الفصل الثالث

الخواص الفيزيائية للسوائل والمحاليل

obeikandl.com

obeikandl.com

(1) الكثافة :

الكثافة المطلقة للسائل أو المحلول هى كتلة وحدة الحجوم لهذه المادة. الكثافة النسبية عند درجة حرارة معينة هى كثافة المادة نسبة إلى مادة معينة ولتكن الماء، ويمكن تعيين كثافة المادة وذلك عن طريق وعاء محدود الحجم يسمى بكنوميتر أستفالد.

الأدوات والأجهزة والمواد المستخدمة فى التجربة :

(1) جهاز بكنوميتر أستفالد

(2) حمام مائى

(3) المواد المراد قياسة كثافتها

(4) ترمومتر حرارى

التجربة : تعيين الكثافات المطلقة والنسبية لسائل أو محلول :

خطوات العمل:

(1) يغسل البكنوميتر جيداً بحمض الكروميك ثم الماء ثم الماء المقطر عدة مرات.

(2) ولتجفيف البكنوميتر يغسل بالكحول ثم الإثير.

(3) يمرر تيار من الهواء الجاف خلال الجهاز وذلك بإيصال أحد طرفى الجهاز بمضخة إمتصاص مائية.

تحذير: يراعى عدم تجفيف البكنوميتر فى فرن التجفيف.

(4) يوزن البكنوميتر بغطائيه فارغاً.

(5) يملأ البكنوميتر بالماء المقطر الذى سبق غليه ثم يبرد وذلك بإستخدام أنبوبة مطاطية توضع على النهاية (b) للجهاز بينما تكون النهاية (a) مغمورة فى الماء.

(6) يتم ضبط الحمام المائى عند درجة الحرارة المطلوبة وذلك بإستخدام ترمومتر حرارى مغمور فى الحمام المائى.

(7) يعلق البكنوميتر فى الحمام المائى بطريقة مناسبة ويترك لمدة تتراوح بين 15–20 دقيقة لكى يكتسب حرارة الحمام المائى.

obeikandi.com

(8) تضبط كمية الماء فى الجهاز بحيث تكون موجودة من النهايــة (a) فــى أحــد الأطراف إلى العلامة المحفورة على الطرف (b) للجهاز. وذلك بإستخدام ســاق زجاجية أو أنبوبة تحمل قطرات مائية وذلك إذا كانت كمية المياه فى البكنوميتر تقل عن الكمية المطلوبة. أما إذا كانت كمية المياه تزيد عن المطلوب نــستخدم ورقة ترشيح وذلك لتشرب الماء الزائد، ويتم عمل كل هذه الإنــضباطات أثنــاء تواجد الجهاز فى الحمام المائى. ويراعى عدم وجود فقاعــات هوائيــة داخــل السائل من النهاية (a) وحتى العلامة (b) على الطرف الآخر.

(9) يرفع البكنوميتر من الحمام المائى ثم يجفف جيداً بورق ترشيح ناعم ويوزن.

(10) يفرغ البكنوميتر من الماء ثم يغسل بالسائل أو المحلول المراد تعيين كثافته ثم تكرر الخطوات من (4) إلى (g) بإستخدام المحلول مجهول الكثافة.

الحسابات : إذا كان w_1 هو وزن السائل (أو المحلول) الذى ملئ به البكنوميتر كثافته هى d_1 وأن وزن الماء هو w_2 وكثافته d_2 ، حجم البكنوميتر هو v.

$$\therefore\ d_1 = \frac{w_1}{V}$$

$$d_2 = \frac{w_2}{V} \qquad \therefore \qquad \frac{d_1}{d_2} = \frac{w_1}{w_2}$$

والنسبة d_1/d_2 هى الكثافة النسبية للسائل أى أنها كثافة السائل بالنسبة للمــاء عند درجة الحرارة المستخدمة فإذا كانت d_2 معلومة يمكن حساب d_1 وهى الكثافــة المطلقة للسائل أو المحلول.

