

## حركية إزالة الكبريت والفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة

أ.د. مزهر مهدي ابراهيم  
رئيس قسم هندسة البيئة/ جامعة تكريت  
أ.د. عبد الحليم عبد الكريم محمد  
قسم الهندسة الكيماوية - جامعة بغداد  
أيسر طالب جارالله  
قسم الهندسة الكيماوية - جامعة تكريت

### الخلاصة

تم معالجة نفط خام البصرة كاملاً بالهيدروجين في مفاعل ثلاثي الأطوار باستخدام الكوبلت موليبدنيوم المحمول على الألومينا كعامل مساعد. كانت حدود درجات حرارة التفاعل للنفط الخام بين 598 و 648 كلفن وحدود سرعة السائل الفراغية من 0.7 الى 2 ساعة<sup>-1</sup> وكانت هذه التفاعلات تحت ضغط هيدروجيني ثابت مقداره 3 ميكاباسكال وباستعمال نسبة هيدروجين الى المغذي مقدارها 300 لتر/لتر .  
درست حركية تفاعلات إزالة الكبريت والفناديوم والنيكل وقد وُجد ان الحركية الظاهرة لتفاعل إزالة الكبريت هي من الدرجة الأولى والحركية الظاهرة لتفاعل إزالة الفناديوم والنيكل هي من الدرجة الثانية .  
تم حساب طاقات التنشيط الظاهرية فكانت 24.03 و 75.86 و 63.90 كيلوجول/مول لتفاعلات إزالة الكبريت والفناديوم والنيكل لنفط خام البصرة المعامل بالهيدروجين على التوالي .  
الكلمات الدالة: حركية ازالة الكبريت خلال المعاملة الهيدروجينية ، المفاعل ثلاثي الأطوار ، حركية ازالة المعادن خلال عملية الهدرجة

## Kinetics of Sulfur, Vanadium and Nickel Removal from Basra Crude Oil Hydro Treating

### Abstract

Basra crude oil was hydro treated in trickle-bed reactor using cobalt - molybdenum alumina as a Catalyst. The reaction range temperatures was 598 – 648 k, while LHSV was 0.7 – 2 hr<sup>-1</sup>. The pressure and H<sub>2</sub>/Oil for all experiments keep constant at 3Mpa and 300 L/L respectively.

Desulphurization and demutualization kinetics were studied and found that the kinetics of sculpture removal is of first – order, and the kinetic of vanadium and nickel removal is of second – order.

Activation energy were calculated and their value are 24.03, 745.86, 63.90 KJ / mole, respectively for sculpture, vanadium, and nickel.

**Keywords:** Hydrodesulphurization kinetic, Cobalt-molybdenum, catalyst, Trickle bed reactor, Hydro demetalization kinetic

## المقدمة

تفاعلا من الدرجة الثانية، أما عباس<sup>[5]</sup> فقد أثبت بان الحركية الظاهرة لعملية المعاملة بالهيدروجين لنفط خام البصرة المختزل المزال منه الاسفلتينات تبعت تفاعلا من الدرجة الثانية، محمد وآخرون<sup>[8]</sup> أوضحوا بأن حركية التفاعل لعملية إزالة الكبريت بالهيدروجين لخام القيارة العراقي المزال منه الاسفلتينات تبعت تفاعلا من الدرجة الثانية. اما انطونيو (Antonio)<sup>[9]</sup> وودل (Woodle)<sup>[10]</sup> وبراسكوس (Paraskos)<sup>[11]</sup> فقد اثبتوا ان حركية ازالة الفناديوم والنيكل تبعت حركية من الدرجة الثانية خلال المعاملة الهيدروجينية لزيت المخلف الثقيل المشتق من منطقة البحر الادرياتيكي (Adriatic Sea Region) وللمخلف الفراغي المشتق من خام تكساس الامريكي ولزيت المخلف المشتق من الخام الكويتي على التوالي .

تستخدم المفاعلات ثلاثية الاطوار ( Tricle Bed) بصورة واسعة في عمليات المعاملة بالهيدروجين وخاصةً المقاطع الثقيلة التي يكون تركيز الكبريت فيها عالياً .

ان السائل او المادة المغذية تغطي أو ترطب أجزاء العامل المساعد حال مروره بمنطقة العامل المساعد، وان الغاز المتفاعل والذي هو الهيدروجين يتغلغل خلال غشاء السائل الموجود على سطح العامل المساعد ويتفاعل معه .

ان تحليل واداء مفاعل ثلاثي الاطوار بافتراض تفاعل من الدرجة الاولى في ظل ظروف مثالية والتي تفترض :-

جريان انبوبي للسائل (أي لا يوجد أنتشار باتجاه نصف القطر ) ولا يوجد أنتقال للمادة والحرارة بين الغاز والسائل وبين السائل والعامل المساعد الصلب او داخل اجزاء العامل المساعد أي في الحالة المستقرة (Steady- state) أي ان

أوضحت الدراسات الحركية المستخدمة في عملية المعاملة بالهيدروجين بان الحركيات السائدة لعملية المعاملة بالهيدروجين والتي يُعبر عنها بعملية ازالة الكبريت بالهيدروجين انها من الدرجة الاولى<sup>[11]</sup> . أُجريت دراسات عديدة لتحديد درجة التفاعل لعملية المعاملة بالهيدروجين وان جميع هذه الدراسات بينت ان حركية عملية المعاملة بالهيدروجين تأخذ احدى الاحتمالات الثلاثة التالية :-

1- تفاعل من الدرجة الاولى. أثبت محمد<sup>[2]</sup> ان ازالة الكبريت بالهيدروجين للزيوت التي مدى غلبانها من 623 الى 823 كلفن المشتقة من خام كركوك تبعت تفاعل من الدرجة الاولى. كذلك أثبت هنري وكلبرت (Henry and Gilbert)<sup>[3]</sup> ويو (Yui)<sup>[4]</sup> بان ازالة الكبريت بالهيدروجين للمخلف الفراغي المشتق من الخام الكويتي ولزيت الغاز الخفيف والثقيل المشتق من خام البرتا الكندي على التوالي تبعت تفاعلا من الدرجة الاولى، كذلك وُجد بأن عملية المعاملة بالهيدروجين لخام كركوك وجمبور وباي حسن تبعت تفاعلا من الدرجة الاولى<sup>[5]</sup> .

2- تفاعلان من الدرجة الاولى آنياً، تفاعل المركبات سهلة الازالة وتفاعل المركبات صعبة الازالة. أثبت أري (Arey)<sup>[6]</sup> وآخرون<sup>[6]</sup> ان حركيات عملية المعاملة بالهيدروجين لزيت الغاز الفراغي الثقيل ومتبقي النفط الخام تحت الضغط الفراغي والجوي والمخلف الخالي من الاسفلتينات تبعت هذا النموذج.

3- تفاعل من الدرجة الثانية. أثبت عارف<sup>[7]</sup> بان زيت الغاز الفراغي المشتق من خام كركوك تبع

ويميل مساوي الى  $k_1$  والذي يمثل ثابت التفاعل من الدرجة الاولى .

