

تأثير نسبة العامل الموجه سيتيل ثلاثي ميثيل أمونيوم بروميد (CTAB) وتأثير التحميل بالكبريتات بنسب مختلفة على خواص البنية النسيجية لجملة الأكسيد المشترك

Al_2O_3/CdO المحضر بالطريقة الهيدروحرارية

د. عقل رومية*

د. حسام الدين قواص**

سلمى القاضي***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥ / ٦ / ١٢ - تاريخ النشر ٢٠٢٥ / ٨ / ١٨)

ملخص

درست ثلاث عينات من جملة الأكسيد المشترك Al_2O_3/CdO ونسبة مولية واحدة $Al_2O_3/CdO(1:0.25)$ وتأثير إضافة العامل الموجه سيتيل ثلاثي ميثيل أمونيوم بروميد (CTAB) بثلاث نسب مولية (0.1, 0.25, 0.5 mol)، بالطريقة الهيدروحرارية عند درجة الحرارة ($100^\circ C$) لمدة 7 ساعات، وأعطيت الرمز $HC_xAl_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ حيث X النسبة المولية للعامل الموجه (CTAB)، لوحظ ارتفاع قيمة المساحة السطحية النوعية S_{BET} بزيادة النسبة المولية للعامل الموجه من (0.1 mol) لتصبح ثابتة تقريباً بعد النسبة (0.25 mol) حيث بلغت $288 m^2/g$ للعينة $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$. إن التغيرات في قيمة المساحة السطحية النوعية تتوافق مع التغيرات في حجم المسام الدقيق V_o ، سعة الطبقة الأحادية V_m ، حجم المسام المتوسط V_{meso} و قيم ثابت C_{BET} تدل على الألفة الضعيفة بين الماز و الممتز بينما تدل قيم طاقة الامتزاز E_o المنخفضة على أن الامتزاز من النوع الفيزيائي. تم تحميل العينة $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ بأيونات الكبريتات بنسب مختلفة (4 , 7 , 10 % wt) بطريقة النقع، أعطيت العينات الرمز $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}-S(y\%)$ حيث y نسبة الكبريتات المحملة، لوحظ انخفاض عام في قيم S_{BET} .

الكلمات المفتاحية: الأكسيد المشترك $CdO-Al_2O_3$ ، امتزاز، BET، CTAB.

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

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

***طالبة دكتوراه في كلية العلوم - قسم الكيمياء -جامعة تشرين-اللاذقية-سورية

Effect of the ratio of the vector agent Cetyl tri methyl ammonium bromide (CTAB) and the effect of loading with sulfate at different ratios on the Structural properties of the common oxide $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}$ system prepared by hydrothermal method

Dr. Akel Roumie*

Dr. Husam Al-dien Kawass**

Salma Al-Qadi***

(Received 12/6/2025.Accepted 18/8/2025)

□ABSTRACT □

Three samples of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}$ combined oxide with one molar ratio of $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}(1:0.25)$, and the effect of adding the guiding agent Cetyl tri methyl ammonium bromide (CTAB) with three molar ratios (0.1,0.25,0.5mol) were studied, by the hydrothermal method at a temperature (100°C) for 7 hours, the symbol was given as $\text{HC}_X\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}(1:0.25)_{100}$, where X is the molar ratio of the guiding agent (CTAB). It was observed that the value of the specific surface area S_{BET} increased with increasing the molar ratio of the guiding agent from (0.1mol) to become almost constant after the ratio (0.25mol), where the S_{BET} reached $288 \text{ m}^2/\text{g}$ for the sample $\text{HC}_{0.5}\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}(1:0.25)_{100}$. The changes in the S_{BET} value are consistent with the changes in the micro pore volume V_o , monolayer capacity V_m , average pore volume V_{meso} and C_{BET} constant values indicating weak affinity between the adsorbent and the adsorbent while the low adsorption energy E_o values indicate that the adsorption is of the physical type. The sample $\text{HC}_{0.5}\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}(1:0.25)_{100}$ was loaded with sulfate ions in different proportions (4,7,10wt%) by soaking method, the samples were given the symbol $\text{HC}_{0.5}\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CdO}(1:0.25)_{100}\text{-S}(y\%)$, where y is the percentage of sulfate loaded a general decrease in the values of the S_{BET} was observed.

KEYWORDS: $\text{CdO}-\text{Al}_2\text{O}_3$ system, BET, Adsorption, Hydrothermal deposition, CTAB.

* Professor at chemical department, faculty of science, Teshrin University.

** Professor at chemical department, faculty of science, Teshrin University.

***PhD student at chemical department, faculty of science, Teshrin University.

مقدمة:

تلعب المواد النانوية دوراً حيوياً في التطبيقات الحديثة نظراً لخصائصها الفريدة، حيث تعتمد فعالية هذه المواد على عوامل متعددة تشمل التركيب الكيميائي، درجة حرارة التكلّيس، زمن التكلّيس، pH وسط الترسيب، وطريقة التحضير [1-6]. كما تلعب الشوائب والعيوب البلورية دوراً محورياً في تغيير الخصائص الكهربائية والبصرية لهذه المواد، مما يبرز أهمية التحكم الدقيق في عمليات التحضير لضمان الجودة المطلوبة. شكّل اكتشاف مواد مسامية ذات ترتيب منتظم ومساحة سطح نوعي عالية مكونة من مواد السيليكا المسامية اللاعضوية، الذي بدأت شركة موبيل في الولايات المتحدة، خطوة محورية في هذا المجال، حيث طوّرت مواد سيليكاتية مسامية من تظمة ذات مساحة سطحية تصل إلى مئات المتر المربع/غرام، وأبعاد مسامية منتظمة وذلك باستخدام المواد الفعالة سطحياً موجبة الشحنة كعامل موجه، أشهرها مادة MCM-41، وتمتاز هذه المواد بقدرتها على إدخال وظائف سطحية محددة وتحقيق ضبط دقيق لأبعاد المسام، مما جعلها ذات استخدام واسع في مجالات التحفيز بفضل خصائصها التركيبية المتميزة [7-9].

