كلية العلوم

القسم : **علم الحياة**

السنة : **الثالثة**

المادة : فيزياء حيوية

المحاضرة : الثالثة/عملي/

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الكتل الحجمية للسوائل والحجوم المولية الجزئية

Specific Masses of Liquids and Partial Molar Volumes.

I-1. الكتلة الحجمية والكثافة:

Specific Mass and Density

الكتلة الحجمية Specific Mass لسائل هي كتلة واحدة حجومه، أي:

$$d = \frac{g}{V} \qquad \text{(I-1)}$$

حيث g كتلة السائل، و V حجمه، و d كتلته الحجمية التي تقاس بالـ $\mathrm{g\ cm^{-3}}$

هناك كمية مشابهة للكتلة الحجمية تدعى الكثافة Density (d')، وكثافة السائل التي تنسب للماء عادة، هي نسبة كتلة حجم معين منه إلى كتلة الحجم نفسه من الماء.

$$d' = \frac{g_\ell}{g_{\mathrm{H_2O}}} \qquad \text{(I-2)}$$

حيث g_ℓ كتلة السائل، و $g_{\mathrm{H_2O}}$ كتلة الماء بشرط تساوي الحجمين، أي $V_\ell = V_{\mathrm{H_2O}}$.

بتقسيم بسط ومقام الطرف الأيمن من المعادلة (I-2) على الحجم V، حيث:

$$V = V_\ell = V_{\mathrm{H_2O}}$$

نجد:

$$d' = \frac{g_\ell/V}{g_{\mathrm{H_2O}}/V} = \frac{d_\ell}{d_{\mathrm{H_2O}}}$$

حيث d_ℓ الكتلة الحجمية للسائل المدروس، و d_{H_2O} الكتلة الحجمية للماء.

ومن ثم نجد:

$$d_\ell = d'\, d_{H_2O} = \frac{g_\ell}{g_{H_2O}}\, d_{H_2O} \qquad \text{(I-3)}$$

تسمح هذه المعادلة بحساب الكتلة الحجمية لسائل إذا عرفت كثافته بالنسبة للماء، والكتلة الحجمية للماء. الكتلة الحجمية للماء d_{H_2O} تساوي الواحد عند الدرجة 4°C، وهي لا تختلف عن الواحد كثيراً عند الدرجات العادية من الحرارة، لذلك تكون الكميتان d_ℓ و d'، أي الكتلة الحجمية والكثافة، متقاربتين بالقيمة، ممّا جعل البعض يستخدم الواحدة بدلاً من الأخرى، ولكن لا بد من الإشارة إلى أن الكمية d_ℓ تقاس بالـ $g\ cm^{-3}$، بينما الكمية d' لا واحدة لها لأنها كمية نسبية.

يسمح حساب الكتل الحجمية للسوائل النقية بحساب حجومها النوعية، ومن ثم حجومها المولية. بالفعل، الحجم النوعي لسائل هو حجم واحدة الكتلة، أي V/g، أما الحجم المولي V_m فيساوي حجم مول من المادة. أي أن:

$$V_m = (V/g) \times M$$

حيث M الكتلة المولية للسائل.

بتعويض V/g بقيمتها $1/d$ وفقاً للمعادلة (I-1) نجد:

$$V_m = M/d \qquad \text{(I-4)}$$

تستخدم المعادلة (I-4) لحساب الحجم المولي لسائل بمعرفة كتلته المولية وكتلته الحجمية، ويمكن استخدامها لحساب الحجم المولي لمزيج سائلين أو أكثر، وتأخذ عندها الشكل التالي:

$$V = M/d \qquad \text{(1-5)}$$

حيث V الحجم المولي للمزيج، و M الكتلة المولية المتوسطة له، و d كتلته الحجمية.

تحسب الكتلة المولية المتوسطة في حالة المزيج الثنائي بالمعادلة المعبرة عن مصونية كتلة المزيج:

$$M \times n = M_1 \times n_1 + M_2 \times n_2$$

حيث M_1، و M_2، و M، على الترتيب الكتلة المولية للسائل الأول، والثاني، والكتلة المولية المتوسطة للمزيج. n_1، و n_2، و n عدد مولات السائل الأول، والثاني، وعدد المولات الكلي في المزيج.

بتقسيم الطرفين على n نجد:

$$M = M_1 \times x_1 + M_2 \times x_2 \qquad \text{(I-6)}$$

آخذين بالاعتبار أن:

$$x_2 = \frac{n_2}{n}\ , x_1 = \frac{n_1}{n}$$

الكسران الموليان للسائل الأول، والثاني على الترتيب في المزيج.

