

التجربة رقم (٢)

اسم التجربة : تعيين الوزن الجزيئي للسوائل المتطايرة بطريقة

دوماس .

الغاية من التجربة : هو دراسة طريقة لتعيين الاوزان الجزيئية التقريبية للمواد المتطايرة ، هذه التجربة إحدى التطبيقات للقانون العام للغازات.

النظرية : تعتمد طرق ايجاد الوزن الجزيئي للمواد المتطايرة في حالتها البخارية على فرضية افوكادرو التي تنص على أن الحجوم المتساوية من الغازات تحتوي على نفس العدد من الجزيئات فيما لو قيست في الظروف القياسية . أو بمعنى آخر إن الحجم الذي يملكه المول الواحد من أي غاز مثالي عند الظروف القياسية يساوي ٢٢,٤ لتر ويسمى بالحجم المولي Molar Volume ومن المعادلة العامة للغازات المثالية :

$$P.V = nRT$$

حيث أن $n =$ عدد المولات و يساوي $n = \frac{w}{M}$

إذ أن المول الواحد من الغاز يشغل عند الضغط الجوي ودرجة حرارة الصفر المئوي حجم قدره ٢٢,٤ لتر فإذا كانت المادة سائلة توضع في إناء وتبخر بالتسخين في الحمام المائي ثم يعين وزن البخار الذي احتجز داخل الوعاء أما حجم البخار فيمثل حجم الإناء. يحول هذا الحجم إلى الظروف القياسية ثم يحسب الوزن الجزيئي للمادة باستخدام فرضية افوكادور (الوزن الجزيئي للمادة عند NTP يشغل حجم مقداره ٢٢٤٠٠ سم^٣).

$$M = \frac{w \times 22400}{V_2}$$

$w =$ وزن البخار بوحدة gm

$V_2 =$ حجم البخار في NTP بوحدة ml

$M =$ الوزن الجزيئي بوحدة gm/mole

الأدوات المستعملة : حمام مائي ، ميزان حساس ، شريحة المنيوم ، ورق دائري ، مادة متطايرة .

طريقة العمل :

١. نزن الدورق الدائري وهو فارغ مع شريحة الالمنيوم = W_1 .
٢. نضع $3ml$ من السائل المتطاير في هذا الدورق وتغطي الفوهة بشريحة الالمنيوم ثم نضع الدورق في حمام مائي بدرجة الغليان يمسك بواسطة ماسك حديدي ونسخن حتى يتبخر السائل في الدورق بما في ذلك القطرات المتكاثفة على عنق الدورق.
٣. يبرد الدورق لتكثيف بخار السائل المتبقي ونزنه مع شريحة الالمنيوم = W_2 .
٤. نملاً الدورق تماماً بالماء ثم يقاس حجم الماء بوضعه في اسطوانة مدرجة وهو حجم ما يشغله بخار المادة المتطايرة = V_1 .

النتائج والحسابات

وزن الدورق وهو فارغ + شريحة الالمنيوم = W_1

وزن الدورق + شريحة الالمنيوم + وزن بخار السائل = W_2

وزن بخار السائل المتبقي في الدورق بعد التكاثر = $W_2 - W_1$

V_1 = حجم البخار ويساوي حجم الدورق (ml)

نحول ظروف التجربة إلى الظروف القياسية باستخدام القانون

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

حيث P_1 : الضغط الجوي الاعتيادي بوحدة ($mmHg$)

T_1 : درجة الحرارة المطلقة وتساوي (درجة حرارة الحمام المائي + $273 k^0$)

P_2 : الضغط في الظروف القياسية و يساوي ($760 mmHg$)

T_2 : درجة الحرارة في ظروف القياسية ($273 k^0$)

V_2 : حجم بخار السائل في الظروف القياسية (ml)

المناقشة

- ١- على ماذا تنص فرضية اوفوكادرو
- ٢- لماذا يتم غلق الدورق الذي تتم فيه عملية التبخير بواسطة قطعة المينيوم
- ٣- ما تأثير بقاء كميات قليلة من الماء على الجدران الخارجية للدورق
- ٤- لماذا يتم حساب الوزن الجزيئي للغاز بعد تحويل الحجم الى الظروف القياسية
- ٥- ما المواد التي ينبغي الحذر او عدم استعمالها في هذه التجربة
- ٦- احسب الوزن الجزيئي لغاز كتلته 0.1 g و عند تبخيره بدرجة حرارة 100°C فانه يشغل حجم 93 cm^3 و تحت ضغط جوي 750 mmHg

تجربة رقم (3)

اسم التجربة ايجاد ثابت السعر

Determination of Calorimeter constant

الغاية من التجربة : ايجاد ثابت السعر

النظرية : تدعى كمية الحرارة التي تؤدي إلى زيادة أو نقصان درجة حرارة المسعر درجة مئوية واحدة بثابت المسعر .

من المعروف أن معظم التفاعلات الكيميائية يصاحبها انبعاث أو امتصاص كمية معينة من الحرارة تتناسب هذه الكمية مع عدد من العوامل أهمها كمية المادة والحالة الفيزيائية للمادة . إن كمية الحرارة تدعى الانثالبي أو المحتوى الحراري وهي دالة حرارية أي أنها تعتمد على حالة المواد المستعملة أي التفاعلات والنواتج ولا تعتمد على مساره التفاعل ولقياس هذا النوع من الحرارة يستخدم وعاء يدعى المسعر وهو عبارة عن وعاء زجاجي أجوف مكون من طبقتين يفرغ ما بينهما من الهواء ويطلو من الداخل بطبقة خفيفة من الفضة.

إن كمية الحرارة الممتصة أو المنبعثة في تفاعل كيميائي تساوي حاصل ضرب كمية المادة بالمول في سعتها الحرارية المولية في مقدار الزيادة أو النقصان في درجات الحرارة للمواد المتفاعلة أي:

$$q_p = n * C_p * \Delta T$$

اما مقدار الانثالبي فيحسب على اساس المول الواحد فيكون

$$\Delta H = \frac{q_p}{n} = C_p * \Delta T$$

بالنسبة لثابت للمسعر و حسب التعريف اعلاه فان كمية الحرارة التولدة او الممتصة داخله يمكن كتابتها بالشكل

$$q_p = C. \Delta T$$

حيث q_p كمية الحرارة المنبعثة او الممتصة تحت ضغط ثابت C ثابت المسعر بوحدة $cal. deg^{-1}$ و ΔT الفرق في درجات الحرارة.

الاجهزة والمواد المستعملة

مسعر ، محرار دقته $0.1^{\circ}C$ ، سحاحة ، حامض الكبريتيك المركز النقي، ورق تسحيح، بيكر، ماصة (10 ml) واسطوانة مدرجة ، محلول هيدروكسيد الصوديوم (محلول قياس 1M) ، محرك ، دليل الفينولفثالين.

طريقة العمل :

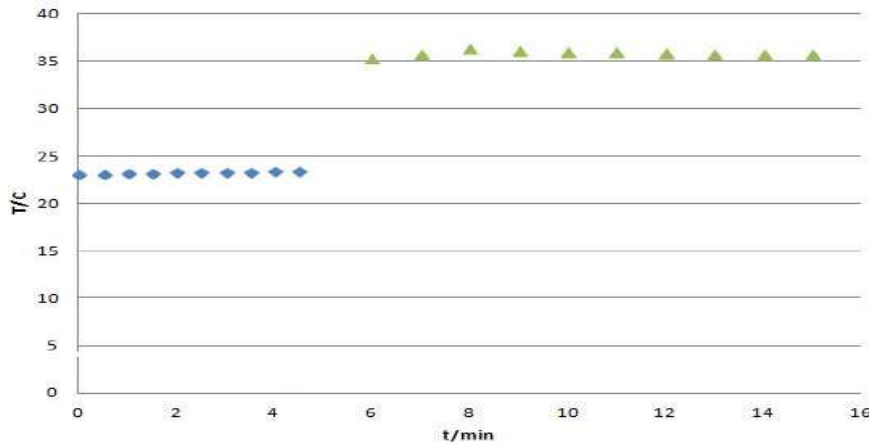
١. ضع داخل المسعر يحتوي على محرار و محرك 100 cm^3 من الماء بواسطة اسطوانة مدرجة، حرك المحلول بواسطة المحرك (تجنب كسر المحرار) اقرأ درجة حرارة المحرار لكل دقيقة إلى ان تحصل على ثبوت لدرجة الحرارة ، سجل هذه الدرجات .

٢. ارفع الغطاء بسرعة وأضف 2.5 ml من حامض الكبريتيك المركز (يجب أن تكون الإضافة بأسرع وقت ممكن حيث لا تستغرق أكثر من نصف دقيقة) أعد الغطاء للمسعر وحرك المحلول تحريكا مستمرا وسجل درجة حرارة المحلول كل دقيقة إلى أن تثبت درجة الحرارة.

٣. أنقل محتويات المسعر الى بيكر ثم اسحب بواسطة الماصة (10 ml) من المحلول وسحها مع محلول هيدروكسيد الصوديوم (1N) بعد إضافة قطرتين من دليل الفينولفثالين ، وسجل حجم القاعدي المستخدم.

الحسابات ومعالجة النتائج

١. ارسم قراءات درجة الحرارة للماء مع الزمن على ورقة بيانية وأعمل الشيء نفسه بالنسبة لقراءات درجة الحرارة بعد إضافة حامض الكبريتيك (ارسم الاثنان على نفس الورقة) .



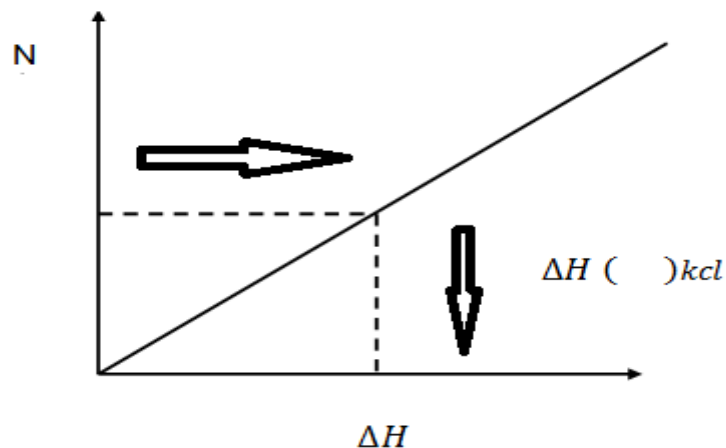
٢. احسب عيارية المحلول بتطبيق

$$N_a \cdot V_a = N_b \cdot V_b$$

استخدم القيم المعطاة في الجدول الآتي وأرسم خطأً بيانياً قياسياً بين العيارية و ΔH حيث تحصل على خط مستقيم يمكن استخدامه في جميع التجارب القادمة لحساب ثابت السعر (عين عيارية محلولك من الخطوة (٢) على الخط المستقيم فنحصل على النقطة المقابلة له على ΔH)

جدول كمية الحرارة المتحررة نتيجة لإضافة حامض الكبريتيك المركز
(100cm³ of H₂O)

Acid added in (cm ³) d=1.8 , 98.5%	Normality of solution N	Heat liberated ΔH (kcal)
3.0	1.100	0.946
2.5	0.918	0.780
2.3	0.842	0.718
1.5	0.559	0.473
0.75	0.227	0.242
0.6	0.217	0.191



٤. احسب ثابت المسعر باستخدام المعادلة الآتية :

$$C = \Delta H \times \frac{V}{100} \times \frac{1}{\Delta T}$$

حيث أن :

$V =$ حجم المحلول داخل المسعر (ml)

$C =$ ثابت المسعر أو السعة الحرارية للمسعر ($cal. deg^{-1}$)

المناقشة

١- لماذا يكون المسعر عبارة عن وعاء زجاجي اجوف مكون من طبقتين مفرغ

ما بينهما من الهواء و مطلي من الداخل بطبقة من الفضة.

٢- اي الانظمة الفيزيائية يمثل المسعر و لماذا.

٣- لماذا تم استعمال حامض الكبريتيك في هذه التجربة.

