امتزاز النفتلين على الكوك النفطي المنشط فيزيائياً

د. ناصر النايف

أستاذ مساعد

قسم الهندسة الكيميائية ، جامعة البعث

الملخص

تم في هذه الدراسة تنشيط الكوك النفطي السوري بطريقة خاصة فيزيائية حرارية ، وقد أمكن بذلك الحصول على كوك منشط بلغت مساحته السطحية ٧٨٨ – ٨٧٩ م^2 / غ . وقد استعمل الكوك المنشط بعد ذلك في امتزاز النفتلين من الماء مع دراسة العوامل المتغيرة المؤثرة في هذا الامتزاز . وقد دلت الدراسة على أنه يمكن تمثيل المعطيات التجريبية المتعلقة بامتزاز النفتلين باستعمال الكوك النفطي المنشط بمعادلة Langmuir و Freundlich .

Abstract

Syrian petroleum coke was activated by thermal treatment which improved its surface area to a maximum of 788-879 m^2/g. The activated coke was then used for the treatment of water polluted by naphthalene. Some of the factors expected to affect the process of adsorption were investigated. The results obtained indicate that the adsorption of naphthalene by activated coke can be represented by the Langmuir and Freundlich equations.

١- تمهيد

تعد مشكلة التلوث بالمركبات العطرية ولا سيما المركبات العطرية الوحيدة الحلقة من المشكلات المهمة ، ولا سيما في مجال معالجة المياه الملوثة بها .

اقتربت هذه الجزيئات في حجومها من حجوم النخاريب ، وكان حجم النخاريب كافياً لدخول الجزيئات الممتزة فيها دون زيادة كبيرة أو فضل .

ومن المعروف أنه يسهل ارتباط الكربون المنشط بالكربون الهدربوني ، وتستطيع دقاق الكربون المنشط مَيْز المواد الهدربونية ، ولا سيما ما كان كبير الحجم منها أو غير متطرف ، واختبار امتزازها من الماء على غيرها من المواد الذائبة فيه فالكربون أكثر انجذاباً نحو الزيوت والمواد الهدربونية منه نحو الماء . وترتبط قدرة الكربون المنشط على امتزاز المواد الهدربونية الذائبة في الماء بشيعان الجسيمات نحو السطح الخارجي للكربون ثم شيعانها في داخل النخاريب .

وتعد المركبات العطرية من أسهل المواد امتزازاً ولا سيما الفينول والمذيبات العطرية الوحيدة الحلقة كالبنزول والتولوين ومركبات البنزول النترجيني ، ومثل ذلك يقال عن المركبات الهدربونية المكلورة ، العطرية كالبنزول المكلور والنفتلين المكلور والفينول المكلور ، وغير العطرية ككلوريد الكربون الرباعي والأثير الألكيلي المكلور والبوتادين السداسي الكلور وغيرها . ومن المواد الأخرى التي يسهل امتزازها من قبل الكربون أيضاً المركبات العطرية المضاعفة الحلقات ومبيدات الحشرات والأعشاب [1] والمركبات الهدربونية ذات الأوزان الجزيئية المرتفعة كالأصبغة والبنزين ومركبات الأمينات وغيرها .

ويعد الامتزاز بالكربون من أفضل الطرائق الناجعة في إخلاص الماء من المركبات الهدربونية الذائبة فيه ، ويكون ذلك غالباً بطريقة من طرائق ثلاث ، فقد يكون ذلك بامتزاز المواد الهدربونية التي يقل تطرفها ، أو يكون بترشيح الجسيمات الكبيرة منها أو يكون برين بعضها على السطح الخارجي للكربون المنشط .

والكربون اذا امتز مقادير كبيرة من المواد يفقد نشاطه وقدرتـــه علـــى الامتـــزاز ، فيقال إنه قد استهلك [٢] . ومن الممكن مع ذلك تنشيط هذا الكربون المستهلك بتسخينه إلى درجة مرتفعة من الحرارة .

ومن المعروف أن عملية امتزاز المركبات العطرية بالكربون المنشط عملية غيـــر منعكسة كما يستدل على ذلك من الدراسات السابقة [١] . ويمكن مـــع ذلـــك جعـــل عملية الامتزاز منعكسة وتسهيل عملية المج باستعمال أنواع خاصة مـــن الكربـــون المنشط .

٢- الكوك النفطي

من المعروف أنه تتراكم في مصفاة حمص مقادير كبيـــرة مـــن الكـــوك النفطـــي الرخيص الثمن القليل الاستعمال ، ومن المفيد لذلك محاولة الاستفادة من هذا الكوك المتراكم . ومن أهم الطرائق الممكنة في ذلك الحصول منه على كربـــون منشـــط صالح للاستعمال في طرائق الامتزاز .

