



دراسة نماذج لانجمير وفريندليش لادمصاص ايونات الرصاص باستخدام مسحوق نبات الخروع (II)

*موسى محمد خودة محمد و زينة فضل محمد التبيني الشريف و كريمة سعيد الخير الكورتاني

قسم الكيمياء، كلية التربية غات، جامعة سبها، ليبيا

الكلمات المفتاحية:

ادمصاص
أوراق الخروع
أيون Pb+2
فريندليش
لانجمير

الملخص

يعد الامتزاز من أهم التقنيات التي استخدمت في معالجة مشكلة تلوث المياه، لكفاءته العالية وبساطة التكنولوجيا المستخدمة، تناولت هذه الدراسة ظاهرة الامتزاز في المحاليل باستخدام مسحوق أوراق الخروع كمادة مازة (MPCL)، لغرض تقليل تركيز أيون Pb+2 في المحاليل المائية إذ يعد من الملوثات للبيئة المائية، وقد وجد أن عملية الامتزاز تعتمد على مجموعة من المتغيرات وهي: الرقم الهيدروجيني، كمية المادة المازة، التركيز الابتدائي، درجة الحرارة وزمن الاتصال. و كان أفضل امتزاز لأيون Pb+2 عند (PH=5, MPCL=50mg, T=288k, Tc=50min, Co=60mg.l-1) وقد طبق نموذجي لانجمير وفريندليش من أجل دراسة عملية الاتزان لهذه الأنظمة حيث وجد أن نموذج فريندليش أكثر ملاءمة في تفسير هذه الأنظمة وذلك من خلال قيم معامل الارتباط R2 والتي كانت (0.860) أعلى من قيمة R2 لانجمير والتي كانت (0.831)، كما تم حساب قيم الثرموديناميكية الأساسية لعملية الامتزاز وكانت النتائج كالآتي: ($\Delta H = 3917.7$) ماصة للحرارة، ($\Delta G = -16630$) تلقائية، ($\Delta S = 14.278$) غير منتظمة.

The Study of Longmuir and Freundlich Adsorption Isotherm of pb (II) using Castor,s leaves powder

*Mussa Mohamed Khouda Mohamed, Zeina Fathel Mohamed Altbiny, Krimea Saed Alkhier Kourtany

Sebha University, Chemistry department, Faculty of Education Ghat, Sebha University, Libya

Keywords:

Adsorption
Castor leaves
Freundlich
Ion Pb+2
Langmuir

ABSTRACT

Adsorption is one of the most important techniques used in addressing the problem of water pollution, for its high efficiency and simplicity of the technology used, this study addressed the phenomenon of adsorption in solutions using castor leaf powder as a material (MPCL), for the purpose of reducing the concentration of ion Pb+2 in water solutions as it is a pollutant for the aquatic environment, The adsorption process has been found to depend on a range of variables: pH, the amount of the material, primary focus, temperature and communication time. The best adsorption of Ion Pb+2 was at (PH=5, MPCL=50mg, T=288k, Tc=50min, Co=60 mg.l-1) and was a typical dish for Langmuir and Freundlich In order to study the balance process of these systems, the Freundlich model was found to be more appropriate in interpreting these systems through R2 link coefficient values, which were (0.860) higher than the R2 value of the Langmuir, which was (0.831) The basic thermodynamic values of the adsorption process were calculated and the results were as follows ($\Delta H = 3917.7$) heat absorbent, ($\Delta G = -16630$) automatic, ($\Delta S = 14.278$) irregular.

المقدمة

السامة التي تؤثر على الصحة لأنها تتراكم داخل الأنسجة الحية والبيئة، تتجمع العناصر الثقيلة في العديد من مصادر المياه مثل: مياه الصرف الصحي ومياه مخلفات المصانع وغيرها ولقد أصبح من الضروري استخدام بعض التقنيات لتقليل الملوثات في هذه المياه وهناك العديد من الطرق المستخدمة

يعاني علمنا من عدد كبير من المشكلات أهمها على الإطلاق وأكثرها حيوية مشكلة التلوث البيئي بالمعادن الثقيلة، إضافة إلى عدم اتباع الطرق المناسبة في معالجة مصادر التلوث، تعد النشاطات الصناعية المصدر الرئيسي لتلوث المياه بسبب المخلفات الكيميائية التي تحتوي على العناصر الثقيلة والمواد

*Corresponding author:

E-mail addresses: mus.mohamed@sebhau.edu.ly, (Z. F. Altbiny) zenaasharif1997@gmail.com, (K. S. Kourtany) mmlak343@gmail.com

Article History : Received 16 June 2021 - Received in revised form 12 August 2021 - Accepted 25 December 2021

باستخدام هاون خزفي، وتم أخذ 5 جرام من الغليظ المطحون وذوب في كأس به حجم من الماء المقطر حوالي 10 مل وأكمل الحجم إلى 50 مل من الماء المقطر.

