

# **الفصل الحادي عشر**

## **Chapter Eleven**

### **حسابات الوزن الجزيئي**

#### **Molecular Weight Calculations**

## مقدمة

سنشرح في هذا الفصل بعض الطرائق المتعلقة بحساب الوزن الجزيئي للمواد مثل  
تعين الصيغة الجزيئية التركيبية ومنها بحساب الوزن الجزيئي او من دراسة خواص  
المحاليل ... الخ.

### طرق حساب الوزن الجزيئي للمواد

١- حساب للوزن الجزيئي من معرفة الضغط الازموزي (Osmotic Pressure). من  
دراستنا السابقة للمعادلة (٢-١٥) وهي:

$$\pi = \frac{n}{V} R T$$

وجد ان المعادلة الصحيحة في حدود معينة ومنها يمكن حساب الوزن الجزيئي.  
فمن المعلوم ان  $n$  هو عدد مولات المادة والتي تعادل الآتي:

$$\text{moles (n)} = \frac{W}{M W} \quad \dots(1-11)$$

حيث ان  $MW$  هو الوزن الجزيئي للمادة.

وان  $W$  هو وزن المذاب بالغرام.

وعند الاستعاضة يحدث الآتي:

$$\dots(2-11) \pi = \frac{W}{(M W) (V)} R T$$

وبتحوير المعادلة (٢-١١) يصبح الآتي:

$$M W = \frac{W R T}{\pi V} \quad \dots(2-11)$$

حيث ان  $MW$  هو الوزن الجزيئي للمادة.

وان  $W$  هو وزن المادة بالغرام.

وان  $R$  هو معامل الغاز لتثابت والذي يساوي  $0.082 \text{ liter. atmosphere / mole. degree}$

وان  $T$  هي درجة الحرارة المطلقة.

وان  $\pi$  هو الضغط الازموزي للمحلول بالضغط الجوي.

وان  $V$  هو حجم المحلول باللتر.

وبما ان تقسيم الوزن على الحجم يعتبر دليلاً على التركيز لذلك نحور المعادلة (١١-٣) إلى ما يأتي:

$$MW = \frac{CRT}{\pi} \quad \dots(١١-٤)$$

حيث ان **C** هو تركيز المحلول المخفف.

هذا ويجب اخذ الحذر عند قياس الوزن الجزيئي للمواد كالمخاليط من عدة أنواع وخاصة الجزيئات العملاقة التي يمكن ان تنهدم إلى مواد اصغر منها كما يجب ان يسلك المحلول سلوك المحلول المثالي (**Ideal Solution**) أي المحلول المخفف جداً.

٢- تقدير الوزن الجزيئي من دراسة انخفاض الضغط البخاري للمذيب بوجود المذاب. إذا انيب عدد من مولات المذاب ( $n_2$ ) في عدد من مولات المذيب ( $N_1$ ) يتكون محلول مخفف وان للكسر المولي **Mole Fraction** للمذاب في هذا المحلول يقل قليلاً جداً

$$\text{عن } \frac{n_2}{N_1}$$

وإذا افترضنا ان هذا المحلول هو مخفف جداً (مثالي) وينصرف حسب قانون هنري لذا يكون:

$$\frac{P_0 - P}{P_0} = \frac{n_2}{N_1} \quad \dots(١١-٥)$$

حيث ان  $P_0$  هو الضغط البخاري للمذيب النقي.

وان  $P$  هو الضغط البخاري للمذيب للمحلول.

وقد نحور المعادلة (١١-٥) إلى ما يأتي:

$$\frac{\Delta P}{P_0} = \frac{n_2}{N_1} \quad \dots(١١-٦)$$

حيث ان  $\Delta P$  هو النقصان في الضغط البخاري:

وبالاستعاضة بالمعادلة (١١-٦) في المعادلة (١١-٦) ينتج الآتي:

$$\frac{n_2}{N_1} = \frac{W_2 / MW_2}{W_1 / MW_1} = \frac{\Delta P}{P_0} \quad \dots(١١-٧)$$

ولذا فمن الممكن حساب الوزن الجزيئي للمذاب بتقدير مقدار الانخفاض في الضغط البخاري للمذيب الناجم عن اذابة وزن معين من المذاب في وزن معين من المذيب (المعلوم وزنه الجزيئي والضغط البخاري للمذيب النقي).

ويجب ان يسلك المحلول سلوكاً مثالياً حسب قانون روولت (محلول مخفف جداً). كما يجب قياس انتغير الضئيل في الضغط البخاري بدقة. وبالرغم من وجود الطرق الحساسة لقياس الفرق في الضغط البخاري إلا انه يجب الادراك بأن أي انخفاض في الضغط البخاري للمذيب يتأثر بالتغيرات الأخرى في الخواص المسماة (Colligative Properties) للمحاليل.

٢- تقدير الوزن الجزيئي من دراسة الارتفاع في درجة الغليان او الانخفاض في درجة الانجماد للمحلول بوجود المذاب. ان تقدير الوزن الجزيئي للمذاب بسبب ارتفاع درجة غليان المحلول عند وجود المذاب لها بعض المحائير منها ان المذاب قد يتحلل او يتطاير بالحرارة. الا ان قياس مقدار الانخفاض في درجة الانجماد للمذيب بسبب وجود المذاب قد تكون اكثر دقة وذلك حسب المعادلة الآتية:

$$\Delta T_f = \frac{(K) (\Delta P)}{P_0} = (K) \frac{W_2 / MW_2}{W_1 / MW_1} \quad \dots(8-11)$$

وعند تحويل المعادلة (٨-١١) يحدث الآتي:

$$\Delta T_f = (K) \frac{W_2 \times MW_1}{W_1 \times MW_2} \quad \dots(9-11)$$

حيث  $\Delta T_f$  هي مقدار الانخفاض في درجة انجماد المذيب.

أما ثابت الانخفاض المولالي **Molar Depression Constant** للمذيب ( $K_f$ ) فهو مقدار الانخفاض في درجة انجماد المذيب لمحلول **1 mole / kg** المعتبر مثالياً او محلول مخفف جداً. وفي هذا المحلول المثالي (**1 mole / kg**) يكون مقدار

$$\frac{W_2}{MW_2} = 1 \quad \dots(10-11)$$

كما ان  $W_1$  يعادل ١٠٠٠ غم لذلك يصبح  $K_f$  يعادل الآتي:

$$K_f = \frac{(K) \times (MW_1)}{1000} \quad \dots(11-11)$$

ان قيمة  $K_f$  هي من خصائص المحلول ويمكن ان تقدر بالتجربة باستعمال مذاب ذي وزن جزيئي معلوم او يمكن ان تقدر بدراسة الخصائص الترموديناميكية للمذيب حيث وجد ان:

$$K_f = \frac{RT_f^2}{1000 l_f} \quad \dots(12-11)$$

حيث ان  $R$  هو معامل ثابت يقدر بـ **8.314 Joule / mole. Degree**

وان  $T_f$  هي درجة الانجماد بالدرجة الحرارية المطلقة.

