مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

# إزالة الفينول من المحاليل المائية باستخدام الزيوليت الطبيعي السوري

**د ابراهيم راهب***
**د. سميرة سليمان****
**إقبال اسماعيل*****

**(تاريخ الإيداع 31 / 8 / 2017. قُبِل للنشر في 10 / 1 /2018)**

## □ ملخّص □

استخدم في هذا العمل عينات من الخامات الزيوليتية الطبيعية السورية لدراسة امتزاز الفينول من المحاليل المائية، استخدمت الطريقة الساكنة لدراسة عملية الامتزاز . تبين أن عملية الامتزاز تكون سريعة في البداية لتصل إلى حالة توازن بعد زمن 120min. أجريت عملية الامتزاز في مجال واسع لقيم pH المحلول(10–3) ولوحظ أن امتزاز الفينول يزداد بازدياد قيمة PH حتى القيمة(7–6) ثم بعد ذلك تتناقص عملية الامتزاز في كامل المجال القلوي .تتأثر عملية الامتزاز بشكل واضح بتغير درجة الحرارة و اتضح أنه بازدياد درجة الحرارة تتناقص عملية الامتزاز، و تكون قيمة الامتزاز أعلى ما يمكن عند الدرجة$C^0$ 25 لتصل إلى حوالي 8 mg/g وذلك من أجل التركيز الابتدائي للفينول 60mg/l.عند استخدام كميات مختلفة من الزيوليت تبين أنه بازدياد الكمية تزداد قيمة الامتزاز لتصل إلى قيمة ثابتة تقريبا"و ذلك عند استخدام كمية 0.3 g من الزيوليت. تخضع عملية الامتزاز وفق الشروط المطبقة إلى نموذج لانغمويرِ في الامتزاز حيث تتشكل طبقة امتزازية أحادية الجزيئة على السطح الماز .

**الكلمات المفتاحية:** فينول ، زيوليت ، امتزاز ، لانغمويرِ و فريندلش .

* أستاذ – قسم الكيمياء_ كلية العلوم_ جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
** مدرس – قسم الكيمياء_ كلية العلوم_ جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.
*** طالبة ماجستير فيزيائية_ قسم الكيمياء_ كلية العلوم_ جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الأساسية المجلد (40) العدد (1) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Basic Sciences Series Vol. (40) No. (1) 2018

# Removal of phenol from aqueous solutions using natural Syrian zeolite

**Dr. Ibrahim raheb**[*]
**Dr. Samira suleiman**[**]
**Ikbal Esmaeel**[***]

**(Received 31 / 8 / 2017. Accepted 10 / 1 /2018)**

## □ ABSTRACT □

Syrian natural zeolit was used to study the adsorption of phenol from aqueous solutions. Batch method was used to study the adsorption process.

The results showed that the adsorption process accurs rabidly at the first time and the equilibrium achieved after 120min .

The adsorption process performed in the rang of PH (3-10). The adsorption of phenol increased by increasing of PH value up to(6-7) and then decreased.

The temperature affect the adsorption process and the results showed that the increasing of the temperature leads to decreasing of the adsorption of phenol.The maximum adsorption amount of phenol was 8 mg/g at $25C^0$ when the initial concentration of phenol was 60mg/l.

Adsorption amount of phenol increased when the adsorbent dosage increased up to 0.3g of zeolite.

The resulted data of the adsorption isotherm were fitted with Langmuire model and the monomolecular layer adsorption formed on the surdace of the adsorbent.

**Keywords**: .phenol , zeolite , Adsorption , Langmuire and Freunlish.

[*] **professor ,faculty of science ,dep. of chemistry,Tishreen Univ, Lattakia ,Syria.**
[**] **Assistant professor, faculty of science,dep. of chem–Tishreen Univ, Lattakia, Syria.**
[***] **postgraduate student,** faculty **of science, dep of chem., Tishreen Univ, Lattakia, Syria**

