

UF1_DENSITAT I VISCOSITAT

- **DENSITAT:** És la relació que hi ha entre la **massa** d'una substància i el **volum** que ocupa. És una propietat extensiva, perquè depèn de la quantitat de matèria.

Les unitats acostumen a donar-se en g/ml o g/cm³, encara que en el sistema internacional s'expressa en Kg/m³.

- **EI PES ESPECÍFIC** s'expressa com el **pes** per unitat de volum i es representa per la lletra γ . El concepte és semblant al de densitat.

Les seves unitats al SI són els N/m³ i s'expressa com $\gamma = \rho \cdot g$

on ρ és la densitat en Kg/m³ i la g és l'acceleració de la gravetat (9,8 m/s²)

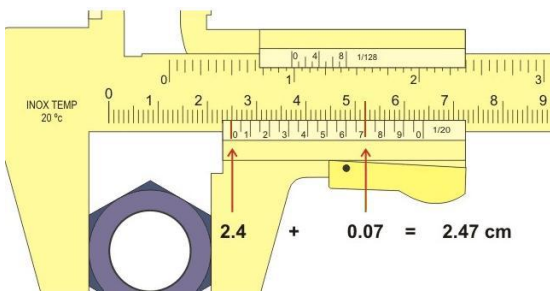
La densitat és característica per a cada substància, però varia amb la temperatura. A mida que augmentem la temperatura, les molècules es distancien unes d'altres, afeblint-se les forces intermoleculars i això fa que disminueixi la densitat, però no per a totes les substàncies passa el mateix.

MÈTODES DE DETERMINACIÓ DE LA DENSITAT

SÒLIDS REGULARS

Mitjançant la mesura de les seves dimensions amb el peu de rei, etc. i aplicant la fórmula del volum que li correspongui per la seva geometria es calcula el volum. Després es pesa en una balança i s'aplica la fórmula de la densitat

Ex: cub dimensions de l'aresta = 2,47cm $V_{\text{cub}} = \text{aresta}^3 = 2,47 \times 2,47 \times 2,47 = 15,07 \text{ cm}^3$
Massa = 20,00 g $d = \text{massa}/\text{volum} = 20,00/15,07 = 1,33 \text{ g/cm}^3$



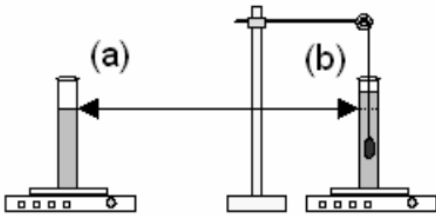
http://www.stefanelli.eng.br/es/es_calibre_05.html

SÒLIDS IRREGULARS

Mètode de la proveta:

Aquest mètode està basat en el principi d'Arquímedes: un sòlid submergit en un líquid experimenta una empenta que és igual al líquid desallotjat.

UF1_DENSITAT I VISCOSITAT



S'omple amb un líquid (aigua) fins a una certa mida la proveta. S'anota la lectura de volum i es després es deixa caure el sòlid. El volum augmenta, es pren nota del nou volum.

Restant ambdós volums s'obté el volum corresponent al sòlid, i igual que en el cas anterior, es pesa la seva massa i s'aplica la fórmula de la densitat.

LÍQUIDS

Mètode del Densímetre:

Els densímetres donen lectura directa de la densitat. Són tubs tancats, amb un aforament que conté perdigons de plom (estan il·lustrats) i una escala en la part superior. En funció del rang de treball s'escull el més adient. Cal tenir una idea aproximada de quin és el densímetre adequat.

En una proveta amb un volum determinat de líquid, s'introdueix el densímetre, amb una lleu rotació. Quan s'atura es llegeix en la seva escala.

Si el densímetre sura i no es pot llegir, és perquè el líquid té una densitat superior a l'escala del densímetre. Si el densímetre s'enfonsa totalment, és perquè el líquid té una densitat inferior a l'escala del densímetre.



<https://www.youtube.com/watch?v=jtG5xUReJsQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=y-s2baqX5R4>

Alguns densímetres especials són:

- Areòmetre:

Quan es treballa amb areòmetres l'escala dóna graus Baumé i s'han de transformar a densitat aplicant una fórmula.

