أمثلة ومسائل محلولة

١– ضغط غاز O_2 اللازم للحصول على تغطية ما لذرات الأكسجين الممتزة على سطح الفضة عند 700 K يساوي 1×10^{-3} mb. فإذا كان الضغط اللازم للحصول على نفس التغطية للسطح عند 800 K يساوي 36 mb، قدر أنثالبي الإمتاز المتساوي الحجم لغاز $O_{2(g)}$ على Ag. باستخدام المعادلة رقم (1.34).

$$\left[\log_e (P_1 / P_2)\right]_\theta = \frac{\Delta H_{AD}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\therefore \log_e \frac{36}{1} = \frac{\Delta H_{AD}}{8.314}\left(\frac{1}{800} - \frac{1}{700}\right)$$

$$\therefore 3.58 = \frac{\Delta H_{AD}}{8.314}\left(-1.7817x10^{-4}\right)$$

$$\therefore \Delta H_{AD} = -\frac{3.58x8.314}{1.7857x10^{-4}}$$

$$= -167 \quad kJ\,mol^{-1}$$

٢– بين بواسطة الرسم البياني قابلية التطبيق للإزوثيرمات فرندليتش ولانجمير للمعطيات المجدولة أدناه.

الضغط (Nm^{-2})	كتلة الغاز الممتز لكل وحدة مساحة (gm^{-2})
0.28	0.140
0.40	0.176
0.61	0.221
0.95	0.278
1.70	0.328
3.40	0.384

إيزوثيرم فرندليتش (Freundlich)– أعتبر لاعتماد اللوغاريتمي لأنثالبي الإمتزاز على التغطية المعادلة رقم(1.39)

$$\theta = C_3 P^{1/C_4} \qquad (1.39)$$

وإذا أخذنا اللوغاريتم لطرفي هذه المعادلة سنحصل على :

$$\log_e \theta = \log_e C_3 + \frac{1}{C_4}\log_e P$$

وباستعمال المعادلة رقم (1.19)

$$\theta = m / m_\infty$$

$$\therefore \log_e\left(\frac{m}{m_\infty}\right) = \log_e C_3 + \frac{1}{C_4}\log_e P$$

$$\therefore \log_e m - \log_e m_\infty = \log_e C_3 + \frac{1}{C_4}\log_e P$$

$$\therefore \log_e m = \log_e C_3 + \log_e m_\infty + \frac{1}{C_4}\log_e P$$

$$\therefore \log_e m = \log_e (C_3 m_\infty) + \frac{1}{C_4}\log_e P \qquad y = c + mx \text{ على شكل}$$

∴ ارسم $\log_e m$ مقابل $\log_e P$. إذا تم الحصول على خطا مستقيما في الرسم البياني، فإن الامتزاز يخضع لإيزوثرم فرندليتش. فإن لم يكن ذلك!

obeikandi.com

جرب **إيزوثيرم لانجمير** (Langmuir)—— أعتبر أنثالبي الامتزاز لا تعتمد على التغطية. باستخدام المعادلة رقم (1.19).

$$\frac{P}{m}=\frac{1}{m_\infty K}+P\left(\frac{1}{m_\infty}\right)$$ على شكل $y = c + mx$

∴أرسم P/m مقابل P. إذا تحقق امتزاز لانجمير، فيجب أن يكون الرسم البياني خطا مستقيما ميله يساوي $1/m_\infty$ ونقطة تقاطعه $1/m_\infty K$.

P/m (Ng^{-1})	P (Nm^{-2})
0.28	2.00
0.40	2.27
0.61	2.76
0.95	3.42
1.70	5.18
3.40	8.85

وبما أنه تم الحصول على خط مستقيم، فمعنى ذلك أن امتزاز لانجمير قد تحقق. وعندئذ فإن : $K = 1.82(Nm^{-2})^{-1}$ و $m_\infty = 0.423\ g\,m^{-2}$.

٣- نتائج حجم غاز (مقاس عند 1 atmosphere و 273 K) ممتز على 1g من الفحم النباتي عند ضغوط مختلفة مدونة أدناه :

P(cm Hg)	1.0	2.0	3.0	5.0	10.0
V(cm^3)	45.0	55.9	60.2	64.7	68.4

إذا كان قطر جزيئات الغاز يساوي تقريبا 0.4 nm، فأوجد المساحة السطحية للفحم النباتي. (إن حجم الجزيء الواحد لغاز مثالي عند 273 K و1 atm يساوي $0.0244\ m^3$).

إذا اعتبرنا امتزاز لانجمير، نستخدم المعادلة رقم (1.20).

obeikandi.com

$$\therefore \left(\frac{P}{V}\right) = \frac{1}{V_\infty K} + P\left(\frac{1}{V_\infty}\right)$$

∴ارسم P/V مقابل P. إذا تحقق امتزاز لانجمير، فيجب أن يكون الرسم البياني خطا مستقيما ميله يساوي $1/V_\infty$ ونقطة تقاطعه $1/V_\infty K$.

P/V $(cm\ \ Hg/cm^3)$	P (cm Hg)
1.0	0.02222
2.0	0.03578
3.0	0.04983
5.0	0.07728
10.0	0.14620

نحصل من الميل على $V_\infty = 73\ \text{cm}^3$.

نظرا أن V_∞ يناسب حجم الغاز اللازم لتكوين طبقة أحادية، يمكن تحويل V_∞ إلى عدد مولات الغاز

$\frac{73/10^6}{0.0244} = 2.99x10^{-3}\ moles$ (ملاحظة : يجب تحويل cm^3 إلى m^3)

وبالتالي، فإن عدد الجزيئات المناسب لطبقة أحادية هو

$2.99 \times 10^{-3} \times 6.023 \times 10^{23} = 1.8 \times 10^{21}$ molecules

لقد أشرنا على أن قطر جزيء الغاز الممتز يساوي 0.4×10^{-9}، إذن باعتبار طبقة مرصوصة، فإن المساحة الكلية للفحم النباتي ما هي إلاَ مساحة جزيء واحد مضاعف بالعدد الكلي للجزيئات المناسبة لطبقة واحدة :

$$\text{Charcoal surface area} = \pi\ x \left(\frac{0.4x10^{-9}}{2}\right)^2 x\ 1.8x10^{21} = 226\ \text{m}^2$$

(المساحة السطحية للفحم النباتي)

openkandi.com

∴ 1 g من الفحم النباتي لها مساحة سطحية قيمتها $226\ m^2$. إن هذا الرقم الكبير له علاقة بالمسامية.

٤- ارسم السطح (110) لمادة مكعبة مركزة الجسم ذات ثابت شبكي يساوي 3.16 Å. بين خلية الوحدة للسطح وأحسب الكثافة الذرية السطحية. ما هو الزمن المستغرق لامتزاز 0.5 ML من الهيدروجين على السطح عند 10^{-9} Torr و 300 K ، إذا اعتبرنا أن الامتزاز تفككي وأن احتمالية الاتزاق مساوية للوحدة ؟

يتبين من (الشكل رقم١,١٥) أن خلية الوحدة هي على شكل مستطيل مركز له مساحة تعطى بالعلاقة $a \times \sqrt{2}a = \sqrt{2}a^2$.

$$\therefore \text{area of unit cell} = \sqrt{2} \times (3.16\ Å)^2 = 14.12\ Å^2$$

(مساحة خلية الوحدة)

كل خلية وحدة تحتوي على ذرتين (الذرة المركزية هي منفردة للخلية المعنية وأما الذرات الأربعة الركنية ، فكل واحدة منها تساهم بربع ذرة، نظراً أن كل واحدة منها مشتركة بين أربع خلايا وحدة. لذلك، فإن المساحة لكل ذرة هي $14.12\ Å^2/2 = 7.06\ Å^2$.

$$\text{Density of atoms per cm}^2 = \frac{1}{7.06x10^{-16}}$$

(ملاحظة : يجب تحويل $Å^2$ إلى cm^2)

