



كلية العلوم

القسم :الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء ضوئية

المحاضرة : الثالثة /نظري/د.سعود

{{ مكتبة A to Z }}

2025 2024

مكتبة A to Z Facebook Group :

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنولوجيا المعلومات والاتصالات

٦

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960

الأحد: 20 / 10 / 2024	الكيمياء الضوئية	المحاضرة الثالثة
د. سعود عبد الحليم كده 	الفصل الأول مفاهيم تمهيدية Introductory Concepts	قسم الكيمياء السنة الرابعة - الفصل الأول 2025 - 2024
تتضمن هذه المحاضرة: 2339 كلمة تشمل: 12509 حرف موزعة ضمن: 11 صفحة		
PHOTOCHEMISTRY 2024-2025 (Dr. Saud KEDA)		

<p>الهدف التعليمي من المحاضرة الثالثة</p> <p>Educational Goal</p> <p>في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على فهم:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ المداريات الجزيئية، ومفهوم المداريات الرابطة والمعاكسة للربط. ✓ الجزيئات والحالات الإلكترونية. ✓ التعامل مع بعض المسائل وكيفية الحل. <p>جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على شبكة الانترنت</p>	 <p>جهاز التحليل الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية</p>
---	--

في الكيمياء الضوئية هناك العديد من المفاهيم التي يجب أن تكون واضحة لدينا لاستيعاب الآليات التي تتم ضمن التفاعلات الكيميائية، ومن هذه المفاهيم كيفية ارتباط الجزيئات مع بعضها البعض، وهذا بدوره مرتبط بكيفية تشكل المداريات الجزيئية والحالات الإلكترونية.

كما يجب التنويه إلى أن الكثير من التفاعلات التي تحصل من حولنا والتي تعتبر أساس الحياة هي مرتبطة بالطاقة وخصوصاً الطاقة الضوئية التي تعتبر أساس الحياة.

المحتوى	الصفحة
تشكيل الجزيئات - المداريات الجزيئية (المداريات الجزيئية: الرابطة - المعاكسة للربط - غير الرابطة)	34
امتصاصية المحلول.	40
أسئلة امتحانية.	42



يمكن متابعة المادة والاستفادة أكثر من خلال قناة PHOTOCHEMISTRY على تطبيق تلغرام وفق الرابط:
@Photochemistry_tartousuniv



10-I - تشكيل الجزيئات: المدارات الجزيئية

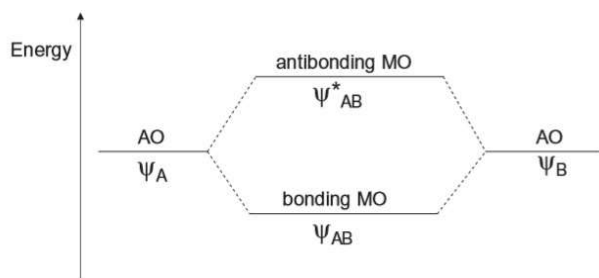
MODELLING MOLECULES: MOLECULAR ORBITALS

يتم شرح بعض جوانب الترابط في الجزيئات بواسطة نموذج يسمى **النظرية المدارية الجزيئية** Molecular orbital theory، بطريقة مماثلة لتلك المستخدمة في المداريات الذرية، حيث أن النموذج الميكانيكي الكوانتي المطبق على الجزيئات لا يسمح إلا بوجود حالات طاقة معينة للإلكترون.

يتم وصف حالات الطاقة الكمية (الكوانتية) هذه باستخدام وظائف موجية محددة تسمى **المداريات الجزيئية** Molecular orbitals.

نلاحظ من **الشكل (12-I)** تداخل مداريتان ذريتان Atomic Orbitals (AO) لتشكيل مداريتان جزيئيتان Molecular Orbitals (MO)، وهاتان المداريتان عبارة عن:

- مدارية رابطة MO Bonding Orbital.
- مدارية معاكسة للربط Anti-bonding MO.