كما حضر محلول قياسي **Standard Solution** من Pb^{2+} تركيزه 1000 ppm ملجم/لتر وذلك بإذابة 0.39 جرام من نترات الرصاص في حجم 1000 مل من الماء المقطر.

وحضر أيضًا محاليل مخففة من Pb^{2+} بتركيزات مختلفة (10-20-30-40-50 mg/l) وذلك باستخدام قانون التخفيف وأخذت الأحجام المطلوبة على التوالي (2.5- 5-7.5-10-12.5 ml) من المحلول القياسي تركيزه 1000 ppm في حجم 250 مل من الماء المقطر.

جمع وتحضير عينة المادة المازة :

تم جمع عينة الدراسة (أوراق الخروع)، من داخل مدينة غات في حي الزهور بالقرب من مقبرة غات. بعد جمع الأوراق تم غسلها مرتين بالماء العادي لإزالة آثار الغبار بعد ذلك تم غسلها ثلاث مرات بالماء المقطر، ثم جففت في فرن تجفيف درجة حرارته 70 م°، بعد ذلك تم طحنها يدويًا في هاون خزفي ثم طحنت آليًا للحصول على مسحوق أوراق الخروع **Micro Powder Castor Leaves (MPCL)** ثم تمت الغريلة باستخدام منخل حجم حبيباته 250mm كما هو موضح بالشكل 2.



شكل 2: يوضح جمع وتحضير العينة.

دراسة عملية الامتزاز بطريقة الدفعة الواحدة:

أنجزت هذه الدراسة من خلال استعمال طريقة الدفعة الواحدة والتي يمكن إنجازها عن طريق رج كميات محددة من محاليل المائبة لأيون الرصاص Pb^{2+} بتركيزات مختلفة وعلى شكل دفعات باستعمال نفس كمية المادة المازة (MPCL) وعند الظروف نفسها من $\text{pH}=5$ ودرجة حرارة 25C°

إذ تم أخذ 100 مل من كل النماذج لمحلول Pb^{2+} بتركيزات مختلفة (50-40-30-20-10)، وأضيفت لها الكمية نفسها من (MPCL) عند كل نموذج (50 ملجم/لتر) بعد ذلك رجّت المحاليل رجًا مستمرًا ولفترة زمنية (50 دقيقة) لكل نموذج باستخدام جهاز الرج، والسيطرة على درجة الحرارة من خلال استخدام محرار زئبقي عند درجة 25C° ، بعد ذلك تم إجراء جميع الدراسات من التأثير على كمية المادة المازة (MPCL) والتركيز وزمن الاتصال (الرج)

لإزالة العناصر الثقيلة والتي تشمل على أغشية الفصل والترسيب الإلكتروني كيميائي والتبادل الأيوني والامتزاز وغيرها والتي تختلف تبعًا للتكلفة والتعقيد والكفاءة. ويعد الامتزاز من أهم التقنيات التي استخدمت في معالجة هذه المشكلة لكفاءته العالية وبساطة التكنولوجيا المستخدمة لهذا الغرض مقارنة مع الطرائق الأخرى، فضلًا عن كلفته الاقتصادية المنخفضة، وقد اتجه العديد من الباحثين إلى تطوير مواد مازة جديدة بالاستعانة ببعض المواد ذات المنشأ الطبيعي، وتؤدي النباتات دورًا هامًا في إزالة الملوثات من البيئة، واستخدام النباتات في معالجة المياه الملوثة تعتمد أساسًا على مقاومة النباتات للملوثات والتي تعني قدرة النباتات على تجميع تراكيز عالية من المواد السامة في أنسجتها دون أن تتأثر على دورة حياتها

المواد وطرق العمل

المواد المستخدمة : نترات الرصاص $\text{Plumbum Nitrate (Pb (NO}_3)_2)$ (98%) ، إيثيلين ثنائي أمين رباعي حمض الأسيتيك $\text{Ethylene Di Amine (98%)}$ ، $\text{Tetra Acetic ,Amine (EDTA-Na}_2)$ هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)، حمض الهيدروكلوريك (HCL)، كلوريد الصوديوم (NaCl)، صبغة الأبروكروم الأسود. (Eiro-T BLACK).

الأجهزة: الحمام المائي (Water Bath)، جهاز الرج (large Capacity Reciprocating Shaker)، جهاز التجفيف (Drying Oven)، جهاز قياس درجة الحموضة (PH Meter)، ميزان حساس (Sartorius Median)، ترمومتر (Thermometer).



شكل 1: يوضح الأجهزة المستخدمة.

تحضير المحاليل القياسية:

تم تحضير محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 0.1 m ، ومحلول حمض الهيدروكلوريك تركيزه 0.1 m ، ومحلول EDTA-Na_2 تركيزه 0.05 m في لتر واحد من الماء المقطر، كما تم تحضير دليل Eiro-T وذلك بأخذ 0.5 جرام من Eiro -T black و 100 جرام من كلوريد الصوديوم وطحنهما جيدًا

$$(6) \quad R_L = \frac{1}{1+b \cdot c_0}$$

حيث إن:

b = ثابت لانجماير الذي يعبر عن طاقة الامتزاز .

