cm}^3$  ولكن نستبدل الغرام الكتلي بالغرام الوزني، **علل؟**

□ لأن : 1- الفرق بينهما ثابت

2- ووزن الجسم يتناسب مع كتلته حسب العلاقة:  $P = m \cdot g$

فتكون واحدة الكثافة للأجسام الصلبة  $\text{g/cm}^3$  وللسوائل  $\text{g/ml}$  ولكن  $1\text{ml}=1\text{cm}^3$ ، فتصبح واحدة السوائل  $\text{g/cm}^3$  و الغازات  $\text{g/L}$  .

ويعبر عن الكثافة بالجملة الدولية بالكتلة الحجمية والوحدة فيها  $\text{kg/m}^3$  ويكون الفرق بين الوجدتين هو العامل 1000:

$$d' = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \gg d' = 1000 d$$

## الكتلة الحجمية :



□ هي وزن جسم مقاساً بـ (كغ) يشغل حجماً  $1\text{m}^3$ .

**فمثلاً** الماء المقطر كثافته  $1\text{g/ml}$  فتكون كتلته الحجمية 1000 في الدرجة  $+4^\circ\text{C}$  وهذا العدد الصحيح ينتج عن تعريف الملييلتر: هو حجم غرام واحد من الماء المقطر عند  $+4^\circ\text{C}$ . درجة الحرارة التي تكون عندها كثافة الماء عظمى وهي  $+4^\circ\text{C}$ .

أما كثافته عند أي درجة أخرى فتؤخذ بالنسبة إلى كثافته العظمى

وفي التطبيقات العملية دساتير الأدوية تتجنب استخدام وحدات القياس غير المألوفة وتستخدم عوضاً عنها الكثافة النوعية ( specific gravity ) أو النسبية عوضاً عنها وهي نسبة كتلة حجم من أي مادة m إلى كتلة الحجم نفسه من مادة أخرى عيارية عند الشروط نفسها أي:

$$d = \frac{m_1}{m}$$

□ وهذه المادة العيارية هي الماء بالنسبة للسوائل والجسم الصلب والهواء بالنسبة للغازات.

## تحديد كثافة السوائل



- لقياس الكثافة المطلقة لسائل يجب أن نجري القياس ضمن درجة الحرارة  $+4^{\circ}\text{C}$  لأنها الدرجة الموافقة لكثافة الماء العظمى.
- ولكن لسهولة القياس يجب العمل بدرجات حرارة مختلفة عن هذه الدرجة فنجري القياس في درجة حرارة المخبر ( $15-25^{\circ}\text{C}$ ) وفي هذه الحالة لا بد من إدخال تصحيح على كل قياس يجري بغير الدرجة  $+4^{\circ}\text{C}$ .



○ وخاصة عندما يراد معرفة كثافة السائل بدقة كبيرة كثابتة أساسية لتحديد خواصه الأخرى.

○ ويعبر عن هذا التصحيح بـ  $d_4^t$  أي النسبة بين كتلة حجم معين من السائل عند الدرجة  $t$  أي  $(m^t)$  مع كتلة نفس الحجم من الماء في الدرجة  $(W_4)$   $+4^\circ\text{C}$



ويكون لدينا بحسب ذلك :

$$d_4^t = \frac{m^t}{w_4}$$

وإذا لم يلزمنا معرفة الكثافة بدقة نكتفي بتحديد لها بدرجة حرارة المخبر وتدعى هذه القيمة بالكثافة الظاهرية:

$$d_t^t = \frac{m^t}{w^t}$$

ويمكننا معرفة الكثافة المطلقة من الكثافة الظاهرية بإدخالنا على العلاقة السابقة قيمة كثافة الماء بالدرجة  $t$  وهي  $d = w^t/w_4$  وبالتالي تصبح الكثافة المطلقة:

$$d_4^t = \frac{m^t}{w_4} \cdot D = \frac{m^t}{w^t} \cdot \frac{w^t}{w_4}$$

**ملاحظات:** أحيانا تكون نتائجنا تقريبية وخاطئة لأننا نجري القياس في الهواء ومن المفترض إجراؤه في الخلاء، وسبب الخطأ في القياس تأثير دافعة أرخميدس.

## طرائق قياس كثافة السوائل

### 1. طريقة ميزان ويستفال (Westphal balance):

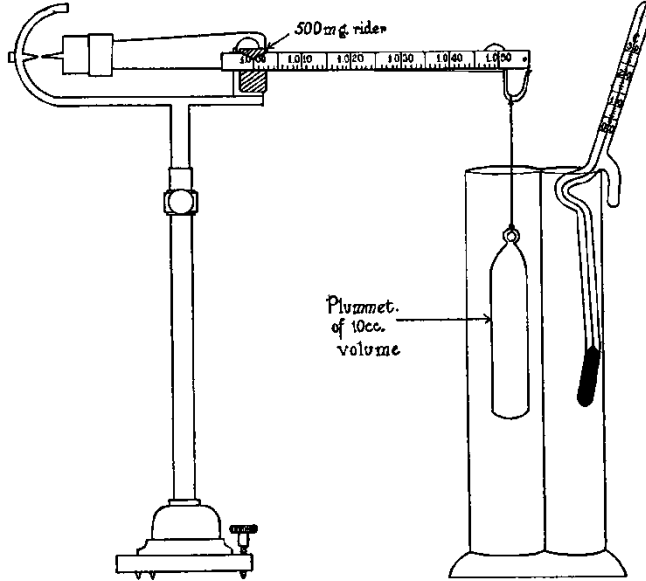
□ وضعها العالم ويستفال، وتعتمد على قانون

أرخميدس ولا تحتاج نتائج القياس بهذه الطريقة إلى علاقات رياضية وتحسب مباشرة من معرفة الأوزان المستخدمة.

□ ويسمح هذا الميزان بقياس كثافة سوائل شديدة

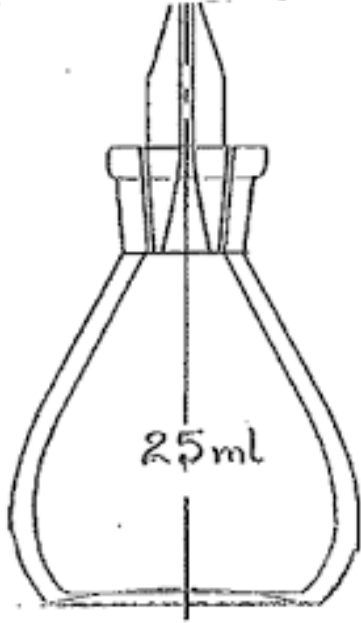
اللزوجة مثل الغليسرين وقيس بدقة عالية تصل

حتى  $0.001\text{g/ml}$ .





## 2. طريقة دورق الكثافة (Pycnometer):



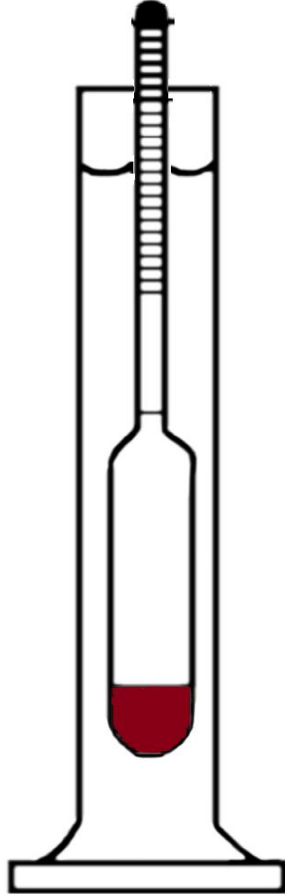
□ يمكن قياس الكثافة المطلقة والنسبية للسائل بالنسبة للماء المقطر.

□ وفي حال استعمال دورق الكثافة لابد من غطس الدورق حاوياً السائل المفحوص داخل مثبتة الحرارة وبعد ثبات الحرارة على الدرجة المطلوبة يملأ المقياس بدقة الى خط العيار ويوزن.

- يجب أن تجرى القياسات الوزنية على ميزان بدقة 0.0001g وينبغي استخدام المنظم الحراري للعمل في درجات الحرارة المطلوبة وكذلك يجب غلي السوائل وطرد الهواء منها ثم تركها تبرد بعيداً عنه قبل قياس كثافتها بأي من الطرق السابقة، **علل؟**
- لأن كثافة السوائل العضوية قد تتغير كثيراً بسبب الهواء المنحل.
  - إن تحديد كثافة السوائل يدل على نقاوتها كما أنه من الممكن بها تحديد نسبة الشوائب المنحلة الموجودة بالسائل المفحوص.

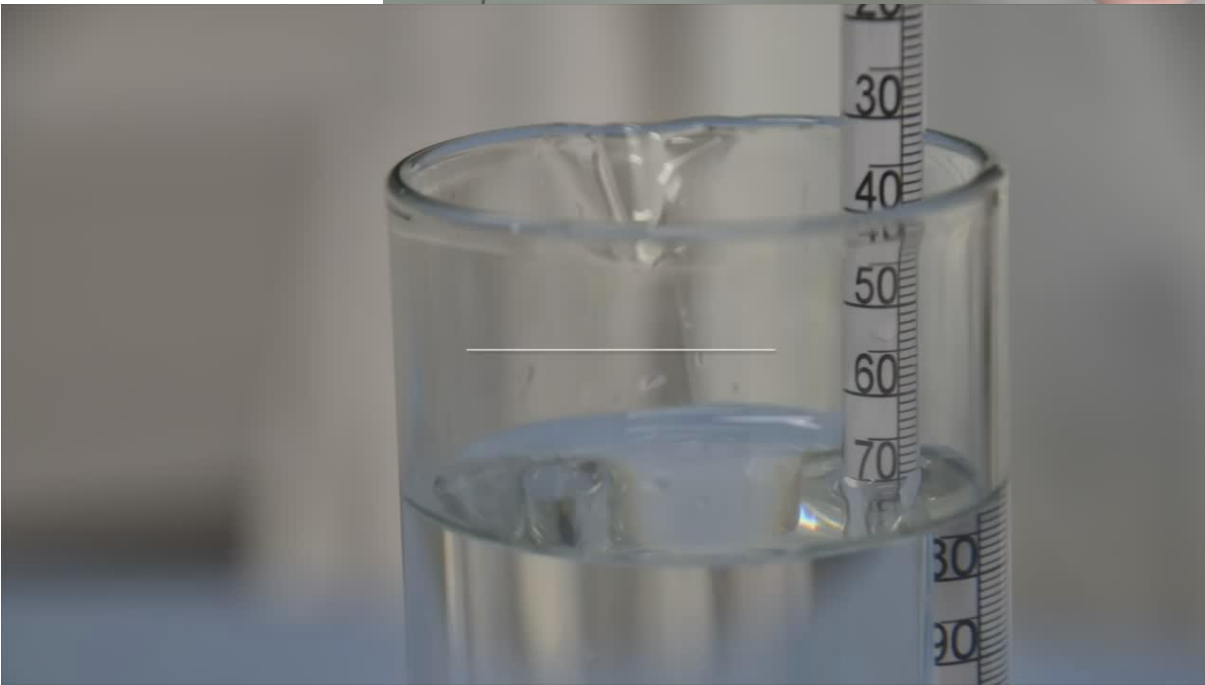


### 3. المكثاف (Hydrometer):



تقاس الكثافة النسبية للسوائل على الغالب باستخدام مقاييس الكثافة الغاطسة أو الطافية أو ما يسمى بالمكثاف: هو عبارة عن أنبوب زجاجي يوضع في جزئه السفلي قطع صغيرة كي يبقى عموديا أثناء القياس ويحتوي جزؤه العلوي الضيق على سلم تدريجات.

عندما يوضع المكثاف في سائل ما فإنه يغطس داخله إلى عمق يعتمد على كثافة هذا السائل، بعد أن نكون قد عايرنا المكثاف مسبقا بالنسبة لسائل ما، نعين الكثافة النسبية مباشرة بقراءة التدريجات على الجهاز عند سطح السائل.