كثافة الذرات لكل cm^2

$$= 1.416 \times 10^{15}$$

لحساب سرعة القذف :

$$Z = \frac{P}{(2\pi mkT)^{1/2}} cm^{-2}s^{-2}$$

$$1\ \text{Torr} = 1.333 \times 10^2\ \text{Nm}^{-2}$$

$$\therefore 10^{-9}\ \text{Torr} = 1.333 \times 10^{-7}\ \text{Nm}^{-2} = 1.333 \times 10^{-11}\ \text{Ncm}^{-2}$$

$$\text{كتلة جزيء } H_2 = m = \frac{2x10^{-3}\ kg\ \ mol^{-1}}{6.023x10^{23}\ \ mol^{-1}}$$

$$m = 3.321 \times 10^{-27}\ \text{kg}$$

$$Z = \frac{1.333 \quad x\ 10^{-11} \quad Ncm^{-2}}{\{2\pi(3.321x10^{-27}\,kg)(1.381x10^{-23}\,JK^{-1})(300 \quad K)\}^{1/2}}$$

وعليه، فإن سرعة التغطية

$$\frac{1.434x10^{12}\,cm^{-2}s^{-2}}{1.416x10^{15}\,cm^{-2}} = 1.013x10^{-3}$$ طبقات أحادية لكل ثانية متوقعة.

ولكن باعتبار امتزاز **تفككي**، أي انقسام كل جزيء H_2 إلى ذرتين عند الامتزاز :

التغطية = 2.026×10^{-3} طبقات أحادية لكل ثانية.

وبالتالي فإن الزمن المستغرق عند 10^{-9} Torr لتراكم 0.5 ML من الممتز تساوي $0.5x1/(2.026 \times 10^{-3})$ ثانية أو 4.1 دقيقة.

إن هذا المثال يمثل أسوء حالة سيناريو : غاز يتحرك بسرعة عالية وباحتمالية اللاتزاق واحدة. لاحظ أنه حتى ولو أن الضغط خفِض إلى 10^{-9} Torr، فإن كمية ملوثة لا تهمل قد تراكمت في دقائق فقط.

٥– يؤدي ترسيب رقيقة معدن على ماز من Cu إلى انخفاض شدة قمة أوجيه ذات الطاقة الحركية Cu 60 eV إلى 76، 50، 25 و6% من القيمة للسطح النقي لرقيقة سمكها 2، 5، 10 و 20Å على التوالي. قدر بيانيا القيمة لمتوسط المسار الحر غير المرن لإلكترونات أوجيه60 eV.

إن العلاقة التي تعطي انخفاض شدة أوجيه للماز بدلالة السماكة d للرقيقة عند انبعاث عمودي هي :

$$I(d) = I_o \exp\left(\frac{-d}{\lambda}\right)$$ (المعادلة رقم 1.53)

obeikandl.com

حيث I_o = الشدة للماز النقي و λ = متوسط المسار الحر غير المرن.

باستعمال اللوغاريتم الطبيعي

$$\ln I(d) = \ln I_o - \frac{d}{\lambda}$$

وبتوحيد normalizing شدة السطح النقي إلى 1 ($\ln I_o = 0$)

$$\ln I(d) = \frac{-d}{\lambda} = -\left(\frac{1}{\lambda}\right)d$$

وبالتالي، فإن رسم منحنى $\ln I(d)$ مقابل السماكة d للرقيقة سيكون خطي ذوا ميل = $\frac{1}{\lambda}$.

d(Å)	$I(d)$	$\ln I(d)$
0	1	0.00
2	0.76	-0.274
5	0.50	-0.693
10	0.25	-1.386
20	0.06	-2.813

$$\text{الميل} = \frac{1}{\lambda} = -0.141\ \text{Å}^{-1}$$

$$\therefore \lambda = 7.1\ \text{Å}$$

في الحقيقة، يتم تقدير متوسط المسار الحرة غير المرن بدقة بهذه الطريقة، أي بقياس الانخفاض في XPS للماز أو بواسطة قمم أوجيه بدلالة سماكة الرقيقة (التي يتم معايرتها مسبقاً). يعتمد التحليل على أن النمو يحدث بطريقة طبقة فطبقة، وهذا ما لا يحدث غالباً، مما يؤدي إلى درجة من التشتت في قيم التجارب.

٦–يؤدي نمو طبقة رقيقة جدا من النحاس بطريقة طبقة فطبقة على ماز من البلاديوم إلى انخفاض في قمة XPS الماز(BE = 335 eV) إلى 40% من قيمتها في حالة السطح النقي لما تتم إثارتها بواسطة إشعاع Al-K_α ($h\nu$ = 1486.6 eV). المطلوب هو تقدير :

(أ) سماكة رقيقة Cu

(ب) الانخفاض في إشارة XPS عند زاوية انبعاث تساوي 70°.

(يمكن افتراض أن متوسط القطر الذري للنحاس هو 2.55 Å. أعتبر ϕ = 5 eV).

(أ) أولاً : أحسب متوسط المسار الحر غير المرن لقمة XPS للماز :

$$E_{kin} = h\nu - E_b - \phi = 1486.6 - 335 - 5 \text{ eV}$$
$$E_{kin} = 1147 \text{ eV}$$

∴ يعطى IFMP بـ المعادلة رقم (1.54) :

$$\lambda(nm) = \frac{538a}{(E_{kin})^2} + 0.41a^{3/2}(E_{kin})^{1/2} = \frac{538}{(1147)^2}x0.255 + 0.41(0.255)^{3/2}(1147)^{1/2}$$
$$\therefore \quad \lambda = 1.79 \quad nm$$

إن انحلال قمة XPS للماز مع سماكة الرقيقة توافق قانون انحلال أسي. عند انبعاث عمودي، تصلح المعادلة رقم (1.53) :

$$I(d) = I_o \exp(-d/\lambda)$$

باستعمال اللوغاريتم الطبيعي

$$\ln[I(d)/I_o] = -d/\lambda$$
$$d = -\lambda \ln[I(d)/I_o] = -1.79 \log_e(0.4)$$
$$\therefore d = 1.64 \text{ nm.}$$

∴ سمك رقيقة النحاس يساوي 1.64 nm

(ب) بالنسبة للانبعاث العمودي، إن طول المسار التعاملي المتخذ من طرف الإلكترون يزداد بقيمة

$$d_{eff} = d / \cos\theta$$

$$\therefore \quad d_{eff} = \frac{1.64}{\cos\ 70^o} = 4.8 \quad nm$$

وبالتالي

$$\frac{I}{I_o} = \exp\left(\frac{-4.8}{1.79}\right) = 0.068$$

∴ عند زاوية انبعاث قيمتها 70°، تساوي قمة XPS للماز7% من شدتها للسطح النقي. قارن هذه القيمة بالقيمة عند الانبعاث العمودي.

٧- تم قياس احتمالية الالتزاق ألتفككي للأكسجين على Cu(110) عند درجة حرارتين مختلفتين بواسطة حزمة جزيئية حرارية. بينت المعطيات أن عند كل درجة حرارة ، يحدث انخفاض خطي لقيمة S مع التغطية. كما لوحظ كذلك نموذج LEED (الموضح في الصورة أدناه) عند تغطيات منخفضة ذات شدة قصوى عند تغطية تساوي بالضبط 0.5 ML. من هذه المعلومات :

(أ) أحسب طاقة التنشيط للامتزاز ألتفككي.

(ب) أقترح بنية للطبقة العلوية تكون متوافقة مع نموذج LEED التي تم ملاحظتها.

(ج) وضح اعتماد S على θ بمفهوم آلية الامتزاز.

(عند 300 K S_o =0.22 ؛ عند 850 K S_o =0.45 حيث تمثل درجة الحرارة، درجة حرارة الحزمة الجزيئية الحرارية.)