## مقدمة:

أدى التقدم التقني المتسارع في العالم إلى تأثيرات سلبية كثيرة انعكست على البيئة وكائناتها الحية، فاختل بذلك التوازن القائم بين مكوناتها وضعفت الروابط بين العناصر. لذلك كان لابد من القيام بمراقبة الملوثات وتقدير تركيزها وتقييمها حسب المواصفات العربية والعالمية، واتخاذ التدابير الكفيلة للحد من التلوث بغية المحافظة على التوازن البيئي واستمراره كونه يعد أساساً في الصحة والسلامة الوطنية والدولية[1].منذ عام 1860 دخل الفينول في الإنتاج حيث كان الإستخدام الأول للفينول كمطهر و في أواخر القرن التاسع عشر تم توسيع استخدام الفينول في صناعة الأصباغ و الإسبرين و البلاستيك و الأدوية و الصناعات الكيماوية و البترو كيماوية و المبيدات الحشرية وبحلول عام2001 بلغ إنتاج الفينول العالمي 7.8 مليون طن [2 ].والمركبات الفينولية لا تولد فقط عن طريق النشاط البشري و لكنها أيضا" تتشكل عن طريق تحلل الأوراق و الخشب و نتيجة"لذلك فهي موجودة في التربة وبطريقة ما ستصل إلى المياه الجوفية ما يسبب خطرا" على صحة الإنسان و نظرا" لسميتها و ثباتيتها في البيئة وضعت في قائمة الملوثات ذات الأولوية [3]. أشارت منظمة الصحة العالمية إلى أن الحد الأقصى للتركيز المسموح به من الفينول في مياه الشرب (1mg/l) [4].وإن تناول المياه الملوثة بالفينول يسبب تخرب البروتين وتآكل الأنسجة وشلل الجهاز العصبي المركزي و الحاق الضرر بالكلى و الكبد و البنكرياس.[5] وقد استخدمت عمليات مختلفة لإزالة الفينول من الأوساط المائية منها الأكسدة المتقدمة. [6] و الترشيح الغشائي [7] و التفكك البيولوجي[8] و الأكسدة الكهروكيماوية [9] و التحلل الضوئي [10] و الامتزاز[12−11]. إن عملية الإمتزاز فعالة لإزالة المواد العضوية من النفايات السائلة حيث تم استخدام الكربون المنشط على نطاق واسع نظرا" لقدرته الامتزازية العالية للملوثات العضوية و لكن ارتفاع تكلفته الأولية والحاجة إلى نظام تجديد مكلفة من الناحية الإقتصادية أخذت هذه المعايير بعين الإعتبار وتم البحث عن عملية امتزاز بتكلفة منخفضة و سهلة و متوافرة فاستخدم الزيوليت حيث يعتبر الزيوليت من المازات منخفضة التكلفة و متوفرة محليا" وقابلة لإعادة التدوير.[13]

## أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث في أنه يتناول دراسة إمكانية استخدام مادة طبيعية متوفرة في سورية لإزالة الملوثات العضوية مثل الفينول و مشتقاته في المحاليل المائية ، وباعتبار هذه المادة رخيصة الثمن و بالتالي لهذا البحث أهمية اقتصادية عالية. يهدف هذا البحث إلى دراسة امتزاز الفينول من المحاليل المائية و تعيين كمية الإمتزاز و قدرة الزيوليت على إزالة الفينول و دراسة تأثير بعض العوامل على عملية الإمتزاز.

## طرائق البحث و مواده :

استخدمنا في هذا البحث عينة من الخام السوري الحامل للزيوليت من منطقة أم أذن في سوريا ، ولها الرمز N−79 حسب تصنيف المؤسسة العامة للجيولوجيا. تحوي هذه العينة مجموعة من الأطوار الزيوليتية ( أنالسيم، شابازيت ،فليبسايت ) بنسبة 30−35% ولها التركيب الكيميائي الآتي [14] :

**الجدول( 1−1) : يبين التركيب الكيميائي للعينة المدروسة .**

| العينة | الرطوبة الطبيعية | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $K_2O$ | MgO | $Na_2O$ | $CaCO_3$ | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N-79 | 12. 0 | 40. 2 | 16. 5 | 27. 3 | 0. 9 | 1.7 | 3.7 | 9.6 | 99. 9 |

تم طحن العينة و غربلتها باستخدام مناخل مختلفة الأقطار ، اخترنا للبحث كمية من الزيوليت ذات أبعاد (0.71−0.85mm), غسلت العينة بالماء المقطر مرات عدة و بعد ترشيحها جففت عند الدرجة $110\ C^0$ لمدة ساعتين ، ثم وضعت في المرمده لمدة 3 h عند الدرجة $55C^0$ . حضرنا محلول مائي للفينول بتركيز 500mg/l ثم استخدمناه لتحضير سلسلة محاليل عيارية مختلفة التركيز بطريقة التمديد و ذلك عند قيم:

mg/l (10,20,40,60,80,100,200). استخدمت كمية 0.3g من الزيوليت و أضيفت إلى 50mlمن محلول الفينول بتراكيز ابتدائية (10,20,40,60,80,100)mg/l ،أجريت عملية الامتزاز باستخدام الطريقة الدفعية (الساكنة) Batch method و ذلك بإضافة كمية محددة من الخام الزيوليتي الصلب إلى حجم 50ml من محاليل الفينول المحضرة مع التحريك المستمر على هزاز ميكانيكي من نوع Julabo ألماني لمدة زمنية محددة. رشح المحلول الناتج و عين التركيز المتبقي للفينول في الرشاحة بالطريقة الطيفية بإستخدام جهاز طيفي Spectrophoto Meter 150W من نوع T60 U إنتاج PG Instruments Limited و ذلك عند طول الموجة 270nm.

## النتائج والمناقشة :

### زمن التماس(التوازن) Contact time

يعد زمن التماس من العوامل الهامة في دراسة عمليات الامتزاز على السطوح الصلبة لمعرفة الزمن اللازم لإشباع السطح بالمادة الممتزة [16]. استخدمت سلسلة من المحاليل بتركيز mg/l (10,20,40,60,80,100) بحجم 50ml من كل تركيز و أضيف إلى هذا الحجم كمية 0.3g من الزيوليت و تركت المحاليل مع التحريك في هزاز ميكانيكي لمدة 24h و عند أزمنة مختلفة يفصل المحلول بالتثفيل و الترشيح و تم تعيين تركيز الفينول المتبقي في الرشاحة بالطريقة الطيفية .

