

# الباب الثاني عشر الماء للاستعمالات الصناعية

obeikandi.com

## الباب الثاني عشر

### الماء للاستعمالات الصناعية

#### معالجة المياه للاستعمالات الهندسية :

في بعض المجالات الهندسية والصناعية تستعمل المياه الطبيعية أو مياه البحار مباشرة بدون معاملتها وفي حالات أخرى يستوجب أن تكون المياه المستعملة ذات مواصفات عالية تفوق مواصفات مياه الشرب .

فالمياه المطلوبة للصناعات الالكترونية مثلاً يجب أن تكون نقية جداً وكذلك الحال بالمفاعلات النووية والمراجل ذات الضغط العالي التي تعمل بدرجات حرارة تفوق الدرجة الحرجة للماء .

والمياه المستعملة بالمبادلات الحرارية والمراجل تعامل بصورة خاصة لغرض إزالة المواد التي تسبب ترسبات وقشور على سطوح التسخين والتبريد ويتطلب كذلك إزالة المواد المسببة للتآكل .

واستعمال المياه غير المعاملة أو التي تعامل بصورة غير صحيحة قد يسبب كوارث صناعية منها انفجار المراجل وتلف وتآكل المعدات بسرعة وزيادة بكلفة التشغيل والإدامة .

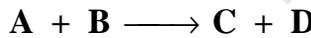
ومعاملة المياه للأغراض الصناعية يعتمد على مواصفات الماء المطلوب وكمياته وكذلك على نوعية الشوائب الموجودة بالماء الخام ويجدر بالذكر أن المنشآت الهندسية والصناعية قد تتطلب استعمال أكثر من نوع واحد من الماء .

وعند إزالة الشوائب الموجودة بالماء الخام بالطرق الترسيبية ، ترسب المواد المراد إزالتها بإضافة مواد كيميائية على الماء وتزال بعد ذلك الرواسب المتكونة . ولتفهم هذه العمليات بصورة دقيقة يجدر الرجوع إلى الأسس العملية لعمليات الترسيب .

### قانون فعل الكتلة ( Law of Mass Action ) :

ينص هذا القانون على أن سرعة التفاعل الكيميائي تتناسب مع حاصل ضرب الكتل الفعالة ( **Active Mass** ) للمواد المتفاعلة . حيث أن سرعة التفاعل الكيميائي تتأثر بزيادة أو نقصان درجة الحرارة وكذلك بوجود العوامل المساعدة وطبيعة المواد المتفاعلة .

كما أن الكتلة الفعالة ( **Active Mass** ) للمادة بالمحاليل المخففة هي التركيز الجزئي الجرامي أو عدد الأوزان الجرامية الموجودة باللتر الواحد من المحلول فالتفاعل :



نجد أن سرعة التفاعل تكون

$$V = k [A] [B]$$

حيث الأقواس المربعة تمثل التركيز الجزئي الجرامي باللتر الواحد أو الكتلة الفعالة و **k** ثابت التفاعل . وإذا كان التفاعل مرجع أي :  $A + B \rightleftharpoons C + D$  تكون سرعة التفاعل المرجع .

$$V = k [C] [D]$$

أو

$$V = k' [C] [D]$$

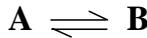
وعند حالة الإتزان الكيميائي تتساوى سرعة التفاعل الأمامي مع التفاعل المرجع أي  $V' = V''$  .

$$k'' [ C ] [ D ] = k [ A ] [ B ] \quad \text{أو}$$

$$\frac{[C][D]}{[A][B]} = \frac{k}{k''} = K \text{ eq.}$$

حيث (  $K_{eq}$  ) هو ثابت الإتزان ( **Equilibrium Constant** ) وهو ثابت لا يتأثر إلا بتبديل درجة الحرارة أو بتبديل الضغط في التفاعلات الغازية . وقانون فعل الكتلة ينطبق على التفاعلات المتجانسة **Homogeneous Reactions** أي كون المواد المتفاعلة والنااتجة في طور ( **Phase** ) واحد كأن تكون غازية أو سائلة .

ويعبر عن سرعة التفاعل بوحدات الكمية المتكونة أو المستهلكة بالجزيئات لوحدة الزمن . ويمكن إيجاد العلاقة بين تبديل تركيز المواد المتفاعلة أو الناتجة مع الاختلاف بالزمن كما بالمثل التالي :



$$- \frac{dC_A}{dt} \propto C_A \quad \text{تكون سرعة التفاعل الأمامي :}$$

حيث  $\frac{dC_A}{dt}$  يمثل سرعة استهلاك المادة (  $A$  ) و (  $C_A$  ) يمثل

التركيز الجزيئي للمادة (  $A$  ) و (  $t$  ) يمثل الزمن . وبالنسبة للتفاعل

$$\frac{dC_B}{dt} \propto C_B \quad \text{المرجع :}$$

$$- \frac{dC_A}{dt} = k C_A \quad \text{بالنسبة للتفاعل الأمامي :}$$

حيث  $k$  هو ثابت سرعة التفاعل

$$-\frac{dC_A}{C_A} = k dt$$

$$-\int_{C_{A1}}^{C_{A2}} \frac{dC_A}{C_A} = k \int_{t_1}^{t_2} dt$$

$$\ln \frac{C_{A1}}{C_{A2}} = k (t_2 - t_1)$$

حيث (  $C_{A1}$  ) يمثل التركيز في الزمن (  $t_1$  ) و (  $C_{A2}$  ) يمثل التركيز بالزمن (  $t_2$  ) وعندما يكون الزمن (  $t_1$  ) يساوي صفر يمكن أن تأخذ المعادلة أعلاه الأشكال المعروفة التالية :

$$\ln \frac{C_{Ao}}{C_A} = kt$$

$$C_A = C_{Ao} e^{-kt} \quad \text{أو}$$

$$\log C_A = -\frac{kt}{2.303} + \log C_{Ao} \quad \text{أو}$$

ومن المعادلة الأخيرة يمكننا أن نجد قيمة ثابت التفاعل برسم (  $\log C_A$  ) مع (  $t$  ) حيث تكون درجة انحدار الخط المستقيم الناتج تساوي  $\frac{(-k)}{2.303}$  .

### إتزانات الإذابة وحاصل الإذابة والذوبان :

عند تكوين راسب من أي تفاعل كيميائي يجري بمحلول يتكون لدينا طورين الأول هو المحلول والثاني هو المادة الصلبة المترسبة لذا لا يمكن تطبيق قانون فعل الكتلة مباشرة لأن الأخير ينطبق على التفاعلات الجارية بطور واحد فقط .

ويجدر بالذكر أن جميع المركبات التي يتم ترسيبها والتي نعتبرها عديمة الذوبان بالماء هي في الحقيقة تذوب في الماء ولو بدرجة قليلة جداً وتقاس قابلية ذوبانها بعدد الجزيئات التي تذوب منها في وحدة الحجم من المذيب وفي هذه الحالة يكون المحلول مشبعاً أي في حالة إتزان بين المادة الصلبة غير الذائبة والكمية المذابة منها .

والمركبات الكيميائية مثل الأملاح والهيدروكسيدات بحالتها الصلبة متكونة من شبكة أيونية ( Ionic Lattice ) وتذوب مثل هذه البلورات بالمذيب عندما تكون قوة التجاذب بين جزيئات المادة الصلبة والمذيب أكبر من قوى الترابط بين جزيئات أو أيونات المادة الصلبة بالشبيكة داخل البلورة .

فعند خلط كمية من كربونات الكالسيوم (  $\text{CaCO}_3$  ) بكمية قليلة من الماء تسحب أيونات الكالسيوم والكربونات من التراكيب البلورية وتتداخل بين جزيئات الماء وتذوب .

وبعد ذوبان كمية كافية من هذه الأيونات يتشبع المحلول ويكون بحالة إتزان كيميائي أي أن سرعة رجوع أيونات الكالسيوم والكربونات من المحلول إلى الشبيكة داخل البلورة مساوياً لسرعة ذوبانها بالماء .



( S ) يمثل الحالة الصلبة في المعادلة . ولأجل تطبيق قانون فعل الكتلة على هذه الحالة لابد أن نفرض أن كربونات الكالسيوم موجودة في المحلول بكمية ثابتة .

وهذه الكمية تعتمد على درجة الحرارة فقط وهي بحالة إتزان مع أيونات الكالسيوم والكاربونات بالمحلول . وعند تطبيق قانون فعل الكتلة على محلول كاربونات الكالسيوم بحالة الاتزان الكيميائي .

$$\frac{(Ca^{++})(CO_3^{--})}{(CaCO_3)} = K$$

حيث ( K ) هو ثابت الاتزان الكيميائي وبما أن المحلول مشبع بكاربونات الكالسيوم الصلبة وأن كميتها بالمحلول ثابتة وعندئذ :

$$(Ca^{++}) \times (CO^{--}) = K_{s.p.}$$

وهذا يعني أن حاصل ضرب الكتل الفعالة لأيونات المواد القليلة الذوبان هو ثابت ويعتمد على درجة الحرارة ويسمى (  $K_{sp}$  ) بثابت حاصل الإذابة ( Solubility Product Constant ) . كما بالجدول التالي :

| ثابت حاصل الإذابة في 25 م° | المركب              | ثابت حاصل الإذابة في 25 م° | المركب              |
|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| $1 \times 10^{-28}$        | PbS                 | $1.5 \times 10^{-10}$      | AgCl                |
| $2 \times 10^{-14}$        | PbCO <sub>4</sub>   | $4 \times 10^{-13}$        | AgBr                |
| $2 \times 10^{-8}$         | PbSO <sub>4</sub>   | $1 \times 10^{-16}$        | AgI                 |
| $6 \times 10^{-20}$        | Fe(OH) <sub>2</sub> | $4 \times 10^{-11}$        | CaF                 |
| $1 \times 10^{-38}$        | Fe(OH) <sub>3</sub> | $4.8 \times 10^{-9}$       | CaCO <sub>3</sub>   |
| $1 \times 10^{-40}$        | CuS                 | $1 \times 10^{-5}$         | MgCO <sub>3</sub>   |
| $6 \times 10^{-20}$        | Cu(OH) <sub>2</sub> | $9 \times 10^{-12}$        | Mg(OH) <sub>2</sub> |
| $1 \times 10^{-23}$        | ZnS                 | $8.1 \times 10^{-9}$       | BaCO <sub>3</sub>   |
| $1 \times 10^{-33}$        | Al(OH) <sub>2</sub> | $1 \times 10^{-10}$        | BaSO <sub>4</sub>   |
| $1 \times 10^{-6}$         | Ca(OH) <sub>2</sub> | $1 \times 10^{-10}$        | BaCrO <sub>4</sub>  |
|                            |                     | $1.7 \times 10^{-5}$       | PbCl <sub>2</sub>   |
|                            |                     | $8 \times 10^{-9}$         | PbI <sub>2</sub>    |

وفي أي محلول إذا كان حاصل ضرب الكتل الفعالة لأيونات أي مركب قليل الذوبان بالماء أكثر من قيمة ثابت حاصل الإذابة لذلك المركب يتكون راسب لذلك المركب بالمحلول .

وانخفاض أو زيادة التركيز لأحد الأيونات يسبب زيادة أو انخفاض بتركيز الأيون الثاني بحيث يكون حاصل ضربيهما مائزناً مع ثابت حاصل الإذابة وهذا بدوره يسبب ذوبان كمية أكبر أو أقل من الأملاح التي هي مصدر للأيون الثاني .

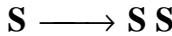
ويستفاد من هذه الظاهرة بتخفيض درجة ذوبان الأيونات غير المرغوب فيها حتى بعد ترسيبها وذلك بإضافة كميات فائضة من المواد المرسبة لها وتعرف هذه الظاهرة بالتأثير الأيوني المشترك ( Common Ion Effect ) .

### ثابت حاصل الإذابة بدالة معدل الإذابة :

يمكن إيجاد درجة ذوبان أي ملح قليل الذوبان في الماء وذلك بمعرفة عدد الجزيئات المذابة فيه في لتر واحد من المحلول باستعمال أي طريقة تحليلية وعندئذ يمكن احتساب ثابت حاصل الإذابة .

### مثال :

المركب ( AB ) درجة ذوبانه بالماء ( S ) جزيئة باللتر الواحد . عدد



أي أن S ( جزيئة ) من AB تعطي S ( جزيئة ) من أيون A و S

( جزيئة ) من أيون B باللتر الواحد أو ( A ) = ( B ) = S

وحاصل الإذابة للمركب AB يكون  $S^2 = [A][B] = S \times S$  و  $K_{SP}$  فلو كانت درجة ذوبان كربونات الكالسيوم مثلاً 18 ملجم باللتر الواحد درجة حرارة 15 م° يكون التركيز الجزيئي :

$$1.8 \times 10^{-4} = \frac{1 \times 18 \times 10^{-3}}{100} \quad \text{جزيء باللتر}$$

$$3.2 \times 10^{-8} = (1.8 \times 10^{-4}) \times (1.8 \times 10^{-4}) = K_{SP}$$

وبالنسبة لمُحْ أَر مِثْل ABC ودرجة ذوبان S ويعطي كميات متساوية للأيونات الثلاث .

$$[C][B][A] = S^3 = K_{SP}$$

ولمُحْ مِثْل  $AB_2$  أو  $ABB$  وذبوبان S جزئ باللتر الواحد يكون .

$$[B][B][A] = K_{SP}$$

وبمُحْول هَذَا المَرْكَب يكون :  $[A] = 2[B]$

$$S^3 = 4[B]^3 = 4(2S)^3 = 32S^3 = K_{SP} \quad \text{ثم } 2S = [B], S = [A]$$

ولمُحْ مِثْل  $A_2B_3$  وذبوبان S جزئ باللتر الواحد .

$$S^5 = 108[B]^2[A]^3 = 108(2S)^2(S)^3 = 4320S^5 = K_{SP}$$

ولوضع قاعدة لإيجاد قيمة حاصل الإذابة من الذوبان يؤخذ المثال :

مركب  $A_nB_mC_y$  بدرجة ذوبان S جزئ باللتر الواحد :

$$A_nB_mC_y = nA + mB + yC$$

$$y + m + n = \frac{K_{SP}}{S^{y+m+n}} = X^y Y^m Z^n = K_{SP}$$

وبما أن حاصل الإذابة يتأثر بدرجة الذوبان لذا فإن جميع العوامل التي تؤثر على درجة الذوبان مثل الحرارة وطبيعة وكمية الأيونات الغريبة

الموجودة بالمحلول ودرجة اماهة الأيونات ( Degree of Hydration ) تؤثر على القيمة الرقمية لثابت حاصل الإذابة .

ويستخدم ثابت حاصل الإذابة لمعرفة نسبة التركيز اللازمة لتكوين الرواسب ويستعمل كذلك لمعرفة نسق ونسبة الترسيب لمادتين قليلتي الذوبان بالماء عند إضافة محلول مرسب لهما وكذلك لمعرفة إمكانية إزالة القشور من على السطوح بواسطة المحاليل الكيميائية .

مثال :

ماء طبيعي يحتوي على ( 40 ) جزء بالمليون من أيون الكالسيوم عومل بواسطة كاربونات الصوديوم ، إذا كان تركيب أيون الكاربونات المطلوب عند الإتران (  $10^{-4}$  ) جزء باللتر الواحد :

1- ما هي عسرة الماء الناتج .

2- ما هي كمية كاربونات الصوديوم بالكيلوجرامات المطلوبة لمعاملة 1000 م<sup>3</sup> من الماء المذكور . إذا كان حاصل الإذابة لكاربونات الكالسيوم  $7.0 \times 10^{-9}$  ووزنها الجزيئي 100 .