(أ) إن احتمالية الالتزاق (S_o) للتغطية صفر تكون موافقة لعلاقة أرهينيوس

$$S_o = S' \exp\left(\frac{-E_{Diss}}{RT}\right) \qquad \text{(i)}$$

حيث تمثل $S^{'}$ احتمالية الالتزاق ذات طاقة التنشيط تساوي صفر. باستعمال اللوغاريتم الطبيعي

$$\ln S_o = \ln S^{'} - \frac{E_{Diss}}{RT} \qquad \text{(ii)}$$

إذن، لنحصل على E_{Diss} ، يجب علينا معرفة إما $S^{'}$ أو نرسم منحنى $\ln S_o$ مقابل $\frac{1}{T}$.

إذا كان لدينا S_o عند درجتين من الحرارة T_1 و T_2

$$(\ln S_o)_{T_1} = \ln S^{'} - \frac{E_{Diss}}{RT_1} \qquad \text{(iii)}$$

$$(\ln S_o)_{T2} = \ln S^{'} - \frac{E_{Diss}}{RT_2} \qquad \text{(iv)}$$

وبطرح المعادلة (iii) من المعادلة (iv)

$$(\ln S_o)_{T2} - (\ln S_o)_{T1} = -\frac{E_{Diss}}{RT_2} + \frac{E_{Diss}}{RT_1} = \frac{E_{Diss}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

$$\ln \frac{(S_o)_{T2}}{(S_o)_{T1}} = \frac{E_{Diss}}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)$$

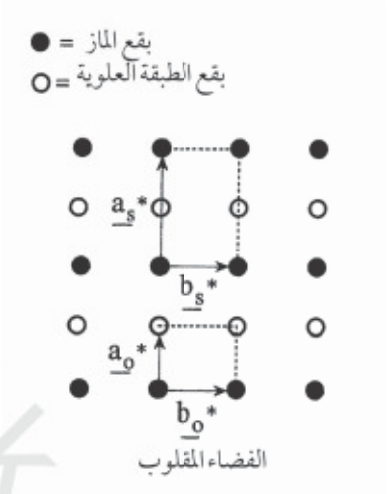
وهكذا بتعويض عند 300 K S_o =0.22 ؛ عند 850 K S_o =0.45 .

$$\therefore \quad \ln\left(\frac{0.45}{0.22}\right) = \frac{E_{Diss}}{R}\left(\frac{1}{300} - \frac{1}{850}\right)$$

$$\therefore \quad E_{Diss} = 2.77 \;\; kJ \;\; mol^{-1}$$

(ب) باستعمال نموذج LEED (انظر إلى الشكل أدناه)، حدد خلية الوحدة للفضاء المعكوس للماز ووحدة خلية الطبقة العلوية.

obeikandl.com



الفضاء المعكوس

عوض متجهات خلية وحدة الماز

$$a_o^* = \frac{1}{2} a_s^* + 0\, b_s^*$$

$$b_0^* = 0\, a_s^* + b_s^*$$

والآن كونِ المصفوفة G^* للفضاء المعكوس

$$G^* = \begin{bmatrix} 1/2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ثم بعد ذلك حول من الفضاء المعكوس إلى الفضاء الحقيقي

انظر المعادلة رقم (2.25) $$G = \frac{1}{\det G^*} \begin{bmatrix} G_{22}^* & -G_{21}^* \\ -G_{12}^* & G_{11}^* \end{bmatrix}$$

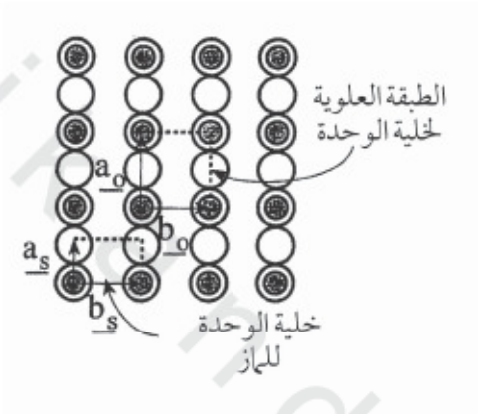
$$G = \frac{1}{1 \;x\; 1/2 - 0 \;x\; 0} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1/2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

اكتب موجهات الفضاء الحقيقي للطبقة العلوية بمصطلحات الخاصة بالماز

obeikandl.com

$$a_o = 2a_s + 0b^*$$
$$b_0 = 0a_s + 1b_s$$

ارسم سطح الماز وأبني خلية الوحدة للطبقة العلوية مستخدما الموجهات أعلاه (انظر إلى الشكل أدناه).



الفضاء الحقيقي

رموز وود (Wood's notation) $Cu(110)-p(2x1)-O-(0.5\ ML)$

رموز المصفوفة $Cu(110)-\begin{bmatrix}2 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}-O-(0.5\ ML)$

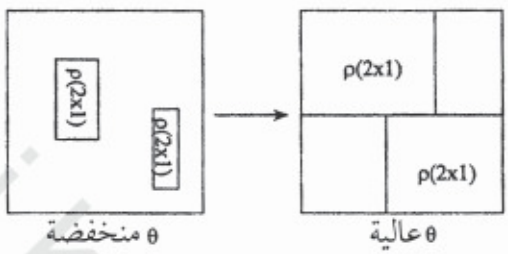
(ج) غالباً، يتطلب الامتزاز ألتفككي وجود موقعين للامتزاز متجاورين وبالتالي تكو لها احتمالية إلتزاق تتغير وفقا للعلاقة التالية

$$S\,\alpha\,(1-\theta)^2$$

التي تظهر واضحا أنها ليست خطية بالنسبة للتغطية. (انظر إلى الشكل رقم ١,٧).

ولكن، بالرغم من أن الامتزاز تفككي، يلاحظ اعتماد خطي. وسبب ذلك هو آلية الامتزاز ويمكن تفسير ذلك إذا جزر الطبقة العلوية ذات التماثل p (2x1) تتكون حتى في حالة التغطية المنخفضة، كما هو موضح في الشكل. وهذا يوضح لماذا يمكن ملاحظة

نموذج LEED p (2x1) حتى في حالة التغطية الأقل من 0.5 ML. بما أن المساحة الحرة لجزر p (2x1) ترتفع خطيا مع التغطية، بين الصفر و 0.5 ML، فيمكن كذلك تفسير التغير الخطي لاحتمالية الالتزاق التي لوحظت تجريبيا. وبالتالي فمن المتوقع S α (1-θ).



٨- يؤدي امتزاز 0.5 ML من الكبريت على Ni(100) إلى ارتفاع قدره 0.24 eV في دالة الشغل. أوجد الاتجاه ودرجة تحويل الشحنة بين الكبريت والنيكل (نظام النيكل هو مكعب مركز الوجه ذوا ثابت شبكية قيمته 3.51Å). بالإضافة، فإن التباعد بين الطبقات كبريت- نيكل المقدر بطريقة LEED يساوي 1.3 Å. افترض أن هذا يمثل المسافة بين الشحنة على الممتز والمستوى الصورة.

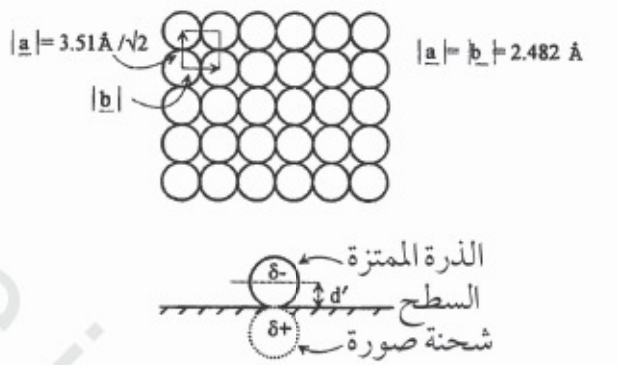
إن تغير دالة الشغل $\Delta\phi$ مرتبط بالعزم الثنائي القطب (μ) لكل ممتز وفقا للمعادلة

$$\frac{\Delta\phi}{e} = n\frac{\mu}{\varepsilon_o}$$

حيث n = الكثافة السطحية للممتز بوحدة adatoms m^{-2} و ε_o = سماحية الفضاء الحر = $8.854 \times 10^{-12}\ CV^{-1}\ m^{-1}$. حساب n (أنظر الشكل)

خلية الوحدة للمساحة = $(2.48\ Å)^2$ = $6.15\ Å^2$

تحتوي خلية الوحدة ذرة سطحية واحدة لأن كل واحدة من الذرات الأربعة مشتركة بين أربعة خلايا وحدة.