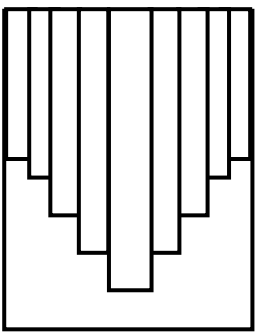
شكل (5)

obeikandl.com

(2) اللزوجة :

يمكن إعتبار السائل الذى يمر فى أنبوبة زجاجية كأنه مكون من عدة طبقات تسير جنباً إلى جنب وبسرعات مختلفة تختلف بإختلاف بعدها عن وسط الأنبوبة. فالطبقات الملاصقة لجدار الأنبوبة تعتبر كأنها ثابتة وتزداد سرعة الطبقات كلما إقتربنا من وسط الأنبوبة. وعليه يكون هناك تدرجاً فى السرعة بين الطبقات وذلك بسبب قوى الإحتكاك بين طبقات السائل. وهذه القوى تكون مسئولة عما يسمى بلزوجة السائل شكل (6) ، (7).

شكل (7)



شكل (6)

وقد وجد علمياً أن القوى المماسة F اللازمة لحفظ فرق بين السرعات ثابتاً لطبقات السائل المتوازية والتى تتحرك فى إتجاه واحد تتناسب طردياً مع الفرق فى السرعة U ومع مساحة سطح التلامس بين طبقتين A وعكسياً مع المسافة d بين الطبقات أى أن:

$$F = \eta \frac{AU}{d}$$

حيث η هى ثابت التناسب ويسمى معامل اللزوجة. ووحدة قياس اللزوجة هى البواز وتعرف بأنها القوة اللازمة لتحرك طبقة من السائل مساحتها $1cm^2$ بسرعة قدرها 1cm/sec بحيث توجد مسافة بينها وبين الطبقة الملاصقة لها قدرها 1cm. وتقاس لزوجة السائل بملاحظة الزمن اللازم لحجم معين من السائل لكى ينساب خلال أنبوبة شعرية قياسية وذلك تحت فرق معروف فى الضغط.

ويسمى الجهاز المستخدم فى قياس اللزوجة فى المعمل فسكوميتر استفالد شكل (8). وقد وضع بواسيل القانون المستخدم لحساب إنسياب السوائل خلال الأنابيب بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{\pi P r^4 t}{8 V L}$$

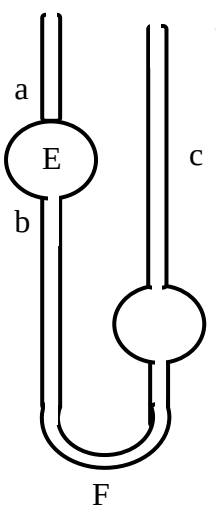
حيث V ترمز لحجم السائل، η لزوجة السائل، r نصف قطر الأنبوبة الشعرية، L طول الأنبوبة، t زمن مرور السائل وذلك تحت ضغط قدره Patm. وإذا قيست أزمنة إنسياب حجمين لسائلين مختلفين خلال أنبوبة شعرية واحدة ومقاسة تحت نفس الظروف. نحصل على العلاقة التالية :

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2}$$

حيث η_1 ، η_2 هى معامل اللزوجة للسائلين (1) ، (2) ، d_1، d_2 كثافتاهما والزمن اللازم لإنسيابهما هو t_1، t_2. وتستخدم هذه العلاقة لحساب اللزوجة النسبية لسائل. وإذا كانت لزوجة الماء معروفة أمكن حساب اللزوجة المطلقة للسائل.

الأجهزة والأدوات والمواد المستعملة فى التجربة :

(1) فسكوميتر استفالد ، (2) حمام مائى ، (3) مياه مقطرة ، (4) السائل المراد قياس لزوجته.



شكل (8) فسكوميتر استفالد

التجربة : تعيين اللزوجة النسبية واللزوجة المطلقة لسائل.

خطوات العمل:

(1) ينظف الفسكوميتر ويجفف بنفس الطريقة المتبعة فى تنظيف وتجفيف البكنوميتر.