وان  $l_f$  هي حرارة الانصهار للغرام الواحد من المذيب او عدد الجولات (Joules)

اللازمة لاذابة غرام واحد من المذيب في درجة الانجماد والضغط الجوي القياسي.

وعند معرفة الـ  **$K_f$  Mole Depression Constant** تطبق المعادلة الآتية:

$$\Delta T_f = K_f \frac{(1000)(W_2)}{W_1 MW_2} \quad \dots(13-11)$$

وتحور المعادلة (13-11) إلى مايتي:

$$MW_2 = K_f \frac{1000 W_2}{\Delta T_f W_1} \quad \dots(14-11)$$

اما مقدار الانخفاض في درجة الانجماد ( $\Delta T_f$ ) فيقدر كالآتي:

$$\Delta T_f = (K_f \text{ (mole fraction of solute)}) \left( \frac{1000}{\text{Wt of solvent}} \right) \dots(15-11)$$

هذا وان الجدول المرقم (1-11) يوضح ثوابت الانخفاض في درجات الانجماد لبعض

المواد ( $K_f$ ).

مثال (1-11)

إذا انيب **0.1 mole** من الـ **Naphthalene** في **1000** غم من الـ **Benzene**.

احسب مقدار الانخفاض في درجة الانجماد  $\Delta T_f$  الحل. بتطبيق المعادلة (15-11) يحدث

الآتي:

$$\Delta T_f = (5.12) (0.1) \left( \frac{1000}{1000} \right)$$

$$\Delta T_f = 5.12 \times 0.1 = 0.512 \text{ C}$$

جدول رقم (١١-١): ثوابت الانخفاض في درجات الانجماد لبعض المواد.

المادة	درجة الانجماد C	$K_f$ C per molal
Acetic Acid	16.6	3.90
Benzene	5.5	5.12
Benzophenone	49.0	9.80
Biphenyl	70.0	8.00
Bromofrom	7.8	14.4
Cyclohexane	6.5	20.0
Camphor	173.7	40.0
Formic Acid	8.40	2.77
Naphthalene	80.22	6.9
Phenol	40.90	7.0
Water	0	1.86

هذا ويجب الانتباه لنقطتين عند تقدير الوزن الجزيئي بانخفاض درجة انجمادهما هما:  
 أ- ان هذه المعادلة تطبق فقط على المحاليل المثالية ولكي يمكن الحصول على  
 انخفاض في درجة الانجماد يمكن استعمال مذيب نو **Molal Depression**  
**Constant** أعلى من الماء مثلاً:

(١)  $K_f$  للمادة تعادل 1.86.

(٢)  $K_f$  لمادة الكافور **Camphor** تعادل 40.

ب- تطبق على المحلول الذي يمكن ان يفصل فيه المذيب النقي بصورة صلبة عند  
 الانجماد. فإذا كان المحلول صلباً ويحتوي على نسبة من المذاب تظهر اثناء  
 الانجماد فان قانون روولت لايطبق على الضغط البخاري للمذيب في درجة  
 الانجماد.

أما عند استعمال الارتفاع في درجة الغليان بوجود المذاب كوسيلة لتقدير الوزن

الجزئي للمذاب عندئذ تطبق المعادلة الآتية:

$$MW_2 = K_b \frac{1000 W_2}{\Delta T_b W_1} \dots(17-11)$$

حيث ان  $MW_2$  هو الوزن الجزيئي للمذاب.

وان  $K_b$  هو الـ **Molal Elevation Constant**.

وان  $\Delta T_b$  هو مقدار الارتفاع في درجة الغليان.

وان  $W_2$  هو وزن المذاب.

وان  $W_1$  هو وزن المذيب.

أما مقدار الارتفاع في درجة الغليان ( $\Delta T_b$ ) فيقدر كالاتي:

$$\Delta T_b = (K_b) (\text{mole fraction of solute}) \left( \frac{1000}{\text{Wt of solvent}} \right) \dots(17-11)$$

هذا وان الجدول المرقم (٢-١١) وضح ثوابت الارتفاع في درجات الغليان لبعض المواد ( $K_b$ ).

جدول رقم (٢-١١): ثوابت الارتفاع في درجات الغليان لبعض المواد.

المادة	درجة الغليان C	$K_b$ per molal
Acetic Acid	118.1	3.07
Acetone	56.5	1.71
Benzene	80.1	2.53
Bromobenzene	155.0	6.26
Carbon Disulfide	46.3	2.34
Carbon tetrachloride	76.8	5.03
Chloroform	61.3	3.63
Ethyl Alcohol	78.4	1.22
Ethyl Ether	34.6	2.02
Water	100	0.51

مثال (٢-١١)

إذا اذيب **0.1 mole** من الـ **Diphenyl Ether** في **500** غم مس الـ **Benzene**. احسب مقدار الارتفاع في درجات الغليان.

الحل

بتطبيق المعادلة (١١-١٧) يحصل الآتي:

$$\Delta T_b = (2.53) (0.1) \frac{1000}{500}$$

$$\Delta T_b = 2.53 \times 0.1 \times 2$$

$$\Delta T_b = 0.506 \text{ C}$$

مثال (٣-١١)

إذا اذيب **18.016** غم من الكلوز في **100** غم ماء وكان مقدار الارتفاع في درجة الغليان يعادل **0.51** درجة مئوية. احسب الوزن الجزيئي للكلوز.

الحل

$$MW_2 = K_b \frac{1000 W_2}{\Delta T_b W_1}$$

$$MW_2 = (0.51) \frac{(1000) (18.016)}{(0.51) (100)}$$

$$MW_2 = 180$$

مثال (٤-١١)

إذا اذيب **3.60** غم من الكلوز في **100** غم ماء وكان مقدار الانخفاض في درجة الانجماد يعادل **0.372** درجة مئوية. احسب الوزن الجزيئي للكلوز.

الحل

$$MW_2 = K_f \frac{1000 W_2}{\Delta T_f W_1}$$

$$MW_2 = \frac{(1.86) (1000) (3.60)}{(0.372) (100)}$$

$$MW_2 = 180$$

مثال (١١-٥)

مركب نثروجيني استخلص من يوريا الانسان وبلور بالكحول الايثيلي ثم حضر محلول بإذابة 90 ملغم من المركب النقي في 12 غم ماء مقطر وكان مقدار الانخفاض في درجة الانجماد يعادل 0.233 م° اقل من درجة انجماد الماء المقطر.  
احسب الوزن الجزيئي للمركب علماً بأن  $K_f$  للماء يعادل 1.86.

