

# **الفصل الحادي عشر**

## **Chapter Eleven**

### **حسابات الوزن الجزيئي**

#### **Molecular Weight Calculations**

## مقدمة

سنشرح في هذا الفصل بعض الطرائق المتعلقة بحساب الوزن الجزيئي للمواد مثل  
تعيين الصيغة الجزيئية التركيبية ومنها بحسب: الوزن الجزيئي أو من دراسة خواص  
المحاليل ... الخ.

### طرق حساب الوزن الجزيئي للمواد

١- حساب الوزن الجزيئي من معرفة الضغط الأزموزي (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:

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

وبتحويل المعادلة (٢-١١) يصبح الآتي:

$$M W = \frac{W R T}{\pi V} \quad \dots(3-11)$$

حيث ان  $MW$  هو الوزن الجزيئي للمادة.

وان  $W$  هو وزن المادة بالغرام.

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

وان  $T$  هي درجة الحرارة المطلقة.

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

وان  $V$  هو حجم المحلول باللتر.

وبما ان تقسيم الوزن على الحجم يعتبر دليلاً على التركيز لذلك تحور 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 اذيب عدد من مولات المذاب ( $n_2$ ) في عدد من مولات المذيب ( $N_1$ ) يتكون محلول مخفف وان الكسر المولي **Mole Fraction** للمذاب في هذا المحلول يقل قليلاً جداً عن  $\frac{n_2}{N_1}$ .

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

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

حيث ان  $P_o$  هو الضغط البخاري للمذيب النقي. وان  $P$  هو الضغط البخاري للمذيب للمحلول. وقد تحور المعادلة (١١-٥) إلى ما يأتي:

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

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

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

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

ولهذا 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 راولت (محلول مخفف جداً). كما يجب قياس التغير 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  $1 \text{ mole / kg}$  المعتبر مثالياً او محلول مخفف جداً. وفي هذا المحلول المثالي ( $1 \text{ mole / kg}$ ) 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 **Mole Depression Constant ( $K_f$ )** 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 اذيب **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 مذب 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 ينفصل 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

الجزيني للمذاب عندئذ تطبق المعادلة الآتية:

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

حيث ان  $MW_2$  هو الوزن الجزيني 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:

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

هذا وان الجدول المرقم (11-2) وضح ثوابت الارتفاع في درجات الغليان لبعض

المواد ( $K_b$ ).

جدول رقم (11-2): ثوابت الارتفاع في درجات الغليان لبعض المواد.

المادة	درجة الغليان $^{\circ}C$	$K_b$ 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 (١٧-١١) 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 الكلوكوز في **100** غم ماء وكان مقدار الارتفاع في درجة الغليان يعادل **0.51** درجة مئوية. احسب الوزن الجزيئي للكلوكوز.

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 الكلوكوز في **100** غم ماء وكان مقدار الانخفاض في درجة الانجماد يعادل **0.372** درجة مئوية. احسب الوزن الجزيئي للكلوكوز.

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 نتروجيني استخلص من يوريا الانسان وبلور بالكحول الايثيلي ثم حضر محلول باذابة 90 ملغم من المركب النقي في 12 غم ماء مقطر وكان مقدار الانخفاض في درجة الاتجماد 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 اذا 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

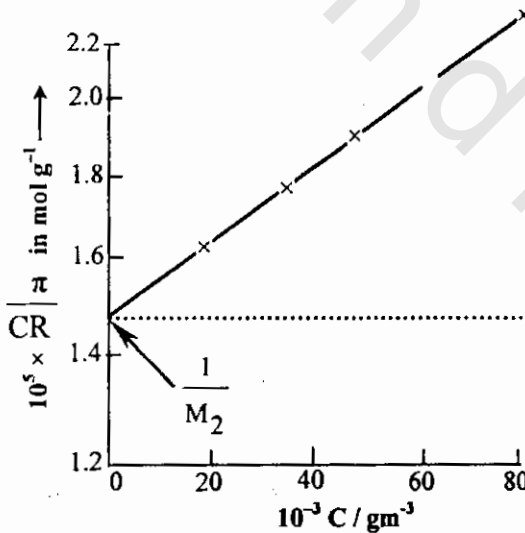
جداً) لذلك فمن الضروري قياس الضغط الازموزي لعدد من المحاليل المخففة الحاوية على تراكيز مختلفة ضئيلة من المذاب وتستعمل النتائج للحصول على الضغط الازموزي للمحلول المخفف. ان المعادلة (١١-٤) قد تحور المعادلة إلى ما يأتي:

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

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 المتي. 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 ساس الانخفاض في الضغط البخاري او درجة الغليان غير صحيح من الناحية العلمية بسبب تلوث البروتينات (مهما اصبحت 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 ينوب 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 المسلي (مخفف جدا) الحاوي على البروتين يمكن تقديره.