∴ عدد الذرات لكل m^2 = $\frac{1\ m^2}{6.15\ x\ 10^{-20}\ m^2}$ = $\frac{1\ m^2}{6.15\ Å^2}$ = No of atoms per m^2

∴ طبقة أحادية واحدة = 1.626×10^{19} **atoms** $\mathbf{m^{-2}}$

ولكن تغطية السطح بالكبريت هي فقط 0.25 ML

$$\therefore\ n = \frac{1.626}{4} x10^{19} = 4.065x10^{18}\ m^{-2}$$

لحساب μ

$$\mu = \frac{\Delta\phi\varepsilon_o}{en} = \frac{(0.24\ \text{V})(8.854\text{x}10^{-12}\text{CV}^{-1}m^{-2})}{4.065x10^{18}\ m^{-2}}$$

$$\mu = 5.227\ x\ 10^{-31}\ \text{C m}$$

والآن $\mu = qd$

حيث الشحنة على الذرة الممتزة = q (انظر الشكل)

التباعد بين الطبقات = $d = 2d' = 1.3$ Å

$$q = \frac{\mu}{d} = \frac{5.227\ x\ 10^{-31}\ \text{C m}}{1.30\ x\ 10^{-10}\ \text{m}}$$

$$q = 4.02\ x\ 10^{-21}\ \text{C}$$

إن الشحنة على الإلكترون، e ، تساوي 1.6×10^{-19} C.

obeikandl.com

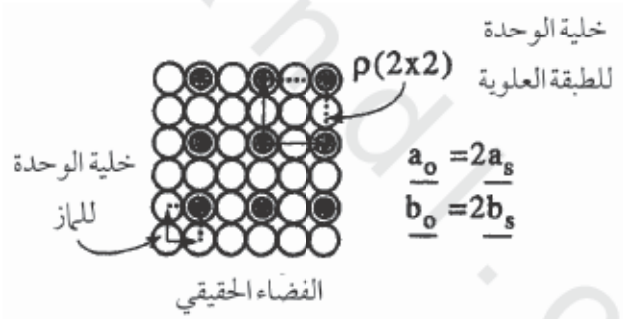
وبالتالي فإن الشحنة على ذرة الممتز للكبريت هي

$$\frac{4.02 \ x \ 10^{-21}}{1.60 \ x \ 10^{-19}} = 0.025$$

إي 2.5% من الشحنة الإلكترونية. ونظراً أن القيمة $\Delta\phi$ قد ازدادت، فإن هذا الفائض في الشحنة هو سالب ومتمركز على الكبريت.

٩- أحسب عدد حزم LEED المعادة التشتت back-scattered من الطبقة العلوية p(2 x 2) على Pd(100) عند 50 eV وتحت ظروف الإسقاط العمودي (نظام البلاديوم هو مكعب مركز الوجه بثابت شبكية يساوي 3.89 Å). ما هي الزاوية المكونة بين الحزمة (1, 0) والعمودي للسطح ؟

أولا : لنرسم بنية الفضاء الحقيقي (انظر الشكل أدناه) :



حساب a_s و b_s

$$2(|a_s|)^2 = c^2$$

حيث c = ثابت الشبكية للمعدن fcc (انظر إلى الشكل رقم ١,٤١)

بما أن c = 3.89 Å بالنسبة ل Pd

$$|a_s| = \sqrt{\frac{(3.89)^2}{2}} = 2.751 \ \text{Å} = |b_s|$$

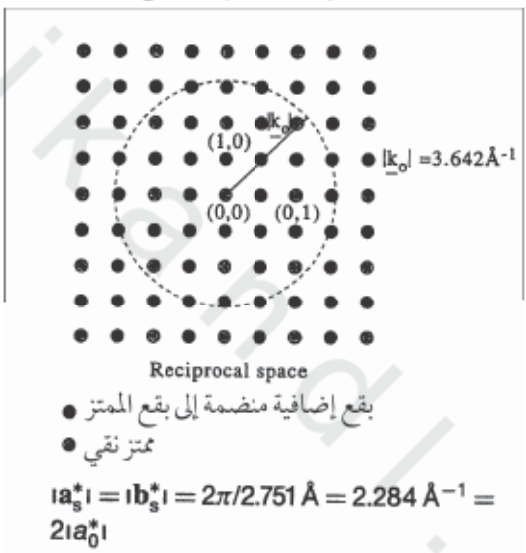
وبالتالي $|a_o| = 2 \times 2.75 \ \text{Å} = 5.501 \ \text{Å} = |b_o|$.

يجب بناء الشبكية المعكوسة للطبقة العلوية :

$$|a_o^*| = \frac{2\pi}{|a_o|} = \frac{2\pi}{5.501\,\text{Å}} = 1.142\,\text{Å}^{-1}$$

$$|b_o^*| = \frac{2\pi}{|b_o|} = \frac{2\pi}{5.501\,\text{Å}} = 1.142\,\text{Å}^{-1}$$

تم رسم مقلوب الشبكة طبقا للمقياس (انظر إلى الشكل أدناه) :



إن شبكية الفضاء المعكوس هي عبارة شبكة قضيبيات عمودية لمستوي الورقة. لإيجاد عدد الحزم المنعكسة، أولا لنحسب موجه الموجة للحزمة الساقطة :

$$|k_o| = \frac{2\pi}{\lambda}$$

والآن لحساب طول موجة دي بروجلي (λ) :

$$\lambda(\text{Å}) = \sqrt{\frac{150.4}{E_p(e\text{V})}} = \sqrt{\frac{150.4}{50}}$$

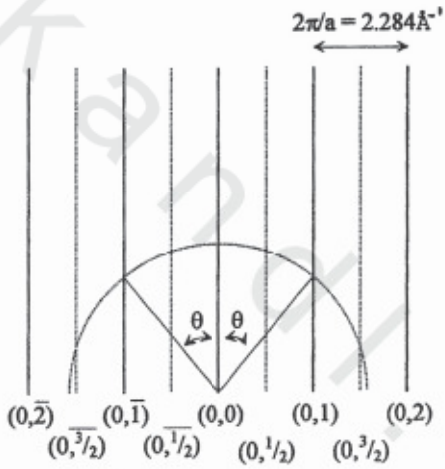
$$\lambda = 1.734\,\text{Å}$$

$$|k_o| = \frac{2\pi}{\lambda} = 3.624 \text{ Å}^{-1}$$ وعليه

ارسم موجه مقداره 3.624 Å^{-1} من أصل الفضاء المعكوس ثم أبني دائرة نصف قطرها $|k_o|$. كل نقاط شبكية المعكوس التي تنتج داخل الدائرة ستعطي الحزم المنعكسة.

∴ نريد إنتاج 37 حزمة منعكسة عند 50 eV.

لكي يتم إيجاد اتجاه الحزمة (0, 1)، ارسم قطعة من الشبكية المعكوسة على طول الاتجاه $[0\bar{1}1]$ وعمودية للسطح البلورة (انظر إلى الشكل أدناه).



$$\sin\theta = \left(\frac{\frac{2\pi}{a}}{3.624 \text{ Å}^{-1}} \right) 0.630$$

$$\therefore \theta = 39^\circ$$

بالإضافة، إنه من الواضح أن سبعة حزم ستظهر في الفراغ بالنسبة لهذا الاتجاه الخاص (يقطع k_o قضيبات الفراغ المعكوس عند سبعة مواقع).