الحل

$$MW_2 = K_f \frac{1000 W_2}{\Delta T_f W_1}$$

$$MW_2 = \frac{(1.86) (1000) (0.09)}{(0.233) (12)}$$

$$MW_2 = 59.8 \text{ g / mole}$$

$$MW_2 = 60$$

مثال (١١-٦)

محلول مائي يحتوي على 5 غم / لتر من مادة كاربوهيدراتية مضاعفة ويمتلك هذا المحلول ضغطاً أزموزياً يعادل  $3.24 \times 10^{-2}$  بدرجة حرارة 278 كالفن. افرض ان المحلول يسلك سلوكاً مثالياً. احسب الوزن الجزيئي للمادة علماً بأن R تعادل 0.082 liter. atm / mole. degree

الحل

من تطبيق المعادلة (١١-٤) وهي

$$MW_2 = \frac{CRT}{\pi}$$

$$MW_2 = \frac{(5) (0.082) (278)}{3.2 \times 10^{-2}} = 3567$$

ان هذه النتيجة تعني ان المادة متجانسة في تركيبها (Homogenous) ولكن إذا كان تركيب المادة غير متجانس كالكسريات المضاعفة التي قد تحتوي على بعض الجزيئات بشكل سلاسل اقصر من السلاسل الاخرى فذلك يعني ان نتيجة الوزن الجزيئي هي معدل الوزن الجزيئي للكسريات المضاعفة.

وبما ان قانون Van't Hoff للضغط الازموزي يطبق على المحاليل المثالية (المخففة

جداً) لذلك فمن الضروري قياس الضغط الازموزي لعدد من المحاليل المخففة الحاوية على تراكيز مختلفة ضئيلة من المذاب وتستعمل النتائج للحصول على الضغط الازموزي للمحلول المخفف. ان المعادلة (١١-٤) قد تحور المعادلة إلى ما يأتي:

$$\dots(11-18) \pi = \frac{CRT}{MW_2}$$

والمعادلة (١١-١٨) قد تحور إلى ما يأتي:

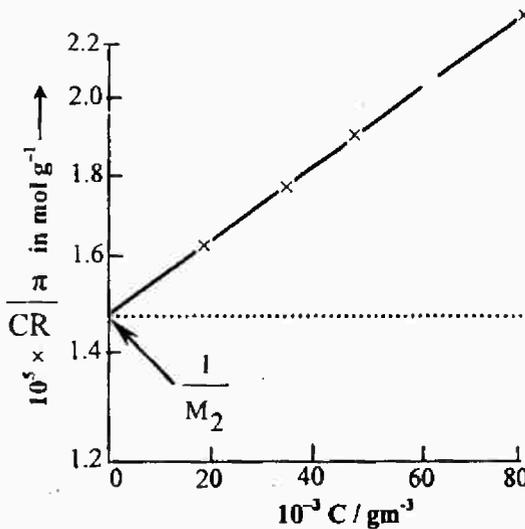
$$\frac{\pi}{CRT} = \frac{1}{MW_2} \dots(11-19)$$

ثم يعمل منحنى بياني حيث يوضع  $\frac{\pi}{CRT}$  في المحور العمودي (Y) والتركيزات المختلفة

للمادة الواحدة في المحور الافقي (X) وعند مد المنحنى إلى التركيز (infinite) أو (C =

0) فان نقطة التقاطع في محور  $\frac{\pi}{CRT}$  تمثل  $\frac{1}{MW_2}$  ثم نحسب الوزن الجزيئي (شكل

رقم ١١-١).



شكل رقم (١١-١): تقدير الوزن الجزيئي للمادة من الضغط الازموزي للمحلول المائي. عن: Morris, 1974

ومن الجدير ذكره انه فقط في المحلول المثالي فان قيم C ستكون خطاً مستقيماً موازياً إلى

٤- تقدير الوزن الجزيئي للبروتين بالازموزية

ان تقدير الوزن الجزيئي للبروتين على ناس الانخفاض في الضغط البخاري او درجة الغليان غير صحيح من الناحية العلمية بسبب تلوث البروتينات (مهما أصبحت نقية) بالاملاح غير العضوية مما يغير خواص الـ **Colligative Properties**.

كما ان الارتفاع في درجة الغليان تسبب هدم البروتينات وفقدانها للحيوية (**Denaturation**) وبالرغم من إمكانية تقدير الوزن الجزيئي للبروتينات بطرق اخرى مثل الطرد المركزي الفائق **Ultracentrifuge** والـ **Gel Filtration** وكذلك طريقة التشتيت الضوئي **Light Scattering Technique** الا انه من الممكن قياس الضغط الازموزي للمحلول المائي للبروتين بدرجة الحرارة الفسيولوجية التي يحافظ فيها البروتين على تركيبه الجزيئي وبذلك يمكن التخلص من اثار التلوث بالاملاح.

ومن المعلوم ان البروتين يذوب في الـ **pH** المسمى **Isoelectric pH** في محلول ملحي معتدل التركيز (حوالي **0.2 M**) ويمكن فصل البروتين بغشاء نصف ناضج **Semipermeable Membrane** من محلول ملحي مطابق للسابق ماعدا غياب البروتين. وفي نقطة التعادل الكهربائي **Isoelectric pH** فان البروتين يسلك كما لو كان محلولاً غير الكتروليتياً.

غير ان هذه التجربة تتطلب بعض الوقت لغرض حصول التوازن ولذلك يحتمل ان يفسد البروتين بسبب التلوث بالاحياء المجهرية ولهذا فان الضغط الازموزي الناتج عن البروتين يحدد بقياس معدل حركة الماء من وإلى المحلول الحاوي على البروتين عندما يتعرض المحلول لضغوط خارجية مختلفة وعندما يعمل منحنى بياني لمعدل حركة الماء في المحور الافقي **X** مع الضغوط الخارجية المسلطة في المحور العمودي **Y** فان الضغط الازموزي الناتج عن البروتين يعرف من نقطة التقاطع في محور الضغط (**Y**) عندما ينعدم معدل حركة الماء (حركة الماء = صفر) (شبيها بالشكل ١١-١) ومن جدول الضغوط الازموزية للمحاليل الحاوية على تراكيز مختلفة من البروتين فان الضغط الازموزي للمحلول المسائي (مخفف جدا) الحاوي على البروتين يمكن تقديره.

## خصائص الـ **Colligative Properties** للمحاليل الألكتروليتية

ومن المعلوم ان المواد الألكتروليتية هي التي تتحلل جزئياتها إلى دقائق مشحونة بشحنات كهربائية موجبة او سالبة وتوصل التيار الكهربائي ولهذا تسمى بالالكتروليتات. ويطلق على مدى تجزأ او تأين الجزيئات في المحلول المائي بدرجة التلين **Degree of Ionization or Dissociation** فبعض الألكتروليتات كالأحماض والقواعد والأملاح مثل **HCl** و **NaOH** و **NaCl** تكون قوية أي تتأين كلياً بينما المواد التي تتأين بدرجة قليلة تسمى بالالكتروليتات الضعيفة.

وفي محاليل الألكتروليتات تعتمد خصائص الـ **Colligative Properties** للمحلول على عدد الأيونات. ناتجة من التأين في المحلول.