٤- ما الفرق بين السعة الحرارية و السعة الحرارية النوعية و السعة الحرارية

المولية.

٥- ماذا يمثل المقدار $\frac{V}{100}$ في قانون ثابت المسعر.

٦- احسب كمية الحرارة المتحررة من تفاعل كيميائي داخل مسعر ثابتته

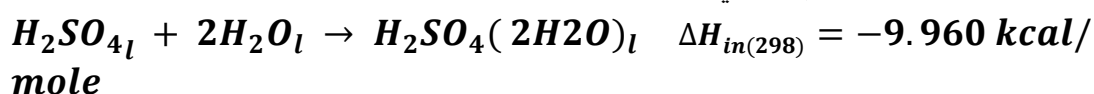
($0.195 cal. deg^{-1}$) و حجم محتوياته ($103 ml$) و مقدار الفرق في

درجات الحرارة هو ($6^{\circ}C$)

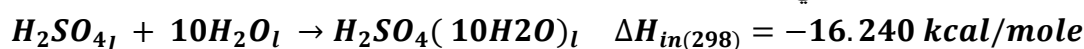
تجربة رقم (٤)

اسم التجربة : حرارة المحلول Heat of solution

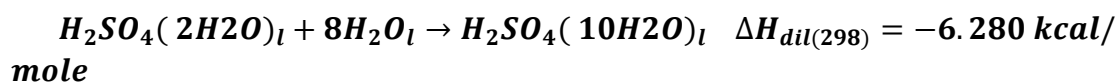
الغاية من التجربة : قياس حرارة المحلول لمخ معين بواسطة الطريقة المسعرية النظرية : تعرف حرارة المحلول بأنها كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة عن إذابة ، مذاب معين في مذيب، يوجد هناك نوعين من حرارة المحلول الأول يسمى حرارة المحلول التكاملية Integral Heat of solution والثاني حرارة المحلول التفاضلية Differential Heat of Solution. وتعرف حرارة المحلول التكاملية بأنها مقدار الحرارة الممتصة أو المتحررة الناتجة من إذابة مول واحد من مذاب معين في عدد معين من مولات المذيب عند درجة حرارة و ضغط ثابتين وعلى سبيل المثال يمكن تمثيل الإذابة في المعادلة الآتية :



تمثل ΔH حرارة المحلول التكاملية و تتأثر قيمتها بالتركيز النهائي للمحلول، حيث ان تغير تركيز المذاب (تغير كمية المذيب) يعطي حرارة محلول مختلفة مثلا ذوبان مول واحد من حامض الكبريتيك المركز في ١٠ مولات من الماء يكون:



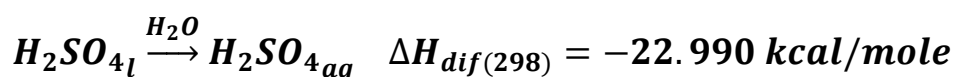
و يمثل الفرق بين كميتي الحرارة المتحررة في الحالتين حرارة التخفيف Heat of Dilution و التي تعرف بانها كمية الحرارة المنبعثة او الممتصة نتيجة تخفيف تركيز مول واحد من مذاب معين بعدد معين من مولات المذيب عند درجة حرارة و ضغط ثابتين.



و حسابيا يمكن الحصول على حرارة التخفيف من الفرق بين الحرارتين التكامليتين:

$$\Delta H_{dil} = (\Delta H_{in})_2 - (\Delta H_{in})_1 = -16.240 - (-9.960) = -6.280 \text{ kcal/mole}$$

لكن عندما يزداد حجم المذيب إلى درجة معينة بحيث أن إذابة كمية إضافية من المذاب لا تغير من قيمة حرارة المحلول فتسمى عندئذ بحرارة المحلول التفاضلية وتعرف بأنها كمية الحرارة الناتجة من إذابة مول واحد من المذاب في حجم من المذيب يكون كبيرا جدا بحيث أن إضافة كمية اخرى من المذاب لا يؤثر على حرارة المحلول بصورة ملموسة عند درجة حرارة و ضغط ثابتين. و تكتب عندها المعادلة الكيميائية للذوبان بالشكل



و لا يمكن قياس حرارة المحلول التفاضلية بصورة مباشرة ولكن يمكن قياسها باستخدام قيم حرارة المحلول التكاملية. فلو فرضنا ان كمية حرارة المحلول عند ضغط ثابت المتولدة في المسعر

حيث ان $q_p = -C \cdot \Delta T$ ثابت المسعر بوحدة $(kcal/deg)$ و ان ΔT هو الفرق في

درجات الحرارة (deg) فان حرارة المحلول التكاملية حسب التعريف تكون: $\Delta H_{in} = \frac{q_p}{n_2}$

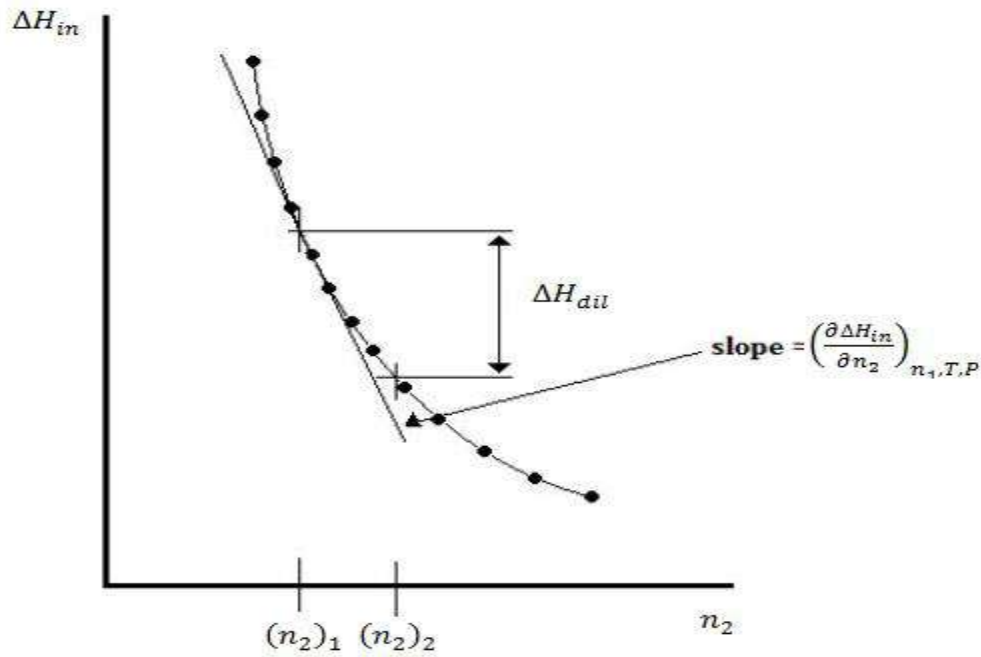
حيث ان n_2 يمثل عدد مولات المذاب و n_1 عدد مولات المذيب. وعليه تكون حرارة المحلول التفاضلية

$$\Delta H_{dif} = \left(\frac{\delta q_p}{\delta n_2} \right)_{n_1, T, P} = \left(\frac{\partial(\Delta H_{in} \cdot n_2)}{\partial n_2} \right)_{n_1, T, P} = \Delta H_{in} + n_2 \cdot \left(\frac{\partial \Delta H_{in}}{\partial n_2} \right)_{n_1, T, P}$$

فمن رسم ΔH_{in} على المحور y مقابل n_2 على محور x نحصل على منحنى تمثل مماساته

قيم $\left(\frac{\partial \Delta H_{in}}{\partial n_2} \right)_{n_1, T, P}$ عند كل تركيز و من معرفة التركيز (عدد مولات المذاب) و حرارة المحلول

التكاملية عند ذلك التركيز يمكن باستخدام المعادلة اعلاه حساب حرارة المحلول التفاضلية و كما مبين بالرسم.



الأجهزة والمواد الكيميائية :

مسعر ، محرار دقته $0.1 deg$ ، نترات البوتاسيوم KNO_3 أو أي ملح آخر

طريقة العمل :

١. أوجد ثابت المسعر $C = 0.193 Kcal/deg$

٢. ضع 100 ml ماء في بيكر زجاجي وسخنه إلى $35^{\circ}C$ وضعها في المسعر و بدأ بتسجيل درجات الحرارة كل دقيقة (نظم جدول) وعند ثبوت درجة الحرارة أضف 5g نترات البوتاسيوم وامزج المحلول جيدا وذلك برج المسعر وأقرأ درجة الحرارة لكل دقيقة ولحين ثبوت درج الحرارة تقريبا.

٣. اعد الخطوات السابقة باستعمال الاوزان (0.5, 2, 3,4 g).

الحسابات :

١. ارسم خطا بيانا بين درجة الحرارة والزمن وصل بين امتداد الخطين لحساب ΔT

٢. أحسب الحرارة المتولدة داخل المسعر باستخدام العلاقة من كل وزن

$$q_p = - C . \Delta T = (\quad) kca$$

٣. من الوزن الجزيئي لملاح نترات البوتاسيوم $101.1 g/mol$ احسب عدد مولات الملح ثم

احسب حرارة المحلول التكاملية باستخدام القانون $\Delta H_{in} = \frac{q_p}{n_2}$ و لكل وزن:

٤. ارسم ΔH_{in} مقابل عدد مولات الملح ثم استخراج قيمة ΔH_{dif} و ΔH_{dil} عند التراكيز المستخدمة.

المناقشة:

١. عرف حرارة المحلول وما هي انواعها ووحداتها.

٢. اثبت بيانيا ان $\Delta H_{dif} = \Delta H_{in}^{\infty}$.

٣. هل كانت عملية الذوبان باعثة ام ماصة للحرارة و ما الفرق بينهما بيانيا.

٤. احسب حرارة تخفيف حامض الكبريتيك من محلول كسره المولي 0.333 حرارة محلوله

التكاملية $-9.960 kcal/mole$ الى محلول كسره المولي 0 حرارة محلوله التكاملية

$-22.990 kcal/mole$ و لماذا يمكن اعتبار ان حرارة المحلول في الحالة الثانية

هي حرارة المحلول التفاضلية و هل ان عملية التخفيف باعثة ام ماصة للحرارة.

٥. لماذا يتم حساب الحد $\left(\frac{\partial \Delta H_{in}}{\partial n_2} \right)_{n_1, T, P}$ من المماس وهل يمكن حسابه من الميل.

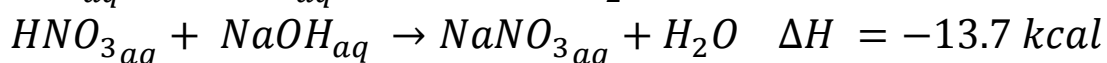
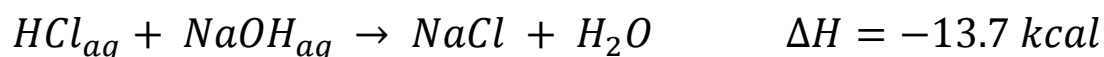
تجربة رقم (5)

اسم التجربة : حرارة التعادل لحامض قوي وقاعدة قوية

Heat of Neutralization of Strong Acid–Base

الغاية من التجربة : ايجاد حرارة التعادل لحامض قوية وقاعدة قوية .

النظرية : عندما يتفاعل محلول مائي من الحوامض والقواعد تتحرر كمية من الحرارة وتعرف كمية الحرارة المتحررة من تعادل مول واحد من حامض قوية مع مول واحد من قاعدة قوية بحرارة التفاعل ولقد تبين أن حرارة التعادل قيمة ثابتة لأي تعادل بين حامض قوية وقاعدة قوية وتساوي -13.7 kcal أمثلة على ذلك



وتبين القيمة الثابتة أن نفس التغير الكيميائي يحدث عادة بين أي حامض قوية وقاعدة قوية في الحقيقة أن التفاعل الوحيد الذي يحدث لهذا النوع من التعادل هو التفاعل بين أيون الهيدروكسيد (OH^-) وأيون الهيدروجين (H^+) لتكوين جزيئة واحدة من الماء :



الاجهزة والمواد المستعملة :

مسعر Calorimeter ، محرار دقته 0.1 ، ماصه ، اسطوانه مدرجة ، محلول هيدروكسيد الصوديوم (1m) محلول حامض الهيدروكلوريك (0.1m) ، دليل المثليل البرتقالي ، سحاحة ، حامض البنزريك المركز .

