

المعالجة الآمنة بجسيمات البلاتين النانوية لبعض ملوثات مياه الصرف الصحي

عبدالكريم حمودي عساف^{1*}، عماد عبدالرحمن محمد صالح²، أحمد سلمان عبيد³

¹ قسم جيولوجيا الصحراء، مركز دراسات الصحراء، جامعة الأنبار، الأنبار، العراق.

² قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة الأنبار، الأنبار، العراق.

³ قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة الأنبار، الأنبار، العراق.

المستخلص

تم استخدام جسيمات البلاتين النانوية بطورها السائل المحضرة بطريقة التعريض للبلازما الباردة ضمن منظومة مصنعة محلياً، لتتقية المياه من ملوثاتها العضوية المتمثلة بالفينول وغير العضوية متمثلة بالرصاص بطريقة الامتزاز. بينت الدراسة وجود كفاءة وفعالية واعده لمادة البلاتين النانوية المستخدمة بحصول تنقية لمادة الفينولية بنسبة 95% خلال 10 دقائق الاولى والتي تتناقص الى مستوى 94.64% بعد وقت امده 60 دقيقة، وكانت التنقية من الرصاص بنسبة 90.8% خلال 10 دقائق الاولى والتي تتناقص الى مستوى 89.67% بعد وقت امده 60 دقيقة. كما اثبتت الدراسة ان نسب التنقية تقل بشكل طفيف فقط بارتفاع درجات الحرارة، إذ كانت التنقية من الفينول بنسبة 95% عند درجة حرارة 20 م° والتي تناقصت الى مستوى 94.56% عند ارتفاع درجة الحرارة الى 50 م°. بينما كانت التنقية من الرصاص بنسبة 90% عند درجة حرارة 20 م° والتي تتناقص الى مستوى 64.99% عند ارتفاع درجة الحرارة الى 50 م°. مما يؤكد فعالية جسيمات البلاتين النانوية المحضرة بالبلازما الباردة لتستخدم كعلاج للملوثات العضوية وغير العضوية المذابة في محاليلها المائية.

الكلمات المفتاحية: البلاتين، الجسيمات النانوية، البلازما الباردة، الملوثات، الدوال الترموديناميكية.

Safe Treatment by Platinum Nanoparticles of Some Wastewater Pollutants

Abdulkareem H. Assaf^{1,*}, Emad A. M. Salih², Ahmed S. Obaid³

¹ Department of Desert Geology, Center of Desert Studies, University of Anbar, Anbar, Iraq.

² Department of Geology, College of Science, University of Anbar, Anbar, Iraq.

³ Department of Physics, College of Science, University of Anbar, Anbar, Iraq.

Abstract

Platinum nanoparticles, in their liquid phase, prepared by exposure to cold plasma within a locally manufactured system, were used to purify water from its organic represented in the phenol and inorganic Represented in the lead pollutants by adsorption method. The study found that there is efficiency, effectiveness, and promise for the used nanoparticles, with purification from the organic substance of phenol by 95% during the first 10 min, which decreases to a level of 94.64% after a time of 60 min. The purification from the inorganic substance (lead) was approximately 90.8% as well. During the first 10 min, which decreases to a level of 89.67% after 60 min, and the study also proved that the purification rates decrease slightly only with increasing temperatures, as the purification from the organic matter (phenol) was approximately 95% at a temperature of 20°C, which decreases to the level of 94.56% when the temperature rises to 50°C, where the purification of the inorganic substance (lead) was approximately 90% at a temperature of 20°C, which decreases to a level of 64.99% when the temperature rises to 50°C. This confirms the effectiveness of platinum nanoparticles prepared with cold plasma for treating organic and inorganic pollutants dissolved in their aqueous solutions.

Keywords: platinum, nanoparticles, cold plasma, pollutants, thermodynamic functions.

المقدمة

بسبب التسارع في النمو السكاني والذي يرتبط به زيادة بعدد المصانع والصناعات الذي يتبعه زيادة في مياه الصرف الصحي وما تحويه من ملوثات عضوية ولا عضوية خطرة مما يؤدي لزيادة التلوث البيئي الملق (WHO, 2018). فان معظم شبكات الصرف الصحي في العراق ومن ضمنها المناطق الغربية منه تصب بالأنهار ودون معالجة فعالة (Abdul Qadir, 2003)، وأهم المخاوف البيئية في على المستوى العالمي تلوث المياه لما يمثل من تهديد كبير للجنس البشري والحياة المائية. فالماء أحد أكثر الموارد الطبيعية وفرة على وجه الأرض، ويغطي حوالي 70% من سطح الأرض، ولكن أقل من 3% فقط من المياه متوفرة وآمنة للاستهلاك الأدمي (Adeleye, واخرون, 2016)، لذا يجب ان يكون هناك حرص كبير جداً على اعادة تدوير المياه وذلك من خلال تخليصها من ملوثاتها لاستخدامها مرة اخرى (Mohsen, 2022). ومن اهم واخطر الملوثات المذابة بمياه الصرف

*Corresponding author.