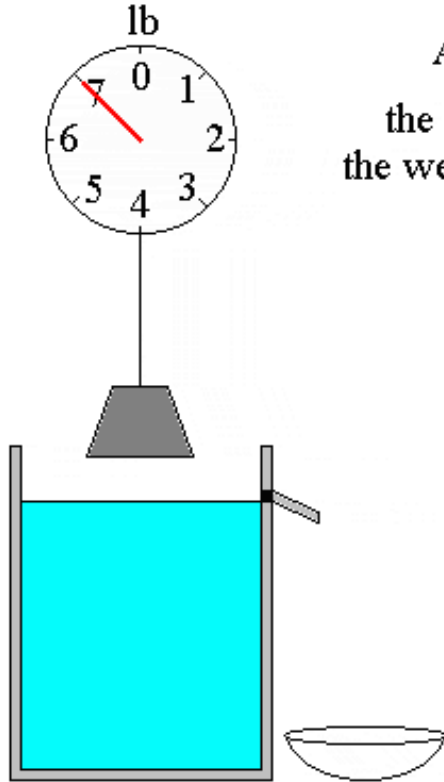
□ وتدرج هذه المقاييس عرفي بحيث يتم بغطسها في سوائل معلومة الكثافة وبدرجات حرارة معينة. بناء على ذلك إذا أجرينا القياس في درجات حرارة مختلفة عن الدرجات التي أجري فيها الترقيم يجب إدخال تصحيح وهو يعادل 0.001 لمعظم السوائل العضوية، وبذلك تنقص الكثافة بمقدار 0.001 عند ارتفاع درجة الحرارة درجة مئوية واحدة.

□ وبعض المقاييس الغاطسة لها استعمال خاص ومدرجة تدرجات خاصة كمقياس كثافة اللبن ومقياس كثافة البول ومقاييس الدرجة الغولية التي لها تدرج خاص أيضا وتُعطي الدرجة الغولية الحقيقية للأمزجة الغولية، كما أن الدرجة منها تتمثل حسب النظام الدولي بالدرجة الغولية المئوية أو ما يدعى بالدرجة المئوية لغاي لوساك حيث تعد الدرجة الغولية للغول الصرف معادلة 100 ودرجة الماء المقطر الغولية وذلك في درجة  $15^{\circ}\text{C}$  وهذه الطرق تتطلب كميات كبيرة من السائل ودقتها أقل من دقة طريقة ورق الكثافة.



## كثافة الأجسام الصلبة

إن قياس كثافة الأجسام الصلبة يتطلب وقتاً أكثر واحتياطات أقل من قياس كثافة الأجسام السائلة، ونتائج قياسه أقل دقة منها .



Archimedes' Principle  
the buoyant force is equal to  
the weight of the displaced water

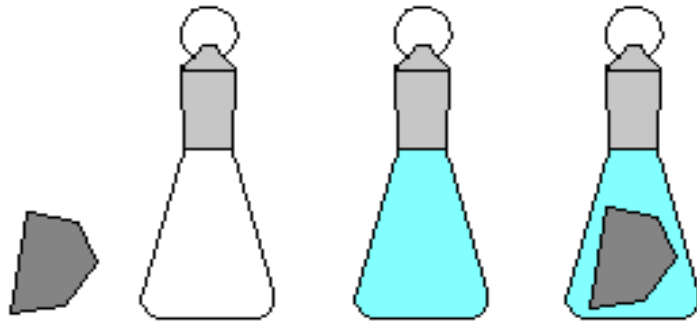
يستند مبدأ قياس كثافة الأجسام الصلبة على غطس وزن معين من الجسم الصلب داخل سائل معين وبقسمة وزن الجسم الصلب على وزن السائل المزاح به نحصل على كثافة الجسم الصلب.

## شروط السائل المستعمل (هام):

يجب أن **تقل كثافته** عن كثافة الجسم الصلب، **ألا يحله**، **ألا يتفاعل معه**، أن **يبلله** تماماً .

□ تستعمل في هذا القياس دوارق الكثافة حيث يحدد في البدء وزن الدورق وهو فارغ  $P$  وهو ممتلئ بالسائل المستعمل  $P_{liq}$  .

□ وبعد إفراغه وتجفيفه تماماً يدخل به الجسم الصلب منعماً (كمية تتراوح بين 0.5- 1g) ويوزن من جديد  $P_{sol}$  بعد ذلك يملأ مجدداً بالسائل حتى خطه العياري ويوزن من جديد  $P_{tot}$  وهكذا نرى:



$P_{sol} - P$  : وزن الجسم الصلب (sol: solid)

$P_{liq} - P$  : وزن السائل كاملاً (liq: Liquid)

$P_{tot} - P_{sol}$  : وزن الماء الذي أضيف (tot: total)

وبالتالي:

$$\text{وزن حجم السائل المزاح} = (P_{liq} - P) - (P_{tot} - P_{sol})$$

وبمعرفة كثافة السائل المستخدم  $d_{liq}$  وكثافة الماء  $D$  بدرجة حرارة القياس يكون وزن الماء المزاح بالجسم الصلب:

$$\frac{[(P_{liq} - P) - (P_{tot} - P_{sol})]}{d_{liq}}$$

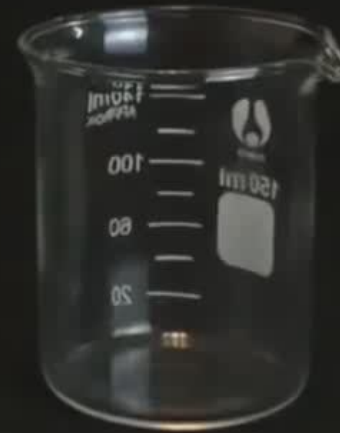
وتصبح كثافة الصلب معادلة لـ :

$$d = \frac{[(P_{sol} - P)d]}{[(P_{liq} - P) - (P_{tot} - P_{sol})]}$$

إذا كان السائل هو الماء  $D = d_{liq}$  فتصبح كثافة الصلب (لان كثافة الماء واحد تقريباً):

$$d = \frac{(P_{sol} - P)}{[(P_{liq} - P) - (P_{tot} - P_{sol})]}$$

يمكن أن تحدد بطريقة مشابهة لـ كثافة السوائل القابلة للتصلب كالبارافين وشمع العسل وذلك بصهرها حتى تطرد منها الفقاعات الغازية ثم يسكبها قطرة فقطرة فوق السائل المستعمل فتتصلب ويسهل قياس كثافتها.





## قياس درجة الانصهار Melting point

**تعرف** على أنها درجة الحرارة التي تنتقل فيها مادة ما من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة.

وتعتبر درجة الانصهار من الخواص **النوعية والمميزة** للمادة حيث تنصهر المادة النقية في درجة حرارة **ثابتة ومحددة** عند الضغط الجوي النظامي على شرط: أن ترتفع درجة الحرارة **بهدوء**، و **ألا يكون الجسم المفحوص قابلا للتخرب بحرارة القياس**.

وهي مؤشر هام على **نقاوة المادة** حيث أن :

وجود الشوائب يؤدي إلى تغير في درجة انصهار المادة.



□ وتعتمد نقطة الانصهار بشكل رئيسي على:

1. قوى التجاذب بين جزيئاتها.

2. طبيعة الشبكة البلورية.

○ وهناك ثلاثة أنواع للمواد:

1. مواد ذات درجات محددة تماماً:

تنصهر معظم المواد الصلبة عالية النقاوة بنفس درجة الحرارة (مع امكانية التقريب درجة واحدة) شرط أن ترتفع درجة الحرارة بهدوء.



## 2. مواد تنصهر بمجال حراري:

المركبات النقية تجاريا والمواد التي لا يحدث انصهارها فجأة تنصهر بمجال يمتد  $1-3^{\circ}\text{C}$  درجات مثل الفينوبارييتال الذين ينصهر بين  $174-177^{\circ}\text{C}$ .  
من المواد البلورية النقية تنصهر بمجال واسع من درجات الحرارة وذلك بسبب:

(1) ظاهرة تعدد الاشكال **POLY MORPHISM** .

(2) التحول من شكل غير ثابت للمادة الى آخر ثابت.

### 3 . مواد تمر بأطوار مختلفة:

□ هناك أجسام كالبارافين والדسم تمتد درجة انصهارها إلى الحالة السائلة عدة درجات فتمر أولاً بحالة عجينية تحدد عندها درجة الانصهار الدنيا ثم تنتقل لحالة الانصهار الكاملة والحالة السائلة وعندها تدعى بدرجة الانصهار العليا.

□ إن اختلافاً بسيطاً في الضغط الجوي لا يؤثر كثيراً على درجة الانصهار فيمكن إهماله حيث أنه تتغير درجة الانصهار  $0.0075^{\circ}\text{C}$  لكل ضغط جوي، أي أنه:

يلزم رفع الضغط بما يعادل 133 ضغط جوي لنحصل على انخفاض بدرجة الانصهار يعادل درجة مئوية واحدة. لكن ارتفاع الضغط حتى 1000 ضغط جوي وما فوق يغير درجة الانصهار بشكل ملحوظ.

توضع درجات انصهار نظامية للكثير من المركبات العضوية الدوائية والكيميائية عادة ضمن جداول متضمنة درجات الانصهار للتحقق من ذاتية المواد المختلفة، عند تحديد درجة انصهارها.

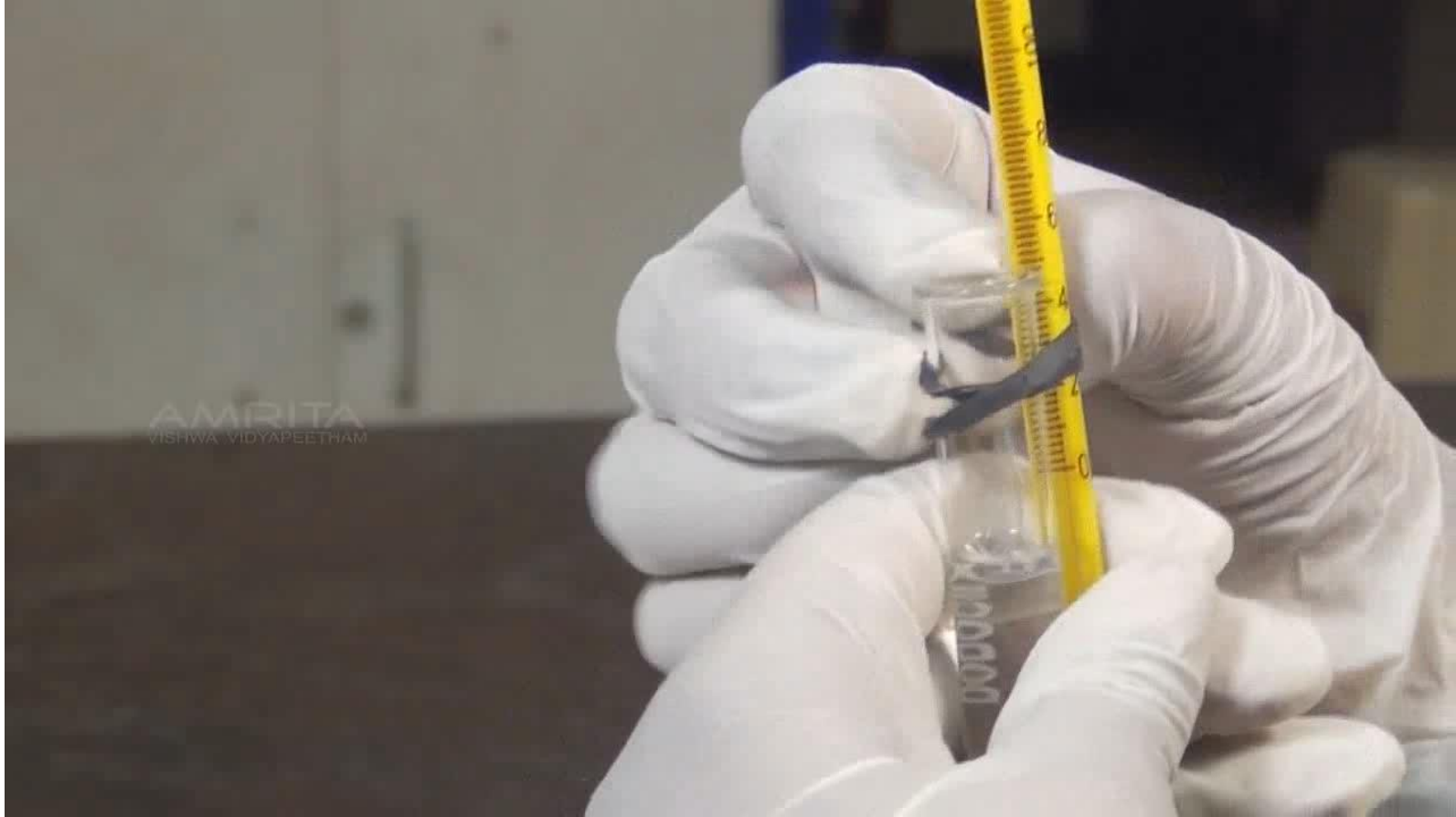
## طرائق تعيين درجات الانصهار

قبل العمل يجب اختبار سلوك المادة لمعرفة ما إذا كانت تتفكك أثناء التسخين ومعرفة خواصها المتفجرة، ويجب أن تكون المادة بشكل مسحوق ناعم وجاف تماماً لأن الرطوبة تؤثر على درجة الانصهار.