Per líquids **més** densos que l'aigua:

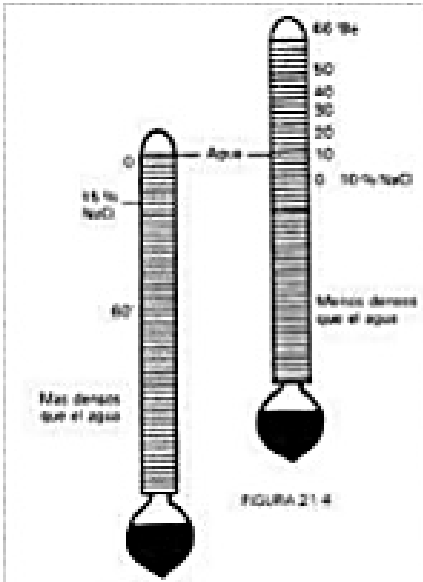
UF1_DENSITAT I VISCOSITAT

$$\rho = 145 / (145 - n)$$

◦ Per líquids **menys** densos que l'aigua:

$$\rho = 140 / (130 + n)$$

Es marca el valor 0 per a l'aigua destil·lada i el valor 10 per a una dissolució al 10% de NaCl



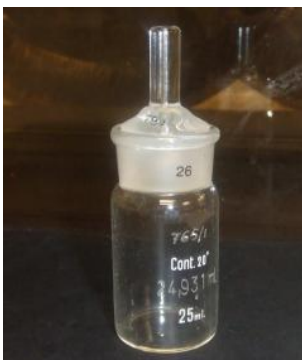
<http://www.youtube.com/watch?v=p6mGFeDISGk>

Els areòmetres són utilitzats en diversos camps de la indústria.

- Alcohòmetres: graus alcohòlics
- Lactòmetres: concentració de sucres a la llet.
- Oleòmetres: densitats d'olis.
- Sacaròmetres: concentracions de sacarosa en xarops.
- Salímetres: concentració de sals
- Urinòmetres: densitat de l'orina.

Mètode del Picnòmetre:

1. Es neteja i s'asseca el picnòmetre amb molta cura.



2. Es pesa el picnòmetre buit (m1)

UF1_DENSITAT I VISCOSITAT

3. Es pesa el picnòmetre ple amb aigua (m_2). Cal omplir-lo fins la boca i es tapa amb molta cura amb el seu tap. En tancar es pot observar l'aigua pujant pel capil·lar i sobre sortir per ell. S'ha d'assecar amb molta cura el coll fins que queda enrasat amb la part superior. No s'ha de tocar el capil·lar amb paper secant, sinó s'absorbeix líquid, és a dir, es perd mostra.

Es calcula el volum exacte del picnòmetre mitjançant la densitat de l'aigua a la temperatura de treball (que es buscarà a les taules): $V_{\text{picnòmetre}} = (m_2 - m_1) / \rho_{\text{aigua}}$

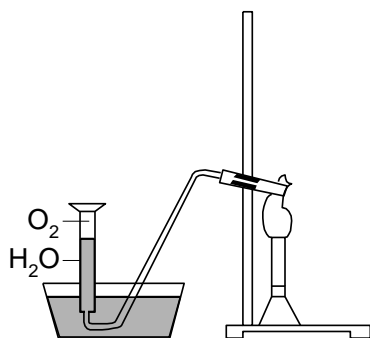
5. S'asseca el picnòmetre i s'omple amb el líquid problema. Es pesa el picnòmetre amb el líquid problema (m_3)

6. Es calcula la densitat del líquid problema sabent la seva massa i el volum ocupat (volum del picnòmetre).

$\rho_{\text{líquid problema}} = (m_3 - m_1) / V_{\text{picnòmetre}}$. S'anota la temperatura a la qual està el líquid. La densitat es referirà a la temperatura de treball.

GASOS

La densitat d'un gas es determina pel desplaçament de l'aigua que hi ha dins un recipient.