وتبين الدراسة النظرية للخصائص المختلفة لأنواع الكوك النفطي السوري أن النوع الإسفنجي المنخرب غير المتبلور هو أصلح هذه الأنواع التي يمكن الحصول منهـــا على كربون منشط صالح للاستعمال في الامتزاز . وتدل الدراسات المجراة في هذا المجال أنه يمكن مضاعفة مقدرة الكوك على الامتزاز بمقـــدار عشـــرة أضـــعاف بتنشيط هذا الكوك [٢] .

وقد بينت التجارب السابقة المجراة أنه يمكن الاستفادة من الكوك المنشط في معالجة الماء الملوث بالمشتقات النفطية ، وأنه لا يقل في أدائه في ذلك عن الكربون المنشط التجاري . وقد أمكن باستعمال الكوك المنشط تحقيق فعالية في الفصل بلغت ٨٦ ٪ عند استعمال الشروط المثلى من درجة الحرارة والزمن ونسبة المادة الممتزة إلى مقدار الكوك المستعمل [٣] . كذلك بينت التجربة أنه يمكن الاستفادة من الكوك السوري المنشط في معالجة الغاز الطبيعي وإخلاصه من الأعواز الحمضية فيه ولا سيما إكسيد الكربون الثاني [٤] .

. (ك) Spent [٢]

لقد تم الحصول على عينات الكوك الإسفنجي المنخرب من أكوام الكوك الموجـودة غربي مصفاة حمص ، بفصلها عن سائر أنواع الكوك ، وقد أجريت علـى الكـوك عملية المعالجة الأولية وذلك بتجفيفه في جو المخبر ، ثم جفف الكـوك فـي فـرن درجة حرارته ١١٠°م ، ثم جرشت عينات الكوك في مطحنة كهربائيـة ، ونخلـت باستعمال منخل قطره ٦ مم وأهمل الكوك المسحوق الذي قل قطر حبيباته عـن ٦ مم . ويبين الجدول (١) نتائج تحليل هذا الكوك .

وتدل الدراسات المجراة حول تنشيط الكوك أن المساحة السطحية للكوك المنشط تتعلق مباشرة بزمن التنشيط ، وتزداد المساحة السطحية زيادة فعالة بعد زمن بقاء يزيد على أربع ساعات ، وتبلغ هذه المساحة أعظم قيمة لها عند زمن تنشيط يبلغ ست ساعات [٥] . وتدل بعض الدراسات المنشورة مع ذلك إلى أن المساحة السطحية العظمى تبدأ بالانخفاض بعد أربع ساعات من التنشيط [٦] . ويستدل من هذه الدراسة ان زيادة زمن التنشيط تؤدي في البداية الى ظهور عدد أكبر من مواقع التفاعل بين الكربون وبخار الماء ، ويستمر ذلك إلى أن يبلغ زمن التنشيط أربع ساعات ، فإذا استمر التسخين بعد ذلك فإن تفاعل الأكسدة يؤدي إلى إحراق جدران النخاريب مما يقلل من المساحة السطحية .

. وتدل الدراسات المنشورة حول التنشيط ببخار الماء أن ذلك يؤدي إلـى توسـيع النخاريب الدقيقة (Micropores) واندماج عدد منها وتشكيل نخاريب متوسطة (Mesopores) [٧] . ومن المعروف أن النخاريب الدقيقـة والمتوسـطة فـي الكوك تتشكل في المجال الحراري من ٨٧٥ إلى ١١٧٥ ك . ويستدل من الدراسة التي قام بها جماعة من الباحثين الكوريين أن السطح النوعي للكوك المنشط يـزداد بازدياد درجة حرارة التنشيط إلى ١٢٢٥ ك ثم يتناقص بارتفاع درجة الحرارة فوق ذلك [٨] .

وتدل الدراسات السابقة على أن فعالية امتزاز التولوين أفضل من فعاليـة امتـزاز البنزول بنسبة تتراوح بين ٤ و ١٣ ٪ [٩] ، ويعود ذلك على الأغلب إلى الفرق في

حجم جزيء البنزول نسبة إلى حجم جزيء التولوين . ومن المنتظر لذلك أن تكون فعالية امتزاز النفتلين أفضل منهما جميعاً ، وهذا ما تؤيده الدراسة الحالية .

يمكن وصف عمليات الامتزاز رياضيا باستخدام معادلتي لانغموير وفروندلش على النحو الاتي :

أ- معادلة لانغموير

$$\theta = \frac{\alpha \cdot P}{1 + \alpha \cdot P}$$

حيث : θ = التركيز السطحي (نسبة تغطية السطح بالمادة المازة

P = تركيز المزيز (النفتلين) في محلول الماء في حالة التوازن .

α = عدد ثابت .