تحسب قيمة الإمتزاز من العلاقة:

$$q=(C_0 - C_e)* \frac{V}{m} \qquad (1)$$

حيث ; q(mg/g) : كمية الامتزاز

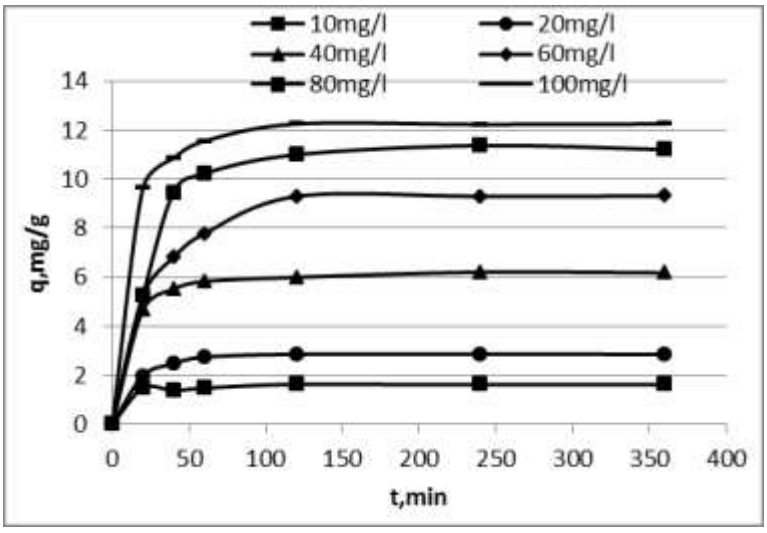
$C_0$(mg/l): التركيز الإبتدائي للفينول

Ce(mg/l) : التركيز التوازني للفينول .

m(g) : كمية الزيوليت المستخدم V (L) : حجم المحلول المستخدم

تحسب نسبة الإزالة من العلاقة: (2)

$$R = \frac{C0-Ce}{C0} * 100$$

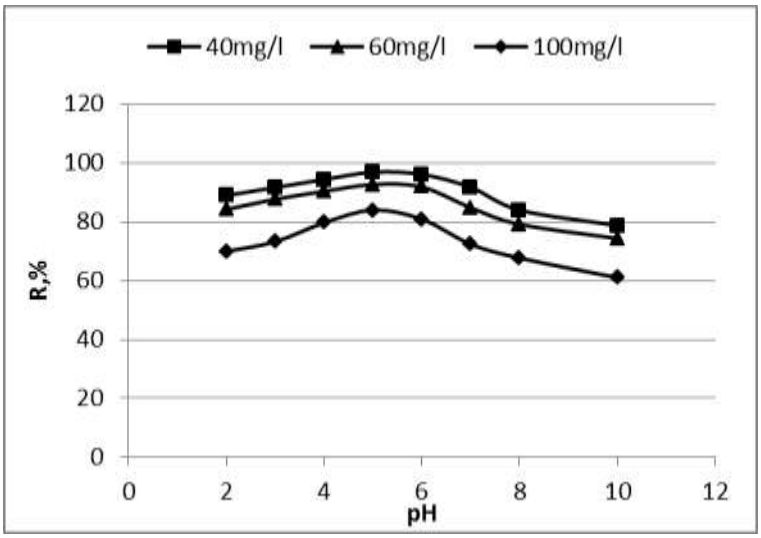



**الشكل (1) : يبين كمية الامتزاز بتابعية الزمن عند قيم مختلفة لتركيز الفينول**

يبين الشكل (1) أن كمية الامتزاز تزداد بشكل عام مع الزمن و ذلك من أجل جميع قيم التركيز المستخدمة . يظهر أيضا" من الشكل (1) أن ازدياد كمية الامتزاز يكون سريعا"من أجل التراكيز المنخفضة 10,20,40 mg/l ويصل منحني الامتزاز إلى حالة التوازن خلال زمن لا يتجاوز 60 min بينما في حالة ازدياد التركيز عند قيم 60,80,100 mg/l يكون الازدياد في كمية الامتزاز مع الزمن أقل حيث يتباطأ هذا التزايد و يصل المنحني إلى حالة التوازن خلال زمن أكبر يصل إلى 120 min يعزى هذا السلوك إلى أنه عند قيم التراكيز المنخفضة تكون نسبة المراكز الامتزازية المتاحة كبيرة مقارنة" مع كمية المادة الممتزة الموجودة في المحلول ، و بالتالي تستطيع جزيئات المادة الممتزة التوضع على هذه المراكز بحرية و سرعة كبيرة . عند ازدياد التركيز تتناقص نسبة المراكز الامتزازية المتاحة بالنسبة لكمية المادة الممتزة و بالتالي تحصل عملية تنافس بين الجزيئات الممتزة على المراكز المتاحة ما يؤدي إلى ازدياد زمن التوازن ، و تتوافق هذه النتيجة مع بعض الدراسات المرجعية [ 17] و عند دراسة امتزاز الفينول على الفحم الفعال و امتزاز أزرق الميتيلين على الزيوليت [ 18 ].