### 1. الطريقة المباشرة:

عندما تكون المادة المدروسة كبيرة نسبياً (10-20g) توضع ضمن أنبوب تجربة ويغطس في حمام حراري (مائي أو زيتي) ويغطس ضمن الأنبوب مستودع الزئبق لميزان حرارة وترفع الحرارة تدريجياً إلى أن تنصهر، ثم تسجل درجة الانصهار.

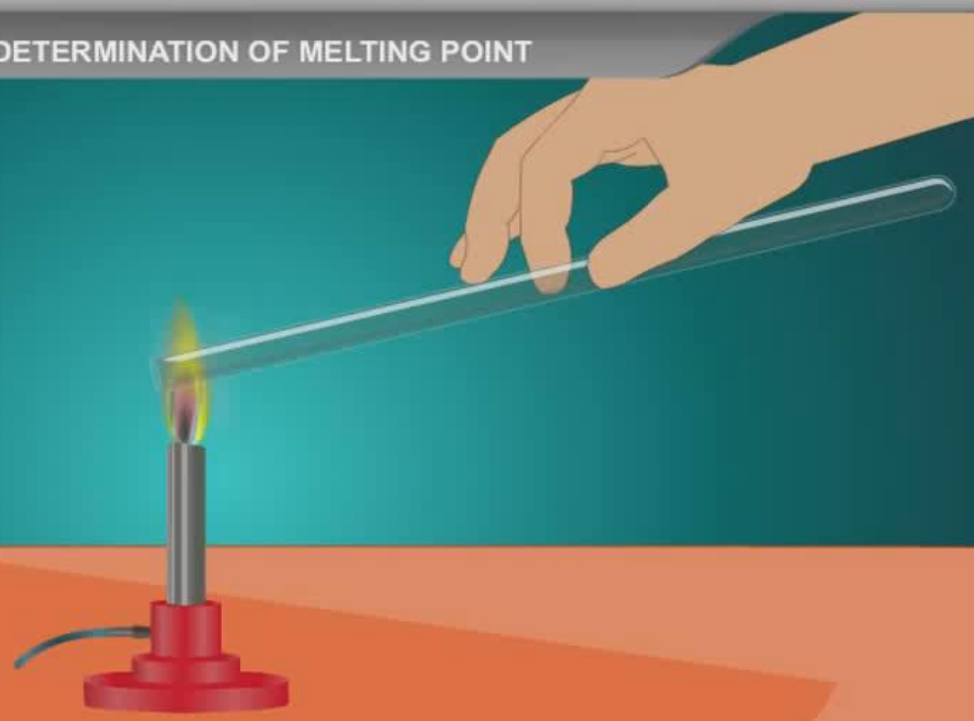
تسمح هذه الطريقة عند استعمال موازين حرارة مناسبة بتحديد درجة الانصهار بدقة تصل إلى 0.1 أو 0.01 من الدرجة.



## 2 . طريقة الأنبوب الشعري :

**Blueprint**  
EDUCATION  
Educate • Empower • Evolve

DETERMINATION OF MELTING POINT



**Procedure**

**1. Powdering the compound and filling of capillary tube:**  
a) The thin walled capillary tube is sealed from one end by heating it on gas burner for a few seconds.

Blueprint Education @ all rights reserved

وهي سهلة وشائعة الاستعمال أكثر حيث :

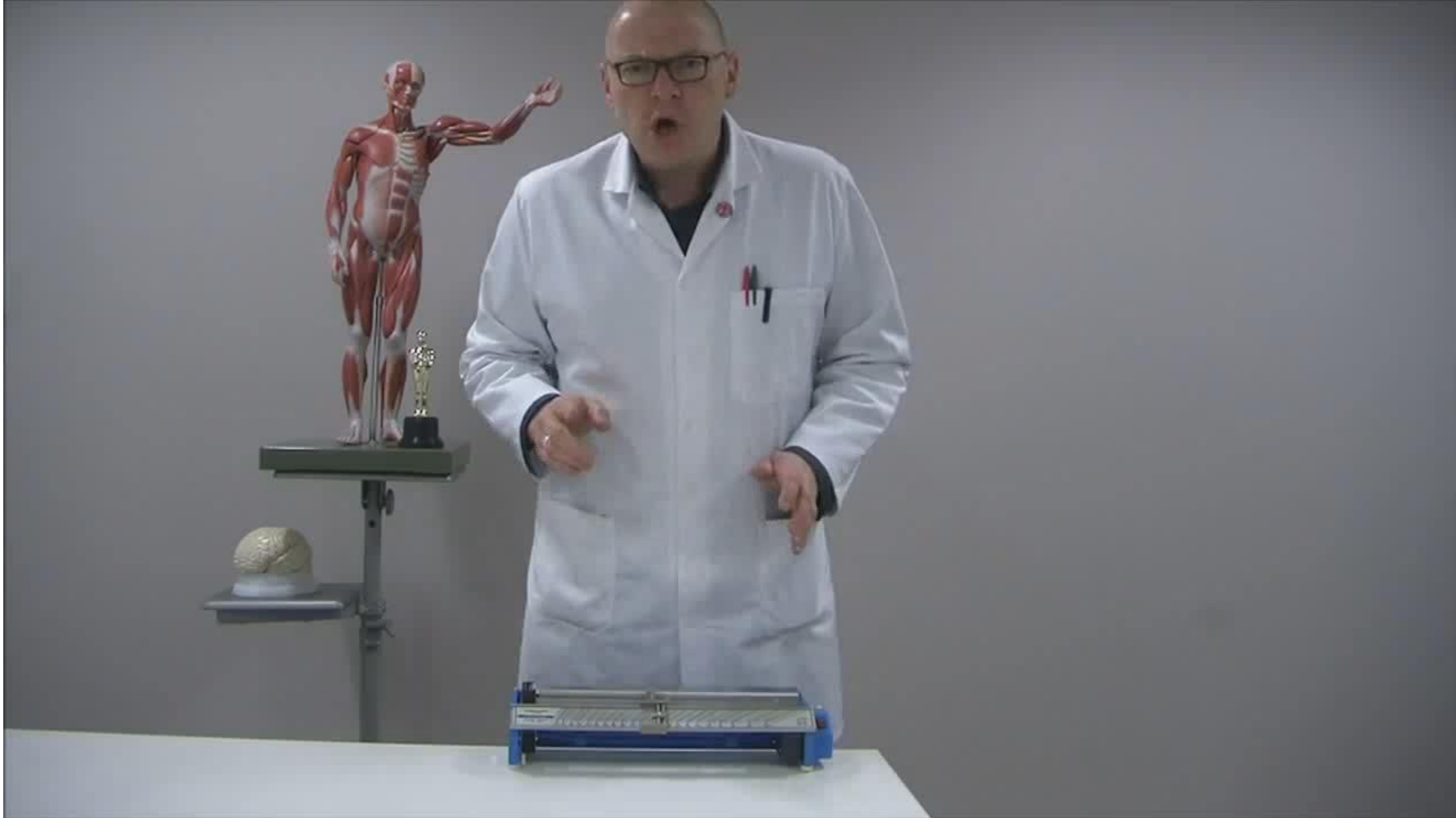
□ تدخل المادة المفحوصة المجففة والمسحوقة ضمن الأنبوب الشعري إلى داخل أنبوب شعري جاف طوله 3cm وقطره الداخلي قريب من 1mm وذو جدران رقيقة ومغلق من نهايته السفلى.

□ يجعل ارتفاع المادة بما يقارب 3mm ويثبت الأنبوب على ميزان الحرارة بشكل تكون معه المادة على مستوى منتصف مستودع الزئبق ثم يغطس داخل حمام مناسب مائي أو زيتي وترفع درجة حرارته تدريجيا إلى أن يقترب من درجة الانصهار المتوقعة بعشر درجات وعندها ينظم التسخين وبشكل ترتفع منه درجة الحرارة بمعدل  $2^{\circ}\text{C}$  بالدقيقة الواحدة.

□ ويتابع إلى أن تنقلب المادة إلى سائل منصهر، تسجل عندها درجة الحرارة.

دقة طريقة الأنبوب الشعري تتراوح ما بين  $1.5^{\circ}\text{C}$  - 1

## تعيين درجة الانصهار على السطح المسخن:





□ باستعمال **صفیحة معدنية** مسخنة ترتفع حرارتها كهربائيا أو على الغاز ويمكننا رؤية بلورات المادة **بدقة تامة** وبالتالي تحولها إلى قطيرات سائلة ومن نماذج هذه الصفائح صفائح كوفلر Kofler Bench .

□ كما يستخدم للغاية نفسها **المجهر الانصهاري** الذي يسمح بالتسخين الكهربائي مع **المراقبة المستمرة** من خلال جملة من العدسات تشبه المجهر.

□ يستخدم دستور الادوية **الفرنسي الثامن** طريقة تعتمد على **ملاحظة الانصهار الفجائي للمادة المفحوصة على صفیحة مسخنة** مثبت عليها ميزان حرارة ومناسب وتلقى عدة بلورات جافة على الصفیحة بين فترة وأخرى أثناء التسخين المتزايد للصفیحة إلى أن تنصهر البلورات بمجرد ملامستها **للصفیحة المعدنية**، تسجل هذه الحرارة وتدعى الحرارة الصاعدة.

□ بعد ذلك يتوقف التسخين ويتابع إلقاء البلورات حتى يتوقف الانصهار عند ملامسة الصفيحة تسجل عندها الحرارة وتدعى بالحرارة النازلة، وتؤخذ درجة انصهار المادة على أنها الدرجة الوسطى للحرارة بين الصاعدة النازلة.

### ملاحظات هامة

□ درجة حرارة الانصهار لها علاقة ببنية المادة وطبيعة الروابط فالبلورات الشاردية نقطة انصهارها عالية لأنه لديها روابط شاردية أما المركبات التي روابطها ضعيفة تكون نقطة انصهارها منخفضة.

أما إذا أخذنا المركبات نفسها مثل الألكانات أو الحموض الكربوكسيلية طويلة السلسلة وقارناها ببعضها نلاحظ أن :

□ السلسلة المستقيمة درجة انصهارها أقل من السلسلة المتشعبة.