تُستخدم المعادن الطبيعية على نطاق واسع عالمياً في عمليات معالجة المياه الصناعية وتنقية الملوثات العضوية وغير العضوية [10-13]، إلا أن فعاليتها غالباً ما تكون محدودة بسبب احتوائها على شوائب بنسب مرتفعة نتيجة ظروف تكوينها الطبيعي، مما يستلزم معالجتها أو تعديلها لتحسين كفاءتها في التطبيقات المختلفة.

اهتم الباحثون كثيراً بتشكيل جمل متعددة المكون نظراً لأهميتها وفعاليتها الحفزية، وتعتبر الأكاسيد المشتركة من أكثر هذه الجمل اهتماماً، حيث أظهرت حفازات الأكاسيد المشتركة فعالية وانتقائية عاليتين أكثر من الأكاسيد المكونة لها. تحضر الأكاسيد المشتركة بطرائق مختلفة منها المزج الميكانيكي لهلامات الهيدروكسيدات أو الترسيب المشترك أو المعالجة الهيدروحرارية [14-17].

كثير من الباحثين اتجهوا إلى تحسين الخصائص الفيزيائية والحمضية للمواد باستخدام معالجات مختلفة، أو باستخدام مواد فعالة سطحياً، كما تم استخراج مواد عالية الكفاءة ومسامية من مصادر طبيعية مثل الطين والزيوليت، أو انطلاقاً من الألومينا والسيليكا، بهدف إنتاج مواد متقدمة ذات أداء محسّن [14,18].

تؤدي الطريقة الهيدروحرارية، خاصةً مع استخدام CTAB أو بولي إيثيلين غليكول كعوامل موجهة، إلى تحضير زيوليتات وأكاسيد مشتركة بنى ميزو مسامية ذات مساحات سطحية فائقة، وتوزع مسامي محسن، وتركيز أعلى من العيوب البلورية والمراكز الفعالة مقارنةً بالطرق التقليدية [19-21].

تستخدم أكاسيد الألمنيوم والكاديوم في تطبيقات واسعة تشمل الحفز الكيميائي، والاختزال الكهروكيميائي لثاني أكسيد الكربون، وتحسين الخصائص البصرية والفيزيائية للمواد الزجاجية. وتشارك هذه الأكاسيد في امتلاكها بنية بلورية مستقرة، ومساحة سطحية عالية، وإمكانية تعديلها بإضافات أو شوائب لزيادة النشاط التحفيزي وانتقائية التفاعل [22-24]. حيث تم تطوير وتحضير مواد ومحفزات قائمة على أكسيد الألمنيوم وأكسيد الكاديوم، منفردة أو في أنظمة متعددة المكونات، مع تعديلها بعناصر أو أيونات نشطة لتحسين الخصائص البنيوية والبصرية والحفزية. وتشارك هذه الأكاسيد في امتلاكها بنية مستقرة ومساحة

سطحية مناسبة وقابلية عالية للتعديل، مما يسهم في رفع الكفاءة والتحكم في النواتج في مختلف التطبيقات الصناعية والتحفيزية [25,26].

تشير الدراسات الحديثة إلى أن استخدام عوامل موجهة مثل CTAB في تحضير الأكسيد المشترك Al_2O_3/CdO بطرائق مختلفة (كالترسيب المشترك أو الطريقة الهيدروحرارية) يحسن الخصائص النسيجية مثل مساحة السطح النوعي أو البنية المسامية، كما يعدل الخصائص الحمضية لطور الناتج، مما يجعله واعداً في التطبيقات الحفزية [15-17].

أهمية البحث وأهداف

تمتلك البنية الميزو مسامية أهمية كبيرة في العديد من المجالات لتمتعها بفعالية وانتقائية عاليتين في الكثير من التفاعلات الكيميائية الصناعية مثل التكسير والتكرير والهدرجة والأكسدة والبلعمة.... إلخ. تكمن أهمية البحث في إغناء البنية النسيجية للأكسيد المشترك CdO/Al_2O_3 . يهدف البحث إلى دراسة تأثير تغير نسبة العامل الموجه على خواص البنية النسيجية عند تحضير جملة الأكسيد المشترك Al_2O_3/CdO بالطريقة الهيدروحرارية عند درجة الحرارة $100^\circ C$ ، ثم دراسة تأثير التحميل بالكبريتات على البنية المسامية لأهمية تأثير حموضة السطح على التفاعلات الحفزية.

طرائق البحث ومواده

أ- تحضير العينات:

تم تحضير عينات من جملة الأكسيد المشترك بنسبة مولية ثابتة ($Al_2O_3/CdO(1:0.25)$ ، حيث تم تحضير محاليل مشبعة من كبريتات الألمنيوم $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$ وكبريتات الكاديوم $3CdSO_4.8H_2O$ (BDH) بكميات مناسبة وبعد ترشيح المحلولين و مزجها تمت إضافة العامل الموجه سيتيل ثلاثي ميثيل أمونيوم بروميد (CTAB) بنسبة مولية مختلفة (0.1, 0.25, 0.5) mol، بعد حلها بأقل كمية من الماء، ثم تمت إضافة العامل المرسب بيكربونات الأمونيوم بكمية مناسبة من محلول مشبع منه مع التحريك المستمر باستخدام قضيب زجاجي حتى المزج التام، وتشكل الهلام، ترك الهلام لمدة 24h ومن ثم وضعت العينات في أوتوكلاف مؤلف من وعاء من النفلون داخل وعاء من الكروم مغلق الإحكام ومن ثم وضعهم في الفرن الكهربائي عند درجات حرارة $100^\circ C$ لمدة 7 ساعات، ثم غُسل الراسب بكميات مناسبة من الماء المقطر حتى التخلص التام من شوارد SO_4^{2-} وأعطيت العينات الرمز التالية: $HC_xAl_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ حيث X تشير إلى النسبة المولية للعامل الموجه، ثم كُلت العينات عند الدرجة $425^\circ C$ لمدة ساعتين.

