

Preparation and Study of the Mixed Oxide System Al_2O_3/Fe_2O_3 and the Effect of the Directing Agent (Polyethylene Glycol) on the Properties on the Textural Structure

Dr. Husam Al-dien Kawass*
Dr. Samira Suliman**
Duaa shahin***

(Received 7 / 9 / 2023. Accepted 7 / 2 / 2024)

□ ABSTRACT □

In this work, the mixed oxide Al_2O_3/Fe_2O_3 was prepared in reactive proportions $Al_2O_3:Fe_2O_3=1:0.25$ by hydrothermal method. The samples have been treated at temperature 110 °C for 7 hours. The effect of the amount of directing agent (polyethylene glycol) on the specific surface area value of the prepared samples was studied. The highest value of the specific surface area S_{BET} was 378.0 m²/g at molar ratio $Al_2O_3/Fe_2O_3=1/0.25$ without directing agent. when prepared by the dry method at a ratio of without directing agent using ammonium bicarbonate as a precipitating agent. Using amount of directing agent(g) the specific surface area S_{BET} decreased to 132.9 m²/g for the sample $Al_2O_3/Fe_2O_3,p(0.10g)$. when The amount of directing agent was increased the size of the mesoporous was increased, and the specific surface area (S_{BET}) increased to maximum 325.9 m²/g for the sample $Al_2O_3/Fe_2O_3,p(0.4g)$

Keywords: Al_2O_3/Fe_2O_3 system, BET, Adsorption.

Copyright



:Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* Professor , chemical department, faculty of science, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Professor , chemical department, faculty of science, Tishreen University , Lattakia, Syria.

*** Postgraduate student (Master) , chemical department, faculty of science, Tishreen University, Lattakia, Syria. duaashahin@gmail.com

تحضير ودراسة جملّة الأكسيد المشترك Al_2O_3/Fe_2O_3 وتأثير العامل الموجه (بولي إيتيلين غليكول) على خواص البنية النسيجية

د. حسام الدين قواص*

أ.د. سميرة سليمان**

دعاء شاهين***

(تاريخ الإيداع 7 / 9 / 2023. قُبِلَ للنشر في 7 / 2 / 2024)

□ ملخص □

تم في هذا العمل تحضير الأكسيد المشترك Al_2O_3/Fe_2O_3 بالنسب التفاعلية $Al_2O_3:Fe_2O_3=1:0.25$ بالطريقة الهيدروحرارية. عولجت العينات هيدروحرارياً عند درجة حرارة $110\text{ }^\circ\text{C}$ لمدة 7 ساعات. تمت دراسة تأثير كمية العامل الموجه (بولي إيتيلين غليكول) على قيمة المساحة السطحية النوعية للعينات المحضرة. بلغت أعلى قيمة للمساحة السطحية النوعية (S_{BET}) $378.0\text{ m}^2/\text{g}$ عند النسبة المولية $Al_2O_3/Fe_2O_3(1-0.25)$ وذلك عند تحضيرها بالطريقة الجافة بدون عامل موجه وذلك باستخدام بيكرينات الأمونيوم كعامل مرسب. عند استخدام كمية من العامل الموجه مقدره بالغرام انخفضت المساحة السطحية النوعية (S_{BET}) إلى القيمة $132.9\text{ m}^2/\text{g}$ للعيّنة $Al_2O_3/Fe_2O_3(0.10\text{g})$ ، وعند ازدياد كمية العامل الموجه يزداد حجم المسامات المتوسطة (ميزو) كما تزداد المساحة السطحية النوعية حتى تصل لقيمة عظمى قدرها $325.9\text{ m}^2/\text{g}$ للعيّنة $Al_2O_3/Fe_2O_3(0.4\text{g})$.

الكلمات المفتاحية: الأكسيد المشترك Al_2O_3/Fe_2O_3 ، امتزاز BET،

مجلة جامعة تشرين - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص



حقوق النشر

CC BY-NC-SA 04

*أستاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

** أستاذ - قسم الكيمياء - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

*** طالبة ماجستير - كلية العلوم - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. duaashahin@gmail.com

مقدمة:

تشكل الأكاسيد المعدنية صنفاً مهماً من المواد تغطي مجالاً واسعاً من المعادن إلى أنصاف النواقل إلى العوازل، وتبدي خواص مختلفة ومتنوعة، وهي تدخل بقوة في الامتزاز والحفز غير المتجانس، حيث أنها المكون المفتاحي لمختلف التفاعلات الحفزية السطحية. تعمل الأكاسيد المعدنية بصورة مباشرة كمكونات فعالة في التفاعلات الحفزية مثل Al_2O_3 و TiO_2 و V_2O_5 وغيرها، أو حاملة لأنواع معدنية مشتتة فعالة مثل Pt/Al_2O_3 و Cu/NiO الخ، أو كإضافات والتي تكون عادة أكاسيد عالية درجة الانصهار وغير سهلة الإرجاع، وذلك لتعزيز سرعة التفاعل الحفزي. لقد وجد في العقود الأخيرة أن أفضل الحفازات والمواد المقاومة للصهر ومواد مازة تحضر عادة من مزج أكسيدين أو أكثر وتدعى بالأكاسيد المشتركة [1-3]، استخدمت الأكاسيد المشتركة حديثاً في مجال الامتزاز والوساطة [4-7] لأنها تفوق الأكاسيد المعدنية البسيطة بفعاليتها الحفزية، وانتقائيتها العالية، وعمرها الأطول، ومقاومتها للتبدد الحراري [7-8]. تحضر الأكاسيد عموماً بعدة طرائق مثل أكسدة المعدن أو الترسيب من أملاح منحلّة باستخدام كواشف ترسيب مناسبة أو من التفكك الحراري لبعض الأملاح مثل النترات أو من حلقة بعض مركبات المعدن [9] تحضر الأكاسيد المشتركة عادة بعدة طرائق أهمها المزج الميكانيكي لأكسيدين صلبين، أو الترسيب المشترك أو التحميل، أو المعالجة الهيدروحرارية... الخ.