طريقة العمل :

١. يحضر مخلول مخفف من حامض النتريك (يمزج 6.5 ml حامض النتريك

المركزمع 3.5 ml من الماء المقطر)

٢. يمزج في المسعر ذي الثابت المعلوم (25 ml) من (1N) KOH مع (74

ml) من ماء مقطر وتسجل درجات حرارة ثابتة وذلك بالتحريك المستمر

للمحلول

٣. يفتح سداد المسعر في نهاية آخر قراءة وتضاف إلى المحلول القاعدي أعلاه (2.5 ml) من حامض النتريك المخفف أعلاه (يجب أن لا تستغرق هذه العملية أكثر من (30 sec) من آخر قراءة .

٤. يعاد السداد إلى المسعر ويستمر بالتحريك وتسجل درجة الحرارة كل نصف دقيقة لحين الحصول على درجة حرارة ثابتة .

٥. ترسم درجات الحرارة تجاه الوقت للقراءات المستحصلة ورقة بيانية واحدة حيث نحصل منها على الارتفاع بدرجة الحرارة نتيجة التفاعل ΔT_1 .

٦. يضاف في نهاية التجربة على المزيج عدة قطرات من كاشف الميثيل البرتقالي فإذا كان المحلول حامضي (لونه أحمر) فهذا يعني أن الحامض المضاف قد عادل جميع القاعدة أما إذا كان المحلول قاعدي (لونه أصفر) فهذا يعني أن جزءا من القاعدة قد تخلف ولم يتعادل وبهذه الحالة يسحح محلول المسعر بأكمله مع (0.1N HCl) لمعرفة الكمية المتبقية من القاعدة .

٧. ينظف المسعر وتعاد التجربة مبتدئين بماء مقطر في المسعر بحجم (99ml) وتسجل درجات الحرارة لكل دقيقة لحين الحصول على درجة حرارة ثابتة كما في الخطوة (2) ثم يضاف (2.5 ml) من حامض النتريك المخفف ثم يعاد السداد إلى المسعر وتسجل درجة الحرارة لكل دقيقة مع التحريك قليل لحين الحصول على درجة حرارة ثابتة .

٨. ترسم درجات الحرارة تجاه الوقت للقراءات المستحصلة على ورقة بيانية واحدة حيث نحصل منها على الأرتفاع بدرجة الحرارة نتيجة إضافة الحامض (تخفيف) للحصول على ΔT_2

الحسابات ومعالجة النتائج:

١. استخراج ΔT_1 من رسم T/C° مقابل t/min على ورقة بيانية بعد تنظيمها في جدول ثم على نفس الورقة ترسم القراءات بعد إضافة 2.5ml حامض النتريك، حيث ΔT_1 تمثل الفرق في درجات الحرارة الناتج عن التخفيف والتعادل.

٢. بنفس الطريقة استخراج ΔT_2 من رسم قراءات درجة حرارة الماء في الحالة الثانية (99ml) مع الزمن على ورقة بيانية وكذلك نرسم القراءات بعد إضافة (2.5ml) حامض النتريك على نفس الورقة، حيث ΔT_2 الفرق في درجات الحرارة الناتج عن التخفيف.

٣. استخراج الفرق في درجات الحرارة الناتج عن التعادل ΔT

$$\Delta T = \Delta T_1 - \Delta T_2$$

٤. استخراج عدد مولات الحامض والقاعدة المتعادلين n من القانون

$$n = \frac{N_{KOH}V_{KOH} - N_{HCl}V_{HCl}}{1000}$$

٥. احسب حرارة التعادل

$$\Delta H = \frac{-C \times \Delta T}{n}$$

حيث (C) ثابت المسعر

المناقشة:

- ١- هل يمكن استعمال دليل اخر غير المثل البرتقالي في هذه التجربة.
- ٢- لماذا يتم حساب حرارة تخفيف حامض النتريك.
- ٣- ما سبب وجود احتمالية بان حامض النتريك المستخدم لا يعادل جميع القاعدة الموجودة في المسعر.
- ٤- ما الغرض من تخفيف حامض النتريك كما ذكر في الفقرة (١) من طريقة العمل.
- ٥- على اي اساس يتم استعمال القانون في الفقرة (٤) من الحسابات لحساب عدد المولات.
- ٦- ماهي حرارة تعادل مول واحد من حامض الكبريتيك مع مول واحد من هيدروكسيد الصوديوم.

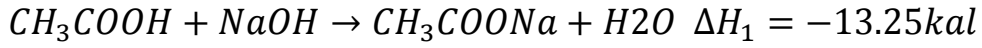
تجربة رقم (٦)

حرارة التعادل لحامض ضعيف وقاعدة قوية

Heat of Neutralization of Weak Acid and Strong Base

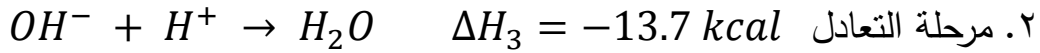
الغاية من التجربة: تعيين حرارة التعادل لحامض ضعيف

النظرية: تعرف حرارة التعادل بأنها كمية الحرارة المتحررة من تعادل مول واحد من حامض مع مول واحد من القاعدة



وهذا التفاعل عادة بمرحلتين بالنسبة للحامض الضعيف

١. مرحلة التفكك



٣. وجمع (1) و (2) تحصل المعادلة الأولى ΔH_1

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3$$

$$(-13.25) = D + (-13.7)$$

$$D = (\quad) kcal$$

نفهم من المعادلات أعلاه أن حرارة التعادل للحامض الضعيف أو القاعدي الضعيف لا تساوي (-13.7) ويمكن تفسير هذا على أساس أنه يحدث في مثل هذه الحالات فضلا عن التعادل تفكك الحامض الضعيف أو القاعدي الضعيف .

الأجهزة والمواد المستعملة

مسعر Calorimeter ، محرار دقته 0.1 ، ماصة ، اسطوانة مدرجة ، محلول هيدروكسيد الصوديوم ، حامض الخليك .

طريقة العمل

1. يمزج في المسعر ذي الثابت المعلوم (25ml) من (1N) NaOH مع (50ml) من الماء وتسجل درجات الحرارة بفترات زمنية مقدارها دقيقة واحدة للحصول على درجة حرارة ثابتة لمدة خمس دقائق .
2. يفتح سدادة المسعر في نهاية آخر قراءة ويضاف إلى المحلول القاعدي أعلاه (25ml) من حامض الخليك عياريته (1N) .
3. يعاد السداد إلى المسعر ويحرك حركة دائرية لمجانسة المواد ونسجل درجة الحرارة لكل دقيقة لحين الحصول على درجة حرارة ثابتة لمدة خمس دقائق .
4. ترسم درجات الحرارة تجاه الوقت للقراءات المستحصلة على ورقة بيانية واحدة للحصول على الأرتفاع بدرجة الحرارة ΔT

ملاحظة : في هذه التجربة لا يوجد حرارة تخفيف لذلك اهتمت الخطوة العملية لتعيينها وكذلك معادلة القاعدة المتبقية لم يبق لها وجود لأن كمية الحامض المضاف يساوي كمية القاعدة المستعملة .

النتائج والحسابات

1. نستخرج ΔT من رسم T/C° مقابل t/min

2. نطبق العلاقة الرياضية

$$\Delta H_1 = \frac{-C \cdot \Delta T}{n} = \left(\quad \right) kcal$$
$$n = \frac{N_{NaOH} \cdot V_{NaOH}}{1000} = 0.025 \text{ mole}$$

3. نستخرج حرارة التفكك

$$\Delta H_1 = D + (-13.7)$$

ΔH_1 حرارة التعادل لحامض ضعيف وقاعدة قوية بوحدة kcal/mole

D = حرارة التفكك بوحدة kcal/mole

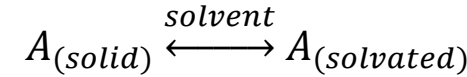
المناقشة:

- ١- ما سبب عدم حساب حرارة تخفيف حامض الخليك في هذه التجربة.
- ٢- لماذا تكون حرارة تفكك الالكتروليت الضعيف مقدار موجب.
- ٣- لماذا لا نستعمل قانون حساب عدد المولات في التجربة السابقة.
- ٤- عرف حرارة تفكك الالكتروليت الضعيف.

تجربة رقم (٧)
 تعيين قابلية الذوبان لحمض البنزويك في الماء في درجات حرارة مختلفة وحساب
 حرارة المحلول الناتج .

Solubility Determination of the benzoic acid over range of temperatures and calculation of its heat of solution

النظرية : يمكن تمثيل عملية ذوبان مادة معينة في مذيب معين من خلال المعادلة
 الكيميائية



و ان ثابت التوازن الكيميائي لهذه العملية يمكن كتابته بالشكل

$$K = \frac{a_A(solvated)}{a_A(solid)}$$

حيث ان $a_A(solvated)$ تمثل فعالية المقدار الذائب من المادة A و يمكن
 اعتبارها هنا تركيز المادة المذابة او ذوبانيتها (S). اما $a_A(solid)$ فتمثل فعالية
 المادة A الموجودة في الطور الصلب غير الذائب و تكون قيمتها مساوية الى ١
 الصحيح. و بذلك يمكن كتابة علاقة ثابت التوازن بالشكل $K = S$ اي إن قابلية
 الإذابة هي حالة خاصة لثابت التوازن لذلك يمكن تطبيق معادلة فان ت هوف (Van't
 Hoff) على هذه الحالة وتتوقف قابلية الذوبان لأي مادة في مذيب بالاعتماد على ان
 عملية الذوبان ماصة أو باعثة للحرارة ويمكن التعبير عن تأثير درجة الحرارة على
 الذوبان بمعادلة فان ت هوف على الشكل الآتي :

$$\frac{d \ln S}{dT} = \frac{\Delta H_{sol}}{RT^2} \dots \dots \dots (1)$$

ومن تكامل هذه المعادلة يمكن أن نحصل على ما يلي :

$$\ln S = \frac{-\Delta H_{sol}}{RT} + C \dots \dots \dots (2)$$

$$\ln \left(\frac{S_2}{S_1} \right) = \frac{-\Delta H_{sol}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \dots \dots \dots (3)$$

حيث أن S قابلية الذوبان للمادة المذابة و C ثابت التكامل ويعبر عنها بعدد المولات
 لكل كيلو غرام من المذيب (التركيز المولالي) T درجة الحرارة المطلقة ΔH_{sol}
 حرارة المحلول على مدى معين من درجات الحرارة المستعملة، وتمثل ΔH_{sol}
 حرارة المحلول التفاضلية التقريبية التي يمكن ان تكون عادة ثابتة لمدى معين من
 درجات الحرارة المستعملة خلال هذه التجربة فضلا عن عدم تغير طور المادة
 الصلبة وعدم حصول تفاعل كيميائي .

الغاية من التجربة :

تعيين حرارة المحلول (الذوبان) لحامض عضوي (حامض البنزويك) بواسطة إذابته في الماء وقياس قابلية الذوبان (S) عند درجات حرارة مختلفة باستخدام معادلة فانتهوف .

المواد والاجهزة المستعملة :

حمام مائي يمكن للسيطرة على درجة حرارته ، محرار ، ماصة سعة 10 ملتر ، دوارق زجاجية سعة 250ملتر ، سحاحة ، بيكر ، حامض البنزويك Ph-COOH ، هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ، دليل ph.ph ، قطن ، خيط .