وعندما يكون التفاعل من الدرجة الثانية فأن المعادلة تأخذ الشكل التالي<sup>[7]</sup> :

$$[1/C_{Aout}] - 1/C_{Ain} = [k_2/LHSV] \dots\dots(3)$$

حيث أن:-

$k_2$ : ثابت التفاعل من الدرجة الثانية (ساعة. وزن<sup>-1</sup>%) .

فاذا تم رسم  $(1/C_{Aout} - 1/C_{Ain})$  مع  $(1/LHSV)$  فأن العلاقة تمثل بخط مستقيم ويميل مساوي الى  $k_2$  والذي يمثل ثابت التفاعل من الدرجة الثانية .

وعندما تكون الحركية تفاعلين من الدرجة الأولى فأن المعادلة تأخذ الشكل التالي<sup>[7]</sup> :

$$S = S_1^0 \exp[-\bar{\omega}k_1/LHSV] + S_2^0 \exp[-\bar{\omega}k_2/LHSV] \dots\dots\dots(4)$$

حيث أن:-

$\bar{\omega}k_1$  و  $\bar{\omega}k_2$  ثابت التفاعل للمركبات الصعبة والسهلة الإزالة على التوالي في المعادلة (4).  
S : تركيز الكبريت في معادلة (4) (وزن %).  
و  $S_1^0$  و  $S_2^0$  المكونات البدائية للمركبات الصعبة والسهلة الإزالة على التوالي.

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة حركية إزالة الكبريت والفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة مباشرة باستخدام مفاعل ثلاثي الأطوار باستخدام الكوبلت - مولبيديوم المحمل على الألومينا كعامل مساعد بحدود درجات حرارة من 598 الى 648 كلفن وحدود سرع السائل الفراغية من 0.7 الى 2 ساعة<sup>-1</sup> وضغط 3 ميكاسباسكال ونسبة الهيدروجين الى المغذي 300 لتر/لتر .

**الجزء العملي**

السائل مشبع بالغاز في كل وقت وتفاعل مرتبة أولى بثبوت درجة الحرارة، تفاعل غير عكسي فيما يخص السائل (أي ان المادة الغازية المتفاعلة موجودة بكثرة) وان جسيمات العامل المساعد مغمورة كاملةً بالسائل وان التفاعلات تكون في الطور السائل ولا توجد عملية تبخير او تكثيف .

بالنسبة الى هذه الحالة في ظل هذه الفرضيات فان المفاعل يدعى بالمفاعل ثلاثي الاطوار المثالي. ان معادلة موازنة الكتلة للمفاعل تم حسابها من خلال عملية التكامل على شريحة من المفاعل واخذت الشكل التالي<sup>[7]</sup>

$$\ln[CAin/CAout] = 3600 k_v /LHSV] \dots\dots\dots(1)$$

حيث أن:-

$CAin$ : التركيز الداخل (وزن %).

$CAout$ : التركيز الخارج (وزن %).

$k_v$ : ثابت التفاعل من الدرجة الاولى اعتماداً

على حجم العامل المساعد .

LHSV: سرعة السائل الفراغية (م<sup>3</sup> سائل/ ساعة .م<sup>3</sup> عامل مساعد)

هناك الكثير من التجارب العملية المختبرية التي اوضحت بان قيم  $k_v$  تزداد مع زيادة نسبة السائل الداخل الى المفاعل بالرغم من ان المعادلة ( 1 ) اعلاه لا تتنبأ بهذا الشيء .

بالنسبة للحالة المثالية فان المعادلة السائدة لأداء المفاعل لتفاعل من الدرجة الاولى تأخذ الشكل التالي<sup>[7]</sup> :

$$\ln[CAin/CAout] = [k_1/LHSV] \dots\dots(2)$$

حيث أن:-

$k_1$ : ثابت التفاعل من الدرجة الأولى (ساعة<sup>-1</sup>)

فإذا تم رسم  $\ln(C_{Ain}/C_{Aout})$  مع  $(1/LHSV)$  فأن العلاقة تمثل بخط مستقيم

المحافظة على الضغط ثابتاً وهو 3 ميكاباسكال ونسبة الهيدروجين الى المغذي ثابتة أيضاً وهي 300 لتر/لتر. تحدث تفاعلات عملية المعاملة بالهيدروجين من خلال امتزاج المادة المراد هدرجتها مع الهيدروجين حيث ان المادة المغذية تنتشع بغاز الهيدروجين في المفاعل بسبب ارتفاع الضغط الجزئي للهيدروجين، اضافة الى ذلك فان الهيدروجين يتواجد بفائض عالي.

تنتشر المادة المغذية والهيدروجين خلال مسامات العامل المساعد وتُتمتِز على سطح العامل المساعد حيث تحدث التفاعلات ويتكون نتيجة هذه التفاعلات غاز كبريتيد الهيدروجين نتيجة لتفاعل الهيدروجين مع مركبات الكبريت<sup>[5]</sup>

#### النتائج والمناقشة

تم تحليل البيانات المستحصل عليها من التجارب العملية لعملية المعاملة بالهيدروجين لنفط خام البصرة، حيث تبعت عملية ازالة الكبريت بالهيدروجين لنفط خام البصرة حركية من الدرجة الاولى وكما مبين في الشكل ( 1 ) من خلال رسم  $\ln(C_{Ain} / C_{Aout})$  مع  $(1/LHSV)$  طبقاً للمعادلة ( 2 )، وان العلاقة بينهم والتي مثلت بخطوط مستقيمة كانت مطابقة للنتائج المستحصل عليها من التجارب العملية خلال المعاملة بالهيدروجين لنفط خام البصرة ولم تتبع نموذج حركية من الدرجة الثانية وكما موضح في الشكل ( 2 ) من خلال رسم  $(1/C_{Aout} - 1/C_{Ain})$  مع  $(1/LHSV)$  طبقاً للمعادلة ( 3 )، وان العلاقة بينهم والتي مثلت بخطوط مستقيمة نتج عنها انحراف كبير للبيانات المستحصل عليها من التجارب العملية لازالة الكبريت بالهيدروجين لنفط خام البصرة

المادة المغذية هي نفط خام البصرة الذي تم الحصول عليه من شركة مصافي الشمال في بيجي. يبين الجدول (1) خواص نفط خام البصرة .

#### العامل المساعد

العامل المساعد المستخدم في هذه العملية هو من نوع الكوبلت - مولوبيدنيوم المحمل على الالومينا (Co-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) الذي تم الحصول عليه من شركة مصافي الشمال في بيجي. يبين الجدول (2) خواص العامل المساعد المستخدم، حيث تم تعبئة 90 سم<sup>3</sup> من العامل المساعد في المفاعل بعد تجفيفه بدرجة حرارة 393 كلفن ولمدة ساعتين بين طبقتين من مادة خاملة على شكل كرات زجاجية بقطر 5.4 ملم.