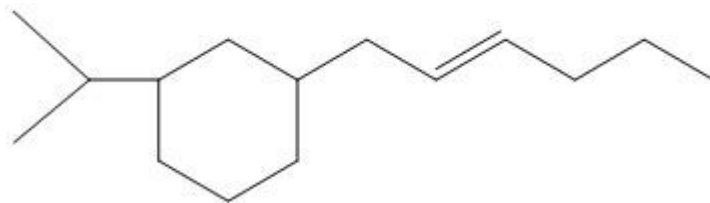
□ وأن المركبات ذات الرابطة البسيطة درجة انصهارها أعلى من الرابطة المضاعفة.

□ وأن المماكب مقرون (cis) درجة انصهاره أقل من المماكب المفروق (trans) وعندما يكون في الألكان أو الحمض الكربوكسيلي طويل السلسلة عدد ذرات الكربون زوجي يكون درجة انصهاره أعلى من الألكانات التي عدد ذرات الكربون فيها فردي وتزداد درجة الانصهار مع ازدياد الوزن الجزيئي وبالتالي مع ازدياد عدد ذرات الكربون و الروابط بين الذرات.

## سؤال هام :

لدينا المركب التالي (مماكب trans) ما هي التعديلات المقترحة على بنيته لتخفيض نقطة الانصهار؟

1) ننزع هيدروجين لتشكيل روابط مضاعفة، لأن الرابطة المضاعفة درجة انصهارها أقل.



2) نحوله إلى cis.

3) نخفف من التشعب.

4) نحول عدد ذرات الكربون إلى عدد فردي .

## مجالات استخدام نقطة الانصهار

من مجالات استخدام نقطة الانصهار **للتأكد من هوية المادة ونقاوة المادة من خلال تعيين درجة انصهار مزيج من مادتين حيث أن درجة انصهار مزيج ثنائي هي غالبا أقل من نقطة انصهار مكوناته.**

فإذا كان لدينا مواد عيارية على درجة كبيرة من النقاوة نستطيع بمزجها بنسبة معينة مع المواد المفحوصة ولكن مجهولة النقاوة من التأكد عند ثبات درجة الانصهار للمزيج أن المواد المفحوصة نقية **ويدل انخفاض هذه الدرجة على وجود شوائب.**

## قياس درجة التجمد Freezing point

تستخدم نقط التجمد السوائل أو ما يدعى بنقطة التصلب **لتحديد هوية السوائل ودرجة نقاوتها**، وأهميتها تعادل أهمية درجة الانصهار بالنسبة للأجسام الصلبة.

❖ يوضع السائل المفحوص ضمن وعاء مناسب ويغطس داخله ميزان حرارة مدرج بتدرجات موافقة وخزانه الزئبقي كامل الانغماس بالسائل ثم يغطس الجهاز في حمام مبرد (ماء مبرد، جليد، مزيج جليد وخلون...) حرارته أقل ب 5 درجات من نقطة التجمد المتوقعة.

❖ في البداية نتحاشى التحريك تماما ، وعندما تصبح درجة الحرارة أخفض بدرجة أو درجتين من الدرجة المتوقعة يحرك بشكل جيد مع دعك وحك أعضاء الوعاء الداخلية لتنشيط التجمد فيتصلب السائل وترتفع درجة الحرارة، ولتعيين درجة التجمد نأخذ درجة الحرارة الأكثر ارتفاعا والتي بقيت ثابتة خلال زمن معين.

## حادثة فوق الانصهار:

من الممكن للسوائل أن تنخفض حرارتها إلى درجات أقل من درجات تجمدها دون أن تتصلب وتدعى هذه الحادثة حادثة فوق الانصهار ويعود تأخر التجمد هذا إلى حوادث فوق الانصهار، ويمكن تلافيتها بـ:  
□ التحريك أو بإضافة بلورات من الطور الصلب.

ولهذا تجرى عملية ثانية لتحديد درجة التجمد نستخدم فيها نوى تبلور حصلنا عليها من عملية التجمد الأولى.  
تؤدي حوادث فوق الانصهار إلى انخفاض درجة التجمد عن درجة الانصهار حيث يجب أن تكونا متساويتين نظرياً.

## قياس درجة غليان السوائل Boiling point

- ترتبط درجة غليان السائل **بضغط بخاره** الذي **يزداد** مع **ارتفاع الحرارة**.
  - عندما يصبح **ضغط بخار السائل مساويا للضغط الجوي الخارجي** فإن السائل سيغلي.
  - تبقى درجة الغليان **ثابتة** طالما بقي **الضغط الخارجي ثابت** دون تغير.
- وتعرف** درجة الغليان بأنها الدرجة التي يتساوى فيها ضغط بخار السائل مع الضغط الجوي الخارجي فوق السائل، لذا يجب دائما الإشارة إلى قيمة الضغط الجوي الذي يجرى عندها تعيين غليان السائل وعندما لا نذكرها فالمقصود هو درجة الغليان النظامية أي الدرجة المحددة عند الضغط النظامي 760 ملم زئبقي (1جو).



## درجة الغليان خاصة فيزيائية تستخدم لتحديد هوية المركب ومعرفة مدى نقاوته

توجد جداول لدرجات الغليان مقاسة عند الضغط الجوي النظامي (و إلا فيشار إلى قيمة الضغط المطبق): مثلاً درجة غليان الأنتي بيرين  $319^{741}$  أي أن المركب يغلي في الدرجة 319 تحت الضغط 741 .



## تحديد درجة الغليان

تحدد درجة الغليان باستعمال **بالون تقطير** ذي سعة قريبة من  $100\text{ml}^3$  بعمود تقطير مجزأ أو مبرد عادي، عندما تكون كمية السائل قليلة  $1-5\text{ml}$  نستخدم الجهاز التالي:

□ يوضع  $3\text{ml}$  من السائل المدروس داخل أنبوب نظيف وجاف ويغلق بسدادة فيها فتحتان و شق جانبي .

□ ندخل في السدادة في الفتحة ذات الشق ميزان حرارة وفي الفتحة الأخرى أنبوب زجاجي موصول بأنبوب مطاطي للتصريف.

□ يسخن الماء تدريجياً ويراقب تغير الحرارة التي يجب أن تبقى ثابتة عند نقطة غليان السائل، ثم نسجل درجة الحرارة الملاحظة.

أحياناً نجد أن نقطة الغليان المشاهدة **أكبر قليلاً** من الدرجة الحقيقية، **علل**؟

وذلك بسبب تشكل فقاعات من البخار تحت سطح السائل مؤدية إلى ضغط مختلف عن الضغط الجوي.

لذلك ينصح بغطس ميزان الحرارة أقصى ما يمكن داخل بخار السائل المفحوص قريباً من سطح السائل فيغطي عندها مستودع الزئبق بطبقة رقيقة من السائل تكون بتماس مع بخاره ( كما ويكون في هذا الحال عمود الزئبق محمياً من حوادث التسخين بالإشعاع والآتية من المنبع الحراري).

## أما ظاهرة فوق التسخين المؤدية لتأخير الغليان كيف يمكن تلافيها؟

□ بوضع حجارة من الخفان أو اللآلئ الزجاجية التي تساعد على تنظيم الغليان وبقائه متواصلًا ، وكذلك من الضروري استخدام حمام مائي أو زيتي منعا لحدوث فرط في التسخين.

➤ عند تسجيل درجة الغليان يجري التصحيح بتحويلها إلى درجة الغليان النظامية حيث يجب أن نحددها بالنسبة لضغط جوي واحد أي 760 ملم زئبقي.

➤ ونضطر أحيانا لتحديد لها عند ضغط غير قياسي، وكل اختلاف في الضغط الجوي يؤدي إلى اختلاف في درجة الغليان وبالتالي يجب إجراء تصحيح عبر العلاقتين التاليتين:

$$\Delta T_1 = 3/80(760 - B)$$

$$\Delta T_2 = 3/80(B - 760)$$

- حيث يضاف  $\Delta T_1$  إلى درجة الغليان الملاحظة عند الضغط B الأصغر من الضغط القياسي
- ويطرح المقدار من درجة الغليان الملاحظة إذا جرى القياس عند ضغط أكبر من الضغط القياسي.

توجد جداول تعطي التصحيح الواجب الأخذ به لكل درجة غليان وذلك مع اختلاف الضغط الجوي.

يدخل بعد ذلك تصحيح آخر يعود للخطأ الناتج عن وجود جزء من عمود  
الزئبق خارج منطقة البخار وذلك من العلاقة :

$$\Delta T = + 0.00016(T - T_a)N$$

حيث

T: هي درجة الغليان الملاحظة بالدرجات المئوية.

T<sub>a</sub>: درجة الحرارة خارج البالون بالقرب من عمود الزئبق بالدرجات المئوية.

N: عدد درجات عمود الزئبق خارج البالون.

## مقياس اللزوجة Viscometer

عندما تتحرك أي مادة على سطح ما فسيعيق حركتها الاحتكاك، وإذا كانت المادة سائلة فإن الاحتكاك يسبب تأثيرا يدعى اللزوجة.

A **viscometer** (also called **viscosimeter**) is an instrument used to measure the viscosity of a fluid. For liquids with viscosities which vary with flow conditions, an instrument called a rheometer is used. Thus, a rheometer can be considered as a special type of viscometer.

### تعرف لزوجة سائل

تعرف لزوجة سائل ما بأنها المقاومة التي تعترض رحيل جزء من كتلته بالنسبة لجزء آخر منها مقدرة بالدينه/سم<sup>2</sup> وهي القوة اللازمة لتحريك طبقة سائل ساحتها ١ سم<sup>2</sup> بسرعة ١ سم/ ثا بالنسبة لطبقة تفصلها عن الطبقة الأولى مسافة ١ سم.

اعتبر نيوتن حركة سائل ما **مشابهة لحركة انزلاق** يمكننا التصور من خلالها أن السائل **ينقسم لعدة طبقات** تتحرك بشكل **متوازي وبنفس الاتجاه** ولكن **بسرعات مختلفة**، ويمكن اعتبار حركة السائل أنها **انزلاق لمختلف طبقاته بعضها على بعض** والطبقة **الأبعد عن سطح التماس** تملك **السرعة الأكبر**، بينما تملك **الطبقة الأقرب** لسطح التماس **السرعة الأبطأ**، وتتحرك باقي الطبقات **بسرعات متدرجة** بين هاتين السرعتين.

فإذا كان السائل يجري داخل أنبوب اسطوانى فإن الاحتكاك يظهر في جوار جدران الأنبوب، وتكون السرعة في هذه الحالة **أعظمية على طول محور الأنبوب و أصغرية قرب الجدار**، ويصبح **تدرج السرعة إهليلجياً وليس خطياً**.



## عامل اللزوجة

يقيس عامل اللزوجة الاحتكاك الداخلي الناتج عن مقاومة الارتحال والسيلان، وتنتج قوى الاحتكاك:

- إما عن الفعل المتبادل بين هذه الطبقات التي تنزلق بعضها عن بعض
- أو إلى القوى ما بين جزيئات السائل نفسه

مع ملاحظة أن هذه القوى في سائل ساكن لا يظهر لها أثر وتبدو متعادلة ولا تظهر إلا عند تحريكه أو تغيير شكله لسبب ما.

إن نيوتن هو أول من اكتشف أن قوى العمل اللازم للتغلب على الاحتكاك الداخلي في سائل ما أثناء الحركة، تختلف عن قوى الاحتكاك الخارجي لجزيئات السائل مع أعضاء الوعاء، وصاغها بالفرضية التالية:

إن قوة الاحتكاك  $F$  ما بين سطوح المستويات المتوازية في سائل ما متناسبة مع سطح التماس  $A$  ومع اختلاف السرعة بالنسبة إلى وحدة المسافة بين هذه المستويات .

$$F = A \frac{dv}{ds} \eta$$

حيث :

$A$ : سطح التماس

$\eta$ : ثابت التناسب أو معامل اللزوجة، ويعتمد على طبيعة السائل وعلى القوى ما بين الجزيئات.