ان قيمة الـ **Colligative Properties** المقاسة للمحلول الألكتروليتي تكون أكثر من القيمة المقدرة على أساس التركيز (**M**) للمذاب وان نسبة القيمة المقاسة على القيمة المقدرة على أساس التركيز **M** تعرف بعامل فانـت هوف **Van't Hoff Factor** للمحلول ويرمز له بالحرف **i** وعند قياس الانخفاض في درجة الانجماد فان قيمة **i** تحسب كالآتي:

$$i = \frac{\text{measured value of } \Delta T_f}{\text{value of } \Delta T_f \text{ calculated on (M) basis}} \quad \dots(11-20)$$

لقد وجد في المحلول المثالي غير الألكتروليتي ان قيمة **i** تساوي الواحد. اما قيمة **i** للمحلول الألكتروليتي القوي فتعادل مضاعفات الواحد فمثلاً تعادل قيمة للمحلول **NaCl** الاثنين **2** بسبب تأين **NaCl** كالآتي:



ولكلوريد الباريوم تكون **i** ثلاثة للسبب الآتي:



ومما يذكر ان المحلول الألكتروليتي القوي المركز يسلك سلوكاً غير مثالي بسبب تدخل تأثيرات الأيونات وان قيمة **i** لهذه المحاليل تقل عن تلك للمحاليل المثالية بسبب

تعلق الايونات بفعاليتها **Activities** وليس بتركيزها الواقعي **Concentration**. ويطلق على مدى سلوك الايونات غير المثالية عن واقع التركيز الموجود باصطلاح **Activity**  $\gamma$  **Coefficient of ion** التي تعادل الآتي:

$$\gamma = \frac{\text{Activity}}{\text{actual concentration (M)}} \quad \dots\dots(11-23)$$

حيث ان الـ **Activity** او فعالية الايون هي نسبة الفعالية المقاسة في المحلول إلى الواحد المقرر المثالي **1M** كما لو كانت الايونات موجودة بتركيز مخفف جدا. وبما انه يصعب قياس الـ  $\gamma$  للايون المنفرد لهذا يحدد المعدل او **Mean ion activity coefficient** للالكتروليت كالآتي:

$$\gamma^{\pm} = (\gamma^{+v^+} \times \gamma^{-v^-})^{\frac{1}{v^+ + v^-}} \quad \dots\dots(11-24)$$

حيث ان  $\gamma^{\pm}$  هي الـ **Mean ion activity coefficient**. وان  $\gamma^{+}$  هي الـ **activity coefficient** للايون الموجب. وان  $\gamma^{-}$  هي الـ **activity coefficient** للايون السالب. فاذا كان الملح **NaCl** فان  $\gamma^{\pm}$  ستكون الآتي:

$$\gamma^{\pm} = (\gamma \text{Na}^{+} \times \gamma \text{Cl}^{-})^{\frac{1}{2}}$$

واذا كان الملح **NaSO<sub>4</sub>** فان  $\gamma^{\pm}$  ستكون الآتي:

$$\gamma^{\pm} = (\gamma \text{Na}^{+2} \times \gamma \text{SO}_4^{-2})^{\frac{1}{3}}$$

هذا ويمكن قياس  $\gamma^{\pm}$  للمحلول المائي الالكتروليتي بالتركيز المعين ودرجة الحرارة المعينة بطرق خواص **Colligative Properties** او بطرق اخرى.

تأثير القوة الايونية للمحلول الالكتروليتي القوي على معامل معدل الفعالية

### **ionic Strength and mean ion activity coefficient**

لقد وجد ان سلوك أي ايون يتعلق بعدد الايونات الاخرى وشحنتها بغض النظر عن مصدر هذه الايونات.

ونقد اشتق بعض الباحثين علاقة تربط **mean ion activity coefficient**

للكتروليت في المحلول المخفف جدا بطبيعة المذيب ودرجة الحرارة وتكافؤ الأيونات وتركيز الأيونات الموجودة في المحلول.

ففي درجة حرارة ٢٩٨ كالفن وجد ما يأتي:

$$\log \gamma^{\pm} = -0.15 Z^{+} Z^{-} \sqrt{u} \quad \dots(11-20)$$

حيث ان  $\gamma^{\pm}$  هي **mean ion activity coefficient**

وان  $Z^{+}$  هو تكافؤ الأيون الموجب.

وان  $Z^{-}$  هو تكافؤ الأيون السالب.

وان  $u$  هي القوة الأيونية للمحلول.

وان **0.51** هي كمية ثابتة.

ومما ينكر ان القوة الأيونية تقدر بالمعادلة (١-٤) وهي:

$$u = \frac{1}{2} \sum MZ^2$$

حيث ان  $u$  هي القوة الأيونية.

وان  $M$  هو التركيز المولاري للمحلول.

وان  $Z$  هو تكافؤ الأيون.

مثال (١١-٧)

احسب فعالية **activities** لأيونات الصوديوم والكبريتات في المحلول الحاوي **M 0.005**

كلوريد الصوديوم و**M 0.001** كبريتات البوتاسيوم بدرجة حرارة 298 كالفن.

الحل

تتأين الاملاح كالآتي:





ان حساب القوة الأيونية للمحلول يكون كالآتي:

$$u = \frac{1}{2} \sum M Z^2$$

$$u = \frac{1}{2} [(Na) (1^2) + (Cl) (1^2) + (2K) (1^2) + (SO_4)$$

(2^2)]

$$u = \frac{1}{2} [(0.005) (1) + (0.005) (1) + (2 \times 0.001) (1) +$$

(0.001) (4)]

$$u = \frac{1}{2} (0.005 + 0.005 + 0.002 + 0.004)$$

$$u = \frac{1}{2} \times 0.016 = 0.008$$

وحساب ion activity للصوديوم يكون كالآتي:

$$\log \gamma Na^+ = -0.51 \times 1^2 \times \sqrt{0.008}$$

$$= -0.51 \times 1 \times 0.0894$$

$$= -0.0456$$

$$= -0.0456 + 1 - 1$$

$$= -1 + 0.9544$$

$$Na^+ = \text{antilog } -1 + 0.9544$$

$$Na^+ = 9 \times 10^{-1} = 0.9 M$$

ولكن وجد ان

$$\text{Activity of } Na^+ = \text{Concentration} \times \text{activity coefficient}$$

$$= 0.005 \times 0.9 = 0.0045$$

$$= 4.5 \times 10^{-3}$$

وحساب ion activity للكبريتات بدرجة حرارة 298 كالفن يكون كالآتي:

$$\log \gamma O^{2-} = -0.51 \times Z^2 \sqrt{u}$$

$$= -0.51 \times 2^2 \times \sqrt{0.008}$$

$$= -0.51 \times 4 \times 0.894$$

$$= -0.1824$$

$$= -0.1824 + 1 - 1$$

$$= 0.8176 - 1$$

$$\gamma_{SO_4^{2-}} = \text{antilog } 0.8176 - 1$$

$$= 6.57 \times 10^{-1} = 0.657$$

$$\text{activity of } SO_4^{2-} = \text{Concentration} \times \text{activity coefficient}$$

$$= 0.001 \times 0.657$$

$$= 6.57 \times 10^{-4}$$

### خواص الـ Colligative Properties للاكتروليات الضعيفة

ان الالكتروليت الضعيف هو الذي لايتأين كلياً حتى في المحاليل المخففة جداً. ولنفرض المادة الالكتروليتية الضعيفة التي صيغتها الجزيئية XY تتأين جزئياً في الماء لتعطي ايونات  $X^+$  الموجبة وايونات  $Y^-$  السالبة كالاتي:



ان هذا التأين هو عكسي وقد تتحد الايونات  $X^+$ ,  $Y^-$  تحت ظروف معينة لتكون XY. وفي حالة التوازن وجد مايتي:

$$K = \frac{\dots(27-11)}{a_{XY}}$$

حيث ان  $K$  هو ثابت التوازن او ثابت التأين **Equilibrium Constant** او **Ionization Constant**.