**تأثير pH الوسط :**

لقيمة pH الوسط أهمية كبيرة للتحكم بعملية الامتزاز ، تؤثر أيونات الهيدرونيوم بشكل واضح على عملية الامتزاز من المحاليل حيث تنافس و بشكل قوي الجزيئات الأخرى الموجودة في المحلول على المواقع الامتزازية من جهة وتؤثر على تأين المجموعات السطحية و بالتالي على الشحنة السطحية . لدراسة تأثير قيمة pH الوسط استخدمنا حجما" قدره 50 ml من محلول الفينول عند قيم مختلفة للتركيز الابتدائي وأجريت التجارب في مجال(3–9) pH بوجود كمية ثابتة من الزيوليت في المحلول 0.3 g عند تحريك لمدة ساعتين . يوضح الشكل (2) تأثير قيمة pH الوسط على امتزاز الفينول على سطح الزيوليت .

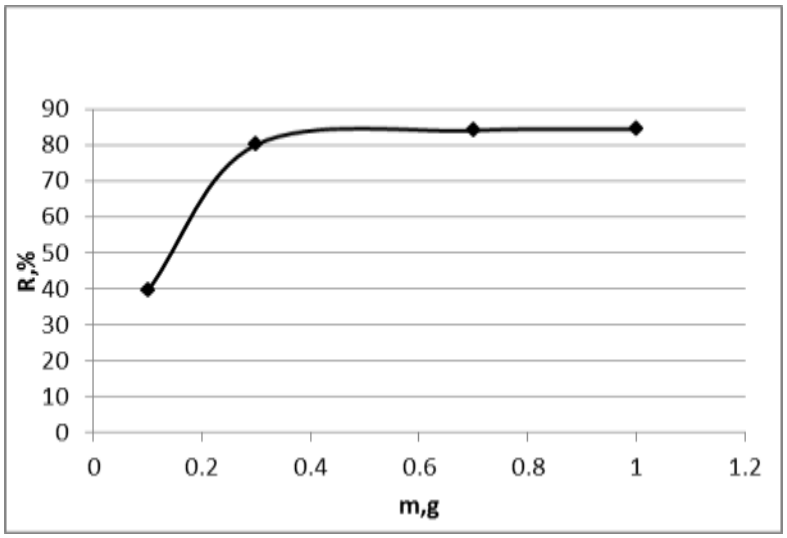



**الشكل(2) تأثير قيمة pH الوسط على عملية امتزاز الفينول**

تتغير انحلالية الفينول بتغير قيمة pHالوسط . نلاحظ من الشكل (2) ازدياد كمية الفينول الممتزة بازدياد قيمة pH و ذلك في المجال (6.5-3) و يعزى السبب لتأثر بنية الفينول بتغير قيمة pH حيث ضمن هذا المجال يتناقص تركيز أيونات الهيدروجين المنافسة للفينول ، عند قيم7 < pH تتغير الشحنة السطحية للزيوليت لتكتسب شحنة سالبة بالإضافة إلى ازدياد تأين الفينول و تحوله إلى أيون الفينوكسيد السالب و بالتالي ازدياد التنافر مع السطح مما يؤدي إلى تناقص امتزاز الفينول ، تتطابق هذه النتائج مع نتائج أبحاث عدة [18-17-16-15].

**تأثير كمية الزيوليت :**

أخذنا أربع كميات من محلول الفينول كل منها 50ml, بتركيز 100mg/l، وعند درجة الحرارة $25\ C^0$، وقيمة pH=6 وأضفنا على التوالي الكميات التالية g(0.1,0.3,0.7,1) من الزيوليت و تُركت المحاليل لتتوازن ثم تمّ التثفيل و الترشيح و تعيين التركيز المتبقي من الفينول في كل محلول بالطريقة الطيفية ، ثم عُيّنت نسبة الإزالة والكمية الممتزة و يبين الشكل (3) تغير نسبة الإزالة بتابعية كمية الزيوليت المستخدمة .