ومن المعلوم أن هذه المعادلة تستند على أساس نظري بحت ، وتدل الدراسة المرجعية أن معادلة Langmuir هي المعادلة المفضلة في تمثيل امتزاز المركبات العطرية المضاعفة الحلقات [١٠] . ومن المشاهد أن التطابق مع معادلة Langmuir تطابق جيد في تمثيل امتزاز النفتلين . وهذه النتائج تتفق كذلك مع ما سبق التوصل إليه في تمثيل امتزاز المركبات العطرية الوحيدة الحلقة [٩] ، وكذلك امتزاز النفثا حيث تبين أن التطابق مع معادلة لانغمير تطابق جيد ولا سيما في مجال التركيز المنخفض للنفثا في الماء [٢]

ب-معادلة فروندلش:

$$x/m = Kc^{1/n}$$

حيث : x = كتلة المزيز (النفتلين)

m = كتلة الماز (الكوك)

C = تركيز المزيز (النفتلين) في محلول الماء في حالة التوازن .

K و n عددان ثابتان متعلقان بطبيعة الماز والمزيز ودرجة حرارة الامتزاز .ومن المعلوم أن هذه المعادلة تقوم على أساس عملي تجريبي ، وقد شاع استعمال هذه المعادلة في مختلف منظومات الامتزاز لأنها تعطي نتائج

أدق ، ومن المنتظر أن تكون هذه المعادلة لذلك أفضل انطباقاً من معادلة Langmuir في تمثيل امتزاز المركبات العطرية بالكربون المنشط

٣- التنشيط الفيزيائي للكوك :

أجريت عملية التنشيط على الكوك ، بالطريقة الفيزيائية لأنها طريقة سهلة واقتصادية ولا تحتاج إلى استعمال المواد الكيميائية ، وقد أجري تنشيط الكوك بتسخينه في جو من بخار الماء في الضغط الجوي إلى درجة حرارة مرتفعة ، وتم التسخين في فرن كهربائي أنبوبي مسخن بعنصر من كربيد السلكون المحيط بأنبوب الفرن . وكان قطر الأنبوب الخارجي ٥٩ مم وطول الجزء المسخن منه ٢٥٠ مم ، ووضعت في منتصف الجزء المسخن من الأنبوب مزدوجة حرارية من البلاتين والرديم متصلة مع جهاز التحكم بدرجة الحرارة الملحق بالفرن . وسخن الفرن إلى الدرجة ٧٢٥ ك قبل وضع الكوك فيه ، وكان معدل التسخين ٣.٥ ° م / د ، وتراوح معدل جريان البخار بين لتر واحد وثلاثة ألتار في الدقيقة ، واستعمل غاز النترجين غازاً حاملاً ، وتراوحت نسبة البخار بين ٢٥ و ٣٠ ٪ . واستعمل في توليد بخار الماء ماء مقطر نزع منه الإكسجين بالغليان . وبعد التنشيط ترك الكوك في الفرن إلى أن تم تبريده في جو من النترجين .

وقد استعمل في تنشيط الكوك زمن بقاء مقداره ست ساعات .

وقد أجري التنشيط في درجة مرتفعة من الحرارة (١٢٠٠ ك)

وقد أعيد بعد تنشيط الكوك تجفيفه في جو المخبر ، ثم جرشه ونخله باستعمال منخل قطره ٢ سم فصلت به قطع الكوك الكبيرة ، ثم نخل الباقي باستعمال منخل قطره ٦ مم ، وأهمل الكوك المسحوق الناعم الذي قل قطره عن ٦ مم . ثم قيست المساحة السطحية له بعد تنشيطه ، وأمكن بذلك زيادة المساحة السطحية للكوك إلى ٧٨٨ – ٨٧٩ م^{٢} / غ . وهي قيمة جيدة إذا ما قورنت بقيم المساحة السطحية للأنواع التجارية المتوافرة من الكربون والتي تتراوح بين ٩٥٠ و ١١٥٠ م^{٢} / غ .

٤- استعمال الكوك المنشط في الامتزاز :

تم تحضير عينات من الماء الذي أضيفت إليه مقادير مختلفة محددة من النفتلين للحصول على عينات من الماء بتراكيز مختلفة منها ، وكان دليل القلية لهذه العينات واقعاً في المجال من ٧ إلى ٨ . وقد أجريت اختبارات الامتزاز في الضغط الجوي وفي درجة حرارة ثابتة (٢٥ °م) وزمن بقاء ٣ ساعات . وقد أجريت سلسلة من التجارب باستعمال قيم مختلفة لتركيز النفتلين في الماء مع تغيير مقدار المادة المازة المستعملة (وهي الكوك المنشط) وكان المجال المستعمل للتركيز بين ٢.٥ و ٣٠ ملغ في اللتر ، وتراوحت مقادير الكوك المستعملة بين خمس غرامات وخمسة عشر غراماً ، وكان حجم عينة الماء لتراً واحداً (الشكل ١) . وقد كان الكوك المستعمل بشكل حبيبي لأن التجارب المجراة بينت قلة جدوى الكوك المسحوق في امتزاز المركبات العطرية .