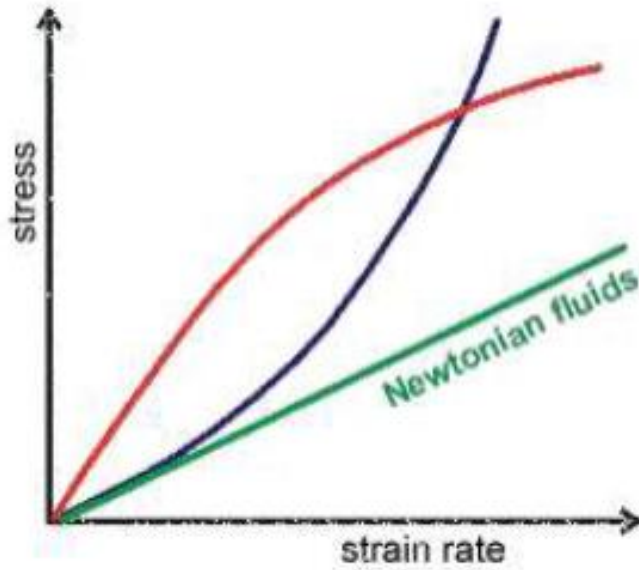
إن السوائل التي تحقق هذه العلاقة تدعى بالسوائل النيوتونية، ويمكن التوضيح بالشكل التالي:

عند تحديد لزوجة سائل ما بقياس الزمن اللازم لسيلان حجم معين منه داخل أنبوب تتناسب طردا مع  $V$  شعري تحت ضغط معين وحرارة معينة، نجد أن سرعة السائل الضغط المطبق عليه  $P$  :

$$P = \frac{K}{\eta} \nu$$

حيث:

K: ثابتة تعتمد على مقياس اللزوجة المستخدم،  
فإذا رسمنا الخط البياني الممثل لسرعة السيالان  
بالنسبة إلى اختلاف الضغط نحصل (عند انطباق  
علاقة نيوتن السابقة على السائل المدروس)  
على "خط مستقيم"، ونكون بصدد حالة سوائل  
نيوتونية newtonian fluids مؤلفة جزيئاتها  
من كرات منتظمة، وعلى العكس عندما تكون  
جزيئات السائل غير كروية نحصل على "منحني"  
وتكون السوائل غير نيوتونية.



- السوائل النيوتونية : الماء، البنزين ،  $CCl_4$  ، الهكزان ، الحليب ، العسل .
- السوائل غير النيوتونية : الكاتشب ، المربى ، البلاستيك المزيف أو الكاذب .

## واحدات الزوجة

### في الجملة الدولية :

البوازوي، تمثل لزوجة سائل يجب أن نطبق عليه قوة قدرها 1 نيوتن على المتر المربع للحصول على اختلاف في السرعة قدره 1م/ثا بين سطحين يبعدان عن بعضهما 1م.

### في الجملة السغثية :

البواز، تمثل لزوجة سائل يجب أن نطبق عليه قوة قدرها 1 دينة على السنتيمتر المربع للحصول على اختلاف بالسرعة قدره 1سم/ثا بين سطحين يبعدان عن بعضهما 1سم. يستخدم عادة جزئه المدعو "سانتي بواز".

**واحدة اللزوجة المطلقة الحركية** في الجملة السفئية هي "الستوكس"، وتعتبر عن اللزوجة المطلقة الحركية لسائل قوته اللزوجية المطلقة 1 بواز وكتلته النوعية 1 غ/سم<sup>3</sup> وكتلته النوعية 1 غ/سم<sup>2</sup> وبمعنى آخر:

اللزوجة المطلقة الحركية = القوة اللزوجية المطلقة للسائل المدروس / كثافته

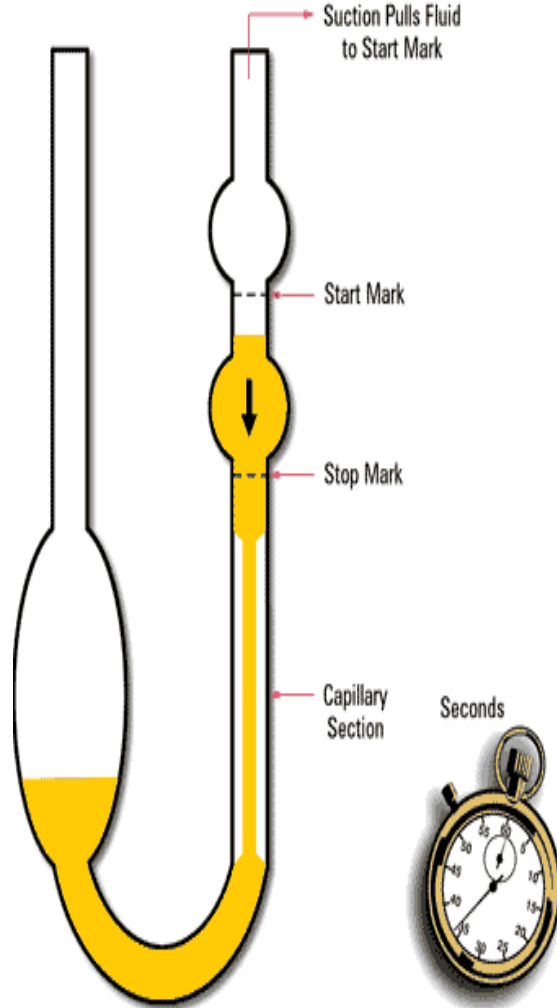
**جزء الستوكس المستعمل:** « سانتى ستوكس » تبلغ لزوجته الماء حوالي 0.1 بواز في الدرجة 20°C، لزوجة زيت الزيتون 0.98 بواز، الغليسرين 15 بواز. إن لزوجة المحاليل (محاليل المركبات كبيرة الوزن الجزيئي) تتعلق بتركيز هذه المحاليل فهي تزداد بازدياده. تتعلق لزوجة السوائل بدرجة الحرارة فعند ارتفاع الحرارة تتناقص اللزوجة، وتتغير اللزوجة عادة بمقدار 2% عند ارتفاع الحرارة بمقدار 1°C.

## طرق وأجهزة قياس اللزوجة

### (a) طريقة الأنبوب الشعري:

يستعمل لقياس لزوجة السوائل النيوتونية

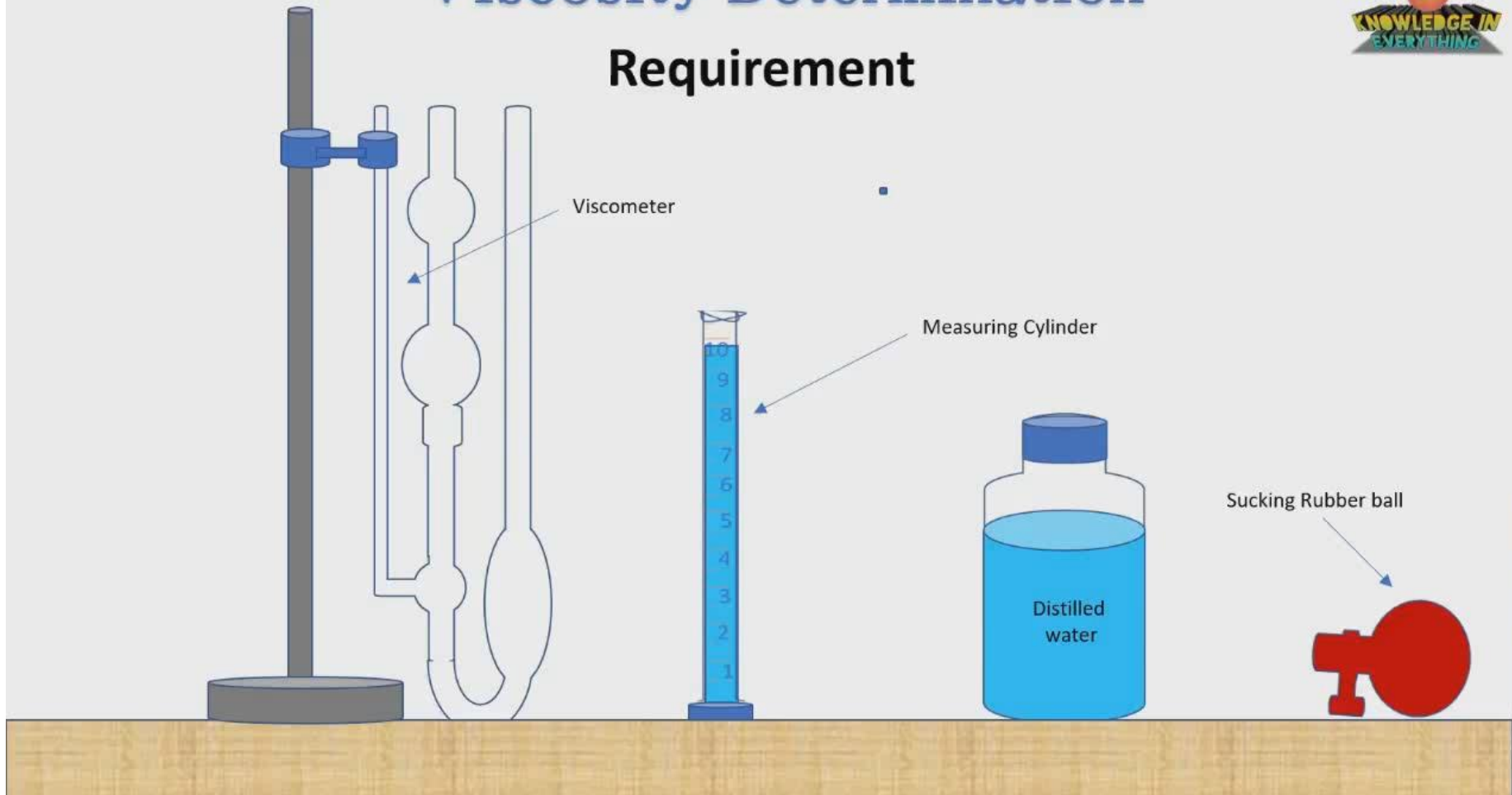
#### المبدأ:



تحديد سرعة انسياب السائل المدروس داخل الأنبوب الشعري. إن حجم السائل المار في الأنبوب في وحدة الزمن يتناسب طرذاً مع القوة الدافعة (الضغط  $\times$  نصف قطر الأنبوب) وعكساً مع لزوجة السائل وطول الأنبوب.

# Viscosity Determination

## Requirement





## **Aim**

- 1- Determine the absolute viscosity coefficient for different concentrations of the sucrose solution**
- 2- determine the unknown concentration (from the graph)**
- 3- calculate the radius of sucrose molecule (from the graph)**

$$\frac{v}{t} = \frac{P \cdot \pi \cdot r^4}{8\eta \cdot L} \longrightarrow \eta = \frac{P \cdot \pi \cdot r^4 \cdot t}{8v \cdot L}$$

الضغط  $P$  الذي ينساب به السائل داخل الأنبوب الشعري يتعلق بـ :

■ كثافة السائل  $d$

■ تسارع الثقالة الأرضية  $g$

■ المسافة التي يقطعها السائل (متوسط ارتفاع السائل  $\Delta h$ )

$$P = \Delta h \cdot g \cdot D$$

بتبديل قيمة الضغط في العلاقة السابقة نحصل على:

$$\eta = \frac{\Delta h \cdot g \cdot \pi \cdot r^4 \cdot t}{8 \nu L} \frac{d}{d \cdot t}$$

التحديد العملي للزوجية بهذه الطريقة يتم بمقياس الزوجية Ostwald حيث يقاس الزمن اللازم لمرور حجم معين من السائل داخل أنبوب شعري واجتياز المسافة بين اشارتين محددتين على المقياس.