Qmax = سعة الامتزاز القصوى.

حيث إنه عندما تكون (0=R_L) فإن الامتزاز غير عكسي، و(1=R_L) فإن النظام خطي، و(1>R_L) فإن نظام الامتزاز غير مفضل، و(1<R_L) فإن النظام مفضل [20]

حساب الدوال التيرموديناميكية:

حسبت قيم ثابت توازن الاتزان (k) عند درجات حرارة مختلفة عند حالة اتزان من النسبة بين تركيز المادة الممتزة والتركيز المتبقي لمحللول الصبغة وحسبت قيمة (k) وقيم الدوال التيرموديناميكية للتوازن (ΔS°, ΔH°, ΔG°) باستخدام المعادلات الآتية:

$$(7) \quad k = \frac{C_0(Mg/L)}{C_e(Mg/L)}$$

$$(8) \quad \ln k = \ln k^\circ - \frac{\Delta H^\circ}{RT}$$

$$(9) \quad \Delta G^\circ = -RT \ln k$$

$$(10) \quad \Delta S^\circ = (\Delta H^\circ - \Delta G^\circ)/T$$

حيث إن:

K = ثابت معدل الامتزاز .

°lnk = ثابت هوفمان .

T = درجة الحرارة المطلقة.

R = الثابت العام للغازات (8.31 J.K⁻¹.Mol⁻¹).

ΔH° = التغير في الإنثالبي .

ΔG° = التغير في طاقة جيبس الحرة .

ΔS° = التغير في الإنتروبي (العشوائية). [11]

النتائج والمناقشة

1- تأثير درجة الحموضة PH:

تم دراسة تأثير درجة الحموضة على امتزاز أيون Pb²⁺ باستخدام (MPCL) Micro Powder Castor Leaves في نطاق درجة حموضة (3-10)، حيث لوحظ انخفاض نسبة الامتزاز عند درجة الحموضة المنخفضة في الشكل 3؛ بسبب منافسة أيونات الهيدروجين لأيونات المعدن على مواقع الامتزاز والذي يزداد مع نقص درجة الحموضة أما عند درجة الحموضة العالية فقد يقل تركيز أيون المعدن ولكن ليس بسبب الامتزاز بل بسبب الترسيب على صورة هيدروكسيد [23] ، وقد تحقق أعلى نسبة امتزاز عند PH=5، وبين الجدول 1 تأثير درجة الحموضة على نسبة الامتزاز.

جدول 1: يوضح تأثير درجة الحموضة على نسبة الامتزاز.

PH	A%
3	99.4%
4	99.5%
5	99.66%
6	99.33%
7	99.33%
8	99.16%
9	99.16%
10	98.5%

والدالة الحامضية PH وكذلك تأثير درجة الحرارة على طريقة الدفعة الواحدة.

بعد ذلك تم ترشيح النماذج باستخدام ورق ترشيح (125 mm) ثم ضبطت درجة حموضة الراشح عند (PH=5)، وأضيف إليها من 3-5 قطرات من دليل (Eiro-T Black) ثم سححت جميع النماذج بواسطة عامل إزالة EDTA-Na₂ (إلى أن تغير اللون والوصول إلى نقطة نهاية التفاعل.

وتم حساب التركيز النهائي لأيون Pb²⁺ بعد التجارب لكل النماذج وفقاً للمعادلة (1):

$$(1) \quad C_e = \frac{N \cdot A}{V_{ml}}$$

حيث إن:

A = حجم EDTA المستهلك.

N = تركيز EDTA (0.05M).

V = حجم المحلول بالمليتر (100ml).

وتم حساب النسبة المئوية لامتزاز أيون Pb²⁺ باستخدام المعادلة (2).

$$(2) \quad A\% = \frac{A_0 - A_e}{A_0}$$

وتم حساب الكمية الممتزة من الأيون Pb²⁺ بواسطة MPCL (ملجم/جم) باستخدام المعادلة (3).

$$(3) \quad q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V_L}{M(MPCL)}$$

حيث إن:

V = حجم المحلول Pb²⁺ بالتر.

M = كتلة المادة المازة (MPCL) بالملجم.

C₀, A₀ = التركيز الأولي لأيون Pb²⁺ بالملجم/لتر.

C_e, A_e = التركيز النهائي المتبقي لأيون Pb²⁺ بالملجم/لتر في المحلول المائي. [23]

نموذج فريندليش Freundlich [1]:

يستخدم هذا النموذج لوصف نظام الامتزاز ذو توزيع طاقة غير متجانس، وقيم ثابت معامل عدم التجانس توضح نوع النظام.

وحسب المعادلة التالية:

$$(4) \quad \log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log c_e$$

حيث إن:

C_e = التركيز النهائي للأيون عند الاتزان.

q_e = سعة الامتزاز عند الاتزان.

K_f = ثابت فريندليش.