وان  $a_{X^+}$  هي فعالية الايونات الموجبة.

وان  $a_{Y^-}$  هي فعالية الايونات السالبة.

وان  $a_{XY}$  هي فعالية الالكتروليت غير المتأين.

وعند الاستعاضة في المعادلة (26-11) تصبح المعادلة (27-11) كالاتي:

$$\dots(28-11)$$

$$\gamma_{XY} (XY)$$

لقد وجد في المحاليل المخففة جداً ذات القوة الايونية الواطئة جداً ان معامل

الفعالية **activity coefficient** للمادة الالكتروايتية غير المتأينة وكذلك للأيونات تعادل الواحد ولهذا تصبح المعادلة (٢٨-١١) كالآتي:

$$K = \frac{\dots(29-11)}{(XY)}$$

وهذا يعني ان مدى تأين المادة الالكتروايتية الضعيفة في المحلول المائي بدرجة الحرارة المعينة يعتمد على ثابت التأين بتلك الدرجة الحرارية. وكذلك يمكن معرفة مدى تأين المادة الالكتروايتية الضعيفة من معرفة درجة التأين **Degree of Ionization** ( $\alpha$ ) والتي تعني تلك الجزء من المادة الالكتروايتية الضعيفة الذي يتأين كلياً في المحلول. هذا ونحسب درجة التأين ( $\alpha$ ) للمادة الألكتروايتية كالآتي:

أ- في المختبر يمكن حساب درجة التأين ( $\alpha$ ) من قياس التوصيل الكهربائي **Electrical Conductivity** للمحلول.

ب- يمكن حساب درجة التأين بطريقة عامل فانت هوف (**i**) للمحلول عندما تكون القوة الأيونية للمحلول قليلة جداً لدرجة افتراض ان معامل الفعالية للمادة غير المتأينة وللأيونات هو واحد.

نفرض ان مول واحد من المادة الالكتروايتية الضعيفة قد أنيب في حجم  $V$  لتر من الماء بدرجة الحرارة المعينة لتسبب انخفاضاً في درجة الانجماد يقدر بـ  $\Delta T_f$  مقارنة بدرجة انجماد الماء المقطر. وإذا كانت  $\alpha$  هي درجة تأين المذاب فإن المحلول سوف يحتوي على ( $1 - \alpha$ ) من المولات غير المتأينة في الحجم  $V$  لتر وإذا كانت الجزيئات المتأينة تعطي  $n$  من الأيونات فإن نفس الحجم سوف يحتوي  $n$  من الأيونات.

ولقد وجد ان مقدار الانخفاض في درجة الانجماد للمذيب في المحلول المثالي يتعلق بعدد اللدقائق المادية الموجودة في وحدة الحجم في المحلول. ولنفرض عدم وجود أي تداخل فقد وجد:

$$\Delta T_f \alpha \quad V \quad \dots(30-11)$$

وتحور المعادلة (١١-٣٠) إلى ما يأتي:

$$\Delta T_f \alpha \frac{1 + \alpha(n-1)}{V} \dots (١١-٣١)$$

وبما ان المذاب لم يتأين كلياً فان المحلول سيظهر انخفاضاً في درجة الانجماد اقل بمقدار  $\Delta T_f$ . حيث  $\Delta t_f$  هو مقدار الانخفاض في درجة الانجماد الملحوظ. وان  $\Delta t_f$  هو مقدار الانخفاض في درجة الانجماد المحسوب على اساس ان المادة غير متأينة.

ان عامل فانن هوف ( $i$ ) للدكتروليونات الضعيفة يعادل

$$i = \frac{\Delta T_f}{\Delta t_f} = \frac{1 + \alpha(n-1)}{V} \div \frac{1}{V} \dots (١١-٣٢)$$

وترتب المعادلة (١١-٣٢) إلى ما يأتي:

$$i = 1 + \alpha(n-1) \dots (١١-٣٣)$$

وترتب المعادلة (١١-٣٣) إلى ما يأتي:

$$\alpha = \frac{i-1}{n-1} \dots (١١-٣٤)$$

فعندما تقدر قيمة  $\alpha$  للدكتروليوت الضعيف المذاب في محلول مائي مخفف معلوم التركيز فان قيمة ثابت التآين تحسب من قانون **Ostwald** للتخفيف. فاذا كان الاكتروليوت يعطي ايونين بالجزئية ( $n = 2$ ) عند التحلل وان  $\alpha$  هي درجة التآين في المحلول المائي المخفف ذي التركيز (**C**) فان قيمة ثابت التآين ( $K_i$ ) تحسب كالآتي:

$$K_i = \frac{\alpha C}{1-\alpha} \dots (١١-٣٥)$$

مثال (١١-٨)

إذا كان مقدار الانخفاض في درجة الانجماد لمحلول مائي تركيز **0.01 M** من مادة **Propionic Acid** هو **0.0193** كالفن. احسب ثابت التآين للحامض بدرجة حرارة **273** كالفن.

الحل

نحسب اولاً قيمة  $\alpha$  كالآتي:

$$\Delta t \quad 0.0186$$

ثم نحسب قيمة  $\alpha$  كالآتي:

$$n - 1 \quad 2 - 1$$

ثم نحسب قيمة ثابت التآين  $K_i$  كالآتي:

$$K_i = 1.42 \times 10^{-5} \cdot 0.037$$

٥- تقدير الوزن الجزيئي من الصيغة التركيبية للمادة. ان هذه الطريقة تتطلب معرفة العناصر الداخلة في تركيب الجزيئة ونسبها ثم تعين الصيغة الجزيئية واخيراً الوزن الجزيئي.

مثال (٩-١١)

مركب يحتوي على 40.4% كاربون و 7.87% هيدروجين و 15.72% نيتروجين والعنصر المتبقي هو الأوكسجين. احسب الصيغة الجزيئية المبسطة والوزن الجزيئي للمركب.