(2) يمسك الجهاز بماسك عمودياً فى الحمام المائى. ويجب غمر الجهاز فى الماء حتى العلامة (a) على الجهاز.

(3) يصب قدر (حجم) معين من السائل وذلك فى الأنبوبة الواسعة (الطرف C) فى الجهاز وتترك حتى تكتسب درجة الحرارة المقاسة فى الحمام المائى. يسحب السائل خلال الأنبوبة الشعرية وذلك بعملية شفط خلال أنبوبة مطاطية تكون متصلة بالنهاية (a) للفسكوميتر وذلك حتى يتم ملأ الإنتفاخ (E) ويرفع قليلاً حتى العلامة (a). ويراعى فى حجم السائل المستخدم أن يكون كافياً لملأ الإنتفاخ (E) والأنبوبة الملتوية (F) ويرتفع فى الأنبوبة الواسعة (C) وألا يعطى فرصة لتكوين فقاعات هوائية فى الأنبوبة الشعرية بحيث لا يؤثر على زمن الإنسياب.

(4) يترك السائل لكى ينساب خلال الأنبوبة الشعرية ويستخدم لرصد الزمن ساعة إيقاف تبدأ فى التشغيل عندما يمر السائل بالعلامة (a) وتوقف عند إمرار السائل بالعلامة (b). يكرر هذا العمل مرتين.

(5) تكرر الخطوات السابقة وذلك بإستخدام ماء مغلى حديثاً ومبرد ويستخدم نفس الحجم المستخدم فى السائل.

(6) تعين كثافة السائل بإستخدام البكنوميتر السابق ذكره فى التجربة السابقة رقم (1).

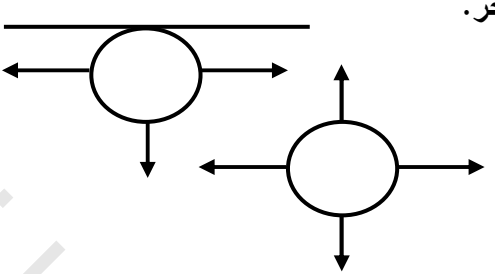
الحسابات :

إذا كان زمن إنسياب السائل هو t_1 ، كثافته هى d_1 ولزوجته المطلقة هى η_1 وكان زمن إنسياب الماء هو t_2 وكثافتها هى d_2 يحتسب لزوجة السائل بإستخدام العلاقة التالية :

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

(3) الشد السطحى :

يميل سطح السائل إلى أن يتقلص حتى يشغل أدنى مساحة ممكنة وذلك نتيجة لوجود قوى تجاذب غير متوازنة بين الجزيئات التى تكون على سطح السائل شكل (9) فالجزئيات المتواجدة على السطح تكون منجذبة للجزئيات الموجودة فى باطن السائل بقوى تزيد على قوى التجاذب بينهما وبين جزئيات بخار السائل فى الفراغ على الجانب الآخر.



شكل (9)

ويكون الشد السطحى γ هو عبارة عن القوة لكل سنتيمتر على السطح التى تعاكس الزيادة فى مساحة السطح. والشد السطحى هو المسئول عن تكوين قطرات السائل المستديرة الشكل وكذا إرتفاع الماء فى الأنابيب الشعرية وكذا تحرك السائل خلال جسم صلب به فجوات.

فعندما تبلل أنبوبة شعرية بالسائل فإن السائل يرتفع فى الأنبوبة وذلك لأن الإرتفاع فى الأنبوبة يكون فى مصلحة النقص فى مساحة السطح. ويستمر السائل فى الإرتفاع فى الأنبوبة حتى تتساوى قوى الشد السطحى اللازمة لرفع السائل إلى أعلى مع قوى الجاذبية والتى تؤدى إلى نزول السائل لأسفل وقى الجذب لأسفل يعبر عنها بالعلاقة: $\pi r^2 h d g$

حيث g هى عجلة الجاذبية، d هى كثافة السائل، r نصف قطر الأنبوبة الشعرية. أما قوى الجذب لأعلى فهى $2\pi \gamma \cos\theta$ حيث θ تمثل زاوية التلامس.