1/n = معامل عدم التجانس.

حيث إنه عندما (1=n) فالامتزاز خطي (1>n) فإن نظام الامتزاز فيزيائي، وعندما (1<n) فإن نظام الامتزاز كيميائي [20]

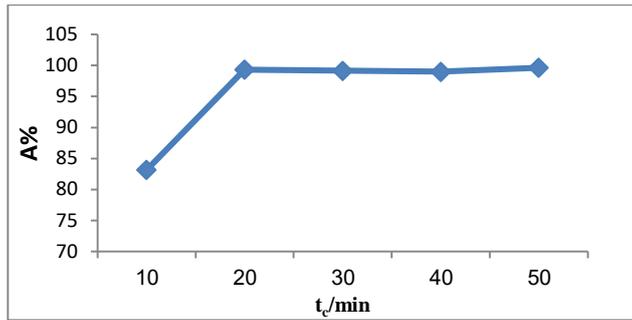
نموذج لانجماير Langmuir :

يستخدم هذا النموذج لافتراض حدوث امتزاز سطح أحادي الطبقة ذو عدد محدد من المواقع المتطابقة، والسمة الأساسية لنموذج لانجماير هي قيمة معامل الارتباط (R_L) الذي يتوقع نوع النظام.

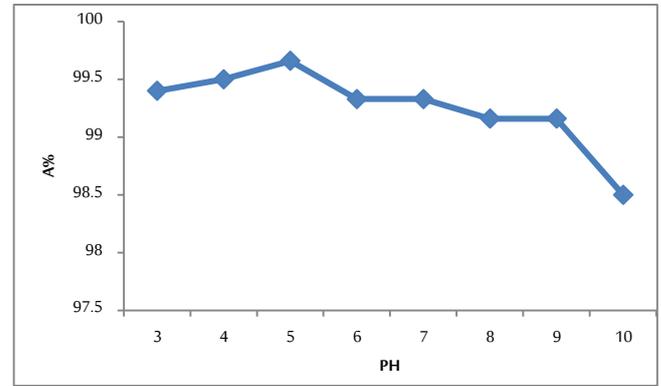
كما تم حساب ثابت لانجماير (b) والسعة القصوى للامتزاز (Q_{max}) من رسم العلاقة بين (C_e/q_e) مقابل (C_e) حسب المعادلة الآتية:

$$(5) \quad \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bQ_{max}} + \frac{C_e}{Q_{max}}$$

وحساب معامل الفصل (R_L) الذي يحدد نوع نظام الامتزاز حسب معادلة الأتية:



شكل5: يوضح تأثير زمن الاتصال على نسبة الامتزاز ($C_0=30\text{mg.l}^{-1}$, $\text{PH}=5, t=298\text{k}, \text{MPCL}=50\text{mg}$)



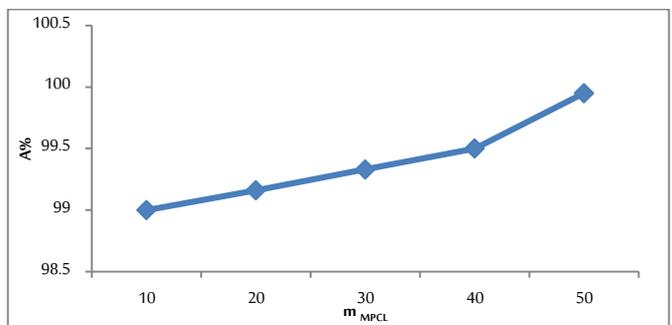
شكل3: يوضح تأثير درجة الحموضة على نسبة الامتزاز عند ($C_0=30\text{mg.l}^{-1}$, $\text{MPCL}=50\text{mg}, t=298\text{k}, t=50\text{min}$)

2 تأثير كتلة المادة المازة MPCL:

أجريت التجارب تحت نطاق كتلة المادة المازة MPCL من 10-50 ملجم، وكان أفضل امتزاز عند 50 ملجم ونسبة إزالة أيون Pb^{2+} تزداد بزيادة كمية المادة المازة MPCL كما يوضحه الشكل4، فإن عدد المواقع المؤهلة للامتزاز سوف تزداد ويرافق ذلك كفاءة في الامتزاز ويعزى إلى أن زيادة كمية المادة المازة يتسبب في إدخال مواقع جديدة وإضافية مؤهلة للارتباط مع أيون Pb^{2+} ، ويوضح الجدول 2 تأثير كمية المادة الممتزة على نسبة الامتزاز.

جدول2: يوضح تأثير كمية المادة الممتزة (MPCL) على نسبة الامتزاز.

