



جامعة المنارة  
كلية الهندسة المدنية  
السنة الاولى

# مقرر الكيمياء للمهندسين

**Dr.-Ing.Nesreen Khallouf**

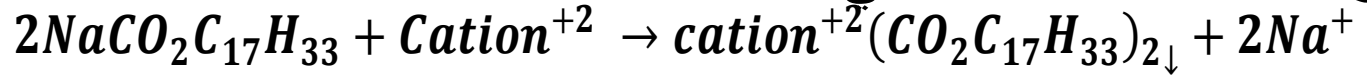
قساوة المياه

# أهم مشاكل الماء العسر

١. تشكل الترسبات (القشرة) على شكل  $CaCO_3$  و  $Mg(OH)_2$  في خطوط التوزيع والمراجل الخاصة.

٢. الماء العسر لا يصلح للتنظيف لأن الصابون يتفاعل مع الشوارد لموجبة مشكلاً

راسب حسب التفاعل التالي:



راسب إما  $Ca^{+2}$  أو  $Mg^{+2}$  صابون

وعندما تترسب جميع شوارد القساوة تصبح المياه يسرة وتحدث الرغوة للصابون.

# الأضرار الناتجة عن استعمال الماء العسر

## (١) في الغلايات والمواسير

يؤدي استعمال الماء العسر بنوعيه المؤقت والدائم في الغلايات إلى ترسيب أملاح الكالسيوم والمغنسيوم بالحرارة وزيادة تركيزها، ويؤدي وجود تلك الطبقات المترسبة إلى أضرار كثيرة منها:

(أ) تقليل التوصيل الحراري في مختلف الأوعية الحرارية.

(ب) صعوبة وعدم وصول الحرارة إلى السائل المسخن وبالتالي فقد زيادة استهلاك الوقود.

(ج) يؤدي وجود تلك الطبقات المترسبة إلى تكون طبقة عازلة مما يؤدي إلى عدم تبريد الأجزاء الملامسة للهب تبريداً نسبياً، وبالتالي إلى ارتفاع درجة حرارة تلك الأجزاء بشكل خطر قد يؤدي إلى انفجار الغلايات.

(د) قد يؤدي الترسيب المتزايد إلى انسداد مواسير الغلاية وانفجارها.

# الأضرار الناتجة عن استعمال الماء العسر

## (٢) في الغسيل

يسبب استعمال الماء العسر استهلاكاً كبيراً في الصابون المعدني غير الذائب والذي يرسب على الأسطح المراد غسلها.

## (٣) في صناعة الغزل والنسيج

تترسب أملاح الحديد والمنغنيز على الأنسجة ثم تتأكسد إلى أملاح الحديد التي تكون بقع سمراء على الأنسجة يصعب إزالتها.

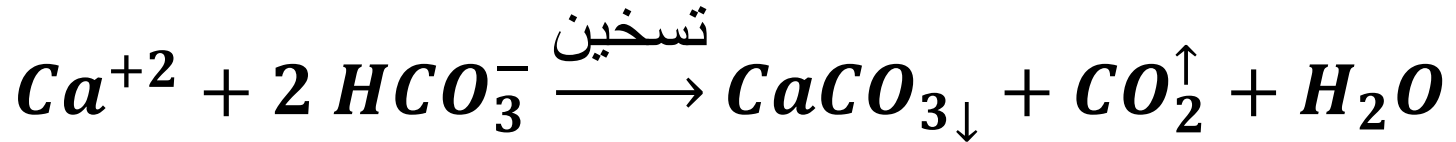
## (٤) تكون الصدأ وتآكل المعدن.

## القساوة الكلية (Total Hardness)

- تعرف بأنها تركيز مجمل شوارد الفلزات ثنائية التكافؤ والتي تدخل في تركيب أملاح هذه الفلزات.
- يرمز لها بالرمز (TH)

## القساوة الكربونية (Carbonate Hardness)

- هي القساوة الموافقة للكربونات ( $CO_3^{-2}$ ) والبيكربونات ( $HCO_3^-$ )
- وتدعى أيضاً بالقساوة المؤقتة لأنها تزول بالغليان كما يلي:



- يرمز لها بالرمز (CH) .

## القساوة اللاكربونية (Noncarbonate Hardness)

- وتدعى أيضاً بالقساوة الدائمة
- وهي اتحاد شوارد الكالسيوم والمغنسيوم مع شوارد سالبة غير قلووية مثل الكلوريدات ( $Cl^-$ ) والكبريتات ( $SO_4^{+2}$ ).
- $$NCH = TH - CH$$
- يرمز لها بالرمز (NCH).

## القساوة الكلسية

- وهي الموافقة للتركيز الإجمالي لأملاح الكالسيوم.
- يرمز لها بالرمز (CaH) .



## القساوة المغنيزية

□ وهي الموافقة للتركيز الإجمالي لأملاح المغنيزيوم.

$$MgH = TH - CaH$$

□ يرمز لها بالرمز (MgH) .