الحل

$$100 - (40.4 + 7.87 + 15.72) = 36.01 \text{ - نسبة الأوكسجين تعادل}$$

٢- عدد الـ gram - atom الموجودة في 100 غم من المركب لكل عنصر:

$$C = \frac{40.4}{12} = 3.37$$

$$H = \frac{7.87}{1} = 7.87$$

$$N = \frac{15.72}{14} = 1.15$$

$$O = \frac{36.01}{16} = 2.25$$

٣- تقسم القيم المستحصلة على اقل قيمة:

$$C = \frac{3.37}{1.15} = 3$$

$$H = \frac{7.87}{1.15} = 7$$

$$N = \frac{1.15}{1.15} = 1$$

$$O = \frac{2.25}{1.15} = 2$$

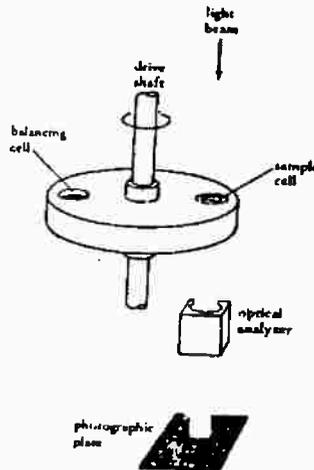
∴ الصيغة الجزيئية هي  $C_3 H_7 N O_2$

اما الوزن الجزيئي فيحسب كالاتي:

$$MW = 3 \times 12 + 1 \times 7 + 1 \times 14 + 2 \times 16 = 89$$

٦- تقدير الوزن الجزيئي بطريقة الطرد المركزي الفائق وسرعة الترسيب **Ultracentrifuge and the Sedimentation Velocity** ان الجزيئات الضخمة (العملاقة) في المحلول قد تغير انتشارها في الفراغ بتعرضها إلى قوة غير قوة التدرج (الاختلاف) في التركيز. فاذا كانت الجزيئة ضخمة وتختلف في الكثافة عن كثافة المنيد فإن ترك المحلول لبعض الوقت يؤدي إلى عمل الجاذبية الارضية وباستعمال آلة الطرد المركزي الخارقة فإن التأثير يكون اكثر وضوحاً حيث يدور نموذج الجزيئات العملاقة **Macromolecules** بسرعة عالية قد تصل إلى ١٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ نورة بالدقيقة. والشكل المرقم (١١-٢) يوضح آلة الطرد المركزي الخارقة.

هذا وتوجد طريقتان لدراسة خواص الجزيئات العملاقة **Macromolecules** بآلة الطرد المركزي الخارقة هما:



شكل رقم (١١-٢). توضيح جزاء آلة الطرد المركزي الفائقة السرعة عن Barrow, 1974

أ- معدل حركة المذاب أثناء الطرد المركزي.

ب- النموذج يطرده مركزياً حتى حدوث توازن التوزيع (ستشرح في الطريقة الخامسة). فطريقة حساب معدل حركة المذاب أثناء الطرد المركزي تبتدئ بحدود واضحة أو طبقة من المحلول قرب مركز الدوران وتتبع حركة الطبقة باتجاه خارج الخلية كدالة للوقت وقد تسمى هذه الطريقة باسم سرعة الترسب **Sedimentation Velocity**. ان  $(m)$  هي كتلة من الجزيئات الموضوعة على مسافة من مركز الدوران تتعرض لقوة الطرد المركزي كالاتي:

$$F_{centi} = (m') (x) (W^2) \quad \dots(36-11)$$

حيث ان  $F_{centi}$  هي قوة الطرد المركزي.

وان  $x$  هي المسافة من مركز الدوران.

وان  $W$  هي السرعة المسماة السرعة الزاوية **angular Velocity**.

وان  $m'$  هي الكتلة الفعالة أو الكتلة الحقيقية التي تصحح لتأثير قوة الطوفان **Buoyancy** للمذيب.

وللتعبير عن تأثير قوة الطوفان للمذيب يجب ان نترك اولاً بأن الحجم الخاص (النوعي) للمذاب ( $V$ ) هو حجم غرام واحد من المذاب وان حجم  $mg$  من المذاب هو  $(m v)$  وان كتلة هذا الحجم من المذيب هي  $m v p$  حيث ان  $p$  كثافة المذيب.

لهذا فإن الكتلة الفعالة ( $m$ ) للمذاب تكون:

$$m' = m - mvp \quad \dots(37-11)$$

وتحور المعادلة (37-11) إلى ماياتي:

$$m' = m (1 - vp) \quad \dots(38-11)$$

وعند الاستعاضة في المعادلة (36-11) يحدث الآتي:

$$F_{centi} = (m (1 - vp)) (x) (w^2) \quad \dots(39-11)$$

ان هذه القوة قد تعادل قوة الاحتكاك المعطاة بقانون **Stokes** كالاتي:

$$F_{\text{frictional}} = 6\pi r\eta \frac{dx}{dt} \quad \dots(11-40)$$

حيث أن  $F_{\text{frictional}}$  هي قوة الاحتكاك.

وإن  $6\pi$  هي كمية ثابتة تساوي  $6 \times \frac{22}{7}$ .

وإن  $r$  هو نصف قطر الدفينة الكروية للشكل.

وإن  $\eta$  هي لزوجة السائل اللزيب.

وإن  $dx$  هو التغير في المسافة.

وإن  $dt$  هو التغير في الزمن.

وبما أن القوتين متساويتان لذلك يكون:

$$m(1 - \nu\rho)(x)(W^2) = 6\pi r\eta \frac{dx}{dt} \quad \dots(11-41)$$

وعند تحويل المعادلة (11-41) يصبح الآتي:

$$\dots(11-42) \frac{dx/dt}{xW^2} = \frac{m(1 - \nu\rho)}{6\pi r\eta}$$

إن حاصل الطرف الأيسر من المعادلة (11-42) قد يطلق عليه سرعة

الترسب (Sedimentation Velocity).

أي السرعة التي يتحرك بها المذاب لكل وحدة من قوة الطرد المركزي ويصطلح عليها

باصطلاح  $S$  أو مايسمى معامل الترسب **Sedimentation Coefficient** والتي

تساوي:

$$S = \frac{dx/dt}{6\pi r\eta} \quad \dots(11-43)$$

وقد جدولت قيم  $S$  وإن قيمة  $s$  لمعظم الجزيئات العملاقة تقع ضمن الحدود  $10^{-13}$  ثانية.

وأطلق على القيمة  $10^{-13}$  ثانية بمصطلح **Svedberg** تكريماً للعالم **Svedberg** السويدي

عمل بألة الطرد المركزي الخارقة. وبعبارة أخرى تكون  $S$  معادلة لما يأتي:

$$\dots(11-44) S = \frac{dx/dt}{xW^2} = \frac{m(1 - \nu\rho)}{6\pi r\eta}$$

وعند تحويل المعادلة (٤٤-١١) والضرب بعدد افكادرو يحصل الآتي:

$$MW = Am = \frac{6\pi r \eta AS}{1 - \nu p} \quad \dots(٤٥-١١)$$

حيث ان **MW** هو الوزن الجزيئي.