حضرت في العقود الأخيرة هلامات الألومينا بشكل واسع، لإنتاج أنواع مختلفة من الألومينا المسامية الفعالة (Al_2O_3) لاستخدامها كمادة مازة، وفي التطبيقات الكروماتوغرافية [10]، كما تستخدم الألومينا حالياً كحامل للحفازات الأكسيدية، مثل NiO ، CoO ، Mo_2O_3 ... إلخ [11,12] والمعدنية مثل Ni و Pt و Sn و Pd و W ... إلخ [13-16]. تساعد مختلف طرائق التحضير على إعطاء مساحة كبيرة وتطوير البنية المسامية وتشكيل المراكز الفعالة بالإضافة إلى زيادة تركيز عيوب البلورة مقارنة مع الأجسام الصلبة النظامية أو غير الفعالة [17]، وأيضاً ازداد اهتمام الباحثين بتحضير ودراسة الأكاسيد المعدنية النانوية نظراً لتطبيقاتها المتزايدة [18] وقد وجد أن الخواص المختلفة لهذه الأكاسيد تتغير بشكل كبير عند القياس النانوي مقارنة بالقياس التقليدي حيث يحصل تغير كامل بالخواص السطحية [19]. حيث يعد أكسيد الحديد النانوي فائق المغناطيسية وهو من الأكاسيد المعدنية المثيرة للاهتمام نظراً لتطبيقاته الكثيرة في التقنيات المتقدمة. حيث يستعمل بشكل واسع في العديد من التقنيات الطبية والحيوية المهمة مثل ترميم الأنسجة [20]، إزالة السموم من السوائل الحياتية [21]، وكموصلات للأدوية داخل الأنظمة الحياتية وإزالة أيونات العناصر الثقيلة السامة من مياه الصرف الصحي [22]، جميع هذه التطبيقات تتطلب أن تكون دقائق أكسيد الحديد النانوية ذات أبعاد صغيرة جداً ويكون لها خواص متجانسة [23].

يعتبر الزرنيخ أحد العناصر الأكثر انتشاراً في القشرة الأرضية والمحيط الحيوي [24]. وهو واحد من أكثر العوامل التي تسبب اختلال الهرمونات في مجرى الدم في الجسم ويعرف بأنه واحد من أكثر العناصر الكيميائية السامة والمسببة للسرطان [25]، وحيث يمتلك أكسيد الحديد ألفة جيدة مع مركبات الزرنيخ [26]، لهذا السبب، يعد تطوير التقانات الفعالة لإزالة الزرنيخ ضرورية جداً. وذلك باستخدام مواد حاوية على الحديد ومركبات الألمنيوم المحملة بالحديد [27].

تمتلك الأكاسيد المشتركة خواص حفزية أفضل من الخواص الحفزية لكل من الأكسيدين على حدى [28]، ويعزى ذلك إلى المفعول التآزري (التعاوني) يمكن أن ينسب إلى تشكله من ثنائي الوظيفة الحفزية، أو إلى تشكيل مركب نشط جديد ناتج من التفاعل بين الأكسيدين [29]. والأكاسيد المشتركة: هي الجمل المكونة من أكسيدين أو أكثر، والمحملة

والمعززة ، ومن أكثر هذه الجمل اهتماماً واستخداماً نذكر منها $[30] SiO_2-MgO$ ، $[12] NiO-Al_2O_3$ ، V_2O_5 و Al_2O_3 و V_2O_5-MgO [30,31] وغيرها. اهتم الباحثون في العقود الأخيرة كثيراً بتشكيل جمل متعددة المكون مثل الأكاسيد المشتركة والمحملة والمعززة، وذلك لزيادة فعالية وانتقائية الحفاز وثباته الحراري والميكانيكي ومقاومته للتآكل الحراري [28,31].

أهمية البحث وأهدافه:

تكمن أهمية البحث لتمييز الحديد بألفة شديدة تجاه مركبات الزرنيخ السامة تم تحضير ودراسة الأكسيد المشترك Al_2O_3/Fe_2O_3 كمادة مازة لإزالة الزرنيخ وإمكانية تعديل خواصه السطحية الحمضية لاستخدامه كحفاز. يهدف البحث إلى تحضير ودراسة الأكسيد المشترك Al_2O_3/Fe_2O_3 من خلال دراسة قيم المساحة السطحية النوعية باعتبارها مؤشراً جيداً على الفعالية الحفزية. ودراسة تأثير العامل الموجه (بولي إيثيلين غليكول) على خواص البنية النسيجية.