ومن المعروف أنه يمكن معالجة الماء بإحدى طريقتين هما : طريقة الخوض وفيها يضاف الكوك إلى الماء ويخاض الخليط ، وطريقة الرشحان حيث يدفع الماء على حبيبات الكوك . وقد أجريت عملية الامتزاز بطريقة الرشحان لسهولتها وتجنباً لما قد يحدث من تقرد [٣] حبيبات الكوك أثناء خوضها مع الماء ونقص فاعليتها تبعاً لذلك . ومع أن لطريقة الرشحان مساويها كذلك وأهمها أن تراكم المزيز يزيد في المدخل ويقل في المخرج فلا يتم الانتفاع بطبقات الكوك كلها على سواء ، فإنه يمكن التغلب على ذلك باستعمال مقادير أكبر من الكوك المنشط ، وزيادة زمن البقاء .

وقد استعمل في اختبار الامتزاز وعاء يحتوي على طبقة الكوك المنشط التي أجريت من خلاله عينات الماء المحضرة . وبعد عملية الامتزاز كانت تغسل طبقة الكوك بالماء المقطر ، ثم تؤخذ عينات الماء المعالج فترشح ، ثم تؤخذ الرشاحة فيضاف إليها كلوريد الكربون الرباعي فتنفصل الرشاحة بذلك إلى طورين : طور عضوي في الأعلى يضم كلوريد الكربون الرباعي مع النفتلين ، وطور مائي في الأسفل ، ثم يفصل الطوران بعضهما عن بعض باستعمال قمع فصل ، وتحدد نسبة

---

[٣] Flocculation .

النفثلين في الطور العضوي باستعمال جهاز التحليل الكروماتغرافي السائل (GC mass) ، وهذه تمثل النسبة المتبقية غير الممتزة من النفثلين في الماء ، وتحسب من ذلك فعالية الكوك المنشط في امتزاز هذا المركب .

ويبين الجدول ٢ فعالية الامتزاز مع تغير التركيز وكمية الكوك المستعملة مع الماء الملوث بالنفثلين . وواضح من هذا الجدول أن فعالية الامتزاز تزداد بازدياد كمية الكوك المستعملة كما تتناقص مع زيادة تركيز المركب العطري . وهذه النتائج تتفق في إجمالها مع نتائج امتزاز المركبات العطرية الوحيدة الحلقة [٩] كما تتفق كذلك مع نتائج امتزاز النفثا [٢] .

ومن المعروف أن حجم الجزيء العطري من العوامل المهمة المؤثرة في الامتزاز بالكربون المنشط ، وأن هذا العامل ذو أهمية كبيرة في الامتزاز بالكربون المنشط .

ويبين الجدول ٣ حساب قيم التركيز التوازني والتركيز السطحي لعلاقتها بحساب الامتزاز وفق معادلة Langmuir و Freundlich . وتبين الأشكال من ٢ إلى ٤ منحنيات الامتزاز ، فيبين الشكل ٣ التمثيل البياني لمعادلة Langmuir في الامتزاز ، كما يبين الشكل ٤ التمثيل البياني لمعادلة Freundlich في الامتزاز .

يتضح من الشكل ٤أن التطابق بين النتائج التجريبية كان جيداً في مجـــال التركيـــز المدروس في حالة النفثلين .

نخلص مما سبق إلى أن فعالية الكوك النفطي المنشط في امتزاز النفثلين تفضل فعالية امتزاز المركبات العطرية الوحيدة الحلقة والنفثا . وقد بينت النتائج أيضاً أنه يمكن تمثيل امتزاز النفثلين بمعادلتي Langmuir و Freundlich ، وقد كان التطابق شبه تام كما يبين الشكلان ٣ و ٤ .

وبمقارنة النتائج السابقة مع النتائج التي سبق الحصول عليها عند امتزاز المركبات العطرية الوحيدة الحلقة والنفثا ، يتبين أن سلوك النفثلين عند امتزازه باستعمال الكوك النفطي المنشط لا يختلف في كثير عن سلوك المركبات العطرية الوحيدة

الحلقة أو سلوك المواد الهدربونية عند امتزازها ممتزجة في مزيج كالنفتا ، مع ما بين هذه المواد من فروق في فعالية الامتزاز وميزة النفثلين في ذلك كما رأينا .

٥- المراجع :

[١] Hajima Tamon ، J. Colloid and Interface Science ، المجلد ١٧٩ ، العدد ١ ، ١٩٩٦ .

[٢] Colour and Chlorinated Organic Reduction in Kraft Pulp Mill Waste water Using Activated Petroleum Coke ، A. Shawwa و D. Smith و D. Sego ، Sustainable Forest Management Network of Centres of Excellence ، Report MIT-6 ، Edmonton ، كندا، ١٩٩٩ .