أخذت العينة $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ بعد التكليس باعتبار أنها أعطت أعلى مساحة سطحية نوعية كما سيتبين لاحقاً في الجدول (٣) وتم تحميلها بأيونات الكبريتات بثلاث نسب مختلفة بطريقة النقع حيث كانت نسبة الكبريتات المحملة wt (%) (4, 7, 10) وذلك بجل الكمية المناسبة من كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ في أقل كمية ممكنة من الماء المقطر ثم إضافة هذا المحلول إلى كمية معينة من العينة لتحقيق نسبة التحميل المطلوبة مع التحريك المستمر لمدة 24 ساعة ثم جففت بالهواء الطلق لمدة 24 ساعة ثم كُلت عند الدرجة $425^\circ C$ لمدة ساعتين ودُعيت هذه العينات بـ $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}-S(y\%)$ حيث تشير y إلى نسبة الكبريتات المحملة.

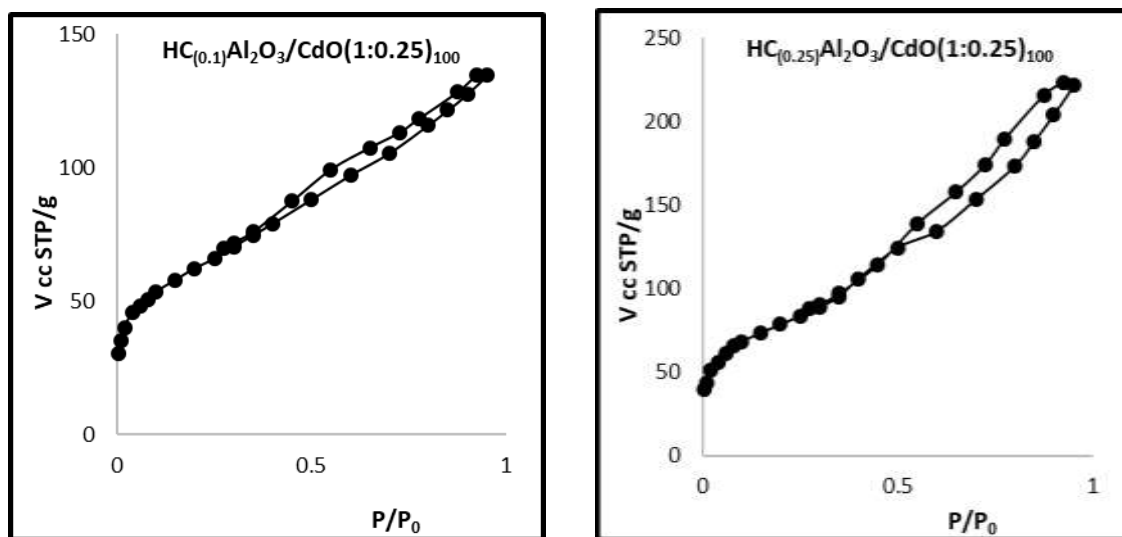
طرائق الدراسة

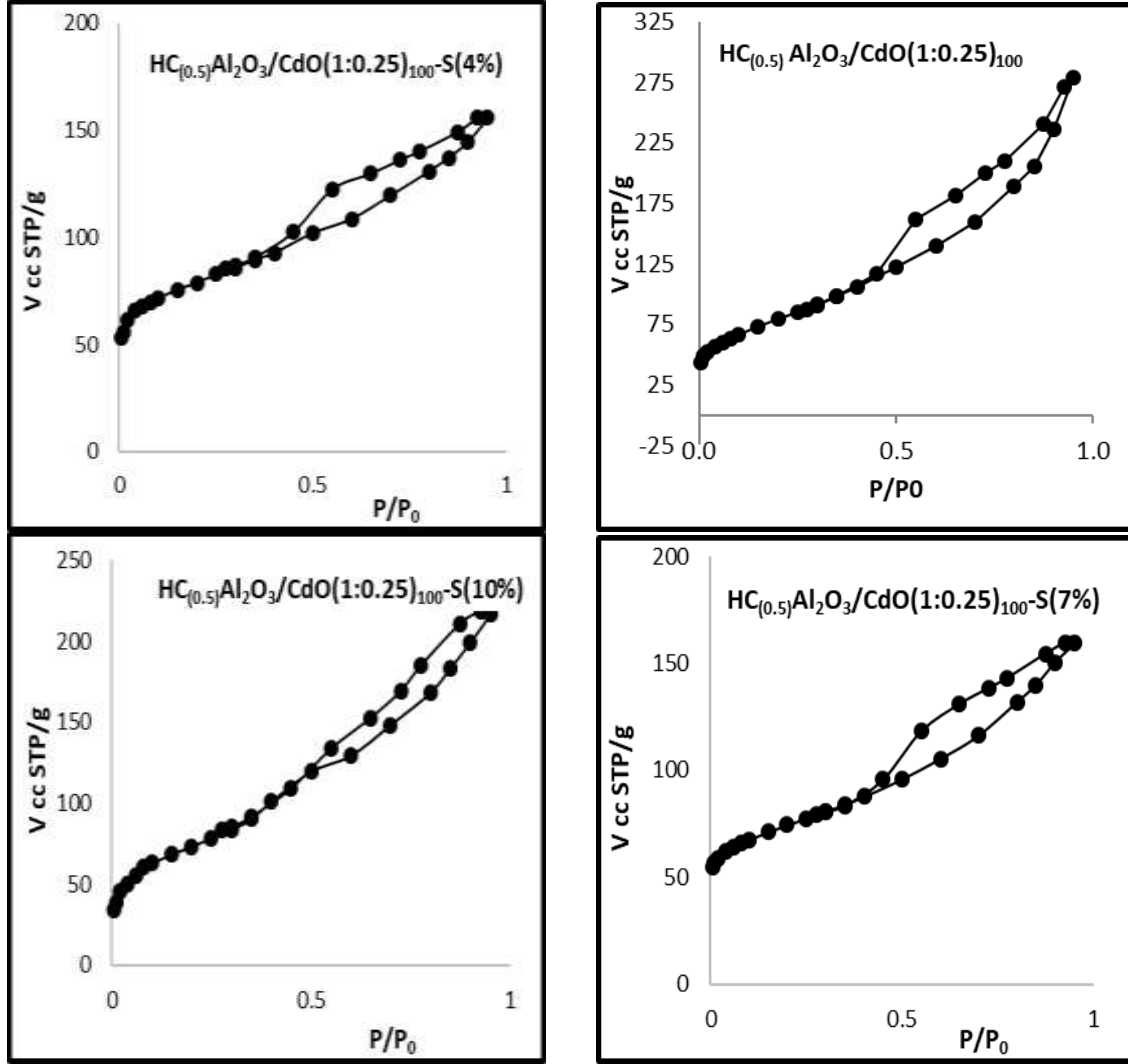
تم تعيين البنية النسيجية للعينات المحضرة (المساحة السطحية النوعية، نصف قطر المسام المتوسط، حجم المسام الدقيق... إلخ)، وذلك من خلال معالجة بيانات الامتزاز التي تم الحصول عليها بطريقة امتزاز غاز النتروجين عند الدرجة 77K وذلك باستخدام جهاز آلي مبرمج من نوع Gemini 2375 بعد تفريغ العينات في مفرغة ملحقة بالجهاز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