طريقة العمل :

1. يحضر محلول مشبع من إذابة 1 gm من حامض البنزويك في 100ml ماء مقطر داخل دورق مخروطي .
2. يوضع محرار داخل الدورق ، ثم يوضع في حمام مائي إلى أن تصل درجة الحرارة بين (41 - 42°) }لأنه لحين اكمال السحب ترجع درجة الحرارة إلى 40c° .
3. ترفع الدورق من الحمام المائي حيث يتم سحب الماصة بقطعة من القطن وذلك لمنع تسرب بلورات الحامض العالقة في المحلول ومن ثم نقل المحلول بسرعة إلى الدورق المخروطي التنظيف والحاوي على قطرتين من دليل الفينونفثالين .
4. يتم تسحيح المحلول مع محلول قياسي (0.05 N) من القاعدة NaOH الموجود في السحاحة .
5. يعاد الدورق الأصلي الحاوي على محلول البنزويك إلى الحمام المائي وذلك لرفع درجة حرارته إلى (50 ثم 60 ثم 70) وتعاد نفس الخطوات السابقة .

النتائج:

No.	T(C°)	T(K)	1/T (k ⁻¹)	V _{NaOH} (ml)	S (mg/10ml)	ln(S)
1	40					
2	50					
3	60					
4	70					

الحساب والنتائج:

1. يمكن حساب عدد ملي مولات حامض البنزويك من استخدام حجم محلول هيدروكسيد الصوديوم القياسي (0.05 N) ومولاريته وذلك عند درجة الحرارة الاولى

$N_a V_a = N_b V_b$ وبنفس الطريقة نحسب تركيز الحامض عند درجات الحرارة الأخرى.

٢. نحسب ذوبانية الحامض و هي [عدد مليغرامات الحامض الذائبة في (10 ml) من المحلول و التي تم سحبها بواسطة الماصة عند درجة حرارة معينة]. من خلال القانون:

$$S = N_a \cdot V_a \cdot M_{benzoic\ acid} = N_a \cdot V_a * 122$$

حيث ان (122 g/mole) هي الوزن الجزيئي لحامض البنزويك. و بعدها تكرر الحسابات لكل درجة حرارة.

٣. نستخرج قيم اللوغاريتم الطبيعي لكل قيمة من قيم الذوبانية

٤. نحول قيم درجات الحرارة المئوية إلى درجات حرارة مطلقة وذلك بإضافة 273 إلى كل درجة حرارة مئوية .

٥. نحسب مقلوب درجات الحرارة المطلقة الناتجة اي $\frac{1}{T}$ و تكون دقة الارقام لغاية المرتبة الخامسة ثم نثبت النتائج في الجدول أعلاه .

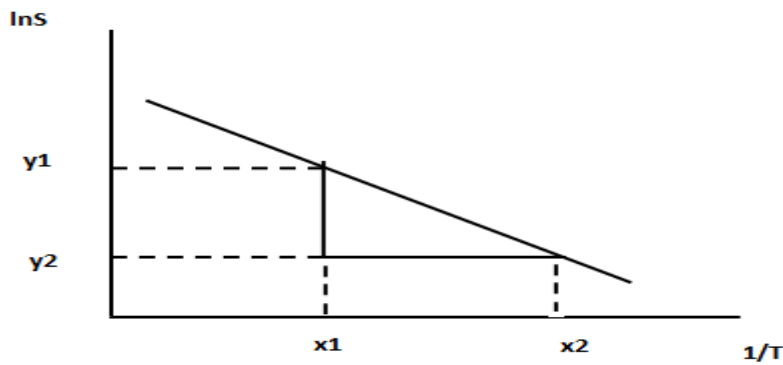
٦. نرسم خط بياني بين قيم $\ln(S)$ على المحور Y (العمودي) وقيم $\frac{1}{T}$ على محور X (الأفقي). ويكون رسم الخط البياني.

٧. نستخرج ميل الخط المستقيم الناتج وقيمته سالبة ، ثم نعوض بالمعادلة التالية

$$slope = \frac{-\Delta H}{R}$$

$$\Delta H_{sol} = -slope * R = 1.987 \text{ cal. mole}^{-1} \cdot k^{-1}$$

$$1.987$$



المناقشة:

١- على اي اساس تم اعتبار ان حرارة المحلول المحسوبة بهذه الطريقة تمثل

حرارة المحلول التفاضلية و كما ذكر في الجزء النظري من هذه التجربة.

٢- احسب ذوبانية حامض البنزويك في درجة حرارة $50^{\circ}C$ اذا علمت ان

ذوبانيته بدرجة حرارة $25^{\circ}C$ تكون 152 mg/10 ml و ان حرارة الذوبان

تكون 4000 cal/mole.

- ٣- احسب حرارة ذوبان حامض البنزويك اذا علمت ان ميل المستقيم الناتج عن رسم $\ln(S)$ مقابل $1/T$ يكون 2000-.
- ٤- لماذا يتم وضع قطن في مقدمة الماصة عند سحب نموذج لحساب تركيز حامض البنزويك.

Phase rule and ternary system

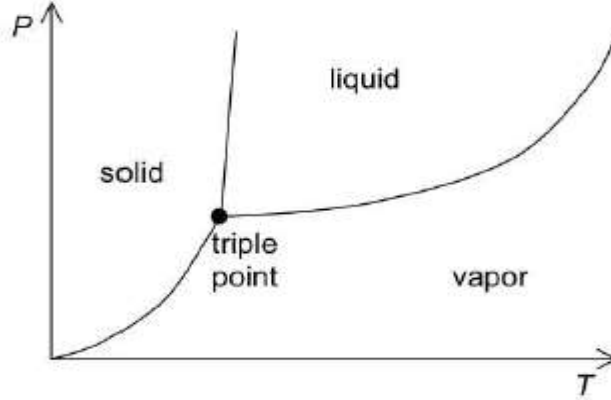
النظرية: تعتمد الخواص الترموديناميكية للمادة على الظروف الخارجية المؤثرة عليها مثل درجة الحرارة و الضغط و الى المواد المشتركة في تركيبها فضلا عن حالتها الفيزيائية و نقصد بها الطور الذي توجد فيه و يمكن تلخيص هذه العوامل بمعادلة كبس Gibbs الخاصة بقاعدة الطور:

$$F = C - P + 2 \dots \dots \dots (1)$$

حيث ان C تمثل عدد مكونات النظام، P عدد الاطوار الموجودة فيه و F عدد درجات الحرية التي يملكها و التي تمثل اقل عدد من المؤثرات التي يمكنها تغيير حالة النظام علما ان وجود رقم 2 في هذه المعادلة يعود الى درجة الحرارة و الضغط فمثلا اذا اخذنا الماء النقي على سبيل المثال و هو مادة واحدة اي ان عدد مكونات النظام يكون $C = 1$ لمعرفة امكانية تواجد الماء في حالته الثلاثة الصلب و السائل و البخار (عدد الاطوار يكون $P = 3$) في نظام متوازن واحد فاننا نطبق قاعدة الطور

$$F = 1 - 3 + 2 = 0$$

بمعنى اننا لانستطيع ان نغير موضع التوازن لهذا النظام من خلال تغيير درجة حرارة او ضغط او تكوين هذا النظام. تعرف هذه النقطة بالنسبة لنظام الماء بالنقطة الثلاثية له كما في الرسم

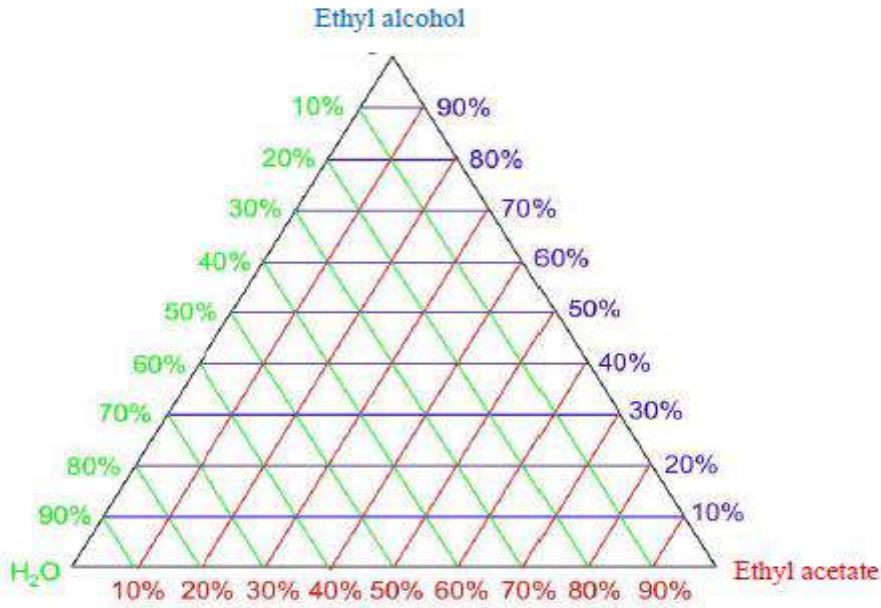


اما في حالة التوازن لاثنتان من الاطوار بالنسبة للماء اي حالات توازن الماء السائل مع بخاره او الماء السائل مع الثلج او الثلج مع بخار الماء فعند تطبيق قاعدة الطور نجد ان:

$$F = 1 - 2 + 2 = 1$$

اي ان عدد درجات الحرية لهذه الانظمة هي واحد بمعنا اننا نستطيع ان نغير حالة التوازن لهذه الانظمة بتغيير مؤثر واحد على الاقل كأن يكون الضغط او درجة الحرارة. مثلا يغلي الماء عند درجة حرارة $100^{\circ}C$ عند ضغط 1 atm و يكفي تقليل الضغط لتقليل درجة غليان الماء و جعله يغلي في درجة حرارة الغرفة.

في هذه التجربة ندرس مخطط الطور لنظام مكون من ثلاثة سوائل يكون فيه احد المكونات تام الامتزاج مع اي من المكونين الاخرين في حين ان المكونين مع بعضها يكونان جزئيا الامتزاج ففي حالة الماء و الايثانول و خلات الاثيل يكون الكحول تام الامتزاج مع كل من الماء و خلات الاثيل بينما يكونان هما جزئيا الامتزاج مع بعضهما و عند كل من درجة حرارة و ضغط ثابتين يكون عدد المتغيرات في هذا النظام ثلاثة و تتمثل بالكسور المولية لهذه المكونات. و للتمثيل البياني لهذه الحالة نحتاج الى مخطط ثلاثي المحاور لاطهار هذه المتغيرات كما في الشكل ادناه

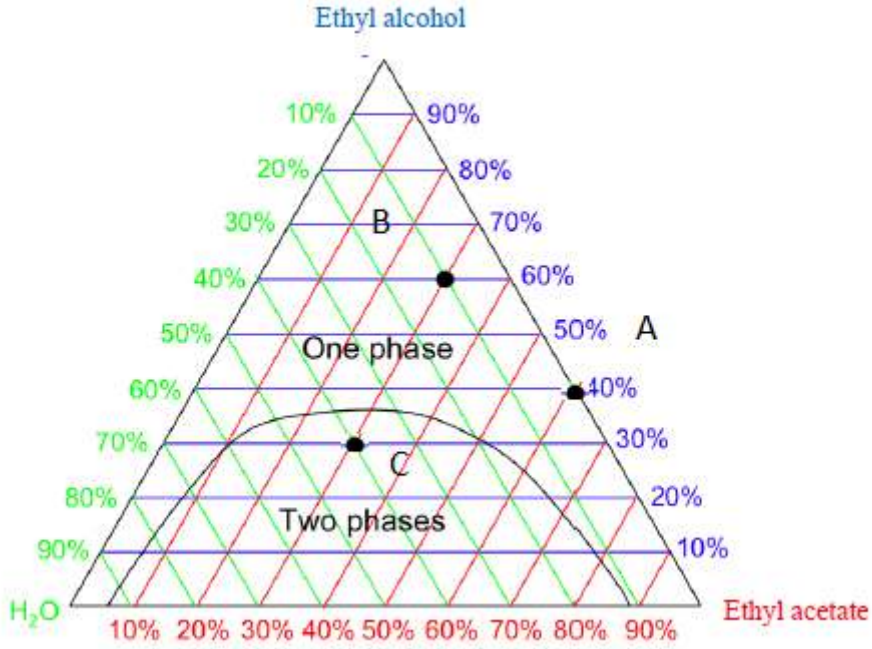


في هذا الرسم تشكل رؤوس المثلث مكونات النظام بنسبة 100% و تقل نسبة المكون مع ابتعادنا عن رأس المثلث حتى تصل الى 0% عند الضلع المقابل لذلك الرأس، اما كل ضلع من اضلاع هذا المثلث فتشكل الكسر المولي لاثنان من المكونات المحددين برأسي المثلث عند طرفي ذلك الضلع. مثلا النقطة A على الضلع بين رأسي خلات الاثيل و الايثانول تمثل محلول ثنائي كسره المولي 0.4 من الايثانول و 0.6 من خلات الاثيل و لا يحتوي على الماء اي ان الكسر المولي للماء في هذا المحلول يكون 0. اما لتعيين النقطة B التي تمثل محلول مكون من (0.6 Ethanol + 0.1 H₂O + 0.3 Ethyl acetate) فموضحة بالرسم ادناه.

