جامعة المنارة
كلية الهندسة المدنية
السنة الاولى

# مقرر الكيمياء للمهندسين

Dr.-Ing.Nesreen Khallouf

## قساوة المياه

# طرق إزالة قساوة المياه

## عملية التبادل الايوني بإزالة القساوة :

- تسمى عملية الإزالة الكاملة لجميع الأيونات الموجودة في الماء إزالة المعادن.
- يتم إزالة المعادن من الماء بواسطة راتنجات التبادل الأيوني.
- راتنجات التبادل الأيوني عبارة عن بوليمرات عضوية متشابكة طويلة السلسلة ذات بنية صغيرة يسهل اختراقها.
- المجموعات الوظيفية المرتبطة بالسلسلة البوليمرية مسؤولة عن التبادل الأيوني.
- على أساس المجموعات الوظيفية ، يتم تصنيف الراتنجات إلى

**(أ) راتنج التبادل الكاتيوني:** الراتينج المحتوي على مجموعات حمضية مثل COOH

**(ب) راتنجات تبادل الأنيون :**التي تحتوي على مجموعات وظيفية أساسية مثل الأمين ، البديل تُعرف مجموعات الأمين أو الأمونيوم الرباعية بأملاح الهيدروكسيد الخاصة بها باسم تبادل الأنيون الراتنجات.

# طرق إزالة قساوة المياه

## عملية التبادل الايوني بإزالة القساوة :

- تتكون وحدة التبادل الأيوني من خزانين. توضع راتنجات التبادل الكاتيوني أولاً
- يتم وضع راتنجات تبادل الأنيون في الخزان الثاني. في البداية يتم تمرير الماء العسر من خلال راتنج التبادل الأيوني.
- يتم تبادل جميع أيونات $Ca^{2+}$ و $Mg^{2+}$ بواسطة أيونات $H^+$ من الراتنج.
- يتم بعد ذلك تمرير الماء عبر خزان مبادل الأنيون. الأنيونات مثل $SO_4$ ، $Cl^-$ إلخ موجودة في المياه المتبادلة من $OH^-$ أيونات الراتنج.
- المياه الخارجة من مبادل الأنيون تكون خالية تمامًا من الكاتيونات والأنيونات المسؤولة عن القساوة.