## كيفية القياس بالجهاز:

- ينظف الجهاز بالمزيج السلفوكرومي ثم يغسل بالماء المقطر ويجفف بتيار هوائي.
- بعدها يدخل حجم معين مقاس من السائل 10-30 سم ٣ داخل حبابة الجهاز الكبيرة ثم يوضع الجهاز عموديا داخل مثبتة حرارة دقيقة.
- وبعد ثبات الحرارة يمس السائل باستعمال أنبوب مطاطي مناسب مثبت على النهاية العلوية إلى أن يصل مستواه إلى خط العيار العلوي فوق الحبابة الصغيرة.
- يترك السائل ينساب مع تحديد الزمن اللازم لقطع المسافة بين خطي العيار العلوي والسفلي، تكرر العملية الأخيرة عدة مرات إلى أن نحصل على الزمن نفسه 4-5 مرات متتالية ومن الزمن اللازم يمكن حساب لزوجة السائل المدروس.

عند القياس بهذه الطريقة فإن حجم السائل  $V$  وطول الأنبوب  $L$  وارتفاع السائل  $\Delta h$  هي العوامل معروفة نتركها في العلاقة كثابتة  $K$  تتعلق بالجهاز، وتصبح العلاقة:

$$t \cdot d \cdot k = \eta$$

$t$ : زمن الانسياب

$d$ : كثافة السائل

ويمكن الحصول على  $k$  من المصنعين أو تحسب باستعمال سوائل عيارية شاهدة ترفق بالجهاز.

إن تحديد **اللزوجة المطلقة** أمر صعب، لذلك نلجأ عادة لتحديد اللزوجة النسبية وذلك بقياس لزوجة السائل المفحوص بالنسبة لسائل آخر معلوم اللزوجة والكثافة، فإذا حدد زمن انسياب السائل الأول  $t_1$  وزمن انسياب السائل الثاني  $t_2$  فإن ثبات الأنبوب المستخدم (أي ثوابت المقياس) يسمح لنا بكتابة:

$$\eta_2 = K \cdot d_2 \cdot t_2 \quad \text{و} \quad \eta_1 = K \cdot d_1 \cdot t_1$$

و منه :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 \cdot t_1}{d_2 \cdot t_2}$$

وهي لزوجة الأول بالنسبة للزوجة الثاني أي اللزوجة النسبية.

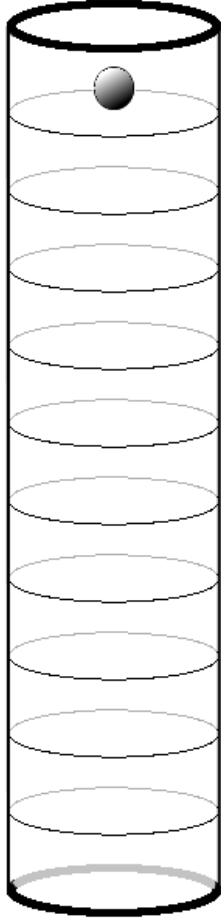
□ أما إذا استخدمنا الماء كسائل عياري تكون  $d_2=1$  وإذا تم القياس في الدرجة  $20^{\circ}\text{C}$  تكون لزوجة الماء تساوي 1 سنتي بواز، وتصبح اللزوجة النسبية: 0.01 .

□ من الممكن استخدام سوائل عيارية أخرى كرباعي كلور الفحم والبنزن.

### مساوى الجهاز :

- (1) لا يمكن استعمال الأجهزة ذات الأنابيب الشعرية لقياس لزوجة المحاليل الغرويدية دون إدخال تصحيح مناسب بسبب حدوث اختلاف قد يكون كبيراً بزمان السيالان ما بين محلول الغرويد والمحل نفسه.
- (2) هذه الأجهزة قد تدخل خطأ عند تحديد لزوجة سوائل غير نيوتونية لأن قوى الانزلاق لا تتم في مثل هذه السوائل بتجانس.

## (b) طريقة السقوط الحر:



تعتمد على تحديد سرعة سقوط جسم صلب كروي داخل السائل  
وتعطى سرعة سقوطه بعلاقة ستوكس:

$$V = \frac{2r^2(d_1 - d_2) \cdot g}{9\eta}$$

حيث :

$r$  : نصف قطر الكرة

$d_2$  : كثافة السائل

$g$  تسارع الثقالة الأرضية.

$V$  : سرعة السقوط

$d_1$  : كثافة الجسم الكروي

$\eta$  : لزوجة السائل




ومن هذه العلاقة تحسب لزوجة السائل:

$$\eta = \frac{2r^2(d_1 - d_2) \cdot g}{9\nu}$$

فيكفي تحديد سرعة الكرة لتحديد لزوجة السائل، ومما يجدر إضافته هو عامل تصحيح مناسب لحذف تأثير الجدران الداخلية للوعاء وقعره على سرعة السقوط. عندما نستعمل نفس الكرات والأنابيب نستعمل العلاقة المبسطة التالية لحساب اللزوجة:

$$\eta = k \cdot (d_1 - d_2) t$$

**K** ثابتة الجهاز التجريبية (تحدد لكل جهاز)، **t** زمن السقوط بين نقطتين محددتين بالثانية.



**Objective:** To determine the absolute and kinematic viscosity of Newtonian fluid (water) at atmospheric pressure as a function of temperature by Haake Falling Ball Viscometer.



## (c) فحص تصرف السائل المفحوص (الجهاز التدويري):

يتم داخل أسطوانتين متركزتين داخل بعضهما إحداهما ثابتة والأخرى متحركة، حيث يتم



وضع السائل ضمن الأسطوانة

و يغمس المغزل في السائل

و تقاس القوة اللازمة لتحريك

المغزل ومن ثم تطبق قوانين

يتم من خلالها حساب اللزوجة.

يستخدم هذا الجهاز كثيراً في

معامل الأدوية.

## تطبيقات قياس الزوجة في الصيدلة

تكون التطبيقات غالباً **كيفية** وليست كمية حيث نستخدم قياس الزوجة في:

1 . صناعة المستحلبات والكريمات والمعاجين.

2 . صناعة الكبسولات وهي هامة جداً:

حيث أن الكبسولات مصنعة من الجيلاتين ويتم تصنيعها بواسطة لوح معدني تثبت عليه دبابيس تغمس في الجيلاتين ثم تسحب.

تكون سماكة الكبسولة متعلقة بلزوجة الجيلاتين و التي يجب تحديدها بدقة حيث أنه كلما كانت اللزوجة عالية أصبحت الكبسولة سميكة ويصبح تحرر المادة الدوائية منها بطيء مما يؤثر على فعالية الدواء.

3 . قياس اللزوجة هام لتشكيل قوام معين للتحاميل و الكريمات والمراهم:

حيث أن اللزوجة تؤثر على:

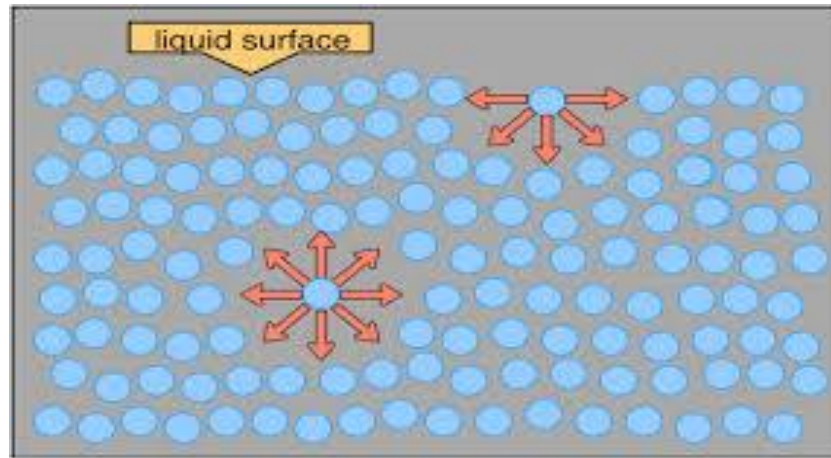
❖ تأثير الدواء و صعوبة أو سهولة التحرر الدوائي.

❖ صعوبة أو سهولة تطبيق الدواء (الكريمات، المراهم، ...).

## التوتر السطحي : Surface Tension

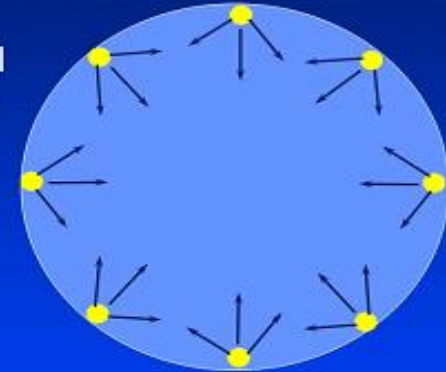






## Surface Tension

- Water drops are round because all the molecules on the edge are pulled to the middle.



# قياس التوتر السطحي للسوائل (Surface tension)

تعريف :

الخاصة الأهم للسطح الفاصل بين السائل والغاز.

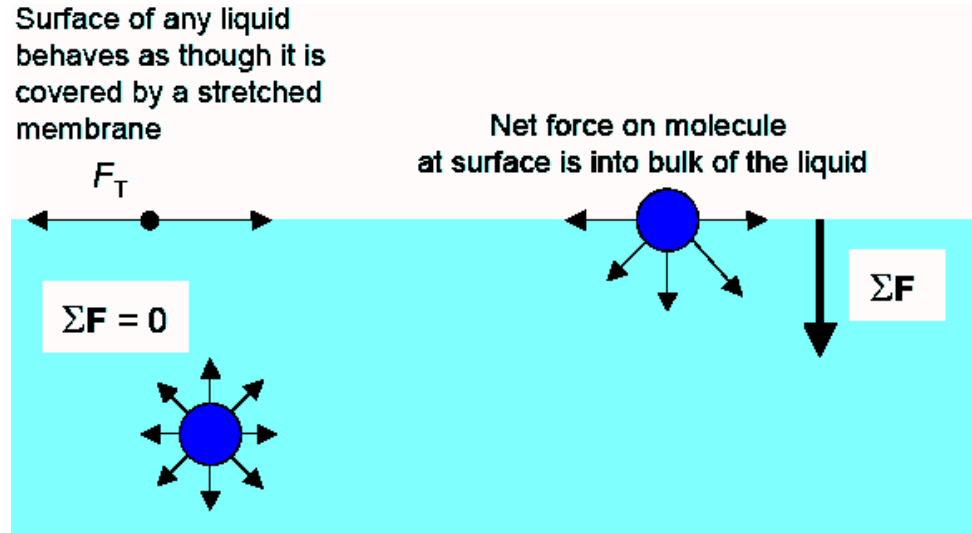
◀ ولفهمه سنلجأ لدراسة حالة جزيئات الطبقة السطحية في سائل يتلامس

مع الهواء أو بخاره المشبع.

◀ حيث توجد هذه الجزيئات في

شروط مميزة بالمقارنة مع

كتلة السائل الأخرى.