Email: cds.kareem.assaf@uoanbar.edu.iq

<https://doi.org/10.36531/ijds.2023.138755.1028>

Received 3 March 2023; Received in revised form 19 March 2023; Accepted 19 March 2023

الصحي هي المواد العضوية والذي يعتبر الفينول من أهم اشكالها الاساسية (Krastanov وآخرون، 2013)، إذ يمكن ان يكون سبب في حدوث تجلطات بالدم بسبب الخلل الذي تسببه في وظائف الصفائح الدموية كما يمكن ان يكون سبب بإنتاج مركبات مسرطنة عند تفاعله مع الماء الحار على الكور (Ramos وآخرون، 2021)، وهناك مواد مذابة بمياه الصرف الصحي ايضا وهي المواد اللاعضوية والمتمثلة بالعناصر الثقيلة (Madhav وآخرون، 2019)، على سبيل المثال الرصاص والذي له تأثيرات سلبية على الصحة حيث أثبت بأنه سام للإنسان والحيوان والنبات بجرعات عالية وبجرعات اقل يسبب تلف بخلايا الدماغ ويؤثر على الأطفال بحيث يكون هناك تغيرات في سلوكيات الأطفال بسبب الجرعة المنخفضة منه (Wang وآخرون، 2009).

ولأزالة هذه الملوثات تم استخدام عدة طرق مثل الترشيح الغشائي (Zagklis وآخرون، 2015) وتخرير - اندماج (Sher وآخرون، 2013) والتحلل الضوئي (Gulec وآخرون، 2019) وعمليات الأكسدة المتقدمة (Said وآخرون، 2021؛ Hussain وآخرون، 2013) والتحلل الضوئي (Pradeep وآخرون، 2015) والامتزاز (Dotto وآخرون، 2013). وعند مقارنة عمليات الامتزاز بالطرائق الأخرى فان للامتزاز مزايا لعل ابرزها سهولة التنفيذ والتشغيل والكفاءة العالية والتكلفة المنخفضة (Zazycki وآخرون، 2018).

ان استخدام المواد النانوية كمادة مازة لها فعالية عالية جدا بسبب المساحة السطحية الكبيرة نسبياً للمواد النانوية مقارنة بالحجم (Assaf وآخرون، 2019). ومن أفضل الخيارات للمواد النانوية كمادة مازة هي جسيمات البلاتين النانوية والمحضرة بطريقة البلازما الباردة بسبب صفاتها التي تتمتع بها وأهمها الأستقرارية والفعالية العالية تجاه المواد الممتزة (المواد الملوثة المذابة بمياه الصرف الصحي) سواء العضوية او اللاعضوية. إستناداً لما تقدم هدفت الدراسة إلى إختبار قدرة مادة البلاتين النانوي في تنقية الملوثات من الذائبات الفينولية والرصاص تحت درجات حرارة ومدد مختلفة.

المواد وطرائق العمل

تحضير المواد مختبرياً

1. تحضير الملوث العضوي المتمثل بالفينول مختبرياً
حضر المحلول القياسي بتركيز 1000 ملغم لتر⁻¹ من مادة الفينول حيث تم اضافة الفينول بوزن 1.0 غم ونسبة نقاوته 99% الى قنينة حجمية سعة 1.0 لتر وأضيف اليه واضيف اليه نصف لتر من الماء الخالي من الأيونات ورجت بصورة جيدة لحين ذوبان المادة لمدة 15 دقيقة ثم أكمل الحجم بالماء المقطر لحد العلامة من المحلول ومن ثم تم تخفيف المحلول الى 100 ملغم لتر⁻¹.
2. تحضير الملوث اللاعضوي المتمثل بالرصاص مختبرياً
باستخدام المعادلة ادناه لإيجاد وزن الرصاص المطلوب لأجل الحصول عليه بتركيز 1000 ملغم لتر⁻¹ مذاب بمحلوله المائي (Harvey، 1956). ثم تم تخفيفه إلى تركيز 10 ملغم لتر⁻¹.

$$w. = (Con./1000) \times (m. w. c./m. w. ele.) \times \left(\frac{V}{1000}\right)$$

إذ أن:

w. = الوزن (غم)