يمكن أن يعبر عن الكسر المولي x_1 على النحو التالي:

$$x_1 = \frac{n_1}{n_1 + n_2} = \frac{g_1/M_1}{(g_1/M_1) + (g_2/M_2)}$$

وبما أن $g_1 = V_1\ d_1$ نجد:

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \frac{V_1 d_1/M_1}{(V_1 d_1/M_1) + (V_2 d_2/M_2)} \\ x_2 &= \frac{V_2 d_2/M_2}{(V_1 d_1/M_1) + (V_2 d_2/M_2)} \end{aligned}\right\} \qquad \text{(I-7)}$$

بالتعويض في المعادلة (I-6) نجد بعد الاختصار:

$$M = \frac{V_1 d_1 + V_2 d_2}{(V_1 d_1/M_1) + (V_2 d_2/M_2)}$$

وبالتعويض في المعادلة (I-5) نجد:

$$V = \frac{1}{d} \times \frac{V_1 d_1 + V_2 d_2}{(V_1 d_1 / M_1) + (V_2 d_2 / M_2)} \qquad \text{(I-8)}$$

وهكذا بمعرفة حجمي السائلين المأخوذين لتشكيل المزيج، وكتلتيهما الموليتين، ومعرفة أو قياس كتلتيهما الحجميتين، والكتلة الحجمية للمزيج، يمكن حساب الحجم المولي للمزيج.

I−2. تحديد الكتلة المولية والحجم المولي الجزئي:

Determination of Specific Mass and Patial Molar Volume

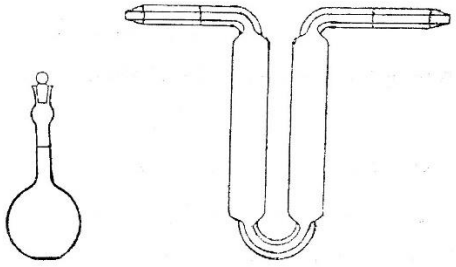
<u>تنفيذ العمل:</u>

هناك طريقتان تعتمدان على دافعة أرخميدس لتحديد الكتلة الحجمية لسائل، إحداهما طريقة ميزان ويستفال، وهي تتلخص بتعليق جسم عياري بعتلة ميزان، وبعد موازنته، يُغمر في الماء المقطر، وتحديد دافعة أرخميدس. ثم تعاد العملية بغمره في السائل المدروس وتحدد دافعة أرخميدس. فتكون كثافة السائل بالنسبة للماء d_{H_2O}، مساوية لنسبة دافعة أرخميدس في السائل إلى الدافعة في الماء، وذلك وفقاً للمعادلة (I-2). وهكذا بتحديد d' بهذه الطريقة ومعرفة d_{H_2O} المجدولة (الملحق A_1) يمكن حساب d_ℓ للسائل المدروس وفقاً للمعادلة (I-3). أما الطريقة الثانية فتتخلص بوضع جسم يدعى الريومتر في السائل المدروس (والريومتر كتلة مصمتة ومتطاولة من الأعلى ومدرجة). تتوقف درجة انغمار الريومتر في السائل، على دافعة أرخميدس، وبالتالي على الكتلة الحجمية للسائل. تقرأ الكتلة الحجمية للسائل مباشرة على الريومتر وهي توافق التدريجة المقابلة لسطح السائل.

إنّ الطريقتين المذكورتين غير دقيقتين بشكل كاف، ويتعين لتحديد الكتلة الحجمية بدقة كبيرة استخدام مقياس الكثافة (البكنومتر) Pecnometer.

توجد بكنومترات مختلفة الأنواع، غير أنها جميعاً أوعية ذات عنق رفيع (الشكل I-1) وقد عملت بهذا الشكل ليتسنى بمساعدتها أخذ حجم السائل المدروس بدقة كبيرة.

لتحديد الكتلة الحجمية لسائل، ينظف البكنومتر ويجفف جيداً ويوزن. ثم يملأ بالماء المقطر ويُوضع في منظم حراري. بعد حوالي 5 دقائق يُجعل مستوى الماء مطابقاً للإشارة المحددة على عنق البكنومتر، وذلك دون رفعه من المنظم. إذا كان مستوى الماء أعلى من الإشارة يمكن إخراج الكمية الزائدة بمساعدة ورقة ترشيح. بعد انتظار 5 دقائق أخرى والتأكد من مستوى الماء ثانية، يخرج البكنومتر من المنظم الحراري، ويجفف جيداً من الخارج، ثم يوزن بميزان تحليلي، تكرر العملية نفسها مع السائل المدروس.