[٣] حسان الحاج إبراهيم، ناصر النايف : دراسة إمكانية فصل المشتقات النفطية من المياه باستعمال الكوك النفطي السوري ، مجلة بحوث جامعة حلب (سلسلة العلوم الهندسية) ، العدد ٤٦ . ٢٠٠٥ ، ص ٢٣٥ - ٢٥٣ .

[٤] حسان الحاج إبراهيم ، ناصر النايف :معالجة الغاز الطبيعي السوري بالامتزاز باستعمال الكوك النفطي ، مجلة باسل الأسد للعلوم الهندسية ، العدد ٢٤ ، ٢٠٠٧ ، ص ٥٣ - ٧١ .

[٥] Activated carbon production from synthetic crude coke ، Robert DiPanfilo و Nosa O. Egiebor ، Fuel Processing Technology ، ٤٦ ، ١٩٩٦ ، ص ١٥٧ - ١٦٩ .

[٦] Colour and chlorinated organics removal from pulp mills waste water using activated petroleum coke ، A. Shawwa و D. Smith و D. Sego ، Wat. Res. ، المجلد ٣٥ ، العدد ٣ ، ٢٠٠١ ، ص ٧٤٥ - ٧٤٩ .

Development of ، J. Lahaye و A. Bagreev [٧]
microporosity in synthetic carbons by
٨٦ ص، activation of steam and carbon dioxide
. ١٩٩٧، Proceedings، American Carbon Soc.، ٨٧ -
Young-Hoon و Han-Jun Oh و In-Ki Kim [٨]
Activation ، Young-Shin Ko و Won-Chun Oh،Lee
and n-butane adsorption properties of
،activated carbons from cokes
ص ١٠٢ - ١٠٣ ، American Carbon Soc. ،
. ١٩٩٧ ،Proceedings
[٩] حسان الحاج إبراهيم ، ناصر النايف : امتزاز المركبات العطرية الوحيدة الحلقة من الماء باستعمال الكوك النفطي المنشط ، مجلة بحوث جامعة حلب ، العدد (٦٩) ، ٢٠٠٩ .
[١٠] Equilibrium Adsorption of Polycyclic
Aromatic Hydrocarbons from Water onto
،Walters and Luthy ،Activated Carbon
Environ. Sci. Technol. ، المجلد ١٨ ، العـــدد ٦ ، ١٩٨٤ ، ص
. ٣٩٥ - ٤٠٣

الجدول ١ : خصائص الكوك الإسفنجي المنخرب .

(١) التحليل المجمل على أساس الكوك الجاف

الخصيصة	
الرماد (٪ وزناً)	٠.٢
الرطوبة (٪ وزناً)	٠.٣
الكربون الثابت (٪ وزناً)	٨٧.٠
المواد البخورة (٪ وزناً)	١٢.٥
الكبريت (٪ وزناً)	٧.٧
القيمة الحرارية العظمى	$^{3}١٠ \times ٣٤.٨$

(كيلو جول / كيلو غرام)	
الكثافة الحقيقية (غ / سم^{3})	١.٤٠

(٢) التحليل العنصري على أساس الفحم الجاف الخالي من الرماد

الكربون	٨٤.٩
الهدرجين	٤.٦
النترجين	١.١
الإكسجين	١.٧
الكبريت	٧.٧
نسبة الكربون إلى الهدرجين (وزناً)	١٨.٥

الجدول ٢ : تغير فعالية امتزاز النفثلين مع تغير التركيز وكمية الكوك المستعملة

كمية الكوك (غرام)	تركيز النفثلين (ppm)	فعالية الامتزاز (نسبة مئوية)	كمية الكوك (غرام)	تركيز النفثلين (ppm)	فعالية الامتزاز (نسبة مئوية)	كمية الكوك (غرام)	تركيز النفثلين (ppm)	فعالية الامتزاز (نسبة مئوية)
٥	٢.٥	٧٠	١٠	٢.٥	٧٦	١٥	٢,٥	٩٨
	٥	٦٦		٥	٧٦		٥	٩٧
	١٠	٤٧		١٠	٦٧		١٠	٩٤
	١٥	٤٧		١٥	٦٣		١٥	٨٧
	٢٠	٣٧		٢٠	٥٠		٢٠	٨٥
	٢٥	٣٢		٢٥	٤٦		٢٥	٨٦
	٣٠	٢٨		٣٠	٤٢		٣٠	٨٧