## خصائص الـ Colligative Properties للمحاليل الألكتروليتيّة

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

وفي محاليل الالكتروليّات تعتمد خصائص الـ **Colligative Properties** للمحلول على عدد الأيونات. نتاجاً من التآين في المحلول.

ان قيمة الـ **Colligative Properties** المقاسة للمحلول الالكتروليّتي تكون أكثر من القيمة المقدرة على أساس التركيز (**M**) للمذاب وان نسبة القيمة المقاسة على القيمة المقدرة على أساس التركيز **M** تعرف بعامل فانت 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 الالكتروليّتي ان قيمة **i** تساوي الواحد. اما قيمة **i** للمحلول الالكتروليّتي 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 الالكتروليّتي 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** للاكتروليت كالاتي:

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

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:

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

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

تأثير القوة الايونية للمحلول الاليتروليتي 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 استق بعض الباحثين علاقة تربط **mean ion activity coefficient**

للالكتروليت في المحلول المخفف جدا بطبيعة المذيب ودرجة الحرارة وتكافؤ الايونات وتركيز الايونات الموجودة في المحلول.

ففي درجة حرارة ٢٩٨ كالفن وجد مايتي:

$$\log \gamma^{\pm} = -0.15 Z^{+} Z^{-} \sqrt{u} \quad \dots(٢٥-١١)$$

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

وان  $Z^{+}$  هو تكافؤ الايون الموجب.

وان  $Z^{-}$  هو تكافؤ الابن السالب.

وان  $u$  هي القوة الايونية 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 كالاتي:





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:

$$\log \gamma O_4^{-2} = -0.51 \times Z^2 \sqrt{u}$$

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

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

$$= -0.1824$$

$$= -0.1824 + 1 - 1$$

$$= 0.8176 - 1$$

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

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

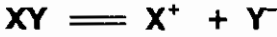
$$\text{activity of } SO_4^{2-} = \text{Concentration} \times \text{activity coefficient}$$

$$= 0.001 \times 0.657$$

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

### خواص الـ Colligative Properties للالكتروليتات 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 ماياتي:

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

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 (11-26) تصبح المعادلة (11-27) كالاتي:

$$\dots (11-28)$$

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

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



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

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

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

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

ب- يمكن حساب درجة التأين بطريقة عامل فانث 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 الألكتروليتية الضعيفة قد أنيب في حجم  $V$  لتر من الماء بدرجة الحرارة المعينة لتسبب انخفاضاً في درجة الانجماد يقدر بـ  $\Delta T$  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  $n$  مسن الأيونات فإن نفس الحجم سوف يحتوي  $n$  من الأيونات.

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

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

وتحور المعادلة (٣٠-١١) إلى ما يأتي:

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

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 فانت هوف (i) للالكتروليتات الضعيفة يعادل

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

وترتب المعادلة (٣٢-١١) إلى ما يأتي:

$$i = 1 + \alpha(n-1) \dots (٣٣-١١)$$

وترتب المعادلة (٣٣-١١) إلى ما يأتي:

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

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

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

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 أولاً قيمة  $\alpha$  كالآتي:

$$\Delta t \quad 0.0186$$

ثم نحسب قيمة  $\alpha$  كالآتي:

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

ثم نحسب قيمة ثابت التآين  $K_f$  كالآتي:

$$K_f = \frac{1-g}{1} \times 10^{-5} = 0.037$$

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 (١١-٩)

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

$$١- \text{نسبة الأوكسجين تعادل: } 100 - (40.4 + 7.87 + 15.72) = 36.01$$

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

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

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

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

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

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 كالآتي:

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

٦- تقدير الوزن الجزيئي بطريقة الطرد المركزي الفائق وسرعة

الترسب **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. فإذا 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

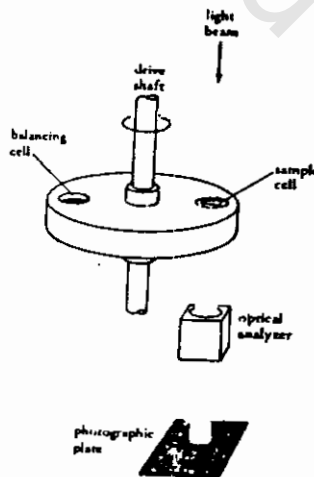
حيث يدور نموذج الجزيئات العملاقة **Macromolecules** بسرعة عالية قد تصل

١٠,٠٠٠ إلى ١٠٠,٠٠٠ دورة 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- الامتزاز يطرد 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 تترك 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 الاتي:

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

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

$$F_{\text{frictional}} = 6\pi r\eta \frac{dx}{dt} \quad \dots(٤٠-١١)$$

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

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

وأن  $r$  هو نصف قطر الدقبة للكروية الشكل.