الشكل (12-I):
تشكل المداريات الجزيئية (MO) الرابطة والمعاكسة للربط عن طريق تداخل مداريتان ذريتان محدتان

من أجل أن نختبر مفهوم المداريات الجزيئية في أبسط صورها، سننظر في حالة **الجزيئات ثنائية الذرة**.

يؤدي تفاعل الوظائف الموجية المدارية الذرية المتطابقة إلى وظائف موجية لاثنتين من المداريات الجزيئية المتميزة **الشكل (12-I)** أعلاه، ويمكن توضيح ذلك من خلال ما يلي:

10-I-1- المداريات الجزيئية الرابطة Bonding Molecular Orbitals

تشكل **المداريات الجزيئية منخفضة الطاقة** (المداريات الجزيئية الرابطة) عندما تعمل الوظائف الموجية المدارية الذرية على تعزيز بعضها البعض في منطقة النواة.

فماذا يعني ذلك؟

يتم ارتباط الذرات معاً عن طريق قوى التجاذب بين النواة والإلكترونات في المدارية الجزيئية الرابطة:

$$\Psi_{AB} = \Psi_A + \Psi_B$$

10-I-2- المداريات الجزيئية المعاكسة للربط Anti-Bonding Molecular Orbitals

تشكل **المداريات الجزيئية عالية الطاقة** (المداريات الجزيئية المعاكسة للربط) عندما تلغي الوظائف الموجية المدارية الذرية بعضها البعض في منطقة النواة، حيث يتم رفض الإلكترونات من المنطقة:

$$\Psi_{AB}^* = \Psi_A - \Psi_B$$

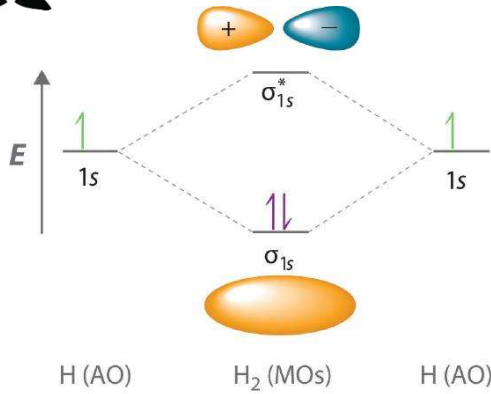
وبالتالي فإن:

"المدارية الجزيئية المعاكسة للربط تمثل حالة تميل إلى فصل الذرات بدلاً من ربطها معاً"



وهنا يمكننا التمييز بين حالتين:

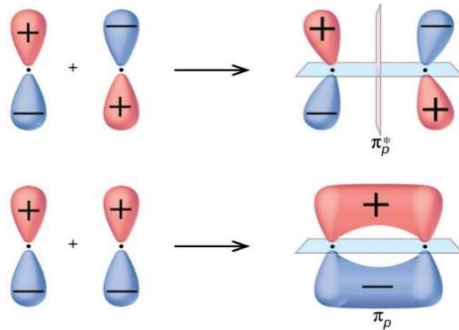
➤ إذا كانت المداريتان الذريتان من النوع (s)، فإن المداريات الجزيئية الناتجة تدعى المداريات الجزيئية الرابطة σ ، والمداريات الجزيئية المعاكسة للربط σ^* كما هو موضح في الشكل (13-1).



الشكل (13-1):

الحدود الرابطة boundary surfaces للمداريات الجزيئية الرابطة σ و المعاكسة للربط σ^* لاحظ أن هذه المداريات تنتج عن تداخل مداريتان ذريتان من النوع s في ذرة الهيدروجين

➤ إذا كانت المداريتان الذريتان من النوع (p)، فإن المداريات الجزيئية الناتجة تدعى المداريات الجزيئية الرابطة π ، والمداريات الجزيئية المعاكسة للربط π^* كما هو موضح في الشكل (14-1).