الجدول ٣ : حساب قيم التركيز التوازني والتركيز السطحي لعلاقتها بحساب الامتزاز

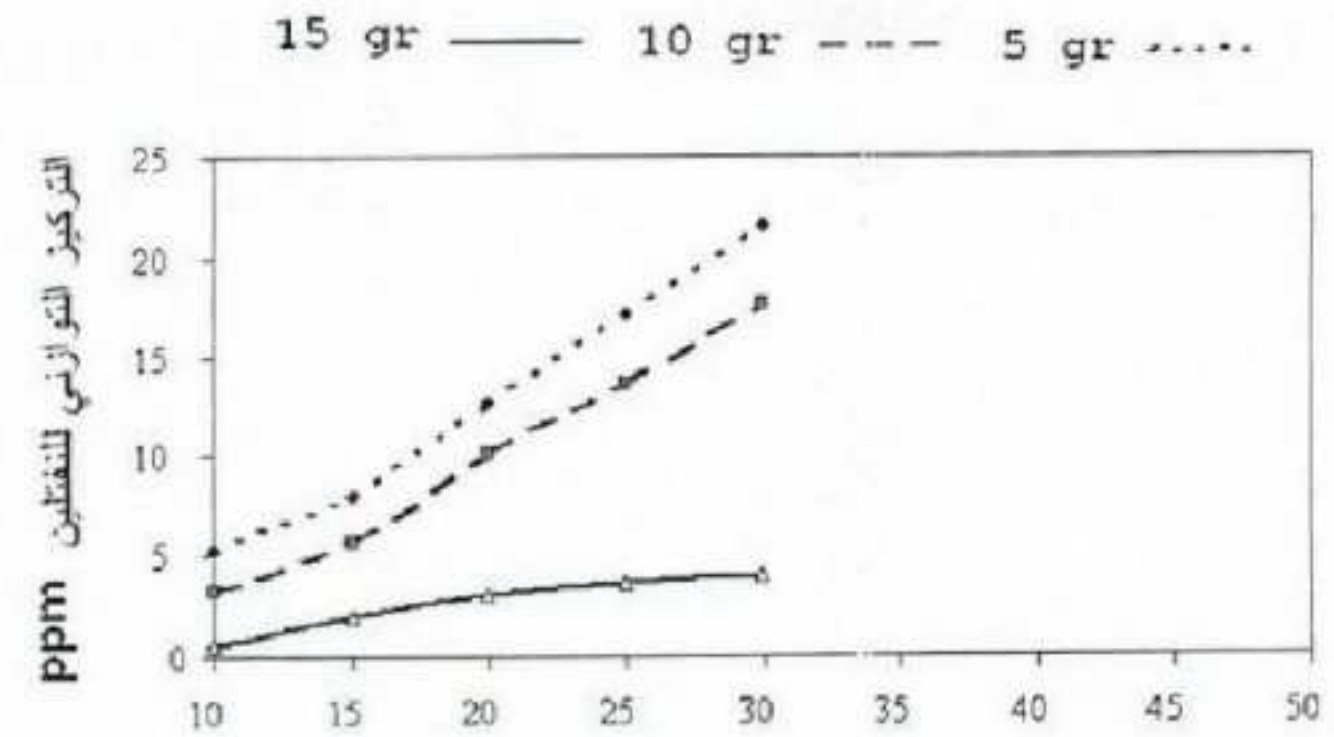
وفق معادلة Langmuir و Freundlich .

تركيز النفتلين ppm	كمية المادة المازة (غ)	التركيز التوازني ppm	مقلوب التركيز التوازني $\frac{1}{ppm}$	لغرتم التوكيز التوازني	التركيز السطحي $\times \frac{ppm}{m^2}$	مقلوب التركيز السطحي $\frac{m^2}{ppm}$	لغرتم التركيز السطحي
٢,٥	٥	٠,٨	١,٢٥	-٠,٠٩٦	٠,٤	٢,٥	-٠,٣٩٧
	١٠	٠,٦	١,٧	-٠,٢٢	٠,٢	٥	-٠,٦٩٨
	١٥	٠,١	١٠	-١,٠٠	٠,٢	٥	-٠,٦٩٨
٥	٥	١,٧	٠,٦	٠,٢٣	٠,٨	١,٢٥	-٠,٠٩٧
	١٠	١,٢	٠,٨	٠,٠٩٧	٠,٥	٢	-٠,٣٠١
	١٥	٠,٢	٥,٠	-٠,٦٩٨	٠,٤	٢,٥	-٠,٣٩٧
١٠	٥	٥,٣	٠,٢	٠,٧٢٤	١,١	٠,٩٠	٠,٠٤١
	١٠	٣,٣	٠,٣	٠,٥٢	٠,٨	١,٢٥	-٠,٠٩٦
	١٥	٠,٦	١,٧	-٠,٢٣	٠,٨	١,٢٥	-٠,٠٩٦
١٥	٥	٧,٩	٠,١	٠,٨٩٧	١,٧	٠,٥٨٨	٠,٢٣٠
	١٠	٥,٦	٠,٢	٠,٧٤٨	١,١	٠,٩٠٩	٠,٠٤١
	١٥	٢,٠	٠,٥	٠,٣٠	١,٠	١	٠
٣٠	٥	١٢,٦	٠,٠٧٩	١,١٠	١,٨	٠,٥٥٥	٠,٢٥٥
	١٠	١٠,١	٠,٠٩٩	١,٠٠	١,٢	٠,٨٣٣	٠,٠٧٩
	١٥	٣,٠	٠,٣٣٣	٠,٤٧٧	١,٤	٠,٧١٤	٠,١٤٦
٣٥	٥	١٧,٠	٠,٠٥٨	١,٢٣	١,٩	٠,٥٢٦	٠,٢٧٨
	١٠	١٣,٥	٠,٠٤٧	١,١٣٠	١,٤	٠,٧١٤	٠,١٤٦
	١٥	٣,٦	٠,٢٧٧	٠,٥٥٦	١,٧	٠,٥٨٨	٠,٢٣٠