الحل :

1- لكاربونات الكالسيوم

$$7.0 \times 10^{-9} = K_{sp} = ( Ca^{++} ) ( CO_3^{--} )$$

$$10^{-4} = CO_3^{-} \text{ بما أن}$$

$$\text{يكون } Ca^{++} = \frac{7.0 \times 10^{-9}}{10^{-4}} = 7.0 \times 10^{-5} \text{ جزئاً باللتر الواحد ويساوي}$$

تركيز كاربونات الكالسيوم بالماء .

$$10^{-5} \times 7.0 \times 100 = 0.007 \text{ جم باللتر الواحد} = 7 \text{ ملجم / لتر}$$

أو 7 جزء بالمليون ويساوي عسرة الماء .

2- تركيز أيون الكالسيوم في الماء الخام هو

$$40 \text{ جزء بالمليون} = 40 \text{ ملجم باللتر الواحد} = \frac{40}{10^3 \times 40} \text{ جزئ}$$

جرامي باللتر =  $10^{-3}$  جزئ جرامي باللتر .

وكذلك  $10^{-3}$  جزئ أيون كالسيوم باللتر =  $10^{-3}$  جزئ من كربونات

الكالسيوم باللتر = 100 جزئ بالمليون عسرة محسوبة على شكل

كربونات الكالسيوم .

أن العسرة النهائية للماء احتسبت لـ 7 جزء بالمليون أي أن

كربونات الصوديوم المطلوبة هي للتفاعل مع 93 جزء بالمليون كعسرة

مضافاً إليها كمية الكربونات المتبقية بالمحلول أي :

$$10^{-5} \times 93 \text{ جزئ باللتر ( أو } 9.3 \times 10^{-4} \text{ )} + 10^{-4} \text{ جزئ باللتر} = 10.3 \times 10^{-4} \text{ جزئ باللتر .}$$

وبما أن الوزن الجزيئي لكربونات الصوديوم هو 106

$$10.3 \times 10^{-4} \times 106 = \frac{1}{10^6} \times 109 \text{ جزء بالمليون أي } 109 \text{ ملجم / لتر أو}$$

109 جم/م<sup>3</sup> ولتعامل 1000 م<sup>3</sup> يكون 109 كجم من كربونات الصودا تقريباً.

مثال :

ما هي درجة حموضة الماء المشبع بهيدروكسيد المغنيسيوم

Mg (OH)<sub>2</sub> بدرجة حرارة 25 م° إذا كانت ثابت حاصل الإذابة لذلك

$$\text{المركب} = 8.9 \times 10^{-12}$$

الحل :

$$(\text{Mg}^{++}) (\text{OH}^-)^2 = 8.9 \times 10^{-12}$$

S = درجة ذوبان الملح بالماء بدرجة 25 م°

$$1.3 \times 10^{-4} = S$$

$$2.6 \times 10^{-4} = S^2 = (\text{OH}^-)$$
 وتركيز

$$K_w = (\text{H}^+) (\text{OH}^-) = 10^{-14}$$
 وبما أن

$$3.9 \times 10^{-11} = \frac{10^{-14}}{2.6 \times 10^{-4}} = (\text{H}^+) \quad \dots$$

$$\text{pH} = -\log (\text{H}^+) \quad \text{الرقم الهيدروجيني}$$

$$\dots \text{الرقم الهيدروجيني} = -\log (3.9 \times 10^{-11})$$

$$10.4 = (3.9) - 11 =$$

مثال :

يوديد الرصاص وكربونات الكالسيوم لهما نفس قيمة ثابت حاصل

الإذابة أي ( $1 \times 10^{-8}$ ) حسب نسبة درجة ذوبانها أحسب نسبة  $\text{Pb}^{++}$  إلى

$\text{Ca}^{++}$  بمحاليهما المشبعة .

الحل :

ثابت حاصل الإذابة لأيوديد الرصاص  $^3\text{S}_4 = \text{PbI}_2$

$$1.36 \times 10^{-3} = S$$

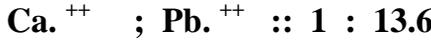
$$10 \times 10^{-9} = ^3\text{S}_4$$

ولكربونات الكالسيوم ثابت حاصل الإذابة  $^2\text{S}$

$$1 \times 10^{-4} = S$$

$$1 \times 10^{-8} = ^2\text{S}$$

أي أن نسبة ذوبان أيوديد الرصاص إلى كربونات الكالسيوم



مثال :

أضف كلوريد الباريوم لإزالة الكبريتات من ماء يحوي على  $10^{-3}$  جزء من أيون الكبريتات و  $10^{-4}$  جزئ من أيون الكربونات .

1- أي راسب سينكون أولاً  $\text{BaCO}_3$  أو  $\text{BaSO}_4$

2- احسب نسبة الكربونات إلى الكبريتات عند حالة الإتزان إذا كان ثابت حاصل الإذابة لكربونات الباريوم بدرجة 25 م°  $1.8 \times 10^{-9}$  ولكبريتات الباريوم  $1.1 \times 10^{-10}$

الحل :

$$( \text{Ba}^{++} ) ( \text{CO}_3^{-} ) = 8.1 \times 10^{-9} \quad -1$$

$$( \text{Ba}^{++} ) ( 10^{-4} )$$

$( \text{Ba}^{++} ) = 8.1 \times 10^{-5}$  جزئ باللتر الواحد وهو تركيز الباريوم اللازم لوصول قيمة ثابت حاصل الإذابة وهو التركيز الذي يجب تجاوزه للبدء بعملية ترسيب كربونات الباريوم .

$$( \text{Ba.}^{++} ) ( \text{SO}_4^{-} ) = 1.1 \times 10^{-10} \quad \text{وكذلك}$$

$$( \text{Ba.}^{++} ) ( 10^{-3} ) = 1.1 \times 10^{-10}$$

$( \text{Ba.}^{++} ) = 1.1 \times 10^{-7}$  جزئ باللتر الواحد وهو تركيز الباريوم لوصول قيمة ثابت حاصل الإذابة وهو التركيز الذي يجب تجاوزه للبدء بعملية ترسيب كبريتات الباريوم .

مما تقدم يتضح أن التركيز اللازم لترسب كبريتات الباريوم هو  $1.1 \times 10^{-7}$  مقارنة بـ  $8.1 \times 10^{-5}$  لكربونات الباريوم لذلك تترسب كبريتات الباريوم أولاً .

2- نسبة تركيز الكربونات إلى الكبريتات عند حالة الإتزان .

$$\frac{74}{1} = \frac{8.1 \times 10^9}{1.1 \times 10^{-10}} = \frac{\text{CO}_3^{--}}{\text{SO}_4^{--}}$$

معاملة الماء المحتوي على بيكربونات ( أو العسرة المؤقتة ) :

العسرة المؤقتة والمتسببة من جراء وجود بيكربونات الكالسيوم أو المغنيسيوم بالماء تترسب عند تسخين الماء وكنتيجة لذلك تتكون رواسب على أنابيب المبادلات الحرارية والسطوح الساخنة :



مما يؤثر على كفاءة عملية انتقال الحرارة ، ويمكن تلافى ذلك بمعاملة المياه بالطرق الكيميائية .

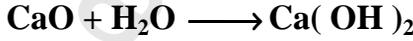
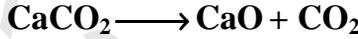
الترسيب بواسطة الجير المطفئ  $\text{Ca ( OH )}_2$  :

أحدى المواد الكيميائية الشائعة الاستعمال لإزالة بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم من الماء هي الجير المطفئ أو هيدروكسيد الكالسيوم . أن هذه المادة تصنع عادةً من حرق حجر الكلس  $\text{CaCO}_3$  بأفران عمودية أو دوارية - بدرجة حرارة تزيد على 900 م° .

حيث تتحلل كربونات الكالسيوم إلى أوكسيد الكالسيوم وثاني أوكسيد الكربون والأخير يمكن فصله من الغازات الأخرى بواسطة امتصاصه بمحلول كربونات الصوديوم أو البرتاسيوم .

أو بواسطة محاليل أول أو ثاني أمين الايثانول  
**Monoethanol Amine, Diethanol Amine** بأبراج امتصاص معدنية  
ويحرر الغاز بعدئذ من المحاليل المذكورة بالتسخين حيث يعاد استعمالها  
مرة أخرى .

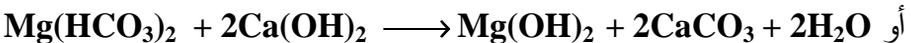
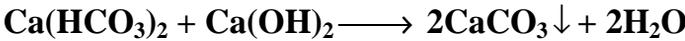
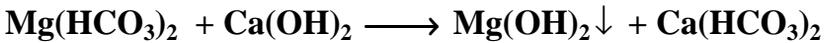
ويبرد أو أكسيد الكالسيوم الخارج من الفرن بالهواء الذي يستعمل في  
إحراق الوقود بعدئذ وبذلك يمكن استرجاع كمية كبيرة من الطاقة . ويعامل  
أكسيد الكالسيوم البارد مع البخار لكي يعطي مسحوق هيدروكسيد الكالسيوم  
أو مع الماء لكي يعطي مستحلب الجير ( Milk of Lime ) .



لترسيب جزئ واحد من بيكربونات الكالسيوم يستعمل جزء واحد من  
الجير المطفى .



ولترسيب جزء من بيكربونات المغنيسيوم لغرض التخلص من  
العسرة تستعمل جزئتين من هيدروكسيد الكالسيوم وذلك لتكوين هيدروكسيد  
المغنيسيوم وكمية مكافئة من بيكربونات الكالسيوم والتي يجب التخلص منها .  
وذلك بواسطة كمية مكافئة من ماء الجير لذا يجب استعمال ضعف  
الكمية من ماء الجير للتخلص من العسرة الناتجة عن وجود بيكربونات  
المغنيسيوم مقارنة مع بيكربونات الكالسيوم :



أن التصرف المختلف لبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم عند إضافة ماء الجير لإزالة العسرة يرجع إلى قيم ثابتة حاصل الإذابة لهيدروكسيد المغنيسيوم وكاربونات المغنيسيوم وهيدروكسيد وكاربونات الكالسيوم .

### استعمال مركبات الفوسفات :

يمكن استعمال عد من مركبات الفوسفات ، مثال : ثالث اورثوفوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) وسادس ميتافوسفات الصوديوم Sodium Hexameta Phosphate ( $\text{NaPO}_4$ )<sub>6</sub> وذلك بإضافة عدة أجزاء بالمليون على الماء لمنع تكوين الرواسب في المكثفات والمبادلات الحرارية والمرجل البخارية من جراء وجود عسرة البيكربونات .

أو عند وجود أيونات الكالسيوم أو المغنيسيوم . تكون الفوسفات مواد معقدة ذائبة مع تلك الأيونات أو مواد راسبة طرية أو غروية ولا تكون قشوراً صلبة على السطوح الساخنة .

ويمكن إزالة هذه المواد من مياه المراجل البخارية مع الرواسب والمواد العالقة والأملاح المتركرة والمتجمعة بعملية تصريف الماء من قاع المرجل أو الغلاية ( Blowing Down ) .

ويشار أحياناً إلى معاملة المشرف للماء (Threshold Treatment) حيث تضاف سادس الميتافوسفات بنسبة 2 جزء بالمليون عند وجود أيون الكالسيوم بنسبة تقل عن 200 جزء بالمليون بالماء المستعمل للمراجل البخارية .

وبالحرارة العالية داخل المراجل يجري تحويل سادس الميتافوسفات إلى الاورثوفوسفات ويطرسب الكالسيوم بشكل كاربونات

أو أورثوفوسفات حيث يجري التخلص منه بواسطة عملية التصريف من قاع المرجل .

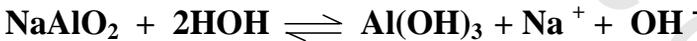
وبعض المواد العضوية مثل النشا والمواد الدايبغة مواد غروية أخرى تستعمل لتكوين طبقة ممدصة ( Adsorbed ) على السطح الخارجي لكاربونات الكالسيوم المترسبة بحيث تمنع نموها وتساعد كذلك على إبقائها بصورة عالقة بالماء وتمنع ترسبها . أن فعل الميٹافوسفات مع الكالسيوم هو مشابه لمثل هذه الفعل .

### معاملة المياه مع الومينات الصوديوم :

تحضر الومينات الصوديوم من تفاعل نفايات معدن الألمنيوم أو أول أكسيد الألمنيوم مع هيدروكسيد الصوديوم .



تتحلل الومينات الصوديوم بالماء لتعطي هيدروكسيد الألمنيوم وهيدروكسيد الصوديوم :

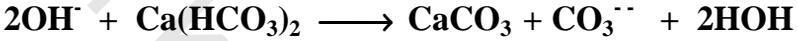


وعند إضافة هذا المركب إلى الماء المراد معاملته فإنه يزيل العسرة المؤقتة الناتجة عن وجود البيكربونات وكذلك يرسب أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الموجود على شكل أملاح أي ( العسرة الدائمة ) .

إذ يتفاعل ايون الهيدروكسيد مع بيكربونات الكالسيوم فيرسبها على شكل كاربونات ويحرر بنفس الوقت أيون الكاربونات الذي

بدوره يرسب أيونات الكالسيوم الموجودة على شكل أملاح غير البيكربونات .

يتفاعل أيون الهيدروكسيل كذلك مع أيون المغنيسيوم فيرسبه كهيدروكسيد المغنيسيوم ويمكن ترسيب ايونات الكالسيوم المتبقية بإضافة كربونات الصوديوم . بالإضافة على ما تقدم يكون هيدروكسيد الألمنيوم راسب جلاتيني يساعد على التخلص من المواد العالقة أثناء عملية الترسيب .



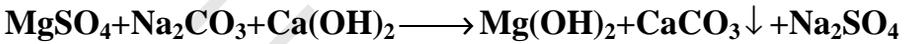
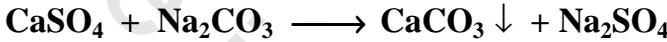
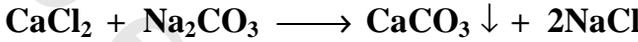
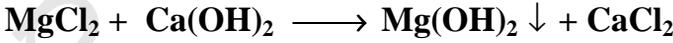
وتستعمل الومينات الصوديوم اعتيادياً كمادة مخثرة وذلك بإضافة نسبة قليلة منها إلى الماء حيث تقوم بدور المساعد على التخلص من الرواسب والمواد العالقة ( **Coagulant** ) بالإضافة إلى ترسيب جزء من أيونات البيكربونات والكالسيوم والمغنيسيوم الموجودة بالماء .

### معاملة المياه الحاوية إلى العسرة الدائمة :

تسبب العسرة الدائمة أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة بالماء من غير الكربونات مثل الكبريتات والكلوريدات التي لا يمكن إزالتها بالتسخين . لإزالة أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم بطرق الترسيب .

حيث يستوجب تحويل جميع أيونات المغنيسيوم على هيدروكسيد المغنيسيوم وأيونات الكالسيوم على كربونات الكالسيوم حيث يتم إزالتها على شكل رواسب .

ويستعمل لهذه العملية الجير المطفأ و كاربونات الصوديوم وتدعي هذه الطريقة بطريقة الجير - الصودا ( Lime - Soda Process ) ويمكن أن تجري بالحالة الباردة أو الساخنة وتستعمل هذه الطريقة للتخلص من العسرة المؤقتة والدائمة .



وتستعمل الطريقة الباردة اعتيادياً لمعاملة مياه التبريد ومياه الإسالة حيث تتم الإزالة الجزئية للعسرة ويتم التخلص من البيكربونات باستعمال الجير المطفأ والذي هو رخيص الثمن بالإضافة إلى إزالة أي كمية يرغب فيها من أيونات المغنيسيوم باستعمال كاربونات الصوديوم .

ولأجل إزالة أكبر كمية من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم يستوجب استعمال كمية فائضة من الهيدروكسيد والكاربونات لكي يقلل من ذوبان كاربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم .

ومن المعروف أن التفاعلات الأيونية سريعة بالمحاليل المركزة ولكنها بطيئة بالمحاليل الباردة والمخففة جداً كما هو الحال بهذه الطريقة . لذا يتوقع أن تكون عملية الترسيب بطيئة جداً وقد يمضي بعض الوقت قبل ظهور أية رواسب .