طرائق البحث ومواده:

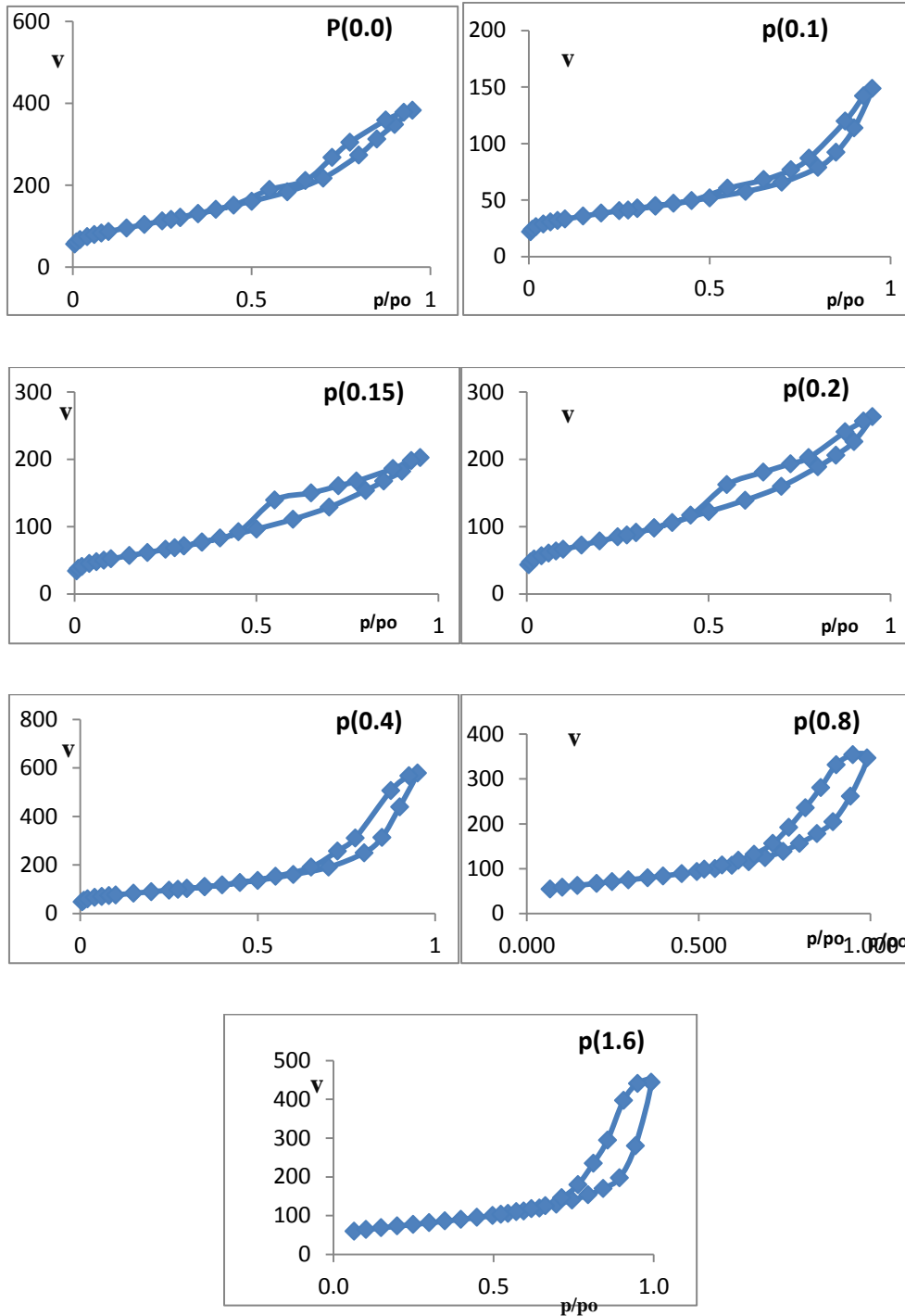
1. تحضير العينات:

أ. تم تحضير جملة الأكسيد المشترك Al_2O_3/Fe_2O_3 بالطريقة الجافة بالترسيب الهيدروحراري بدون وجود العامل الموجه حيث تم سحق كبريتات الأكاسيد حتى المزج التام والتنعيم وتم سحق البيكربونات كل على حدى (بالنسب التفاعلية المناسبة) ومزجها حتى التجانس التام ووضعهم في أوتوكلاف مؤلف من وعاء من التيفلون داخل وعاء من الكروم مغلق الإحكام ومن ثم وضعه في فرن درجة حرارته $110^\circ C$ لمدة 7 ساعات ومن ثم تم الغسل للتخلص من الكبريتات والتجفيف والترميد عند درجة حرارة $400^\circ C$ بطريقة الصعق لمدة ساعتين ونصف وبعد إطفاء المرمدة تُركت العينات لليوم الثاني.