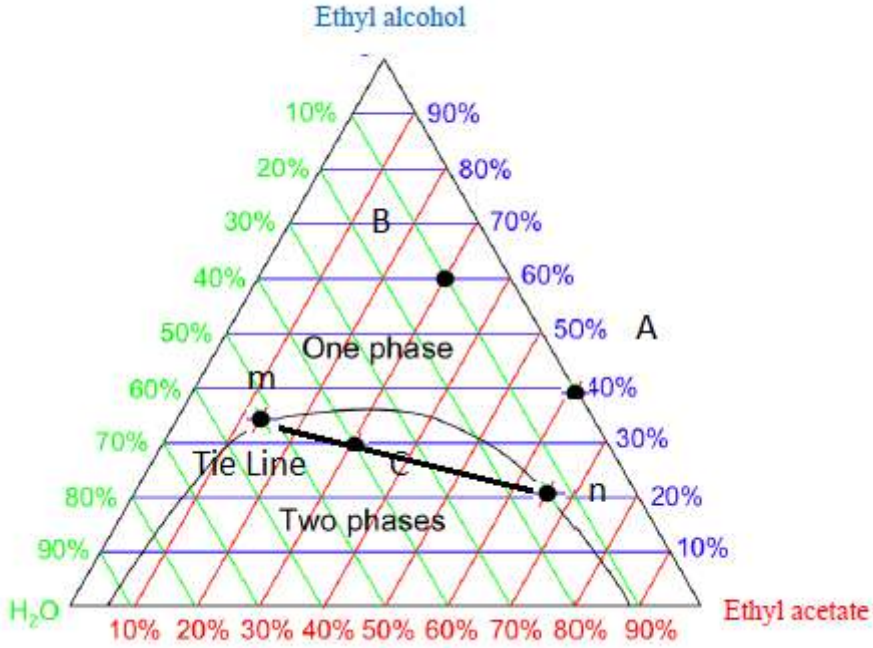
كما ذكرنا سابقا فان الايثانول يكون تام الامتزاج و بجميع النسب مع كل من الماء و خلات الاثيل في طور واحد بينما نظام الماء و خلات الاثيل يكونان جزئيا الامتزاج اي يكونان نظام ثنائي الطور لذلك عند اضافة الايثانول الى مزيج من الماء و خلات الاثيل تزداد قابليتهما على الامتزاج حتى نصل الى نقطة بعدها تمتزج جميع المكونات الثلاثة مع بعضها في طور واحد لذلك فان مخطط الطور سوف يتضمن منطقتين ثنائيتين الطور و اخرى احادية الطور و يمثل الخط الفاصل بين المنطقتين خط الاشباع، لذلك تكون المكونات في النقطة المعينة سابقا متواجدة في محلول متجانس احادي الطور.

النقطة C تمثل محلول غير متجانس ثنائي الطور التركيب الكلي له (في كلا الطورين) هو

(0.3 Ethanol + 0.4 H₂O + 0.3 Ethyl acetate)



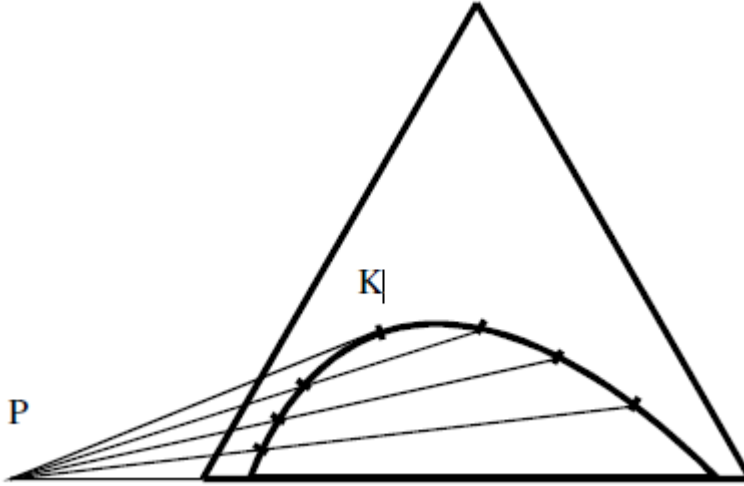
لكن تركيب كل طور من الطورين المنفصلين يعين تجريبيا و بالوسائل المناسبة، بيانيا تنشطر النقطة C الى نقطتين على خط الاشباع و يوصل بين هاتين النقطتين خط مستقيم يعرف بخط التعادل (Tie line) كما في الشكل ادناه



و يعين تركيب الطورين المنفصلين بيانيا حسب قاعدة Lever

$$\%m = \frac{\bar{c}_n}{\bar{m}_n} * 100 \quad \text{and} \quad \%n = \frac{\bar{c}_m}{\bar{m}_m} * 100$$

من مميزات خطوط التعادل انها بصورة عامة لاتكون موازية لاحد الاضلاع حيث نجد في الشكل السابق ان كمية الايثانول في النقطة m (ذات الكمية الاكبر من الماء) تكون اكبر منها في النقطة n (ذات الكمية الاكبر من خلات الاثيل) كذلك فان مجموعة خطوط التعادل لاتكون متوازية مع نفسها و انما تتقاطع جميعها عند نقطة معينة خارج الرسم كما في الشكل:



كلما زاد تركيز المكون تام الامتزاج يتقلص طول خط التعادل حتى نصل الى ان يصبح عبارة عن نقطة مفردة تعرف بالنقطة العقدة (Plait Point) و هي النقطة التي يكون فيها لكلا الطورين التركيب نفسه و ليس من الضرورة ان تكون نقطة العقدة هي اعلى نقطة في خط الاشباع.

تمثل دراسة نظام الطور للمكونات الثلاثة اهمية كبيرة في عدد كبير من المجالات مثل استخلاص المشتقات في الصناعة النفطية و التعدين و صناعة المنضفات و المواد الغذائية و مستحضرات التجميلو غيرها.

المواد المستخدمة :

- ١- ماء مقطر، ٢- ايثانول، ٣- خلات الاثيل.

الاجهزة المستخدمة:

- ١- دورق زجاجي حجم 100 ml عدد 4
- ٢- سحاحة عدد 1
- ٣- قطارة عدد 1
- ٤- حمام مائي
- ٥- محارير

تاريخ اجراء التجربة:

اسماء مجموعة العمل:

طريقة العمل:

- ١- في الدورق الاول ضع 10 ml من خلاات الثيل و اضف الماء من السحاحة لحين ظهور التعكر و سجل الحجم
 - ٢- في الدورق الثاني ضع 10 ml من الماء المقطر و سحح ضد خلاات الاثيل لحين ظهور التعكر و سجل الحجم
 - ٣- في الدورق الثالث الذي يحتوي على مزيج من الايثانول و الخلاات سحح ضد الماء لحين ظهور التعكر و سجل الحجم ثم استمر بالتسحيح لحين اختفاء التعكر و سجل الحجم مرة اخرى
 - ٤- اعد الخطوة السابقة بنسبة اخرى من الكحول الى الخلاات و كما في السابق
- ملاحظة: ١- في الخطوتين (٣ و ٤) يمكن ان لا يظهر التعكر و يمكن ان نحصل على نقطة تعكر واحدة فسر السبب.
- ٢- يجب ان تتم هذه التجربة في ظروف ثابتة من الضغط و درجة الحرارة لذلك يجب التأكد من ثبوت درجة حرارة المواد قبل و بعد المزج.

النتائج تكتب بالقلم الجاف الاسود او الازرق:

- ١- درجة حرارة المختبر اثناء التجربة:
- ٢- حجوم المكونات

No.	V_E (ml)	V_{H_2O} (ml)	V_{EA} (ml)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

الحسابات تكتب بالرصاص:

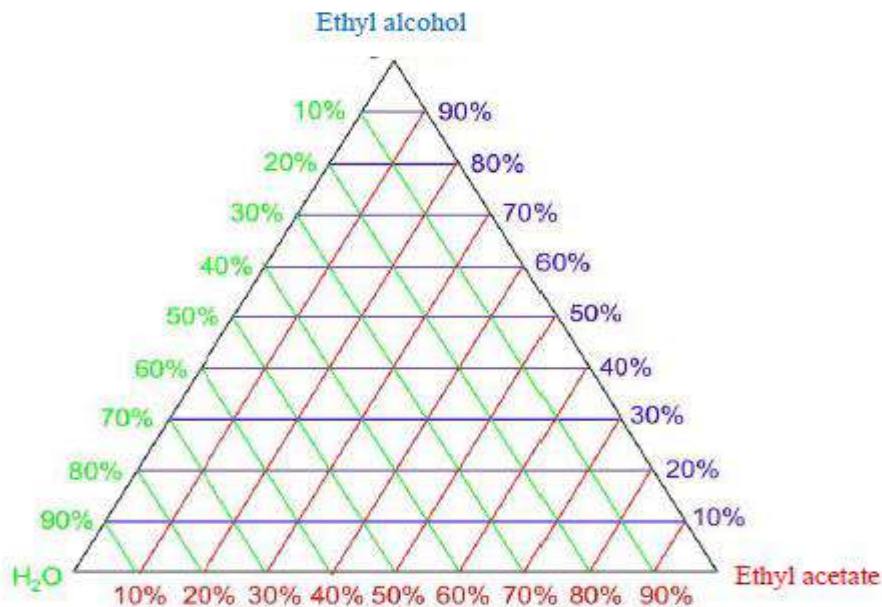
١- باستخدام القوانين

$$n = \frac{d.V}{M} \quad \text{and} \quad x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + n_3}$$

احسب كل من عدد المولات و الكسر المولي لكل من المكونات السابقة ثم احسب مجمع الكسور المولية للمكونات (يجب ان يكون المجموع 1.000 ± 0.001) ثم اكمل الجدول:

No.	$n_E(\text{mole})$	$n_{H_2O}(\text{mole})$	$n_{EA}(\text{mole})$	x_E	x_{H_2O}	x_{EA}	x_T
1							
2							
3							
4							
5							
6							

٢- عين احداثيات الكسور المولية على الشكل و بين منحنى تركيز الاشباع



المناقشة:

١- عرف: منحنى الاشباع، خط التعادل، النقطة العقدة

٢- عين تركيب النقاط n, m في الشكل 4 حسب قاعدة Lever

٣- احسب درجات الحرية للنقاط A, B, C في الشكل 4

٤- في الشكل 1 ما تأثير زيادة الضغط على درجة انجماد الماء

تعيين الوزن الجزيئي لمادة غير متطايرة بطريقة الانخفاض في درجة الانجماد

Determination of molecular weight of a non-volatile material by freezing point depression

الغاية من التجربة

تهدف هذه التجربة الى ايجاد الوزن الجزيئي بواسطة قياس الانخفاض في درجة الانجماد الناتج من اذابة مادة غير متطايرة في مذيب معين.