MMPCL(mg)	A%
10	99%
20	99.16%
30	99.33%
40	99.5%
50	99.95%



شكل4: يوضح تأثير كمية المادة الممتزة (MPCL) على نسبة الامتزاز عن ($C_0=30\text{mg.l}^{-1}, T=298\text{k}, \text{PH}=5, t=50\text{min}$)

3- تأثير زمن الرج (الاتصال):

كانت الفترة الزمنية للرج من 10-50 دقيقة ويلاحظ أن نسبة الامتزاز تزداد بزيادة زمن الرج في الشكل5، ويرجع ذلك إلى وجود مواقع نشطة على سطح المادة المازة MPCL، وكان الزمن اللازم للوصول النظام إلى حالة الاتزان عند 50 دقيقة حيث وصلت إلى (99.6%)، ويوضح الجدول 3 تأثير زمن الاتصال على نسبة الامتزاز.

جدول3: يوضح تأثير زمن الاتصال على نسبة الامتزاز.

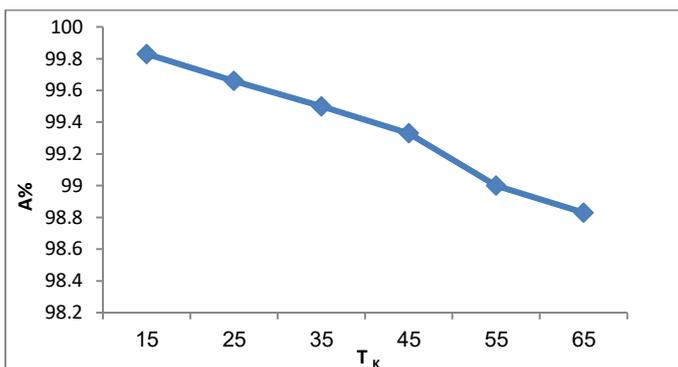
tc/min	A%
10	83.16%
20	99.33%
30	99.16%
40	99%
50	99.66%

4- تأثير درجة الحرارة:

لوحظ انخفاض نسبة امتزاز أيون Pb^{2+} على MPCL بزيادة درجة الحرارة في الشكل6، لذلك نستنتج أن التفاعل بينهما طارد للحرارة [25]، وقد يكون سبب نقص الامتزاز التنافر الكهربائي بين أيونات Pb^{2+} وMPCL وذلك بسبب زيادة الطاقة الحركية للجزيئات الممتزة على السطح مما يؤدي إلى انفصالها عن السطح الماز وعودتها إلى المحلول، حيث وصل نظام الامتزاز إلى حالة الاتزان عند درجة حرارة 288k وكانت (99.83%)، ويوضح جدول4 تأثير درجة الحرارة على نسبة الامتزاز.

جدول4: تأثير درجة الحرارة على نسبة الامتزاز.

T(K)	A%
288	99.83%
298	99.66%
308	99.5%
318	99.33%
328	99%
338	98.83%



شكل6: تأثير درجة الحرارة على نسبة الامتزاز عند ($C_0=30\text{mg.l}^{-1}$, $\text{MPCL}=50\text{mg}, \text{PH}=5, t=50\text{min}$)

5- تأثير تركيز أيون Pb^{2+} :

كما تبين في الشكل7 تزداد نسبة الامتزاز بزيادة التركيز حتى الوصول إلى نسبة الامتزاز القصوى، هذا يؤكد وجود عدد كبير من المواقع الفعالة على سطح المادة المازة [26] و بالتالي فإن امتزاز أيونات Pb^{2+} من المحلول يستمر مع الزيادة في التركيز حتى تعبأ كل هذه المواقع، التركيز العالي يعطي نسبة امتزاز عالية لأن القوى الدافعة تكون أعلى مع الزيادة في التركيز، ويوضح جدول5 تأثير التركيز الابتدائي على نسبة الامتزاز:

شكل 8: يوضح مستقيم لانجماير لامتماز Pb^{+2} عند ($t=50min$)

(MPCL=50mg,PH=5,T=298k

2- Freundlich isotherm :

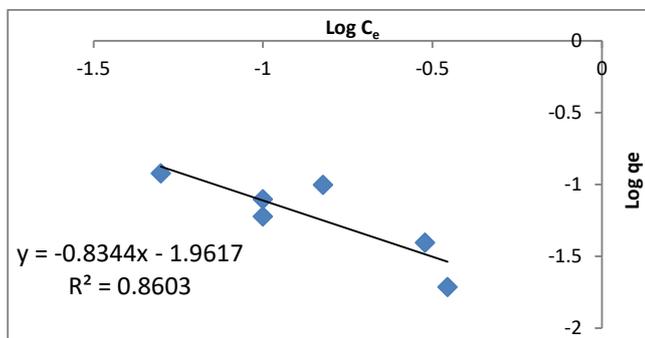
كما تم حساب قيم ثوابت فريندليش (K , n) من رسم العلاقة بين $\log C_e$

(log qe) في الشكل 9 للقيم المذكورة في الجدول 8 وكانت كالتالي:

جدول 8: مستقيم فريندليش لامتماز (Pb^{+2}) عند ($t=50min$, MPCL=50mg

(.PH=5,T =298k

Log qe	Log C _e
-1.714	-0.455
-1.404	-0.522
-1.223	-1
-1.102	-1
-1.002	-0.823
-0.921	-1.301



شكل 9: يوضح مستقيمتان فريندليش لامتماز (Pb^{+2}) عند ($t=50min$,

(MPCL=50mg ,PH=5,T =298k

جدول 9: قيم ثوابت لانجماير وفريندليش لامتماز Pb^{+2} على MPCL.