ب. تمت إضافة العامل الموجه (بولي إيثيلين غليكول) بكميات مختلفة مُقدرة بوحدة (g) ورمز لها بـ $P_{(x)}$ حيث x تُمثل كمية العامل الموجه المضافة مقدرة بالغرام الى البيكربونات ومزجه جيداً مع إعادة الخطوات السابقة وسميت بـ : $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(0.00)})$, $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(0.10)})$, $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(0.15)})$, $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(0.20)})$, $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(0.40)})$, $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(0.80)})$, $(Al_2O_3/Fe_2O_3, P_{(1.60)})$.

2. طرائق الدراسة

تم تعيين عوامل البنية النسيجية للعينات المحضرة (المساحة السطحية النوعية، نصف قطر المسام المتوسط، حجم المسام الدقيق... إلخ)، وذلك من خلال معالجة بيانات الامتزاز التي تم الحصول عليها بطريقة امتزاز غاز النتروجين عند الدرجة 77K وذلك باستخدام جهاز آلي مبرمج من نوع Gemini 2375 بعد تفريغ العينات في مفرغة ملحقة بالجهاز لمدة 6 ساعات عند الضغط المنخفض عند الدرجة $250^\circ C$.



الشكل (1) منحنيات الامتزاز للعينات المدروسة

النتائج والمناقشة:

يبين الشكل (1) منحنيات الامتزاز للعينات المدروسة ويظهر من الشكل أن جميع المنحنيات تنتمي إلى النوع IV حسب تصنيف سينغ ورفاقه [33]، وتظهر الأنشطة التخلفية على جميع منحنيات الامتزاز

التي تتغلق عند قيمة الضغط النسبي $0.45 \approx$ مما يدل على حدوث التكاثف الشعري في المسامات الانتقالية، تظهر أيضاً ركبة على منحنيات الامتزاز عند قيم الضغط المنخفض حتى 0.1 مما يدل على احتواء العينات على نسبة من المسامات الدقيقة.

يبين الشكل (2) رسومات BET الخطية، وبالاعتماد على علاقة BET الخطية [32].

$$\frac{X}{V(1-X)} = \frac{1}{C.V_m} + \frac{C-1}{C.V_m} X \quad (1)$$

حيث $X = P/P_0$ قيمة الضغط النسبي، V - حجم الغاز الممتز في الشروط النظامية، V_m - سعة الطبقة الأحادية، C_{BET} - ثابت. تم تعيين قيمة كل من ثابت C_{BET} وسعة الطبقة الأحادية من خلال الميل والنقاط ، وقد استخدمت قيمة سعة الطبقة الأحادية لتعيين المساحة السطحية النوعية للعينات وفق العلاقة التالية:

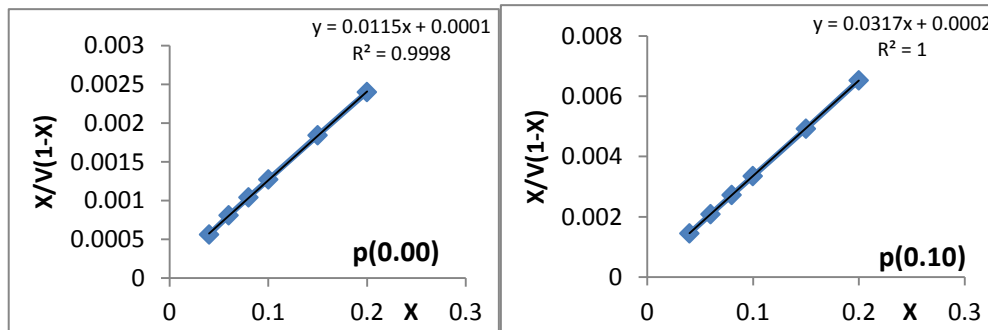
$$S_{BET} = 4.37 \times V_m \quad (2)$$

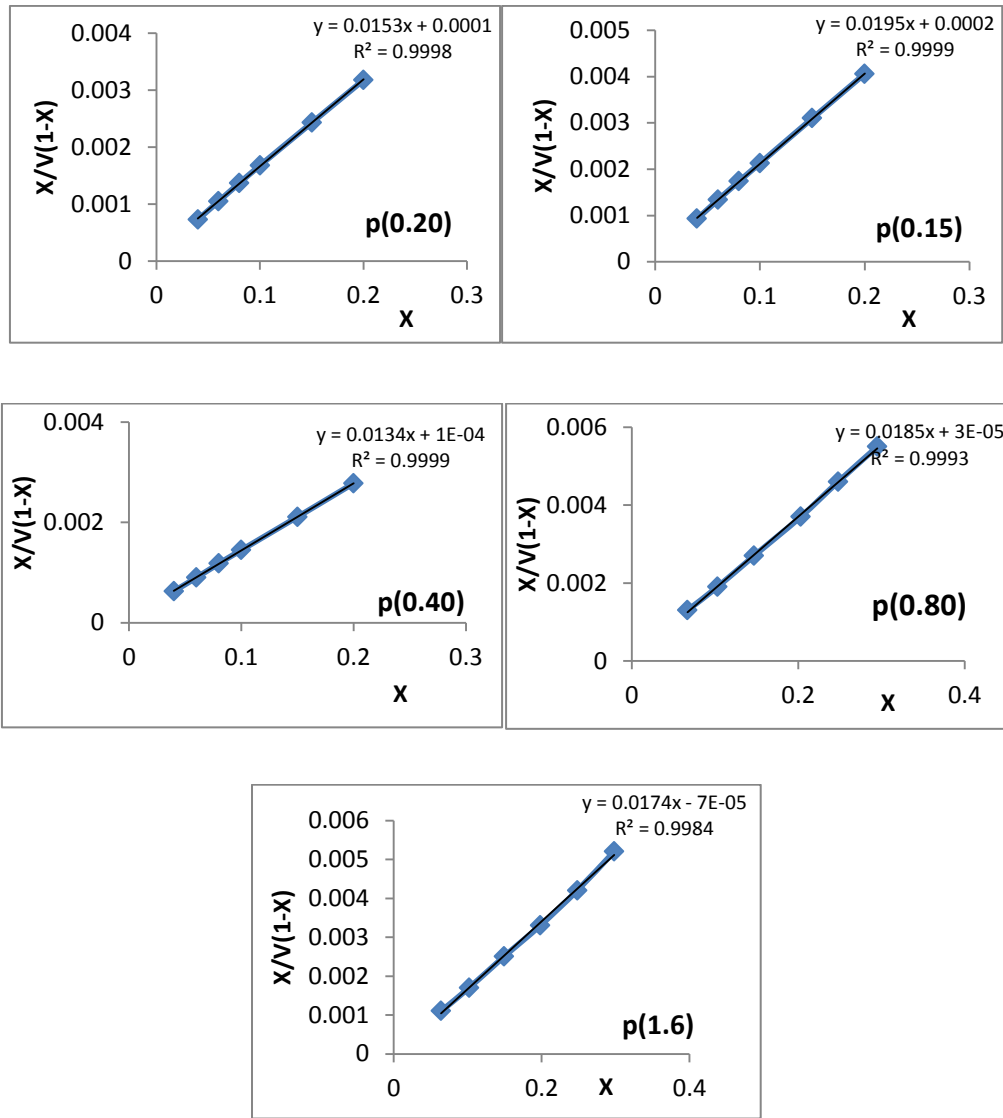
الجدول (1) تأثير كمية العامل الموجه على قيم S_{BET} المعينة من تحليل بيانات امتزاز النتروجين

العينة	S_{BET} m^2/g
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(0.00)$	378.2
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(0.10)$	137.9
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(0.15)$	221.8
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(0.20)$	283.7
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(0.40)$	325.9
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(0.80)$	236.1
$Al_2O_3/Fe_2O_3, p(1.60)$	250.1

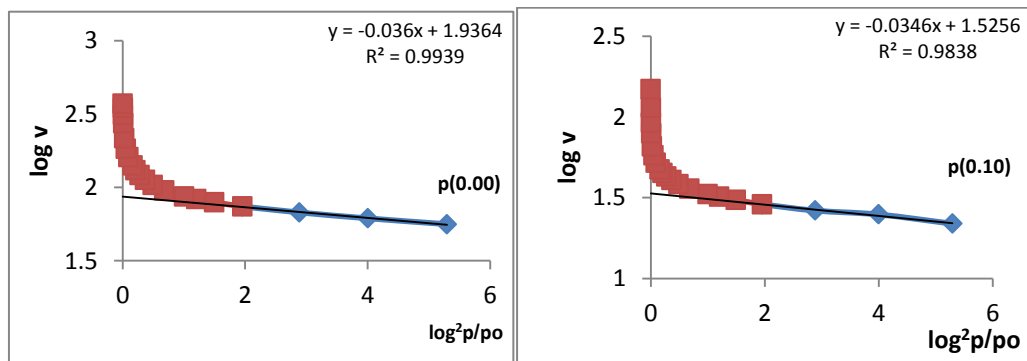
يبين الجدول (1) أن أفضل قيمة للمساحة السطحية النوعية هي للعينة $P(0.00)$ والتي بلغت $378.0 m^2/g$ ثابتة. تبين رسومات BET خطية واضحة في مجال الضغط النسبي (0.05-0.2)، وتم حساب قيمة حجم المسام الكلي V_p بوحدة ml/g وذلك عن طريق تحويل الحجم الممتز عند الضغط النسبي $P/P_0=0.95$ إلى الحالة السائلة وعلى اعتبار أن كثافة النتروجين عند الدرجة $77K$ تساوي $0.808 g/cm^3$ وذلك بعد ضربه بالثابت $15.47 \cdot 10^{-4}$ وبعد ذلك حسبنا نصف قطر المسام الوسطي \bar{r} باستخدام العلاقة:

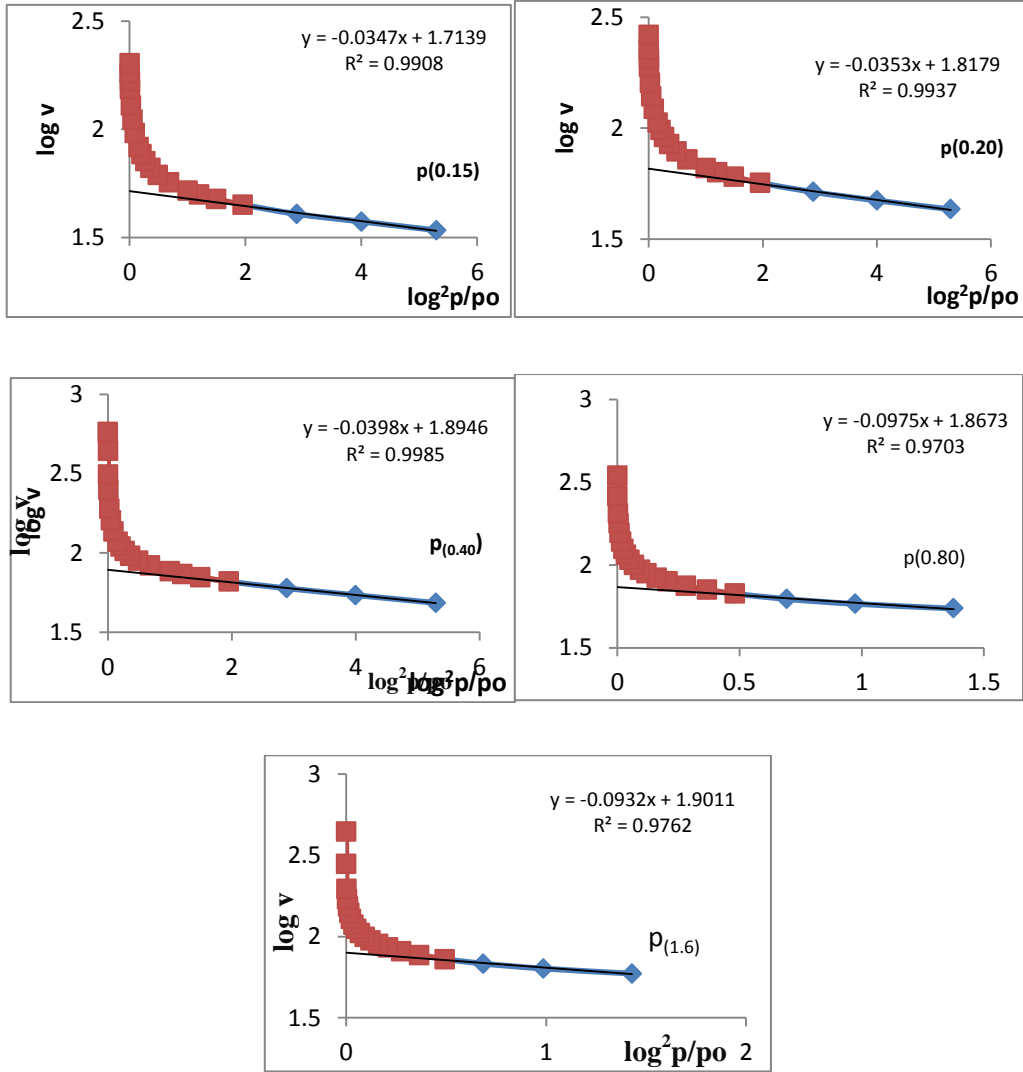
$$\bar{r} = \left(\frac{2V_p}{S_{BET}} \right) \times 10^3 \text{ nm} \quad (3)$$





الشكل (2) رسومات BET الخطية





الشكل (3) علاقة دوبينين رادوشكفيتش (DR)

حددنا حجم المسام الدقيق باستخدام طريقة دوبينين- رادوشكفيتش DR [34,35] ، وذلك بتطبيق العلاقة التالية:

$$\log V = \log V_o - D \left(\log \frac{P_o}{P} \right)^2 \quad (4)$$

حيث تمثل V_o - حجم المسام الدقيقة، D - ثابت دوبينين ويلاحظ كما هو واضح في الشكل (3) ، من خلال المنحنيات نجد أن المجال الخطي يقع في مجال الضغوط النسبية المنخفضة حتى 0.04. حسبنا باستخدام العلاقة (4) للجزء الخطي من المنحنيات في الشكل (3) قيمة كل من D , V_o وذلك من التقاطع والميل ثم حسبنا نسبة المسام الدقيقة في جميع العينات وكذلك قيمة الطاقة المميزة للامتزاز E_o بالعلاقة:

$$E_o = 2.8574/(D)^{1/2} \quad (5)$$

يبين الجدول (6) عوامل البنية المسامية للعينات المدروسة، و نلاحظ من الجدول (6) تزايد قيمة S_{BET} بازدياد كمية العامل الموجه في الأكسيد المشترك لتصل إلى قيمة عظمى في العينة $p(0.4)$.