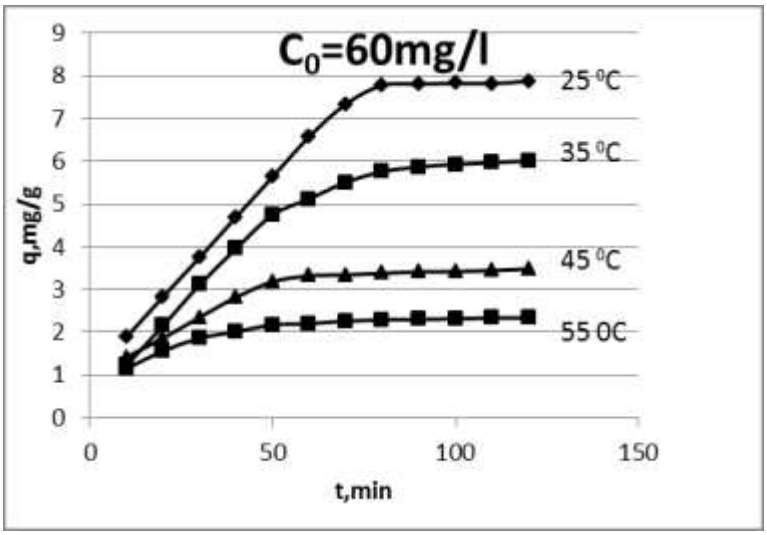



**الشكل (3): يبين تغير نسبة الإزالة عند تغير كمية الزيوليت المستخدمة $C_0$=100mg/l**

نلاحظ من الشكل (3) تزايد الإزالة بزيادة كمية الزيوليت المستخدمة حتى تصل إلى قيمة ثابتة لا تزداد بعدها و تكون تقريبا" عند m=0.3g و يعود السبب في ذلك إلى أن زيادة كمية الزيوليت توفر مساحة أكبر من سطح التماس بين الفينول و الزيوليت و بازدياد عدد المواقع المتاحة للامتزاز تزداد نسبة الإزالة و بالتالي تقل $C_e$ مع ثبات $C_0$ فتصل الإزالة إلى حالة من الثبات رغم وجود عدد من المواقع الإمتزازية غير المشبعة [19] .

**تأثير درجة الحرارة :**

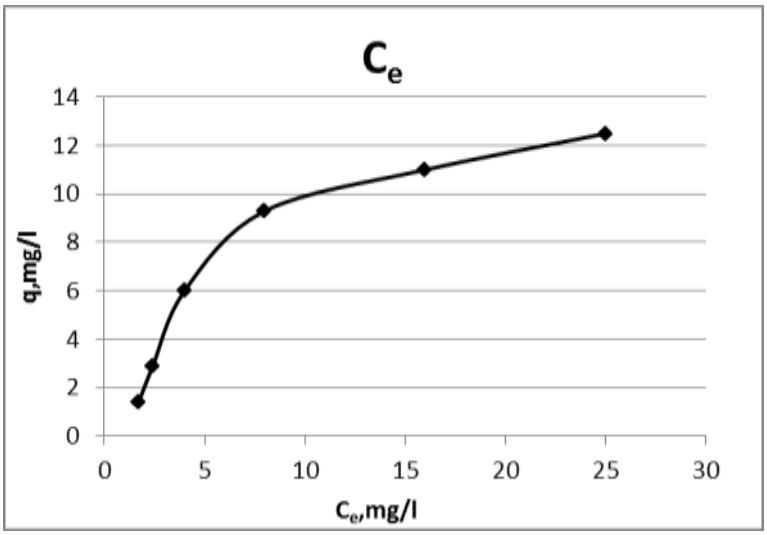
درسنا تأثير درجة الحرارة عند القيم $C^0$ (25,35,45,55) على محلول للفينول بتركيز 60mg/l بإضافة 0.3g من الزيوليت إلى 50ml من محلول الفينول عند قيمة pH=6 حتى التوازن وإجراء قياس كل 10minبنفس الخطوات السابقة من تثفيل و ترشيح و حساب التركيز المتبقي و نسبة الإزالة و الكمية الممتزة كما في الشكل (4) حيث نلاحظ أنه من أجل كل درجة تزداد كمية الإمتزاز بدلالة الزمن حتى تصل إلى قيمة ثابتة ويكون الازدياد بطيئا" عند درجات الحرارة العالية . من جهة أخرى نلاحظ أن قيمة الامتزاز من أجل درجات الحرارة المختلفة تزداد بتناقص درجة الحرارة ، إذ يبين الشكل(4) أن أعلى قيمة للامتزاز تكون عند الدرجة $C^0$ 25 وأخفض قيمة عند الدرجة$C^0$ 25 , ويعزى ذلك إلى أن عملية الامتزاز بشكل عام هي عملية ناشرة للحرارة أي ان عملية الامتزاز تتناسب عكسا" مع درجة الحرارة ، وحيث أنه بازدياد درجة الحرارة تزداد الطاقة الحركية للجزيئات الممتزة و يمكن أن تزداد سرعة انتشارها إلى السطح ولكن ازدياد طاقتها الحركية يؤثر سلبا" على بقاء هذه الجزيئات على السطح و يسهم في سهولة انفلاتها من على السطح. [20]




**الشكل(4) يبين تأثير درجة الحرارة على كمية الإمتزاز عند $C_0$=60mg/l**

**تأثير التركيز الإبتدائي:**

حضرت سلسلة من محاليل الفينول بتركيز mg/l (10,20,40,60,80,100) بحجم 50ml من كل تركيز وأضيف إلى هذا الحجم كمية 0.3g من الزيوليت و تركت المحاليل مع التحريك حتى تتوازن و من ثم قمنا بالتثفيل والترشيح وتعيين التركيز المتبقي للفينول في الرشاحة بالطريقة الطيفية وذلك من أجل تعيين نسبة الإزالة وكمية المادة الممتزة و يبين الشكل (5) العلاقة بين كمية الإمتزاز والتركيز التوازني أو ما يدعى بمنحني الامتزاز .