ظهور الرواسب بالمحاليل المخففة والباردة يعتمد على تكوين نويات لبلورات المواد الغير ذائبة أولاً ثم يعقبها نمو تلك النويات لتكوين بلورات قابلة للترسيب وفي ظروف الترسيب المذكورة يتوقع تكوين بلورات صغيرة

بحجوم دقائق المواد الغروية لها سطوح كبيرة تمدص عليها بعض الأيونات مما يعطيها شحنة سالبة أو موجبة ويساعد ذلك على صعوبة تركيبها وترسيبها .

بالإضافة إلى أن مثل هذه الدقائق لها ذوبان أكثر من ما إذا كانت بلوراتها اكبر حجماً لذلك تكون هذه المحاليل فوق درجة الإشباع بالنسبة لتلك المواد مما سيؤدي حتماً على ترسيب الكميات الفائضة بعدئذ في الخزانات والأنابيب .

ومن الطرق الناجحة لتقليل ظاهرة فوق الإشباع في مثل هذه الحالات هو وضع الماء الحاوي على المواد المتفاعلة ونواتج التفاعل بتماس مع الرواسب الناتجة من العمليات السابقة فمثل هذا التماس يكون بمثابة تعرض المحلول فوق المشبع على سطوح نويات التبلور .

وهذا يساعد على التفاعل وعلى تكوين بلورات كبيرة الحجم التي تترسب بسهولة ، ويوضع حد لحالة فوق الإشباع والترسبات الناتجة عنها بالأنابيب والخزانات . من الأجهزة المستعملة في مثل هذه العمليات تسمى بالمعجل ( Accelerator ) .

ويتكون المعجل من خزان مفتوح يوجد في وسطه مخروط قصير مقلوب ومفتوح من الأعلى تحت مستوى السائل ويمتد من الأسفل إلى جوانب الخزان دون أن يلامس القعر تاركاً فتحة للرواسب والأطيان أن تدخل منها إلى المخروط .

يمزج الماء الخام مع المواد الكيميائية بأسفل المخروط المقلوب داخل الخزان بواسطة مازجات تدار بمحرك ذو دوران بطيء .

(1) وتتم عملية الخلط أثناء صعود الخليط على الجزء العلوي من المخروط المقلوب .

(2) وبعد ذلك يتجه الخليط على أسفل الخزان مرة أخرى خارج المخروط .

(3) من خلال الحاجز الذي يحيط بالجزء العلوي من المخروط المقلوب وبذلك يعطي الوقت الكافي للحصول على خليط متجانس مع إتاحة وقت أكثر لخلط المواد المتفاعلة . يتجه الماء بعد ذلك على الجزء الخارجي من الخزان خلف الحاجز المذكور أعلاه .

(4) ولكن ببطء مما يساعد على اتجاه الرواسب والأطيان والمواد العالقة والصلبة والبلورات إلى الأسفل حيث يختلط جزء منها مع الماء الخام والمواد الكيميائية المضافة على المعجل .

(5) ويتجه الجزء الآخر على الجهة المخصصة لسحب هذه الرواسب إلى خارج الخزان .

(6) ويتحرك الماء إلى أعلى الخزان حاملاً معه بعض البلورات الصغيرة وتكون سرعة تحرك هذه البلورات إلى الأعلى مع الماء مساوية لسرعة ترسبها وبذلك تبقى بشكل معلق وعند تجمع عدد منها بنفس المنطقة تكون حاجزاً ثابتاً من البلورات المعلقة يعمل هذا الحاجز .

(7) كمرشح لأي بلورة صغيرة تحاول الصعود مع الماء ويعمل كذلك على حث البلورات الصغيرة على النمو لتكوين بلورات أكبر أو مجاميع من البلورات التي تترسب بعدئذ إلى الأسفل .

يمكن التحكم بسمك هذه الطبقة وعلوها بواسطة السيطرة على كميات المياه الداخلة والخارجة من الخزان ويخرج الماء الرائق من أعلى الخزان .

أن تصميم مثل هذه الأجهزة يعتمد على معرفة سرعة ترسب الأجسام أو البلورات بالسوائل . وسرعة ترسب أي جسم في سائل يمكن حسابها بواسطة قانون ستوك ( Slock.S' Law ) .

$$V = \frac{2r^2 (d_p - d_m) g f}{-9\eta}$$

حيث  $V =$  سرعة ترسب الجسم ،  $r =$  نصف قطر الجسم ،  $d_p =$  كثافة الجسم الصلب ،  $d_m =$  كثافة السائل ،  $g =$  عجله الجاذبية الأرضية ،  $f =$  ثابت يعتمد على شكل الجسم ،  $\eta =$  لزوجة السائل .

ونجد أن أي جسم صلب في سائل إذا كانت سرعة ترسبه اكبر من سرعة جريان السائل الى الاعلي فإنه يتجه الي الأسفل وإذا كانت سرعة ترسبه تساوي سرعة جريان السائل يبقي الجسم ثابتاً كما هو الحال في حاجز البلورات والجسيمات الصغيرة التي يعمل كمرشح ومساعد علي الترسيب بالجهاز المذكور أعلاه .

### المشاكل المتأتية من المواد الشائبة بالماء :

#### 1- القشور بالمرجل :

" قشور المرجل" وهو اسم يطلق علي المواد الصلبة والتماسكة المترسبة علي جدران المراجل الساخنة فترسبات كاربونات الكالسيوم بالماء وتحدث عند دخول الماء في المرجل حيث تكون طبقة مسامية رخوة علي السطح أو مواد عالقة ويمكن إزالتها بواسطة عملية تصريف الماء من قاع المرجل (Blow Down) .

أما ثاني اوكسيد الكربون الناتج من التفاعل فإنه ينتقل إلى أنابيب البخار حيث يسبب تآكل في المكثفات والأجهزة الأخرى .

تسبب قشور كاربونات الكالسيوم اعتيادياً مشاكل بالأجهزة المستعملة بالبيوت والمنشآت التي لا يجري فيها تعامل الماء لإزالة العسرة المؤقتة .

ومن أهم تلك المشاكل هو انخفاض في كفاءة انتقال الحرارة إذ إن طبقة بسماك 1.5 مم تسبب انخفاضاً بانتقال الحرارة 12-15% تقريباً وتسبب انسدادات كلية أو جزئية بالأنايب وتلف بالأجهزة .

والأملاح الموجودة اعتيادياً بالماء داخل المراجل مثل هيدروكسيد المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم يقل ذوبانها بارتفاع درجات الحرارة بعكس القاعدة المعروفة بأن درجة الذوبان تزداد بازدياد درجات الحرارة .

فمثلاً ذوبان كبريتات الكالسيوم بشكل الهيمهدرات  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$  بدرجة حرارة 100°م هو 1650 جزء بالمليون بدرجة حرارة 200 م° ( أي درجة حرارة مرجل بخاري يعمل في 17 ضغط جوي أو 17.17 بار ) .

وفي درجات الحرارة العالية ينخفض ذوبان كبريتات الكالسيوم  $\text{CaSO}_4$  إلى عدة أجزاء بالمليون فقط . إن المواد التي تتخفض درجة ذوبانها بأزدياد درجة الحرارة تترسب دائماً على الأجزاء الأكثر سخانة في المرجل أي على سطح التسخين المباشر .

## 2- تكوين قشرة كبريتات الكالسيوم :

وعند تكوين فقاعة البخار على السطح الساخن للمرجل تترسب الأملاح الذائبة بالماء على شكل حلقة وإذا كان ماء المرجل مشبع بتلك الأملاح فأنها سوف لا تذوب مرة أخرى .

وهذه الأملاح المترسبة تكون درجة حرارتها أكثر من المحلول نفسه ولذلك تكون درجة ذوبانها اقل من السابق . وعند استمرار عملية التبخير تترسب كميات أخرى تغطي السطح وتعمل هذه كنوات لتبلور الأملاح من طبقة المحلول الساخنة والمجاورة لسطح المعدن الساخن . فتكون طبقة عازلة وصلبة من جراء تراكم الحلقات الملحية والبلورات المترسبة .

وبأزيد كمية إنتاج البخار أو ازدياد ضغط المرجل يزداد احتمال تكوين مثل هذه القشرة الصلبة على السطوح المعرضة للماء لذلك يجب الحرص على استعمال نوعيات نقية من الماء لمرجل ضغط البخار العالي . ومن أهم أضرار تكوين الرواسب على سطح المرجل هو انخفاض انتقال الحرارة من المعدن الساخن إلى الماء وذلك لان المواد المترسبة لها معامل انتقال حرارة تعادل 3-6% فقط من معامل انتقال الحرارة في الفولاذ .

فمثلاً بالنسبة لمرجل ذي كفاءة حرارية 125 كيلو جول /سم<sup>2</sup>/ساعة (أو ما يقارب 300.000 كيلو سعرة بالمتر المربع بالساعة) تكون درجة الحرارة علي الجانب الساخن من المعدن 29 م° فقط أكثر من درجة حرارة المعدن علي جانب الماء إذا كانت سطوح المعدن نظيفة .

وعند وجود قشور علي سطح المعدن فأن فرق درجة الحرارة يزداد بشكل ملحوظ . بعد تكوين طبقات أكثر سمكاً مع مرور الزمن يتطلب رفع درجات الحرارة أكثر فأكثر للحصول علي نفس كمية البخار المنتجة .

وقد تصل درجة الحرارة إلى حد ليونة الفولاذ وبهذه الحالة تلتوي وتعوج الصفائح والأنابيب الفولاذية من الضغط المسلط عليها من البخار مسببة تناقص أو اقلال بسمك أجزاء من تلك الصفائح

والأنابيب مما قد يؤدي إلى انفجار المرجل نتيجة عدم تحمل تلك الأجزاء الضغط المسلط عليها .

لو أخذت درجة حرارة ليونة الفولاذ تقارب 480 م° فتكون هذه أعلى درجة مسموح بها داخل موقد المرجل وإذا كان المطلوب من المرجل تجهيز بخار بضغط 40 ضغط جوي أو 40.4 بار) تكون درجة حرارة البخار 254 م° .

أي أن فرق درجة الحرارة المسموح بها هي 226=254-480 م° . إذا كانت كفاءة المرجل الحرارية 300.000 كيلو سرعة م<sup>2</sup>/ساعة (أو 125 كيلو جول /سم<sup>2</sup>/ساعة) فإن طبقة من قشرة كبريتات الكالسيوم المترسبة على سطح الفولاذ بسماك 1.9 مم يمكن أن تسبب ارتفاع درجة حرارة سطوح التسخين فيما إذا كانت صفيحة أو أنبوب إلى أكثر من 480 م°.

مما تقدم نلاحظ أن طبقات وقشور ترسيبية اقل من المذكورة أعلاه يمكنها أن تحدث تلفاً أو انفجاراً بالمراجل إذا كانت ضغوط المراجل عالية فمثلاً سمك 1.6 مم يمكنها أن تحدث تلفاً بمرجل يعمل بضغط يقارب 70 ضغط جوي .

إما اوكسيد الحديد فيسبب التصاق وربط المواد الصلبة على الجدران مكوناً قشرة ثقيلة عازلة من اوكسيد الحديد والذي يمكن أن يسبب تلف المراجل .

وفي حالة جمع الماء المكثف وإعادة استعماله مرة أخرى يجدر الانتباه إلى تواجد كميات من زيوت المكائن وعند إدخال مثل هذه المواد مع الماء إلى المرجل فأنها تسبب تكوين طبقة رقيقة على سطوح المرجل الداخلية .

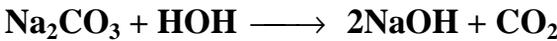
وهذه الطبقة الرقيقة تسبب مقاومة لانتقال الحرارة لان معامل انتقال الحرارة لهذا الزيت يقارب 5% من معامل الفولاذ بالإضافة إلى وجود الزيت بماء المرجل يسبب تكوين رغوة مما يؤدي إلى خروج كميات كبيرة من الماء كسائل مع البخار .

### منع تكون القشور (Scale Prevention) :

يمكن منع تكوين القشور في المراجل بمعاملة الماء لإزالة العسرة أو بواسطة إضافة مواد كيميائية قبل استعماله ومن تلك المواد كاربونات الصوديوم أو الفوسفات .

يفضل اعتيادياً استعمال الاورثوفوسفات لان الكاربونات تدخل بتفاعل كيميائي مع الماء تحت الظروف الموجودة بالمرجل لتكوين هيدروكسيد الصوديوم وثاني اوكسيد الكربون الذي يخرج مع البخار تاركاً محلولاً له قلوية عالية .

إن هذه القلوية العالية تسبب بدورها تآكلاً داخل التراكيب البلورية للمعدن تسمى بالتصلب القلوي (Caustic Embrittlement) وتسبب تصلب القشرة الخارجية للمعدن ويكون هذا التآكل أكثر شدة بالأجزاء المعدنية



الواقعة تحت جهد مثل المناطق المحيطة بالمسامير والمناطق المحيطة للحام وأجزاء الصفائح المطوية الواحدة على الأخرى .

ومن المعتقد أن هذا النوع من التآكل يحدث على أطراف البلورات المعدنية (Grain Boundaries) بسبب التفاعل مع نتريد الحديد . ودلت

التجارب على تكوين الفيررايت (Ferrite) عندما يصل تركيز الهيدروكسيد إلى 0.1 جزيء بالتر تقريباً .

ويمكن تجنب ظاهرة التصلب القلوي (Caustic Embrittlement)

باستعمال الفوسفات بدل كربونات الصوديوم حيث يمكن السيطرة على قلوية المحلول بإضافة نسب مغايرة من الفوسفات المختلفة للماء .

فنجد ثاني هيدروجين فوسفات الصوديوم ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ) حامضية التفاعل بينما أحادي هايدروجين ثاني فوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) قاعدية ضعيفة التفاعل وثالث فوسفات الصوديوم ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) أكثر قلوية .

والتحليل المائي لهذه الأملاح يعطي نسب مختلفة من ايونات  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  معتمداً على درجة حامضية المحلول فمثلاً عندما يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول ( $\text{pH} = 10$ ) تكون نسبة الايونات المذكورة 1.0: 98.8:0.2 على التوالي .

وتتحول هذه النسب إلى 9.1:90.1:0.0 عندما يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول ( $\text{pH} = 10$ ) هذا بالإضافة إلى كون فوسفات الكالسيوم  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  لها ثابت حاصل الإذابة ذو قيمة منخفضة  $10^{-25}$  بحيث عندما يكون محلول الفوسفات له رقم هيدروجيني ( $\text{pH} = 10.5$ ) فإنه يعطي كمية كافية من ايون الفوسفات  $\text{PO}_4^{3-}$  .

وذلك لترسب الكالسيوم على شكل فوسفات ويمنع تكوين أي راسب أو قشرة لمادة كبريتات الكالسيوم  $\text{CaSO}_4$  على السطوح الداخلية للمرجل . أما فوسفات الكالسيوم المترسبة فيمكن إزالتها تدريجياً بواسطة عملية تصريف الماء من قاع المرجل الروتينية .

وفوسفات الكالسيوم تبقى عالقة بالماء ولا تكون قشوراً صلبة إلا إذا بقيت بالمحلول لمدة طويلة من الزمن وبهذه الحالة تترسب على شكل فوسفات الكالسيوم القاعدية .

وعند وجود ايونات المغنيسيوم يجب أن يعدل الرقم الهيدروجيني للمحلول بحيث يتم ترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم وليس فوسفات المغنيسيوم وذلك لان الأخير قد تكون قشرة صلبة ويمكن إضافة مركبات تساعد على عدم ترسيب الجسيمات العالقة التي تكون قشرة زيادة بالاحتياط .

ويمكن إزالة أي زيت من السطوح الداخلية للمراجل أما بصورة ميكانيكية أو بإضافة مواد مثل هيدروكسيد الألمنيوم إلى الماء المتكثف قبل استعماله وتمدص بعض الدهون على الأظيان والرواسب الحاوية على نسب كبيرة من اوكسيد الحديد والسيليكا ونسب قليلة من اوكسيد المغنيسيوم ويتم التخلص من هذه المواد بواسطة عملية تصريف الماء من قاع المرجل الروتينية .