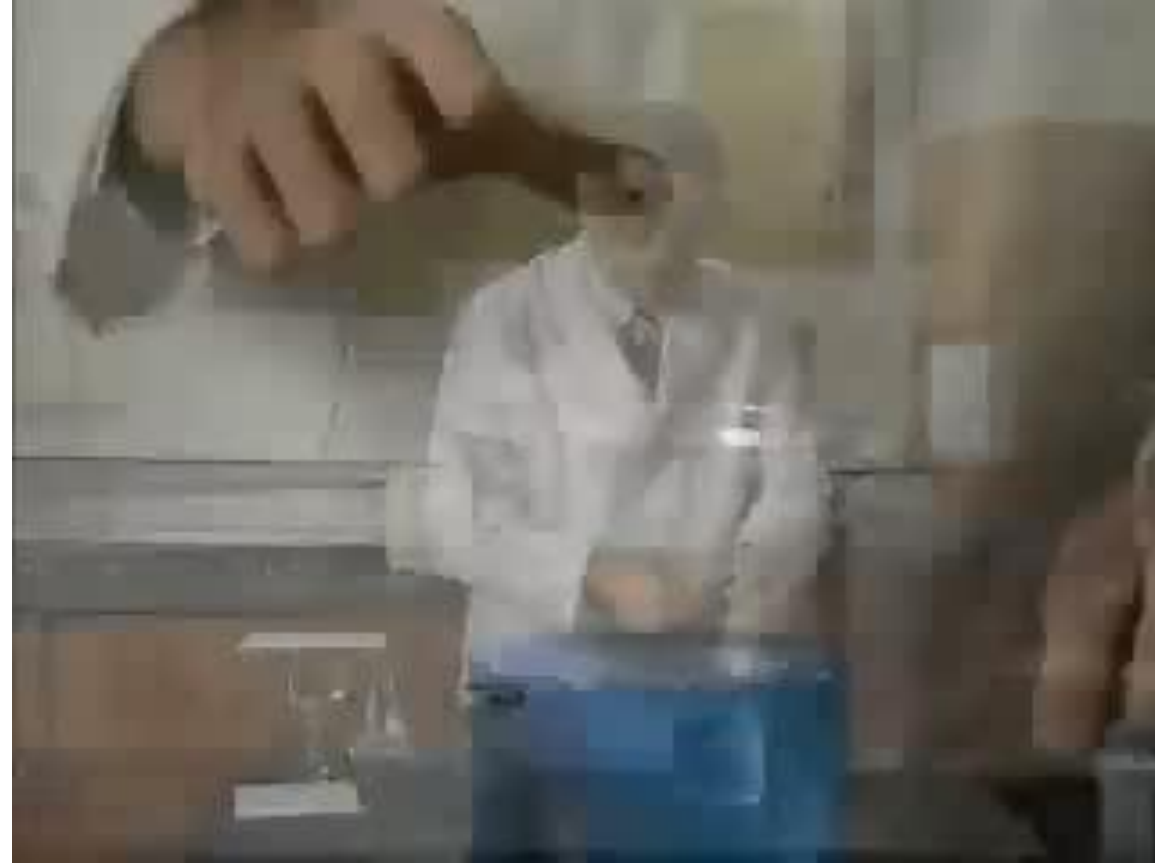


تنشأ هذه الشروط بسبب أن الجزيئات السطحية تخضع لقوى تجاذب **غير متكافئة** من قبل السائل والغاز ( بخلاف الجزيئات الموجودة في أعماق السائل والتي تخضع لقوى تجاذب من قبل جاراتها المتوضعة منها على مسافة تساوي نصف قطر كرة تأثير القوى الجزيئية وهذه القوى يوازن بعضها بعضاً لذلك محصلتها معدومة) ولكن الحال مختلف بالنسبة لجزيئات الطبقة السطحية لأن جزءاً من كرة التأثير يقع في الطور الغازي ومحصلة قوى التجاذب متجهة نحو داخل السائل (وتكون عمودية على السطح)، **علل؟**

✓ بسبب أن كثافة الهواء أقل من كثافة السائل.

إذا جزيئات السطح تكون تحت تأثير قوى تسعى لسحبها نحو الداخل ( نحو السائل ) وهذا يؤدي لأن يسعى سطح السائل دوماً لأن يتقلص، ويفسر على هذا الأساس الشكل الكروي للقطرة.





فلكي نزيد سطح السائل لا بد أن نبذل عملاً خارجياً ينقل الجزيئات من داخل السائل إلى سطحه، **معاكسين بذلك قوى الشد نحو الداخل**، ويتحول هذا العمل المصروف في عملية زيادة مساحة سطح السائل إلى طاقة كامنة تختزنها جزيئات الطبقة السطحية على شكل **طاقة سطحية تدعى عندما تنسب إلى واحدة المساحات باسم التوتر السطحي**.

**بتعريف آخر:** يمكن اعتبار السائل وكأن سطحه محاط بغشاء مرن مشدود خاضع لضغط تخيلي يدعى التوتر السطحي.

**ويعرف** التوتر السطحي بأنه القوة مقدرة بالدينه اللازم تطبيقها على طول 1 سم من محيط سطح سائل من أجل معادلة هذا التوتر.

واحدة التوتر السطحي في الجملة الدولية دينه/سم

يعتمد التوتر السطحي على :

طبيعة السائل، درجة الحرارة، السطح الذي يحد السائل.  
يبلغ التوتر السطحي للماء 72.8 وللبنزين 28.9 وللزئبق 471.6 عند درجة الحرارة 20.  
يؤدي ارتفاع درجة الحرارة إلى تناقص التوتر السطحي للسائل (بسبب إضعاف الروابط بين الجزيئات) وفق علاقة خطية ويصبح مساويا للصفر عند درجة الحرارة الحرجة.

يعتمد التوتر السطحي للمحاليل على:

طبيعة المذيب، طبيعة المادة (رافعة أو خافضة للتوتر السطحي)، تركيز المادة المذابة (فهو يتغير بشدة عند إذابة المواد المختلفة في السوائل).

ننتبه أثناء امتحان العملي إلى ضرورة تحديد قيمة التوتر السطحي على المخطط البياني قبل إضافة المادة الخافضة أو الرافعة للزوجة.

### التركيز الجزيئي الحرج:

التركيز للمادة الخافضة للتوتر السطحي الذي لا ينقص بعد التوتر السطحي مهما زدنا من التركيز، بسبب توضع العوامل الفعالة على السطح على كامل سطح المادة المراد قياس توترها السطحي، لذا نستعمل كميات قليلة من المواد الخافضة للتوتر السطحي في الصناعة.

## طرق قياس التوتر السطحي

طريقة ساكنة: ◀

يتم فيها تحديد التوتر السطحي لسطح ثابت لا يتغير أثناء القياس ويبقى دوماً بحالة توازن مع الطور السائل .

Step  
2/6

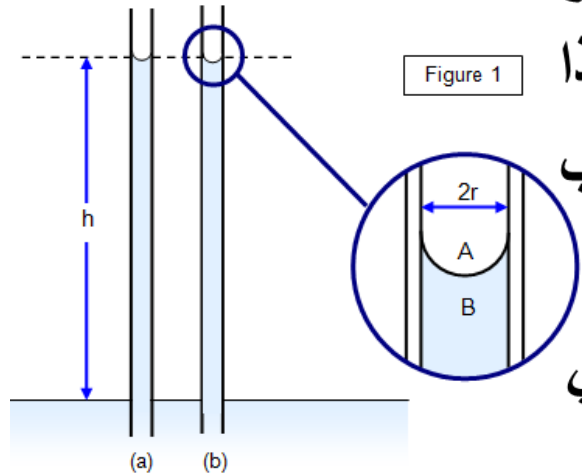
## طريقة حركية: ◀

يقاس بها التوتر لسطح بحالة تمدد أو تقلص مع كون توازنه مع الطور السائل متغيراً باستمرار أثناء القياس. في حال السوائل النقية لا نجد فرقا كبيرا بين التوتر الساكن والحركي، أما في حال محاليل العوامل الفعالة على السطح وخاصة ذات الوزن الذري العالي فنجد فرقا واضحا بين التوترين، و بالتالي يجب أن نختار الطريقة المناسبة لكل حالة. يستخدم طرق عدة لقياس التوتر السطحي نذكر منها ما يلي:

## طريقة المقياس الشعري:

الطريقة المثلى لتحديد التوتر السطحي للسوائل النقية، مبدؤها قياس ارتفاع السوائل داخل أنبوب شعري في شروط محددة.

يجب أن تكون الأنابيب نظيفة وأن تبطل جدران الأنبوب جيداً بالمادة.

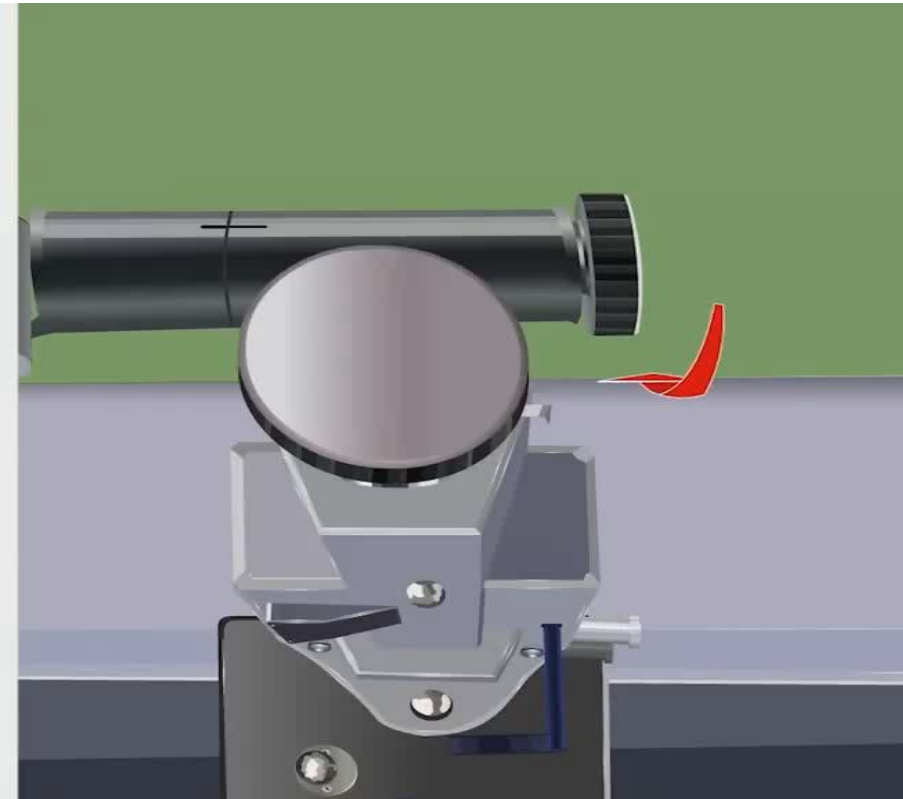
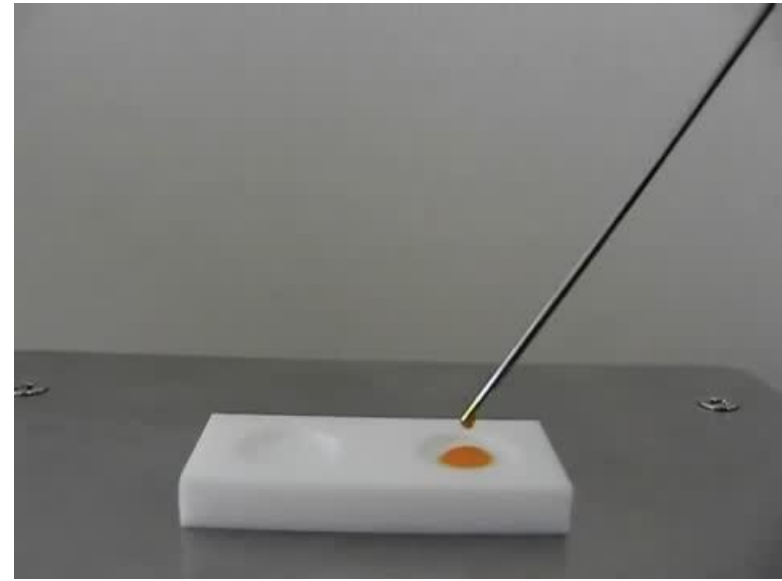


عند غمس أنبوب زجاجي رفيع في سائل ما فسوف يرتفع مستوى هذا السائل فوق سويته في الوعاء الخارجي إذا كان يبطل جدران الأنبوب وسوف يشكل داخل الأنبوب سطحاً فاصلاً منحنياً نتيجة تقعره للأعلى.

العلاقة بين ارتفاع السائل في الأنبوب وتوتره السطحي هي

$$Q = \frac{1}{2} h \cdot d \cdot g \cdot r$$

حيث : H : ارتفاع السائل ، d : كثافته ، g : تسارع الثقالة الأرضية ، r : نصف قطر الأنبوب.