وان **A** هو عدد افكادرو.

وان **S** هي **Svedberg unit**.

وان **m** هي كتلة الجزيئة الواحدة.

هذا وقد وجد ان

$$D = \frac{RT}{6\pi r A \eta} \quad \dots(٤٦-١١)$$

حيث ان **D** هو ثابت الانتشار **Diffusion Constant**.

وان **R** هو معامل الغاز الثابت.

وان **T** هي درجة الحرارة المطلقة.

وان **r** هو نصف قطر الجزيئة الكروية الشكل **Spherical**.

وان **A** هو عدد افكادرو.

وان  $\eta$  هي لزوجة السائل المذيب.

وعند الاستعاضة في المعادلة (٤٥-١١) يحدث الآتي:

$$MW = \frac{RTS}{D(1 - \nu p)} \quad \dots(٤٧-١١)$$

مثال (١٠-١١)

بروتين الـ **Myoglobin** هو كروي الشكل وينطبق عليه قانون **Stokes** وان معامل

الانتشار (**D**) لهذا البروتين في الماء بدرجة حرارة 20 م° هو /  $11.3 \times 10^{-7} \text{ cm}^2$

**sec** وان اللزوجة في الماء بهذه الدرجة الحرارية هي **0.01 Poise**. ما هو نصف قطر

جزيئة هذا البروتين.

الحل

باستعمال المعادلة (٤٦-١١) وهي:

$$D = \frac{RT}{6\pi r A \eta}$$

والتي تحور إلى ماياتي:

$$r = \frac{RT}{6\pi r A \eta D}$$

....(٤٨-١١)

حيث ان  $8.314 \times 10^7 \text{ erg / deg. Mole} = R$

وان  $T = 293$  كالفن.

وان  $6.02 \times 10^{23} \text{ molecule / mole} = A$

وان  $0.01 \text{ g / cm. sec} = \eta$

وان  $11.3 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{sec} = D$

وعند التعويض يكون

$$r = \frac{(8.314 \times 10^7) (293)}{(6) \left( \frac{22}{7} \right) (6.02 \times 10^{23}) (0.01) (11.3 \times 10^{-7})}$$

$$r = 19.0 \text{ \AA}$$

مثال (١١-١١)

كم من الوقت تتطلب طبقة او عينة من الـ **Myoglobin** لتتحرك مسافة ١ ملم في آلة الطرد المركزي الخارقة التي تعمل بدوران  $60000 \text{ (r p M)}$  اذا كانت المسافة البدائية لطبقة العينة من مركز الدوران هي 6 سم وان ثابت الترسيب (s) هو  $2.04 \times 10^{-13} \text{ sec}$  بدرجة حرارة 20 م°.

الحسن

باستعمال المعادلة

$$S = \frac{dx / dt}{xW^2}$$

ثم تحوّل إلى ما يأتي:

$$\frac{dx}{dt} = x W^2 S \quad \dots(٤٩-١١)$$

كما وجد ما يأتي:

$$W = 2\pi R \quad \dots(٥٠-١١)$$

حيث أن  $R$  هو الدوران بالدقيقة أو

$$W = \frac{2\pi R}{60} \quad \dots(٥١-١١)$$

وهنا الدوران بالثانية

$$W = \frac{2\left(\frac{22}{7}\right)(60000)}{60} = 6.28 \times 10^3 \text{ rad / sec}$$

وبالتعويض في المعادلة (٤٩-١١) يكون

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= (6) (6.28 \times 10^3)^2 (2.04 \times 10^{-13}) \\ &= 4.8 \times 10^{-5} \text{ cm / sec} \\ &= 1.7 \text{ mm / hr} \\ &= \frac{1}{1.7} = 0.6 \text{ hr or } 3.5 \text{ min} \end{aligned}$$

أي أن الـ **Myoglobin** يأخذ 35 دقيقة ليتحرك مسافة ملم واحد من مركز الدوران.

مثال (١٢-١١)

إن دراسات سرعة الترسب لبعض أنواع البروتينات بدرجة حرارة 20م° أعطت (s) قدرة  $4.46 \times 10^{-13}$  وأن الحجم النوعي (v) للبروتين قدره  $0.75 \text{ ml / g}$  وكثافة المذيب (p) قدرها  $1 \text{ g / ml}$  وأن معامل الانتشار (D) يعادل  $6.9 \times 10^{-7} \text{ cm}^2 / \text{sec}$ . احسب الوزن الجزيئي للبروتين.

الحل

باستعمال المعادلة

$$MW = \frac{RTS}{L(1 - vp)}$$

$$MW = \frac{(8.314 \times 10^7) (293) (4.46 \times 10^{-13})}{(6.9 \times 10^{-7}) (1 - 0.75 \times 1.0)}$$

$$MW = 63000 \text{ g / mole}$$

٧- تقدير الوزن الجزيئي بواسطة الطرد المركزي الفائق السرعة وتوازن الترسيب

### Ultracentrifuge and Sedimentation Equilibrium

وهي إجراء الطرد المركزي حتى حدوث توازن توزيع المذاب خلال خلية الطرد المركزي. وان الترموديناميكية قد اخذت الطاقة الحرة كعامل لدراسة التوازن ويمكن الاعتماد عليها في دراسة توازن تدرج التركيز الذي سيحدث بعد الطرد.

ويمكن حساب علاقة الطرد المركزي او قوة الانتشار بالطاقة الحرة  $G_{X_1}$  و  $G_{X_2}$  بانصاف الاقطار  $X_1$  و  $X_2$ . وفي حالة التوازن فإن قيم  $G_{X_1}$  و  $G_{X_2}$  يجب ان تتعادل.

إن فرق الطاقة الحرة كنتيجة للطرد المركزي للدقائق بالمسافات  $X_1$ ،  $X_2$  تستحصل بحساب الشغل المنجز لحركة الدقائق من  $X_1$  إلى  $X_2$  وتصبح الطاقة الحرة اكثر سالبية كلما ازدادت قيم  $X$  على اساس الجزيئة المعينة. فقد وجد ما يأتي:

$$\Delta G_{\text{centrif}} = - \int_{X_1}^{X_2} (m') X (W^2 dx) \quad \dots (11-52)$$

$$\Delta G_{\text{centrif}} = - \frac{m' W^2}{2} (X_2^2 - X_1^2) \quad \dots (11-53)$$

وباستعاضة عن  $m$  كما في المعادلة (11-37) يكون:

$$\Delta G_{\text{centrif}} = - \frac{m(1 - pv)(W^2)(X_2^2 - X_1^2)}{2} \quad \dots (11-54)$$

إن هذه الطاقة الحرة تعبر عن ميلان كل الدقائق ان تتجمع كلما ازدادت قيم  $X$  عندما تكون

قوة الطرد المركزي قليلة. والتوازن يحدث بسبب الانتشار حيث وجد ما يأتي:

$$\dots(11-55) \Delta G_{diffusion} = \frac{RT}{A} \ln \frac{C_2}{C_1}$$

حيث أن  $C_2$  و  $C_1$  هي تراكيز المادة بالمسافتين  $X_2$  و  $X_1$  على التوالي.