**الشكل (5) منحني امتزاز الفينول على الزيوليت المستخدم**

نلاحظ من الشكل (5) أن كمية الإمتزاز تزداد مع ازدياد التركيز الإبتدائي و بالتالي يملك الزيوليت فعالية جيدة في عملية امتزاز الفينول من المحاليل المائية في درجة حرارة الغرفة ،حيث تتغير كمية الإمتزاز بين 1.38mg/g عند التركيز الإبتدائي للفينول 10mg/l حتى 12.5mg/g من أجل التركيز الإبتدائي للفينول100mg/l ، يظهر من الشكل (5) أن منحني الامتزاز يتوافق مع منحنيات الامتزاز اللانغمورية.[ 21 ]بالتالي يمكن تطبيق علاقة لانغمويز الخطية لتعيين السعة التبادلية العظمى للزيوليت المستخدم وهي بالشكل:

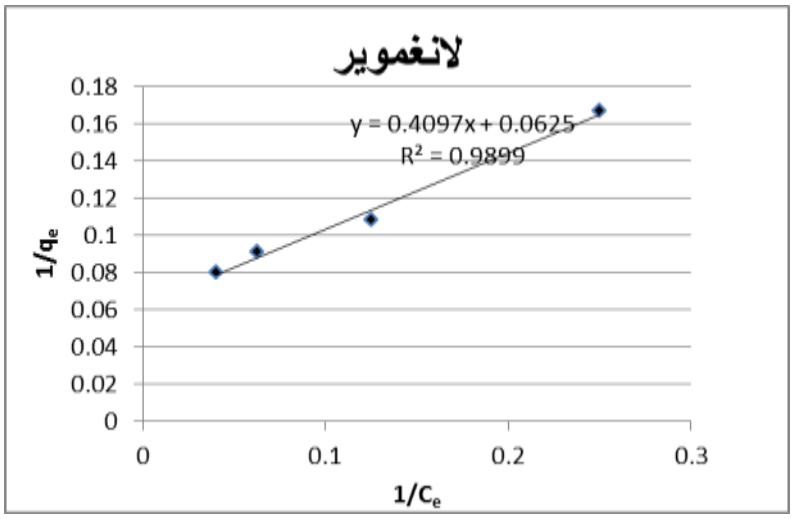
$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_{max}} + \frac{1}{q_{max}} * \frac{1}{k} * \frac{1}{Ce} \quad (3)$$

حيث :q(mg/g) : كمية الإمتزاز

$q_{max}$ (mg/g) : السعة الإمتزازية العظمى

$C_e$(mg/l) : التركيز التوازني

K: ثابت التوازن الإمتزازي (ثابت لانغمويز) و هو يعبر عن الألفة بين الماز و الممتز ، و برسم العلاقة السابقة في الإحداثيات $(1/q,1/C_e)$يمكن تعيين كل من السعة العظمى $q_{max}$ و ثابت لانغمويز K من خلال الميل و التقاطع للخط المستقيم كما في الشكل (6)




**الشكل (6) يبين علاقة لانغمویر الخطية لتعيين $q_{max}$ , K**

نلاحظ من الشكل(6) أن علاقة لانغمویر الخطية يمكن تطبيقها في هذه الحالة كما يظهر من قيمة معامل الإرتباط R=0.9899 و بالتالي من العلاقة الخطية يكون التقاطع $i=1/q_{max}$ و الميل $m= 1/q_{max}*k$ و بالتالي يمكن تعيين كل من $K,q_{max}$ حيث K=0.15255 , $q_{max}$=16mg/g .

حيث يفترض نموذج لانغمویر أن عملية الإمتزاز تحدث بارتباط الجزيئات الممتزة بمواقع محددة على السطح الصلب ، حيث أن كل موقع يستطيع الارتباط بجزيئة واحدة فقط و تكون طاقة جميع المواقع الامتزازية متكافئة

و توجد تأثيرات متبادلة بين الجزيئات الممتزة ،تحصل عملية إشباع للمواقع الامتزازية و يصل منحني الامتزاز إلى عتبة أفقية و تتوقف عملية الامتزاز بتشكل طبقة ممتزة أحادية الجزيئة [22].