وعند الإتزان يتساوى القوتان ونحصل على العلاقة التالية :

$$2\pi r \gamma \cos\theta = \pi r^2 h d g$$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{hdgr}{2\cos\theta}$$

وكثير من السوائل ومن ضمنها الماء الملامس للزجاج تكـــون قـــوى التمـــاس صغيرة جداً ويكون $\cos \theta = 1$ وعليه تعتبر العلاقة السابقة كالتالى :

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

حيث إن h، r، g يعبر عنها بوحدات c.g.s ، γ بالداين/ سم.

الأجهزة والأدوات المستعملة فى التجربة :

(1) أنبوبة شعرية ، (2) زئبق جاف ، (3) الميكروسكوب المنزلق

(4) البكنوميتر ، (5) السائل المراد قياس شده السطحى

(أ) **تعين نصف قطر الأنبوبة الشعرية**.

خطوات العمل :

(1) تنظف الأنبوبة الشعرية وتجفف بالطريقة المعتادة.

(2) يسحب بعناية كمية من الزئبق الجاف النقى فى الأنبوبة الشعرية.

(3) يعين طول شريط الزئبق بإستخدام الميكروسكوب المنزلق.

(4) يوزن الزئبق بعد نقله إلى زجاجة ساعة نظيفة.

الحسابات :

يمكن حساب نصف قطر الأنبوبة الشعرية وذلك من العلاقة التالية :

$$r = \sqrt{\frac{W}{L.d.\pi}}$$

حيث r هى نصف قطر الأنبوبة الشعرية، w وزن خيط الزئبق، L طـــول خـــط الزئبق، d كثافة الزئبق.

(ب) **تعين إرتفاع عمود السائل فى الأنبوبة الشعرية**.

خطوات العمل :

(1) يركب الجهاز المستخدم فى التجربة ويوضع فى حمام مائى حتى يأخذ حـــرارة الحمام المائى.

(2) يسحب ببطء السائل المراد قياس شده السطحى فى الأنبوبة الـــشعرية. يرفـــع السائل فى الأنبوبة عندما يتوقف السحب ينزل السائل إلى إرتفاع معين.

(3) يقاس طول عمود السائل فى الأنبوبة الشعرية بإستخدام جهاز الميكروسكوب المنزلق.

(4) تقاس كثافة السائل بإستخدام البكنوميتر.

الحسابات:

يحسب الشد السطحى من العلاقة التالية : $\gamma = \frac{1}{2} r\, h\, d\, g$

شكل (10) **شكل (11)**

(4) الضغط البخارى للسوائل :

إذا وضعت كمية من سائل ما فى وعاء مغلق فتبعاً لنظرية الحركة لجزيئات الغاز يكون هناك إنفلات مستمر للجزيئات من سطح السائل إلى الفراغ الموجود أعلى السطح. وفى نفس الوقت تعود جزيئات السائل وهو فى الحالة البخارية إلى سطح السائل بمعدل يعتمد على تركيز البخار الموجود فى الفراغ فوق سطح السائل. وكلما إزداد تركيز البخار نصل إلى حالة إتزان بين السائل وبخاره وذلك عندما تتساوى سرعة التبخير مع سرعة التكثيف البخار إلى سائل ويقال أن البخار قد تشبع ويسمى الضغط الحادث للبخار المتزن مع السائل عند درجة حرارة معينة يسمى الضغط البخارى ويعتمد الإتزان فى الضغط البخارى المتزن على درجة الحرارة ولا يعتمد على الكميات النسبية أو المطلقة للسائل والبخار. وحيث أن عملية التبخر تكون مصحوبة بإمتصاص فى الحرارة يزداد بذلك الضغط البخارى

obeikandl.com

بزيادة درجة الحرارة وتسمى درجة الحرارة التى يتساوى فيها الضغط البخارى مع الضغط الجوى المعتاد أى 760mm تسمى نقطة الغليان القياسية.

