التجربة التاسعة / وحدات التحليل وحساب القوة الأيونية

لقد واجهنا بالفعل مصطلح التركيز **Concentration** ويجري استعماله لتحديد كمية من مادة موجودة في كمية معينة من تربة أو مياه. ويمكن عرض تركيز المواد الكيميائية في التربة والمياه في وحدات مختلفة. رغم أن وحدات النظام الدولي الرسمية للتركيز هي مول \ م^3 أو مول \ كغم، إلا أن هذه ليست شائعة الاستعمال. الوحدات الأكثر شيوعا مدرجة في الجدول 1.

الجدول 1 وحدات تركيز المواد في التربة والمياه

الوصف	الوحدة
ملغم لكل لتر ماء (محلول مائي)	ملغم \ لتر **mg/l**
ملغم لكل كيلوغرام تربة أو ماء	ملغم \ كغم **mg/kg**
جزء من المليون وزنا"	جزء من مليون **ppm**
جزء من المليار وزنا"	جزء من مليار **ppb**
ملي مول لكل لتر ماء	ملي مول \ لتر **m moles/l**
مولارية، مول لكل كيلوغرام ماء	**M**
ملي مول لكل كيلوغرام تربة أو ماء	ملي مول \كغم **m moles/kg**
عيارية، مكافئات * لكل لتر ماء	**N**
ملي مكافئ لكل لتر ماء	ملي مكافئ \ لتر **meq/l**
ملي مكافئ لكل **500**غرام تربة	ملي مكافئ**500** \ غم **meq/100g**

*وحدة النظام الدولي الرسمية للمكافئات هي مولات الشحنة (مولك **molc**) **.** على سبيل المثال، ملي مكافئ \ لتر يساوي ملي مولك \ لتر

بالنسبة لعينات المياه العذبة المخففة، تكون الوحدة ملغم \ لتر تساوي عدديا ملغم \ كغم، لأن كثافة الماء هي **1**غم \ سم^3**.** بالنسبة للعينات ذات الكثافة العالية، على سبيل المثال مياه البحر (الكثافة **1.013** ≈ غم \ سم^3) تكون إعادة الحساب ضرورية لتحويل النتائج من تركيز بالحجم إلى تركيز بالوزن. لإعادة احتساب النتائج من ملغم \ لتر إلى ملي مول \ لتر يجب تقسيم الأرقام على الكتلة المولية أو الوزن الجزيئي، وهي الكتلة بالغرامات لـ 1 مول من الجزيئات أو الذرات (1مول =**6.002** × **10**^{23} جزيئات = عدد افوكادرو. يمكن حساب الكتلة المولية عن طريق جمع الأوزان الذرية للذرات التي تشكل الجزيء على سبيل المثال، الكتلة المولية للنترات **NO_3** هي (**1** × **14** الوزن الذري للنايتروجين) + (**3** × **16**) الوزن الذري للأوكسجين **62** = (تحويل

النتائج من مليمول \ لتر إلى مليمكافئ \ لتر يتم ضرب التركيز بالمليمول \ لتر في شحنة العدد الذري للأيونات. على سبيل المثال، **1** مليمول \ لتر من Ca^{2} يساوي **2** مليمكافئ \ لتر

تستعمل وحدات ملغم \ لتر (ماء) و ملغم \ كغم في الغالب للإشارة إلى التراكيز البيئية للمواد الكيميائية. ومع ذلك، تكون المولارية (مليمول \ لتر) أو المولالية (مول \ كغم) مفضلة للتقييم الكيميائي للتراكيز في المحاليل، بحيث أي معادلة كيميائية متوازنة تعطي معلومات متعلقة بحساب العناصر المتفاعلة مباشرة من حيث مولات المتفاعلات والنواتج. غالبا ما تستعمل وحدة مليمكافئ \ لتر للتحقق ما إذا كانت شحنات الكاتيونات والأنيونات توازن بعضها البعض .

مثال / تحويل وحدات التركيز

تركيز الفوسفات PO_4^{-3} هو **23** مايكروغرام \ لتر، احسب التركيز في مليمكافئ \ لتر

الحل

أولا، أحسب الكتلة المولية للفوسفاتPO_4^{-3} :

1 مول PO_4^{-3} يتألف من **30.97** غم من الفسفور و **4 × 16** غم من الأوكسجين وبذلك تكون الكتلة الكلية **94.97**غم \ مول. وهكذا، **23** مايكروغرام \ لتر تتوافق مع **23 \ 94.97 = 0.242** مايكرومول \ لتر = **2.42** ×10^{-3} ملي مول \ لتر. للحصول على التركيز في مليمكافئ \ لتر، أضرب التركيز في مليمول \ لتر بشحنة أيون الفوسفات. وهكذا، **2.42** × 10^{-4} مليمول فوسفات \ لتر×**3** = **7.26** مليمكافئ فوسفات \ لتر.