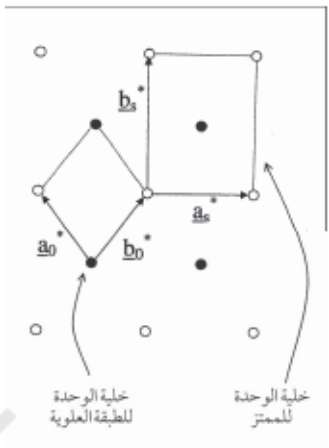
١٠- يؤدي إمتزاز 0.5 ML من K على $Co\{10\bar{1}0\}$ إلى تكوين نموذج LEED الموضح أدناه. إن تشبع سطح K المغطى بمادة CO عند 300 K لا يؤدي إلى تغير في التماثل لنموذج LEED، بالرغم من التغيرات الكبيرة التي لوحظت في أطياف $I(V)$ لحزم الطبقات العلوية. وبينت RAIRS اهتزازة استطالة كثيفة ومنفردة عند $1732\ cm^{-1}$، لمادة CO (بالنسبة ل CO على $Co(10\bar{1}0)$ النقي عند 0.5 ML، لوحظت حزمة عند $2020\ cm^{-1}$). إن طيف الكتلة 28 بالنسبة للتطغتية 0.5 ML CO على $Co(10\bar{1}0)$ النقي، أدى إلى قمة مج منفردة عند 398 K، بينما في حالة الامتزاز المشترك مع K أدت إلى انحياز للقيمة القصوى للمج إلى الأعلى عند 611 K ولكن بدون تغيير في المساحة المكملة تحت قمة TPD ($\beta = 2\ K\ s^{-1}$). مستخدما للمعطيات الموضحة أعلاه :

(أ) أقترح بنية طبقة علوية للنظام الممتز- المشترك CO / K.

(ب) أوجد ارتفاع المحث — K لطاقة الارتباط CO .

(ج) باعتبار أن البوتاسيوم ممتز مانح لإلكترون، اقترح سبباً للانحياز إلى الأسفل لاهتزازة استطالة CO المحث بواسطة البوتاسيوم.

يمكن الحصول على خلية الوحدة لبنية الممتز — المشترك K / CO من نموذج LEED (انظر إلى الشكل أدناه).



كتابة متجهات خلية الوحدة للفضاء المعكوس بالنسبة للطبقة العلوية بمصطلحات الماز:

$$a_o^* = -\frac{1}{2}a_s^* + \frac{1}{2}b_s^*$$

$$b_0^* = \frac{1}{2}a_s^* + \frac{1}{2}b_s^*$$

$$\therefore G^* = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

∴ تعطى بنية الفضاء الحقيقي بالعلاقة :

$$G = \frac{1}{\det G^*}\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

انظر المعادلة رقم (25.2)

$$\det G^* = -\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2} - (\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{2}) = -\frac{1}{2}$$

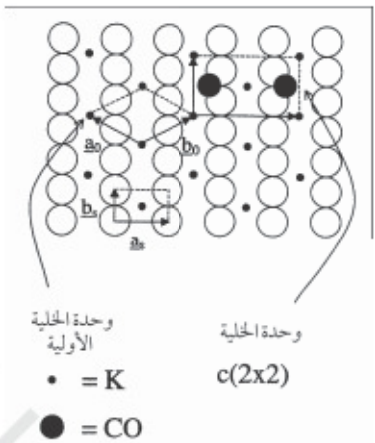
حيث

$$\therefore G = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\therefore a_0 = -a_s + b_s$$
$$b_0 = a_s + b_s$$

ارسم سطح الماز واختار موقع مجوف لكل ذرة K (انظر الشكل أدناه).

obeikandl.com



إن البنية كما هي مرسومة تعطي تغطية بوتاسيوم قدرها 0.5 ML. إن خلية الوحدة c(2 x 2) تحتوي على ذرتين من البوتاسيوم (الذرة في المركز زائد الذرات في الأركان الأربعة للخلية). تحتوي الخلية أيضا أربعة ذرات للماز. إذن، تغطية البوتاسيوم هي 4 : 2 أو 0.5 ML.

نظراً أن المساحة المكملة تحت مقدار ضئيل من المج تتناسب طردياً مع تغطية السطح، يمكن القول أن تغطية CO في بنية الممتز – المشترك تساوي أيضا 0.5 ML.

علاوة على ظهور اهتزازة استطالة CO منفردة فقط، كأنها تدل على أن لكل جزيئات CO محيطات كيميائية متطابقة.

إضافة إلى ذلك، إن كل من النقص الكبير في انحياز تردد استطالة CO والانحياز الكبير في قيمة TPD القصوى تؤدي إلى اقتراح وجود تعامل بيني بوتاسيوم – CO قوي، أي أن K و CO في احتكاك متقارب. إذن يجب أن نضع جزيئين من CO داخل خلية الوحدة c(2 x 2) في محيطات كيميائية متطابقة. إن مواقع إمتزاز CO التي تقدم أكبر "مكان" (تعاملات بينية أقل تنافرا)، هي المواقع "البعيدة عن الجسور" (انظر إلى الشكل أدناه). الوسيلة الوحيدة للحصول على مواقع CO و K الحقيقية (تذكر، لقد تم

افتراض أن K تتمركز في المجوف الرباعي) هي الحسابات التي تأخذ بعين الاعتبار الجانب الديناميكي التام في طريقة LEED .

إن الاستنتاج النهائي الذي يمكن أن نعطيه حول البنية يخص توجيه أوتكييف CO. عندما تلاحظ حزمة إمتزاز قوية ل CO ، فإن استخدام قاعدة الاختيار للسطوح تسمح لنا أن نستثني هندسة الإمتزاز التي يكون فيها الجزيء في وضع "ممتد"lying down بمحور رابطة موازي للسطح.

بافتراض مج CO من الرتبة الأولى، يمكننا تطبيق المعادلة رقم (2.45) لتقدير E_d :

$$E_d = RT_p[\log_e\left(\frac{AT_p}{\beta}\right) - 3.46]$$

حيث $R = 8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1}$ ؛ T_p = درجة حرارة سرعة المج القصوى

β = سرعة التسخين $K\ s^{-1}$ ؛ A و = معامل ألأسي = $10^{13}\ s^{-1}$

CO على $Co\{10\bar{1}0\}$ النقي

$$E_d = (8.314\ J\ mol^{-1}\ K^{-1})(398\ K)\left[\ln\left(\frac{10^{13}\,s^{-1}\,398K}{2Ks^{-1}}\right) - 3.46\right]$$

$$E_d = 3.31\ kJ\ mol^{-1}\ [\ln(1.99 \times 10^{15}) - 3.46]$$

$$E_d = 105.1\ kJ\ mol^{-1}$$

إن هذا الارتفاع الكبير في قيمة E_d المحث بالبوتاسيوم يمكن أن يكون أما نتيجة الزيادة في ارتباط CO بالكوبالت، وأما يكون بسبب التعامل البيني الجانبي التجاذبي بين K و CO (أو كلاهما معاً !).