ان عملية تنشيط العامل المساعد تمت بواسطة زيت الغاز الذي يحتوي على 0.6% من مادة CS<sub>2</sub> وباستخدام درجة حرارة 477 كلفن وضغط 2 ميكاباسكال وسرعة سائل فراغية 2.66 ساعة<sup>-1</sup> وبدون جريان لغاز الهيدروجين ولمدة أربع ساعات، بعدها عُيرت ظروف التنشيط الى درجة حرارة 573 كلفن وضغط 2 ميكاباسكال وسرعة سائل فراغية 1 ساعة<sup>-1</sup> وسرعة جريان الهيدروجين 0.45 لتر/دقيقة ولمدة 16 ساعة .

#### وحدة المعاملة بالهيدروجين

لقد تمت عملية المعاملة بالهيدروجين في الوحدة المختبرية في شركة الباسل العامة باستخدام مفاعل ثلاثي الاطوار ( Tricle Bed Reactor ) وذلك سنة 2002 ضمن رسالة ماجستير<sup>[15]</sup> .

أجريت عملية المعاملة بالهيدروجين باستخدام مدى درجات حرارية من 598 الى 648 كلفن وسرع سائل فراغية من 0.7 الى 2 ساعة<sup>-1</sup> وتم

يبين الجدول 3 قيم الثوابت النسبية لتفاعلات ازالة الفناديوم والنيكل خلال المعاملة بالهيدروجين لنفط خام البصرة والتي تراوحت بين 0.0473 (ساعة . وزن )<sup>-1</sup> عند 598 كلفن الى 0.1536 (ساعة . وزن )<sup>-1</sup> عند 648 كلفن للفناديوم و 0.2252 (ساعة . وزن )<sup>-1</sup> عند 598 كلفن الى 0.6093 (ساعة . وزن )<sup>-1</sup> عند 648 كلفن للنيكل ، وهذا يعني أيضا ان قيم ثوابت نسب التفاعلات تزداد كلما ازدادت درجة حرارة التفاعل وهذا ينتج عنه عملية ازالة للفناديوم والنيكل اسرع<sup>[7]</sup>.

طاقة تنشيط تفاعلات ازالة الكبريت والفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة حسبت باستخدام معادلة ارينيوس (Arrhenius) التي تبين العلاقة بين ثابت نسبة التفاعل ودرجة حرارة التفاعل<sup>[14,7,5]</sup>

$$k=A \exp - (Ea/RT) \dots \dots \dots (5)$$

حيث أن:-

Ea: طاقة التنشيط الظاهرية (كيلوجول/مول) A: معامل التذبذب (ساعة<sup>-1</sup>).

R: ثابت الغازات (8.314 كيلوجول / كيلو مول .كلفن) .

T: درجة الحرارة (كلفن).

حيث يتم رسم lnk مقابل 1/T وان العلاقة بينهم تُمثل بخط مستقيم ميله يساوي Ea\*/R.-  
الاشكال 7 - 9 تبين العلاقة بين lnk مقابل 1/T لتفاعلات ازالة الكبريت والفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة والتي من خلالها تم حساب طاقة التنشيط ، حيث كانت طاقة التنشيط لتفاعلات ازالة الكبريت والفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية

هذه الدراسة كانت مطابقة لكثير من الدراسات الحركية لتجارب ازالة الكبريت بالهيدروجين لكثير من الباحثين مثل محمد<sup>[2]</sup> وهنري (Henry)<sup>[3]</sup> ويو (Yui)<sup>[4]</sup> والذين اثبتوا ان حركية ازالة الكبريت بالهيدروجين تتبع نموذج من الدرجة الاولى. قيم الثوابت النسبية لحركية ازالة الكبريت بالهيدروجين والمبينة في الجدول 3 تراوحت بين 0.5733 ساعة<sup>-1</sup> عند 598 كلفن الى 0.8414 ساعة<sup>-1</sup> عند 648 كلفن وهذا يعني ان تزايد درجة الحرارة سوف ينتج عنه تفاعلات ازالة للكبريت بصورة اسرع<sup>[12]</sup>.

وكذلك ان البيانات المستحصل عليها من التجارب العملية لازالة الفناديوم والنيكل خلال المعاملة بالهيدروجين لنفط خام البصرة بيّنت ان حركية ازالة الفناديوم والنيكل لم تتبع نمودجا من الدرجة الاولى وكما موضح في الشكلين ( 3 و 5 ) وأما تبعت حركية من الدرجة الثانية وكما موضح في الشكلين ( 4 و 6 ) من خلال رسم (1/C<sub>Aout</sub> - 1/C<sub>Ain</sub>) مقابل ( 1/LHSV ) طبقا للمعادلة ( 3 )، وان الخطوط المستقيمة التي مثلت العلاقة بينهم اظهرت توافقا لنتائج ازالة الفناديوم والنيكل من نفط خام البصرة خلال المعاملة الهيدروجينية له. هذه الدراسة كانت مطابقة لكثير من الدراسات الحركية لتجارب ازالة الفناديوم والنيكل خلال المعاملة بالهيدروجين لكثير من الباحثين مثل انطونيو (Antonio)<sup>[9]</sup> ووودل (Woodle)<sup>[10]</sup> وبراسكوس (Paraskos)<sup>[11]</sup>. ان النتائج توضح ان تفاعلات ازالة الفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية تكون اصعب من ازالة الكبريت ويعزى سبب ذلك الى جزيئات المركبات المعدنية والتي تكون اقل من جزيئات المركبات الحاوية على الكبريت<sup>[13]</sup>.

2- طاقات التنشيط لإزالة الكبريت والفناديوم والنيكل كانت 24.03 و 75.86 و 63.90 كيلوجول/مول على التوالي .

#### المصادر

- 1- Speight J. G.; ("The Desulphurization of Heavy Oils and Residue"), (1981).
- 2-Mohammed A. A. and Hankishe K., Fuel, Vol. (64), 621-924, (1985).
- 3- Henry H. C. and Gilbert J. B.; Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 12, 328, (1973).
- 4- Yui S. M. and Sanford E. C., Ind. Eng. Chem. Res., Vol. (28), 1278 – 1284, (1989).
- 5- Abbas A. S., M.SC. Thesis university of Baghdad, College of Engineering, Chem. Eng. Department (1999).
- 6-Arey F. Jr., Black well N. E. and Reichle A. D.; Seventh world petroleum congress, 4, 167, (1968) .
- 7-A' reff H. A., M.SC. Thesis University of Tikrit, College of Engineering, Chem. Eng. Department (2001).
- 8-Mohammed A. A., Karim H. N. and Ihsan N. A., Fuel, Vol. (67), 36-39 (1988) .
- 9-Antonio, Iannlbello A., Marengo S., Burgio G., Baldi G., Sicardl S. and Specchil V., Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 24(3), 531 - 537, (1985).
- 10-Woodle R. A., William B. and Chandler J., Ind. and Eng. Chem., 44(11), 2591 - 2596 (1952).
- 11-Paraskos J. A., Frayer J. A. and Shah Y. T., Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 14(3), 315 - 322 (1975).
- 12- Ali L. H. and Abdul-Karim E.; ("The Oil, Origin, Composition and Technology"), Mosul – Iraq (1986).
- 13-Mc culloch D. C., In Applied Industrial Catalysis, 1(69), (1983).
- 14-Weisser O. and Landa. S., Pergamon Press, (1973).
- 15- ايسر طالب جارالله "" هدرجة نפט خام البصرة" رسالة ماجستير 2003، كلية الهندسة، جامعة تكريت

لنفط خام البصرة هي 75.86 و 63.90 و 24.03 كيلو.جول/مول على التوالي .