### إزالة القشور المترسبة على سطوح المرجل :

يمكن إزالة القشور المترسبة من الكربونات والفوسفات بواسطة الأحماض مع إضافة مواد مائعة للتآكل (**Corrosion Inhibitor**) لتقليل تفاعل الحامض مع الأجزاء المعدنية المعرضة للمحلول . تستعمل المحاليل الكيميائية التي تكون مواد عضوية معقدة ذائبة (**Complexing Agent**) لإزالة الترسبات والقشرة المترسبة من أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم .

ومن انجح الخلطات المستعملة لهذه العملية على سبيل المثال هو محلول مائي متكون من **EDTA** وملح الصوديوم لذلك الحامض بنسبة 14 جزء من الأول إلى 100 جزء من الأخير ويستعمل لهذه العملية محلول مائي

بتركيز 2% على الأقل على إن يبقى المحلول بتماس مع السطوح المراد تنظيفها مدة 12 إلى 14 ساعة .

وخلال هذه الفترة يستوجب أن تكون درجة الحرارة اقل من 205 م° والرقم الهيدروجيني للمحلول 7.5-8.0 . بهذه الظروف تتحول جميع القشور الفوسفاتية المترسبة إلى فوسفات حامضية ذائبة وتكون ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم الموجودة بالقشور مركبات عضوية معقدة وبذلك تتحل وتذوب القشور المترسبة .

وبالرغم من أن اوكسيد الحديد لا يكون مركبات ذائبة بدرجات الحموضة المذكورة إلا أن القشور الحاوية على الصدأ مع الترسبات الأخرى تخرج من أماكنها لذوبان بعض أجزائها ويتم التخلص منها أثناء عملية تصريف الماء مع المواد العالقة من قعر المرجل .

### **الرغوة وحمل قطرات الماء بالبخار (Foaming and Priming)**

تتكون الرغوة من فقاعات غازية محاطة بغشاء من السائل . في بعض الأعمال الهندسية تستحدث الرغوة لاداء عمل معين مثل فصل وتنقية المواد الأولية في عمليات التعدين ، ولتعويم تراب الفحم الحجري . وتستخدم الرغوة الصلبة في أنواع من المواد العازلة للحرارة مثل المواد البلاستيكية الرغوية والأسمنت الرغوي .

ومن الناحية الأخرى فان وجود أو تكوين رغوة ثابتة في المحاليل المقاومة للانجماد وزيوت التزليق (Antifreeze and Lubricating Oils) والأصباغ وصهاريج التهوية والمرجل البخارية يشكل مصدراً لمشاكل كثيرة لذا يجب دراسة العوامل المؤدية لتكوينها لغرض تلافئها .

وتتكون الرغوة عندما يكون هناك فرق بين تركيز المواد المذابة في المحلول الموجودة في الغشاء المحيط بالفقاعة والتركيز الموجود ببقية السائل . كما أن المواد المتسببة بزيادة لزوجة الغشاء السائل المحيط بالفقاعات تساعد على تكوين الرغوة الثابتة والمواد المسببة انخفاضاً بالتوتر السطحي تتجمع اعتيادياً على سطح السائل وبذلك تسهل تكوين الرغوة .

وعند صعود فقاعات البخار إلى سطح الماء المغلي بالمرجل البخاري تساعد المواد المتجمعة على سطح الماء مثل الطين وجسيمات بعض الترسبات الصغيرة والمواد العضوية الموجودة بالمياه الطبيعية وكميات الزيت القليلة الموجودة في المياه المكثفة والمستعملة على تكوين رغوة ثابتة بالمرجل .

وعند عدم تكسير رغوة البخار عند وصولها إلى سطح الماء المغلي فإنها ستدخل في مجاري البخار وعندئذ سيحمل غشاء السائل المحيط برغوة البخار الأملاح والمواد الصلبة والمواد العضوية .

وهذه كانت السبب في تكوين الرغوة لتكوين ترسبات على سطوح أنابيب البخار وجدران الاسطوانات وزعانف الطوربينات البخارية والسطوح الداخلية للمعدات الأخرى التي يدخلها البخار .

وبحالة تكسر رغوة البخار عند وصول الفقاعات إلى السطح فإنها تكون قطرات صغيرة من السائل تجرف مع البخار الصاعد معطية بخاراً رطباً (Wet steam) . وفي وقت زيادة استهلاك البخار تسبب الرغوة الثابتة زيادة في الحجم ما يؤدي إلى دفع كميات كبيرة من الماء إلى أنابيب البخار .

إن هذه العملية تسمى (Priming) أو حمل الماء مع البخار وهي عملية مرادفة لتكوين الرغوة الثابتة . ومن اجل القضاء أو الإقلال من هذه الظاهرة ينبغي التخلص من المواد المسببة لها عند تنقية ماء المراجل .

فتزال الأقطيان والمواد الصلبة العالقة وكذلك قطرات الزيت بواسطة معاملة الماء مع مواد مروقة مثل هيدروكسيد الألمونيوم وحامض السليسيك المائي والسيطرة على الأقطيان والأملاح المترakمة بمياه المرجل بتصريفها بصورة دورية .

ويمكن كذلك استعمال سلسلة من العوارض بموقع سحب البخار من المرجل لمنع دخول قطرات الماء أنابيب توزيع البخار ويمكن كذلك إضافة مواد خاصة تعمل على عدم تكوين الرغوة تسمى بكاسرة الرغوة (Foam Breaker) .

وهناك مسببات عديدة لتكوين الرغوة بالمراجل البخارية لذا يجدر استعمال النوع الملائم من المواد المانعة لتكوينها وان بعض هذه المواد قد تصلح للاستعمال بحالات دون أخرى . وتكوين الرغوة يعتمد على التوتر السطحي لذا فان أي مادة يمكنها أن تؤثر على التوتر السطحي بصورة ملائمة وليس لها تأثير جانبي آخر يمكن استعمالها لتكسير الرغوة بالمراجل .

فمثلاً تتكون رغوة ذات فقاعات صغيرة وثابتة عند وجود مواد لها فعالية سطحية ولكن عند إضافة كمية قليلة من البولي أميد ( Poly Amide ) المانع لتكوين الرغوة تتكون فقاعات كبيرة غير ثابتة بنفس الظروف التشغيلية للمرجل وذلك لان البولي أميد يعمل على تبديل التوتر السطحي مما يساعد على تكوين مثل هذه الفقاعات .

وعندما يكون سبب تكوين الرغوة الثابتة هو كون السائل في غشاء الفقاعات ذا لزوجة عالية يستوجب استعمال مواد تساعد على تقليل لزوجة السائل .

ويمكن في بعض الأحيان استعمال مواد لها خاصية لتكوين رغوة ثابتة لتكسير رغوة ثابتة أخرى متكونة نتيجة تواجد مادة ثانية . إن هذه الظاهرة تعتمد بصورة رئيسية على تعادل الشحنات المتواجدة على الجسيمات الغروية الموجودة بالرغوتين وبذلك تترسب المواد المسببة للرغوة .

### المواد المسببة للتآكل في المياه الطبيعية :

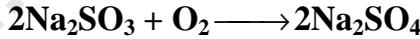
وجد أن المياه غير المعالجة قد تحتوي على مواد تسبب التآكل في المراجل ويعتبر الأوكسجين من المواد الرئيسية المسببة للتآكل في مياه المراجل . يذوب الأوكسجين بالماء اعتيادياً بنسبة 7سم<sup>3</sup> باللتر الواحد وكذلك ثاني اوكسيد الكربون الذي يكون موجوداً بكميات مختلفة مسبباً تآكلاً بأنابيب البخار .

ويجب أن يكون تركيز الأوكسجين في مياه المراجل اقل من 0.05 جزء بالمليون بالنسبة للمراجل التي تعمل بالضغط المنخفض وبنسبة 0.01 جزء بالمليون بالنسبة للمراجل التي تعمل بالضغط العالي .

ولإزالة الغازات الذائبة بالماء تستعمل وحدات طرد الهواء (De-aerators) وهذه تعمل اعتيادياً تحت ضغط متخلخل ويتلامس الماء النازل من الأعلى والحاوي على الغازات الذائبة مع تيار البخار المفتوح الذي يدخل من أسفل الوحدة حيث يساعد ارتفاع درجة الحرارة وتعرض الماء إلى البخار بصورة مباشرة إلى طرد معظم الغازات الذائبة فيه .

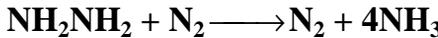
أما البخار والغازات فتخرج من اعلي الوحدة حيث يزال البخار بواسطة مكثفات وتطرد الغازات من المكثف حيث الضغط المنخفض لا يساعد علي ذوبانها . ويمكن إيقاف فعل التآكل للأوكسجين بمياه المراجل بواسطة استعمال مواد مختزلة .

فلمراجل التي تعمل بضغط اقل من 45 ضغط جوي يستعمل كبريتيت الصوديوم الذي يتحد مع الأوكسجين مكوناً كبريتات الصوديوم .



ولا يمكن استعمال كبريتيت الصوديوم للمراجل التي تعمل بضغط يزيد على 45 ضغط جوي وذلك لتكوين غاز ثاني اوكسيد الكبريت نتيجة لتحللها .

وتستعمل في هذه الحالة مادة الهيدرازين (Hydrazine) التي تضاف اعتيادياً كسائل بنسبة 90% وعند تحلل هذه المادة بدرجات حرارة عالية تزيد على 350 م° مثلاً فإنها تعطي غازات ليس لها تأثير سيء .

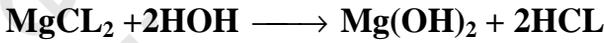


والوزن الجزيئي للهيدرازين قليل بالنسبة لكبريتيت الصوديوم لذا فإن الكيمة المستعملة من الهيدرازين لتعامل كمية معينة من الأوكسجين تساوي 1/8 الكمية المطلوبة من كبريتيت الصوديوم .

ويمكن قياس كميات الهيدرازين المتبقية بمياه المراجل بواسطة الطرق اللونية (Calorimetric Methods) هذا ويجب اخذ الحذر عند التعامل بهذه المادة لأنها تسبب التهابات جلدية مزمنة (Dermatitis) .

ونجد بعض الأملاح الذائبة مثل كلوريد المغنيسيوم يمكن أن تتحلل بالماء بدرجات حرارة تزيد على 200 م° محررة كلوريد الهيدروجين وتصل درجة التحليل لهذه المادة لنسبة 25% بدرجة حرارة 600 م° .

وان وجود حامض السليسيك يعمل كعامل مساعد للتفاعل ولذا تتكون كميات من كلوريد الهيدروجين بمياه المراجل بدرجات حرارة أقل من 600 م لوجود حامض السليسيك .



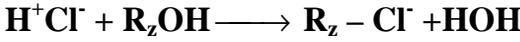
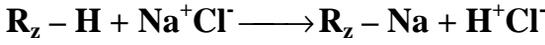
يتحلل كذلك كلوريد الكالسيوم بنفس الطريقة ولكن بنسبة اقل من كلوريد المغنيسيوم .

### معاملة المياه بالمبادلات الأيونية :

المياه المستعملة في تبريد المفاعلات النووية ، والتي تستعمل بالمراجل البخارية التي تعمل بدرجات حرارة مساوية أو أكثر من درجة الحرارة الحرجة للماء يجب أن تكون ذات نقاوة عالية .

ومثل هذه المياه يمكن الحصول عليها صناعياً بواسطة عملية التقطير أو بواسطة المبادلات الأيونية حيث يمكن إنتاج مثل هذه النوعية النقية من الماء بصورة كفؤة وبكلفة قليلة .

وعملية إزالة الأملاح الموجودة بالماء تنقسم إلى مرحلتين ، في المرحلة الأولى يتم إزالة الايونات الموجبة (Cations) الموجودة بالماء بواسطة استبدالها مع ايونات الهيدروجين المتواجدة على راتنجات عضوية (Cation Exchanger) ويتبع ذلك معاملة الماء لإزالة الايونات السالبة لاستبدالها بأيونات الهيدروكسيل الموجودة على راتنجات عضوية لها قابلية باستبدال الايونات السالبة بأيون الهيدروكسيل .



والماء المعامل بهذه الطريقة يسمى الماء الخالي من الايونات (**Deionized**) ويكون ذا نقاوة قريبة من الماء المقطر . إن نقاوة مثل هذه المياه والتي يعبر عنها بكمية المواد المتأينة الموجودة فيه يمكن قياسها بواسطة درجة إيصال الماء للتيار الكهربائي (**Conductance**) ويمكن استعمال أجهزة قياس إيصال التيار الكهربائي بالسوائل (**Conductivity Cell**) .

تقدر مقاومة الماء المقطر بـ 500000 أوم / سم ومثل هذا الماء يعتبر غير صالح لبعض الاستعمالات الهندسية كصناعات المعدات الالكترونية مثل الترانسترات وصمامات وشاشات التلفزيون .

والجدول التالي يمثل نقاوة الماء المعالج بالطرق المختلفة والذي يبين بوضوح أن أعلى نقاوة يمكن الحصول عليها هي بواسطة المبادلات الأيونية .

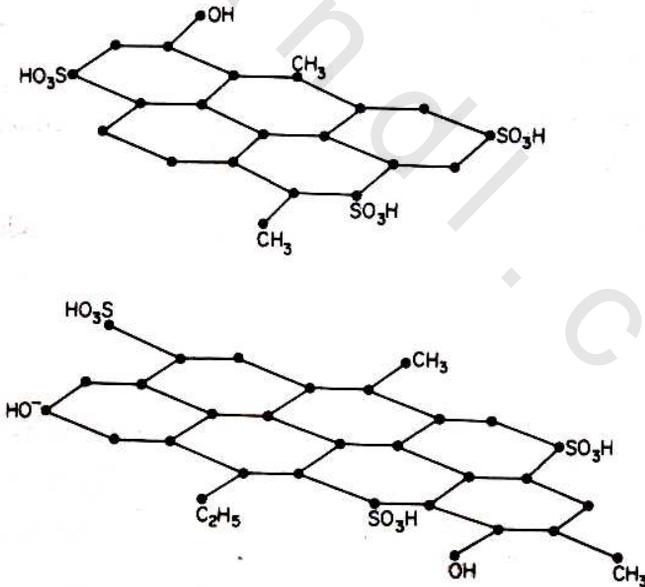
| المقاوة أوم / سم | طريقة التنقية المستعملة                                |
|------------------|--|
| 500.000          | ماء مقطر مرة واحدة بأجهزة زجاجية .                     |
| 700.000          | ماء يحوي على ثاني اوكسيد الكربون بحالة إتران مع الهواء |
| 1.000.000        | ماء مقطر ثلاث مرات بأجهزة زجاجية                       |
| 2.000.000        | ماء مقطر ثلاث مرات بأجهزة الكورتنز                     |
| 18.000.000       | ماء معامل مع مبادل ايوني موجب قوي وسالب قوي            |
| 23.000.000       | ماء مقطر 28 مرة بأجهزة الكورتنز                        |
| 26.000.000       | الحد الأعلى النظري                                     |

وهناك عدة أنواع من المبادلات الأيونية . استحضرت الأنواع الأولى منها بتعامل حامض الكبريتيك المركز الحاوي على ثالث اوكسيد الكبريت مع الفحم الحجري وبهذه العملية تدخل ايونات السلفونيك ( $\text{-SO}_3\text{H}$ ) على تراكيب الفحم .

والناتج النهائي يكون مادة سوداء ذات شكل حبيبي ومضلع يمكن أن يبادل ايون الهيدروجين بالايونات الموجبة مثل ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والحديد والمنغنيز الموجودة بالماء ويمكن استرجاع قوة التبادل الأيوني بتعامله مع 2% من حامض الكبريتيك المخفف بالماء .

والشكل التالي يبين التركيب النظري للفحم الحجري المعامل بحامض

الكبريتيك :



والراتنجات المصنعة من بلمرة الستايرين (**Styrene**) وثاني فنيل البنزين تعطي مركبات ذات هياكل يمكن إدخال مجاميع كيميائية عليها لها خاصية التبادل الأيوني .