Con. = التركيز

m. w. c. = الوزن الجزيئي للمركب

m. w. ele. = الوزن الجزيئي للعنصر

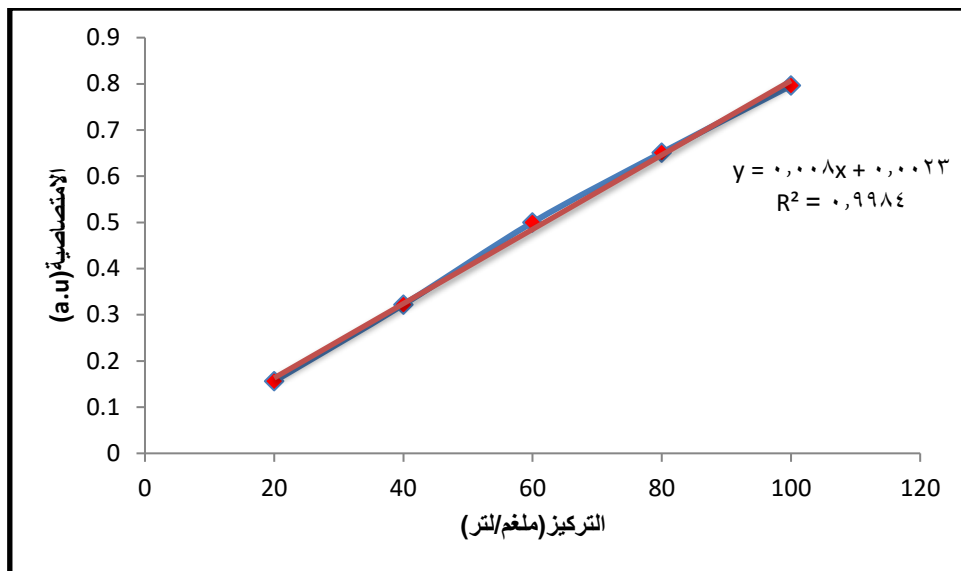
V = الحجم المطلوب

3. تحضير جسيمات البلاتين النانوية وذلك بعد تعريض مادة املاح البلاتين المائية ($H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$) بتركيز 10 ملغم لتر⁻¹ لنظام البلازما الباردة، إذ تم استخدام مصدر طاقة عالية 5 كيلو فولت تقريبا ضمن منظومة صممت محليا وخصيصاً لهذا الغرض (لأجل توليد البلازما) ولمدة 15 دقيقة. للحصول على جسيمات البلاتين النانوية ذات احجام تتراوح بين 35-40 نانومتر.

تجارب الامتزاز

معالجة المادة الفينولية المذابة بالماء بتركيز 100 ملغم لتر⁻¹ ومعدن الرصاص وكما مبين ادناه:
أجريت عمليات الامتزاز للمادة الفينولية ولمعدن الرصاص في المحلول المائي ولغرض الحصول على ايزوثيرمات الامتزاز للمحاليل المحضرة وضعت 4.0 مل من المادة الغروية الحاوية على جسيمات البلاتين النانوية لكل نموذج في قناني حجمية سعة 20مل وأضيف إلى كل نموذج 4.0 مل من

المحاليل المحضرة بتركيز 100 ملغرام لتر⁻¹ وتركيز 10 ملغم لتر⁻¹ على التوالي، وغلقت القناني الحجمية بإحكام وضعت في حمام مائي هزاز بدرجة حرارة (25°C)، وبعد فترات زمنية مختلفة من الرج المستمر 10-60 دقيقة ولمدى 10 دقائق، أخرجت النماذج الواحد تلو الآخر وفصلت النماذج أعلاه بواسطة جهاز الطرد المركزي 6000 دورة دقيقة⁻¹ ولمدة 10 دقائق. وقيست الامتصاصية للمحاليل الفينولية بواسطة جهاز مطياف الأشعة المرئية - فوق البنفسجية ثم عين تركيز الاتزان من منحنى المعايرة الموضح بالشكل (1).



شكل 1. منحنى المعايرة القياسية لمحاليل الفينول أعدت في الطول الموجي 270 نانومتر لتراكيز متفاوتة

* Standard calibration curve for phenol solutions prepared at wavelength 270 nm for varying concentrations to determine the equilibrium concentrations.

حسبت تركيز المادة الممتزة الفينولية في الحالات جميعها (الفترات الزمنية المختلفة) بموجب العلاقة الرياضية (1) (W.A.P., 1996) المبينة أدناه:

$$\text{con.} = \frac{\text{Abs.} - \text{Intercept}}{\text{slope}} \quad (1)$$

إذ أن:

Abs. = الامتصاصية

Slope = الميل

Intercept = التقاطع

Con. = التركيز

تم حساب تركيز (الرصاص) بجهاز مطيافية الامتصاص الذري.

ومن بعد ذلك تم حساب النسبة المئوية لتركيز المادة الملوثة بعد المعالجة او للكمية الممتزة (نسبة ازالة الملوثة) وتسمى كفاءة الامتزاز بالقانون والعلاقة الرياضية (2) (Smith, 1995) أدناه.

$$\text{Removal Efficiency (R\%)} = \left[\frac{(C_o - C_e)}{C_o} \right] \times 100 \quad (2)$$

إذ أن:

C_o = التركيز الابتدائي (ملغم/لتر)

C_e = التركيز عند الاتزان (ملغم/لتر) ويحدد تبعاً لمدة وزمن الامتزاز.

R% = النسبة المئوية للامتزاز (النسبة المئوية للإزالة).

حساب الدوال الترموداينميكية

تم حساب قيم ثابت الاتزان للامتزاز (K_{eq}) للمادة الممتزة (ازالة للمادة الملوثة) عند درجات حرارية شملت 20 و 30 و 40 و 50 م، فعند حصول حالة الاتزان بين كمية المادة الممتزة وتركيز المادة المتبقية غير الممتزة في المحلول المركب فقيمة ثابت اتزان الامتزاز يمكن إيجادها بالمعادلة 3 (Gorges, 2008):

$$K_{eq} = \frac{\chi_{eq}}{\alpha - \chi_{eq}} \quad (3)$$

إذ أن:

$$\chi_{eq} = \text{كمية المادة الممتزة عند الاتزان}$$

$$a = \text{التركيز الابتدائي}$$

$$\alpha - \chi_{eq} = \text{تركيز المادة الحرة (غير الممتزة) عند الاتزان}$$

$$K_{eq} = \text{ثابت الاتزان.}$$

ومن معرفة قيم الدوال الترموداينميكية يمكن التعرف على طبيعة ونوع عملية الامتزاز فيزيائي أو كيميائي، كما يمكن أن نفهم من خلال قيمها الحسابية كيفية وطبيعة تصرف الجسيمات النانوية للبلاتين ضمن المحلول المائي وأهم هذه الدوال الأنتالبي ويرمز له (ΔH)، ويمثل المحتوى الحراري للنظام، والأنتروبي ويرمز له (ΔS)، وقيمه مساوية لكمية الشغل المؤدى على النظام، أي أكبر عشوائية للنظام، وطاقة غيبس ويرمز له (ΔG) (الطاقة النشطة أو الحرة) أي أقصى كمية شغل يمكن الحصول عليها من النظام (Peng وآخرون، 2018؛ Jia وآخرون، 2019). وتحسب بالعلاقة (4) وكما مبين ادناه:

تقيم (ΔG) تم حسابها من المعادلة (Jado، 2007) :

$$\Delta G = - RT \ln K_{eq} \quad (4)$$

إذ أن:

$$R = \text{ثابت الغازات العام}$$

$$T = \text{درجة الحرارة المطلقة}$$

وكما تحسب القيمة (ΔH) من معادلة (vant-Hoff) (Jado، 2007):

$$K_{eq} = K_o e^{-\Delta H/RT} \quad (5)$$

$$\ln K_{eq} = \ln K_o - \Delta H/RT \quad (6)$$

ويرسم العلاقة بين ($\ln K_{eq}$) كدالة ($1/T$) يتم الحصول على خط مستقيم ميله يساوي ($-\Delta H/R$)، وقيمة (ΔS) تحسب من المعادلات الآتية:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (7)$$

$$\Delta S = (\Delta H - \Delta G) / T \quad (8)$$

النتائج والمناقشة

ازالة الملوثات الفينولية بواسطة جسيمات البلاتين النانوية

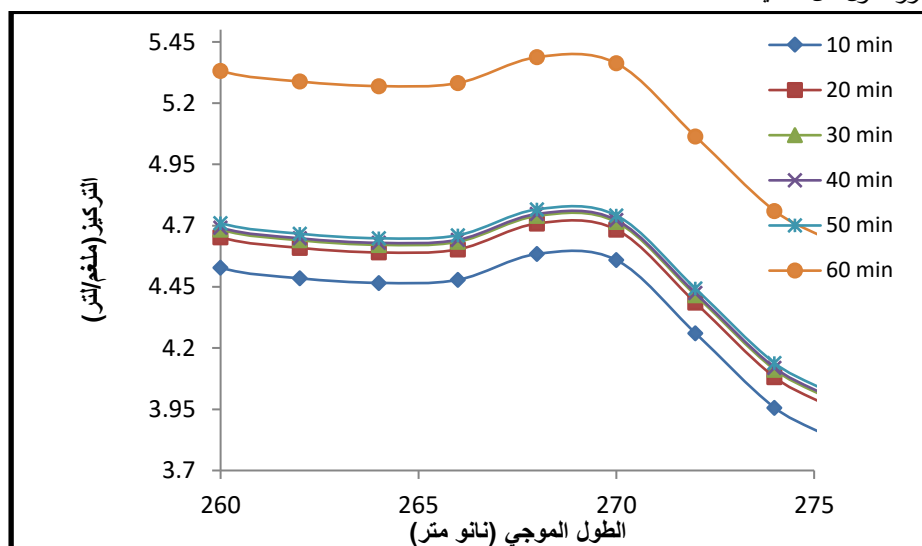
تأثير الوقت على إزالة الملوثات الفينولية:

تم قياس نسبة الإزالة (الفينول) المذاب بالماء بنسبة 100 ملغم لتر⁻¹، وعند درجة حرارة 25 سليزية، بعد مزجه مع محلول الحاوي على الجسيمات النانوية للبلاتين والمحضر بالبلازما الباردة للحصول على عملية امتزاز للمادة الملوثة (الفينول) وقت الامتزاز للمادة الملوثة من 10-60 دقيقة ولمدى 10 دقائق وكما مبين في الشكل 2. كما تم حساب أفضل النسب المئوية لكفاءة الامتزاز (R%) للفينول، وحساب تركيز الاتزان وكما بالجدول 1.

تأثير درجة الحرارة على إزالة الملوثات الفينولية:

أخذت عينات من الجسيمات النانوية للبلاتين بطورها السائل والمحضرة بالبلازما الباردة لدراسة تأثير درجات الحرارة عند 20 و 30 و 40 و 50 م⁰ على كمية المادة الممتزة ولفترة امتزاز 10 دقائق، فكانت نسبة الإزالة للمادة الملوثة عند هذه الدرجات الحرارية المختلفة في الشكل 3 والجدول 2 والذي يوضح نسب الإزالة كدالة لدرجة الحرارة فنلاحظ عند الدرجات الحرارة الواطنة 20 و 30 م⁰ إزالة المادة كانت الأفضل، ولكن عند ارتفاع درجات الحرارة نلاحظ انخفاض بنسب الإزالة أي ان كفاءة الامتزاز تكون اقل فاعلية. لدراسة تأثير درجات الحرارة عند 20 و 30 و 40 و 50 م⁰ على كمية المادة الممتزة ولفترة امتزاز 10 دقائق، فكانت نسبة الإزالة للمادة الملوثة عند هذه الدرجات الحرارية المختلفة في الشكل 3 والجدول 2 والذي يوضح نسب الإزالة كدالة

لدرجة الحرارة فنلاحظ عند الدرجات الحرارة الواطئة 20 و 30 م⁰ إزالة المادة كانت الأفضل، ولكن عند ارتفاع درجات الحرارة نلاحظ انخفاض بنسب الإزالة اي ان كفاءة الامتزاز تكون اقل فاعلية.