النتائج والمناقشة

تمت دراسة البنية النسيجية لجميع العينات المحضرة من تحليل البيانات الامتزازية الناتجة عن امتزاز غاز النتروجين عند الدرجة 77K، باستخدام جهاز Gemini.

يبين الشكل (١) منحنيات الامتزاز للعينات المدروسة ويظهر من الشكل أن جميع المنحنيات تنتمي إلى النوع IV حسب تصنيف سينغ ورفاقه [27]، وتظهر الأنشطة التخلفية على جميع منحنيات الامتزاز التي تتعلق عند قيمة الضغط النسبي ≈ 0.45 مما يدل على حدوث التكاثر 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. حسبنا المساحة السطحية S_{BET} من تحليل معطيات البيانات الامتزازية وفق العلاقة (١).





الشكل (١) يبين منحنيات الامتزاز للعينات المدروسة

يبين الشكل (٢) رسومات BET الخطية، حيث تبين رسومات BET خطية واضحة في مجال الضغط النسبي (0.05-0.2)، عُينت المساحة السطحية النوعية بتطبيق علاقة BET الخطية التالية [28].

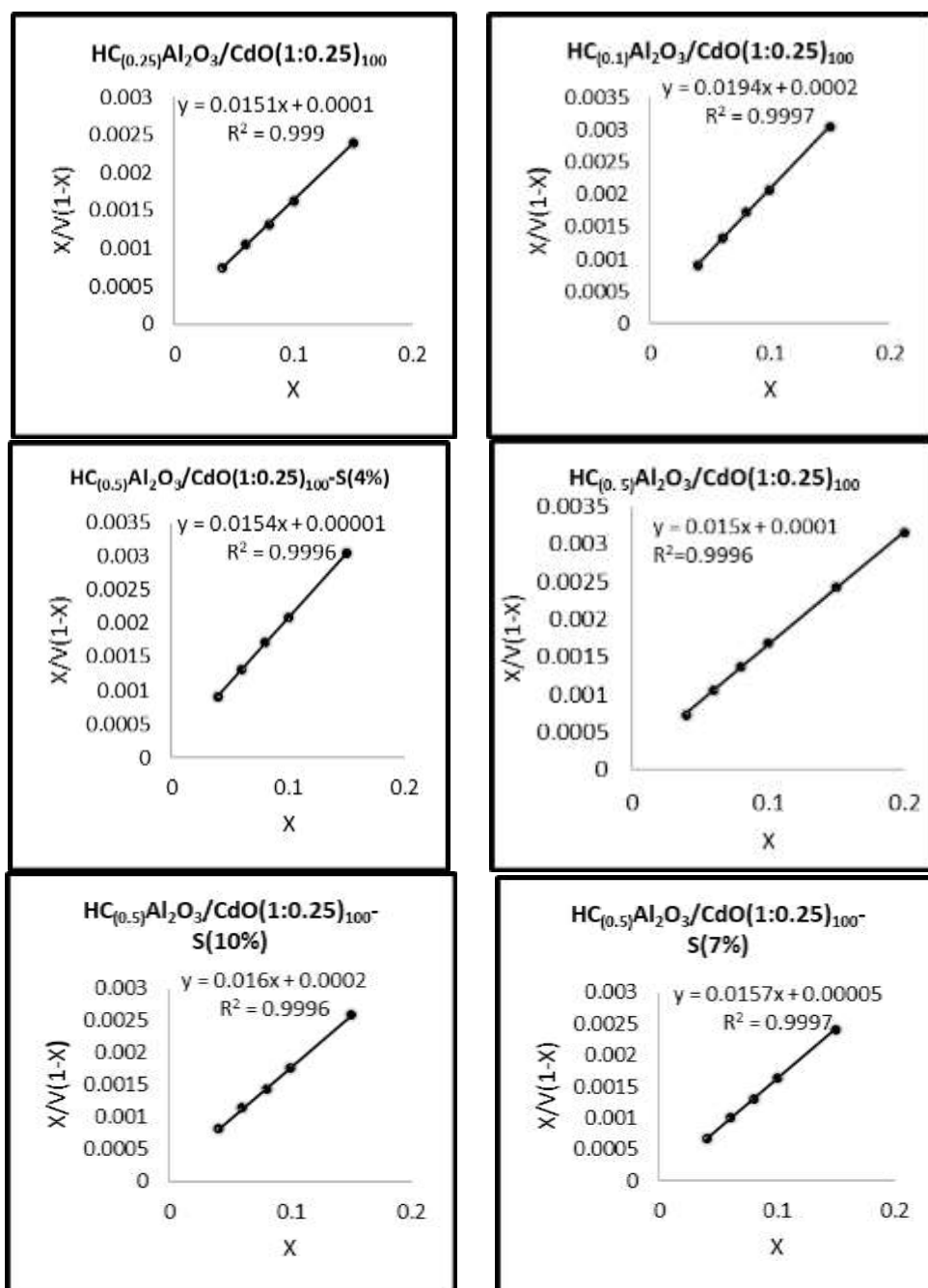
$$\frac{X}{V(1-X)} = \frac{1}{C.V_m} + \frac{C-1}{C.V_m} X \quad (١)$$