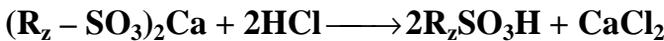
ويمكن التحكم بمسامية مثل هذه المركبات وعلى كثافتها بواسطة السيطرة على الروابط بين الستايرين وثاني فنيل البنزين (Cross Link) فزيادة المسامية ينتج عنها زيادة بسرعة التبادل الأيوني وكميته .

ويستوجب أن يكون للراتنج الصالح للاستعمال بالمبادلات الأيونية تركيب ميكانيكي ثابت وان يكون مقاوم للذوبان بالماء والأحماض والقواعد . تستعمل المجموعات الفعالة الحامضية  $\text{-SO}_3\text{H}$  ,  $\text{-COOH}$  - في المبادلات المستعملة للأيونات الموجبة .

ويستعمل كذلك راتنج الفينول فورمالديهايد المكبرت كمبادل أيوني . وتسوق راتنجات المبادل الأيوني بشكل كرات صغيرة وذلك لأنها سهلة الجريان ويمكنها ملء الجهاز المعد لها بصورة كفؤة وبسهولة ولان سير السوائل خلالها لا يسبب انخفاضاً كبيراً بالضغط .

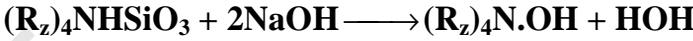
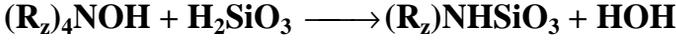
ونجد أن عملية التبادل الأيوني تجري على سطح حبيبات المبادل الأيوني وداخل مساماته الداخلية وتقاس كفاءة المبادل الأيوني بكمية الأيونات الموجبة التي يمكن إزالتها من قبل حجم أو وزن معين من المبادل الأيوني قبل عملية التنشيط .

وبحالة امتصاص المبادل الأيوني لكمية كبيرة من ايون الكالسيوم يفضل تنشيطه باستعمال حامض الهيدروكلوريك بدل حامض الكبريتيك وعند تركيز اقل من 2% وعلى أن تجري عملية التنشيط بصورة بطيئة .



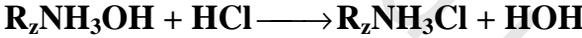
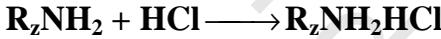
والمبادلات الايونية السالبة تكون على نوعين الأول هو القوي والذي يحتوي على ايونات الامونيا الرباعية (Quarternary Ammonium Ions)  $(\text{R}_z)_4\text{NOH}$  ومثل هذه المركبات

يمكنها أن تزيل حتى الأحماض الضعيفة من الماء ، وتنشط بواسطة محلول هيدروكسيد الصوديوم المخفف .

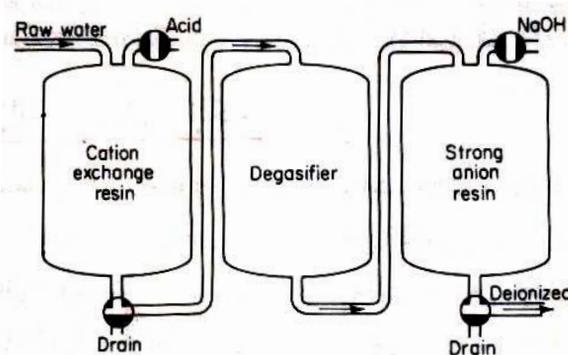


والنوع الثاني هو الضعيف والذي يحوي على البولي أمين (Polyamines) ويربط جذر الأمين (-NH<sub>2</sub>) بالسنتايرين أو بأي بوليمر آخر ليعطي تركيباً ثابتاً ذا أبعاد ثلاثية .

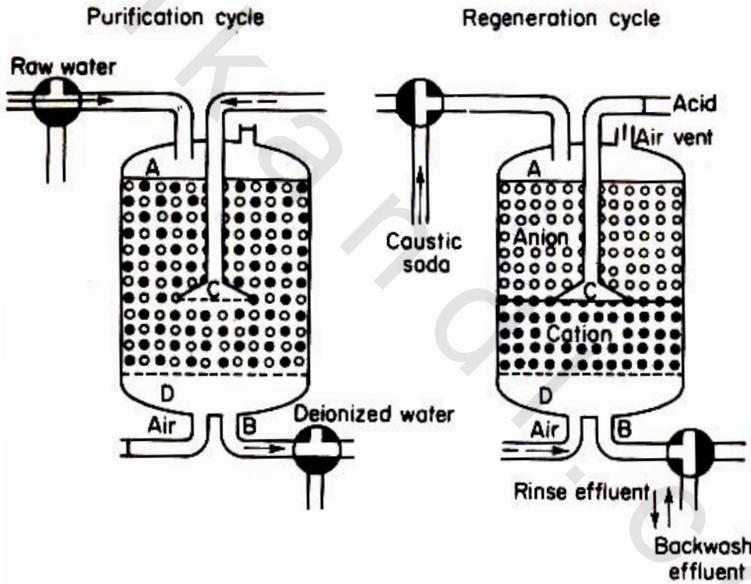
مثل هذه المبادلات السالبة الضعيفة يمكنها إزالة الأحماض القوية مثل حامض الكبريتيك أو النتريك أو الهيدروكلوريك ولا يمكنها إزالة الأحماض الضعيفة بصورة كفؤة ويمكن تنشيط مثل هذه المبادلات باستعمال محاليل كاربونات الصوديوم أو الامونيوم .



لإزالة معظم الايونات السالبة والموجبة من الماء يعامل أولاً بمبادل ايوني موجب ثم تجري عملية إزالة الغازات منه مثل غاز ثاني اوكسيد الكربون ويعامل بعد ذلك بمبادل ايوني سالب كما بالشكل التالي :



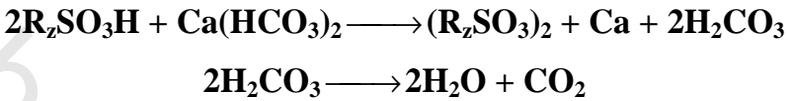
ونقاوة هذا الماء تكون مقاربة من الماء المقطر ويعامل هذا الماء احياناً للحصول على نوعية أكثر نقاوة يدعى (Polished Water) وذلك بنقله مباشرة بواسطة أنابيب من الحديد المقاوم للصدأ (Stainless Steel) وإدخاله بخزان يحوي على خليط من راتنجات للتبادل الأيوني الموجب وراتنجات للتبادل الأيوني السالب كما بالشكل التالي ويستعمل هذا الماء مباشرة عند تصنيعه ويستخدم بالصناعات التي تتطلب مياه ذات نقاوة عالية .



### إزالة حامض الكربونيك :

عندما يمر الماء الحاوي على الكربونات خلال مبادل ايوني تجري تبادل الايونات الموجبة بالهيدروجين مكوناً حامض الكربونيك . وهذا بدوره يتكسر معطياً ثاني اوكسيد الكربون الذي يمكن إزالته بجهاز طرد الغازات (Degasifier) .

وبالنسبة للمياه الحاوية على كميات كبيرة من الكربونات يكون استعمال هذه الطريقة وافياً وأرخص من استعمال المبادلات الايونية السالبة القوية التي يستوجب استعمالها لكون حامض الكربونيك حامضاً ضعيفاً .



### منع تكون قشرة السليكا :

تسبب السليكا عند وجودها بماء المراحل ذات الضغط العالي مشاكل جدية وذلك لأنها تكون طبقة صلبة شبيهة بالخزف على السطوح الساخنة ولهذه الطبقة معامل انتقال حرارة منخفض جداً فمثلاً قد تسبب قشرة سمكها 0.04 مم فشلاً في أنابيب المرجل عندما يعمل المرجل لإعطاء بخار بضغط 40 ضغط جوي لذا يجب أن يكون تركيز السليكا منخفضاً في مياه المرجل ذات الضغط العالي .

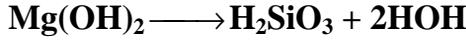
وتحوي قشور السليكا على سلكات المغنيسيوم والكالسيوم وعلى بعض السليكات المركبة تنتج قشور السليكا من وجود الأطيان العالقة والسليكات الأخرى الذائبة بالماء وتتكون السليكا بالماء من تفاعل القلويات المنبثقة بالمياه المعاملة كيميائياً مع الرمل في عملية الترشيح بالإضافة إلى السليكا الطبيعية .

وتزال السليكا من مياه المراحل بعدة طرق منها :

أولاً : إضافة كبريتات الحديد مع القلويات حيث يتكون راسب هيدروكسيد الحديد في رقم هيدروجيني للمحلول (pH=10-7) حيث تمتص السليكا على سطح الهيدروكسيد المترسب وكذلك يتم ترسب السليكا

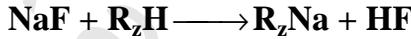
الغروية ويمكن الحصول على ماء يحوي 2-3 جزء بالمليون سليكا فقط .

ثانياً : إضافة اوكسيد أو هيدروكسيد المغنيسيوم .

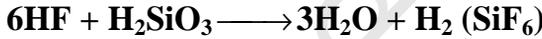


يمكن بهذه الطريقة الحصول على سليكا متبقية بالماء بحدود جزء بالمليون .

ثالثاً : إضافة فلوريد الصوديوم إلى الماء ثم إمرار الماء على مبادل ايوني موجب حيث يتكون فلوريد الهيدروجين .



وهذا بدوره يتفاعل مع السليكا ليكون الفلوسليكات والتي يجري إزالتها بواسطة مبادل ايوني سالب .



رابعاً : معاملة الماء بصورة مباشرة بمبادل ايوني سالب قوي بعد معاملته بمبادل ايوني موجب ويمكن استعمال طريقة المبادل الأيوني السالب القوي لإزالة ما تبقي من السليكا المعاملة بالطريقة 1 و 2 المذكورة سابقاً .

## " الأسئلة "

- 1- ما هي الشوائب الموجودة في مياه الأمطار ؟
- 2- هل تختلف نسبة الغازات الذائبة بمياه الأمطار عن نسبتها بالهواء ؟
- 3- ما هو الفرق بين العسرة الكلية والعسرة الدائمة وما هو الفرق بين المواد العالقة والمواد الغروية ؟
- 4- ما هو تأثير المياه السطحية على : الجبس ، حجر الكلس ، المرمر ، الصخور الرملية ، خامات الكبريتيد ، الفيلدسبار .
- 5- اذكر ثلاث طرق لتصفية الماء للأغراض المنزلية ؟
- 6- اكتب معادلات التفاعل عندما يضاف الشب إلى ماء يحوي على العسرة المؤقتة ؟
- 7- هل تزيل كبريتات الألمونيوم العسرة من الماء ؟
- 8- ما هو تأثير إضافة الومينات الصوديوم على العسرة في الماء ؟ قارن ذلك مع فعل كبريتات الألمنيوم ؟
- 9- كيف يجعل هيدروكسيد الألمنيوم الماء العكر رائقاً ؟
- 10- بين بالمعادلات كيف يمكن للجير المطفأ أن يزيل أملاح الكالسيوم من المياه الطبيعية ؟
- 11- ما هو الغرض من إضافة الجير المطفأ والحي إلى الماء بعمليات التصفية ؟
- 12- كيف يمكن معالجة الماء الحاوي على البكتريات ؟

- 13- ما هي أسباب وجود الطعم بالماء وكيف يمكن معالجة ذلك ؟
- 14- ما هو ثاني كلورامين ؟ بين كيف يتفاعل مع الماء ؟
- 15- ما هي طريقة (الجير-صودا) لتعامل المياه ؟
- 16- أين تترسب عسرة المغنيسيوم بالمرجل البخاري ؟
- 17- في أي جزء من المرجل البخاري تترسب العسرة المؤقتة ؟
- 18- ما هي الأسس الكيميائية لتصفية المياه باستعمال خزانات الترسيب المعجلة ؟ وما هي فوائد هذه الطريقة ؟
- 19- بين بالمعادلات الكيميائية كيف يمكن لكاربونات الباريوم إزالة الأملاح الذائبة من الماء العسرة وقارن ذلك بفعل كاربونات الصوديوم ؟
- 20- إذا كان ثابت حاصل الإذابة لفلوريد الكالسيوم  $3.4 \times 10^{-11}$  ما هو تركيز أيون الفلوريد بالجزء بالمليون بالمحلول المشبع لذلك المركب ؟
- 21- عند تبخير محلول يحتوي على عسرة الكالسيوم أصبح تركيز أيون الكالسيوم 160 ملجم باللتر ، ما هو أعلى تركيز لأيون الفلوريد في هذا الماء ؟
- 22- ما هو الفرق بين الزيولايت وراتنج المبادل الأيوني الموجب
- 23- بين كيف يمكن الحصول على ماء خال من الأيونات من محلول كبريتات الكالسيوم ؟
- 24- ارسم وحدة (تبخير) لاستخلاص الماء من ماء البحر مكونة من أربع مبخرات وقارن الضغوط ودرجات الحرارة داخل المبخرات . بين كيفية عمل هذه الوحدات ؟

25- كيف تتأثر درجة ذوبان كبريتات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم و  
و كاربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم بارتفاع ضغط البخار  
بالمرجل ؟

26- كيف يمكن منع تكون قشرة السليكا ؟

27- كيف يمكن تقليل كمية الأوكسجين الموجودة بالماء ؟ ما هو فعل  
الأوكسجين الموجود بماء المرجل ؟

28- ماء عسر يحوي على 160 ملجم /لتر من بيكربونات الكالسيوم و 131  
ملجم باللتر كبريتات الكالسيوم و 97 ملجم باللتر كلوريد المغنيسيوم . ما  
هي العسرة الكلية للماء ؟

29- إذا كان ثابت حاصل الإذابة لكاربونات الكالسيوم  
 $1 \times 10^{-8}$  ولهيدروكسيد المغنيسيوم  $1.2 \times 10^{-11}$  وكبريتات  
الكالسيوم  $6.1 \times 10^{-5}$  احسب درجة ذوبان هذه الأملاح بعدد  
الملجرامات باللتر الواحد .