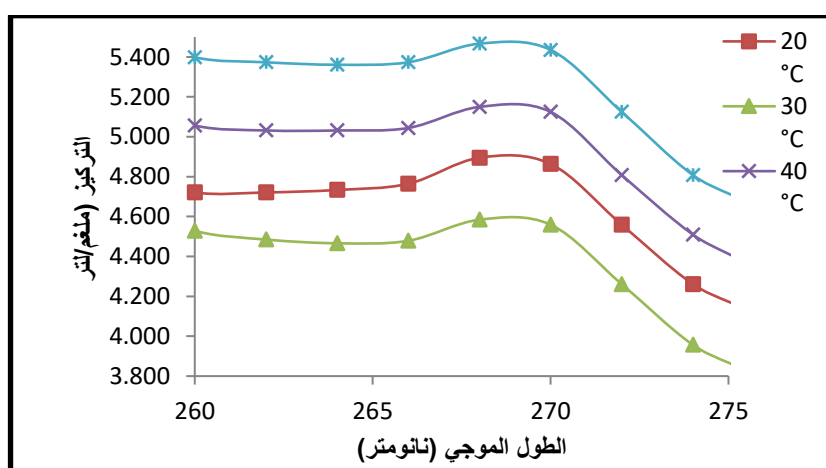
شكل 2. التركيز للفينول بعد معالجته بجسيمات البلاطين النانوية المحضرة بطريقة البلازما الباردة كدالة للزمن

* The concentration of phenol after treating it with platinum nanoparticles prepared by the cold plasma method as a function of time, at a temperature of 25 °C, where the best time was at the first 10 min.

جدول 1. نسبة الإزالة وتركيز الاتزان للفينول بتركيز ابتدائي 100 ملغم لتر⁻¹ كدالة للزمن

وقت الأمتزاز (min)	تركيز الاتزان (ملغم/لتر)	كفاءة الأمتزاز %R
10	4.559	95.441
20	4.684	95.316
30	4.715	95.285
40	4.723	95.277
50	4.741	95.259
60	5.363	94.637

*Removal ratio and equilibrium concentration of phenol at an initial concentration of 100 mg.L⁻¹ as a function of time.



شكل 3. تراكيز الفينول بعد معالجته بجسيمات البلاطين النانوية المحضرة بطريقة البلازما الباردة بتغير درجة الحرارة

*Phenol concentrations after treatment with platinum nanoparticles prepared by the cold plasma method by changing the temperature, and we notice that at lower temperatures the removal rates are better.

جدول 2. نسبة الإزالة وتركيز الاتزان للمادة الملوثة (الفينول) بتركيز ابتدائي 100 ملغم لتر⁻¹ كدالة لدرجة الحرارة

درجة الحرارة عند الأمتزاز (°C)	تركيز الاتزان (ملغم لتر ⁻¹)	كفاءة الأمتزاز %R
20	4.864	95.1361
30	4.559	95.4406
40	5.125	94.8751
50	5.436	94.5643

* Removal ratio and equilibrium concentration of the pollutant (phenol) at an initial concentration of 100 mg.L⁻¹ as a function of temperature.

إزالة الملوثات بمعدن الرصاص بواسطة جسيمات البلاطين النانوية

تأثير الوقت على إزالة الملوثات بمعدن الرصاص:

قيست نسبة الإزالة للملوث الرصاص المذاب بالماء بنسبة 10 ملغم لتر⁻¹ وعند درجة حرارة 25 م⁰، بعد مزجه مع محلول الحاوي على الجسيمات النانوية للبلاطين والمحضر بالبلازما الباردة للحصول على عملية أمتزاز لمعدن الرصاص وقت الأمتزاز للمادة الملوثة من 10-60 دقيقة ولمدى 10 دقائق وكما مبين بالجدول 3. كما تم حساب أفضل النسب المئوية لكفاءة الأمتزاز (R%) للملوث الرصاص وحساب تركيز الأتزان وكما بالجدول 3.

جدول 3. نسبة الإزالة وتركيز الاتزان للمادة الملوثة (الرصاص) بتركيز ابتدائي 10 ملغم لتر⁻¹ كدالة للزمن

وقت الأمتزاز (min)	تركيز الاتزان (ملغم لتر ⁻¹)	كفاءة الأمتزاز %R
10	0.916	90.835
20	1.119	88.813
30	1.039	89.614
40	0.891	91.093
50	1.123	88.767
60	1.033	89.673

*Removal ratio and equilibrium concentration of the pollutant (lead) at an initial concentration of 10 mg. L⁻¹ as a function of time.

تأثير درجة الحرارة على إزالة الملوثات بمعدن الرصاص:

أخذت عينات من الجسيمات النانوية للبلاطين بطورها السائل والمحضرة بالبلازما الباردة لدراسة تأثير درجات الحرارة عند 20 و30 و40 و50 م⁰ على كمية المادة الممتزة ولفترة أمتزاز 10 دقائق، فكانت نسبة الإزالة للمادة الملوثة عند هذه الدرجات الحرارية المختلفة وفي الجدول 2 والذي وضع نسب الإزالة كدالة لدرجة الحرارة فلاحظ عند الدرجات الحرارة الواطئة 20 و30 م⁰ إزالة المادة وهي أفضل، ولكن عند ارتفاع درجات الحرارة نلاحظ انخفاض بنسب الإزالة اي ان كفاءة الأمتزاز تكون اقل فاعلية.