حيث $X = P/P_0$ قيمة الضغط النسبي، V - حجم الغاز الممتز في الشروط النظامية، V_m - سعة الطبقة الأحادية، C_{BET} - ثابت، وتم حساب C_{BET} و V_m من الميل والنقاط.

$$V_m = 1/(m+i) \quad , \quad C_{BET} = (m/i) + 1 \quad (٢)$$

تم حساب المساحة السطحية النوعية [29]، وذلك من خلال قيمتي الميل والنقاط من العلاقة:

$$S_{BET} = 4.37 \times V_m \quad (٣)$$



الشكل (٢) يبين رسومات BET الخطية

تم حساب قيمة حجم المسام الكلي V_p بوحدة ml/g وذلك عن طريق تحويل الحجم الممتز عند الضغط النسبي $P/P_0=0.95$ [30] إلى الحالة السائلة وعلى اعتبار أن كثافة النيتروجين 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: [29,31]

$$\bar{r} = \left(\frac{2V_p}{S_{BET}} \right) \times 10^3 \text{ nm} \quad (٤)$$

يبين الجدول (١) أن المساحة السطحية النوعية ترتفع من القيمة $223 \text{ m}^2/\text{g}$ في العينة المحضرة بإضافة العامل الموجه بالنسبة المولية 0.1 mol لتصبح ثابتة تقريباً عند النسبتين $(0.25, 0.5) \text{ mol}$.

الجدول (١) قيم S_{BET} المعينة للعينات المحضرة بنسب مختلفة من العامل الموجه

العينات المحضرة بالطريقة الهيدروحرارية بنسب مختلفة من العامل الموجه	النسبة المولية للعامل الموجه	S_{BET} m^2 / g
$HC_{0.1}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$	0.1	٢٢٣
$HC_{0.25}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$	0.25	٢٨٨
$HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$	0.5	٢٨٩

يبين الجدول (٢) قيم المساحة السطحية النوعية للعينة $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ بعد تحميلها بأيونات الكبريتات، يلاحظ انخفاض قيمة المساحة السطحية النوعية عند تحميلها بالكبريتات ويزداد انخفاض قيمتها مع ازدياد نسبة الكبريتات المحملة.

الجدول (٢) قيم S_{BET} المعينة للعينات المحملة بنسب مختلفة من الكبريتات

العينات المحملة بالكبريتات بنسب مختلفة	النسبة المئوية للكبريتات المحملة Wt %	S_{BET} m^2 / g
$HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}\text{-S}(4\%)$	4	284
$HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}\text{-S}(7\%)$	7	٢٧٧
$HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}\text{-S}(10\%)$	10	٢٧٠

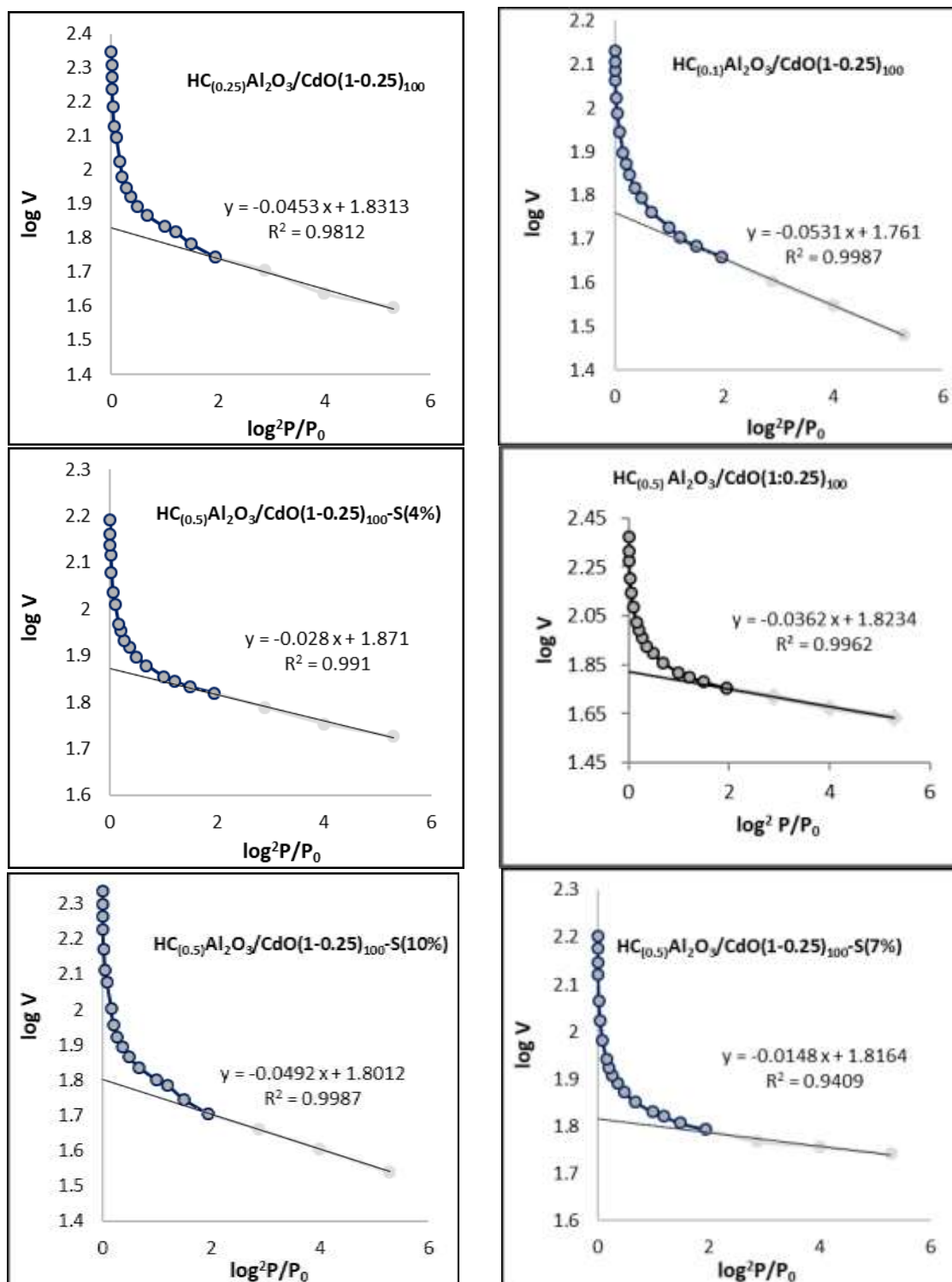
حددنا حجوم المسام الدقيق باستخدام طريقة دوينين- رادوشكيفتش DR [32] ، وذلك بتطبيق العلاقة