نظراً أن المنح — التراجعي back-donation للشحنة في المدارات $2\pi^*$ على CO الممتز ستضعف الرابطة C–O، فإن نموذج متوافق مع المعطيات سيكون منح الشحنة من طرف K إلى الماز(وبالتالي سيصبح هو بنفسه مشحون موجبيا) وأن الماز المانح

استرجاعياً بعض من هذه الشحنة "الإضافية" إلى المدارات $2\pi^*$ على CO يؤدي إلى كل من الانخفاض في تردد استطالة CO وإلى تجاذب كهروساكن معزز بين الشحنة السالبة الفائضة على CO والشحنة الموجبة الفائضة على K (ارتفاع في E_d).

obeikandl.com

ثبت المصطلحات

عربي – إنجليزي

أ

استرخاء السطح	Surface relaxation
أشباه الموصلات	Semiconductors
إعادة بناء	Reconstruction
الأعمال البينية	Lateral interactions
إكتمال تنمية أستوالد	Ostwald ripening
إلكترونات ثانوي	Secondary electrons
امتزاز	Adsorption
امتزاز – مشترك	Co-adsorption
امتزاز تفككي	Associative adsorption
امتزاز تفككي	Dissociative adsorption
امتزاز ديناميكي	Dynamics of adsorption
امتزاز فيزيائي	Physisorption
امتزاز كيميائي	Chemisorption

obeikandl.com

امتزاز منشط	Activated adsorption
امتزاز، انفصام متعدد الطبقات	Multilayer adsorption, desorption
انتشار	Diffusion
انتشار إلكتروني	Electron overspill
انتشارية	Diffusivity
أنثالبي الإمتزاز	Enthalpy of adsorption
انحراف الاشعة السينية	X-ray diffraction
انحياز كيميائي (في XPS)	Chemical shift (in XPS)
انزياح الطور	Phase shift
الانفصام المحدود للتفاعل	Reaction limited desorption
انفصام من الرتبة الأولى	First order
إيزوثيرم BET	BET (Brunauer-Emmett-Teller) isotherm
إيزوثيرم إمتزاز لانجمير	Langmuir adsorption isotherm
ايزوثيرم تيمكن	Temkin isotherm

ب

بصمة الأصبع	Fingerprinting
بلاسمون	Plasmon
البلورة المنفردة	Single crystal

ت

تأثير التشت	Impact scattering
تألق الأشعة السينية	X-ray fluorescence

openkandl.com

Charge transfer	تحويل الشحنة
Stranski – Krastanov	ترانسكي — كراستنوف
Isotopic labeling	الترقيم النظائري
Miller index	ترميز ميلر
Dipole scattering	تشتت ثنائي القطب
Multiple scattering	تشتت مضاعف
BDDH classification Brunauer Denning, Denning and Teller	تصنيفBDDH
Coverage	تغطية
Ultra high vacuum (UHV)	التفريغ العالي
Molecular orientation	تكييف جزيئي
Sticking probability	ثمالية الالتزاق احتمالية الالتزاق
Electron tunneling	التمرير النفقي للإلكترون
Mobility	التنقل

ث

Core hole٨٠	ثقب اللب
Image dipole	ثنائي القطب صورة

ج

Leonard-Jones potential	جهد ليونار- جونس
Inner potential	الجهد الداخلي
Scanning probe microscopy (SPM)	جهرية الفحص الماسحة

openkandi.com

ح	
Selvedge	حاشية ، حافة
Isosteric heat of adsorption	حرارة الإمتزاز لمتساوي التغطية
Heat of adsorption	حرارة الامتزاز
Molecular beams	حزم جزيئية
Valence band	حزمة التكافؤ
Energy band	حزمة طاقة
Electron diffraction	حيود الإلكترونات
Low energy electron	حيود الكترون بطاقة منخفضة
خ	
Unit cell	خلية الوحدة
د	
Work function	دالة الشغل
ر	
Van der Waals Bond	رابطة فاندرفالز
Matrix notation	رموز المصفوفة
Wood's notation	رموز وود
ز	
Emission angle	زاوية الإنبعاث
Residence time	زمن المكوث

obeikandl.com

س

Hexagonal close packed (hcp)	السداسي المتراص

ش

Bravais lattices	شبكيات برافيا
Reciprocal lattice	الشبكية المعكوسة
Image charge	شحنة صورة

ط

Binding energy	طاقة إرتباط
Gibb's free energy	الطاقة الحرة لجيبس
Monolayer	طبقة أحادية
De Broglie wavelength[٨٧]	طول موجة دي بروجلي
Quadrupole mass spectrometer	طيف كتلة رباعي القطب
XPS (x-ray photoelectron spectroscopy)	طيفية الالكترون الضوئي للشعاع السيني
Ultraviolet photoemission spectroscopy (UPS)	طيفيـة الإلكـترون الـضوئي للـشعاع فوق البنفسجي
Vibrational spectroscopy	طيفية الاهتزازية
Thermal desorption spectroscopy (TDS)	طيفية المج الحراري

ع

Reliability factor	عامل التحليل (و العول)
Dipole moment	عزم ثنائي القطب
Defects	عيوب

obeikandl.com

غ	
غير متناسب	Incommensurate
ف	
فراندليتش	Freundlich
فرانك فان دير ميروي	Frank-van der Merwe
فرق طول المسار	Path length difference
فرقعة	Sputtering
الفضاء الحقيقي	Real space
الفضاء المعكوس	Reciprocal space
فولمر- ويبير	Volmer-Weber
فونون	Phonon
ق	
قاعدة الإختيار السطحية	Surface selection rule (RAIRS)
قانون هنري	Henry's Law
القبض	Trapping
قذف بأيونات الأرجون	Argon ion bombardment
ك	
كثافة الحالات	Density of states
كرة إيوالد	Ewald sphere
م	
ماز	Adsorbent

obeikandl.com

Wave-vector	متجه – موجي
Reciprocal lattice vector	متجه الشبكية المعكوسة
Isostere	متساويات التغطية
Commensurate	متقايسة
Inelastic mean free path	متوسط المسار الحر غير المرن
Stereographic triangle	مثلث ستيريوغرافي
Desorption	المج
Temperature programmed desorption (TPD)	المج بدرجة الحرارة المبرمجة
Second order desorption	مج من الرتبة الثانية
Zero order desorption	مج من الرتبة صفر
Scanning Auger microscopy (SAM)	مجهرية أوجيه الماسحة
Atomic force microscopy (AFM)	مجهرية القوة الذرية
Scanning tunneling microscopy (STM)	مجهرية النفقي الماسحة
Electrostatic energy analyzer	محلل الطاقة الكهروساكنة
Prost diagram	مخطط بروست
Surface area٢،٨،٩،١٦١	المساحة السطحية
Precursor (intrinsic and extrinsic)	المسبق (الجوهري وغير الجوهري)
Vacuum level	مستوى الفراغ
Core level ٧٢	مستوى اللب
Fermi level	مستوى فيرمي
ESCA (electron spectroscopy for chemical analysis)	مطيافية الإلكترون للتحليل الكيميائي

openkandl.com

Auger electron spectroscopy (AES)	مطيافية الكترون أوجر
Reflection absorption infrared spectroscopy (RAIRS)	المطيافية تحت الحمراء للإمتزاز–المعكوس
High resolution electron energy loss spectroscopy (HREELS) 156	مطيافية فقدان الطاقة الإلكترونية الدقيقة
Depth profiling	مظهر في العمق
Einstein equation	معادلة أينشتين
Helmholtz equation	معادلة هلمهواتز
Pre-exponential factor	المعامل الأسي
Accommodation coefficient	معامل التكيف
Body-centered cubic (bcc)	مكعب مركز الجسم
Face-centered cubic (fcc)	مكعب مركزالوجه
Adsorbate	ممتز
Back-donation	منح – تراجعي
Universal curve	المنحنى العام
Surface sites	مواقع سطحية
Adsorption site	موقع امتزاز

ن

Koopman's theorem	نظرية كووبمان
Epitaxial growth	نمو طبقي
Thin film growth	نمو فيلم رقيق

openkandl.com

ثانياً: إنجليزي– عربي

A

Accommodation coefficient	معامل التكيف
Activated adsorption	امتزاز منشط
Adsorbate	ممتز
Adsorbent	ماز
Adsorption	امتزاز
Adsorption site	موقع امتزاز
Argon ion bombardment	قذف بأيونات الأرجون
Associative adsorption	امتزاز تفككي
Atomic force microscopy (AFM)	مجهرية القوة الذرية
Auger electron spectroscopy (AES)	مطيافية الكترون أوجر