جدول 4. نسبة الإزالة وتركيز الاتزان للمادة الملوثة (الرصاص) بتركيز ابتدائي 10 ملغم لتر⁻¹ كدالة لدرجة الحرارة

درجة الحرارة عند الأمتزاز (°C)	تركيز الاتزان (ملغم لتر ⁻¹)	كفاءة الأمتزاز (R%)
20	0.995	90.05
30	1.023	89.77
40	3.033	69.67
50	3.501	64.99

* Removal ratio and equilibrium concentration of the pollutant (lead) at an initial concentration of 10 mg. L⁻¹ as a function of temperature.

حساب الدوال الترموداينميكية للإمتزاز

حُسبت قيم الدوال الترموداينميكية لعملية الأمتزاز التي تمت بجسيمات البلاطين النانوية المازة عند أعلى أمتزاز وأفضل إزالة للمادة الملوثة لأفضل وقت وهو 10 دقيقة في مدى من الدرجات الحرارية تتراوح بين 20-50 م⁰ وبمدى 10 م⁰.

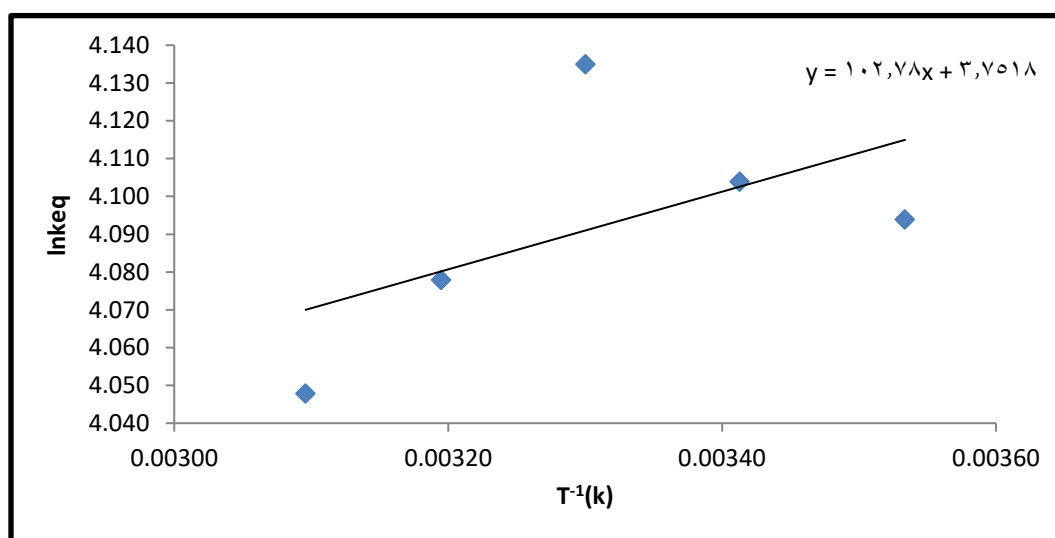
ومن خلال حساب الدوال الترموداينميكية: الأنتالبية (ΔH)، والأنتروبي (ΔS)، طاقة غيبس (ΔG) وكذلك حساب ثابت الاتزان $Equilibrium Constant (K_{eq})$ يمكن معرفة هل أن الأمتزاز بواسطة جسيمات البلاطين النانوية المحضرة بطريقة البلازما الباردة للفينول والرصاص هو أمتزاز فيزيائي ام كيميائي وكما مبين ادناه:

1. حساب ثابت الإتزان (K_{eq}) وثابت التفاعل (k): القيم العالية لسرعة التفاعل (k) تشير بأن كفاءة الإمتزاز عالية وكما مبين بالجدول 5 و 6 ومن ملاحظة هذه الجداول نجد ان قيم سرعة التفاعل (k) تقل بزيادة درجة الحرارة لأن الارتفاع بدرجة الحرارة يعمل على عودة المادة الممتزة من السطح الماز الى محلول الإمتزاز وهذا يتفق مع الطبيعة الفيزيائية للإمتزاز الباعثة للحرارة (Lucas وآخرون، 2003).
2. طاقة غيبس (ΔG) او تسمى قيم الطاقة الحرة التنشيطية وعند حسابها من معادلة 4 توضح القيم السالبة على أن التفاعل يسير بصورة تلقائية باتجاه تكوين النواتج خلال عمليات الإمتزاز وكما موضح بالجدول 5 و 6 (Gorges، 2008).
3. الأنتالبي او المحتوى الحراري (ΔH) من خلال عمليات الإمتزاز باستخدام معادلة فان ت هوف (Vant Hoff) معادلة 5 و 6 ورسم العلاقة بين ($\ln K_{eq}$) كدالة لمقلوب درجة الحرارة ($1/T$) كلفن⁻¹ فحسبت قيم (ΔH) من قيمة الميل التي تمثل $-\Delta H / R$ كما موضح بالشكل 4 و 5 فان قيمة المحسوبة (ΔH) كانت سالبة فيدل على أن التفاعل باعث للحرارة خلال عمليات الامتزاز كما بالجدول 5 و 6 (Kazim واخرون، 2008).
4. قيم الأنتروبي (ΔS) ويلاحظ من خلال قيم التغيير (ΔS) الحالة العشوائية او اللانظام في نظام الامتزاز يشير الى قيم (ΔS) في الجدول 5 و 6 تقريبا لا تتغير معنوياً، لأن حالة اللانظام بالنسبة للمركب الواحد لا تتغير ضمن المدى المدروس من الدرجات الحرارية (Kazim واخرون، 2006؛ Al-Sammrae، 2006).