والعلاقة التى تربط بين الضغط البخارى للسائل مع درجة الحرارة تتضح من معادلة كلاوزيوس–كلابيرون التالية:

$$\frac{d\ell nP}{d\,(^1/_T)} = -L/R$$

حيث تمثل L الحرارة الكامنة للتصعيد، R الثابت الجزيئى للغازات

$$\therefore \int_{P_1}^{P_2} d\ell nP = -L/R \int_{T_1}^{T_2} d\,(^1/_T)$$

$$\therefore \quad 2.303 \log \frac{P_2}{P_1} = -L/R\,(T_1 - T_2/T_1T_2)$$

$$= L/R\,(T_2 - T_1/T_1T_2)$$

$$\therefore L = 2.303 \times 1.987 \times (T_1T_2 / T_2 - T_1) \log \frac{P_2}{P_1}$$

ويقاس الضغط البخارى للسائل عادة بطريقة رشرى – يانج ويبين الشكل (12) الجهاز المستخدم فى القياس ويحتوى الجهاز على قمع تنقيط (C) ، يلامس نهاية القمع السفلى مع قطعة من القطن أو الصوف محيطة بمستودع ترمومتر حرارى (T) ويستعمل الوعاء (E) لتكثيف البخار الآتى من (A) ويحاط لذلك بمخلوط تجمد.

ويتصل المانومتر (M) بوعاء كبير (F) يعمل كخزان ويعمل الخزان على حفظ الضغط ثابتاً فى الجهاز. وفى هذه الطريقة يسمح للسائل المراد قياس ضغطه البخارى بالتنقيط ببطء فوق مستودع الزئبق الخاص بالترمومتر الحرارى. ولا توجد هناك خطورة من أن يحدث فوق تسخين للترمومتر المستخدم حيث أنها تسخين عن طريق البخار المكثف.

وإذا وضع الترمومتر مباشرة فى السائل المغلى فإن القراءة تكون عالية جداً بسبب فوق التسخين الحادث.

الأدوات والأجهزة المستخدمة فى التجربة:

يوضح الشكل التالى الجهاز المستخدم فى القياس :

obeikandl.com

شكل (12)

التجربة : تعيين الضغط البخارى لسائل عند درجات الحرارة المختلفة وحساب الحرارة الكامنة للتصعيد.

طريقة العمل:

(1) بعد تثبيت أجزاء الجهاز الموضح فى الرسم تأكد من أن الوصلات محكمة الغلق. وذلك بعد أن يوصل الجهاز بالصنبور(G) المتصل بدوره بمضخة تفريغ ويفرغ الجهاز. ثم تقفل فتحة الصنبور(G) إذا كان سطح الزئبق فى المانومتر ثابت لا يتحرك دل على أن الجهاز محكم الغلق ولا توجد به أية فجوات.

(2) تثبت درجة حرارة الحمام المائى (B) وذلك بالإستعانة بالترمومتر (D) بحيث تكون أعلى من (T) بمقدار عشر درجات مئوية على الأقل. ويستمر الماء فى التقليب بالمقلب المستخدم (S).

(3) يخفض الضغط فى الجهاز حتى 30 mm من خلال الصنبور (G).

(4) يصب كمية من السائل فى القمع(C) ويسمح له بالإنسياب حتى تبقى قطعة القطن أو الصوف مبتلة بإستمرار. وبإستمرار تبخر السائل تسجل درجة الحرارة بالترمومتر (T).

وسوف تتغير درجة الحرارة وتصل إلى قيمة ثابتة طالما أن الضغط داخل الجهاز ثابتاً. وتكون نقطة الغليان للسائل تحت الضغط المبين فى الجهاز أو بمعنى آخر يكون الضغط المقاس بالمانومتر هو الضغط البخارى للسائل عند درجة الحرارة المقاسة بالترمومتر (T). تسجل كل من درجة الغليان .

(5) نقطة غليان الأنظمة الثنائية :

تختلف منحنيات نقطة الغليان – التركيب للسوائل الثنائية والتى تكون تامة الإمتزاج تبعاً لطبيعة المخلوط هكذا.