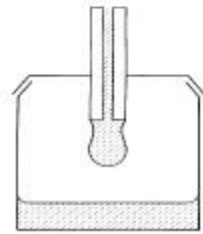
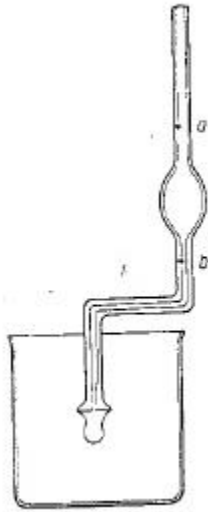


## طريقة عد القطرات

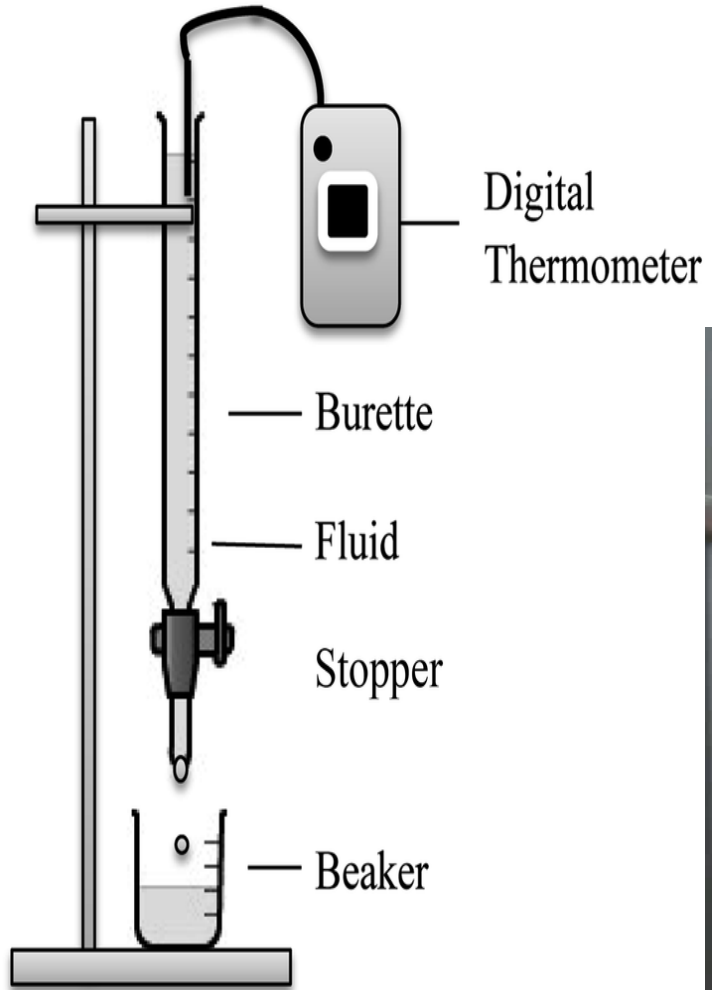
:(Drop Count Method or Stalagmometric Method)

طريقة مهمة للصيادلة لإمكانية استخدامها في معايرة القطرات، ويستخدم لقياس التوتر السطحي جهاز الاستقطار، عبارة عن أنبوب زجاجي بوسطه انتفاخ محدد بإشارتين علوية وسفلية يتحول جزؤه السفلي لأنبوب شعري ينتهي بنهاية مسطحة ومصقولة جيدا للحصول على قطرات متساوية.

### مبدؤها :



تتشكل القطرة عند نهاية الأنبوب الشعري المسطحة، وتكون عالقة بتأثير التوتر السطحي، وعندما يصبح وزنها مساويا لتلك القوة تتفصل عن نهاية الأنبوب ويكون انفصالها صعبا في السوائل عالية التوتر السطحي، ويكون حجم قطرتها أكبر من السوائل منخفضة التوتر السطحي.



ينتج أن عدد القطرات  $n$  التي تنساب من حجم  $v$  من أجل سائل توتره السطحي أكبر يكون أقل من عدد قطرات سائل توتره السطحي أصغر، أي أن :

عدد القطرات يتناسب عكساً مع التوتر السطحي وعكساً مع حجم القطرة الواحدة.

□ يملأ جهاز الاستقطار بالسائل ويحصى عدد القطرات المنسابة  $n$  التي تنفصل عن الحجم  $V$ .

□ ثم يملأ بالماء المقطر ويحصى عدد قطراته  $n_0$  من أجل نفس الحجم، إن وزن القطرة لحظة انفصالها يساوي التوتر السطحي، إذا كان الحجم  $v$  يعطي  $n$  قطرة من السائل الذي كثافته  $d$  ليكون وزن القطرة :

$$p = \frac{v.d.g}{n}$$

كما أن وزن وأبعاد هذه القطرة يعتمد على قطر الأنبوب والتوتر السطحي فإذا كانت نهاية الأنبوب مسطحة تماما يكون وزن القطرة مساويا لـ  $\pi Qr^2$  حيث  $\pi r^2$  محيط الأنبوب. ونكتب من أجل السائل المدروس:

$$\frac{Vdg}{n} = 2\pi rQ$$

$$\frac{Vd_0g}{n_0} = 2\pi rQ_0 \quad \text{ومن أجل الماء}$$

ويقسمة العلاقتين نحصل على:

$$\boxed{\frac{Q}{Q_0} = \frac{d_0 n_0}{dn}}$$

تدل هذه العلاقة على العكسية بين عدد القطرات والتوتر السطحي، تؤخذ قيم  $d_0$  ،  $d$  ،  $Q_0$  من الجداول.

وبذلك نتوصل لقياس التوتر السطحي لسائل بالنسبة لسائل آخر معلوم التوتر، كما يقاس التوتر السطحي بالنسبة للتوتر السطحي للماء أو الغول.

إن تعيين قيمة Q بدقة بواسطة طريقة الاستقطار يتطلب إدخال عامل تصحيح على شكل تابع F يتعلق بنصف قطر القطرة r وحجمها v وتصبح العلاقة بالشكل:

$$P = \frac{v \cdot d \cdot g}{n} = 2 \pi r \cdot \text{of}(r^3 - v^{-1})$$

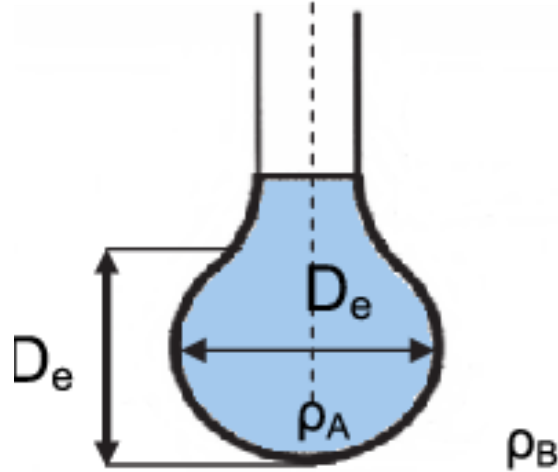
تعطى قيم التابع على شكل جداول أو منحنيات بيانية خاصة. غالباً ما تصرف الأدوية السائلة بشكل قطرات معدودة بواسطة قطارة طبية تعطي 20 قطرة لكل غ من الماء المقطر في الدرجة 20 فإذا كان للسوائل توتراً سطحياً أقل من التوتر السطحي للماء يكون وزن القطرة منه أصغر من وزن قطرة الماء وعليه يكون عدد قطراته بالغرام الواحد أكبر (كما في حالة الصبغات والمغولات والخلصات السيالة الحاوية على سابونين).

إن هذا يعتبر من أسباب خطأ القياس في تناول الأدوية يضاف إليها أسباب أخطاء أخرى أهمها في هذا المجال أن يتم القياس دون أن تكون القطارة عمودية.

إن دستور الأدوية الفرنسي الثامن يؤكد أن 20 قطرة من الماء المقطر مقاسة بالقطارة الطبية محمولة عمودياً يجب أن تزن ما بين  $0.95\text{ g} - 1.05\text{ g}$  ويعطي الدستور نفسه عدد قطرات السوائل الدوائية المعادلة لـ  $1\text{ g}$  منها لتسهيل الحسابات والقياس وخاصة عند حساب كميات الدواء العظمى الواجب إعطاؤها.

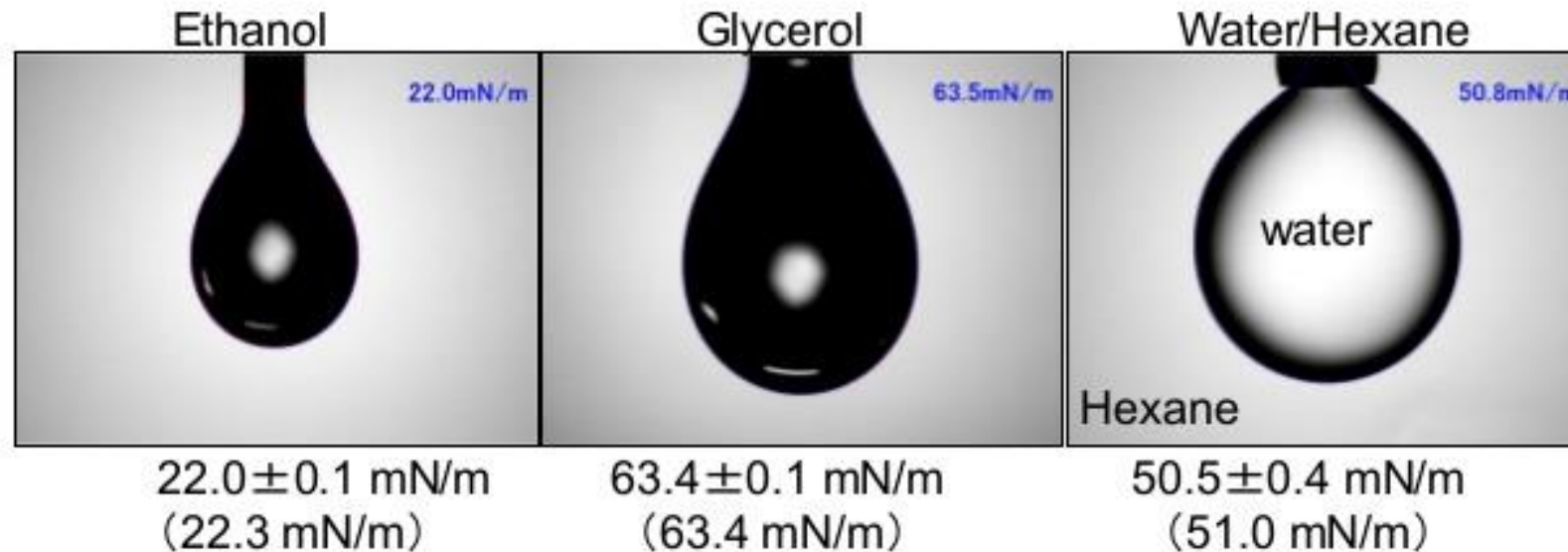
## طريقة القطرة المعلقة:

طريقة ساكنة تفيد في معرفة التوتر السطحي لسائل مع الزمن، تعتمد على أخذ صورة فوتوغرافية للقطرة المعلقة بنهاية محصٍ مناسب مثبت عمودياً، إن تكبير الصورة يسمح بأخذ القياسات اللازمة لحساب التوتر السطحي وفق علاقة تربط بينه وبين هذه الأبعاد.



## Pendant Drop method

- Surface tension is figured out from the shape of pendant which is characterized by  $\gamma/\rho$ .
- Density is multiplied to the surface tension value figured out.
- With the optional heating chamber, surface tension measurement of molten polymers and solders are possible. **But the surface should be shaped by itself.**



The data shown in case arc are from literatures.



THANK YOU

شكراً لاستماعكم