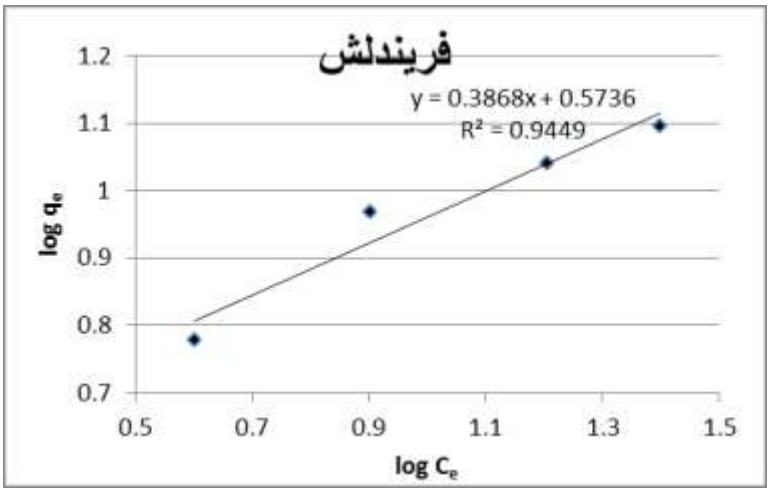
بينما يعد نموذج فريندلش نموذجا"تجريبيا" محضا" و لا يفترض وجود تغطية سطحية ثابتة ، بل يفترض ازدياد كمية الامتزاز بازدياد التركيز التوازني دون الوصول إلى قيمة ثابتة ، و هو بشكل عام يصف الامتزاز على المواقع الامتزازية غير المتجانسة طاقيا" و يعبر رياضيا" عن هذا النموذج من خلال العلاقة الخطية الآتية :

$$\log q_e = \log k_f + 1/n \log C_e \qquad (4)$$

حيث $k_f , n$ ثوابت علاقة فريندلش و يعبر $k_f$ عن السعة الامتزازية العظمى بينما يعبر الثابت n عن قوة الامتزاز في أثناء حدوث العملية الامتزازية ، فإذا كانت n=1 يكون توزع الجزيئات الممتزة بين الطورين السطحي

و الحجمي مستقلا" عن التركيز أما عندما n <1فيشير ذلك إلى حدوث الامتزاز التنافسي على المواقع مختلفة القدرة الامتزازية ، و حيث n>1 يحدث الامتزاز بشكل طبيعي .

و برسم علاقة فريندلش في الاحداثيات ($\log q_e$ , $\log C_e$) يمكن تعيين كل من $k_f , n$ من خلال الميل و التقاطع للمستقيم الناتج [23]. كما في الشكل (7)




**الشكل(7) يبين علاقة فريندلش الخطية لحساب $k_f$ , n**

و بحساب قيم $k_f$ , n نجد أن: $R^2$ =0.9449 n=2.585 $k_f$ = 3.746

يتبين من خلال نموذجي لانغمور و فريندليش أن معامل الارتباط $R^2$ في حالة لانغمور أقرب بكثير إلى الواحد مقارنة" مع نموذج فريندليش و بالتالي يمكن القول إن عملية امتزاز الفينول ضمن الشروط المدروسة تخضع لآلية لانغمور أي تشكل طبقة امتزازية أحادية الجزيئة .[ 24 ]

## الاستنتاجات والتوصيات:

**الاستنتاجات:**

- تحدث عملية امتزاز الفينول من محاليله المائية بشكل جيد على الخام الزيوليتي الطبيعي السوري.
- تكون عملية الامتزاز سريعة إلى حدٍ ما و يحدث التوازن بشكل سريع نسبيا" و خلال ساعتين و حتى عند قيم التركيز العالية للفينول .
- تؤثر قيمة pH المحلول على عملية امتزاز الفينول حيث تزداد قيمة الامتزاز في الوسط الحمضي حتى المعتدل، ومن ثم تتناقص في الوسط القلوي بسبب تأثير pH على انحلالية الفينول و على الشحنة السطحية للمادة الصلبة .
- تزداد كمية امتزاز الفينول بازدياد كمية الزيوليت المستخدم و ذلك حتى قيمة معينة لتصبح ثابتة تقريبا" بعد حد معين موافق لكمية الزيوليت 0.3g .
- تتناقص كمية الامتزاز بازدياد درجة حرارة المحلول بشكل واضح و بما أنّ عملية الامتزاز ناشرة للحرارة مما يؤكد أنّ عملية التأثير المتبادل بين السطح الصلب و الفينول هي عملية امتزاز صرفة دون التداخل مع عمليات سطحية أخرى .
- تزداد عملية الامتزاز بازدياد التركيز الابتدائي للفينول في المحلول و يكون شكل منحني الامتزاز قريبا" من شكل منحني لانغمور.
- تبين معالجة المعطيات وفق نموذجي لانغمور و فريندليش أنّ عملية الامتزاز تخضع بشكل واضح لنموذج لانغمور اي تشكل طبقة امتزازية أحادية الجزيئة ، و تبلغ القيمة العظمى للامتزاز 16 mg/g .

**التوصيات:**

1-نوصي بإجراء تجارب الامتزاز عند قيم تركيز أكبر للفينول .

2-يمكن استخدام جزيئات أخرى في عملية الامتزاز مثل الملونات و الأصبغة و التعرف على سلوكها أثناء عملية الامتزاز من المحاليل على الخام الزيوليتي السوري .

3-إجراء معالجات حركية و تعيين بعض التوابع الترموديناميكية و طاقة تنشيط العملية .

4-يمكن إجراء عملية الامتزاز بالطريقة المتحركة (dynamic method) باستخدام عمود يحوي المادة الصلبة، و مقارنة النتائج مع الطريقة المستخدمة في هذا العمل .