(أ) مخلوط أزيوتروبى وهذا يعطى محلول ثنائى بدون نهاية عظمى أو صغرى ويكون منحنى نقطة الغليان وسط بين نقط غليان المركبات النقية والمثال على هذا هو البنزين والهكسان العادى.

(ب) مخلوط أزيوتروبى وذلك بوجود نهاية عظمى على منحنى نقطة الغليان مثل الماء وحمض HCl يتكون المخلوط الأزيوتروبى من 20.22% بالوزن من HCl ويغلى عند درجة 108.58°C. مخلوط الأسيتون–الكلوروفورم. مخلوط أزيوتروبى يتكون من 78.5% كلوفورم ويغلى عند 64.4°C.

(جـ) مخلوط أزيوتروبى ذات نهاية صغرى فى منحنى نقطة الغليان مثل الكلوروفورم – الكحول الميثيلى (المخلوط يتكون من 87.4% كلوروفورم ويغلى عند 53.4°C ويمثل خليط رابع كلوريد الكربون والكحول الإيثيلى مخلوط أزيوتروبى يحتوى على 84.2% من رابع كلوريد الكربون ويغلى عند 65°C تستخدم طريقة سى وولوبوف لتقدير منحنى نقطة الغليان – التركيب للأنظمة الثنائية . ويمكن أن تستخدم عملياً لتقدير نقط غليان عينات صغيرة من سوائل نقية ومخاليطها. وفى هذه الطريقة تكون النهاية المفتوحة لأنبوبة شعرية قصيرة (ومقفلة من الناحية الأخرى) شكل (13) وتغمر هذه الأنبوبة فى السائل وذلك بالإستعانة بالمانومتر وذلك لكى نستطيع تقدير درجة الحرارة التى تتساوى عندها الضغط البخارى لسائل مع الضغط الجوى المعتاد.

شكل (13)

الأدوات والأجهزة المستعملة فى التجربة :

(1) أنبوبة طويلة تنتهى بإنتفاخ أسفلها.

(2) ترمومتر

(3) أحزمة مطاطية

(4) حمام مائى مزود بترمومتر لضبط درجة الحرارة

التجربة : تقدير منحنى نقطة الغليان – التركيب لأنظمة ثنائية سائلة :

(1) إملأ أنبوبة الإختبار الكبيرة إلى منتصفها بالماء.

(2) جفف أنبوبة العينة وإملأها إلى منتصف الإنتفاخ بأحد السوائل النقية. ثم ضع الأنبوبة الشعرية فيها بحيث تكون نهايتها المفتوحة إلى أسفل.

(3) إربط الترمومتر مع أنبوبة العينة وذلك برباط مطاطى آخذاً فى الإعتبار أن مستودع الزئبق على نفس المستوى مع إنتفاخ أنبوبة العينة. علق الإثنان فى أنبوبة الإختبار الكبيرة كما هو موضح فى الشكل آخذاً فى الإعتبار أن كل الأنبوبة الشعرية تكون تحت مستوى الماء فى الحمام المائى.

(4) سخن وقلب بإستمرار مع مراعاة الأنبوبة الشعرية بداخل أنبوبة العينة. بإستمرار رفع درجة الحرارة تهرب فقاعات الهواء من النهاية السفلى للأنبوبة الشعرية عندما ترتفع نقطة غليان العينة تظهر وبسرعة تيار من الفقاعات البخارية. وعند ظهور هذه الفقاعات يسحب اللهب ويترك الحمام ليبرد وذلك مع إستمرار التقليب. عندما يتوقف خروج الفقاعات من الأنبوبة الشعرية ويبدأ السائل فى العودة للخلف تدون قراءة درجة الحرارة التى هى نقطة غليان السائل.

(5) عندما يتم تبريد الحمام بدرجة كافية. تعاد التجربة بإستخدام أنابيب عينات تحتوى على نسب 80-20 ، 50-50، 20-80 وأخيراً 0-100 من السائلين والضغط المقابل لها.