# تحديد القساوة الكربونية

□ إذا كانت القلوية الكلية لعينة المياه (القساوة البيكربونية) (قساوة  $HCO_3$  والتي يرمز لها بالرمز  $TA$ ) أصغر من القساوة  $TH$ ، أي:

$$TA < TH$$

بالتالي تكون:

$$CH = TA \quad (mg/l \text{ as } CaCO_3)$$

# تحديد القساوة الكربونية

□ إذا كانت القلوية الكلية لعينة المياه أكبر من القساوة الكلية، أي:

$$TA > TH$$

بالتالي تكون:

$$CH = TH \quad (mg/l \text{ as } CaCO_3)$$

## مسألة (١)

أجريت تحاليل لأجل المركبات المنحلة في عينتي المياه وأعطيت النتائج في الجدول التالي:

المركب	$Eq/m^3$	
	عينة (١)	عينة (٢)
$Ca^{+2}$	5	2
$Mg^{+2}$	1	4
$HCO_3^-$	3	7
$Cl^-$	2	4

احسب القساوة الكلية ( $TH$ ) والكربونية ( $CH$ ) واللاكاربونية ( $NCH$ ) لكل عينة.

تحديد القساوة الكلية (TH) : هي مجموع شوارد الفلزات ثنائية التكافؤ،  
أي:

العينة (١)

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] = 5 + 1 = 6 \text{ Eq}/m^3$$

ولدينا:

$$1 \text{ Eq}/m^3 = 50 \text{ g}/m^3 \text{ as } CaCO_3$$

$$TH = 6 * 50 = 300 \text{ g}$$

أي:

$$/m^3 \text{ as } CaCO_3$$

تحديد القساوة الكلية (TH) : هي مجموع شوارد الفلزات ثنائية التكافؤ،  
أي:

العينة (٢)

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] = 2 + 4 = 6 \text{ Eq}/m^3$$

$$TH = 6 * 50 = 300 \text{ g}/m^3 \text{ as } CaCO_3$$

## تحديد القساوة الكربونية (CH) :

### العينة (١)

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

$$TA = [HCO_3^-] = 3 \text{ Eq/m}^3$$

بما أن:

$$TA = 3 \text{ Eq/m}^3 < TH = 6 \text{ Eq/m}^3$$

إذاً:

$$CH = TA$$

أي:

$$CH = 3 \text{ Eq/m}^3 = 3 * 50 = 150 \text{ g/m}^3 \text{ as } CaCO_3$$

## تحديد القساوة الكربونية (CH) :

العينة (٢)

$$TA = [HCO_3^-]$$

نحسب القساوة البيكرونية (TA)  $(HCO_3^-)$  :  
 $= 7 \text{ Eq}/m^3$   
بما أن:

$$TA = 7 \text{ Eq}/m^3 > TH = 6 \text{ Eq}/m^3$$

إذاً:

$$CH = TH$$

$$CH = 6 \text{ Eq}/m^3 = 6 * 50 = 300 \text{ g}$$

أي:

$/m^3 \text{ as } CaCO_3$



## الحل

القساوة اللاكربونية لكل عينة (NCH) :

العينة (١)

$$NCH = TH - CH = 6 - 3 = 3 \text{ Eq/m}^3 = 3 * 50 \\ = 150 \text{ g/m}^3 \text{ as CaCO}_3$$

العينة (٢)

$$NCH = TH - CH = 6 - 6 = 0 \text{ Eq/m}^3 = 0 \text{ g/m}^3 \text{ as CaCO}_3$$

## مسألة (٢)

أجريت تحاليل لأجل المركبات المنحلة في عينة مياه وأعطيت النتائج في الجدول التالي:

المركب	mg/l as CaCo3
	العينة
$Ca^{+2}$	72.5
$Mg^{+2}$	67
$HCO_3^-$	140.5
$Cl^-$	34

احسب القساوة الكلية ( $TH$ ) والكربونية ( $CH$ ) واللابونية ( $NCH$ ) لكل عينة.

تحديد القساوة الكلية (TH) : هي مجموع شوارد الفلزات ثنائية التكافؤ،  
أي:

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] = 72.5 + 67 = 139.5mg/l \text{ as } CaCo_3$$

ولدينا:

$$1 m.Eq/l = 50 mg/l \text{ as } CaCO_3$$

$$TH = 139.5/50 = 2.79 meq/l$$

أي:

تحديد القساوة الكربونية (CH) :

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

$$TA = [HCO_3^-] = 140.5 \text{ mg/l as } CaCO_3$$

بما أن:

$$TA = 140.5 > TH = 139.5$$

إذاً:

$$CH = TH$$

أي:

$$CH = 139.5 \text{ mg/l as } CaCO_3 = 139.5 / 50 = 2.79 \text{ meq/l}$$

القساوة اللاكربونية لكل عينة (NCH) :

$$NCH = TH - CH = 139.5 - 139.5 = 0 \text{ mg/l as } CaCO_3 \\ = 0 \text{ meq/l}$$



جَامِعَة  
الْمَنَارَة  
MANARA UNIVERSITY

شُكْرًا لِأَصْفَائِكُمْ