جدول 5. قيم الدوال الترموديناميكية لعملية امتزاز الفينول على سطح جسيمات مادة البلاتين النانوية

ΔS	ΔH	ΔG	slope	$\ln K$	K	$1/T$
31.018	-854.513	-9632.471	102.78	4.094	59.976	0.00353
31.203	-854.513	-9997.120	102.78	4.104	60.576	0.00341
31.559	-854.513	-10416.752	102.78	4.135	62.492	0.00330
31.174	-854.513	-10611.961	102.78	4.078	59.024	0.00319
31.008	-854.513	-10870.226	102.78	4.048	57.275	0.00310

* Thermodynamic values of phenol adsorption process on the surface of platinum nanoparticles.



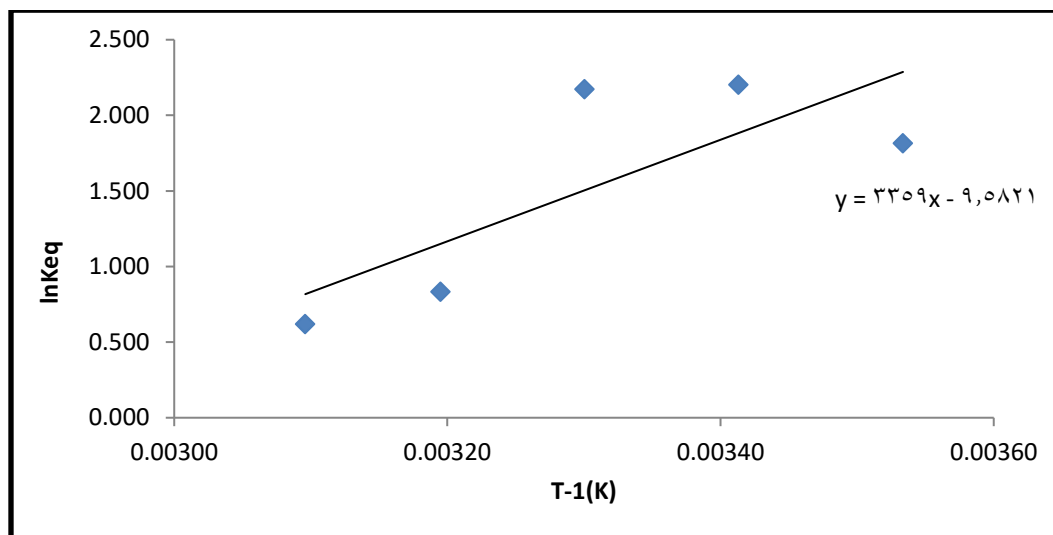
شكل 4 . العلاقة الخطية لمعادلة فان ت هوف لإمتزاز الفينول بواسطة جسيمات البلاتين النانوية.

* Linear relationship of the (Vant-Hoff) equation for phenol adsorption by platinum nanoparticles.

جدول 6. قيم الدوال الترموداينمكية لعملية امتزاز الرصاص على سطح جسيمات مادة البلاتين النانوية.

ΔS	ΔH	ΔG	Slope	$\ln K$	K	1/T
-83.596	-27926.7	-4269.173	3359	1.814	6.138	0.00353
-76.999	-27926.7	-5366.007	3359	2.203	9.050	0.00341
-74.110	-27926.7	-5471.391	3359	2.172	8.775	0.00330
-82.309	-27926.7	-2164.142	3359	0.832	2.297	0.00319
-81.317	-27926.7	-1661.201	3359	0.619	1.856	0.00310

* Thermodynamic function values for lead adsorption process on the surface of platinum nanoparticles.



شكل 5. العلاقة الخطية لمعادلة فان ت هوف لإمتزاز الرصاص بواسطة جسيمات البلاتين النانوية.

* Linear relationship of the (Vant–Hoff) equation for adsorption of lead by platinum nanoparticles.

الاستنتاجات

باستخدام جسيمات البلاتين النانوية بطورها السائل والمحضرة بطريقة البلازما الباردة لأزالة الملوث المذاب بحلوله المائي سواء كان عضوي متمثل بالفينول أو لا عضوي متمثل بالرصاص وعند درجة حرارة 25⁰ م كانت نسب التنقية من الملوثات بحدود 95% للفينول وبحدود 90% لمعدن الرصاص. كما انه كفاءة التنقية لهذه الملوثات المذابة بمحاليلها المائية تبقى بمستوياتها المرتفعة مع انخفاض طفيف جدا بكفاءة التنقية عند ارتفاع درجات حرارة المحاليل المائية الحاوية على الملوثات مما يدل على فعالية جسيمات البلاتين النانوية في عملية التنقية. وان التنقية لهذه الملوثات كانت بطريقة آمنة جدا وسهلة وغير مكلفة لأنها كانت بطريقة الإمتزاز الفيزيائي ودل على ذلك قيم الدوال الترموداينمكية المتحصل عليها اثناء عملية التنقية. ومما تجدر الاشارة اليه ايضا ان المواد النانوية المستخدمة للمعالجة تم التخلص منها ايضا اثناء عملية الفصل العينات بواسطة جهاز الطرد المركزي المستخدم.