أنتالبية وانتروبية التفاعل لتفاعلات ازالة الكبريت والفناديوم والنيكل خلال المعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة حسب استخدام المعادلة التالية التي تم الحصول عليها من النظرية النسبية المطلقة<sup>[7,5]</sup>

$$k / T = (F/h) \exp (\Delta S^*/ R) \exp (- \Delta H^*/ RT) \quad \dots\dots\dots (6)$$

حيث أن:-

$\Delta S^*$ : التغير بالإنتروبي او العشوائية

(جول/مول.كلفن) .

$\Delta H^*$ : التغير بالإنثالبي (كيلوجول/مول).

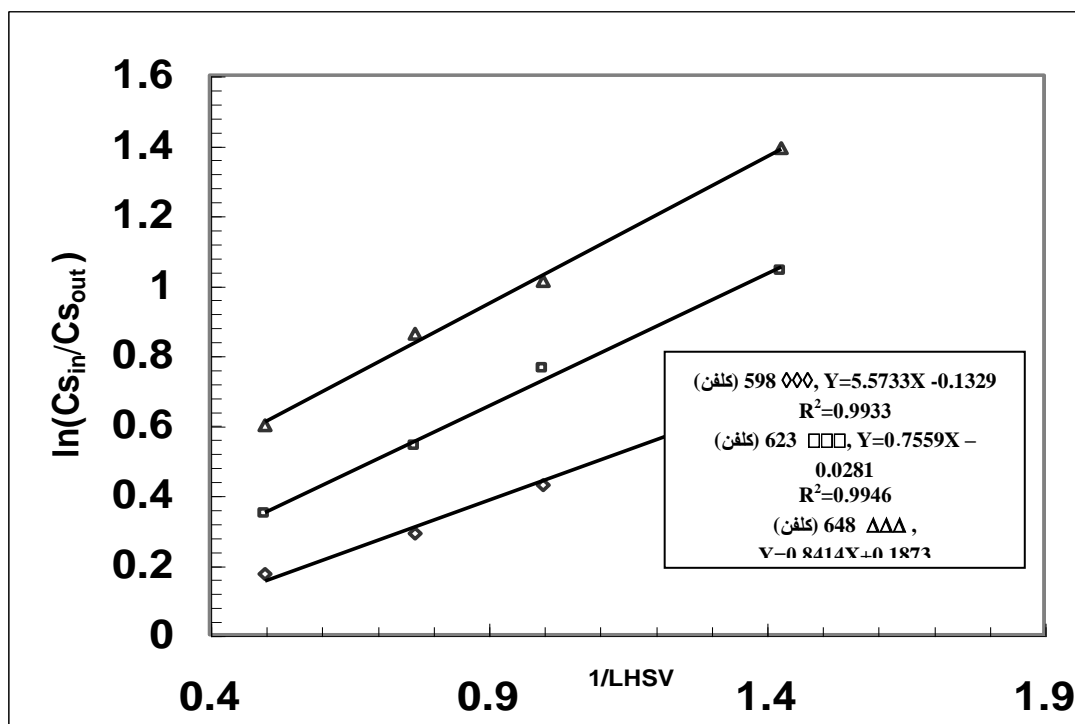
F: ثابت بولتزمان (1.3 \* 10<sup>-23</sup> جول/كلفن).

h: ثابت بلانكس (6.6262 \* 10<sup>-34</sup>).

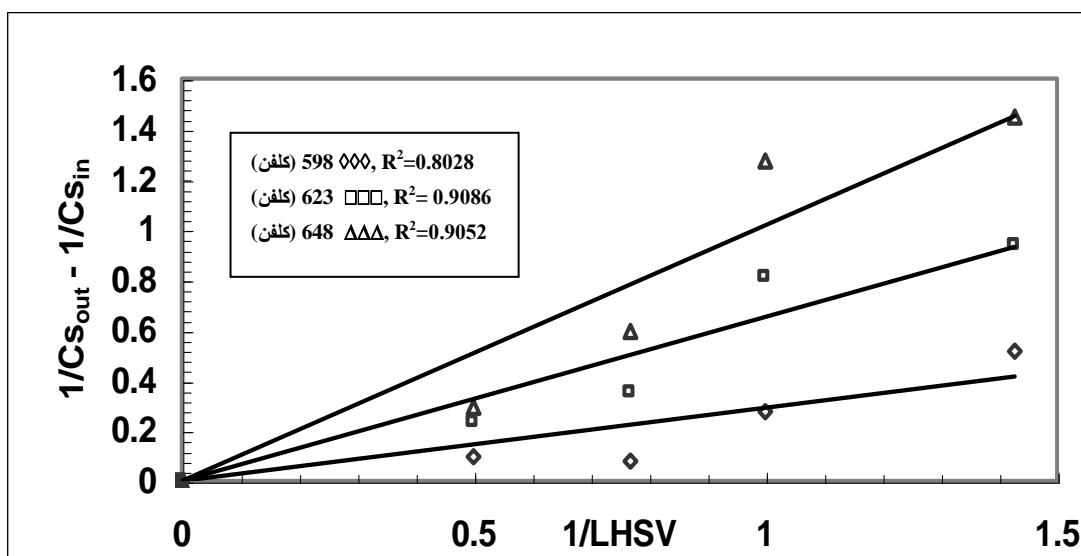
حيث يتم رسم  $\ln(k/T)$  مقابل  $1/T$  وان العلاقة بينهم تمثل بخط مستقيم ميله يساوي -  $\Delta H^*/R$  ونقطة تقاطع هذا الخط مساوية الى  $\ln(F/h) + \Delta S^*/R$  . الاشكال 10 - 12 تبين العلاقة بين  $\ln(k/T)$  مقابل  $1/T$  والتي من خلالها تم حساب الإنثالبي والإنتروبي لتفاعل ازالة الكبريت والفناديوم والنيكل بالمعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة على التوالي والمبينة قيمها في الجدول 3 .