الجدول (6) يبين عوامل البنية المسامية للعينات المدروسة التأكد من القيم التي في الجدول

العينة	V_p ml/g	V_o ml/g	V_m ml/g	V_{meso} ml/g	v_o/v_p x 100	\bar{r} (nm)	E_o kJ/mol	D	C_{BET}	S_{BET}
P(0.00)	0.62	0.135	86.27	0.485	21.8	3.29	15.07	0.036	116	378.0
P(0.10)	0.23	0.052	31.35	0.178	22.6	3.35	15.36	0.035	160	137.0
P(0.15)	0.32	0.081	50.76	0.239	25.3	2.88	15.34	0.035	99	221.8
P(0.20)	0.40	0.103	64.93	0.297	25.7	2.81	15.21	0.035	154	283.7
P(0.40)	0.47	0.123	74.57	0.347	26.1	2.88	14.32	0.039	135	325.9
P(0.80)	0.41	0.115	54.02	0.295	28.0	3.47	9.15	0.097	618	236.1
P(1.60)	0.44	0.125	57.24	0.315	28.4	3.51	9.36	0.093	250	250.1

يبين الجدول (6) أن السطح النوعي أعظمي للعينه P(0.00) بدون عامل موجه، وأن تأثير العامل الموجه سلبي حيث يقوم بإغلاق المسامات الدقيقة كما هو واضح بالجدول، و ازدياد في حجم المسام الكلي V_p بازدياد كمية العامل الموجه (بولي إيتيلين غليكول) بما يتلائم مع تغير المساحة السطحية النوعية، ويرافق ذلك ازدياد في حجم المسامات المتوسطة (ميزو). وكما هو واضح من الجدول (6) قيم V_o والنسبة المئوية للمسامية الدقيقة في العينات المدروسة تتغير بشكل مشابه لتغير S_{BET} . ومن الجدول (6) يتبين أن قيم C_{BET} تدل على الألفة الضعيفة بين الماز والممتز بينما يظهر من قيم E_o المنخفضة أن الامتزاز من النوع الفيزيائي، ونلاحظ أيضاً أن أفضل عينة تم الحصول عليها من حيث المساحة السطحية النوعية هي العينة بدون عامل موجه P(0.00).

الاستنتاجات والتوصيات:

- يكون السطح النوعي أعظمي للعينه P(0.00).
- تأثير العامل الموجه بولي إيتيلين غليكول سلبي.
- بينت قيم طاقة الامتزاز أن الامتزاز من النوع الفيزيائي.
- نوصي باختبار الفعالية الامتزازية لإزالة الزرنخ.
- نوصي اختبار الفعالية الحفزية للعينات باختبارها على تفاعلات حفزية مرجعية من أجل ضبط انتقائية وفعالية التفاعل الحفزي.
- تعيين نوع المراكز الحمضية (برونشند- لويس).

References:

- [1]. MARGOLES L.Y. Heterogeneous Catalysis Oxidation Hydrocarbon, Po. Kimia, 1967.
- [2]. CONNELL, G.,DUMESIC J.A. The generation of Bronsted and Lewis acid sites on the surface of silica by addition of dopant cations, J. Catalysis, vol. 105, No. 2, 1987, 285-298.
- [3]. GIRGIS B.S.; YOUSSEF A.M.; ALAYA M.N. Studies on the mixed oxide catalyst MgO-SiO₂. IV. The influence of catalyst structure and texture characteristics on catalytic dealkylation of cumene. Surface Technol. vol. 10,1980, 105-113.
- [4]. EL-SHARKAWY S. Ph Thesis, Faculty of Science, Uni. Mansoura, EGYBT, 1994.
- [5]. TANABE K. "Solid Acids and Bases: Their Catalytic Properties", Kadansha, Tokyo, Acad. Press, London & New York. ,1970, 103.