References

- Abdul-Qadi, I. B. (2003). Economic development and the environment between market failu and economic policy. PhD thesis, College of Administration and Economics, University of Mosul, p. 71- 72.
- Adeleye, A. S., Conway, J. R., Garner, K., Huang, Y., Su, Y., & Keller, A. A. (2016). Engineered nanomaterials for water treatment and remediation: Costs, benefits, and applicability. *Chemical Engineering Journal*, 286, 640–662.
- Al-Sammrae, L. H. A. J. (2006). *Study of The Factors Affecting The Adsorption of Some Azo Dyes By Using Different Adsorbents*. M. Sc, thesis. University of Tikrit.
- Assaf, A. H., Ramizy, A. (2019). Effect of nanoparticles concentration increase for zno under liquid phase on purification of water contaminated with phenol at different temperatures. *iraqi Journal of Desert Studies*, 9 (2), 14–23.
- Dotto, G. L., Goncalves, J. O., Cadaval, T. R. S., & Pinto, L. A. A. (2013). Biosorption of phenol onto bionanoparticles from Spirulina sp. LEB 18. *Journal of Colloid and Interface Science*, 407, 450–456.

- Gorges, D. M. Y. (2008). *Study of The Factors Affecting on The Adsorption of Some Substituted Phenol and Aniline Using Different Adsorbents*. A Thesis Submitted to The Council of the College of Education University of Tikrit.
- Gulec, F., Sher, F., & Karaduman, A. (2019). Catalytic performance of Cu- and Zr-modified beta zeolite catalysts in the methylation of 2-methylnaphthalene. *Petroleum Science*, 16(1), 161–172.
- Harvey, D. (1956). *Chemistry* (K. A. Peterson (ed.); 1st ed). James M. Smith.
- Hussain, S. N., Roberts, E. P. L., Asghar, H. M. A., Campen, A. K., & Brown, N. W. (2013). Oxidation of phenol and the adsorption of breakdown products using a graphite adsorbent with electrochemical regeneration. *Electrochimica Acta*, 92, 20–30. Mohsen,
- Jado, I. A. (2007). *Study of Using Granular Activated Carbon For Removing Phenol, Parachlorophenol, and Benzene From Wastewater of Baiji Refinery*. University of Tikrit.
- Jia, C. S., Zhang, L. H., Peng, X. L., Luo, J. X., Zhao, Y. L., Liu, J. Y., Guo, J. J., & Tang, L. D. (2019). Prediction of entropy and Gibbs free energy for nitrogen. *Chemical Engineering Science*, 202, 70–74.
- Kazim, A. M., Al-Kaim, I. F., Gani, K., & Al-Kaim, A. F. (2008). Kinetic Study for Adsorption of Chromium tri-Oxide on Kaolinite Surface. *National Journal of Chemistry*, 31, 415–427.
- Krastanov, A., Alexieva, Z., & Yemendzhiev, H. (2013). Microbial degradation of phenol and phenolic derivatives. *Engineering in Life Sciences*, 13(1), 76–87.
- Lucas, S., Cocero, M. J., Zetzel, C., & Brunner, G. (2003). Study and modeling of furfural adsorption on activated Carbon under supercritical conditions. *Journal, Available on E-Mail: Susana* 19.
- Madhav, S., Ahamad, A., Singh, A. K., Kushawaha, J., Joginder, S., Chauhan, J. S., & Shama, J (2019). *Water Pollutants: Sources and Impact on the Environment and Human Health*. Springer, Singapore.
- Mohsen, A. (2022). Nested filters: a low-cost environmental technology for decentralized wastewater treatment and reuse. *Arabian Journal of Scientific Research*, 2, 10.
- Said, K. A., Ismail, A. F., Abdul Karim, Z., Abdullah, M. S., & Hafeez, A. (2021). A review of technologies for the phenolic compounds recovery and phenol removal from wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*, 151, 257–289.
- Sher, F., Malik, A., & Liu, H. (2013). Industrial polymer effluent treatment by chemical coagulation and flocculation. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(4), 684–689.
- Smith, J. A. & Galan, A. (1995). Sorption of nonionic organic contaminants to dingle and dual cation bentonites from water. *Environmental Science Technology*, 685–692.
- Peng, X. L., Jiang, R., Jia, C. S., Zhang, L. H., & Zhao, Y. L. (2018). Gibbs free energy of gaseous phosphorus dimer. *Chemical Engineering Science*, 190, 122–125.
- Pradeep, N. V., Anupama, S., Navya, K., Shalini, H. N., Idris, M., & Hampannavar, U. S. (2015). Biological removal of phenol from wastewaters: a mini review. *Applied Water Science*, 5(2), 105–112.
- Ramos, R. L., Moreira, V. R., Lebron, Y. A. R., Santos, A. V., Santos, L. V. S., & Amaral, M. C. S. (2021). Phenolic compounds seasonal occurrence and risk assessment in surface and treated waters in Minas Gerais—Brazil. *Environmental Pollution*, 268, 115782.
- Wang, L. k., Chen, J. P., Hung, Y.-T., & Shamma, N. k. (2009). Heavy metals in water presence, removal and safety by Sanjay K. Sharma (z-lib.org)1. *Taylor and Francis Group, LLC*, 489.
- WHO. (2018). *UNESCO, "Wastewater is an untapped resource."*
- Zagklis, D. P., Vavouraki, A. I., Kornaros, M. E., & Paraskeva, C. A. (2015). Purification of olive mill wastewater phenols through membrane filtration and resin adsorption/desorption. *Journal of Hazardous Materials*, 285, 69–76.
- Zazycki, M. A., Godinho, M., Perondi, D., Foletto, E. L., Collazzo, G. C., & Dotto, G. L. (2018). New biochar from pecan nutshells as an alternative adsorbent for removing reactive red 141 from aqueous solutions. *Journal of Cleaner Production*, 171, 57–65.