B

Back-donation	منح – تراجعي
BDDH classification Brunauer Denning, Denning and Teller	تصنيفBDDH
BET (Brunauer-Emmett-Teller) isotherm	إيزوثيرم BET
Binding energy	طاقة إرتباط
Body-centered cubic (bcc)	مكعب مركز الجسم
Bravais lattices	شبكيات برافيا

C

Charge transfer	تحويل الشحنة
Chemical shift (in XPS)	انحياز كيميائي (فيXPS)

openkandi.com

Chemisorption	امتزاز كيميائي
Co-adsorption	امتزاز – مشترك
Commensurate	متقايسة
Core hole	ثقب اللب
Core level	مستوى اللب
Coverage	تغطية
De Broglie wavelength٨٧	طول موجة دي بروجلي
Defects	عيوب
Density of states	كثافة الحالات
Depth profiling	مظهر في العمق
Desorption	المج
Diffusion	انتشار
Diffusivity	انتشارية
Dipole moment	عزم ثنائي القطب
Dipole scattering	تشتت ثنائي القطب
Dissociative adsorption	امتزاز تفككي
Dynamics of adsorption	امتزاز ديناميكي

E

Einstein equation	معادلة أينشتين
Electron diffraction	حيود الإلكترونات

obeikandl.com

Electron overspill	انتشار إلكتروني
Electron tunneling	التمرير النفقي للإلكترون
Electrostatic energy analyzer	محلل الطاقة الكهروساكنة
Emission angle	زاوية الإنبعاث
Energy band	حزمة طاقة
Enthalpy of adsorption	أنثالبي الإمتزاز
Epitaxial growth	نمو طبقي
ESCA (electron spectroscopy for chemical analysis)	مطيافية الإلكترون للتحليل الكيميائي
Ewald sphere	كرة إيوالد

F

Face-centered cubic (fcc)	مكعب مركزالوجه
Fermi level	مستوى فيرمي
Fingerprinting	بصمة الأصبع
First order	انفصام من الرتبة الأولى
Frank-van der Merwe	فرانك فان دير ميروي
Freundlich	فراندليتش

G

Gibb's free energy	الطاقة الحرة لجيبس

H

Heat of adsorption	حرارة الامتزاز
Helmholtz equation	معادلة هلمهواتز

openkandl.com

Henry's Law	قانون هنري
Hexagonal close packed (hcp)	السداسي المتراص
High resolution electron energy loss spectroscopy (HREELS) 156	مطيافية فقدان الطاقة الإلكترونية الدقيقة
I	
Image charge	شحنة صورة
Image dipole	ثنائي القطب صورة
Impact scattering	تأثير التشت
Incommensurate	غير متناسب
Inelastic mean free path	متوسط المسار الحر غير المرن
Inner potential	الجهد الداخلي
Isostere	متساويات التغطية
Isosteric heat of adsorption	حرارة الإمتزاز لمتساوي التغطية
Isotopic labeling	الترقيم النظائري
K	
Koopman's theorem	نظرية كوويمان
L	
Langmuir adsorption isotherm	إيزوثيرم إمتزاز لانجمير
Lateral interactions	الأعمال البينية
Leonard-Jones potential	جهد ليونار– جونس
Low energy electron	حيود الكترون بطاقة منخفضة

obeikandi.com

M

Matrix notation	رموز المصفوفة
Miller index	ترميز ميلر
Mobility	التنقل
Molecular beams	حزم جزيئية
Molecular orientation	تكييف جزيئي
Monolayer	طبقة أحادية
Multilayer adsorption, desorption	امتزاز، انفصام متعدد الطبقات
Multiple scattering	تشتت مضاعف

O

Ostwald ripening	إكتمال تنمية أستوالد

P

Path length difference	فرق طول المسار
Phase shift	انزياح الطور
Phonon	فونون
Physisorption	امتزاز فيزيائي
Plasmon	بلاسمون
Precursor (intrinsic and extrinsic)	المسبق (الجوهري وغير الجوهري)
Pre-exponential factor	المعامل الأسي
Prost diagram	مخطط بروست

obeikandl.com

Q

Quadrupole mass spectrometer	طيف كتلة رباعي القطب

R

Reaction limited desorption	الانفصام المحدود للتفاعل
Real space	الفضاء الحقيقي
Reciprocal lattice	الشبكية المعكوسة
Reciprocal lattice vector	متجه الشبكية المعكوسة
Reciprocal space	الفضاء المعكوس
Reconstruction	إعادة بناء
Reflection absorption infrared spectroscopy (RAIRS)	المطيافية تحت الحمراء للإمتزاز–المعكوس
Reliability factor	عامل التحليل (و العول)
Residence time	زمن المكوث

S

Scanning Auger microscopy (SAM)	مجهرية أوجيه الماسحة
Scanning probe microscopy (SPM)	جهرية الفحص الماسحة
Scanning tunneling microscopy (STM)	مجهرية النفقي الماسحة
Second order desorption	مج من الرتبة الثانية
Secondary electrons	إلكترونات ثانوي
Selvedge	حاشية ، حافة
Semiconductors	أشباه الموصلات
Single crystal	البلورة المنفردة

obeikandl.com

Sputtering	فرقعة
Stereographic triangle	مثلث ستيريوغرافي
Sticking probability	تمالية الالتزاق احتمالية الالتزاق
Stranski – Krastanov	ترانسكي – كراستنوف
Surface area٢،٨،٩،١٦١	المساحة السطحية
Surface relaxation	استرخاء السطح
Surface selection rule (RAIRS)	قاعدة الإختيار السطحية
Surface sites	مواقع سطحية

T

Temkin isotherm	ايزوثيرم تيمكن
Temperature programmed desorption (TPD)	المج بدرجة الحرارة المبرمجة
Thermal desorption spectroscopy (TDS)	طيفية المج الحراري
Thin film growth	نمو فيلم رقيق
Trapping	القبض

U

Ultra high vacuum (UHV)	التفريغ العالي
Ultraviolet photoemission spectroscopy (UPS)	طيفية الإلكترون الضوئي للشعاع فوق البنفسجي
Unit cell	خلية الوحدة
Universal curve	المنحنى العام

openkandl.com

V

Vacuum level	مستوى الفراغ
Valence band	حزمة التكافؤ
Van der Waals Bond	رابطة فاندرفالز
Vibrational spectroscopy	طيفية الاهتزازية
Volmer-Weber	فولمر- ويبير

W

Wave-vector	متجه – موجي
Wood's notation	رموز وود
Work function	دالة الشغل

X

XPS (x-ray photoelectron spectroscopy)	طيفية الإلكترون الضوئي للشعاع السيني
X-ray diffraction	انحراف الأشعة السينية
X-ray fluorescence	تألق الأشعة السينية