#### الاستنتاجات

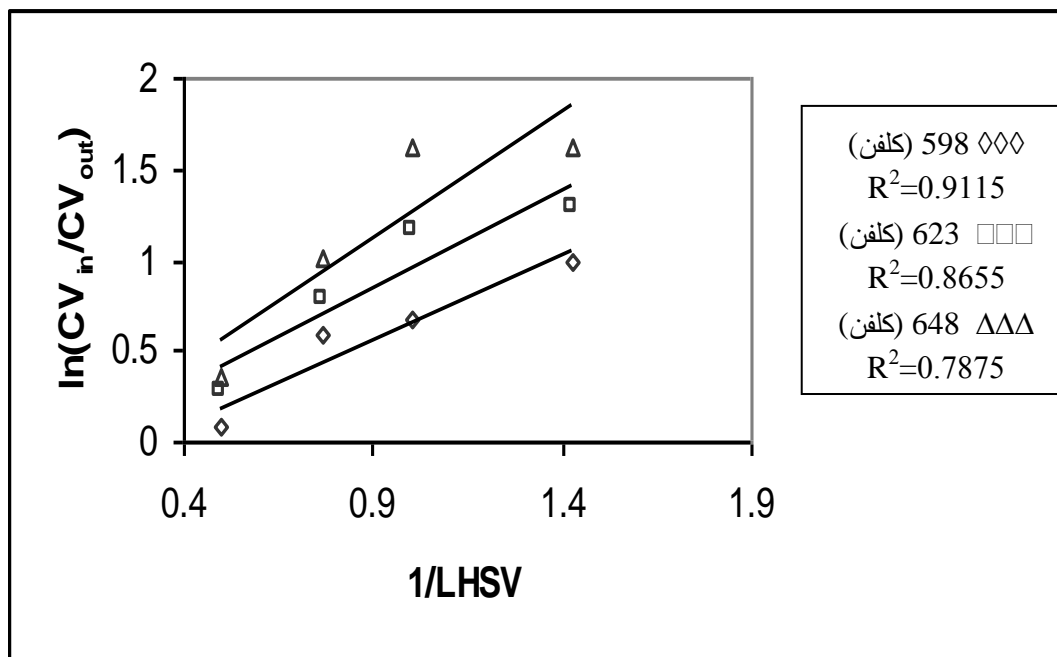
1- التحليل الحركي يُظهر بان تفاعلات إزالة الكبريت خلال المعاملة الهيدروجينية لنفط خام البصرة كاملاً في حدود درجات حرارة من 598 الى 648 كلفن وحدود سرع سائل فراغية من 0.7 الى 2 ساعة<sup>-1</sup> تبعت حركية من الدرجة الأولى ولتفاعلات ازالة الفناديوم والنيكل تبعت حركية من الدرجة الثانية .



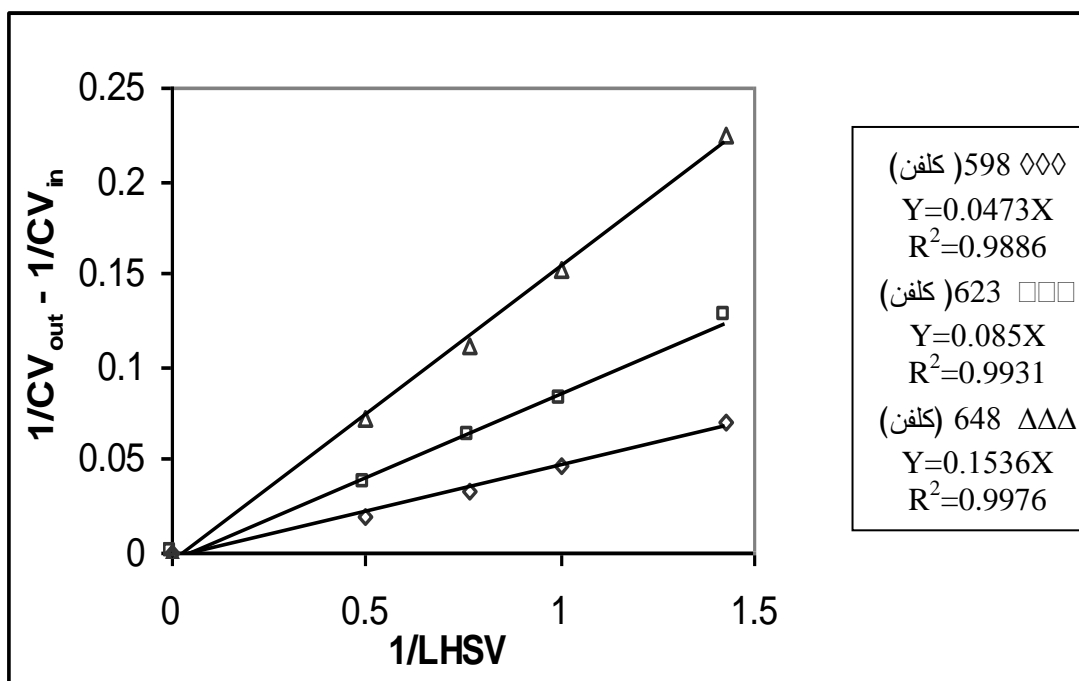
شكل ( 1 ) حركية إزالة الكبريت لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة اولى



شكل ( 2 ) حركية إزالة الكبريت لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية.

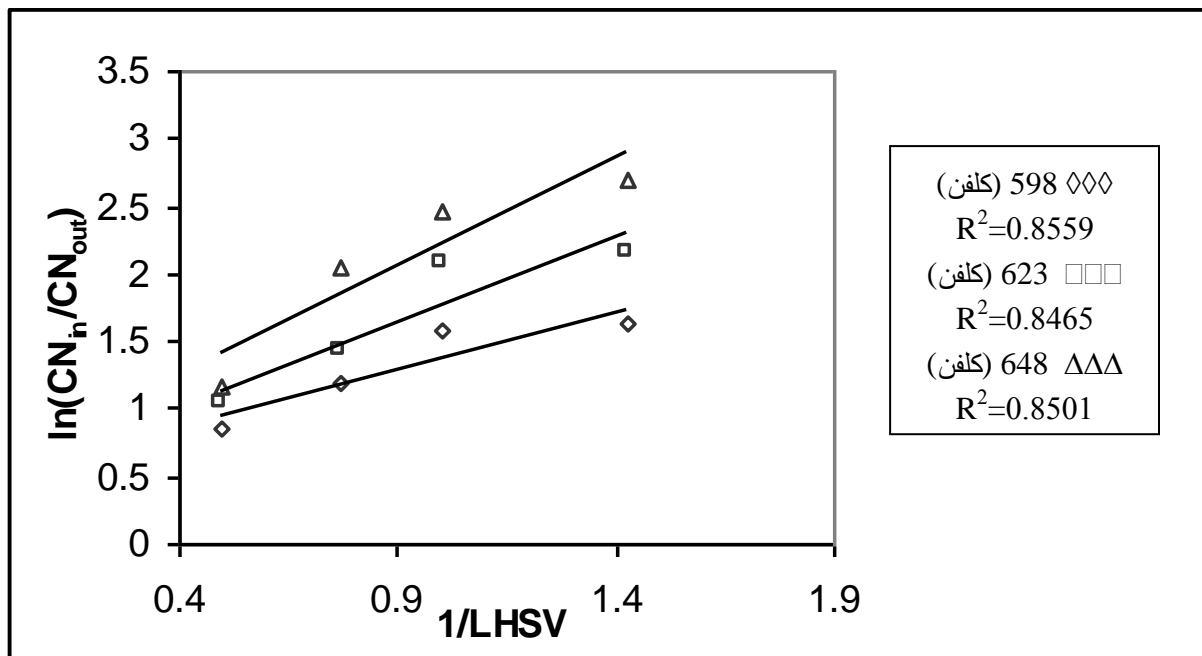


شكل ( 3 ) حركية إزالة الفناديوم لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة أولى

