

الفصل باستخدام تبادل الشوارد

Ion Exchange separation

الفصل باستخدام تبادل الشوارد

Ion Exchange separation

-يعتمد الفصل باستخدام مبادلات الشوارد على تبادل الشوارد المحتجزة على سطح صلب مسامي غير منحل بالماء مع الشوارد الموجودة في محلول مائي عندما يتم التماس بينهما.

فتبادل الشوارد إذاً هو تفاعل يتم في وسط غير متجانس حيث يكون لدينا:

- طور صلب أو نصف صلب وهو مبادل الشوارد

-طور سائل وهو المحلول

-إن أكثر مبادلات الشوارد المستعملة في الكيمياء التحليلية هي راتنجات

صناعية Synthetic Resins

-لذلك تدعى مبادلات الشوارد الراتنجية Ion Exchange Resins

شروط نجاح عملية التبادل الأيوني

- يجب أن يكون التبادل سريعاً
- ليكون التبادل سريعاً يجب أن يكون سطح التماس كبير بين مبادل الشوارد والمحلول لذلك يجب أن تكون بنية مبادل الشوارد مكونة من حبيبات مسامية وأن تسمح للمحلول باختراقها.
- يجب أن لا تعطي الراتنجات للمحلول أية شاردة غير التي تقوم بمبادلتها ولهذا يجب أن تكون غير قابلة للانحلال بالماء ومقاومة للحموض والأسس، وبناء على هذا فإن مبادلات الشوارد الراتنجية تتألف من جزيئات مسامية كبيرة، ثلاثية الأبعاد، تحمل وظائف مشحونة قابلة للتبادل الشاردي مع شوارد المحلول.

بنية مبادلات الشوارد الراتجية

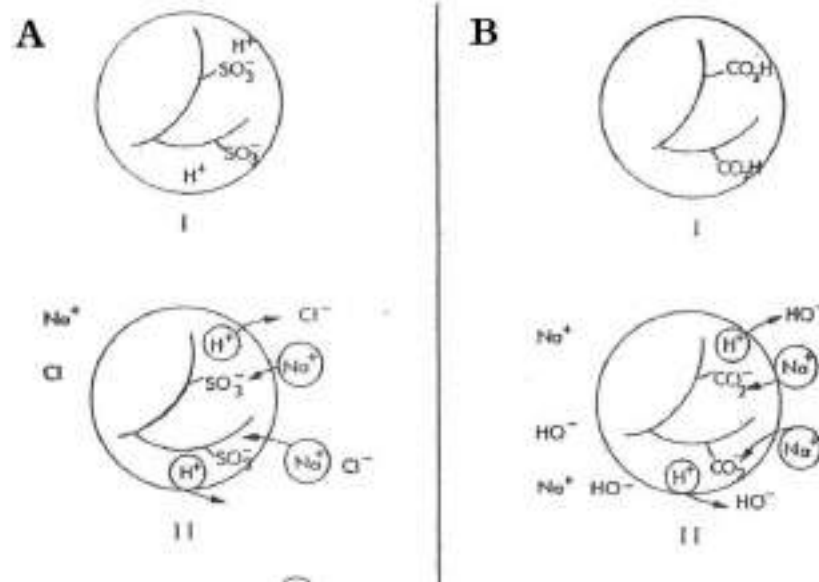
-هي بوليميرات وزنها الجزيئي عال (غالبا ماتحضر من دي فينيل البنزن المرتبط ببولي ستيرين) تحوي عدداً من المجموعات المشحونة في الجزيء
نميز بين نوعين من مبادلات الشوارد وذلك حسب إشارات الشوارد المتبادلة:

1- الراتجيات المتبادلة للشوارد الموجبة:

نذكر منها:

- أ - السولفونية Sulfonics وتملك المجموعة الوظيفية $-SO_3H$
 - ب- الكاربوكسيلية Carboxylics وتملك المجموعة الوظيفية $-COOH$
 - ج- أمينو دي أسيتيك وتملك المجموعة الوظيفية $-N(CH_2COOH)_2$
 - د - الفوسفونية phosphonics وتملك المجموعة الوظيفية $-PO_3H_2$
- وتعد مبادلات الشوارد السولفونية الأكثر استخداماً

تكون الشاردة التي يبادلها الراتنج في هذا النوع هو البروتون H^+ .