لانجماير			فريندليش		
Q _{max} (mg/g)	b(mg/l)	R ²	K _F (mg/g)	n(mg/l)	R ²
-3.956	51.744	0.831	-1.961	-0.834	0.860

جدول 10: معامل الفصل MPCL JRL عند تراكيز مختلفة.

C ₀ Pb ²⁺	10	20	30	40	50	60
R _L	0.0019	0.0009	0.0006	0.0004	0.00039	0.00032

الدراسة الترموديناميكية:

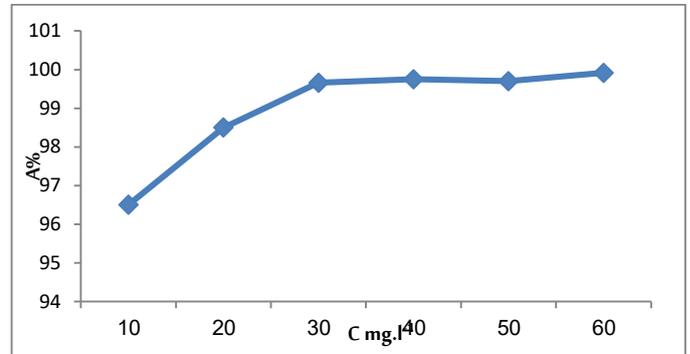
تمت دراسة تأثير درجة الحرارة على امتزاز أيونات Pb^{+2} على سطح MPCL عند درجات حرارة مختلفة، ويوضح جدول 11 قيم ثابت الاتزان لأيون Pb^{+2} عند درجات الحرارة المختلفة.

جدول 11: قيم ثابت الاتزان لأيون Pb^{+2} عند درجات الحرارة المختلفة.

T	1/T	K	Ln K
288	0.0034	600	6.396
298	0.00335	300	5.703
308	0.0032	200	5.298
318	0.0031	150	5.010
328	0.0030	60	4.094
338	0.0029	100	4.605

جدول 5: يوضح تأثير التركيز الابتدائي على نسبة الامتماز.

C ₀ mg.l ⁻¹	A%
10	96.5%
20	98.5%
30	99.66%
40	99.75%
50	99.7 %
60	99.91%



شكل (7): يوضح تأثير التركيز الابتدائي على نسبة الامتماز

عند (MPCL=50,T=298k PH=5,t=50min)

أيزوثيرم الامتماز:

جدول 6: يوضح بيانات الامتماز.

بيانات الامتماز					
C ₀ /mg.L ⁻¹	10	20	30	40	50
A%	96.5%	98.5%	99.61%	99.75%	99.7%
C _e /mg.L ⁻¹	0.35	0.3	0.1	0.1	0.15
q _e /mg.g ⁻¹	0.0193	0.0394	0.0598	0.0798	0.0997
Log C _e	-0.455	-0.522	-1	-1	-0.823
Log q _e	-1.714	-1.404	-1.223	-1.102	-1.002
C ₀ /q _e /g.mg ⁻¹	18.134	7.614	1.672	1.253	1.504

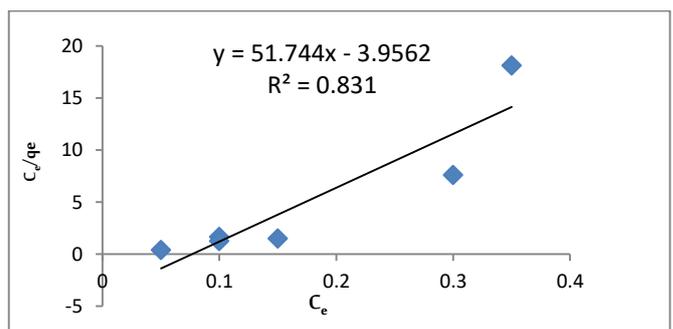
1- Langmuir Isotherm:

إذ تم حساب قيمة ثابت لانجماير (b) والسعة العظمى للامتزاز (Q_{max}) من خلال رسم العلاقة بين (Ce/qe مقابل Ce) في الشكل 8 للقيم المذكورة في الجدول 7 وكانت كالتالي:

جدول 7: يوضح مستقيم لانجماير لامتماز Pb^{+2} عند

(t=50min,MPCL=50mg,PH=5,T=298k)