الشكل (14-1):

الحدود السطحية boundary surfaces للمداريات الجزيئية الرابطة π و المعاكسة للربط π^* لاحظ أن هذه المداريات تنتج عن تداخل مداريتان ذريتان متوازيتان من النوع P

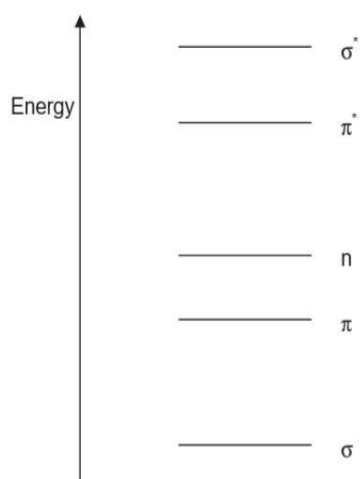
من ملاحظة الشكلين السابقين نجد أن طور المداريات الجزيئية (يوضح على شكل إشارة + أو -)، وهو نتيجة للوظائف الموجية التي تصف المداريات، وليس رمز شحنة موجبة أو سالبة كما يتصور البعض، حيث:

- (+) تدل على أن الوظيفة الموجية موجبة في منطقة معينة في الفضاء (التموضع وفق الإحداثيات).
- (-) تدل على أن الوظيفة الموجية سالبة في منطقة معينة في الفضاء (التموضع وفق الإحداثيات).

بالإضافة إلى المداريات الجزيئية الرابطة والمعاكسة للربط، من الضروري مراعاة المداريات الجزيئية غير الرابطة (n).

فما هي هذه المداريات؟

10-1-3- المداريات الجزيئية غير الرابطة (n) Nonbonding Molecular Orbitals



الشكل (15-1):

طاقات المداريات الجزيئية للجزيئات العضوية

المداريات الجزيئية غير الرابطة (n) هي المداريات التي تحتوي على أزواج وحيدة من الإلكترونات التي لا تدخل في تشكيل المداريات الرابطة أو المعاكسة للربط، وبالتالي لا تلعب أي دور في ربط الذرات مع بعضها البعض، يتم توطئها على ذرة واحدة فقط، تتمتع المداريات الجزيئية غير الرابطة بطاقة أعلى من المداريات الرابطة.

يوضح الشكل (15-1) المجاور تمثيلاً بسيطاً لمستويات طاقات المداريات الجزيئية Molecular Orbital Energies في الجزيئات العضوية Organic Molecules.

11-1 - تشكيل الجزيئات: الحالات الإلكترونية

MODELLING MOLECULES: ELECTRONIC STATES

يتم تحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية للجزيئات بواسطة التوزيع الإلكتروني Electronic distribution داخل الجزيئات.

على سبيل المثال:

يحتوي جزيء الميثانال Methanal (الفورم ألدهيد) في حالته الأرضية، مثل الجزيئات العضوية الأخرى، على بنية غلافية مغلقة.

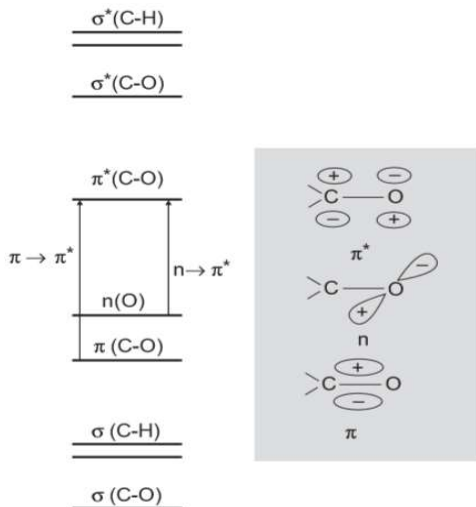
فماذا يعني ذلك؟

هذا يعني أن المداريات الجزيئية المشغولة تحتوي على إلكترونين متزاوجين Paired.

لنأخذ بعين الاعتبار التوزيع الإلكتروني المحتمل الذي يمكن أن يحدث في جزيئات الميثانال في الحالتين، الأرضية والمثارة.