2- الراتينجيات المبادلة للشوارد السالبة:

- ونذكر منها:
- أ- مشتقات الأمونيوم الرباعي وتملك الوظيفة $\text{NR}_3 \text{OH}$ -
- ب- الأمينات وتملك الوظيفة $\text{NR}_2 \text{OH}$ -
- د- السولفونيوم وتملك الوظيفة $\text{SR}_2 \text{OH}$ -
- وتعد مشتقات الأمونيوم الرباعي الأكثر استخداماً
-

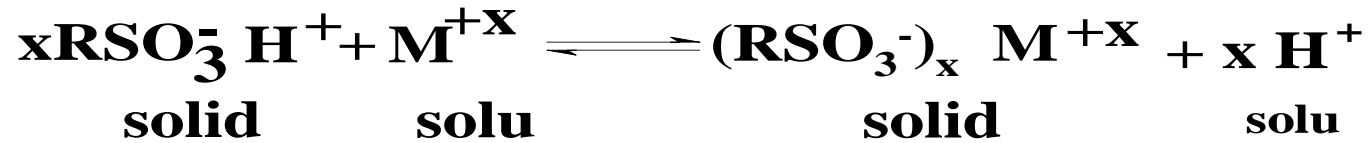
آلية التبادل الأيوني

يحصل التبادل الشاردي بين الشوارد الموجودة في داخل الراتنج وبين شوارد المحلول الموضوع بتماس معها. يكون للشوارد المتبادلة الإشارة نفسها ولكن تختلف بالطبيعة، ويحصل بوحدة الشحنات لوحدة الشحنات بحيث يبقى السائل داخلاً وخارجاً معتدلاً كهربائياً. فمثلاً تتبادل شاردة الصوديوم Na^+ مع شاردة (H^+) الهيدروجين ولكن شاردة Ca^{+2} تتبادل مع شاردي هيدروجين.

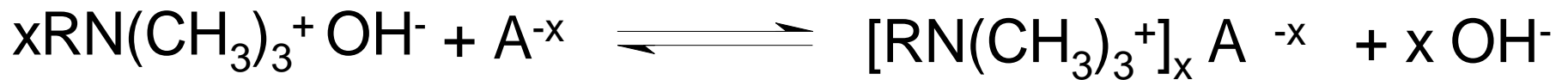
يتوقف التبادل حين الوصول إلى التوازن ويعتمد هذا التوازن على طبيعة الشوارد المتبادلة

1- مبادلات الشوارد الكاتيونية (الحمضية): نأخذ أمثلة:

1-1- مبادل شوارد سلفوني:



1-2- مبادلات الشوارد الأنيونية (القلوية)

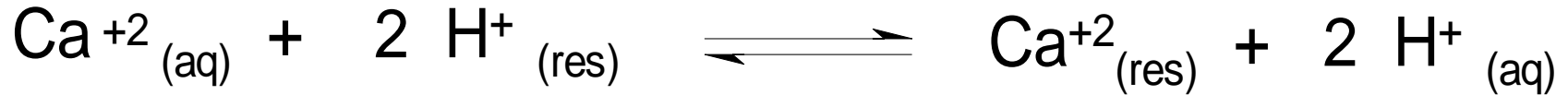


-سعة التبادل للراتنج **Exchange Capacity**:

تعبر عن عدد مكافئات الهيدروجين أو الهيدروكسيل القابلة للتبادل في واحدة الحجم أو واحدة الوزن من الراتنج.