(6) يضبط الهواء عن طريق الصنبور (G) حتى الوصول إلى ضغط يصل إلى 60 mm وتقاس نقطة الغليان عند هذا الضغط كما سبق الذكر. وتضبط درجة الحرارة فى الحمام المائى بحيث أنها لا تزيد بأكثر من عشر درجات عند تلك المدونة بالترمومتر (T).

(7) تجرى سلسلة من القياسات عند ضغوط مختلفة حتى الوصول إلى الضغط الجوى المعتاد وهو 760mm. وتزداد الضغوط بزيادة درجة الحرارة.

الحسابات تبين التغير فى الضغط البخارى بتغير درجات الحرارة وذلك برسم العلاقة P ودرجة الحرارة المطلقة. إرسم العلاقة بين لوغاريتم الضغط البخارى ومقلوب درجة الحرارة المطلقة 1/T ومن الرسم يمكن معرفة قيم الضغط البخارى عند مختلف درجات الحرارة تصل الفروق بينهما إلى عشر درجات مئوية. وبإستخدام المعادلة المذكورة (4) يمكن حساب حرارة التصعيد المولارية عند مختلف درجات الحرارة.

(8) تعاد التجارب بمخاليط من 80-20، 50-50، 20-80 .

الحسابات:

(1) إرسم العلاقة بين الحرارة والنسبة المئوية بالوزن ثم إرسم العلاقة بين الحرارة والنسبة المئوية للمول (الكسر الجزيئى × 100).

(2) عين نقطة الغليان والتركيب للمخلوط الأزيوتروبى.

(6) تعيين معامل الإنكسار لسائل بإستعمال جهاز قياس إنكسار السوائل :

من المعروف أنه إذا مر ضوء من وسط معين إلى وسط آخر أى من وسط مثل الهواء إلى الماء فإنه يعانى إنكساراً بمعنى أنه يعانى تغيراً فى الإتجاه. وتستخدم معامل الإنكسار الذى هو مقياس لإنكسار الضوء يستخدم فى تعيين تركيز المحاليل ولتقدير التركيب الكيميائيى وكذا التركيب الجزيئى للمادة:

شكل (14)

ويعتمد معامل الإنكسار على درجة الحرارة وعلى الطول الموجى للضوء المستخدم ويعطى معامل الإنكسار بالعلاقة التالية :

$$\frac{\text{Sin } i}{\text{Sin } r} = \frac{N}{n}$$

حيث تمثل i زاوية السقوط للضوء، r زاوية الإنكسار. و n ، N هى معاملات إنكسار للوسط الأقل كثافة للوسط الأكثر كثافة فعندما تزيد قيمة C تزداد قيمة r وتصل إلى نهايتها العظمى عندما تصل C إلى 95° أى أن الشعاع يمر ملامساً

للسطح الفاصل بين الوسطين. وعند هذه الحالة يعطى معامل الإنكسار للوسط الأقل كثافة n يعطى بالمعادلة التالية: $n = N \sin r$ وقد وجد نظرياً بواسطة لورينز ولورنيز أن الإنكسار النوعى R يعطى بالعلاقة:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{1}{d}$$

حيث n معامل الإنكسار، d هى الكثافة وهى خاصية مميزة للمادة لا تعتمد على الحالة الطبيعية أو على درجة الحرارة. ويكون الإنكسار الجزيئى مساوياً للإنكسار النوعى مضروباً فى الوزن الجزيئى للمادة.

$$MR = \left(\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) = \frac{M}{d}$$

ووجود المعامل $\frac{M}{d}$ يوضح أن الإنكسار الجزيئى ما هو إلا نوع من الحجم الجزيئى مثل الصور الأخرى للحجم الجزيئى (على سبيل المثال الباراكور) وهى خاصية تجمعية. بالإضافة إلى أنها خاصية تركيبية ومن دراسة الإنكسارات الجزيئية لعدد كبير من المواد فإنه يمكن الحصول على الإنكسارات الذرية للعديد من العناصر وكذا المساهمات فى الروابط.