يظهر الشكل (16-1) مخطط المدارية الجزيئية للميثانال (الفورم ألدهيد) ($\text{H}_2\text{C}=\text{O}$).

ماذا نلاحظ؟



الشكل (16-1):

مخطط المدارية الجزيئية للميثانال، حيث يظهر الانتقالات:



كما تظهر السطوح الرابطة للمداريات الجزيئية n ، و π ، و π^* .

نلاحظ من المخطط ما يلي:

1. أعلى المداريات الجزيئية المشغولة

highest occupied molecular orbital

هي: (HOMO)

المدارية الجزيئية (n) الغير رابطة

nonbonding المتمركزة على ذرة

الأكسجين (O) لمجموعة الكربونيل.

2. أخفض المداريات الجزيئية غير

المشغولة lowest unoccupied molecular orbital

هي: (LUMO)

المدارية الجزيئية π^* المضادة للربط

anti-bonding للمجموعة (CO).

بإهمال المداريات الممتلئة σ منخفضة

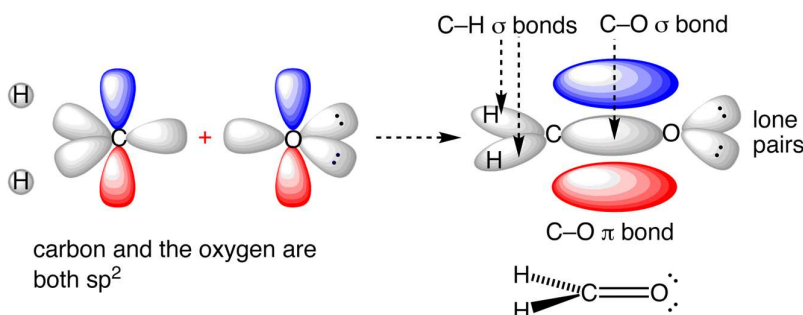
الطاقة، فإن التوزيع الإلكتروني لأدنى

حالة إلكترونية (الحالة الأرضية) هو $\pi^2 n^2$.

هام:

- ينتج عن امتصاص فوتون ذو طاقة ملائمة حدوث حالات إثارة إلكترونية عن طريق نقل للإلكترون واحد من مدارية جزيئية مشغولة إلى مدارية جزيئية شاغرة.
- الانتقال الإلكتروني منخفض الطاقة $n \rightarrow \pi^*$ ($HOMO \rightarrow LUMO$) والانتقال $\pi \rightarrow \pi^*$ يقودان للتوزيعات الإلكترونية المثارة $\pi^2 n \pi^*$ و $\pi n^2 \pi^*$ على التوالي.

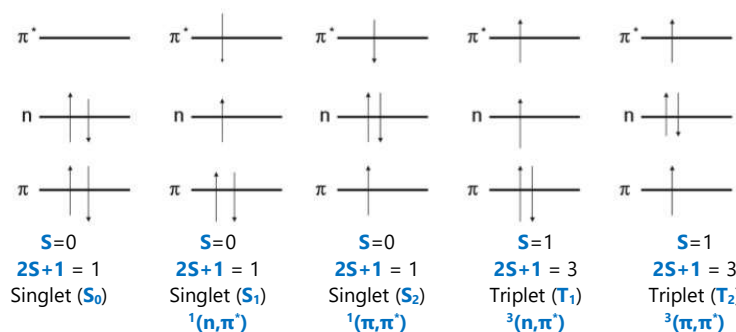
في الشكل (17-1) نبين كيفية تشكل المداريات الجزيئية في جزيئة الفورم ألدهيد.



الشكل (17-1):

آلية تشكيل المداريات الجزيئية في الفورم ألدهيد انطلاقاً من المداريات الذرية.