Ion – Exchange Equilibria

توازنات تبادل الشوارد



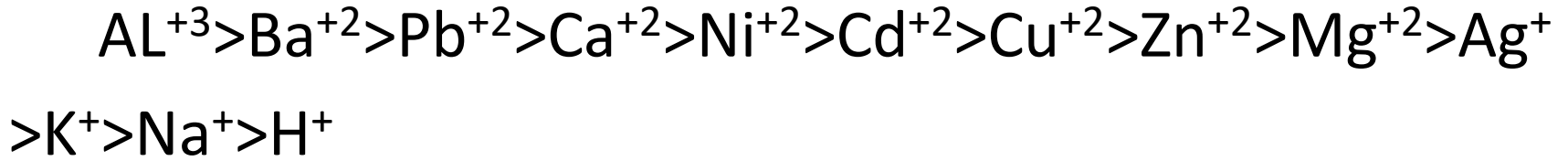
$$K = \frac{[\text{Ca}^{+2}_{(res)}][\text{H}^{+}_{(aq)}]^2}{[\text{Ca}^{+2}_{(aq)}][\text{H}^{+}_{(res)}]^2} \quad (1)$$

$$\frac{[\text{Ca}^{+2}_{(res)}]}{[\text{Ca}^{+2}_{(aq)}]} = K \frac{[\text{H}^{+}_{(res)}]^2}{[\text{H}^{+}_{(aq)}]^2} = K_D \quad (2)$$

تأثير درجة الحموضة أو الـ pH في عملية التبادل الشاردي:

تتدخل درجة الـ pH الطور المتحرك أو الطور السائل في درجة تشرّد الجزيئات ومن ثم على قدرتها في تحقيق التبادل مع شوارد الراتنج، ومن الجدير بالذكر مدى تأثير الـ pH على تشرّد وظائف الراتنج نفسه، فبينما لا يؤثر على تشرّد الوظائف الحمضية القوية أو الوظائف الأساسية القوية نجد تأثيره واضحاً على تشرّد الوظائف الضعيفة (حموض ضعيفة أو أسس ضعيفة) الموجودة في راتنجات أخرى مما يستدعي تحديداً دقيقاً لدرجة الـ pH عند القيام بعمليات تحليل كمية.

- تم التوصل إلى انتقائية تقريبية لتثبيت الراتنج الكاتيوني للكاتيونات حسب تناقص قيمة K_D



- تم التوصل إلى انتقائية تقريبية لتثبيت الراتنج الأنيوني للأنيونات حسب تناقص قيمة K_D



• - ينتج عن إمرار محلول يحوي شوارد ال AL^{+3} , Mn^{+2} , K^{+} بتراكيز متساوية على عمود يحوي مبادل شوارد حمضي قوي مائي:

1- يتم تبادل شوارد Mn^{+2} , مع شوارد الهيدروجين الموجودة في مبادل الشوارد

2- تكون شاردة AL^{+3} الأكثر ألفة لمبادل الشوارد

3- AL^{+3} يملك أعلى K_D

4- يملك ال K^{+} أقل قيمة ل K_D

استخدامات مبادلات الشوارد الراتجية

- 1- حذف تأثير الشوارد المتدخلة في المعايير
- 2- تنعيم المياه
- 3- تنقية المياه وتحضير الماء منزوع الشوارد
- 4- تحديد محتوى المياه من الأملاح الكلية

مثال

• تم إمرار 50 مل من محلول يحوي شوارد الليثيوم على عمود يحوي مبادل شوارد سلفوني ولدى معايرة حموضة المحلول بعد خروجه من العمود تبين أن تركيز البروتونات في المحلول يعادل 10 ميلي مكافىء/ل (الوزن الذري لليثيوم = 7)

- 1- احسب تركيز محلول الليثيوم بالنظامية
- 2- احسب تركيز محلول الليثيوم بالمولارية
- 3- احسب عدد ميلي مولات الليثيوم في المحلول المدروس
- 4- احسب تركيز الليثيوم مقدراً بال ppm