30- هل يمكن إزالة قشرة كبريتات الكالسيوم بواسطة حامض الاوكزاليك  
إذا كان ثابت حاصل الذوبان لاوكزالات الكالسيوم  $\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4)$   
هو  $1.3 \times 10^{-9}$

31- اعطي ثابت حاصل الإذابة للمركبات  $\text{AL}(\text{CH}_3)_3$  ,  $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$  بدالة  
درجة ذوبان هذه المركبات ؟

32- ما هو تركيز أيون الكالسيوم عند تعامل قشرة كبريتات الكالسيوم  
بمحلول كاربونات الصودا بتركيز 0.1 جزيء باللتر ؟

33- أضيف 50 مليليتر من 0.02 محلول اعتيادي من كربونات الصوديوم إلى 100 مليليتر من ماء عسر وعند تسحيح الراشح احتاج إلى 22.5 مليليتر من محلول 0.02 اعتيادي من حامض الهيدروكلوريك . ما هي العسرة الكلية للماء بالجزء بالمليون ؟

34- أخذ نموذج مشابه للمثال السابق وسخن إلى درجة الغليان قبل إضافة كربونات الصوديوم وعند تسحيح الراشح بعدئذ احتاج إلى 37.75 مليليتر من الحامض المذكور . احسب العسرة المؤقتة والعسرة الدائمة للماء ؟

# المصطلحات العلمية

obeikandi.com

## المصطلحات العلمية

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| Accumulation                  | تراكم                     |
| Amagat's Law                  | قانون اماجات              |
| Blower                        | نفاخ                      |
| Concentrator                  | مركز                      |
| Dalton's Law                  | قانون دالتون              |
| Dimensional Equation          | معادلة أبعاد              |
| Dissociation                  | تحلل                      |
| Empirical Constants           | ثوابت تجريبية             |
| Energy in Transition          | طاقة في حالة انتقال       |
| Excess Air                    | الهواء الزائد             |
| Gross Heating Value           | القيمة الحرارية الإجمالية |
| Humidification                | ترطيب                     |
| Ideal Gas                     | غاز مثالي                 |
| Integration                   | التكامل                   |
| International system of units | النظام الدولي للوحدات     |
| Lime – Kiln                   | فرن الجير                 |
| Material Balance              | موازنة المادة             |
| Mole                          | المول                     |
| Molecule                      | الجزيئة                   |
| Net Heating Value             | القيمة الحرارية الصافية   |
| Prefix                        | الكلمة السابقة            |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Product</b>                  | المادة الناتجة                                  |
| <b>Radiant Energy</b>           | طاقة إشعاعية                                    |
| <b>Reactant</b>                 | المادة المتفاعلة                                |
| <b>Sensible Heat</b>            | حرارة محسوسة                                    |
| <b>Stoichiometry</b>            | حسابات نسب اتحاد المواد في التفاعلات الكيميائية |
| <b>Transmutathon</b>            | تحول عنصري                                      |
| <b>Counter Current</b>          | تيار معاكس                                      |
| <b>Crude Oil Reserves</b>       | احتياطي النفط الخام                             |
| <b>Distillate</b>               | ناتج التقطير                                    |
| <b>Feedstock</b>                | مواد التغذية                                    |
| <b>Final Boiling Point</b>      | درجة الغليان النهائية                           |
| <b>Flask</b>                    | دورق  |
| <b>Fractional Distillation</b>  | التقطير التجزيئي                                |
| <b>Grid Trays</b>               | صواني شبكي                                      |
| <b>Heat Exchanger</b>           | مبادل حراري                                     |
| <b>Initial Boiling Point</b>    | درجة الغليان الأولية                            |
| <b>Lubricating Oil</b>          | زيت تزييت                                       |
| <b>Mobile Liquid</b>            | سائل رجراج                                      |
| <b>Mixed Base Crude Oil</b>     | النفط الخام المختلف الأساس                      |
| <b>Nabhthene Base Crude Oil</b> | النفط الخام النفثي الأساسي                      |
| <b>Overtial Pressure</b>        | أنبوب تصريف الفائض                              |

|                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Paraffin Base Crude Oil</b> | النفط الخام البارافيني الأساس |
| <b>Partial Pressure</b>        | الضغط الجزئي                  |
| <b>Permeable</b>               | نفاذ                          |
| <b>Proven Reserves</b>         | الاحتياطي الثابت وجوده        |
| <b>Reboiler</b>                | مرجل إعادة الغليان            |
| <b>Recovery Factor</b>         | معامل الاستخلاص               |
| <b>Rectifying</b>              | التصفية بإعادة التقطير        |
| <b>Reflux</b>                  | السائل المعاد                 |
| <b>Residue</b>                 | متخلف او متبقي                |
| <b>Riser Sandstone</b>         | رافع حجر رملي                 |
| <b>Secondary Recovery</b>      | الاستخلاص الثانوي             |
| <b>Sieve Troya</b>             | صواني منخلي                   |
| <b>Slot</b>                    | شق                            |
| <b>Still</b>                   | انبيق                         |
| <b>Stripping</b>               | استئصال او تجريد او تعرية     |
| <b>Thermal Cracking</b>        | التكسير الحراري               |
| <b>Tray</b>                    | صينية                         |
| <b>Vacuum Distillation</b>     | التقطير الفراغي               |
| <b>Vacuum Pump</b>             | مضخة تفريغ                    |
| <b>Water Drive</b>             | الدفع بالماء                  |
| <b>Power Output</b>            | القدرة الناتجة                |

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>Thermody namics</b>                   | الديناميك الحراى              |
| <b>Mechanical Efficiency</b>             | الكفاءة الميكانيكية           |
| <b>Combression Ratio</b>                 | نسبة الانضغاط                 |
| <b>Down Strok</b>                        | شوط الهبوط                    |
| <b>Up Stroke</b>                         | شوط الصعود                    |
| <b>Piston</b>                            | مكبس                          |
| <b>Stroke</b>                            | شوط                           |
| <b>Indicated Mean Effective Pressure</b> | معدل الضغط المؤثر             |
| <b>Horse Power</b>                       | القدرة الحصانية               |
| <b>Knock</b>                             | فرقة المحرك                   |
| <b>Gasoline</b>                          | كازولين او بنزين              |
| <b>Tetraethyl Lead</b>                   | رابع ايثيل الرصاص             |
| <b>Octane Number</b>                     | عدد او درجة الاوكتين          |
| <b>Research Octane Number</b>            | عدد الاوكتين للبحث            |
| <b>Motor Octane Number</b>               | عدد الاوكتين للمحرك           |
| <b>Straight Distllation</b>              | التقطير المباشر               |
| <b>Straight – run gasoline</b>           | الكازولين المستقطر مباشرة     |
| <b>Cracked gasolione</b>                 | كازولين التكسير الحارارى      |
| <b>Debutanization</b>                    | إزالة البيوتان                |
| <b>Stabilitation</b>                     | إزالة الغازات المذابة السريعة |
| <b>Alkylation</b>                        | الإلكله                       |
| <b>Cracking</b>                          | التكسير                       |

|                              |                           |
|------------------------------|---------------------------|
| <b>Residues</b>              | مخلفات                    |
| <b>Catalytic cracking</b>    | التكسير بالوسيط الكيميائي |
| <b>Catalyst</b>              | عامل مساعد                |
| <b>Desorbtion</b>            | عملية المص                |
| <b>Recovery of Reactions</b> | استخلاص منتجات التفاعل    |
| <b>Anti - freeze product</b> | معيق التجميد              |
| <b>Depropanizer</b>          | برج إزالة البروبان        |
| <b>Stabilization tower</b>   | برج التركيز               |
| <b>Absorptim Tower</b>       | برج امتصاص                |
| <b>Vabour pressure</b>       | الضغط البخاري             |
| <b>Treating</b>              | معالجة                    |
| <b>Gummy polyineers</b>      | مركبات صمغية              |
| <b>Polysulphide</b>          | كبريتيد مضاعف             |
| <b>Sludge</b>                | وسخ مترسب                 |
| <b>Sweetening</b>            | تحلية                     |
| <b>Isomerization</b>         | عملية التماثل             |
| <b>Rerun tower</b>           | برج إعادة التقطير         |
| <b>Stripper</b>              | منصل                      |
| <b>Polymergasoline</b>       | الجازولين المبلمر         |
| <b>Monomer</b>               | مركبات غير متبلمر         |
| <b>Hydrogenation</b>         | عملية الهدرجة             |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Alkylaton                       | الالكلة استبدال الهيدروجين اليفاتى هيدروكاربونى |
| Reforming                       | عملية التهذيب                                   |
| Volatility                      | تطايرية او قابلية التطاير                       |
| Natural or Casing head gasolihe | الجازولين الطبيعى                               |
| Lean                            | فقير  |
| Adsorption                      | امتزاز  |
| Adsorbent                       | ممتز  |
| Desorption                      | عملية المجر                                     |
| Live steam                      | البخار الحى                                     |
| Light end                       | متطايرات نفطية                                  |
| Premium                         | ممتاز   |
| High test                       | الاختبار العالى                                 |
| Oil shales                      | طفل زيتى  |
| Lignite                         | الفحم البنى الداكن                              |
| Tar                             | قطران   |
| Water gas                       | غاز الماء                                       |
| Revolution per minute           | دورة فى الدقيقة                                 |
| Retarded ignition               | الإشعال المؤخر                                  |
| Delay period                    | فترة تأخر                                       |
| Ingection                       | الحقن   |
| Compression stroke              | ضربة الانضغاط                                   |
| Cetane number                   | العدد السيتانى                                  |

|                                    |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Nornal cetane , C 16 h 34          | السيتان الاعتيادي     |
| Methyl naphthalene                 | مثيل النفثالين        |
| Diesel Index                       | دليل الديزل           |
| Aniline number                     | العدد الانيليني       |
| Amreican Petroleum Institute , API | معهد البترول الامريكى |
| Resisance Thermometer              | ترمومتر مقاومة        |
| Capacitance                        | موسوعة                |
| Condenser                          | مكثف                  |
| Thyratron                          | ثايرatron             |
| Relay                              | مرحل                  |
| Ethyl Nitrare                      | نترات الاثيل          |
| Inhipitor                          | مانع للتفاعل          |
| Surface Tension                    | الشذ السطحي           |
| Smoke Point                        | نقطة الادخان          |
| Exhaust                            | غاز العادم            |
| Soot                               | سخام                  |
| Emulsion                           | مستحلب                |
| Kerosene                           | النفط الأبيض          |
| Aircraft Turbine kerosene (ATK)    | وقود الطائرات النفاثة |
| Eldeleneau brocess                 | طريقة اللدليلينو      |
| Doctor test                        | فحص بطريقة الدكتور    |

|                            |                      |
|----------------------------|----------------------|
| <b>Char Value</b>          | قيمة التفحم          |
| <b>Freezing boint</b>      | نقطة الانجماد        |
| <b>Inorganic Acidity</b>   | الحامضية غير العضوية |
| <b>Rocket fuel</b>         | وقود الصاروخ         |
| <b>Thrust</b>              | قوة الدفع            |
| <b>Specific Impulse</b>    | الدفع النوعي         |
| <b>Thiokol</b>             | ثايكول               |
| <b>Hydrasine</b>           | هيدرازين             |
| <b>Boranes</b>             | بورينات              |
| <b>Cardboard</b>           | ألواح كارتون         |
| <b>Clay</b>                | طين                  |
| <b>Gunpowder</b>           | بارود                |
| <b>Wick – Fuse</b>         | فتيلة المصهر         |
| <b>Stick</b>               | عصا                  |
| <b>Combustion Chambor</b>  | غرفة الاحتراق        |
| <b>Poise</b>               | وحدة اللزوجة المطلقة |
| <b>Kinematic viscosity</b> | اللزوجة الكيمائية    |
| <b>Centistoke</b>          | سنتيستوك             |
| <b>Nomograbh</b>           | رسم بياني            |
| <b>Chemical additive</b>   | المضيفات الكيمائية   |
| <b>Oxidation residue</b>   | مقاومة التأكسد       |

|                               |                           |
|-------------------------------|---------------------------|
| <b>Carbon residue</b>         | بقايا الكربون             |
| <b>Neuturalization number</b> | رقم التعادل               |
| <b>Wear</b>                   | برى                       |
| <b>Centrifugal</b>            | الطرد المركزي             |
| <b>Gydrometer</b>             | هايدرومتر                 |
| <b>Shaft</b>                  | عمود الإدارة              |
| <b>Torque</b>                 | عزم الدوران               |
| <b>Fluid Lubrication</b>      | التزييت المائعى           |
| <b>Boundary Lubrication</b>   | التزييت الرقيق            |
| <b>Erosion</b>                | التعرية                   |
| <b>Fluid gasket</b>           | حاشية مائعية              |
| <b>Piston ring</b>            | حلقة المكبس               |
| <b>Hydraulic fluid</b>        | مائع هيدرولى              |
| <b>Pitch</b>                  | درجة                      |
| <b>Gears</b>                  | مسننات                    |
| <b>Lateral attraction</b>     | تجاذب جانبي               |
| <b>Polar group</b>            | مجاميع مستقطبة            |
| <b>Active atom</b>            | ذرات نشطة                 |
| <b>Stearic acid</b>           | حامض الستياريك            |
| <b>Angstrom</b>               | انجستروم                  |
| <b>Hydrocarbon bolymer</b>    | الراتنجات الهيدروكاربونية |

|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Nucleus                     | نواة               |
| Nuclii                      | نويات              |
| Gel                         | جل                 |
| Detergent                   | المنظفات           |
| Surface tension             | الشد السطحي        |
| Interfacial surface tension | الشد السطحي البيني |
| Antioxidants                | مانعات للتأكسد     |
| Corrosion inhibitor         | مانع التآكل        |
| Castor oil                  | دهن الخروع         |
| Spark plug                  | شمعة إشعال بالشر   |
| Tricresyl Phosphate         | ترايكريسيل فوسفات  |
| Stainless steel             | صلب لا يصدأ        |
| Scoring                     | تخديش              |
| Cutting oil                 | دهن القطع          |
| Reject                      | رفض                |
| Brass                       | النحاس الأصفر      |
| Copper oleate               | أوليات النحاس      |
| Oleic acid                  | حامض الاوليك       |
| Coagulation                 | تخثر               |
| Greases                     | شحوم               |
| Emulsifying agent           | عامل الاستحلاب     |

|                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| <b>Brash heap</b>                 | كومة كبيرة على شكل فرشاة           |
| <b>Fibre</b>                      | ليفه                               |
| <b>Fibril</b>                     | شعيرة                              |
| <b>Aggregate</b>                  | تجمع                               |
| <b>Micelle</b>                    | ايون غروي                          |
| <b>Adsorb</b>                     | امتز ، امتص                        |
| <b>Thixotropy</b>                 | تسييل القوام الهلامي بالرج         |
| <b>Syneresis</b>                  | فقدان السائل من مادة هلامية القوام |
| <b>Mica</b>                       | ميكا                               |
| <b>Rosin oil</b>                  | زيت                                |
| <b>Slaked lime ;hydrated lime</b> | الجير المطفأ                       |
| <b>Calcium Stearate</b>           | ستيارات الكالسيوم                  |
| <b>Stability</b>                  | ثباتية                             |
| <b>Modifiers</b>                  | مغيرات                             |
| <b>Pressure kettle</b>            | قدرة الضغط                         |
| <b>Glyceride</b>                  | جليسيريد                           |
| <b>Hydration</b>                  | تميع                               |
| <b>An hydrous</b>                 | لا مائي                            |
| <b>Clarity</b>                    | وضوح ، نقاوة                       |
| <b>Dropping</b>                   | نقطة التسييل                       |
| <b>Water proof</b>                | صامد للماء                         |

|                             |                         |
|-----------------------------|-------------------------|
| Versatile                   | متعدد الاستعمال         |
| Rosin                       | القلفونية               |
| Slurry                      | محلول عالق              |
| Axle                        | محور                    |
| Bushing                     | وصلة ازدواج             |
| Dielectric lubricants       | دهونات عازلة            |
| Dolly wheel                 | العجلات السائدة         |
| Colloidal graphite          | جرافيت غرواني           |
| Impregnated                 | مُشرب                   |
| Brake lining                | بطانة المكبح            |
| Corrosion                   | التآكل                  |
| Mechanism                   | ميكانيكية               |
| Electrochemical potential   | الجهد الكهروكيميائي     |
| Overpotential               | فرط الجهد الكهروكيميائي |
| pH                          | الرقم الهيدروجيني       |
| Corrosion Inhibitors        | مانع التآكل             |
| Equilibrium potential       | جهد الإتزان             |
| Saturated Calomel Electrode | قطب الكالوميل القياسي   |
| Galvanic Corrosion          | تآكل جلفاني             |
| Galvanic Corrosion          | خلية جلفانية            |
| Local Action                | الفعل الموضعي           |
| Pitting Corrosion           | تآكل تنقري              |

|                               |                          |
|-------------------------------|--------------------------|
| <b>Austenitic Steel</b>       | فولاذ لا يصدأ            |
| <b>Stress</b>                 | شد                       |
| <b>Platelet</b>               | لويحة                    |
| <b>Shaking</b>                | اهتزاز                   |
| <b>Tapping</b>                | نقر                      |
| <b>Flexing</b>                | لوى                      |
| <b>Corrosion Fatigue</b>      | تآكل الإجهاد             |
| <b>Meshing Gear</b>           | ترس التعشيق              |
| <b>Annealing</b>              | تلدين                    |
| <b>Alkaline – earth Metal</b> | معادن الأتربة القلوية    |
| <b>Anodizing</b>              | طريقة الانودية           |
| <b>Passive Film</b>           | طبقة واقية غير فعالة     |
| <b>Corrosion product</b>      | نتاج التآكل              |
| <b>Lactic Acid</b>            | حامض اللبنيك             |
| <b>Hydrated Oxide</b>         | الأكسيد المائي أو المميأ |
| <b>Concentration Cell</b>     | خلية تركيزية             |
| <b>Galvanization</b>          | جلونة                    |
| <b>Galvanized</b>             | مجلفن                    |
| <b>Marcasite</b>              | كبريتيد الحديد الأبيض    |
| <b>Electromotive Force</b>    | القوة الدافعة الكهربائية |
| <b>Differential Aeration</b>  | خلية الأوكسجين التركيزية |

|                           |  |
|---------------------------|--|
| Washer                    | فلكة                                   |
| Clay                      | طين                                    |
| Cider                     | رماد                                   |
| Stray Current             | تيار كهربائي شارد                      |
| Red Water                 | الماء الأحمر                           |
| Silica Gel                | جل السليكا                             |
| Caustic Embrittlement     | انشطار المعدن بسبب الصودا الكاوية      |
| Intergranular Corrosion   | تآكل بين حبيبات المعدن                 |
| Blistering                | انتفاخ                                 |
| Hydrogen Embrittlement    | الانشطار بسبب الهيدروجين               |
| Desalting                 | إزالة الملح                            |
| Anti – freeze solution    | محلول يقاوم الانجماد                   |
| Surface – active chemical | مادة كيميائية ذات فعالية سطحية         |
| Hydrophobic               | طارد للماء                             |
| Alkyl Radical             | شق الاكيل                              |
| Acid pickling             | تنظيف المعدن بمغطس حامضي               |
| Descaling                 | إزالة القشور المتكونة من مركبات معدنية |
| Rosin Amine               | امين راتينج                            |
| Vapour phase Inhibitor    | دهن شمعي                               |
| Grease                    | نزع الخارصين                           |
| Dezincification           | مكشاف نقطة الخمود الكهربائي            |
| Limestone                 | كاربونات الكالسيوم                     |