التالية:

$$\log V = \log V_o - D \left(\log \frac{P_o}{P} \right)^2 \quad (٥)$$

حيث تمثل V_o - حجم المسام الدقيقة، -D ثابت دوينين ويلاحظ كما هو واضح في الشكل (3) ، من خلال المنحنيات أن المجال الخطي يقع في مجال الضغوط النسبية المنخفضة حتى ٠.٠٤ ثم يبدأ بالانحراف نحو الأعلى. حُسبت قيمة كل من V_o , D باستخدام العلاقة (٥) للجزء الخطي من المنحنيات في الشكل (٣)، وذلك من التقاطع والميل ثم حسبنا نسبة المسام الدقيقة في جميع العينات وكذلك قيمة الطاقة المميزة للامتزاز E_o بالعلاقة:

$$E_o = 2.8574/(D)^{1/2} \quad (6)$$



الشكل (٣) يبين علاقة دوبينين رادكوشيفتش (DR)

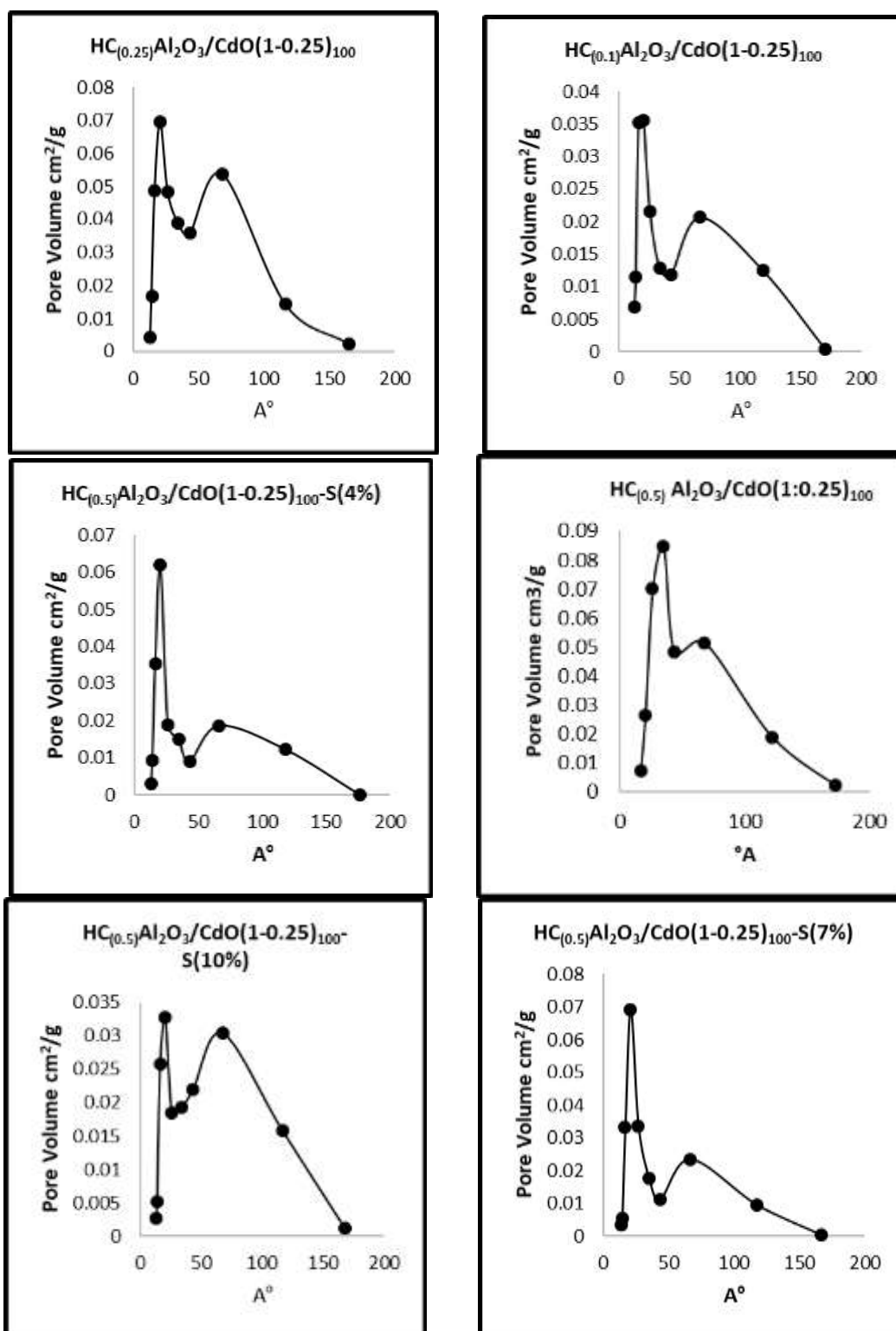
الجدول (٣) يبين عوامل البنية النسيجية لجميع العينات المحضرة