بالإضافة إلى وحدات التركيز المذكورة أعلاه، هناك عدد من المتغيرات الإضافية المتعلقة بتراكيز المواد الموجودة في المياه ذات الصلة بالدراسات البيئية؛ وهي تشمل الرقم الهيدروجيني، المواد الصلب الذائبة الكلية، التوصيلية الكهربائية (**EC**) وجهد الأكسدة والاختزال(**Eh**).

النشاط

لأن الأيونات الذائبة في محلول مائي تؤثر على بعضها البعض من خلال القوى الكهروستاتيكية بينها، فإن تركيز الأيونات الذائبة ليس هو المقياس الصحيح لتفاعليتها. لذلك، بدلا من التراكيز الكلية، ينبغي استخدام تركيز "ظاهري" لحساب التفاعلات الكيميائية في المحاليل المائية. يتم تصحيح هذا التركيز الظاهري، المسمى بالنشاط ،**activity** للآثار غير المثالية في محاليل مائية ناشئة عن قوى كهروستاتيكية بين جميع الأيونات الذائبة في الماء. وهو مرتبط بالتركيز المولي:

$$[xi] = \gamma\, i\, mi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث **[xi]** = نشاط الايون (**i**) مول \ لتر، **γi** = (معامل النشاط) ، و **mi** هي التركيز المولي للأيون (**i**) مول \ لتر. ويعتمد معامل النشاط **γi** على القوة الايونية، وهو مقياس للتركيز الكلي للأيونات الذائبة:

$$I = 0.5 \sum mi\, zi^{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث **I** = القوة الايونية و **zi** = شحنة الايون **i.** وعادة ما تكون القوة الايونية للمياه العذبة أقل من **0.01** ومياه المحيطات حوالي **0.7** معامل النشاط لا يعتمد فقط على القوة الايونية ولكن أيضا على الشحنة المحددة للأيون، وعلى درجة الحرارة والضغط. يتم جدولة معاملات النشاط في الكتب الكيميائية كدالة لقوة ايونية وشحنة محددة، أو يمكن تقديرها من عدة موديلات نشاط، مثل معادلة ديبي- هوكل الموسعة **(3).....**