وفي حالة التوازن فإن الانخفاض في  $\Delta G$  بسبب الطرد المركزي يعادل الزيادة في  $\Delta G$  بسبب الانتشار وبذلك يكون:

$$\Delta G_{centrif} + \Delta G_{diffusion} = 0 \quad \dots(11-56)$$

وبعد التحويلات في المعادلتين (11-54) و (11-55) يصبح كالآتي:

$$\dots(11-57) \frac{m(1 - \nu p)(W^2)(X_2^2 - X_1^2)}{2} = \frac{RT}{A} \ln \frac{C_2}{C_1}$$

وعند تحويل المعادلة (11-57) يكون كالآتي:

$$mA(1 - \nu p)(W^2)(X_2^2 - X_1^2) = 2RT \ln \frac{C_2}{C_1} \quad \dots(11-58)$$

وبما أن  $mA$  يعادل الوزن الجزيئي  $MW$  لذلك تصبح المعادلة (11-58) كالآتي:

$$MW = \frac{2RT \ln \frac{C_2}{C_1}}{W^2(1 - \nu p)(X_2^2 - X_1^2)} \quad \dots(11-59)$$

حيث أن  $R$  هو معامل الغاز الثابت.

وأن  $T$  هي درجة الحرارة المطلقة.

وأن  $C_2$  هو تركيز المادة بالمسافة  $X_2$ .

وأن  $C_1$  هو تركيز المادة بالمسافة  $X_1$ .

وأن  $W$  هي الـ **angular velocity**.

وأن  $\nu$  هو الحجم النوعي **Specific Volume**.

وأن  $p$  هي كثافة المذيب.

وأن  $X_1$  و  $X_2$  هي المسافة من مركز الدوران.

مثال (11-113)

احسب الوزن الجزيئي للبروتين من المعلومات الآتية:

$$\begin{aligned}
 .R p m 15000 &= W \\
 \text{كالفن } 285.6 &= 12.4 C = T \\
 .erg / \text{mole. degree } 8.314 \times 10^7 &= R \\
 .g / \text{ml } 13.52 &= C_2 \\
 .g / \text{ml } 3.52 &= C_1 \\
 .cm 7.093 &= X_2 \\
 .cm 6.827 &= X_1 \\
 0.277 &= 1 - v_p
 \end{aligned}$$

الحل

بتطبيق المعادلة (١١-٥٩) يكون

$$MW = \frac{2 (8.314 \times 10^7) (285.6) \left( 2.3 \log \frac{13.52}{3.52} \right)}{(0.277)(1.5 \times 10^3)^2 (7.093^2 - 6.827^2)}$$

$$MW = 25300 \text{ g / mole}$$

## الاسئلة

(١-١١) الضغط الازموزي للبروتين في isoelectric pH ودرجة الحرارة 278 كالفن في محلول Buffer ذي التركيز 0.1 M هو

الضغط الازموزي	تركيز البروتين
atm	g / l
$0.557 \times 10^{-2}$	15
$1.277 \times 10^{-2}$	32.5
$2.076 \times 10^{-2}$	50
$2.856 \times 10^{-2}$	65
$3.697 \times 10^{-2}$	80

احسب الوزن الجزيئي للبروتين علما بأن

$$0.082 \text{ liter. atm / mole. degree} = R$$

(٢-١١) السكر Stachyose موجود في بنور البقوليات عندما يتحلل مائياً ويعطى الكالكوز والكلكوز. ان 100 ملغم من السكر Stachyose المذاب في 10 سم<sup>3</sup> ماء يظهر ضغطاً ازموزياً قدره  $3.55 \times 10^{-1}$  ضغط جوي (atm) بدرجة حرارة 12° م. احسب الوزن الجزيئي.

(٣-١١) عينة من مركب عضوي مجهول وزنها 15.7 ملغم انصبت في 0.3 غم من الفينول النقي. كانت درجة انجماد المحلول 39.6° م. وان درجة انجماد الفينول النقي هي 42° م. احسب الوزن الجزيئي للمركب.

(٤-١١) محلول مائي يحتوي على 0.3 غرام من Ployalanine (بدرجة isoelectric i) لكل 100 سم<sup>3</sup> ويظهر ضغط ازموزي قدره 7.85 ملغم زئبق بدرجة حرارة 25° م. احسب الوزن الجزيئي للـ Polyalanine.

(٥-١١) بروتين الهيموكلوبين يشكل الحديد فيه نسبة 0.34 % منه. احسب الوزن الجزيئي الاصفر لبروتين الهيموكلوبين.

(٦-١١) بروتين يحتوي على الـ Tryptophan بنسبة 0.58 %. احسب الوزن

الجزيني الاصغر البروتين.

(٧-١١) احدى الانزيمات وجد انها تحتوي على **Cysteine 0.8** احسب الوزن الجزيني للأنزيم.

(٨-١١) وجد في احدى المركبات بانه يحتوي على **55 %** كاربون و **9.39 %** هيدروجين و **10.7 %** نتروجين والمتبقي هو الأوكسجين. احسب  
أ- الصيغة الجزينية المبسطة.  
ب- الوزن الجزيني للمركب.

(٨-١١) بياض البيض يحتوي على **1.62 %** كبريت و **52.75 %** كاربون و **7.10 %** هيدروجين و **15.51 %** نتروجين والمتبقي هو الأوكسجين. احسب الوزن الجزيني لبياض البيض.

(٩-١١) مركب **Polymer** وزنه الجزيني  $10^8$  وضع في انبوبة **Ultracentrifuge** وبعد الطرد المركزي كانت للمسافة البعيدة **7** سم من المركز والمسافة القريبة **6** سم من المركز وكانت لتراكيز **1.35** ملغم / سم<sup>٢</sup> في الجهة البعيدة و **1.05** ملغم سم<sup>٢</sup> في الجهة القريبة كما ان كثافة السائل هي  $0.890 \text{ g / cm}^3$  ودرجة الحرارة **300** كالفن. احسب الحجم النوعي.

(١٠-١١) ان معامل الانتشار للسكروز في الماء بدرجة حرارة **20** م° هو  $40 \times 10^{-7}$   $\text{cm}^2 / \text{sec}$  احسب معامل الترسيب (s).

(١٢-١١) وضع مركب **Polymer** في خلية للطرد المركزي للخارفة وبعد الطرد المركزي بسرعة **5000 R PM** وحرارة **300** كالفن وجد ان الجهة البعيدة عن مركز الدوران هي **7.5** سم والقريبة هي **6.5** سم وكانت لتراكيز البعيدة **1.27** ملغم / سم<sup>٢</sup> والقريبة **1.02** ملغم / سم<sup>٢</sup>. فاذا كانت كثافة السائل **0.7780** غم / سم<sup>٣</sup>. احسب الوزن الجزيني للمادة.