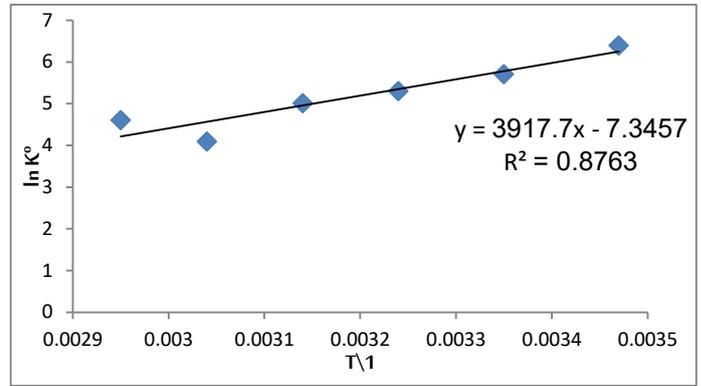
Ce/qe/g.mg-1	Ce/mg.L-1
18.134	0.35
7.614	0.3
1.672	0.1
1.253	0.1
1.504	0.15
0.4170	0.05



كمادة امتزاز طبيعية، غير مكلفة، صديقة للبيئة، ذات كفاءة عالية لامتزاز أيون Pb^{+2} من المحاليل المائية. حيث إن كفاءة الامتزاز تعتمد على عدة عوامل وهي: الرقم الهيدروجيني، كمية المادة المازة، زمن الاتصال (الرج)، درجة الحرارة، ودراسة ترموديناميكية الامتزاز وجد أن (ΔH°) ماصة للحرارة (-) و (ΔG°) وتلقائية و (ΔS°) عشوائية.

قائمة المراجع

- [1]- أ. د. عبد العليم سليمان أبو مجد، أ. د. فاطمة حافظ كمال محمد، أساسيات الكيمياء الفيزيائية- دار النشر للجامعات - مصر الطبعة الأولى. 2005_1426
- [2]- م. عبدالعزيز، التلوث البيئي والخطر الداهم على صحتنا الهيئة العصرية، العامة للكتاب القاهرة 1999.
- [3]- د. أحمد محمد عزام. الكيمياء الفيزيائية. الدار الدولية للنشر والتوزيع، القاهرة. ط، 1995.
- [4]- د. خليفة مصباح. الكيمياء غير عضوية. منشورات جامعة سها، 2001.
- [5]- أ. د. م. مصطفى، أ. محمد الامين، د. محمد بشير حسن. المختصر في الكيمياء غير عضوية. منشورات جامعة سها، طبعة الثالثة، 1996.
- [6]- الراوي. علي و. ج. ل. جاكرا. النباتات الطبية في العراق. الهيئة العامة للبحوث الزراعية والموار المائية. المعشب الوطني العراقي ابو غريب. العراق- بغداد 1964.
- [7]- د. حسن أحمد شحاتة، كيمياء السطوح والحفز، دار الفجر للنشر والتوزيع، 2004.
- [8]- جميل نعمان شاهين. دليل العمل في مختبر الكيمياء. دار الاسرة للنشر والتوزيع. عمان- الأردن، 2006.
- [9]- د. محمد مجدي عبدالله واصل، كيمياء الحفز والسطوح، دار النشر للجامعات، الطبعة الأولى 1425-2004.
- [10]- زهوة، ج. صليبا، ح. ملص، ع. الايوي، م. اسكندراني، م. دبس، الموسوعة العلمية الميسرة، اكاديميا انترناشيونال للنشر والطباعة، بيروت - لبنان، 2002.
- [11]- قدوري زيدان خلف، عبد القادر محمد عبد القادر، علاء عبد الكريم "إزالة التلوث بالبنزالدهيد من المياه الصناعية باستخدام بعض المواد الطبيعية". جامعة بغداد- قسم الكيمياء، 2017.
- [12]- فرح حسين الرماحي، م. د. أحمد كاظم الحسنوي. "استخدام تقنية الامتزاز لإزالة الملوثات المائية". كلية العلوم- قسم الكيمياء- جامعة القادسية، العراق. 2017.
- [13]- زهراء إسماعيل حسن، "التخلص من ملوثات المياه بواسطة ظاهرة الامتزاز"، كلية العلوم- قسم الكيمياء جامعة القادسية، العراق. 2017.
- [14]- نور انور الجبار، م. د. آلاء ناصر حسين. " المعالجة النباتية باستخدام النباتات للسيطرة على التلوث "جامعة ذي قار- العراق 2019.



شكل 10: العلاقة بين $\ln K^{\circ}$ ومقلوب T.

وتم حساب قيم ثابت الاتزان K من النسبة بين تركيز المادة المازة Pb^{+2} الأولى والتركيز المتبقي في المحلول حسب المعادلة الآتية:

$$k = \frac{C_o(Mg/L)}{C_e(Mg/L)} \quad (11)$$

وتم حساب قيم الدوال الترموديناميكية كالتالي:

عند رسم العلاقة بين $\ln K$ مقابل نحصل على الميل الذي يمثل حرارة الامتزاز ΔH° وتم الحساب باستخدام معادلة فانت هوف 12:

$$\ln k = \ln k^{\circ} - \frac{\Delta H}{RT} \quad (12)$$

وتم حساب طاقة جيبس الحرة ΔG° من العلاقة:

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln k \quad (13)$$

وبالتالي يتم حساب قيمة التغير في الإنتروبي ΔS° من المعادلة 14:

$$\Delta S^{\circ} = \frac{(\Delta H - \Delta G^{\circ})}{T} \quad (14)$$

جدول 12: القيم الدوال الترموديناميكية لأيون Pb^{+2} على سطح MPCL عند درجات حرارة مختلفة.