النظرية

عند اضافة مادة غير متطايرة الى سائل تتغير مجموعة من صفات السائل الاصلية و ان بعض هذه الصفات المتغيرة لا تعتمد على هوية المذاب بقدر ما تعتمد على كميته حيث تسمى الخواص الترابطية للمحاليل (collective properties of solutions) و التي تشمل الانخفاض في درجة انجماد المذيب، الارتفاع في درجة غليان المذيب، انخفاض الضغط البخاري للمذيب و حصول ظاهرة الضغط الازموزي. ان كافة هذه التغيرات الحاصلة للمذيب تتناسب مع الكسر المولي للمذاب و لاتعتمد على طبيعتها.

في حالة المواد المذابة القابلة للتفكك (التاين) فان ذوبانها في المذيبات الالكتروليتية يسبب زيادة في عدد دقائق المذاب و بالتالي يكون مقدار الانخفاض في درجة الانجماد متناسبا مع العدد الكلي لدقائق المذاب الموجودة في المحلول. و يمكن تعريف درجة الانجماد بانها درجة الحرارة التي يكون فيها المذيب الصلب و السائل في حالة توازن و لغرض اشتقاق العلاقة الرياضية لمقدار الانخفاض في درجة الانجماد و التي تنص على ان مقدار الانخفاض في درجة انجماد المذيب يتناسب مع الكسر المولي للمادة المذابة فيكون

$$\Delta T_f \propto x_B \Rightarrow \Delta T_f = A * x_B \dots \dots \dots (1)$$

$$x_B = \frac{n_B}{n_A+n_B} \Rightarrow \Delta T_f = A * \frac{n_B}{n_A+n_B} \dots \dots \dots (2)$$

حيث ان n_A, n_B عدد مولات المذاب و المذيب على التوالي و A ثابت التناسب في المحاليل المخففة تكون عدد مولات المذيب اكبر بكثير من عدد مولات المذاب اي ان $n_A \gg n_B$ لذلك يمكن اهمال عدد مولات المذاب من مقام المعادلة 2 مقارنة مع عدد مولات المذيب فتصبح المعادلة

$$\Delta T_f = A * \frac{n_B}{n_A} = A * \frac{w_B/M_B}{w_A/M_A} \Rightarrow \Delta T_f = A * \frac{w_B}{M_B} * \frac{M_A}{w_A} \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان w_A, w_B و M_A, M_B هي الاوزان و الاوزان الجزيئية للمذاب و المذيب على التوالي. مذيب معين تكون A و M_A كميات ثابتة يمكن دمجها بثابت واحد فتصبح معادلة 3 بالشكل

$$\Delta T_f = K_f * \frac{w_B}{M_B * w_A} \dots \dots \dots (4)$$

في المحاليل المخففة يعبر عن التركيز بدلالة المولالية و التي تعرف بانها عدد مولات المادة الذائبة في 1Kg من المذيب

$$\Delta T_f = K_f * \frac{w_B}{M_B * w_A / 1000} \Rightarrow \Delta T_f = K_f * \frac{w_B * 1000}{M_B * w_A} \dots \dots \dots (4)$$

اذ ان مولالية المذاب تكون

$$m_B = \frac{n_B}{w_A / 1000} = \frac{w_B / M_B}{w_A / 1000} \Rightarrow m_B = \frac{w_B * 1000}{M_B * w_A} \dots \dots \dots (5)$$

و بذلك يمكن كتابة المعادلة 4 بالشكل

$$\Delta T_f = K_f * m_B \dots \dots \dots (6)$$

لهذا السبب يسمى K_f بثابت الانجماد المولالي للمذيب و يعرف بانه كمية الانخفاض في درجة انجماد المذيب نتيجة ذوبان مول واحد من مذاب معين في كيلوغرام واحد من المذيب و هي كمية ثابتة للمذيب و لا تعتمد على طبيعة المادة المذابة فيه و ان هذا الثابت مرتبط بحرارة انجماد المذيب من خلال العلاقة

$$K_f = \frac{RT_0^2 M_A}{1000 \Delta H_f} \dots \dots \dots (7)$$

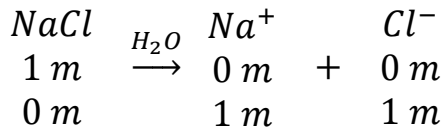
حيث ان R الثابت العام للغازات، T_0 درجة حرارة انجماد المذيب النقي، M_A الوزن الجزيئي للمذيب و ΔH_f حرارة انجماد المذيب و وحدته هي $deg. kg. mole^{-1}$.

يمكن اعادة ترتيب المعادلة 4 لغرض حساب الوزن الجزيئي للمواد المذابة

$$M_B = K_f * \frac{w_B * 1000}{\Delta T_f * w_A} \dots \dots \dots (8)$$

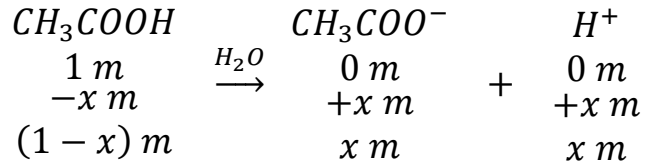
يمكن تطبيق المعادلة اعلاه لحساب الوزن الجزيئي لمادة مذابة غير متطايرة في مذيب معين بشرط ان لا يحصل تغير في التركيب الجزيئي للمادة عند الذوبان اي عدم حصول تفكك او تاين او تجمع للمادة المذابة و كذلك ان لا تتفاعل مع المذيب و عند حصول هذه الظواهر فيجب التذكر هنا ان مقدار الانخفاض في درجة الانجماد يتناسب مع المجموع الكلي للتركيز المولالي للمواد الذائبة في المذيب و كالاتي:

١- مادة تامة التفكك في مذيب قطبي: مثل عندما يذوب مول واحد من ملح $NaCl$ في 1 kg من الماء فان التركيز المولالي للمحلول الناتج لا يكون 1m من الملح بسبب ان الملح بصيغته الحالية لم يعد موجود بعد الذوبان و ان الموجود الفعلي بعد الذوبان هو ايونات الصوديوم و الكلوريد كل منها بتركيز 1 m كما في المعادلة



لذلك فان مجموع تركيز المواد الذائبة بعد الذوبان يكون 2 m

٢- مادة غير تامة التفكك في مذيب قطبي: كما في حالة ذوبان مول واحد من حامض الخليك في كيلوغرام من الماء حيث عند تطبيق نفس التحليل الذي اعتمدناه سابقا سنجد



اي ان مجموع تراكيز المواد المذابة في المذيب سوف تكون $(1+x)\text{ m}$ و هذا المقدار هو الذي يتناسب مع ΔT للمذيب، حيث ان قيمة x تحسب من ثابت تفكك الحامض الضعيف.

٣- عندما يحصل للمذاب تجمع جزيئي: كما في حالة ذوبان الحوامض الكربوكسيلية في المذيبات غير القطبية مثل البنزين حيث انه من المعروف انها تميل الى تكوين ثنائيات (dimers) من خلال التاصر الهيدروجيني كما في المعادلة



لذلك فان الوزن الجزيئي للحوامض الكربوكسيلية المحسوب بهذه الطريقة يكون ضعف الوزن الجزيئي الحقيقي للمادة الاصلية.

من هذا نجد ان هذه التجربة و على الرغم من بساطتها فانها تمثل اداة مهمة جدا تستعمل لمعرفة طبيعة العمليات المختلفة الحاصلة اثناء الذوبان كما انها وسيلة كذلك لحساب ثوابت التفكك او التجمع للانظمة المختلفة فضلا عن حساب الوزن الجزيئي.

المواد و الاجهزة

بنزين نقي، نفتالين، ثلج، ملح طعام، انبوبة اختبار، بيكر، اسطوانة مدرجة، محرار حساس (0.01 k^0)، ميزان، محرك.

١- يؤخذ 10 ml من البنزين بواسطة الاسطوانة المدرجة ثم توضع في انبوبة اختبار مع المحرار.

٢- توضع الانبوبة داخل بيكر يحتوي على خليط من الماء و الثلج و ملح الطعام.

٣- حرك السائل بانتظام بواسطة المحرك و دون قراءة المحرار مباشرة عندما يبداء السائل بالتجمد. ان الغرض من التحريك في هذه الخطوة هو منع حصول ظاهرة فرط التبريد

(*super cooling*) وهي ظاهرة تحصل عند تبريد السوائل النقية الساكنة و تتمثل بنزول درجة حرارة السائل دون درجة الانجماد مع بقاءه في الحالة السائلة و عند تحريك السائل حركة طفيفة او وجود شائبة ما فان جميع كتلة السائل تتجمد في الحال مع حصول ارتفاع في درجة حرارة السائل. وتحصل هذه الظاهرة بسبب انه عند تبريد السائل تنخفض الطاقة الحركية لجزيئاته و بغياب الشوائب و التحريك لا تنتظم جزيئات السائل في المواقع المخصصة لها ضمن الشبكية البلورية للطور الصلب و تحتاج الى مؤثر خارجي لكي تنتظم في مواقعها.

٤- اصهر البنزين مرة اخرى بان تمسك انبوبة الاختبار باليد و كرر تعيين درجة الانجماد حتى تعطي قراءة ثابتة.

٥- بعد صهر البنزين مرة اخرى اضف 0.5 gm من النفثالين ثم يذوب بالرج و بعدها توضع الانبوبة في الحمام الثلجي لغرض تعيين درجة الانجماد.

تاريخ اجراء التجربة:

اسماء المشاركين في التجربة:

النتائج:

W_A وزن البنزين (المذيب) و يمكن حسابه من ضرب كثافة البنزين (0.8 gm/ml) في حجمه.

W_A :

درجة انجماد المذيب T_0 :

درجة انجماد المحلول T_f :

ΔT_f التغير في درجة انجماد البنزين و تحسب من المعادلة

$$\Delta T_f = T_0 - T_f$$

حيث ان T_f درجة انجماد المحلول، T_0 درجة انجماد البنزين النقي.

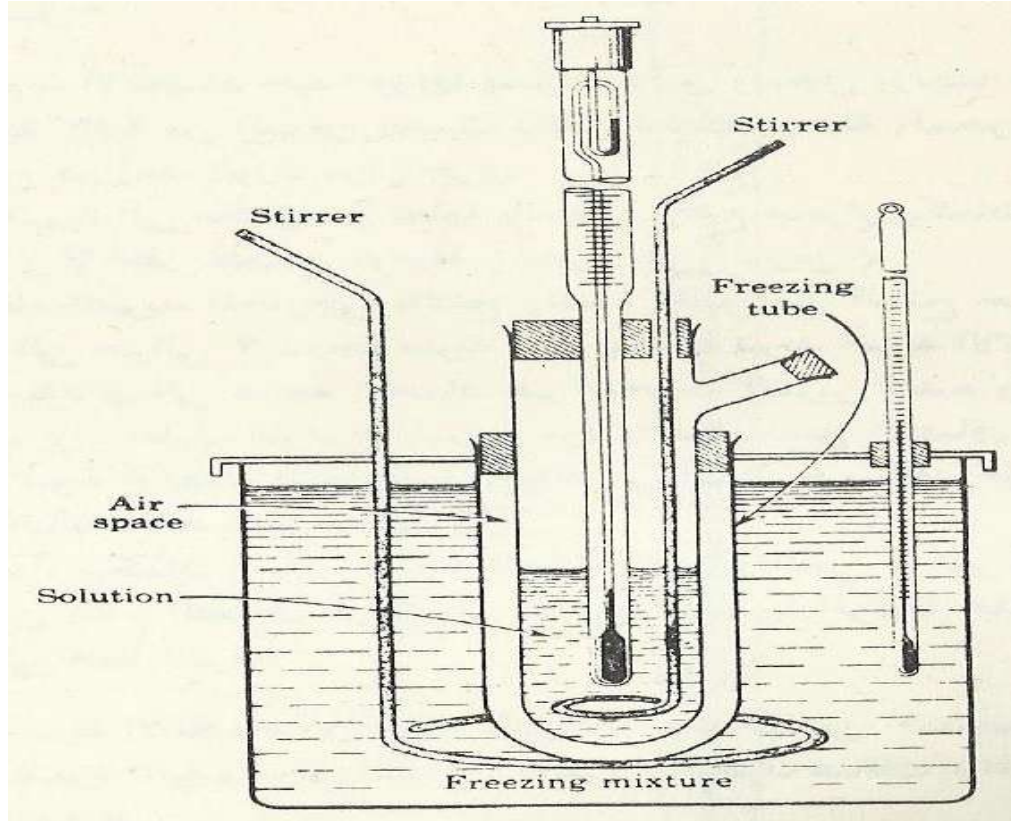
قيمة ΔT :