العينة	S_{BET}	V_p ml/g	V_o ml/g	V_m ml/g	V_{meso} ml/g	$\frac{V_o}{V_p} \times 100$	\bar{r} (nm)	E_o kJ/mol	D	C_{BET}
1 $HC_{0.1}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$	223	0.212	0.091	0.080	0.121	43	1.9	12	0.0531	98
2 $HC_{0.25}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$	288	0.349	0.107	0.104	0.242	31	2.4	13	0.0453	152
3 $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$	289	0.440	0.105	0.104	0.335	24	3.1	15	0.0362	151
4 $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ - S(4%)	284	0.245	0.117	0.102	0.128	48	1.7	17	0.0280	155
5 $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ - S(7%)	277	0.251	0.103	0.099	0.148	41	1.8	24	0.0148	315
6 $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ - S(10%)	270	0.342	0.099	0.097	0.242	29	2.5	13	0.0492	81

يبين الجدول (٣) عوامل البنية النسيجية للعينات المدروسة، ويلاحظ أن قيمة المساحة السطحية النوعية S_{BET} تكون أفضل ما يمكن للعينتين (2) و (3) المحضرتين هيدروحرارياً عند درجة الحرارة $100^\circ C$ وذلك عند إضافة العامل الموجه ذي النسب المولية (0.25mol) و (0.5mol) على الترتيب، حيث يلاحظ انخفاض واضح في قيمة المساحة السطحية للعينة (1). يعزى ثبات S_{BET} عند نسب $CTAB > 0.25 \text{ mol}$ إلى تشبع مواقع التنظيم البنيوي حيث يصل العامل الموجه إلى تركيز حرج تتشكل فيه الميسيلات مما يحد من زيادة المسامية بعد هذا التركيز. كما يلاحظ انخفاض في المساحة السطحية على جميع العينات عند التحميل بالكبريتات ويزداد انخفاض قيمتها مع ازدياد نسبة الكبريتات المحملة، والذي يعزى إلى سد مسام السطح بأيونات SO_4^{2-} أو تكوين طبقات غير مسامية [13]، حيث لوحظ انخفاض طفيف في المساحة السطحية النوعية في العينة (4) بنسبة 1.4% تقريباً، بينما في العينة (5) لوحظ انخفاض قيمة المساحة بنسبة 3.8% تقريباً، وفي العينة (6) انخفضت المساحة بنسبة 6.3% تقريباً ويعزى ذلك إلى النقصان في حجم المسام الدقيق والمسامات المتوسطة (ميزو)، وهذا النقصان في المساحة السطحية يتوافق بشكل عام مع تغيرات كل من V_p , V_o , V_m , V_{meso} وحتى نصف القطر الوسطي للمسام \bar{r} ، كما يتضح في الجدول (٣) أن قيم C_{BET} تدل على الألفة الضعيفة بين الماز والممتز

بينما تدل قيم E_o المنخفضة على أن الامتزاز من النوع الفيزيائي.

يبين الشكل (4) توزيع حجم المسام لجميع عينات الأكسيد المشترك المدروسة.



الشكل (٤) توزيع حجم المسام

يظهر من الشكل (٤) أن غالبية المنحنيات متشابهة تقريباً ذات توزيع منتظم وتوجد قمة عند نصف القطر $r_p=20 \text{ Å}$ تقريباً أي في مجال المسام المتوسط الانتقالي (ميزو)، و قمة عريضة نسبياً في المجال $r_p=50-160 \text{ Å}$ وتوجد قمة عند نصف القطر حوالي $r_p=75 \text{ Å}$.

الاستنتاجات

- بزيادة النسبة المولية للعامل الموجه لوحظ ارتفاع قيمة المساحة السطحية النوعية S_{BET} . وبذلك أعطت العينة $HC_{0.5}Al_2O_3/CdO(1:0.25)_{100}$ أعلى قيمة مساحة سطحية نوعية، لذلك تم اختيارها للتحميل بالكبريتات بنسب مختلفة.
- إن التغيرات في قيمة المساحة السطحية النوعية تتوافق نسبياً مع التغيرات في V_m ، V_o ، V_p ، \bar{r} ، و V_{meso} باختلاف نسبة العامل الموجه.
- انخفضت قيمة المساحة السطحية النوعية بشكل عام عند التحميل بالكبريتات وكان الانخفاض طفيفاً عند النسبة ٤ %.
- يشير التناقض الحاد في S_{BET} عند ١٠ % كبريتات إلى تشبع السطح، مما يقلل من إمكانية استخدامه في التفاعلات التي تتطلب مساماً مفتوحة.
- قيم C_{BET} تدل على الألفة الضعيفة بين الماز و الممتز.
- تدل قيم E_o المنخفضة على أن الامتزاز من النوع الفيزيائي.

التوصيات

- تعيين الخواص حمض - أساس للعينات المحضرة.
- تعيين نوع المراكز الحمضية (مراكز برونشتد - لويس) بإجراء تحليل IR لعينات الأكسيد المشترك.
- اختبار الفعالية الحفزية للعينات المحضرة.
- يوصى باستخدام النسبة $CTAB = 0.5 \text{ mol}$ في التطبيقات الحفزية التي تتطلب مساحة سطحية عالية، مثل تفاعلات الأكسدة.

References

- [1]. Manzano M, Vallet-Regí M. *Mesoporous silica nanoparticles for drug delivery*. Adv Funct Mater. 2020;30(2):1902634.
- [2]. Weckhuysen BM, Yu J. *Recent advances in zeolite chemistry and catalysis*. Chem Soc Rev. 2015;44(20):7022-7024.
- [3]. Visconti CG. *Alumina: A key-component of structured catalysts for process intensification*. Trans Indian Ceram Soc. 2012;71(3):123-136.
- [4]. Alrakkad H. *Preparation and Characterization of Porous Silica with a Large Specific Surface from Natural Syrian Zeolite TS-7*. Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2023;45(4)
- [5]. Roumie A, Kawass H, Alqadi S. *Determination of ideal conditions to preparation of system Al_2O_3/CdO and study the texture properties*. Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2016;38(1)
- [6]. Alaya MN, Youssef AMK, Roumie A, Grge R. *Physico-chemical properties of $CdO-Al_2O_3$ catalysts. I – Structural characteristics*. Arab J Chem. 2014;7(5):722-31. doi:10.1016/j.arabjch.2010.12.009.
- [7]. Neven KM, Muge SY. *Synthesis of functionalized MCM-41 mesoporous silica*. In: *Proceedings of CBU International Conference on Innovations in Science and Education*; 2017 Mar 22-24.