T_K	K	ΔG° (KJ.mol ⁻¹)	ΔH° (KJ.mol ⁻¹)	ΔS° (KJ.mol ⁻¹)
288	600	-16123	3917.7	14.776
298	300	-16630	3917.7	14.278
308	200	-17134	3917.7	13.816
318	150	-15501.43	3917.7	61.066
328	60	-16057.61	3917.7	60.900
338	100	-16722.98	3917.7	61.067

تشير قيم ΔH° الموجبة إلى أن الامتزاز على سطح MPCL عملية ماصة للحرارة. وقيم ΔG° السالبة تشير إلى أن امتزاز أيونات Pb^{+2} على سطح MPCL يتم بصورة تلقائية ضمن الظروف التجريبية كما هو مبين في الجدول (12) أعلاه، وقيم ΔS° الموجبة توضح أن أيونات Pb^{+2} الممتزة تكون غير منتظمة (عشوائية) مثل: هيتها في المحلول عند حصول عمليتي الامتزاز والامتصاص معاً [10].

الاستنتاجات:

نتائج نظام الامتزاز أيونات Pb^{+2} على MPCL فسرت بشكل جيد باستخدام نموذجي لانجماير وفرنديلش مع أفضلية نسبية لنموذج فرنديلش والظاهر من خلال قيم معامل الارتباط R^2 الأعلى لنموذج فرنديلش وكانت (0.860) بينما كانت في نموذج لانجماير (0.831)، حيث بينت نتائج ايزوثيرم نظام الامتزاز قيد الدراسة باستخدام نموذج فرنديلش إن نظام الامتزاز (امتزاز كيميائي) حيث كانت قيم $(n < 1)$ ، وعند استخدام نموذج لانجماير بينت أن النظام الامتزاز (مفضل) حيث كانت قيم معامل الفصل $(0 < RL < 1)$ وبذلك أثبتت نتائج البحث إمكانية استخدام مسحوق أوراق نبات الخروع MPCL

- [15]- صفوان عبد الستار، عماد عبد الإله الحياي، عمار أحمد حمدون. "اتزان وثيرموديناميكية امتزاز أصباغ الأرز على طين البنتونيت" مجلة التربية والعلم، المجلد 28 العدد 2. 2019.
- [16]- د. هناء سلمان، د. هيثم شاهين، د. غياث عباس، نسرين نزيه خلوف "إزالة الرصاص والزنك من المياه الصناعية باستخدام زيوليت طبيعي، فليبيسات، جنوبي سوريا". مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية – سلسلة العلوم الهندسية المجلد 38 عدد 4. 2016.
- [17]- د. محمد سعيد المصري، يسر امين" استعمال الكتلة الحيوية في إزالة المعادن الثقيلة من الأوساط المائية". هيئة الطاقة الذرية، الجمهورية العربية السورية. 2008.
- [18]- محمد مالك ياسين، رشاد عادل عمران، بيداء علاوي حسن "امتزاز بعض العناصر الثقيلة على اسطح قشور الأرز المكرينة CRH والمنشطة ARH من المحاليل المائية". مجلة الفرات للعلوم الزراعية، المجلد 9 العدد 4. 2017.
- [19]- فاطمة عبد السجاد هناء كاظم كزاز "تنقية المياه من صبغة الأمارات بطريقة الامتزاز باستخدام قشر الرمان". مجلة القادسية للعلوم الصرفة. المجلد 21 العدد، 2016.
- [20]- خالد مفتاح الشريف، إبراهيم حيدر. "دراسة امتزاز أيونات الحديد والنحاس والكوبلت باستخدام مسحوقي القهوة والشاي، دراسة اتزان". مجلة العلوم – جامعة مصراته المؤتمر السنوي الثانوي حول نظريات وتطبيقات العلوم الأساسية والحيوية. 2018.
- [21]- سعدون عبدالعزيز، سعد عزيز حسن، خولة جاسم. "قابلية أطيان الكاؤولين في امتزاز الأينلين والأورثو نيترو أنيلين والأورثو تولوين". مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة. 21. 2008.
- [22]- Sameer M. J., Hussein K.A.H and Saadoon A.Isa "The Ability of Attapulgate Clay as physical Antidote in Adsorption of some Drugs from Solution", J. Iraqi .Sci., 2001, 8098.
- [23]- Gholamali H, Hossein A, Majid M, "Investigation Of Langmuir and Freundlich Adsorption Isotherm Of Pb^{2+} Ions by Micro Powder Of Cedar Leaf " j. phys,theor.chem.IAU Iran).2016.)