الحسابات

نستعمل معادلة 8 لحساب الوزن الجزيئي حيث تكون

w_B وزن النفثالين (المذاب)

K_f ثابت الانجماد المولالي للبنزين و يساوي $(5.12 \text{ deg. Kg/mol})$



جهاز تعيين مقدار الانخفاض في درجة الانجماد

المناقشة:

١- احسب التغير في درجة انجماد كيلو غرام من مذيب عند ذوبان مول واحد من مذاب فيه للحالات الآتية:

أ: المذيب / الماء ، المذاب/ سكر الكلوكوز

ب: المذيب/ الماء ، المذاب/ ملح كبريتات البوتاسيوم

ج: المذيب/ الماء ، المذاب/ حامض الخليك ، ثابت تفكك الحامض يساوي $k_a = 1.8 * 10^{-5}$

د: المذيب/ البنزين ، المذاب/ حامض الخليك

٢- عرف ثابت الانجماد المولالي للمذيب مع ذكر القانون و الوحدة

٣- عرف ظاهرة فرط التبريد

Table of cryoscopic and ebullioscopic constants

www.vaxasoftware.com

Substance (<i>freezing point</i>)	Cryoscopic constant K_f $K \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$	Substance (<i>boiling point</i>)	Ebullioscopic constant K_b $K \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$
Acetic acid (16.6 °C)	3.90	Acetic acid (118.1 °C)	3.07
Aniline (-5.96 °C)	5.87	Acetone (56.2 °C)	2.67
Benzene (5.5 °C)	5.12	Aniline (184.3 °C)	3.69
Camphor (179.8 °C)	39.7	Benzene (80.1 °C)	2.53
Carbon disulfide (-112 °C)	3.83	Bromobenzene (156.0 °C)	6.26
Carbon tetrachloride (-22.8 °C)	29.8	Camphor (204.0 °C)	5.95
Chloroform (-63.5 °C)	4.68	Carbon disulfide (46.2 °C)	2.34
Cyclohexane (6.4 °C)	20.2	Carbon tetrachloride (76.8 °C)	4.95
Diethyl ether (-114.3 °C)	1.79	Chloroform (61.2 °C)	3.88
Ethanol (-114.6 °C)	1.99	Cyclohexane (80.74 °C)	2.79
Formic acid (8.0 °C)	2.77	Diethyl ether (34.5 °C)	2.16
Naphtalene (80.26 °C)	6.9	Ethanol (78.4 °C)	1.19
Nitrobenzene (5.85 °C)	7.00	Formic acid (101.0 °C)	2.4
Phenol (40.5 °C)	7.27	Naphtalene (218 °C)	5.8
Water (0 °C)	1.86	Nitrobenzene (210.9 °C)	5.24
		Phenol (181.75 °C)	3.04
		Water (100.0 °C)	0.512

www.vaxasoftware.com

خواص السوائل

Determination of liquid Density

ايجاد كثافة السوائل

الغاية من التجربة: ايجاد الكثافة المطلقة والنسبية للسوائل

النظرية: تعرف الكثافة (ρ) او (d) بانها الكتلة بالكيلوغرام للمتر المكعب الواحد او بالغرام للسنتيمتر المكعب الواحد (كتلة وحدة الحجم) . من الممكن تعيين كثافة السائل اما بواسطة وزن حجم معلوم من السائل في قنينة الكثافة او البيكnomيتر ، اما الكثافة النسبية لسائل او محلول في درجة حرارة معينة فهي عبارة عن كثافة السائل نسبة الى سائل قياسي كالماء وهي مقدار خالي من الوحدات، حيث يمكن حساب الكثافة المطلقة من القانون:

$$d^0 = \frac{w}{V} \dots \dots \dots (1)$$

وتمثل w كتلة السائل و V حجمه. اما الكثافة النسبية للسائل فتمثل النسبة بين الكثافة المطلقة للسائل بالنسبة للكثافة المطلقة للسائل المرجع و عادة ما يكون الماء هو السائل المرجع

$$d_r = \frac{d_2^0}{d_1^0} \dots \dots \dots (2)$$

و الوسيلة المستعملة لقياس الكثافة تسمى بقنينة الكثافة او البكnomيتر Pycnometer و هي قنينة زجاجية ذات حجم مضبوط عند درجة حرارة معينة، تحتوي على مقطع شعري يسمح بعزل كتلة معينة من السائل عند درجة الحرارة المعينة من خلال السماح للكمية الفائضة من السائل بالنضوح من خلال المقطع الشعري.



قنينة الكثافة Density bottle او البيكnomيتر Pycnometer

نلاحظ مما سبق ان الحجم المعين للبيكروميتر او قنينة الكثافة يكون عند درجة حرارة معينة و يعود ذلك الى تاثر كثافة السائل بشدة بتغير درجة الحرارة حيث انه عند درجات الحرارة الاخرى غير المؤشرة على قنينة الكثافة فان الحجم الذي تعزله لا يكون هو نفس الحجم المذكور على هذه القنينة، حيث تنخفض كثافة السوائل بصورة عامة بزيادة درجة الحرارة بسبب زيادة الطاقة الحركية لجزيات المادة مما يعمل على زيادة المسافات الفاصلة بينها و بالتالي زيادة الحجم الذي تشغله و من مراجعة العلاقة (1) نجد ان كثافة السائل تتناسب عكسيا مع الحجم و بالتالي تقل كثافة السوائل بصورة عامة بزيادة درجة الحرارة.

من السوائل التي تشذ عن هذه القاعدة الماء كما مبين في الجدول حيث نجد ان كثافة الثلج (القل درجة حرارة) اقل من درجة حرارة الماء لذلك يطفو الثلج فوق الماء كما ان كثافة الماء تزداد بزيادة درجة الحرارة في المدى الحراري بين $0-5^{\circ}\text{C}$.

Density of liquid water from 0 °C to 100 °C

www.vaxasoftware.com

External pressure: 1 atm = 101 325 Pa

Temperature °C	Density kg/m ³	Temperature °C	Density kg/m ³	Temperature °C	Density kg/m ³
0 (ice)	917.00	33	994.76	67	979.34
0	999.82	34	994.43	68	978.78
1	999.89	35	994.08	69	978.21
2	999.94	36	993.73	70	977.63
3	999.98	37	993.37	71	977.05
4	1000.00	38	993.00	72	976.47
5	1000.00	39	992.63	73	975.88
6	999.99	40	992.25	74	975.28
7	999.96	41	991.86	75	974.68
8	999.91	42	991.46	76	974.08
9	999.85	43	991.05	77	973.46
10	999.77	44	990.64	78	972.85
11	999.68	45	990.22	79	972.23
12	999.58	46	989.80	80	971.60
13	999.46	47	989.38	81	970.97
14	999.33	48	988.92	82	970.33
15	999.19	49	988.47	83	969.69
16	999.03	50	988.02	84	969.04
17	998.86	51	987.56	85	968.39
18	998.68	52	987.09	86	967.73
19	998.49	53	986.62	87	967.07
20	998.29	54	986.14	88	966.41
21	998.08	55	985.65	89	965.74
22	997.86	56	985.16	90	965.06
23	997.62	57	984.66	91	964.38
24	997.38	58	984.16	92	963.70
25	997.13	59	983.64	93	963.01
26	996.86	60	983.13	94	962.31
27	996.59	61	982.60	95	961.62
28	996.31	62	982.07	96	960.91
29	996.02	63	981.54	97	960.20
30	995.71	64	981.00	98	959.49
31	995.41	65	980.45	99	958.78
32	995.09	66	979.90	100	958.05

يعود سبب هذه الظاهرة الى ان جزيئات الماء في الحالة الصلبة (الثلج) تكون مترابطة مع بعضها من خلال التاصر الهيدروجيني بصورة شبكة بلورية من الاشكال رباعية السطوح و التي تشغل حجم كبير نسبيا، و عند زيادة درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية لجزيئات الماء مما يسهل كسر هذه التاصرات الهيدروجينية بصورة اكبر من مساهمتها في تمدده مما يؤدي الى تقلص حجم السائل و بالتالي زيادة كثافته. اما بعد درجة الحرارة 5°C فان مساهمة التمدد تكون اكبر من مساهمة تكسير الاواصر الهيدروجينية لذلك يعاود الماء سلوكه الطبيعي فتنخفض كثافته بزيادة درجة الحرارة.

عند حساب الكثافة النسبية لسائل معين بالنسبة لسائل مرجع عند نفس درجة الحرارة و بنفس قنينة الكثافة لا يشترط معرفة حجم القنينة لحساب الكثافة النسبية حيث انه من العلاقات (1) و (2) نجد:

$$d_r = \frac{d_2^0}{d_1^0} = \frac{\frac{w_2}{V_2}}{\frac{w_1}{V_1}} \dots \dots \dots (3)$$

و حيث ان $V_2 = V_1$ بسبب استعمال نفس القنينة نحصل على القانون

$$d_r = \frac{w_2}{w_1} \dots \dots \dots (4)$$

تستعمل العلاقة اعلاه لحساب الكثافة النسبية للسائل المجهول من قياس الاوزان مباشرة و من معرفة الكثافة المطلقة للسائل المرجع و باستخدام العلاقة (1) يمكن حساب الكثافة المطلقة للسائل المجهول.

المواد المستخدمة:

- ١- ماء مقطر نقي. ٢- ايثانول. ٣- اسيتون.

الاجهزة المستخدمة:

- ١- حمام مائي. ٢- قنينة كثافة. ٣- مجفف هواء حار (يمكن استعمال مجفف الشعر).

طريقة العمل:

- ١- اغسل قنينة الكثافة بمحلول الغسيل ثم بالماء المقطر وجفف باستعمال الاسيتون ثم الهواء الحار.
- ٢- زن القنينة النظيفة والجافة مع الغطاء ثم سجل الوزن.
- ٣- املاء القنينة بالماء المقطر بصورة تامة ثم ضعها في الحمام المائي لمدة ربع ساعة بدون اغلاقها (تجنب غمر القنينة بالكامل).
- ٤- بعد اكتمال الفترة الزمنية اخرج القنينة من الحمام المائي تاكد من عدم وجود فقاعات في الداخل ثم اغلقها بالسداد مع السماح للسائل الفائض بالنضوح للخارج.
- ٥- جففها من الخارج تماما ثم سجل الوزن.
- ٦- تفرغ القنينة من الماء وتجفف ثم تملأ بالايثانول و تعاد العملية مرة اخرى.

تاريخ اجراء التجربة:

اسماء مجموعة العمل:

النتائج:

- ١- وزن قنينة الكثافة مع الغطاء (w^0):
- ٢- درجة حرارة التجربة:
- ٣- وزن القنينة مملوءة بالماء (w^1):
- ٤- وزن القنينة مملوءة بالايثانول (w^{11}):
- ٥- حجم القنينة V :

الحسابات:

الكثافة المطلقة للماء

$$d_1^0 = \frac{w_1}{V} = \frac{w_1 - w^0}{V} =$$

الكثافة المطلقة للايثانول

$$d_2^0 = \frac{w_2}{V} = \frac{w_2 - w^0}{V} =$$

الكثافة النسبية للايثانول

$$d_r = \frac{w_2}{w_1} =$$

الكثافة المطلقة للايثانول من كثافته النسبية

$$d_2^0 = d_1^0 * d_r =$$

المناقشة:

١س: ماتأثير درجة الحرارة على الكثافة؟

٢س: ما سبب وجود المقطع الشعري في غطاء قنينة الكثافة؟

٣س: لماذا يجب التأكد من عدم وجود فقاعات اثناء العمل؟

٤س: ما سبب اختلاف سلوك كثافة الماء عن باقي السوائل بتغيير درجة الحرارة؟

٥س: اشتق قانون حساب الكثافة النسبية.