Z

Zero order desorption	مج من الرتبة صفر

openkanal.com

كشاف الموضوعات

أ

احتمالية الالتزاق ٢١، ٣٣، ١٨٩، ١٦٥

استرخاء السطح ٤٤، ٤٥

أشباه الموصلات ٣٤، ٤٥، ٤٧

إعادة بناء ٤٥، ١٩٦

الأعمال البينية ٩، ١٧، ٦٣، ١٥٩

إكتمال تنمية أستوالد ٦٨، ٦٩

إلكترونات ثانوية ٥٣، ٨٥ ١٥١

امتزاز ١، ٦٧، ٢، ٩٥، ١٨٢

امتزاز — مشترك ٦٦، ١٧٥، ١٩٨

امتزاز تفككي ٢، ٢١، ٢٨، ١٨٥، ١٩٢

امتزاز تجمعي ٢، ٣، ٤ ١٦٣

امتزاز فيزيائي ١٩، ٢٣، ١٦٨

امتزاز كيميائي ١٩، ٢٣، ١٦٨

امتزاز منشط ٢٧

امتزاز، مج متعدد الطبقات١٤، ١٥٨

انتشار٢٤، ٤٨، ٥٧، ٦٠، ١٤٧

انتشار إلكتروني ١٣١، ١٣٢

انتشارية٥٩، ٦٠

أنثالبي الإمتزاز٣، ١٢، ١٤، ١٨، ١٨١

انحراف الاشعة السينية ٣٥، ١١٤

انزياح الطور ١١٧، ١١٨

المج المحدود للتفاعل ١٦٢

المج من الرتبة الأولى ١٥٥، ١٥٩

إيزوثيرم BET ١٣، ١٧، ٢٠

إيزوثيرم امتزاز Langmuir ٢٠، ٢، ١٨٣

إيزوثيرم امتزاز Freudlich ١٨، ١٨٢

obeikandl.com

ايزوثيرم Temkin ١٨

ب

بصمة الأصبع ١٤٣، ١٤٤، ١٤٥
بلازمون ٥٢، ٥٦، ١٣٩
البلورة المنفردة ٣٥، ١٠٩، ١٩٧

ت

تأثير التشت ٨٥، ٩٦، ١١٣، ١٤٣، ١٩٥
تألق الأشعة السينية ٨٩، ٩٠
تحويل الشحنة ٣١، ٨٦، ١٣٧، ١٩٣
سترانسكي – كرستنوف ٩٤
الترقيم النظائري ١٦٢
ترميز ميلر ٣٥، ٤٠، ٤٣
تشتت ثنائي القطب ١٧٩، ١٨٠
تشتت مرن وغير مرن ٨٥، ٩٨، ١٤٣
تشتت الإلكترونات ٩٩، ١٠٣، ١٠٨
تشتت الطبقات ١١٣، ١١٧، ١٨٧، ١٩٥
تصنيف Brunauer ١٦
تغطية ١، ٣، ٦، ١٠، ٢٠، ٢٧، ١٨١، ٢٠٠
التفريغ الخارق ٤٧
تكييف جزيئي ٢٠١
التمرير النفقي للإلكترون ٧٩
التنقل ٥٩، ٨٠، ٩٠، ١٤٥

ث

ثقب اللب ٥٢، ٨٢، ٩٠، ١٤٥
ثنائي القطب صورة ١٧٤، ١٧٩

ج

جهد ليونار– جونس ٢١، ٢٨
الجهد الداخلي ١١٦
مجهرية الفحص الماسحة ١٢٠

ح

حافة ٤٤، ٦٨، ٨٨، ١٥٢
حرارة الامتزاز ١٠، ١٢، ١٣، ٦١
حزم جزيئية ٧٩، ١٦٤، ١٨٩، ١٩٧

obeikandl.com

حزمة ٢٩، ٣١، ٤٨، ٥١، ٥٤، ٨٠
حزمة التكافؤ ٨٠، ٨٣، ١٤٣
حزمة أولية ٨٠
حزمة ساقطة ١٧٣
انحراف الإلكترونات ٧٥، ٧٩
انحراف الكترون بطاقة
منخفضة ٧٩، ١٢١

خ
خلية الوحدة ٩٩، ٧٢ ،
٢٠٠، ١٨٥، ١١٢

د
دالة الشغل ١٣٣، ٥٢، ١٥٠، ١٣٧،
١٩٣

ر
رابطة Van der Waals ١٨، ٦٣
رموز المصفوفة٧٢، ٧٤، ١٩٢
رموز وود ٧٢، ٧٣، ٧٤، ١١٢،
١٩٢

ز
زاوية الإنبعاث ٥٦، ٨٦، ١٨٨
زمن الاستبقاء ٢٣،

س
السداسي المتراص٣٥، ٣٩، ٦١

ش
شبكيات برافيا ٣٩
الشبكية المعكوسة ١٠٢، ١٠٨،
١١٤، ١٣٠، ١٣٣
شحنة صورة ١٣٠، ١٣٣، ١٣٤

ط
طاقة إرتباط ٥٨، ١٤٦، ١٩٨
الطاقة الحرة لجيبس ١١، ٦٩
طبقة أحادية ١، ٣، ١٣، ١٦، ٧٤،
١٨٤
طول موجة دي بروجلي ٩٧، ١٠٤،
١١٧، ١٩٦
طيف كتلة رباعي القطب ١٥٢،
١٦٤، ١٦٩
مطيافية الالكترون الضوئي للشعاع
السيني ٧٩
مطيافية الإلكترون الضوئي للشعاع
فوق البنفسجي ١٣٨
مطيافية الاهتزازية ١٧٠، ١٧٣

obeikandl.com

مطيافية المج الحراري ٧٩، ١٥٨

ع

عامل التحليل ١١٩
عزم ثنائي القطب ٦٧، ١٣٣، ١٧٩، ١٩٣
عيوب ٣٣، ٤٨، ٦٨، ١٢٥، ١٢٦

ف

فرانك فان دير ميروي (Frank-van der Merwe) ٩٤
فرق طول المسار ٥٦، ١١٧، ١٨٦،
فرقعة ٤٨، ٩٦
الفضاء الحقيقي ١٩١
الفضاء المعكوس ١٩١، ١٩٧
فولمر- ويبير ٩٤، ٩٥
فونون ٥٢، ١٣٩، ١٧١

ق

قاعدة الإختيار السطحية ١٤٨، ١٧٣
قانون هنري ٢، ٥
القبض ٢٥، ١٦٣، ١٦٥
قذف بأيونات الأرجون ٤٨، ٩٦، ١٨٥

ك

كثافة الحالات ١٤٠، ١٤٢
كرة إيوالد ١١٥

م

مساز ١، ٧٤، ٩٤، ١٧٤، ١٨٦، ٢٠٠
متجه – موجي ١٠٦
متجه الشبكية المعكوسة ١٠٢، ١١٢
متساويات التغطية ١٢، ١٣، ١٨١
متوسط المسار الحر غير متقايسة وغير متقايسة ٧٠
المرن ٥٣، ٥٥، ٨٨، ١٧٠، ١٨٨
مثلث ستيريوغرافي ٤١، ٤٢
المج ٣، ٢٨، ١٦٢، ١٦٤، ٢٠٠
المج بدرجة الحرارة المبرمجة ١٥٢، ١٥٩
مج من الرتبة الثانية ١٥٧
مج من الرتبة صفر ١٥٧
مجهرية أوجيه الماسحة ٨٩، ١٨٦

obeikandl.com

مجهرية القوة الذرية ١٢٧
مجهرية النفقي الماسحة ١٢٠، ١٢٢
محلل الطاقة الكهروساكنة ٨٤
المساحة السطحية ٢، ٧، ٨، ٩، ١٥، ٥٠، ١٨٣
المسبق (الجوهري وغير الجوهري) ٢٣
مستوى الفراغ ٨٠، ١٤٥
مستوى اللب ٨٠، ٨٣، ٨٥، ٨٧، ٨٨
مستوى فيرمي ٢٩، ١٣٠، ١٤٥، ١٥١
مطيافية الإلكترون للتحليل الكيميائي مطيافية الكترون أوجيه ٧٩، ٩٥، ١٨٦
المطيافية تحت الحمراء للإمتزاز- المعكوس ١٧٢، ١٧٤
مطيافية فقدان الطاقة الإلكترونية الدقيقة ١٧٦
مظهر في العمق ٩٦
معادلة أينشتين ١٣٩
معادلة هلمهولتز ١٣٣
المعامل الأسي مخطط Propst ٧٧، ٧٨
معامل التكيف ٢٤
مكعب مركز الجسم ١٨٥
مكعب مركزالوجه ١٩٥
منح- تراجعي ٣٢، ٢٠١
المنحنى العام ٥٤، ٥٥
مواقع سطحية ٣٣
موقع امتزاز ١، ٥، ١٨، ٣٥، ٥٧، ٦٢
موقع علوية ١٧٧، ١٧٨

ن

نظرية Koopman ٨٢، ١٤٥
نمو طبقي ٩٣، ٩٤، ١٨٧
نمو فيلم رقيق ٩٣، ٩٤

obeikandl.com