# طرق إزالة قساوة المياه

## عملية التبادل الايوني بإزالة القساوة :

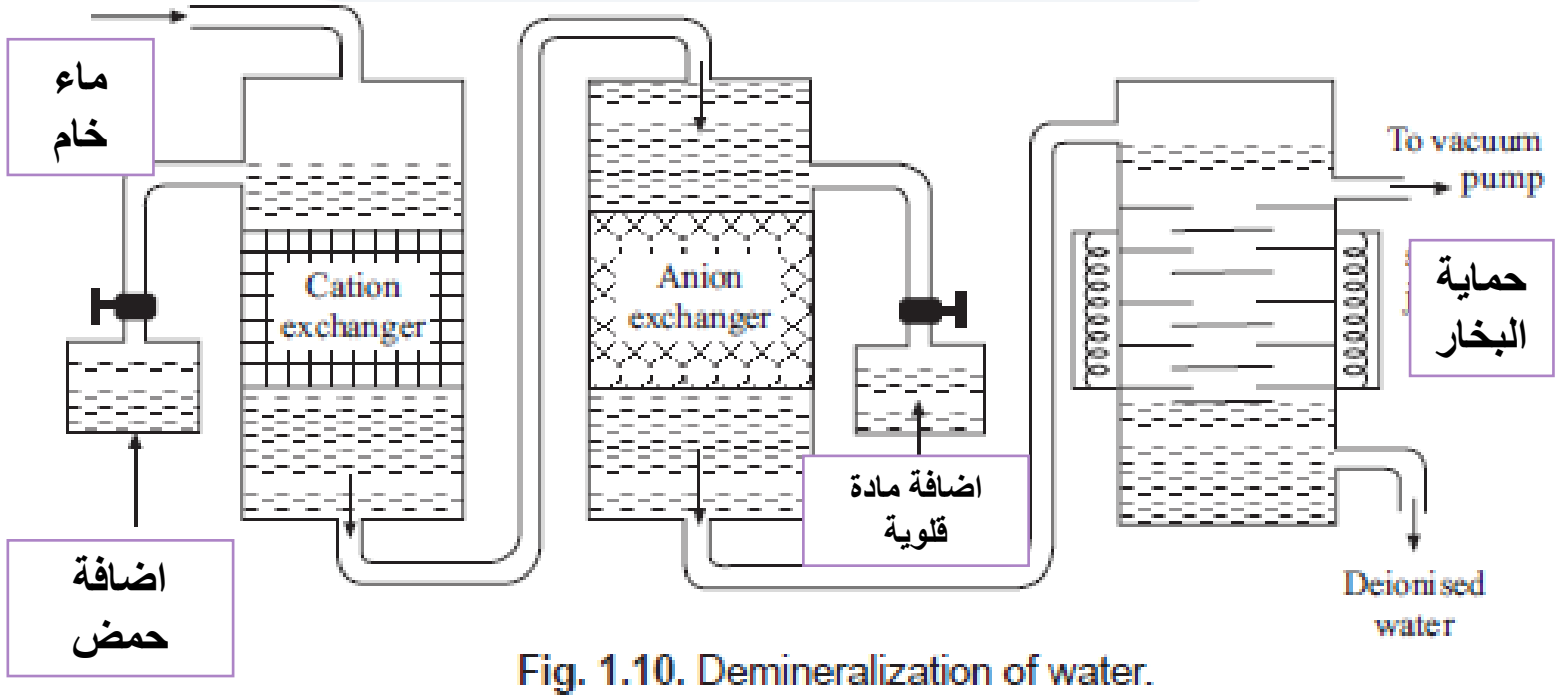


Fig. 1.10. Demineralization of water.

# 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:

$$2NaCO_2C_{17}H_{33} + Cation^{+2} \rightarrow cation^{+2}(CO_2C_{17}H_{33})_{2\downarrow} + 2Na^{+}$$

صابون $Mg^{+2}$ أو $Ca^{+2}$ إما راسب

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 والمغنزيوم 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 وزيادة 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 الحديدك التي تكون بقع سمراء على الأنسجة يصعب إزالتها.

## (٤) تكون الصدأ وتأكل المعدن.

# أشكال القساوة

## القساوة الكلية
## (Total Hardness)

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

# أشكال القساوة

## القساوة الكربونية
## (Carbonate Hardness)

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

$$Ca^{+2} + 2\,HCO_3^- \xrightarrow{\text{تسخين}} CaCO_{3\downarrow} + CO_2^{\uparrow} + H_2O$$

- يرمز لها بالرمز ( CH ) .

# أشكال القساوة

## القساوة اللاكربونية
## (Noncarbonate Hardness)

- وتدعى أيضاً بالقساوة الدائمة
- وهي اتحاد شوارد الكالسيوم والمغنزيوم مع شوارد سالبة غير قلوية مثل الكلوريدات $(Cl^{-})$ والكبريتات $(SO_4^{+2})$.

$$NCH = TH - CH$$

- يرمز لها بالرمز (NCH ).

# أشكال القساوة

## القساوة الكلسية

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

# أشكال القساوة

## 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:**

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

# تحديد القساوة الكربونية

- إذا كانت القلوية الكلية لعينة المياه أكبر منم القساوة الكلية، أي:

$$TA > TH$$

**بالتالي تكون:**

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

# 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 $(CH)$ واللاكربونية $(NCH)$ لكل عينة.

# الحل

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

**العينة (١)**

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

ولدينا:

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

أي:

$$TH = 6 * 50 = 300\ g$$

$$/m^3\ as\ CaCO_3$$

## الحل

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

العينة (٢)

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

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

# الحل

## تحديد القساوة الكربونية (CH) :

### العينة (١)

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

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

بما أن:

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

إذاً:

$$CH = TA$$

أي:

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

# الحل

## تحديد القساوة الكربونية (CH) :

### العينة (٢)

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

$= 7\ Eq/m^3$

بما أن:

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

إذاً:

$$CH = TH$$

أي: $CH = 6\ Eq/m^3 = 6 * 50 = 300\ g/m^3\ as\ CaCO_3$

# الحل

القساوة اللاكربونية لكل عينة (NCH) :

العينة (١)

$$NCH = TH - CH = 6 - 3 = 3\ Eq/m^3 = 3 * 50 = 150\ g/m^3\ as\ CaCO_3$$

العينة (٢)

$$NCH = TH - CH = 6 - 6 = 0\ Eq/m^3 = 0\ g/m^3\ as\ CaCO_3$$

# 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.

# الحل

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

$$TH = [Ca^{+2}] + [Mg^{+2}] = 72.5 + 67 = 139.5 mg/l\ as\ CaCo3$$

ولدينا:

$$1\ m.Eq/l = 50\ mg/las\ CaCO_3$$

أي:

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

# الحل

## تحديد القساوة الكربونية (CH) :

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

$$TA = [HCO_3^-] = 140.5\ mg/lasCaco3$$

بما أن:

$$TA = 140.5 > TH = 139.5$$

إذاً:

$$CH = TH$$

أي:

$$CH = 139.5mg/lasCaco3 = 139.5/50 = 2.79\ meq/l$$

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

# الحل

القساوة اللاكربونية لكل عينة (NCH) :

$$NCH = TH - CH \ = 139.5 - 139.5 = 0\ mg/lasCaco3$$
=0 meq/l

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

# شكراً لإصغائكم