قياس اللزوجة Viscosity measurment

الغاية من التجربة: قياس اللزوجة للسوائل بطريقة مقياس اوستوالد Ostwald viscometer

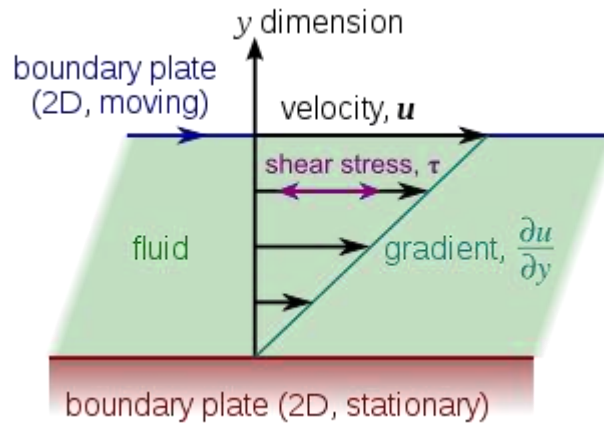
النظرية: ان الفكرة العامة للزوجة قد تكون معروفة للكثير من الناس حيث السوائل الاقل حركية (ميوعة) مثل القطران وزيت التشحيم يقال عنها اكثر لزوجة من السوائل المتحركة مثل الماء والبنزين ، وبشكل عام نستطيع القول ان معدل جريان السائل ينتج بواسطة لزوجته.

وتعرف اللزوجة بانها المقاومة التي تبديها طبقات السائل عند انزلاقها فوق بعضها. و تتناسب هذه المقاومة طرديا مع المساحة بين الطبقات و كذلك طرديا مع تغير السرعة بين طبقة و اخرى اي انحدار السرعة (velocity gradient):

$$F \propto A \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \dots \dots \dots (1)$$

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{\partial u}{\partial y} \dots \dots \dots (2)$$

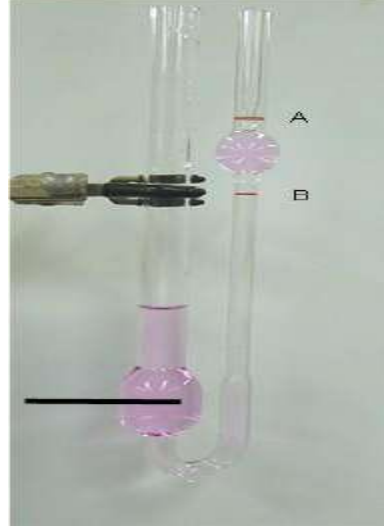
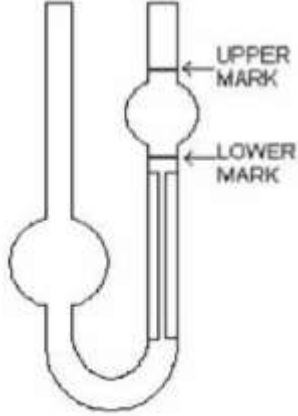
وان عمودا من السائل في اسطوانة دائرية يمكن ان يعد عبارة عن طبقات خلال حركة السائل خلال الاسطوانة فان الطبقة الاقرب الى جدار الانبوب الاسطواني يمكن ان تعد ثابتة فيما اذا اخذنا الطبقة التي تبذل سطح الانبوبة بنظر الاعتبار كما موضح في الشكل.



وبالاقتراب من مركز الانبوب نجد ان الطبقة الاقرب الى المركز تتحرك بسرعة اكثر من الطبقة التي تحيط بها. ويمكن تعريف وحدة معامل اللزوجة او البواز (poise) بانها القوة بوحدة (dyn) الازمة لتحريك سطح سائل مساحته (1 cm²)

بسرعة (1 cm/sec) بالنسبة الى سطح اخر يبعد عنه (1 cm) ويرمز له بالحرف الاغريقي ايتا (η).

ان الجهاز الاكثر استعمالا لقياس اللزوجة هو مقياس اوستوالد المبين في الشكل



ان طريقة قياس اللزوجة في هذا الجهاز تتكون من قياس جريان حجم معلوم من السائل وهو الحجم بين الحرف A والحرف B خلال الانبوبة الشعرية وعلى اساس الاعتبارات النظرية فقد وجد بوازيلي ان المعادلة الرياضية التي يمكن تطبيقها على طريقة اوستوالد هي:

$$\eta = \frac{\pi r^4 P t}{8VL} \dots \dots \dots (3)$$

حيث ان P تمثل الضغط على السائل (يتناسب طرديا مع الكثافة)

t تمثل زمن جريان السائل (الحجم بين A و B)

L طول الانبوبة الشعرية

V حجم السائل (بين A و B)

r نصف قطر المقطع الشعري في الانبوب

ان طريقة استعمال الانبوبة الزجاجية لتقدير لزوجة سائل معين بصورة مباشرة ليست سهلة اذ انها تتطلب اجراء قياسات دقيقة كمعرفة نصف القطر الداخلي للانبوبة الزجاجية ومقدار الضغط المسلط على السائل المندفع الى الاسفل وبهذا استعيض عنها بطريقة اسهل وهي استعمال سائل ذو لزوجة وكثافة معلومتين (سائل قياسي) في درجات الحرارة المستعملة وذلك باخذ هذا الحجم من السائل القياسي لتقدير الوقت اللازم لمرور هذا الحجم من السائل في الانبوبة الزجاجية ثم اخذ حجم مماثل له من السائل له من السائل المجهول للزوجة وتقدير الوقت اللازم لمروره في نفس الانبوبة وفي درجة حرارة مماثلة لذا تكون لزوجة السائل الاول:

$$\eta_1 = \frac{h_1 d_1 g \pi r^4 t_1}{8VL}$$

حيث ان $P = h \cdot g \cdot d$ (h) الارتفاع ، g التعجيل الارضي ، d الكثافة) و لزوجة السائل الثاني (المرجع)

$$\eta_2 = \frac{h_2 d_2 g \pi r^4 t_2}{8VL}$$

نسبة لزوجة الاول الى الثاني هي

$$\frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{h_1 d_1 g \pi r^4 t_1}{8VL} * \frac{8VL}{h_2 d_2 g \pi r^4 t_2}$$

وبحذف الكميات المتشابهة نحصل على

$$\eta_r = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{d_1 t_1}{d_2 t_2} \dots \dots \dots (4)$$

حيث ان $\frac{\eta_1}{\eta_2}$ تمثل اللزوجة النسبية η_r

وبعد معرفة اللزوجة النسبية يمكن معرفة اللزوجة المطلقة وحسابها من خلال ضرب اللزوجة النسبية للمادة بلزوجة السائل المرجع

$$\eta_1 = \eta_r \cdot \eta_2 \dots \dots \dots (5)$$

Temperature °C	Dynamic viscosity kg / (m·s)	Temperature °C	Dynamic viscosity kg / (m·s)	Temperature °C	Dynamic viscosity kg / (m·s)
0	0.001792	34	0.000734	68	0.000416
1	0.001731	35	0.000720	69	0.000410
2	0.001674	36	0.000705	70	0.000404
3	0.001620	37	0.000692	71	0.000399
4	0.001569	38	0.000678	72	0.000394
5	0.001520	39	0.000666	73	0.000388
6	0.001473	40	0.000653	74	0.000383
7	0.001429	41	0.000641	75	0.000378
8	0.001386	42	0.000629	76	0.000373
9	0.001346	43	0.000618	77	0.000369
10	0.001308	44	0.000607	78	0.000364
11	0.001271	45	0.000596	79	0.000359
12	0.001236	46	0.000586	80	0.000355
13	0.001202	47	0.000576	81	0.000351
14	0.001170	48	0.000566	82	0.000346
15	0.001139	49	0.000556	83	0.000342
16	0.001109	50	0.000547	84	0.000338
17	0.001081	51	0.000538	85	0.000334
18	0.001054	52	0.000529	86	0.000330
19	0.001028	53	0.000521	87	0.000326
20	0.001003	54	0.000512	88	0.000322
21	0.000979	55	0.000504	89	0.000319
22	0.000955	56	0.000496	90	0.000315
23	0.000933	57	0.000489	91	0.000311
24	0.000911	58	0.000481	92	0.000308
25	0.000891	59	0.000474	93	0.000304
26	0.000871	60	0.000467	94	0.000301
27	0.000852	61	0.000460	95	0.000298
28	0.000833	62	0.000453	96	0.000295
29	0.000815	63	0.000447	97	0.000291
30	0.000798	64	0.000440	98	0.000288
31	0.000781	65	0.000434	99	0.000285
32	0.000765	66	0.000428	100	0.000282
33	0.000749	67	0.000422		

يمكن استعمال العلاقة (3) لمعرفة وحدة قياس معامل اللزوجة حيث انه باستعمال النظام المتري للوحدات (cm.g.sec) تعوض الوحدات كالتالي:

$$\frac{cm^4 \cdot \left(\frac{dyn}{cm^2}\right) \cdot sec}{cm^3 \cdot cm} = \left(\frac{dyn}{cm^2}\right) \cdot sec \text{ or } dyn \cdot cm^{-2} \cdot sec$$

يمكن تبسيط الوحدة اعلاه ايضا لتكون

$$dyn \cdot cm^{-2} \cdot sec = g \cdot (cm \cdot sec^{-2}) \cdot cm^{-2} \cdot sec = g \cdot cm^{-1} \cdot sec^{-1}$$

حيث ان الوحدات اعلاه تكافئ (1 poise) فمثلا لزوجة الماء المطلقة في درجة 25C⁰ تساوي 0.00891 poise

تاريخ اجراء التجربة:

اسماء مجموعة العمل:

المواد الكيماوية: ماء مقطر، كحول اثيلي، اسيتون للتجفيف

الاجهزة المستخدمة: جهاز قياس اللزوجة نوع اوستولد، حمام مائي، قطارة او ماصة، مفرغة مطاطية (pipet filler) ، ساعة ايقاف.

طريقة العمل:

- ١- مقياس اللزوجة المبين في الشكل (2) يتم اولا تنظيفه بمحلول ساخن ثم يغسل على الاقل خمس مرات بالماء المقطر.
- ٢- استعمل قطارة (dropper) لادخال كمية معلومة من الماء المقطر الى جهاز مقياس اللزوجة.
- ٣- ضع جهاز مقياس اللزوجة في حمام ذي درجة حرارة ثابتة واتركه لمدة ربع ساعة حتى يتوازن حراريا مع الحمام المائي.
- ٤- استعمل المفرغة المطاطية المربوطة في الطرف الثاني من الجهاز لسحب السائل الى الجزء العلوي المنتفخ ثم احسب الزمن اللازم لانخفاض مستوى الماء من النقطة A الى B كرر العملية للتأكد من الحصول على زمن نزول ثابت.
- ٥- اعد تنظيف الجهاز وتجفيفه ثم كرر نفس الخطوات لحساب زمن نزول الكحول.

النتائج:

- ١- درجة حرارة التجربة:.....
- ٢- زمن نزول الماء:.....
- ٣- زمن نزول الكحول:.....
- ٤- اللزوجة المطلقة للماء:.....

الحسابات:

- ١- استعمل المعادلة رقم (٤) لايجاد الزوجة النسبية للكحول.
- ٢- احسب الزوجة المطلقة للكحول من المعادلة (٥).

المناقشة

١س: عرف الزوجة مع ذكر القانون و الوحدات

٢س: جد وحدة الزوجة من التعريف

٣س: عرف البواز

٤س: ما تأثير درجة الحرارة على اللزوجة

٥س: ايهما ذو لزوجة اكبر الماء ام الكحول و لماذا

٦س: وحدة قياس اللزوجة في الجدول هي $kg \cdot m^{-1} \cdot sec^{-1}$ كم تكافئ من البواز