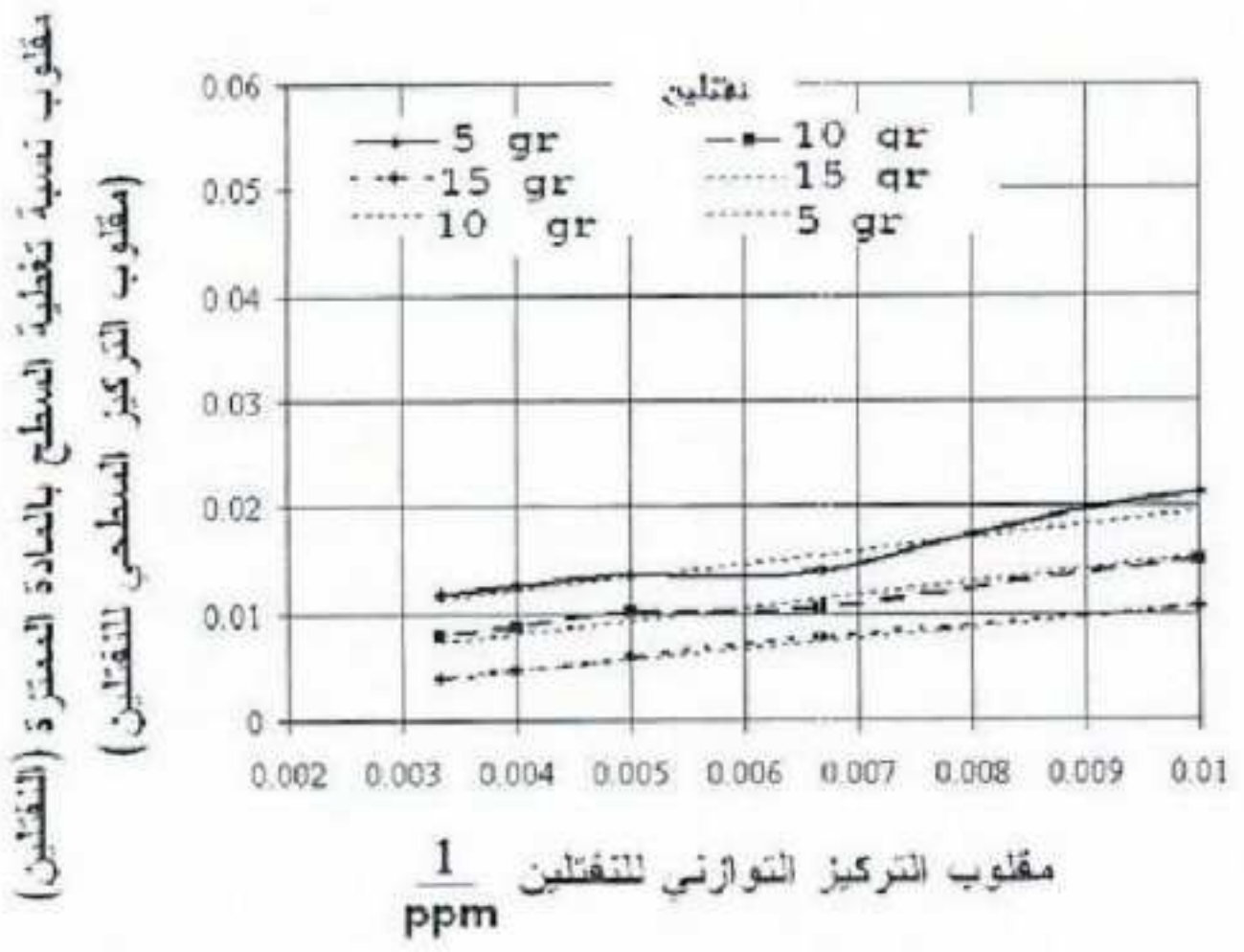
٣٠	٥	٢١.٥	٠,٠٤٦	١,٣٣	٢.٠	٠,٥	٠,٣٠١
	١٠	١٧.٥	٠,٠٥٧	١,٢٤٣	١,٥	٠,٦٦٦	٠,١٧٦
	١٥	٤.٠	٠,٢٥	٠,٦٠٢	٢,١	٠,٤٧٦	٠,٣٢٢

$$\text{التركيز السطحي} = \frac{\text{كمية المادة الممتزة}}{\text{السطح النوعي للمادة المازة} \times \text{كتلة المادة المازة}}$$

