(PM1-4) التوتر السطحى لسائل عند درجات حرارة مختلفة باستخدام الأنابيب الشعرية

الغرض من التجربة

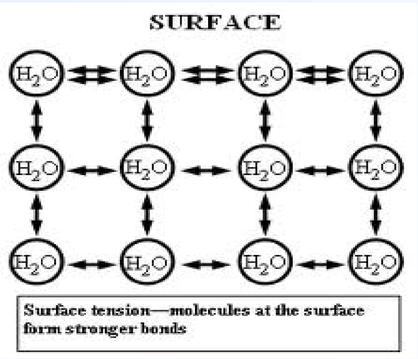
تعيين معامل التوتر السطحى لسائل

الأجهـــزة

أنابيب شعرية مختلفة أنصاف الأقطار – سائل فى إناء – مسطرة - ميكروسكوب متحرك

نظرية التجربـــة

افترض ان لدينا سائلا ، مثل الماء، كما هو مبين بالشكل 1. القوة الكلية التى تؤثر على جزئ السائل بداخله تكون مساوية للصفر، بينما للجزئ الموجود على السطح تكون القوة الكلية المؤثرة عليه غير مساوية للصفر وتعمل على دفع الجزيئات الى داخل السائل، وبذا يسلك سطح السائل سلوك غشاء توتر مرن، وهى الظاهرة المعروفة بظاهرة التوتر السطحى.



شكل 1 القوة المؤثرة على جزيئات السائل عند السطح تعمل على زيادة قوى الترابط مع مثيلاتها

يعرف معامل التوتر السطحى(σ) بأنه القوة المماسة المؤثرة على سطح السائل لوحدة الأطوال .

افترض أن أنبوبة شعرية نصف قطرها الداخلى ($r=d/2$) قد غمرت رأسيا فى سائل كثافته (r) وتوتره السطحى

(σ) شكل 2. سوف يرتفع السائل فى داخل الأنبوبة إلى ارتفاع (h)

يكون عنده هناك اتزان بين القوى التالية

1- قوة التوتر السطحى إلى أعلى

$$F = \sigma\,(2\pi r)\cos\theta$$

2- قوة وزن السائل إلى أسفل

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

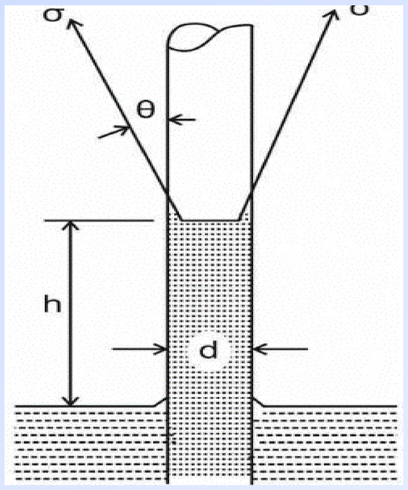
ولذا، فعند الاتزان :

$$\sigma\,(2\,\pi\,r)\cos\theta = \pi r^2 h \rho g$$

$$2\,\sigma\cos\theta = r\,h\,\rho\,g$$

$$h = 2\,\sigma\cos\theta\,/\,\rho\,r\,g$$

وهذه هى العلاقة التى تربط بين إرتفاع سائل فى إنبوبة شعرية وبين توتره السطحى. بالنسبة للماء الزاوية θ =0



شكل 2 رسم توضيحى لأنبوبة شعرية والقوة المماسية المؤثرة على سطحه

من البيانات المنشورة عن كثافة الماء تتوافق، فيما فوق (8 °C) ، مع المعادلة الخطية من النوع :

$$\rho_T = (-7x10^{-5}\,T\,^oC + 0.99987)\ .1000\ kg/m^3 \quad (2)$$

كما إن اعتماد التوتر السطحى على درجة الحرارة يعطى من خلال المعادلة

$$\sigma_T = -0.000182\,T\,^oC + 0.0757\ N/m$$

وهذا يعنى أن التوتر السطحى هو كمية تعتمد على درجة الحرارة. فالتوتر السطحى للماء فوق (5 °C) يقل مع ازدياد درجة الحرارة. من المعادلات (1) و (2) و (3) نحصل على ارتفاع الماء بالأمتار (h) فى أنبوبة شعرية نصف قطرها (r) عند درجة حرارة (T) من المعادلة :

$$\sigma_T = h.[r.(-7 \times 10^{-5}\,T^oC + 0.999\,87)\ .\ 1000]\,/2$$

حيث اعتبرت (θ) مساوية للصفر . ومن الواضح أن التوتر السطحى يتغير ببطء مع تغير درجة الحرارة .

خطوات العمـــل

1- قس أنصاف الأقطار الداخلية للأنابيب الشعرية المعطاه، ثلاث مرات على الأقل لكل أنبوبة، باستخدام الميكرسكوب المتحرك .

2- اغمس أنبوبة شعرية نصف قطرها الداخلى (r) فى إناء الماء .

3- قس إرتفاع الماء فى الأنبوبة الشعرية

4- زد درجة الحرارة وقس الإرتفاع عند درجات الحرارة المختلفة وسجل نتائجك فى جدول

5- إحسب التوتر السطحى عند درجات الحرارة المختلفة بإستخدام المعادلة (3)

6- كرر الخطوات من 2 الى 6 لأنابيب لها نفس نصف القطر

7- ارسم العلاقة بين درجة الحرارة والقيمة المتوسطة للتوتر السطحى

8- علق على نتائجك

النتائـــج

r_1 (cm)		r_2 (cm)		r_2 (cm)		
T °C	σ N/m	T °C	σ N/m	T °C	σ N/m	σ_{av} N/m

Edusoft
Innovate to educate