## المراجع:


[1] COMELIA.M; PETRU.N;MIHAELA.C; LAVINIA.L;IOAN.U; GIANNIN.M. *Studies Regarding the Ground Water Pollution in a Rural Area*. Chem.Bull, Romania, 2006, Vol.51(65),1-2, 75-78.

[2] *Phenol*. Chemical Week 2002; 164: 31.

[3] CRISTINA MAHUGO SANTANA.et.al. *Methodologies for the Extraction of Phenolic Compounds fromEnvironmental Samples*: New Approaches. Molecules. Spain.p:298-320.

[4] *(kumaranan and paruchuri).*1996**.**

[5] A. KNOP, L.A. PILATO, *Phenolic Resins—Chemistry, Applications and Performance*,Springer-Verlag, 1985.

[6] S. ESPLUGAS, J. GIMENEZ, S. CONTRERAS, E. PASCUAL, M. RODRIUEZ, *Comparison of different advanced oxidation processes for phenol degradation*, Water Res. 36 ,2002, 1034–1042.

[7] K. RZESZUTEK, A. CHOW, Extraction *of phenols using polyurethane membrane,*

Talanta 46 ,1998, 507–519.

[8] A.P. ANNACHHATRE, S.H. GHEEWALA, *Biodegradation of chlorinated phenolic compounds,Biotechnol*. Adv. 14 ,1996, 35–56.

[9] J.D. RODJERS, W. JEDRAL, N.J. BUNCE, *Electrochemical oxidation of chlorinated phenols,* Environ. Sci. Technol. 33 ,1999, 1453–1457.

[10] Z.F. GUO, R.X. Ma, G.J. Li, *Degradation of phenol by nanomaterial TiO2 in wastewater*,Chem. Eng. J. 119 (2006) 55–59.

[11] A. DABROWSKI, P. PODKOSCIELNY, Z. HUBICKI, M. BARCZAK, *Adsorption of phenolic compounds by activated carbon*—a critical review, Chemosphere 58 (2005)1049–1070.

[12] D.M. NEVSKAIA, A. SANTIANES, V. MUNOZ, A. GUERRERO-RUIZ, *Interaction of aqueous solutions of phenol with commercial activated carbons*: an adsorption and *kinetic study*, Carbon 37 (1999) 1065–1074.

[13] MD. AHMARUZZAMAN, *Adsorption of phenolic compounds on low-cost adsorbents.*

[ 14] a review, Adv. Colloid Interface Sci. 143 (2008) 48–67. RAHEB. I. ; KAWASS. H. A. , 2005- *Characterization of the Syrian ores containing zeolite in Om' ezen area* , Tishreen unvir. J. for studies and research – basic science series , v.27 , n.1, 69-78 .

[15] MORADI M, HEMATI L, PIRSAHEB M, SHARAFI K ,2015,. *Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by powdered scoria-equilibrium isotherms and kinetic studies.* World Applied Sciences Journal 33(3): 393-400.

[16] YOUSEF RI, El-ESWED B. *The effect of pH on the adsorption of phenol and chlorophenols onto natural zeolite*. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects 334(1): 2009, 92-9.

[17] RUSHDI I YOUSEF, BASSAM El- ESWEED . *The effect of PH on the adsorption of phenol and chlorophenols onto natural zeolite.* Colloid and Surfaces A: physicochem.Eng. Aspects,2009,334,92-99.

[18] www.ijehe .org . *Adsorption of phenol from aqueos solution by modified zeolite with* $FeCl_3$ .2016.19.

[19] P. FIGUEIRA , C.B. LOPES , A.L. DANIEL-DA-SILVA ; E. PEREIRA ; A.C. DUARTE and T. TRINDADE .,2011, *Removal of mercury (II) by dithiocarbamate surface functionalized agnetite particles : Application to synthetic and natural spiked waters* . Water research .45,5773-5784.

[20] H. FAGHIHIAN, M. K. AMINI, A. R. NEZAMZADEH. *Cerium uptake by zeolite A synthesized from natural clinoptilolite tuffs.* Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. Vol. 264, No. 3 ,2005, 577-582.

[21]LANGMUIR, I. *The adsorption of gases on plane surfaces of glass* .mica.and platinum .j. Am. Chem.Soc.40,1918,1361-1403.

[22] A.M.E1-KAMASH; *Evaluation of zeolite Afor the sorptive removal of Cs and* $Sr^{+2}$ *ions from aqueous solutions using batch and fixed bed column operation,* Journal of Hazardous Materials,2008,151,432-445.

[23] FREUNDLICH, *Over the adsorption in solution*, J. Phys. Chem. 57 ,1906.

385–470. MORADIM, HEMATI L, PIRSAHEB M, SHARAFI K (2015). *Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by powdered scoria-equilibrium isotherms and kinetic studies.* World Applied Sciences Journal 33(3): 393-400.

[24] H.M.F. FRUNDLICH*, Over the adsorption in solution,* J. Phys. Chem. 57,1906, 385–470.