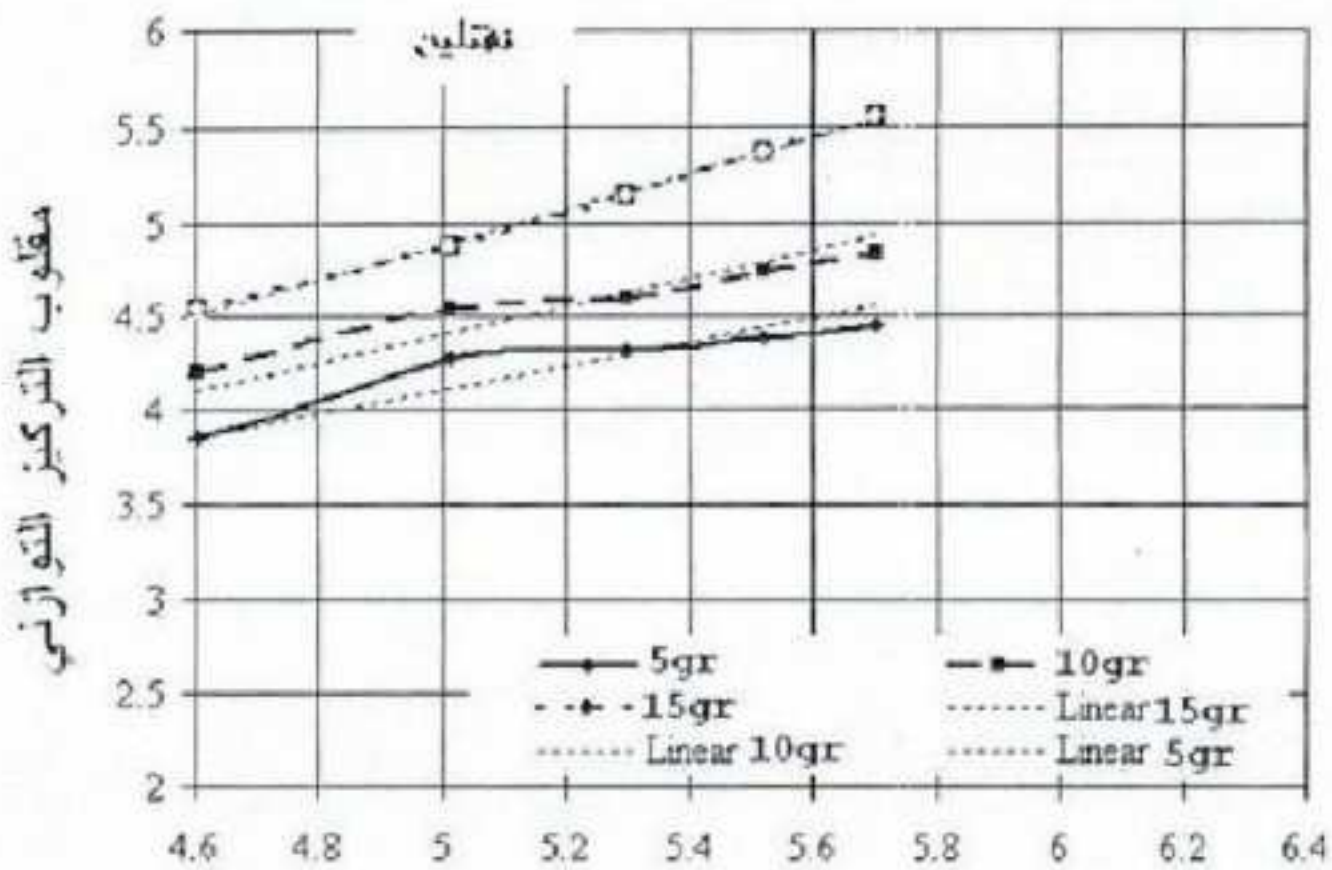
الشكل ١ : الوعاء المستعمل في تجارب الامتزاز



الشكل ٢ : علاقة تركيز النفثلين مع التركيز التوازني بعد الامتزاز باختلاف كميات المادة المازة



الشكل ٣ : التمثيل البياني لمعادلة لانغمويز



الشكل ٤ : التمثيل البياني لمعادلة فرويندلش