جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

التعادل الشاردي أو الكهربائي في المحاليل
(ELECTRONEUTRALITY)

د.م . نسرين خلوف

مقدمة

- مبدأ التعادل الشاردي أو الكهربائي في المحاليل يتطلب أن يكون مجموع الأيونات الموجبة *(Cations)* مساوياً لمجموع الأيونات السالبة *(Anions)* في محلول مائي:

$$\sum Cations = \sum Anions \qquad (*)$$

$$\downarrow \qquad\qquad \downarrow$$

$$\boldsymbol{meq/l} \qquad\qquad \boldsymbol{meq/l}$$

أنواع الشوارد الأكثر وجوداً في المياه

أنيونات	كاتيونات
بيكربونات HCO_3^-	كالسيوم Ca^{+2}
كبريتات SO_4^{-2}	مغنيزيوم Mg^{+2}
كلورايد Cl^-	صوديوم Na^+
نترات NO_3^-	بوتاسيوم K^+

نشوء الشوارد الأكثر وجوداً في المياه

- تعبّر هذه الشوارد عن طبيعة المنطقة الموجودة فيها المياه،
- وتنشأ من احتكاك المياه مع الرسوبيات والصخور المعدنية المتنوعة،

مثل:

- $Ca(HCO_3)_2$ التي تنشأ من انحلال الحجر الكلسي والرخام والحجر الطباشيري والكالسيت والدولميت.
- أما Na_2SO_4 تنشأ من الطبقات الملحية والبحيرات الملحية ومن الكهوف.

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

الحدود المسموحة لتعادل المحاليل الكيميائية

- في مجال الامداد بالمياه، المكونات الموجودة في الجدول تكون مقاسة بشكل طبيعي عندما تحاليل المياه تكون منفذة بشكل جيد،
- وفي كل الحالات يجب أن ندقق ونراجع نتائج تلك التحاليل من أجل إتمام دقة التعادل الأنيوني الكاتيوني الموضح في المعادلة (*).
- إذا كان الفرق بين الكاتيونات والأنيونات قليل، يمكن أن نقبل تلك التحاليل الكيميائية للمياه.
- وإذا كان الفرق يتجاوز الحدود المسموحة، فإن النتائج لتلك التحاليل غير مقبولة ويجب إعادة تقييمها وإجراؤها مرة ثانية.

أنواع الشوارد الأكثر وجوداً في المياه

- أما الحدود المسموحة لأجل المحاليل الكيميائية فيمكن أن نعبر عنها بالعلاقة التالية:

$$\left|\sum Cations - \sum Anions\right| \leq \left(0.1065 + 0.0155 * \sum Anions\right)$$

أنواع الشوارد الأقل وجوداً في المياه

- تنشأ أيضاً من احتكاك الرسوبيات، والصخور المعدنية المتنوعة.
- نضيف إلى ذلك أن بعض تلك المركبات مثل الأمونيوم، والكربونات والكبريتيد تنشأ من النشاط الحيوي للبكتريا والأشنيات.

أنواع الشوارد الأقل وجوداً في المياه

أنيونات	كاتيونات
بيكبريتات HSO_4^-	الألمنيوم Al^{+3}
بيكبريتيت HSO_3^-	الأمونيوم NH_4^+
كربونات CO_3^{-2}	الزرنيخ As^{+2}
فلورايد F^-	الباريوم Ba^{+2}
هيدروكسيد OH^-	النحاس Cu^{+2}
مونو-فوسفات $H_2PO_4^-$	الحديدي Fe^{+2}
بي-فوسفات HPO_4^{-2}	الحديد Fe^{+3}
تري-فوسفات PO_4^{-3}	المنغنيز Mn^{+2}
كبريتيد S^{-2}	
كبريتيت SO_3^{-2}	

مسألة

أجريت تحاليل على عينة مياه من قبل مخبر تحاليل تجاري، وكانت النتائج كما يلي:

Cations	التركيز (mg/l)	Anions	التركيز (mg/l)
Ca^{+2}	93.8	HCO_3^-	167.4
Mg^{+2}	28	SO_4^{-2}	134
Na^+	13.7	Cl^-	92.5
K^+	30.2		

- حدد درجة سماحية القبول بهذه النتائج.

علماً أن الأوزان الذرية: Ca=40، وMg=24.3، وNa=23، وK=39.1، وH=1، وC=12، وO=16، وS=32، و Cl=35.5.

الحل

- نحسب مجموع تراكيز الشوارد السالبة (الأنيونات)، ومجموع تراكيز الشوارد الموجبة (الكاتيونات) بواحدة mEq/l حيث:

$$\text{التركيز بـ } mEq/l = \frac{\text{التركيز بـ } mg/l}{\text{الكتلة المكافئة } mg/mEq}$$

حيث أن:

$$\text{الكتلة المكافئة } g/Eq = \frac{\text{الكتلة الجزيئية } g}{\text{التكافؤ } Eq}$$

وحيث:

$$1\ g/Eq = 1\ mg/mEq$$

الحل

- نرتب النتائج في الجدولين التاليين:

Cations	التركيز (mg/l)	الكتلة الجزيئية (g)	الكتلة المكافئة (g/Eq)	التركيز
Ca^{+2}	93.8	40	20	4.69
Mg^{+2}	28	24.3	12.15	2.3
Na^{+}	13.7	23	23	0.6
K^{+}	30.2	39.1	39.1	0.77
$\sum Cations$				8.36

الحل

- نرتب النتائج في الجدولين التاليين:

Anions	التركيز (mg/l)	الكتلة الجزيئية (g)	الكتلة المكافئة (g/Eq)	التركيز
HCO_3^-	167.4	61	61	2.74
SO_4^{-2}	134	96	48	2.79
Cl^-	92.5	35.5	35.5	2.61
$\sum Anions$				8.14

الحل

- لتحديد سماحية القبول بهذه النتائج نقوم بتدقيق النتائج وفق المعادلة التي تعطي الحدود المسموحة.

$$\left|\sum Cations - \sum Anions\right| \leq \left(0.1065 + 0.0155 * \sum Anions\right)$$

$$|8.14 - 8.36| \leq (0.1065 + 0.0155 * 8.14)$$

$$0.22 \leq 0.23$$

- المتراجحة محققة، وبالتالي تحاليل عينة المياه مقبولة لأن الدقة كانت ضمن المتراجحة المسموح بها.

مسألة

أجريت تحاليل على عينة مياه من قبل مخبر تحاليل تجاري، وكانت النتائج كما يلي:

cation	Ca^{+2}	Na^{+1}	Mg^{+2}	K^{+}
meq/l	7	0.4	1.9	1
anions	$HCO3^{-}$	$SO4^{-2}$	Cl^{-}	
g/m^3	150	110	85	

- حدد درجة سماحية القبول بهذه النتائج.

علماً أن الأوزان الذرية: Ca=40، وMg=24.3، وNa=23، وK=39.1، وH=1، وC=12، وO=16، وS=32، و Cl=35.5.

الحل

❑ نحول التراكيز التي بـ g/m3 والى meq/l فيصبح الجدول بعد التحويل :

cation	Ca^{+2}	Na^{+1}	Mg^{+2}	K^{+}
meq/l	7	0.4	1.9	1
anions	$HCO3^{-}$	$SO4^{-2}$	Cl^{-}	
meq/l	2.6	2.29	2.39	

$$\left|\sum Cations - \sum Anions\right| \leq \left(0.1065 + 0.0155 * \sum Anions\right)$$

الحل

$$\sum Cations = 10.3 \qquad \sum anions = 7.28$$

- نطبق العلاقة السابقة يكون : $3.02 \geq 0.22$

- الفرق يتجاوز الحدود المسموحة ، فإن النتائج لتلك التحاليل غير مقبولة و يجب إعادة تقييمها و إجراؤها مرة ثانية

مسالة

أجريت تحاليل على عينة مياه من قبل مخبر تحاليل تجاري و كانت النتائج كما في الجدول :

cation	Ca^{+2}	Na^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}
meq/l	4.69	0.6	2.3	**0.77**
anions	$HCO3^{-}$	$SO4^{-2}$	Cl^{-}	
g/m^3	167.4	134	92.5	

١- حدد درجة سماحية القبول لهذه العينة

٢- حدد قيمة القساوة الكلية TH للعينة بـ eq/m^3

٣- حدد قيمة القساوة الكربونية CH بـ mg/l as caco3

٤- حدد قيمة القساوة البيكربونية TA بـ meq/l

٥- حدد قيمة القساوة اللاكربونية *NCH* بـ *mg/l as caco3*

٦- صنف المياه في العينة السابقة

الحل

الطلب الاول

نحول التراكيز التي بـ g/m^3 الى meq/l

فيصبح الجدول بعد التحويل :

cation	Ca^{+2}	Na^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}
meq/l	4.69	0.6	2.3	**0.77**
anions	$HCO3^{-}$	$SO4^{-2}$	Cl^{-}	
meq/l	2.74	2.79	2.61	

$$\left|\sum Cations - \sum Anions\right| \leq \left(0.1065 + 0.0155 * \sum Anions\right)$$

$$\sum Cations = 8.36 \qquad \sum anions = 8.14$$

نطبق العلاقة السابقة يكون : مقبولة $0.22 \geq 0.23$

الطلب الثاني

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] = 4.69 + 2.3 = 6.99\ Eq/m^3$$

الطلب الثالث

نحسب القساوة البيكربونية (TA) (HCO_3^-): $TA = [HCO_3^-]$

$$= 2.74\ Eq/m^3$$

بما أن: $TA = 2.74\ Eq/m^3 < TH = 6.99\ Eq/m^3$

إذاً: $CH = TA$

أي: $CH = 2.74\ Eq/m^3 = 2.74 * 50 = 137\ g/m^3\ as\ CaCO_3$

الطلب الرابع

نحسب القساوة البيكربونية (TA) (HCO_3^-):

$$TA = [HCO_3^-] = 2.74\ Eq/m^3$$

الطلب الخامس

$$NCH = TH - CH\ = 6.99 - 2.74 = 4.25\ Eq/m^3\ = 4.25 * 50$$
$$= 212.5\ g/m^3\ as\ CaCO_3$$

الطلب السادس

قاسية جدا

جَامعة
المَنارة
MANARA UNIVERSITY

شكراً لإصغائكم