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Sediment</b>                       | راسب                                      |
| <b>Scale</b>                          | قشور                                      |
| <b>Sacrificial Anode</b>              | القطب الموجب الذائب                       |
| <b>Cathodic protection</b>            | الحماية الكاثودية                         |
| <b>Transmission Line Tower</b>        | برج نقل الكهربائية                        |
| <b>Hot Enamel</b>                     | المينا الحارة                             |
| <b>Trailing platinum – Clad siler</b> | الفضة المغطاة بالبلاتين                   |
| <b>Alkyed Coatings</b>                | أغطية الألكيد                             |
| <b>Phenolic Coatings</b>              | أغطية الفينولات                           |
| <b>Baking for Curings</b>             | عملية تجفيف بالحرارة لإكمال النضوج للطلاء |
| <b>Asphalt Coatings</b>               | أغطية الإسفلت                             |
| <b>Coal Tar Coatings</b>              | أغطية قار الفحم                           |
| <b>Epoxy Ester Coatings</b>           | أغطية استيرات الأيبوكسي                   |
| <b>Chlorinated Rubber Coatings</b>    | أغطية المطاط الكلوري                      |
| <b>Zince – rich Coatings</b>          | أغطية غنية بالخارصين                      |
| <b>Pigmented</b>                      | مخضبة                                     |
| <b>Sacrificial protection</b>         | الحماية بالانود الذواب                    |
| <b>Vehicle</b>                        | سائل حمل الدهن                            |
| <b>Epoxy resin</b>                    | راتينجات الأيبوكسي                        |
| <b>Urethane Coatingo</b>              | أغطية اليورثين                            |
| <b>Vinyl Coatings</b>                 | أغطية الفينيلات                           |
| <b>Epoxy Coatings</b>                 | أغطية الأيبوكسي                           |

|                             |                                       |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| High – Temperature Coatings | أغشية مقاومة للدرجات الحرارية العالية |
| Metallized Coatings         | أغشية الرش المعدني                    |
| Wetting                     | الترطيب                               |
| Inhibitive pigment          | صبغة مانعة                            |
| Erosion                     | تعرية ميكانيكية                       |
| Chalking                    | ظاهرة الطباشير                        |
| Peeling                     | التجرد القشري                         |
| Flaking                     | التقشير                               |
| Delamination                | الانفصال الى طبقات رقيقة              |
| Mill Scale                  | قشور المصنع                           |
| Blistering                  | التبثر او التنفط                      |
| Lifting and wrinkling       | الرفع والتجعد                         |
| plastics                    | اللدائن                               |
| Plasticizer                 | ملمدن                                 |
| Resin                       | راتنج                                 |
| Synthetic                   | اصطناعي                               |
| Varnish                     | ورنيش ، طلاء راتنجي                   |
| Urea – formaldehyde Resins  | راتنجات اليوريا فورمالديهايد          |
| Urethane Resins             | راتنجات اليوريثان                     |
| Casein plastic              | لدائن الكازيين                        |
| Bakelite                    | باكليت                                |
| Laminate                    | ألواح رقيقة                           |

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| <b>Solid Foam</b>          | مادة صلبة رغوية   |
| <b>Extrusion</b>           | بثق               |
| <b>Handle</b>              | مقبض              |
| <b>Tool</b>                | أداة              |
| <b>Upholstery</b>          | نجادة             |
| <b>Brittle</b>             | قسم               |
| <b>Acetic anhydride</b>    | حامض خليك لا مائي |
| <b>Butyric</b>             | حامض البيوتريك    |
| <b>Dehydrogenation</b>     | نزع الهيدروجين    |
| <b>Dehydration</b>         | إزالة الماء       |
| <b>Linear</b>              | طولي              |
| <b>Curing</b>              | انضاج             |
| <b>Resilience</b>          | مرونة عكسية       |
| <b>Alkaling metal</b>      | المعادن القلوية   |
| <b>Safety Glass</b>        | زجاج الأمان       |
| <b>Expansion joint</b>     | وصلة تمديدية      |
| <b>Bristle</b>             | هلب               |
| <b>Casting</b>             | سبك               |
| <b>Coating</b>             | تغطية             |
| <b>Basicity of an Acid</b> | قاعدية الحامض     |
| <b>Hydrolysis</b>          | التحلل المائي     |

|                           |                 |
|---------------------------|-----------------|
| <b>Substituent</b>        | بديل            |
| <b>Antena</b>             | هوائي           |
| <b>Antena Housing</b>     | اغلفة الهوائيات |
| <b>Regeneration</b>       | إعادة توليد     |
| <b>Lacquer</b>            | مواد طلاء       |
| <b>Protective Coating</b> | الاطلية الواقية |
| <b>Garment</b>            | كساء            |
| <b>Elasticity</b>         | مطاطية          |
| <b>Sap</b>                | عصارة           |
| <b>Latex</b>              | عصارة           |
| <b>Tar</b>                | قطران           |
| <b>Putrefaction</b>       | تعفن            |
| <b>Putrefy</b>            | عفن             |
| <b>Accretion</b>          | تضام            |
| <b>Stretch</b>            | شد              |
| <b>Kneading</b>           | عجن             |
| <b>Milling</b>            | طحن             |
| <b>Filler</b>             | حشوة            |
| <b>Accelerater</b>        | معجل ، مسرع     |
| <b>Hopper</b>             | قادوس           |
| <b>Ram</b>                | مدك ، مطرقة     |

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>Rotor</b>                 | العضو الدوار             |
| <b>Cooling Water</b>         | ماء التبريد              |
| <b>Sinew</b>                 | قوة                      |
| <b>Staggeeing</b>            | متأرجح                   |
| <b>Creep</b>                 | زحف ، تسلق               |
| <b>Litharge</b>              | أول او كسيد الزنك        |
| <b>Washers</b>               | حلقة (معدنية او جلدية)   |
| <b>Talc</b>                  | سليكات المغنيسيوم المميا |
| <b>Tube</b>                  | الإطار الداخلي           |
| <b>Aging</b>                 | تقاوم ، تعتيق            |
| <b>Seal</b>                  | مانع التسرب              |
| <b>Tug</b>                   | قطر                      |
| <b>Resilience</b>            | رجوعية                   |
| <b>Hydrazine</b>             | الهيدرازين               |
| <b>Ionic Lattice</b>         | شبكة أيونية              |
| <b>Lubricating Oil</b>       | زيوت التزلق              |
| <b>Styrene</b>               | الستايرين                |
| <b>Threshold Treatment</b>   | معاملة المشرف            |
| <b>Wet Steam</b>             | بخار رطب                 |
| <b>Erhchrome Black</b>       | صبغة- تستعمل كاشف        |
| <b>Free Chlorine Residue</b> | الكلور الحر المتبقي      |

|                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Ion Exchanger</b>             | مبادل ايوني                         |
| <b>Lignin</b>                    | مادة اللكنين                        |
| <b>Bermanent</b>                 | ثابت - دائم                         |
| <b>pH</b>                        | الرقم الهيدروجيني                   |
| <b>Bhotoelectric Calorimeter</b> | جهاز لقياس كثافة الضوء ( شدة الضوء) |
| <b>Bolar</b>                     | قطبي                                |
| <b>Residual Chlorine</b>         | الكلور المتخلف                      |
| <b>Tannin</b>                    | مادة التانين الدابعة                |
| <b>Temporary</b>                 | مؤقت                                |
| <b>Temporary Hardness</b>        | العسرة المؤقتة                      |
| <b>Transmission of light</b>     | انتقال الضوء                        |
| <b>Turbidity</b>                 | تعكر                                |
| <b>Water For domestic Use</b>    | الماء للاستعمال المنزلي             |
| <b>Zeolite</b>                   | مبادل ايوني                         |

# الملاحق

obeikandi.com

جدول (1) متوسط السعة الحرارية لتغازات الاحتراق  
 كيلو جول / كيلو مول (ك) أو جول / مول (ك)  
 درجة الحرارة المرجعية 273.15 ك عند ضغط 1.013 بار

| H <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> | CO     | H <sub>2</sub> | Air    | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | T ك  |
|------------------|-----------------|--------|----------------|--------|----------------|----------------|------|
| 33.476           | 35.961          | 29.121 | 28.610         | 29.062 | 29.242         | 29.116         | 273  |
| 33.510           | 36.426          | 29.125 | 28.694         | 29.075 | 29.280         | 29.121         | 291  |
| 33.522           | 36.468          | 29.129 | 28.719         | 29.075 | 29.296         | 29.121         | 298  |
| 33.727           | 38.166          | 29.175 | 28.978         | 29.142 | 29.526         | 29.142         | 373  |
| 34.100           | 40.125          | 29.497 | 29.100         | 29.292 | 29.932         | 29.225         | 473  |
| 34.543           | 41.853          | 29.526 | 29.150         | 29.514 | 30.439         | 29.384         | 573  |
| 35.049           | 43.346          | 29.790 | 29.217         | 29.782 | 30.878         | 29.602         | 673  |
| 35.593           | 44.685          | 30.108 | 29.280         | 30.083 | 31.334         | 29.865         | 773  |
| 36.166           | 45.878          | 30.430 | 29.351         | 30.401 | 31.761         | 30.154         | 873  |
| 36.756           | 46.949          | 30.757 | 29.439         | 30.711 | 32.150         | 30.447         | 973  |
| 37.355           | 47.917          | 31.079 | 29.547         | 31.020 | 32.501         | 30.752         | 1073 |
| 37.949           | 48.869          | 31.384 | 29.677         | 31.317 | 32.823         | 31.045         | 1173 |
| 39.585           | 49.580          | 31.873 | 29.824         | 31.585 | 33.121         | 31.305         | 1273 |

الملاحق

## جدول ( 2 )

### مواصفات وقود الطائرات ATK

|                              |                        |
|------------------------------|------------------------|
| 40                           | الكثافة بمقياس API     |
| 41 م° الحد الأدنى            | نقطة الوميض            |
| 170 م°                       | المقطر 10% بالحجم      |
| 275 م°                       | نقطة الغليان النهائية  |
| 25 الحد الأدنى               | اللون بطريقة السيبوليت |
| 30 جزء بالمليون              | الكبريت                |
| سالب                         | الكشف Doctor test      |
| 10 ملجم الحد الأعلى<br>كجم   | قيمة التفحم Char Value |
| 6 ملجم الحد الأعلى<br>100 مل | المواد الصمغية         |
| 25 ملم الحد الأدنى           | نقطة الادخان           |
| 50 م° الحد الأعلى            | نقطة الانجماد          |
| لا توجد                      | الحامضية الغير عضوية   |

### جدول ( 3 )

الدفع النوعي لبعض الوقود المختلفة والعوامل المؤكسدة القوية

| الدفع النوعي | المادة المؤكسدة                                | الوقود                             |
|--------------|--|------------------------------------|
| 242          | 1.5 O <sub>2</sub>                             | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> – OH |
| 230          | 4H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (%99)           | C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH   |
| 248          | 2.2 O <sub>2</sub>                             | JP <sub>4</sub>                    |
| 250          | 1.3 O <sub>2</sub>                             | NH <sub>3</sub>                    |
| 253          | 2.3 (%70 O <sub>2</sub> , %30 O <sub>3</sub> ) | JP <sub>4</sub>                    |
| 266          | 1.9 ( % 100 O <sub>3</sub> )                   |                                    |
| 265          | 2.6 F <sub>2</sub>                             | JP <sub>4</sub>                    |
| 277          | 0.63 O <sub>3</sub>                            | NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>    |
| 288          | 2.6 F <sub>2</sub>                             | NH <sub>3</sub>                    |
| 291          | 5.0 F <sub>2</sub>                             | B <sub>2</sub> H <sub>6</sub>      |
| 296          | 2.3 F <sub>2</sub>                             | CH <sub>3</sub> OH                 |
| 298          | 1.98 F <sub>2</sub>                            | NH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>    |
| 511          | 8.1 O <sub>2</sub>                             | H <sub>2</sub>                     |

## جدول ( 4 )

تحاليل نموذجية لمختلف غازات الوقود .