وتستخدم معامل الإنكسار الجزيئى لتقرير التركيبات المختلفة لبعض المركبات العضوية. ويكون التركيب الصحيح هو الذى يعطى إنكساراً جزيئياً محسوباً يماثل ذلك الإنكسار الجزيئى المستخرج عملياً وفى جهاز تقدير معامل الإنكسار لأبى يحتوى الوسط الأكثر كثافة على منشور قائم الزاوية ABC ويحتوى الوسط الأقل كثافة على طبقة من السائل المراد قياسه ويوضع ملامساً للوجه AB ويمر الشعاع الضوئى الأحادى الطول الموجى خلال السائل ويدخل المنشور ثم يخرج من الوجه AC عمودياً على السطح وعندما تكون $n=N \sin A$ (أى عندما تكون $r=A$) لأى قيمة أخرى للمعامل n فإن الشعاع الضوئى سوف يخترق بزاوية قدرها α أى أقل من الزاوية القائمة.

شكل (15)

ولكى يكون الشعاع موازياً لمحور التلسكوب المثبت (T) فإن المنشور يجب أن يتحرك خلال الزاوية α ويمكن حساب معامل إنكسار السائل n من العلاقة التالية:

$$n = \sin A \sqrt{N^2 - \sin^2 \alpha} - \cos A \sin \alpha$$

ويكون التدرج فى الجهاز ليس لتقييم الزاوية α ولكن يعطى قيمة معامل الإنكسار مباشرة محسوبة كما هو مبين فى المعادلة السابقة.ولحساب معامل إنكسار سائل أو محلول بإستخدام جهاز قياس معامل الإنكسار أبى نتبع الخطوات التالية:

(1) إفتح صندوق المنشور ونظف المنشور بقطعة من القماش الناعم ويراعى عدم خدش زجاج المنشور.

(2) يوضع نقطة أو نقطتين من السائل المطلوب تقدير معامل إنكساره على السطح السفلى للمنشور. يقفل صندوق المنشور جيداً وبذلك يوجد غشاء من السائل بين المنشورين.

(3) تضبط المرآة بحيث يرسل الضوء المنتشر من شباك أمام الجهاز يصل إلى التليسكوب وإذا كان لا يوجد ضوء عادى، توضع قطعة من الورق أمام الجهاز وتضاء قطعة الورق من الجانب بواسطة لمبة كهربية قوية.

(4) يركز مجال الرؤية للتليسكوب على السلك الذى يأخذ حرف (+) والعدسات القارئة على التدريج.

(5) بإستخدام ذراع بجانب الجهاز يدار صندوق المنشور ببطء إلى الخلف ثم إلى الأمام حيث يصبح مجال الرؤية مظلم جزئياً ومضاء جزئياً.

(6) إذا كان الخط الفاصل ملوناً يدار الكومنبسيتور إلى أن يختفى اللون وتعطى الحزمة اللامعة حافة محدودة ويتكون الكومبنسيتور من منشورين يدوران فى إتجاهين مختلفين إلى أن يتكون نظام متغير التشتت.

(7) يدار صندوق المنشور إلى أن يقع الخط الفاصل والمحدد على نقطة ثلاثى السلوك المتقاطعة فى التليسكوب وتقرأ قيمة معامل الإنكسار على التدرج المستمر.

obeikandl.com

(8) تثبت درجة الحرارة للمناشير وذلك بإدارة حمام مائى يمر خلال جاكت معــدنى يحيط بالمنشور.

التجربة : تقدير معامل الإنكسار لسائل :

(1) تحضر مجموعة من المحاليل معروف تركيبها (سوائل ثنائية ذاتية أو محلــول ملحى).

(2) تقدر معاملات الإنكسار للمحاليل بإستخدام الجهاز متبعاً فى ذلك الخطوات سالفة الذكر.

(3) يقدر معامل الإنكسار للسوائل النقية المطلوبة.

(4) نرسم العلاقة بين معاملات الإنكسار والتركيب بالنسبة المئوية بالوزن ونوصــل بين النقط فى الرسم البيانى.

(5) عين معامل الإنكسار للمحلول المجهول ومن الرسم يمكن معرفة تركيبه.

❖❖❖ ❖❖❖ ❖❖❖

obeikandl.com