Depenent de les condicions experimentals s'ha d'aplicar un factor de correcció al volum recollit en una cubeta hidropneumàtica, mitjançant la següent fórmula:

$$V = V_c \times \frac{P_a - P_v}{P_s} \times \frac{T_s}{T_c}$$

V = valor corregit del volum del gas en condicions estàndard ($P_s = 760$ mm Hg i $T_s = 273,15$ K).

V_c = volum del gas recollit en la cubeta per desplaçament de l'aigua.

P_a = pressió atmosfèrica a la qual es realitza l'experiment, en mm de Hg (lectura en el baròmetre).

P_v = pressió parcial del vapor d'aigua dins del recipient col·lector del gas, mesurada en mm de Hg (taula 1).

T_c = temperatura en K de l'aigua utilitzada en la cubeta hidropneumàtica

T (K)	P (mm Hg)	T (K)	P (mm Hg)	T (K)	P (mm Hg)
283.15	9.21	294.15	18.6	305.15	35.7
284.15	9.84	295.15	19.8	306.15	37.7
285.15	10.5	296.25	21.1	307.15	39.9
286.15	11.2	297.15	22.4	308.15	42.2
287.15	12.0	298.15	23.8	309.15	44.6
288.15	12.8	299.15	25.2	310.15	47.1
289.15	13.6	300.15	26.7	311.15	49.7
290.15	14.5	301.15	28.3	312.15	52.4
291.15	15.5	302.15	30.0	313.15	55.3
292.15	16.5	303.15	31.8		
293.15	17.5	304.15	33.7		

Taula 1. Pressions de vapor de l'aigua a diferents temperatures

UF1_DENSITAT I VISCOSITAT

Un cop tenim el volum corregit, a través de la fórmula dels gasos ideals podem calcular la massa del nostre gas i després calcular la densitat.

➤ **VISCOSITAT:** És el fregament intern d'un fluid al desplaçar-se.

- **VISCOSITAT ABSOLUTA O DINÀMICA:**

$\mu = \text{massa} / \text{longitud} \cdot \text{temps} \rightarrow \text{Kg/m} \cdot \text{s}$ en el SI
 $\text{g/cm} \cdot \text{s} = 1 \text{ Poise (P)}$
per a coeficients petits tenim els cP

Ex: a 20° C per l'acetona 0,3 cP , per l'oli d'oliva 84 cP i per un oli de motor entre 125 i 540 cP

- **VISCOSITAT RELATIVA O CINEMÀTICA:**

$\mu_e = \mu_a / D \rightarrow 1 \text{ Stoke} = \text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s}) \cdot \text{g}/\text{cm}^3 = \text{cm}^2/\text{s}$
per a coeficients petits es fa servir el cS (centistokes)

La viscositat varia amb la temperatura: quan la T augmenta, la viscositat disminueix i al revés.

MÈTODES PER A DETERMINAR LA VISCOSITAT DE LÍQUIDS

Viscosímetre ENGLER

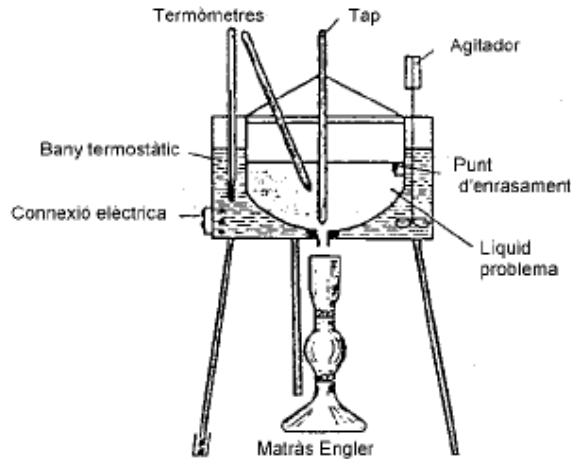
Aquest viscosímetre es fa servir per a determinar la viscositat relativa d'olis lubricants i líquids derivats del petroli.

Consta d'un dipòsit daurat al seu interior, que té un tub de sortida en la base i tres ganxos que marquen el nivell de líquid. Aquest dipòsit té la seva tapa amb dos forats, un central pel que passa un pal de fusta acabat en punta, que tapa el forat de sortida i l'altre lateral on es col·loca el termòmetre.