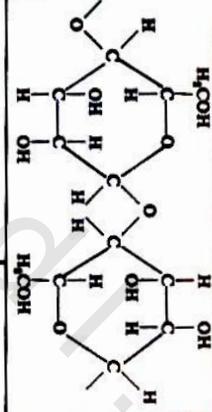
| غاز<br>المجري | غاز فرن<br>الصهر | غاز الماء<br>المكربن | غاز<br>الماء | غاز<br>المولدات | غاز<br>الكوك | غاز<br>الفحم | الغاز<br>الطبيعي | المركب                         |
|---------------|------------------|----------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|------------------|--------------------------------|
| --            | 26.2             | 35.4                 | 43.6         | 33.5            | 5.1          | 7.4          | --               | CO                             |
| 24.6          | 13.0             | 5.3                  | 4.0          | 1.0             | 1.4          | 1.2          | 1.0              | CO <sub>2</sub>                |
| --            | 3.2              | 40.0                 | 47.8         | 10.5            | 57.4         | 52.1         | --               | H <sub>2</sub>                 |
| 73.3          | --               | 10.7                 | 0.3          | 2.5             | 28.5         | 29.2         | 85.0             | CH <sub>4</sub>                |
| 0.6           | --               | 5.4                  | --           | --              | 2.9          | 7.9          | 14.0             | C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>  |
| 1.5           | 57.6             | 3.2                  | 4.3          | 52.5            | 4.7          | 2.2          | --               | N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> |

## جدول ( 5 )

### الخواص العامة لزيت السليكون

| مجال<br>الحرارة م° | نقطة<br>الانسكاب م° | نقطة<br>الوميض م° | معامل<br>الحرارة<br>اللزوجة | اللزوجة<br>سبتيستوك<br>بحرارة 25 م | موانع |
|--------------------|---------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------|
| 176.6 إلى 60-      | 60-                 | 232.2             | .59                         | 20                                 | 200   |
| 176.6 إلى 54-      | 55-                 | 301.6             | .60                         | 100                                |       |
| 176.6 إلى 48.3-    | 50-                 | 315.5             | .62                         | 500                                |       |
| 176.6 إلى 46.1-    | 46.1-               | 315.5             | .58                         | 12.500                             |       |
| 176.6 إلى 56.6-    | 62.2-               | 273.8             | .62                         | 50                                 | 510   |
| 176.6 إلى 56.6-    | 62.2-               | 233.8             | .62                         | 100                                |       |
| 176.6 إلى 56.6-    | 62.2-               | 273.8             | .65                         | 500                                |       |
| 176.6 إلى 56.6-    | 62.2-               | 273.8             | .63                         | 1000                               |       |
| 176.6 إلى 40-      | 50                  | 301.6             | .76                         | 150 100                            | 550   |
| 260 إلى 18-        | 22.2-               | 301.6             | .83                         | 525 475                            | 710   |

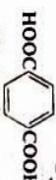
جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

| الاسم  | المصدر   | الركب الاحاي   | الخواص الرئيسية الهمة  | الاستعمالات المتعارفة   |
|--|--|--|--|---|
| السكرس<br>الريون<br>السيونيات<br>السليلوز<br>الغلب   | السكرس<br>السكرس<br>السكرس<br>السكرس<br>السكرس |  | اعادة توليد السليلوز<br>ذو الوزن الجزيئي<br>الصغير                   | النسيج، اللدائن ،<br>الراتنجية الشفافة ،<br>جبال الاطارات         |
| بيرالين<br>بروكسلين<br>تترات السليلوز                | السليلوز<br>حامض التريك + حامض الاكربتيك       | تستبدل (OH) بجذر<br>-O-NO <sub>2</sub>   | صلب، شفاف، يذوب<br>في الاستر، الايتونات،<br>يشتمل بسهولة             | مقايض الاحوات<br>طلاء اللك  |
| خلات السليلوز<br>السيلانيس<br>اللورمارت<br>اللدائيات | السليلوز<br>حامض الخليك<br>خلات الايجلريد      | تستبدل جذور (OH)<br>في السليلوز بمجموعة<br>المخلات                                 | مقاومة عالية للمهب<br>ومرصفات قوية جيدة،<br>ممدل عال لاتصامس<br>الله | افلام السلامة ،<br>اللدائن الرقيقة<br>الشفافة ، الاغلفة<br>النسيج |
| اقبل السليلوز<br>الايثيل                             | سليلوز الصوديوم<br>كلوريد الاثيل               | يستبدل جذر الهيدروكسيل<br>-OCH <sub>3</sub>  | أقوى انواع الشدعات<br>السليلوزية                                     | القبعات، الاحوات<br>اغلفة الانسجة                                 |

تابع جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

| الاسم  | المصدر  | المركب الاحادي  | الخصائص الرئيسية الهامة  | الاستعمالات المتعددة  |
|--|---|---|--|---|
| البولي ايثيلين<br>البوليپروپيلين<br>البولي بروبيلين      | الايثيلين   | - CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -<br>CH <sub>2</sub><br>- CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> -   | خامل ، ثابت ، مرن بدرجات الحرارة المنخفضة ، قليل الحرارة المتصاخص للماء ، خفيف جداً  | حاجز للابخرة ، الانابيب المرنة ، الجبال ، التروسبات الاقلام الارضية ، الرقائقية التغليف ، الارضية |
| تتراايبيلين<br>تفلون ،<br>الكحل<br>البولي فينيل<br>استات | F <sub>2</sub> + C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>      | - CF <sub>2</sub> - CF <sub>2</sub> -<br>- CF <sub>2</sub> - CF <sub>2</sub> -<br>- CH <sub>2</sub> - CH -<br> <br>OOCCH <sub>3</sub> | عديم التفاعل ، غير لاصق ، يقرب لتقنية المعادن ذو درجة انصهار عالية جداً              | اجزاء الرادار ، الطنوتات بدرجة الحرارة العالية ، مواد تزييت صلبة                                  |
| كحول الفينيل   | CH = CH + HO - C(=O) - CH <sub>3</sub>              | - CH <sub>2</sub> - CH -<br> <br>OOCCH <sub>3</sub>   | تتوسع عند التصلب   | لاصق مستحلب الاصباغ   |
|  | - CH <sub>2</sub> - CH -<br> <br>OOCCH <sub>3</sub> | - CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> OH  | راتنج صغير قابل للذوبان بالماء ، راتنج كبير عديم الذوبان بالماء ، قوة شد كبيرة ، مرن | الوراق القوية من النوع اللدائيب أو غير اللدائيب في الماء  |

تابع جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

| الاسم                               | المصدر  | المركب الأحادي   | الخواص الرئيسية المهمة                            | الاستعمالات المتداولة   |
|-------------------------------------|---|--|---|---|
| مثل ميثا<br>اكريلات                 | $CH_3COCH_3$<br>+ HCN<br>+ $CH_3OH$   | $\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ -CH_2-C- \\   \\ COOCH_3 \end{array}$ | مواصفات بصرية جيدة ،<br>جيد القلوية .             | العلامات العاكسة الدهانات ،<br>الاعلنة الشفافة الاضوية<br>الخلقية للسيارات<br>مستحلب الاصبغ |
| تترات الاكرليك<br>اكريلان<br>اورلون | $CH = CH + H - CN$  | $\begin{array}{c} -CH_2 - CH - \\   \\ CN \end{array}$               |   | الاياف ، الراتنجات  |
| راتنجات التكثف العنوية              |   |  |   |   |
| التريلين<br>الميلار<br>الديكرون     | $HOCH_2 - CH_2OH +$<br>كليكول<br><br>حامض التريثاليك<br> |  | مقاوم للحرارة، الياف<br>قوية ، رقائق مقاومة للماء | رقائق قوية ، انسجة ،<br>حبال  |
| النابلون                            | $H_2N(CH_2)_6NH_2 +$<br>هيكسامين داي  | املاح النابلون<br>$HOOC(CH_2)_6COOH$<br>امين حامض الادييك            | قليل الامتصاص للماء،<br>راتنجات قوية              | انسجة ، الجبال ،<br>الشعر الخشن ، القولية   |

تابع جدول (6) خلاصة بالمواد اللدائنية والراتنجية

| الاسم              | المصدر   | المركب الأحادي   | الخواص الرئيسية المهمة  | الاستعمالات المتعارفة  |
|--------------------|--|--|---|--|
| السليكون           | $\begin{array}{c} \text{R} \\   \\ \text{HO}-\text{Si}-\text{OH} \\   \\ \text{R} \end{array}$ سيلانديول   | $\begin{array}{c} \text{R} \\   \\ -\text{O}-\text{Si}- \\   \\ \text{R} \end{array}$  | مقاوم للحرارة ، مقاوم للماء مواد غير لاصقة                          | مزيّنات خاصة ، الهياكل المقاومة للحرارة ، الشحوم مطاط السيلاستيك       |
| الكيتال            | $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\   \quad   \quad   \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array} + \begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{R}-\text{Si}-\text{OH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ | $\begin{array}{c} \text{HOOC} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{COOH} \end{array}$  | الراتنجات الرتبة عرضياً   | الورنيش والاطلية   |
| راتنجات السليكون   | $\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array} + \text{CH}_2\text{O} \rightarrow$  | $\begin{array}{c} \text{R} \\   \\ \text{HO}-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-\text{OH} \\   \quad   \\ \text{R} \quad \text{R} \end{array}$ | راتنجات مقاومة للحرارة تعتمد الخواص على طبيعة الجذر ومقادير البلمرة | اغطية مقاومة للحرارة ومواد عازلة                                       |
| فينول فورمالدهيد   | $\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\   \\ \text{OH} \end{array} + \text{CH}_2\text{O} \rightarrow$  | $\begin{array}{c} \text{NH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CO} \\   \\ \text{NH}\cdot\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$              | يتصلب بالحرارة ، قوى يعتمد على نسبة الفينول الى الفورمالدهيد        | مواد لدائنية لاصقة ، ورنيش ، الاطلية ، المواد العازلة ، الاجزاء القوية |
| اليوريا فورمالدهيد | $\text{H}_2\text{N} \cdot \text{CO} \cdot \text{NH}_2 + \text{HCHO}$   | $\begin{array}{c} \text{NH}_2\text{CH}_2\text{OH} \\   \\ \text{CO} \\   \\ \text{NH}\cdot\text{CH}_2\text{OH} \end{array}$              | راتنجات شبه شفافة   | مواد تشرب بدرجات الحرارة والضغط المنخفضة ، مواد لاصقة مواد رابطة       |

## جدول ( 7 )

- الخواص التي تحدد استعمال اللدائن  
 (1- الخاصة بالدرجة الأولى من الاهمية)  
 (2- الخاصة بالدرجة الثانية من الاهمية)

| السعر التقريبي<br>دولار/ كغم | درجة الحرارة القصوى<br>م | المقاومة |                |         |         |               |                   |              |           |          | المادة<br>اللدائن التي تلدن<br>بالحرارة |                              |
|------------------------------|--------------------------|----------|----------------|---------|---------|---------------|-------------------|--------------|-----------|----------|---|------------------------------|
|                              |                          | التلون   | الخواص البصرية | المرونة | الحرارة | عوامل التعرية | المواد الكيميائية | امتصاص الماء | قوة العزل | قوة الشد |   | قوة الصلابة                  |
| 2.097                        | 107                      | 1        | -              | -       | 1       | -             | 2                 | -            | 2         | 2        | 1                                       | الاستيتال                    |
| 1.3-0.022                    | 93-88                    | -        | 1              | -       | -       | 1             | 2                 | -            | -         | -        | 1                                       | الاكرك                       |
| 1.43-0.79                    | 93-82                    | 1        | 1              | -       | -       | -             | -                 | -            | 2         | 1        | 1                                       | خلات السليلوز                |
| 1.589-0.88                   | 93-82                    | 1        | 1              | -       | -       | 1             | -                 | 1            | 2         | 1        | 1                                       | بيريت خلالات الاستات         |
| =                            | =                        | 1        | 1              | -       | -       | -             | -                 | -            | 1         | 2        | 1                                       | بروبينات السليلوز            |
| 13.24b                       | 149                      | -        | -              | -       | 1       | -             | 1                 | 1            | -         | -        | -                                       | البولي ايثر المعرض<br>للكلور |
| 1.77-1.28                    | 93-82                    | 1        | -              | 1       | -       | -             | -                 | -            | 1         | 2        |   | اثيل سليلوز                  |
| 16.44-9.9                    | 260                      | -        | -              | -       | 1       | 1             | 1                 | 1            | 1         | 2        | -                                       | كلوروكاربون CFE              |
| 17.66-15.45                  | 199                      | -        | -              | 1       | 1       | 1             | 1                 | 1            | -         | 2        | 2                                       | فلوروكاربون TFE              |
| 4.4-2.6                      | 121                      | 2        | 2              | -       | 1       | -             | 2                 | -            | 2         | 1        | 1                                       | النايلون                     |
| 0.949-0.728                  | 100.74                   | 2        | 1              | 1       | -       | -             | 1                 | 1            | 1         | 1        | 1                                       | البولي ايثيلين               |
| 1.037                        | 110                      | 2        | 1              | 1       | -       | -             | 1                 | 1            | 1         | 1        | 1                                       | البولي بروبيلين              |
| 0.97-0.55                    | 71-60                    | 1        | 1              | -       | -       | -             | 2                 | -            | 1         | -        | 1                                       | البولي ستيرين                |
| =                            | 100                      | 1        | -              | -       | 1       | -             | 1                 | -            | 2         | 1        | 1                                       | المعدل                       |
| 0.95-0.597                   | 79                       | 1        | 1              | 1       | -       | -             | 1                 | 2            | 1         | 1        | 1                                       | الفينيل                      |

جدول ( 8 ) قيم حاصل الاذابة لبعض المواد المعروفة

| ثابت حاصل<br>الاذابة في 25 م° | المركب              | ثابت حاصل<br>الاذابة في 25 م° | المركب              |
|-------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| $1 \times 10^{-28}$           | PbS                 | $1.5 \times 10^{-10}$         | AgCl                |
| $2 \times 10^{-14}$           | PbCO <sub>4</sub>   | $4 \times 10^{-13}$           | AgBr                |
| $2 \times 10^{-8}$            | PbSO <sub>4</sub>   | $1 \times 10^{-16}$           | AgI                 |
| $6 \times 10^{-20}$           | Fe(OH) <sub>2</sub> | $4 \times 10^{-11}$           | CaF                 |
| $1 \times 10^{-38}$           | Fe(OH) <sub>3</sub> | $4.8 \times 10^{-9}$          | CaCO <sub>3</sub>   |
| $1 \times 10^{-40}$           | CuS                 | $1 \times 10^{-5}$            | MgCO <sub>3</sub>   |
| $6 \times 10^{-20}$           | Cu(OH) <sub>2</sub> | $9 \times 10^{-12}$           | Mg(OH) <sub>2</sub> |
| $1 \times 10^{-23}$           | ZnS                 | $8.1 \times 10^{-9}$          | BaCO <sub>3</sub>   |
| $1 \times 10^{-33}$           | Al(OH) <sub>2</sub> | $1 \times 10^{-10}$           | BaSO <sub>4</sub>   |
| $1 \times 10^{-6}$            | Ca(OH) <sub>2</sub> | $1 \times 10^{-10}$           | BaCrO <sub>4</sub>  |
|                               |                     | $1.7 \times 10^{-5}$          | PbCl <sub>2</sub>   |
|                               |                     | $8 \times 10^{-9}$            | PbI <sub>2</sub>    |

obeikandi.com

# المراجع

obeikandi.com

## المراجع

- 1- (( الكيمياء الهندسية ))  
د . محمود عمر عبد الله - جامعة البصرة 1999.
- 2- (( الصناعات الكيميائية التجارية ))  
مهندس عبد الكريم درويش - دار المعرفة - دمشق 2004 .
- 3- (( كيمياء المهندسين ))  
كار تميل - ترجمة د. ثروت صالح - جامعة الموصل 2001 .
- 4- (( الكيمياء في الهندسة ))  
لومير مونرو - نرننتس هول - نيوجيرسي 2005 .
- 5- (( الكيمياء الصناعية ))  
د. عزيز أمين - جامعة بغداد 1990 .
- 6- (( مبادئ الكيمياء الصناعية ))  
كريس كلاوسن - ترجمة د . عزيز أمين - جامعة بغداد 1995 .
- 7- (( أسس الكيمياء الصناعية ))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار الفجر للنشر والتوزيع - القاهرة 2005 م .
- 8- (( أسس الكيمياء الغروية ))  
أ.د. محمد مجدي واصل - مجموعة النيل العربية - القاهرة 2006 م .
- 9- (( كيمياء البوليمرات ))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار الفجر للنشر والتوزيع - القاهرة 2005 م .
- 10- (( مبادئ الكيمياء العامة ))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار الفجر للنشر والتوزيع - القاهرة 2004 م .

- 11- ((أسس الكيمياء الإشعاعية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار طيبة للنشر والتوزيع - القاهرة 2007 م .
- 12- ((أسس كيمياء السطوح))  
أ.د. محمد مجدي واصل- الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي- القاهرة 2007 م
- 13- ((مبادئ الكيمياء الحفزية))  
أ.د. محمد مجدي واصل- الأكاديمية الحديثة للكتاب الجامعي- القاهرة 2007 م
- 14- ((أسس الكيمياء التحليلية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار الفجر للنشر والتوزيع - القاهرة 2005 م .
- 15- ((أساسيات كيمياء العناصر))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار طيبة للنشر والتوزيع - القاهرة 2006 م .
- 16- ((أسس كيمياء المركبات التناسقية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار طيبة للنشر والتوزيع - القاهرة 2008 م .
- 17- ((الكيمياء الفيزيائية العملية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار النشر للجامعات - القاهرة 2008 م .
- 18- ((أسس الكيمياء الحركية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار طيبة للنشر والتوزيع - القاهرة 2006 م .
- 19- ((أسس الكيمياء الكهربائية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار طيبة للنشر والتوزيع - القاهرة 2007 م .
- 20- ((أسس كيمياء العناصر الانتقالية))  
أ.د. محمد مجدي واصل - دار طيبة للنشر والتوزيع - القاهرة 2008 م .