الشكل (I-1)

نموذجان لمقياس الكثافة (البكنومتر)

تحسب الكتلة الحجمية للسائل المدروس بالمعادلة:

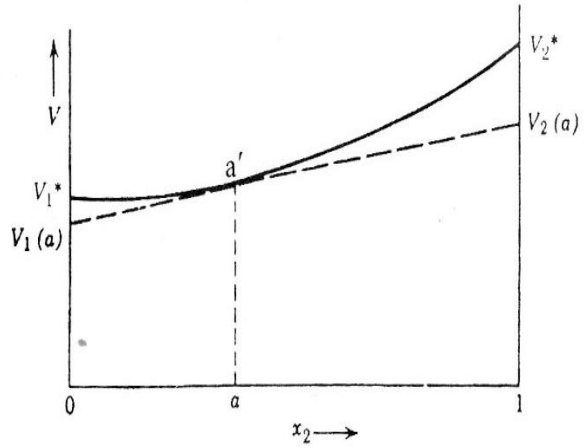
$$d = \frac{g_2 - g_0}{g_1 - g_0}\, d_{\mathrm{H_2O}}$$

المشتقة من المعادلة (I-3)، حيث $g_\ell = g_2 - g_0$ و $g_{\mathrm{H_2O}} = g_1 - g_0$، أما g_0، و g_1، و g_2 فكتلة البكنومتر الفارغ، والمملوء بالماء، والمملوء بالسائل المدروس على الترتيب، و $d_{\mathrm{H_2O}}$ الكتلة الحجمية للماء عند درجة حرارة المنظم الحراري.

يتعين للحصول على دقة كبيرة، تكرار عملية القياس عدة مرات، وأخذ المتوسط الحسابي بين القيم الناتجة، وذلك حتى الخانة الثالثة أو الرابعة بعد الفاصلة (وفقاً للبكنومتر).

لتحديد الحجم المولي الجزئي لأحد مكوني مزيج (حجم مول منه وهو في المزيج) تُحضر محاليل مختلفة بمزج حجوم مختلفة من المكونين، ويحدد الحجم المولي

لكل من المزائج V بالمعادلة (I-8)، وذلك بعد تحديد الكتل الحجمية للمكونين النقيين والمزائج، كما يُحدد الكسر المولي لأحد المكونين x في كل من المزائج، باستخدام إحدى المعادلتين (I-7) (ولتكن الثانية)، ويُرسم الخط البياني المعبر عن العلاقة بين V و X_2، يسمح المنحني الناتج بتحديد الحجم المولي الجزئي لكل من المكونين عند تراكيز مختلفة، وذلك وفقاً للطريقة التالية: تحدد نقطة على المنحني موافقة للكسر المولي المدروس (ولتكن a')، وينشأ منها مماس للمنحني. يقطع المماس محوري التراتيب الموافقين لـ $x_2 = 0$، و $x_2 = 1$، في نقطتين موافقتين للحجمين الموليين الجزئيين $V_{1(a)}$ و $V_{2(a)}$ على الترتيب، كما هو مبين في الشكل (I-2).



الشكل (I-2)

تحديد الحجمين الموليين الجزئيين لمكوني المحلول

<u>المهام المطلوبة:</u>

1-تحديد الكتلة الحجمية لخلات الإتيل، وخلات البوتيل، والكحول المتيلي عند الدرجة العادية من الحرارة.

2-تحديد الكتلة الحجمية لإحدى هذه المواد عند درجتي حرارة أخرتين، وحساب معامل درجة الحرارة $\Delta d / \Delta t$.

3-تحضير مزائج ذات تراكيب مختلفة من الكحول المتيلي، والماء بمزج حجوم معلومة من السائلين، وقياس الكتلة الحجمية للماء، والكحول المتيلي، والمزائج عند درجة

الحرارة نفسها. وحساب الحجم المولي لكل من المزائج V، والكسر المولي الموافق للكحول المتيلي x_2، وذلك باستخدام المعادلتين (I-8 , I-7).

4–رسم المنحني المعبر عن العلاقة بين V و x_2، وتحديد الحجم المولي الجزئي لكل من الكحول المتيلي والماء بالنسبة لأحد هذه المزائج.

نقترح في حال عدم توفر الإمكانات، وحرصاً على توفير المواد، اتباع الطريقة التالية بدلاً من الفقرة 3.

تؤخذ حوجلة عيارية سعتها $50\ \mathrm{cm}^3$ مثلاً، نظيفة وجافة، وتوزن بميزان يعطي الوزن بدقة أجزاء الألف من الغرام، ثم تُملأ حتى الإشارة بدقة كبيرة، بالكحول المتيلي، وتُمسح الحوجلة جيداً من الخارج، وتُوزن بالميزان نفسه، وتُحسب الكتلة الحجمية للسائل باستخدام العلاقة:

$$d = \frac{g - g_0}{V}$$

حيث g كتلة الحوجلة مملوءة، و g_0 كتلتها فارغة مقدرين بالغرام، و V حجم الحوجلة مقدراً بالـ cm^3 $(50\ \mathrm{cm}^3)$.