$$log\gamma i = \frac{-Aa_i^2\sqrt{I}}{1+Ba_i\sqrt{I}}$$

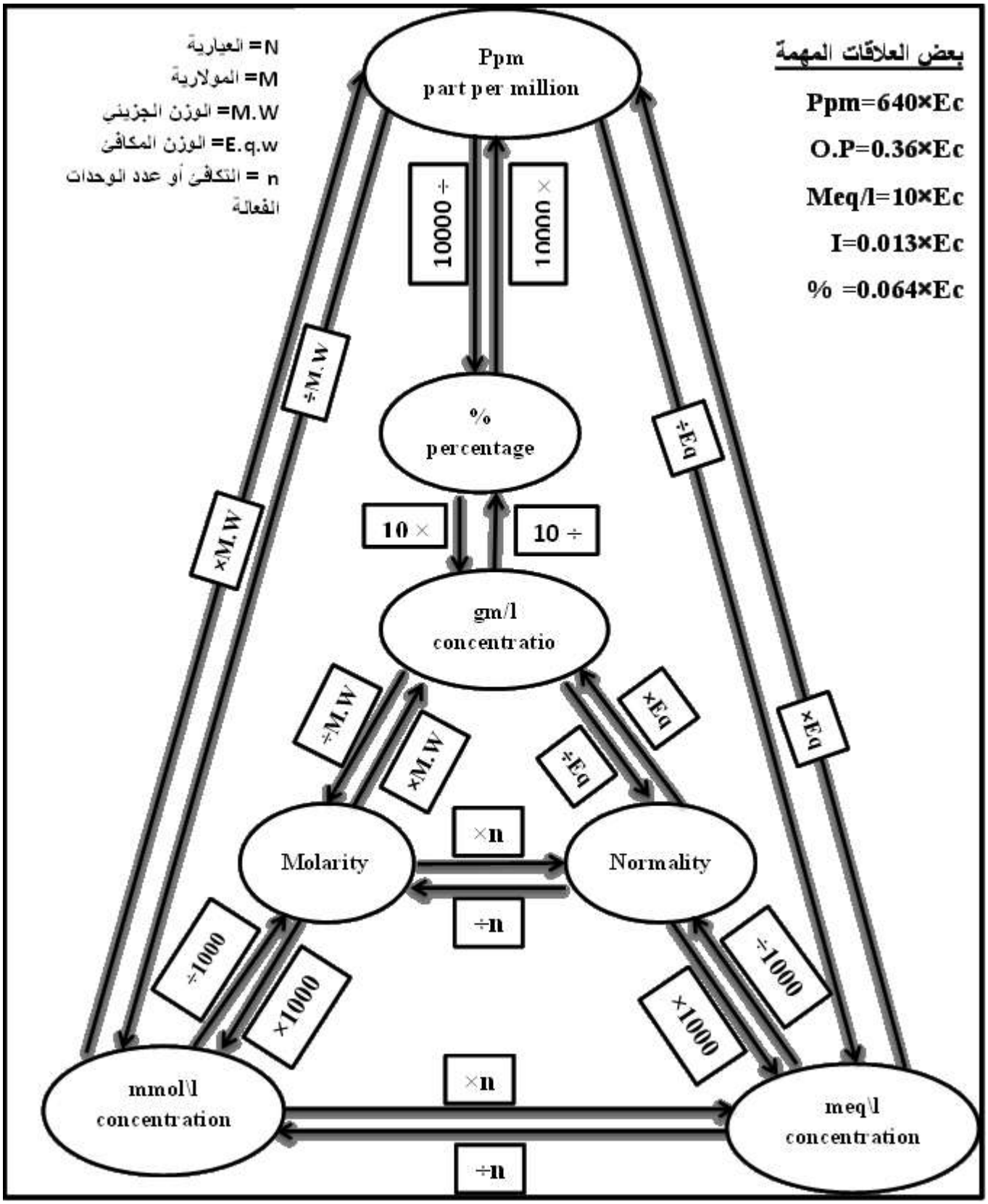
حيث **A** و **B** هما ثوابت مستقلة الحرارة و **ai** = نصف قطر الايون المائي (وحدة طول). قيم **A** و **B** و **ai** مدرجة في جدول **2** يمكن استخدام معادلة ديبي–هوكل الموسعة لتقدير قيم معامل النشاط إلى أقصى قوة ايونية تبلغ حوالي**0.1** أو مجموع تركيز مواد صلبة ذائبة لحوالي **5000** ملغم / لتر. ومع ذلك، فمن الجدير بالذكر أنه في المياه العذبة الطبيعية عادة ما يكون معامل النشاط قريب من واحد ويمكن إهمال تأثير القوة الايونية لحسابات تقريبية. في المياه المالحة، مثل مياه المحيطات، عادة يكون من الضروري استخدام معاملات نشاط في حسابات التوازن. تتطلب الدراسات المتعلقة بمياه مالحة اكثر، مثل المحاليل الملحية موديلات نشاط أخرى أكثر تطورا، على سبيل المثال موديل **Pitzer.** بيتزر جدول **2** قيم **A** و **B** و **ai** المستعملة في معادلة ديبي – هوكل الموسعة

أيون	ai (10^{-8}×)	B (10^{8} ×)	A	الحرارة (درجة مئوية)
Nh_4, Cs, Rb, Ag	**2.5**	**0.3241**	**0.4883**	**0**
K, NO3, Cl, Br, I	**3.0**	**0.3249**	**0.4921**	**5**
Oh, F, HS, Bro3	**3.0**	**0.3258**	**0.4960**	**10**
Na , HCO_3, H_2PO_4, HPO_4, Po_4^3, SO_4, HSO_3, Hg_2	**4.5 – 4.0**	**0.3262**	**0.5000**	**15**
Pb, Co_3 , MoO_4	**4.5**	**0.3273**	**0.5042**	**20**
Sr, Ba, Ra , Cd, Hg , S , WO_4	**5.0**	**0.3281**	**0.5085**	**25**
Li , Ca , Cu , Zn , Sn , Mn , Fe, Ni, Co	**6.0**	**0.3290**	**0.5130**	**30**
Mg , Be	**8.0**	**0.3297**	**0.5175**	**35**
H, Al , Cr والعناصر الأرضية النادرة التكافؤ	**9.0**	**0.3305**	**0.5221**	**40**
Th^4, Zr, Ce, Sn	**11.0**	**0.3321**	**0.5319**	**50**
		0.3338	**0.5425**	**60**