Aquest dipòsit està a dins d'un altre més gran que ell, que té un agitador i un termòmetre, e qual s'afegeix aigua o glicerina, per a formar el bany que s'escalfa mitjançant una resistència elèctrica.

Per definició, la relació entre els temps que tarden a fluir per l'oïfici del viscosímetre, 200ml del líquid problema i d'aigua a 20°C dona la viscositat relativa expressada en graus Engler:

UF1_DENSITAT I VISCOSITAT



$$^{\circ}\text{Engler} = t_{LP} / t_{H2O}$$

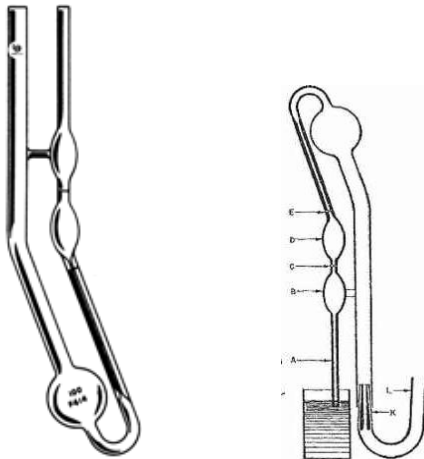
$$\mu_r = \mu_a \text{ (cP)} / D \text{ (g/ml)} = 7,5 \text{ }^{\circ}\text{E} - (6,3 / \text{ }^{\circ}\text{E})$$

per olis i derivats del petroli es fa l'aproximació 1 stoke = 0,132 °E

Viscosímetre CANNON-FENSKÉ

Aquest tipus d'equip proporciona mesures força precises de viscositat i serveix per al calibrat d'altres aparells més automatitzats.

Consisteix en mesurar el temps que tarda a passar un líquid entre 2 aforaments.



$$\mu_a = K \cdot D \cdot t \quad \text{on la } K \text{ és una constant a una } T \text{ determinada (certificat de calibratge)}$$

Si això també es fa per a l'aigua, de densitat i viscositat coneguda a la temperatura de treball, obtenim: $\mu_{aLP} / \mu_{aH2O} = D_{LP} \cdot t_{LP} / D_{H2O} \cdot t_{H2O}$ i d'aquí obtenim la μ_{aLP}

Viscosímetre Copa FORD

La Copa Ford és un recipient amb un petit orifici, en el qual s'introdueix una quantitat de líquid problema (mostra) i es cronometra el temps que triga a sortir. Aquest temps dona una idea de la fluïdesa del líquid.

UF1_DENSITAT I VISCOSITAT

Per a calcular la viscositat cinemàtica en Stokes cal fer algunes transformacions:

Els graus DIN (°DIN) és el temps cronometrat en segons. Cal passar-lo a °Engler, tenint en compte que 1°DIN=0,1°Engler i després aplicar la següent fórmula per a obtenir la viscositat en Stokes:

$$St = \text{°E} \cdot 7,6^{(1-(1/\text{°E}^3))}$$

Sovint, a nivell de control de qualitat, es parla del temps de caiguda i no es calcula la viscositat.

Viscosímetre ROTATORI

El viscosímetre rotatori funciona pel principi de rotació d'un cilindre o bé d'un disc submergit en el material a assajar, mesurant la forà de torsió necessària per a superar a resistència viscosa de rotació.

El viscosímetre disposa d'un conjunt de spindle ("husillos") que sota l'acció d'un motor giren. En funció de la velocitat amb que giren i la forma del spindle es mesuren diferents rangs de viscositat. Es parla de la resistència que ofereix una substància a la forma i velocitat del spindle.



Soporte y husillos estándar L1, L2, L3 y L4 para modelos L.



Soporte y husillos estándar R2, R3, R4, R5, R6 y R7 para modelo R. (Husillo R1 ver accesorios).

Per a un líquid de viscositat determinada, la resistència a l'avenç creix proporcionalment a la velocitat de rotació del "husillo" o a la mida d'aquest.

La viscositat que presenta el viscosímetre en el display és en cP (mPa·s). Cal escollir el spindle adequat a la velocitat adequada.

NOTA: Recordeu que, tant la densitat com la viscositat d'una mateixa substància varien amb la temperatura.