فيما يتعلق بالتعددية السبينية للحالة الأرضية والحالات المثارة للميثانال، فإن الحالة الأرضية هي حالة مفردة (أحادية) Singlet (S_0)، مع حالات إثارة ممكن أن تكون إما أحادية (S_1 , S_2 , ...)، أو ثلاثية Triplet (T_1 , T_2 ,) كما هو موضح في الشكل (18-1) في الصفحة التالية:



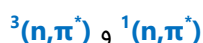
الشكل (18-I):

توزع الحالات الإلكترونية للحالتين الأرضية والمثارة للميثانال.

من خلال الشكل أعلاه نلاحظ ما يلي:

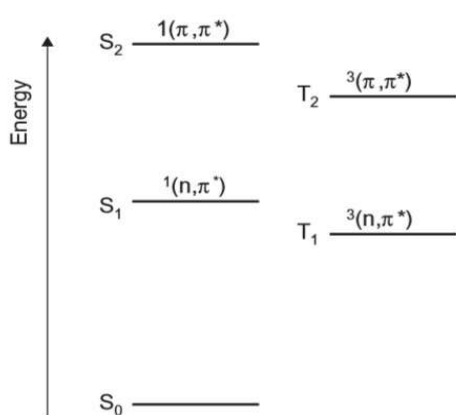
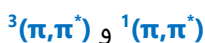
- تنشأ كلا الحالتين المثارتين S_1 و T_1 من:

منح الكترون من المدارية الجزيئية n إلى المدارية الجزيئية π^* ، ويشار إلى هاتين الحالتين بـ:



- تنشأ الحالتين المثارتين S_2 و T_2 من:

منح الكترون من المدارية الجزيئية π إلى المدارية الجزيئية π^* ، ويشار إلى هاتين الحالتين بـ:



هنا يجب التأنى في تفسير الانتقالات الإلكترونية الحاصلة، وكل ما هو مطلوب هو فهم الآلية المتبعة وهذا يقودنا لفهم العمليات الحاصلة.

الشكل (19-I) المجاور يظهر مخطط الحالة للميثانال، حيث تتوضح عليه حالات الإثارة الأحادية والثلاثية والحالة الأرضية، لاحظ فرق الطاقة بين الحالات جميعها، تجد أن حالة الإثارة الثلاثية هي دائماً الأخفض طاقة من حالة الإثارة الأحادية لنفس السوية الرئيسية.

الشكل (19-I):

مخطط الحالة للميثانال، وتظهر السويات الانتقالية فيه

عزيزي الطالب:

الأمل والألم كلمتان لذات الحروف، أنت من يرسم الحرف فأنت من يرسم مستقبلك

بعض الأفكار التي يجب ألا تغفل عنها فيما يتعلق بالدوران السبيني:

- تتمتع حالة الإثارة الثلاثية دائماً بطاقة أخفض من طاقة الحالة الأحادية ذات الصلة، وهذا يتماشى مع **قاعدة هوند** التي تنص على: عندما يشغل إلكترونان غير مرتبطين مداريات مختلفة، يكون هناك حد أدنى لطاقة التنافر بين الإلكترونات عندما يكون دورانها متوازي.
- عندما تحدث إثارة إلكترونية لجزيء في حالته الأرضية (S_0) يكون هناك ميل للاحتفاظ بقيمة التعددية السبينية، حيث نقول عن الانتقال $S_0 \rightarrow T_1$ بأنه دوران محظور *Spin forbidden*، بمعنى أنه يمكن أن يحدث ولكن يبقى أقل احتمالاً من الانتقال $S_0 \rightarrow S_1$.

عزيزي الطالب:

في المحاضرة الأولى (الصفحة 8) وجدنا أن علاقة بيبير لامبيرت تعطى وفق ما يلي:

$$A = \epsilon Cl$$

حيث تمثل ϵ معامل الامتصاص المولي، والسؤال هنا:

ما هي واحدة معامل الامتصاص المولي (ϵ)؟ (هام)

تتطلب الوحدة هنا بعض التفسير، حيث يتم التعبير عنها عموماً كوحدة غير تابعة للجملة الدولية **SI** لأسباب تاريخية، وقد تم استخدامها في التحليل الطيفي لسنوات عديدة، حيث:

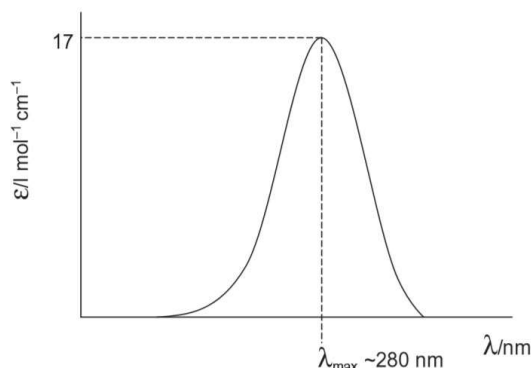
- التركيز **C**: من المتعارف عليه يأخذ الوحدة mol. L^{-1} .
- طول المسار **l**: يأخذ الوحدة cm .
- القيمة **A**: لا تمتلك وحدة لأنها قيمة لوغاريتمية.

من قانون بيبير لامبيرت يمكن أن نكتب:

$$\epsilon = A/CL$$

لذلك فإن وحدة ϵ عادة ما تكون:

$$\text{cm}^{-1} \times (\text{mol. L}^{-1})^{-1} = \text{L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$$



الشكل (20-I):

طيف الامتصاص للبروبانول (الأسيتون).

بالنسبة إلى مادة معينة، يتفاوت معامل الامتصاص المولي باختلاف الطول الموجي للضوء المستخدم.

تسمى القطعة المحصورة بين ϵ (أو $\log \epsilon$) مقابل الطول الموجي (أو رقم الموجة) **طيف الامتصاص للمادة** *Absorption Spectrum* كما هو موضح في الشكل (20-I) المجاور الذي يمثل طيف امتصاص الأسيتون.

الاستخدام الرئيسي لطيف الامتصاص من وجهة نظر علم الكيمياء الضوئية هو أنها توفر معلومات عن الطول الموجي الأعظم (λ_{max}) للمركب عند القيمة العظمى لمعامل الامتصاص المولي (ϵ_{max})، وبالتالي، فإن تشيع المركب عند λ_{max} يسمح بتنفيذ عملية الاستكشاف الضوئي الأمثل للمركب.



إضافة إلى ذلك، يتم استخدام قانون Beer-Lambert بشكل متكرر في التحديد التحليلي للتراكيز من خلال قياس قيم الامتصاصية للمحاليل، (مبدأ عمل جهاز التحليل الطيفي الموضح جانباً).

فما هي امتصاصية المحلول؟

امتصاصية المحلول The Absorption of Solution

إن معامل الامتصاص المولي ϵ هو مقياس لاحتمال الانتقال الإلكتروني، في معظم المخططات التي ستدرسها عزيزي الطالب ستجد أن الامتصاص يتراوح من 0 إلى 1، ولكن يمكن أن يكون أعلى من ذلك، فإذا كان الامتصاص عند بعض الأطوال الموجية مساوياً 0 فهذا يعني أنه لم يتم امتصاص أي ضوء عند الطول الموجي المعين، أي أن شدة العينة والحزمة المرجعية متماثلتان، لذا فإن النسبة $\frac{I_0}{I}$ هي 1 وبالتالي:

$$\log 1 = 0$$

لنناقش تلك الأفكار من خلال الأمثلة المحلولة التالية:

	مثال محلول (5)
	<p>هذا المثال يدعم فكرة الامتصاصية وقانون بير لامبيرت</p> <p>زمن الحل: 8 دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: 10 دقائق كحد أقصى</p>
	<p>يمتلك الغوانوزين Guanosine امتصاص اعظمي عند الطول الموجي 275 nm، فإذا علمت أن طول المسار هو (1 cm)، وأن معامل الامتصاص المولي عند هذا الطول الموجي هو:</p> $\epsilon_{275} = 8400 \text{ mol}^{-1}\text{cm}^{-1}$ <p>وأنه باستخدام جهاز التحليل الطيفي وجد أن قيمة الامتصاصية عند هذا الطول الموجي هي:</p> $A_{275} = 0.70$ <p>ما هو تركيز الغوانوزين المستخدم؟</p> <p>الحل:</p> <p>من أجل حل هذه المسألة يتوجب علينا استخدام قانون بير لامبيرت:</p> $A = \epsilon \times l \times c$ <p>بالتعويض نجد:</p> $0.70 = (8400 \text{ mol}^{-1}\text{cm}^{-1}) \times (1 \text{ cm}) \times c$ <p>وبالتالي:</p> $c = 8.33 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$