مثال / تحتوي عينة مياه جوفية على **4.05** ملي مول HCO_3 / لتر ، **1.45** ملي مول **CL**/ لتر **1.17** ملي مول SO_4 / لتر، **2.1** مليمول **Na** \ لتر، **0.2** مليمول **K** \ لتر، **3.8** مليمول Ca^2\لتر، **0.43** مليمول Mg^2 \ لتر، **0.2** مليمول Fe^2 \ لتر، و **0.03** مليمول Mn^2 \ لتر عند **10** درجة مئوية احسب انشطة هذه الأيونات عند **20** درجة مؤية.

الحل يرد في الجدول أدناه موجز لحساب الأنشطة. أولا، أحسب القوة الايونية باستخدام المعادلة **(2)** القوة الايونية للمحلول هي 9.58×10^{-3} بعد ذلك، أحسب معاملات النشاط باستعمال المعادلة **(3)** من الجدول **2** يمكن الحصول على قيم **A** و **B** عند **10** درجة مئوية، وكذلك نصف قطر الايونات ذات الصلة **(ai)** ويمكن بعد ذلك حساب الأنشطة بضرب معامل النشاط بالتركيز المولي المذكور أعلاه.

الأيون	الشحنة	التركيز المولي	المساهمة في القوة الأيونية	نصف قطر الأيون	معامل النشاط	لوغرتم معامل النشاط	النشاط
	z	mi(مول/ لتر)	$0.5\ mizi^2$	ai (10^{-8}سم)	Logγi	γi	[Xi] مول/ لتر
HCO_3^{-1}	-1	4.05×10^{-3}	2.03×10^{-3}	4	-0.0437	0.90	3.66×10^{-3}
CL^{-1}	-1	1.54×10^{-3}	0.77×10^{-3}	3	-0.0450	0.90	1.39×10^{-3}
SO_4	-2	1.17×10^{-3}	1.17×10^{-3}	4	-0.1749	0.67	0.78×10^{-3}
Na^{+1}	1	2.1×10^{-3}	1.05×10^{-3}	4	-0.0437	0.90	1.90×10^{-3}
K^{+1}	1	0.2×10^{-3}	0.10×10^{-3}	3	-0.0450	0.90	0.18×10^{-3}
Ca^2	2	3.8×10^{-3}	3.80×10^{-3}	6	-0.1655	0.68	2.60×10^{-3}
Mg^2	2	0.43×10^{-3}	0.43×10^{-3}	8	-0.1571	0.70	0.30×10^{-3}
Fe^2	2	0.2×10^{-3}	0.20×10^{-3}	6	-0.1655	0.68	0.14×10^{-3}
Mn^2	2	0.03×10^{-3}	0.03×10^{-3}	6	-0.1655	0.68	0.02×10^{-3}
الكلي			9.58×10^{-3}				


N= العيارية
M= المولارية
M.W= الوزن الجزيئي
E.q.w= الوزن المكافئ
n = التكافئ أو عدد الوحدات الفعالة
بعض العلاقات المهمة
Ppm=640×Ec
O.P=0.36×Ec
Meq/l=10×Ec
I=0.013×Ec
% =0.064×Ec
Ppm
part per million
% percentage
gm/l concentratio
Molarity
Normality
mmol\l concentration
meq\l concentration
÷10000
×10000
÷M.W
×M.W
÷Eq
×Eq
10 ×
10 ÷
×n
÷n
÷1000
×1000

$$\text{ملي مول} = \frac{PPM}{MW}$$

$$\text{مولارية} = \frac{\text{ملي مول}}{1000}$$

$$\text{العيارية} = \text{المولارية} \times n$$

$$\text{العيارية} = \frac{meq}{1000}$$

$$\text{ملي مول} = \frac{meq}{n}$$

$$\% = \frac{PPM}{10000}$$

$$\text{ملي مكافئ}/100\ \text{تربة} = \frac{\text{الوزن}}{\text{الوزن المكافئ}} \times 1000$$

$$0.001 \times PPM = g/l$$

المصادر

الجميلي: محمود فاضل، شلوى هادي أحمد؛ تلوث التربة والمياه ؛ جامعة تكريت ؛ رقم الأيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد 677 لسنة 2018.