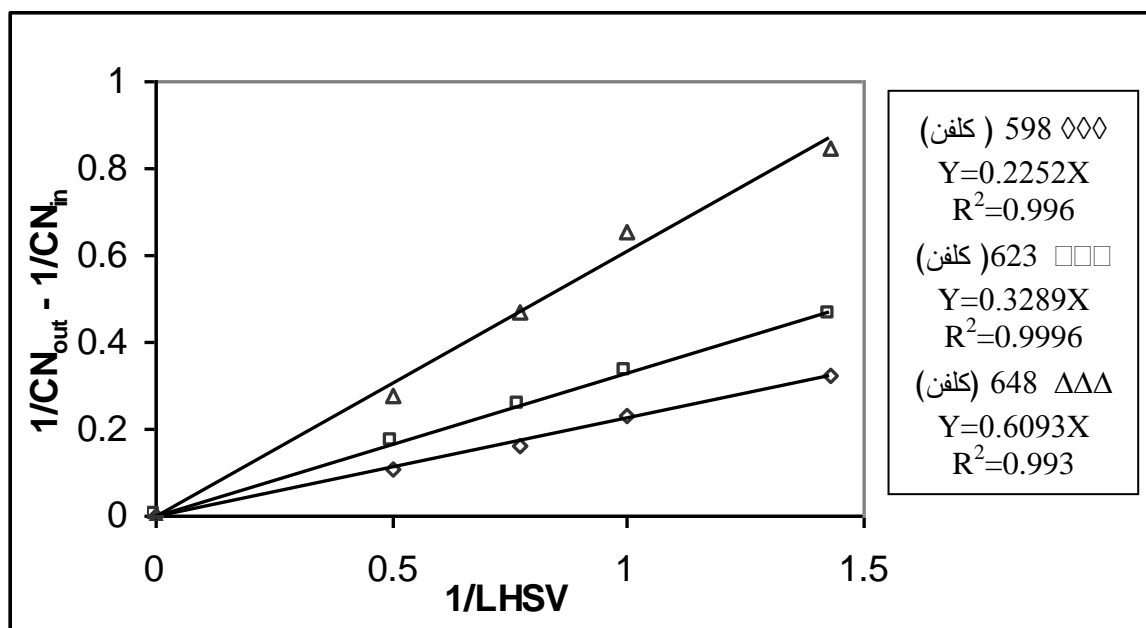


شكل ( 4 ) حركية إزالة الفناديوم لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية

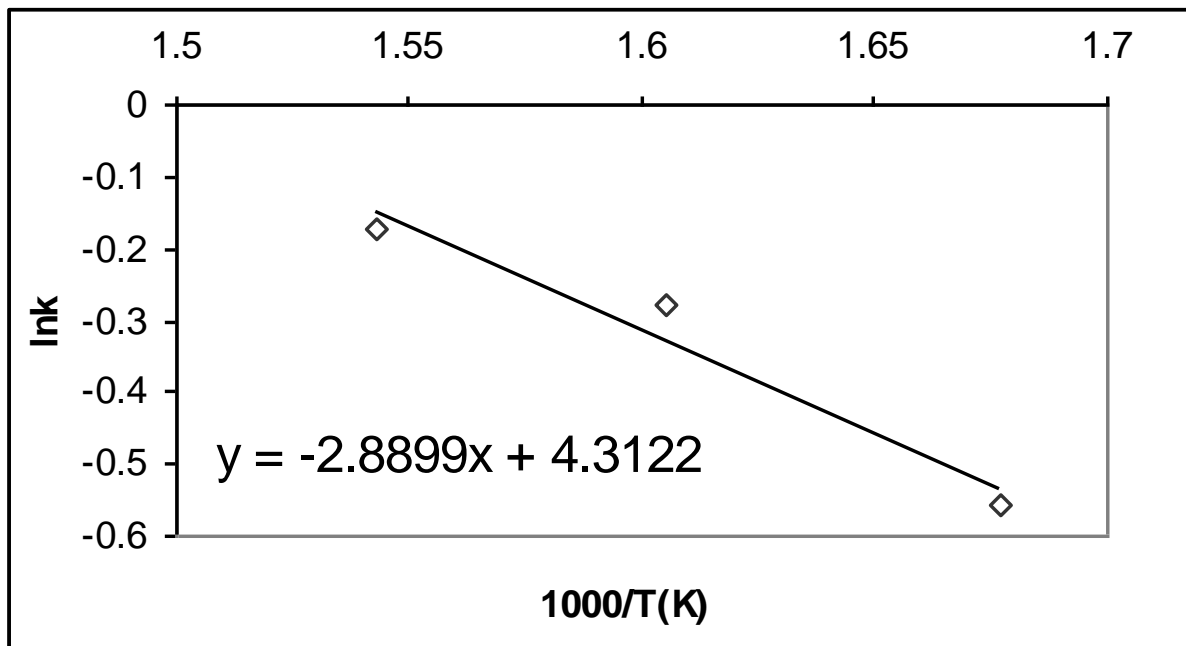




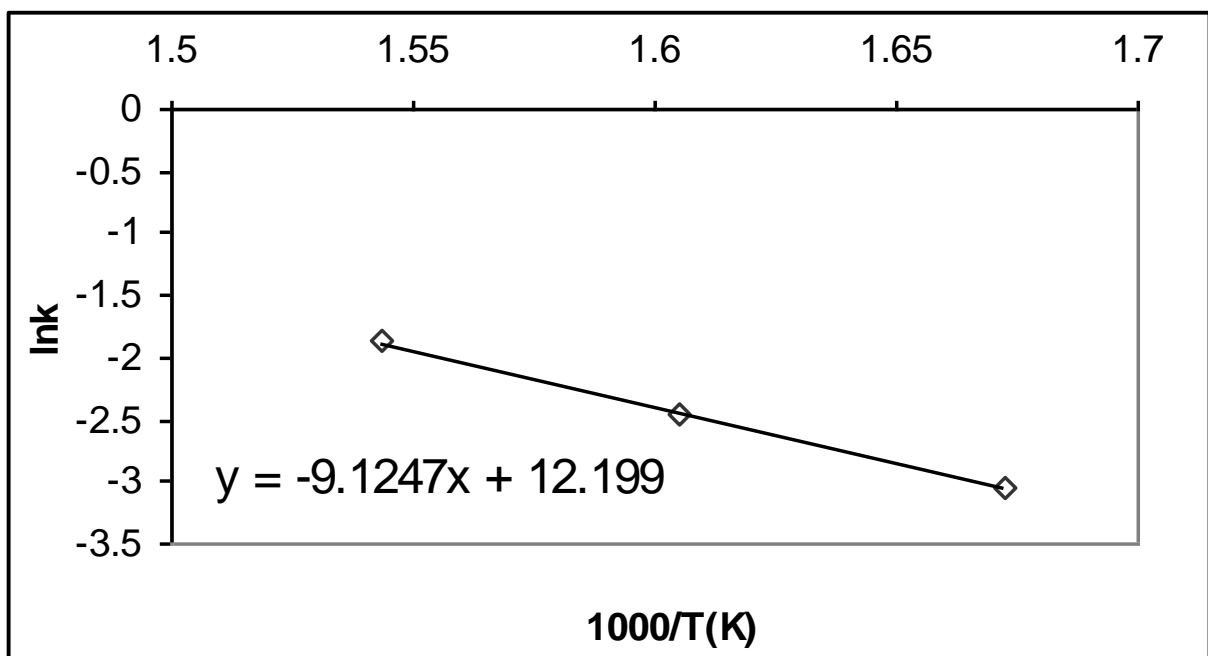
شكل ( 5 ) حركية إزالة النيكل لنواتج نفط خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة أولى