مثال محلول (6)

هذا المثال يدعم فكرة الامتصاصية والكمية النسبية للضوء الممتص

زمن الحل: 8 دقائق كحد أقصى الزمن الإمتحاني: 10 دقائق كحد أقصى

في عينة ذات قيمة امتصاصية (1) عند طول موجي محدد، ما هي الكمية النسبية للضوء التي امتصتها العينة؟

الحل:

هذه المسألة لا تتطلب استخدام معادلة بيير لامبيرت، وإنما العلاقة المعبرة عن تعريف الامتصاصية وفق ما يلي:

$$A = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) \dots \dots (1)$$

تعطى الخسارة النسبية Relative Loss للشدة وفق ما يلي:

$$\frac{I - I_0}{I_0} = 1 - \frac{I}{I_0}$$

يمكن إعادة ترتيب المعادلة (1) باستخدام خصائص اللوغاريتمات لحلها من أجل الخسارة النسبية لكثافة الضوء (شدته)، حيث نحصل على:

$$10^A = \frac{I_0}{I} \rightarrow 10^{-A} = \frac{I}{I_0} \rightarrow 1 - 10^{-A} = 1 - \frac{I}{I_0}$$

بتعويض قيمة الامتصاصية في نص المسألة نجد:

$$1 - \frac{I}{I_0} = 1 - 10^{-1} = 1 - \frac{1}{10} = 0.9$$

أي أنه يتم امتصاص 90% من الضوء عند هذا الطول الموجي، وأن شدة الضوء النافذة تبلغ فقط 10% من شدة الضوء الساقط.

ملاحظة:

لو عوضنا هذه النتيجة في المعادلة (1) لدينا وحصلنا على قيمة الامتصاصية المعطاة:

$$\frac{I_0}{I} = \frac{100}{10} = 10 \rightarrow \log 10 = 1$$

ملاحظة هامة

العائد الكمومي Quantum Yield يدعى أيضاً بالكفاءة الكمومية Quantum Efficiency في المراجع العلمية.

أسئلة امتحانية

EXAMINATION QUESTIONS

نماذج أسئلة امتحانية تتعلق بمحتوى الفصل الأول الذي تناول:

"المفاهيم التمهيدية في الكيمياء الضوئية"

السؤال 1:

عرف أو اشرح المصطلحات التالية:

التفاعل الكيميائي الضوئي - قانون بيير لامبيرت - قانون كروث دراير - قانون ستارك اينشتاين - العائد الكمومي - طاقة الفوتون - اينشتاين.

السؤال 2:

أجب عما يلي:

- ناقش الاختلافات بين التفاعلات الضوئية والتفاعلات الحرارية.
- اشتق علاقة بيير لامبيرت.
- يسقط شعاع ذو طول موجي 2530 \AA على عينة يوديد الهيدروجين، مما يؤدي لتفكك 1.85×10^{-2} مول من العينة لكل 1000 كالوري من طاقة الإشعاع أي $(1.85 \times 10^{-2} \text{ mol/1000 cal})$ ، أحسب العائد الكمومي علماً أن: $(h = 6.62 \times 10^{-27}, NA = 6.023 \times 10^{23}, C = 3 \times 10^{10} \text{ cm/sec})$

الجواب: 2.09

السؤال 3:

أجب عما يلي:

- ما المقصود بطاقة الفوتون وطاقة أينشتاين؟
- اشرح قانون التوازن الكيميائي الضوئي وفق أينشتاين.
- في التفاعل الكيميائي التالي:



يتشكل $(1.00 \times 10^{-5} \text{ mol})$ من المادة C نتيجة امتصاص اشعاع ذو طاقة $6.00 \times 10^7 \text{ ergs}$ عند الطول الموجي 3600 \AA ، احسب العائد الكمومي.