يُنقل السائل من الحوجلة العيارية إلى كأس كيميائي (بيشر)، ويضاف له $5\ \mathrm{cm}^3$ من الماء، ويُمزج. ثم تملأ الحوجلة العيارية حتى الإشارة بدقة كبيرة بالمزيج الناتج، ويُراق ما تبقى من السائل في الكأس الكيميائي. تُوزن الحوجلة، وتُحسب الكتلة الحجمية للسائل بالطريقة نفسها. ثم يُنقل السائل من الحوجلة إلى الكأس الكيميائي الفارغ، ويُضاف له $10\ \mathrm{cm}^3$ من الماء، ويُمزج، وتُملأ الحوجلة بالطريقة نفسها، ويُراق ما تبقى من السائل في الكأس الكيميائي، وتوزن الحوجلة، وتحدد الكتلة الحجمية للمزيج. تتابع هذه العملية وفقاً للجدول التالي، حيث يمثل المحلول الأول في الجدول، الكحول المتيلي النقي، والسائل الأخير في الجدول، يمثل الماء النقي، الذي يتعين لقياس كتلته الحجمية، إراقة المحلول السابق له بالكامل، وغسل الحوجلة العيارية بالماء، ثم ملأها به حتى الإشارة ووزنها.

حجم الماء المضاف إلى 50 cm^3 من المزيج السابق (cm^3)	0	5	10	15	15	20	20	50	ماء نقي
النسبة المئوية الحجمية للكحول في المزيج %	100	90.9	75.8	58.3	44.8	32.0	22.9	11.4	0
كتلة المزيج $g - g_{0\,(g)}$									

يُقصد بالنسبة المئوية الحجمية للكحول في المزيج الواردة في الجدول، النسبة:

$$\frac{V_2}{V_1 + V_2} \times 100$$

حيث V_2 حجم الكحول الممزوج، و V_1 حجم الماء الممزوج.

لقد حُسبت النسبة المئوية الحجمية للكحول في المزائج الواردة في الجدول على النحو التالي:

عند تحضير المزيج الأول، أضيف $5\ cm^3$ من الماء إلى $50\ cm^3$ من الكحول، ومن ثم فالنسبة المئوية الحجمية للكحول في المزيج الأول تساوي:

$$\frac{50}{55} \times 100 = 90.9\%$$

$50\ cm^3$ من المزيج الأول تحوي $90.9/2 = 45.45\ cm^3$ من الكحول، و $4.55\ cm^3$ من الماء، وقد أضيف له $10\ cm^3$ من الماء، فأصبح حجم الماء $14.55\ cm^3$، والحجم الكلي $60\ cm^3$. ومن ثم فالنسبة المئوية الحجمية للكحول في المزيج الثاني تساوي:

$$\frac{45.45}{60} \times 100 = 75.8\%$$

لقد تابعنا حساب النسبة المئوية الحجمية للكحول في المزائج الأخرى بالطريقة نفسها، وأوردنا النتائج في الجدول السابق.

يُنظم جدول بحجوم كل من الكحول V_2، والماء V_1 في $100\ cm^3$ من $(V_1 + V_2)$، في المزائج المدروسة، والكتل الحجمية للمزائج والمادتين النقيتين، ويُحسب الكسر

المولي للكحول x_2، والحجم المولي للمزيج V في كل من المزائج، وفقاً للمعادلتين (I-8 , I-7)، وتكتب النتائج في جدول على النحو التالي:

0	11.4	22.9	32.0	44.8	58.3	75.8	90.9	100	V_2 (cm^3)
100	88.6	77.1	68.0	55.2	41.7	24.2	9.1	0	V_1 (cm^3)
d_1	d	d	d	d	d	d	d	d_2	$d = \frac{g - g_0}{50}$ ($g.cm^{-3}$)
									x_2
									V (cm^3)

ينشأ المنحني المعبر عن العلاقة بين V و x_2، ويحدد الحجم المولي الجزئي لكل من الكحول المتيلي والماء، بالنسبة للمزيج الموافق لـ $x_2 = 0.6$ مثلاً.

تعرض في الملحق A_1 قيم الكتلة الحجمية للماء وبعض المحلات الهامة عند درجات حرارة مختلفة، كما تعرض في المحلق A_2 قيم الكتلة الحجمية وثوابت أخرى لعدد كبير من المواد العضوية.