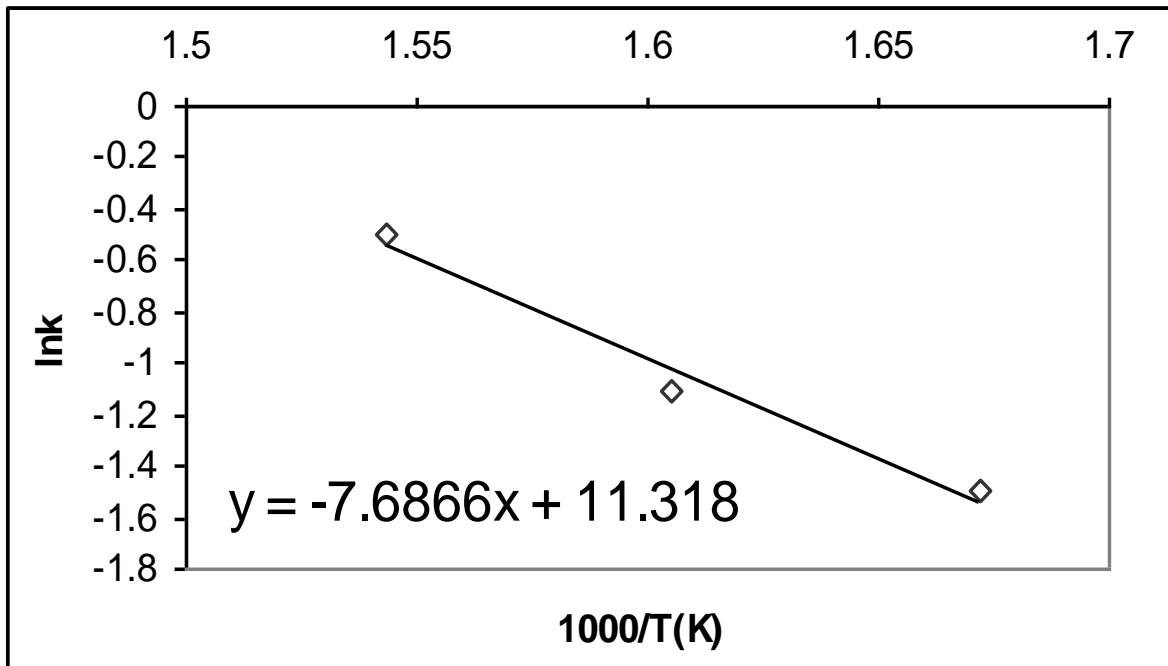
شكل ( 6 ) حركية إزالة النيكل لنواتج نفط خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية



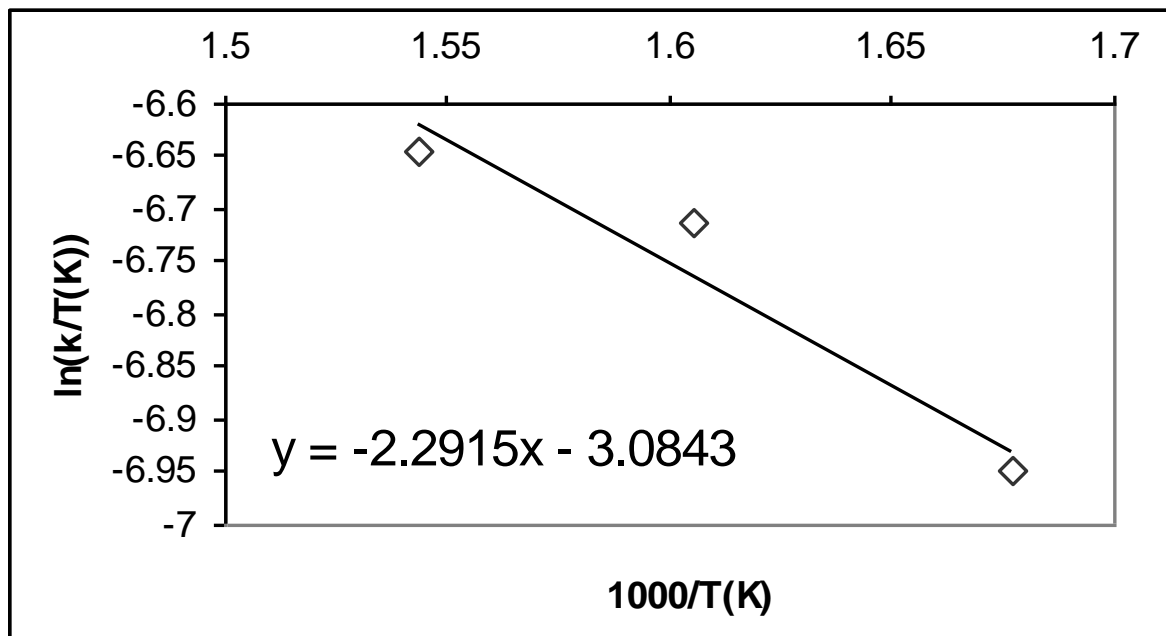
شكل ( 7 ) العلاقة بين  $\ln k$  و  $1/T(K)$  لحركية إزالة الكبريت لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة أولى