الجواب: 0.553

السؤال 4:

أجب عما يلي:

- اشرح ما تعرفه عن العائد الكمومي المنخفض والعائد الكمومي المرتفع.
- ما هو الأكتينو متر، تحدث بالتفصيل عن آلية عمله باستخدام أكسالات اليورينيل.
- عندما يتم تشيع البروبينو ألدهيد بضوء ذو طول موجي 3020 \AA ، يتفكك ليشكل أكسيد الكربون وفق التفاعل التالي:



فإذا علمت أن العائد الكمومي لهذا التفاعل هو (0.54) ، وأن طاقة الضوء الممتص 15000 erg mol في الزمن المعطى، أحسب كمية غاز أول أكسيد الكربون المتشكلة خلال هذا الزمن.

الجواب: $2.09 \times 10^{-9} \text{ mol}$

السؤال 5:

أجب عما يلي:

- على ماذا ينص مبدأ كروث دراير، وهل هناك استثناءات؟ وضح اجابتك.
- اشرح الفروقات بين الانبعاث التلقائي والانبعاث المحفز داغماً الشرح بالمعادلات.
- أي الألوان يمتلك أعلى طول موجي وأيها يمتلك أخفض طول موجي، وما هي العلاقة بين تلك الأطوال وطاقة هذه الألوان.

السؤال 6:

أجب عما يلي:

- اشرح آلية تفاعل الهيدروجين مع الكلور موضحاً الآلية بالمعادلات، هل هذا التفاعل ذو عائد كمومي مرتفع أم منخفض ولماذا؟
- ما هي التعددية السبينية وإلى ماذا تشير؟
- ما الفرق بين حالتي الإثارة الأحادية والثلاثية؟

عزيزي الطالب: هذه بعض النماذج لتتعلم طريقة السؤال وكيفية الحل

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

في هذه المحاضرة درسنا تشكيل المداريات الجزيئية وفق النظرية المدارية الجزيئية، حيث تتبع أيضاً النموذج الميكانيكي الكوانتي، ووجدنا أن هناك مداريات رابطة، أو معاكسة للربط، أو غير رابطة، حيث على سبيل المثال إن المداريات المعاكسة للربط تمثل حالة تميل إلى فصل الذرات بدلاً من ربطها، وبالتالي هي مداريات عالية الطاقة، كما درسنا تشكيل الجزيئات من خلال الحالات الإلكترونية، وتناولنا دراسة الميثانال كنموذج عن السويات الجزيئية وتعرفنا من خلاله على مفهوم HOMO وال LUMO، وأهم التوزيعات الإلكترونية في السويات المثارة، حيث وجدنا أن حالة الإثارة الثلاثية تتمتع دائماً بطاقة أخفض من طاقة حالة الإثارة الأحادية ذات الصلة بما يتماشى مع قاعدة هوند.

أيضاً تطرقنا إلى واحدة معامل الامتصاص المولي ووجدنا أنها تساوي $L \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$ ، وبنهاية الفقرة كنا مع مجموعة من الأمثلة المحلولة التي تدعم هذه الفكرة.

هذا موجز لمدرس المقرر، الأهم منه هو موجزك عزيزي الطالب بعد قراءة المحاضرة ومعرفة أهم الأفكار التي وردت فيها وتطبيقاتها.

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة بتاريخ 2024/10/27 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ فهم معنى تقريب بورن اوبنهايمر.
- ✓ فهم مبدأ فرانك كوندون.

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه المحاضرة بجامعة مانشستر ميتروبوليتان Manchester metropolitan في المملكة المتحدة.

د. سعود كده