- [8]. Jia YL, Lock HN. *Template recycling and reuse in Mobil Crystalline Material 41 (MCM-41) synthesis statistical study*. J Appl Sci Process Eng. 2018;5:213-226.
- [9]. Hachemnaoui M, Molina C, Bever C. *Metal-loaded mesoporous MCM-41 for the catalytic wet*. Catalysts. 2021;11:219.
- [10]. Velarde L, Nabavi MS, Escalera E, Antti ML, Akhtar F. *Adsorption of heavy metals on natural zeolites: A review*. Chemosphere. 2023 Mar 25:138508.
- [11]. Tasić ŽZ, Bogdanović GD, Antonijević MM. *Application of natural zeolite in wastewater treatment: A review*. J Min Metall A: Min. 2019;55(1):67-79.
- [12]. Kausar A, Iqbal M, Javed A, Aftab K, Bhatti HN, Nouren S. *Dyes adsorption using clay and modified clay: a review*. J Mol Liq. 2018;256:395-407.
- [13]. Mulu E, M'Arimi MM, Ramkat RC. *A review of recent developments in application of low cost natural materials in purification and upgrade of biogas*. Renew Sustain Energy Rev. 2021;145:111081.
- [14]. Alaya M, Roumie A, Grge R. *Some Physico-chemical properties of the mixed oxide Al_2O_3/CdO . 3-The structure prepared by mechanical mixing*. Aleppo Univ Res J Basic Sci Ser. 2006;51:51-68.
- [15]. Roumie A, Kawass HA-dien, Al-Qadi S. *Determination of the specific surface acidity of the Al_2O_3/CdO system using the TPD method based on pyridine*. Tishreen Univ J Basic Appl Sci [Internet]. 2018 Sep [cited 2025 Aug 11];39(5) Available from: <https://journal.latakia-univ.edu.sy/index.php/bassnc/article/view/4010>
- [16]. Roumie A, Kawass H, Alqadi S. *Effect of different preparation methods (dry and wet at 100°C, hydrothermal at different temperatures) on the properties of the textile structure of the mixed oxide group Al_2O_3/CdO* . Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2024;46(5).
- [17]. Roumie A, Kawass H, Alqadi S. *Study the effect of the guiding agent (CTAB) Cetyl tri methyl ammonium bromide on the structural properties of the Al_2O_3/CdO mixed oxide prepared by hydrothermal treatment at temperatures (70, 100 and 130)*. Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2025;47(2).
- [18]. Yadav V, Rani M, Kumar L, Singh N, Ezhilselvi V. *Effect of surface modification of natural zeolite on ammonium ion removal from water using batch study: an overview*. Water Air Soil Pollut. 2022;233(11):465.
- [19]. Raheb I, Alrakkad H, Ghandour A. *The influence of alumina ratio on the properties of the Al-MCM-41 mesoporous structure*. Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2023;45(6).
- [20]. Raheb I, Kawasse H, Morshidi R. *Effect of the hydrothermal treatment temperature and amount of structure directing agent on the surface properties for SBA-15 mesostructure*. Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2023;45(5).
- [21]. Kawass H, Suliman S, Shahin D. *Preparation and study of the common oxide system Al_2O_3/Fe_2O_3 and the effect of the directing agent (polyethylene glycol) on the properties of the tissue*. Tishreen Univ Res J Basic Sci Ser. 2024;46(1).
- [22]. Aly KA, Abo-Mosallam HA, Mahdy EA, Ebrahium MM. *Implications of CdO/Al_2O_3 substitution on the structural, optical, and mechanical*

properties of barium borate glasses for opto-mechanical applications. Ceram Int. 2025 Jun 25. doi:10.1016/j.ceramint.2025.06.363.

[23]. Sreenivas B, Hima Bindu P. *Effect of Al_2O_3 on the optical and physical characteristics of $CdO-ZnO-B_2O_3$ glasses*. IOSR J Appl Phys. 2023;15(5):29-34.

Available from: www.iosrjournals.org

[24]. Rajesham S, Chandra Sekhar K, Shareefuddin M, Siva Kumar J. *Synthesis, physical, optical and structural studies of $B_2O_3-CdO-Al_2O_3-PbF_2$ glasses modified with MoO_3 ions*. Opt Quantum Electron. 2022;54:470. doi:10.1007/s11082-022-03874-7.

[25]. Chavda S, Limbasiya N, Vamja P, Parmar R, Sonvane Y, Jha PK, et al. *Studies on optical and electrical properties of CdO/Al_2O_3 composites*. J Sol-Gel Sci Technol. 2022;104:169-77. doi:10.1007/s10971-022-05921-x.

[26]. Wang X, He ZH, Cao HH, Ji YX, Fan XL, Yan RP, Wang K, Wang W, Li L, Liu ZT. *Chlorine tailored CdO_xCl_y/Al_2O_3 for syngas formation in electrochemical CO_2 reduction*. Catal Sci Technol. 2025. doi:10.1039/D4CY01426J.

[27]. Gregg SJ, Sing KSW. *Adsorption, surface area and porosity*. London: Academic Press; 1984. 15 p.

[28]. Brunauer S, Emmett PH, Teller E. *Adsorption of gases in multimolecular layers*. J Am Chem Soc. 1938;60:309-319.

[29]. Gregg SJ, Sing KSW. *Adsorption, surface area and porosity*. 2nd ed. London: Academic Press; 1982. 371 p.

[30]. Sing KSW, Everett DH, Haul RAW, Moscou L, Pierotti RA, Rouquerol J, Siemieniewska T. *Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity*. Pure Appl Chem. 1985;57(4):559-603..

[31]. Broekhoff JCP. *Physical and chemical aspects of adsorbents and catalysts*. In: Linsen BG, editor. London: Academic Press; 1970. p. 1-62.

[32]. Dubinin MM. *Progress in surface and membrane science*. In: Cadenhead DA, Danielli JF, Rosenberg MD, editors. New York: Academic Press; 1975. p. 1-70.