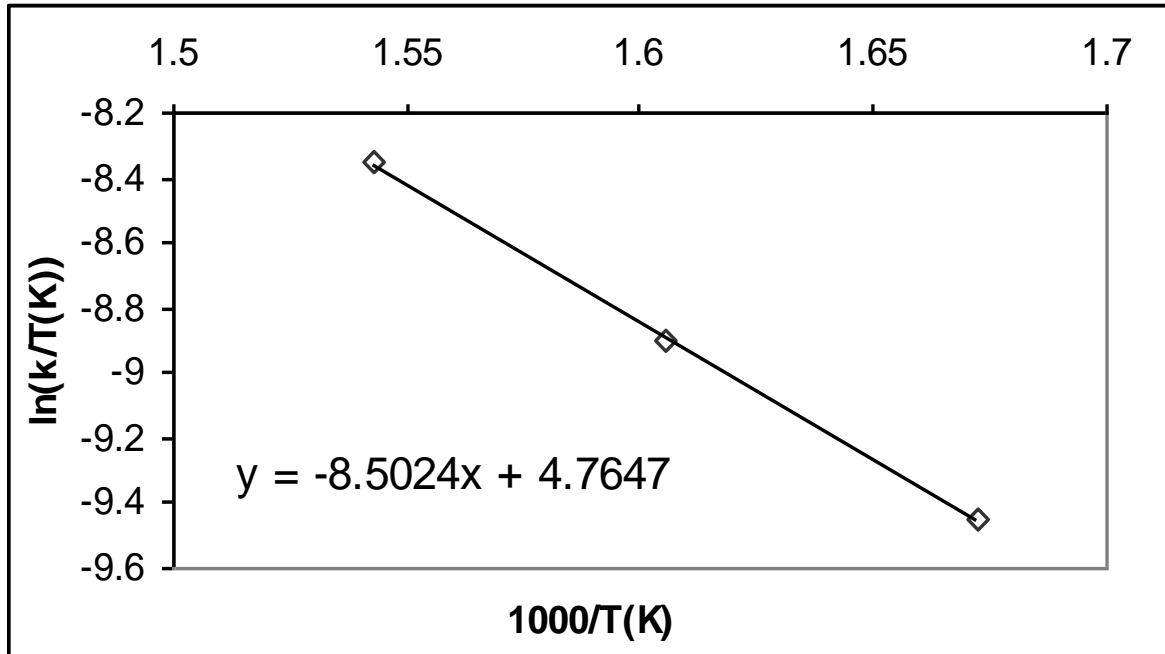
شكل ( 8 ) العلاقة بين  $\ln k$  و  $1/T(K)$  لحركية إزالة الفناديوم لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية



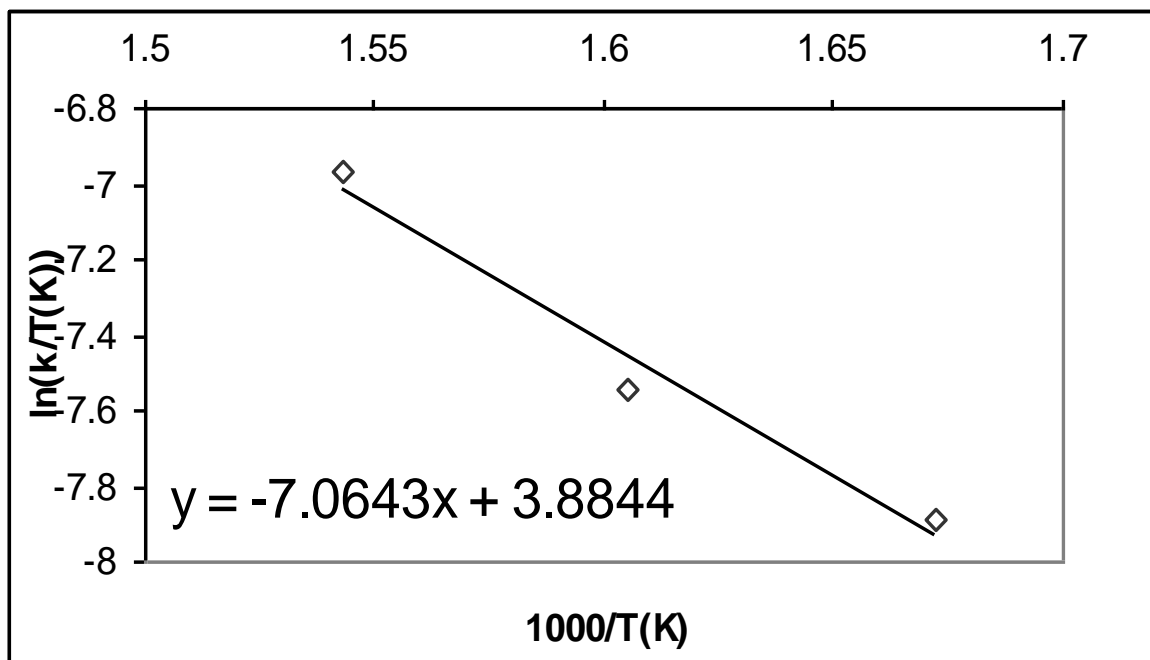
شكل ( 9 ) العلاقة بين  $\ln k$  و  $1/T(K)$  لحركية إزالة النيكل لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية



شكل ( 10 ) العلاقة بين  $\ln k/T(K)$  و  $1/T(K)$  لحركية إزالة الكبريت لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة أولى



شكل ( 11 ) العلاقة بين  $\ln k/T(K)$  و  $1/T(K)$  لحركية إزالة الفناديوم لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية



شكل ( 12 ) العلاقة بين  $\ln k_i/T(K)$  و  $1/T(K)$  لحركية إزالة النيكل لنواتج نפט خام البصرة المهدرج لتفاعل مرتبة ثانية

جدول (1) خواص نפט خام البصرة

القيم	الخواص
1.95	محتوى الكبريت (وزن%)
0.8560	الكثافة النوعية عند 288.6 كلفن
33.6	الكثافة بدرجات معهد البترول الأمريكي (API)
6.9	اللزوجة عند 313 كلفن (سنتسوك)
237	نقطة الانسكاب (كلفن)
4.1	مخلف الكار بون (CCR) وزن%
23.90	محتوى الفناديوم (جزء لكل مليون)
16.41	محتوى النيكل (جزء لكل مليون)
0.009	محتوى الرماد (وزن%)

جدول (2) خواص العامل المساعد المستخدم نوع كويلت-مولوبيدينيوم على الألومينا (Co-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)

القيم	الخواص الكيماوية
15	MoO <sub>3</sub> (وزن %)
3	NiO (وزن %)
1.1	SiO <sub>2</sub> (وزن %)
0.07	Na <sub>2</sub> O (وزن %)
0.04	Fe (وزن %)
2	SO <sub>2</sub> (وزن %)
الباقي	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
القيم	الخواص الفيزيائية
اسطواني	الشكل
180	المساحة السطحية (م <sup>2</sup> لكل غم)
0.5	حجم المسامة (سم <sup>3</sup> لكل غم)
0.67	الكثافة المطلقة (غم لكل سم <sup>3</sup> )
1.8	معدل قطر الجسيمة (ملم)
4	معدل طول الجسيمة (ملم)

جدول (3) ثوابت نسب التفاعلات والخواص الترموديناميكية للكبريت والفناديوم والنيكل

النيكل	الفناديوم	الكبريت	المركبات درجة الحرارة (كلفن)
(ساعة. بة التفاعل وزن % <sup>1</sup> )		ثابت نسبة التفاعل (ساعة <sup>-1</sup> )	
0.2252	0.0473	0.5733	598
0.3289	0.085	0.7559	623
0.6093	0.1536	0.8414	648
الخواص الترموديناميكية			
63.90	75.86	24.03	Ea* (كيلوجول/مول)
58.90	70.69	19.05	Δ H* (كيلوجول/مول)
-165.24	-157.92	-223.18	Δ S* (جول/مول. كلفن)