وأن  $\eta$  هي لزوجة السائل المذيب.

وأن  $dx$  هو التغير في المسافة.

وأن  $dt$  هو التغير في الزمن.

وبما أن القوتين متساويتان لذلك يكون:

$$m(1 - \nu\rho)(x)(W^2) = 6\pi r\eta \frac{dx}{dt} \quad \dots(٤١-١١)$$

وعند تحويل المعادلة (٤١-١١) يصبح الآتي:

$$\dots(٤٢-١١) \frac{dx/dt}{xW^2} = \frac{m(1 - \nu\rho)}{6\pi r\eta}$$

إن حاصل الطرف الأيسر من المعادلة (٤٢-١١) قد يطلق عليه سرعة الترسيب (**Sedimentation Velocity**).

أي السرعة التي يتحرك بها المذاب لكل وحدة من قوة الطرد المركزي ويصطلح عليها باصطلاح **S** أو مايسمى معامل الترسيب **Sedimentation Coefficient** والتي تساوي:

$$S = \frac{dx/dt}{6\pi r\eta} \quad \dots(٤٣-١١)$$

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

$$\dots(٤٤-١١) S = \frac{dx/dt}{xW^2} = \frac{m(1 - \nu\rho)}{6\pi r\eta}$$

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

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

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

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

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 (١١-٤٥) يحدث الآتي:

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

مثال (١١-١٠)

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 (١١-٤٦) وهي:

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

والتي تحور إلى ما يأتي:

$$r = \frac{RT}{6\pi r A \eta D} \quad \dots (11-48)$$

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

وان  $T = 293 \text{ كالفن.}$

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

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

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

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 (11-11)

كم من الوقت تتطلب طبقة او عينة من الـ **Myoglobin** لتتحرك مسافة 1 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 الترسب (s) هو  $2.04 \times 10^{-13} \text{ sec}$  بدرجة حرارة 20 م°.

الحل

باستعمال المعادلة

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



ثم نحور 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 ان R هو الدوران بالدقيقة او

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

وهنا الدوران بالثانية

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

وبالتعويض في المعادلة (٤٩-١١) يكون

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

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

مثال (١٢-١١)

ان دراسات سرعة الترسب لبعض انواع البروتينات بدرجة حرارة 20م° اعطت (s) قدرة

$4.46 \times 10^{-13}$  وان الحجم النوعي (v) للبروتين قدره  $0.75 \text{ ml / g}$  وكثافة

المذيب (p) قدرها  $1 \text{ g / ml}$  وان 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 بطريقة 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 ادخلت 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 الجزئية المعينة. فقد وجد ماياتي:

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

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

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

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

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 ان  $C_2$  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 (11-56) و (11-55) يصبح كالآتي:

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

وعند تحويل المعادلة (11-57) يكون كالآتي:

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

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

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

حيث ان  $R$  هو معامل الغاز الثابت.

وان  $T$  هي درجة الحرارة المطلقة.

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

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

وان  $W$  هي الـ angular velocity.

وان  $v$  هو الحجم النوعي Specific Volume.

وان  $p$  هي كثافة المذيب.

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

مثال (11-113)

احسب الوزن الجزيئي للبروتين من المعلومات الآتية:

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

الحل

بتطبيق المعادلة (١١-٥٩) يكون

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

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

## الأسئلة

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

الضغط الأزموزي	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 علماً بأن

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

(٢-١١) السكر **Stachyose** موجود في بذور البقوليات عندما يتحلل مائياً ويعطى الكالكوز والكلكوز. ان 100 ملغم من السكر **Stachyose** المذاب في 10 سم<sup>3</sup> ماء يظهر ضغطاً أزموزياً 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**) لكل 100 سم<sup>3</sup> ويظهر ضغط أزموزي قدره 7.85 ملم 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 الاصفر للبروتين.

(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 % نيتروجين والمنتقي 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 % نيتروجين والمنتقي 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 للتركيز 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 للخارقة 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 للتركيز 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.