- [6]. YOUSSEF, A.M., MOUSTAFA M.R., Dehydrogenation of aliphatic hydrocarbons on chromia-alumina catalysts, Bull. Soc. Chim. France, 1987,771.
- [7]. EL-NARABAWY TH.; ATTIA A.A.; ALAYA M.N. Effect of thermal treatment on the structural, textural and catalytic properties of the ZnO-AL₂O₃ system. Material letters, vol. 24, No. 5, 1995, 319-325.
- [8]. YOUSSEF A.M.; GIRGIS B.S.; KHALIL L.B. Decomposition of isopropanol on MgO/SiO₂ in relation to texture, acidity and chemical composition, Appl. Catal., vol. 81,1992, 1-13.
- [9]. ALAYA M.N.; RAHAL A. The textural properties of zinc oxide, Res. J. Aleppo, 2004.
- [10]. LIPPENS, B.C.; STEGGERDA, J.J. Physical and chemical aspects of adsorbents and catalysts. Ed., B.G. Linsen, Acad. Press, London and New York, 1970, Ch. 4, 171-211.
- [11]. DDEWAELE, O; FROMENT,G,F. TAP Study of mechanism and kinetics of the adsorption and composition of methane on Ni/Al₂O₃ and NiO/Al₂O₃ . J, Catalysis Vol. 184, 1999, 499-513.
- [12]. ZHANG,X; LIU,J;JING, Y;XIE,Y. Support effects on the catalytic behavior of NiO/AL₂O₃ for oxidative dehydrogenation of ethan to ethylene Appl Catalysis A ,Univ. Basic Sci. Series, vol. 41,2003, 173-189.
- [13]. SONG,CJ; KWAK,C; MOON,S.H. Effect of fluorine addition on the formation of active species and hydro treating activity of NiWS/Al₂O₃ catalysts. Catalysis Today, vol. 74, 2002, 193-200.
- [14]. SZYJA,B; SZCZYGIEL,J. Energetically preferred locations of hydrocarbons in the structure of a Pt-Sn/ γ Al₂O₃ catalysts. J, Molecular catalysis A, 2004, Chemical, 219. 343-350.
- [15]. YU,H;KENNDY,E,M; UDDIN,M,Z;DLUGOGORSKI,B,Z. Catalytic hydrodehalogenation of halon 1211(CBrClF₂) over γ - alumina – supported Ni,Pd and Pt catalysis. Catalysis Today, vol. 88, 2004, 183-194.
- [16]. WEST,J;WILLIAMS,B,P;YOUNG,N;RHODES,C;HUTCHINGS,G,J. Ni- and Zn-promotion of γ -Al₂O₃ for the hydrolysis of COS under mild conditions, Catalysis Comm., vol. 2, 2001, 135-138.
- [17]. GIRGIS,B,S; YOUSSEF,A,M; ALAYA,M,N. Studies on the mixed oxide catalyst MgO-SiO₂. Surface Technol. vol. 9 ,1980, 271-277.
- [18]. Stamatina,Nastase,Mihaiescu,.Synthesis and characterization of PAni– SiO₂ and PTh– SiO₂ nanocomposites thin films by plasma polymerization.Prog. Mol-dovan, Solid State Chem. vol. 34, No. 2,2006, 191-199.
- [19]. Shah, M. Tokeer. Narooa Publishing House, New Delhi .Principles of Nanoscience and Nanotechnology. A.2010.
- [20]. Sharma R. , Sharma A., Chen C.J." State of Art on Bioimaging by Nanoparticles in Hyperthermia and Thermometry: Visualization of Tissue Protein Targeting" The Open Nanomedicine Journal vol. 3, 2011, 10-23.
- [21]. Souiri, M., Gammoudi, I., H. B. Ouada et al., "Escherichia colifunctionalized magnetic nanobeads as an ultrasensitive biosensor for heavy metals," Procedia Chemistry, vol. 1, no. 1, 2009, 1027–1030
- [22]. Neuberger, B. Schöpf, H. Hofmann, M. Hofmann, and B. Von Rechenberg, "Superparamagnetic nanoparticles for biomedical applications: possibilities and limitations of a new drug delivery system," Journal of Magnetism and Magnetic Materials, vol. 293, no. 1, 2005,483–496.

- [23]. Hu, J., Chen, G., Lo, I. M. C. "Removal and recovery of Cr (VI) from wastewater by maghemite nanoparticles," Water Research, vol. 39, no. 18, 2005, 4528–4536. [24]. Teja, A. S., and Koh, P. Y., "Synthesis, properties, and applications of magnetic iron oxide nanoparticles," Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials, vol. 55, no. 1-2, 2009, 22–45.
- [25]. SIVARAMAN, D. Synthesis and Characterization of Thiol-Functionalized Chitosan Based Adsorbents for Arsenic Removal From water. Masters of Engineering Thesis, University of Florida, Orlando, USA, 2004.
- [26]. SMEDLY, P. L., AND KINNIBURGH, D. G. A Review of the Source, Behavior and Distribution of arsenic in natural waters. Applied Geochemistry, vol. 17, 2002, 517-568.
- [27]. AHMED, M.F. Treatment of arsenic contaminated water. Arsenic contamination: Bangladesh perspective, International Training Network Center for Water Supply and Waste Management (ITN), Bangladesh, 2003.
- [28]. SUBHAN, M. A., MONIM S. A., BHUIYAN., M. B. R., CHOWDHURY, A. N., ISLAM, HOQUE., M., M. A. Synthesis, characterization of a multi-component metal oxide ($Al_{0.88}Fe_{0.67}Zn_{0.28}O_3$) and elimination of As (III) from aqueous solution, Open Journal of Inorganic Chemistry, vol. 1, 2011, 9-15.
- [29]. GIRGIS, B, S; YOUSSEF, A, M; ALAYA, M, N. Studies on the mixed oxide catalyst MgO-SiO₂. Surface Technol. vol. 9, 1980, 271-277.
- [30]. GUERRERO-PEREZ, M, O; JANAS, J; HABER, J; MACHEIT, T; MATACHOWSKI, L; FIERRO, G, L, G; BANARES, M, A. Selective destruction of nitrogen-containing organic volatile compounds over Sb–V–O. catalysts. Appl. Catal. B: Environmental, vol. 71, No. 1-2, 2007, 85-93.
- [31]. ALAYA, M, N; KARMAN, M; SAHEN, H. Study of some surface and catalytic properties of the mixed oxide Al₂O₃-V₂O₅. R, J, Aleppo Univ. vol. 35, 2001, 311-324.
- [32]. CORMA, A; LOPEZ NIETO, J, M; PARADES, N. Preparation of V-MgO catalysts nature of active species precursors. Appl Catalysis A. vol. 104, No. 2, 1993, 161-174.
- [33]. BRUNAUER, S; EMMET, P, H; and TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. J. Am. Chem. Soc, vol. 60, 1938, 309-319.
- [34]. GREGG, S, S, J; SING, K, S, W. Adsorption, surface area and porosity, Academic press, London, New York, 1984, 15.
- [35]. Dubinin, M. M; progress in surface and membrane science, Ed. Cadenhead. D. A, Danielle. J. F and Rosenbur. G. M, Acad. Press, New York, 1975, 1-70.

