كلية العلوم

القسم :الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء ضوئية

المحاضرة : الرابعة /نظري/د.سعود

{{ A to Z مكتبة }}

2025 2024

Facebook Group : A to Zمكتبة

٦ كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية ، تكنلوجيا المعلومات والاتصالات

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

المحاضرة الرابعة	**الكيمياء الضوئيـــــة**	**الأحد:** 27/ 10/ 2024
قســـــم الكيمياء **السنة الرابعة - الفصل الأول** **2025 - 2024**	**الفصل الثاني** **امتصاص الضوء وحالات الإثارة الإلكترونية** Light Absorption and Electronically Excited States	**د. سعود عبد الحليم كده**

تتضمن هذه المحاضرة:

2317 كلمة تشمل: 12724 حرف موزعة ضمن: 10 صفحات

PHOTOCHEMISTRY 2024-2025 (Dr. Saud KEDA)

محتوى الفصل الثاني

في نهاية هذا الفصل ستكون قادراً على:

- شرح أنماط شدة طيف الامتصاص وحدوث أو غياب البنية الدقيقة الاهتزازية.
- تحديد أقل طاقة انتقال لجزيء عضوي بسيط من معامل الامتصاص المولي والصيغة البنيوية.
- إظهار الفهم لقواعد الاختيار المختلفة التي تؤدي لظهور التحولات الإلكترونية المسموحة والممنوعة.
- شرح التحولات للانتقالات $\pi \rightarrow \pi^*$ و $n \rightarrow \pi^*$ الناتجة عن عمليات الاستبدال والاقتران وتغيير قطبية المذيب.

ليتحقق **التفاعل بين الفوتون والمادة الممتصة:**

- يجب أن يكون هناك توافق بين طاقة الفوتون وطاقة زوج الإلكترونات المقترنة لسويات الطاقة الإلكترونية للمادة الممتصة Absorber.
- تحدث أقوى عمليات الامتصاص عندما تشبه الوظائف الموجية الأولية والنهائية ($\boldsymbol{\psi}$ و $\boldsymbol{\psi}^*$) بعضها البعض عن قرب.

كما ذكرنا سابقاً تبدأ جميع العمليات الضوئية والكيميائية الضوئية عن طريق امتصاص فوتون من الإشعاع المرئي أو فوق البنفسجي الذي يؤدي إلى تكوين حالة من الإثارة الإلكترونية.

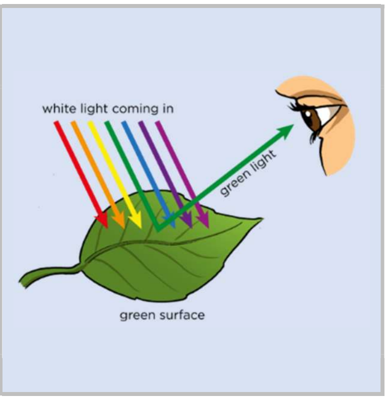
$$R + h\nu \rightarrow R^*$$

سنتعرف في البداية ضمن محاضرة اليوم على الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات، ومن خلالهِ نتعلم مفهوم تقريب بورن اوبنهايمر.

الصفحة	*المحتوى*
43	الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات
46	امتصاص الضوء من قبل الجزيئات العضوية.
49	الجزيئات المرتبطة خطياً.

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

Telegram **@Photochemistry_tartousuniv**



الهدف التعليمي من المحاضرة الرابعة
Educational Goal

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على:

- ✓ فهم الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات.
- ✓ فهم معنى تقريب بورن اوبنهايمر.
- ✓ فهم مبدأ فرانك كوندون.

جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على الشبكة العنكبوتية

1-II - الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات

THE PHYSICAL BASIS OF LIGHT ABSORPTION BY MOLECULES

تحتوي الجزيئات الممتصة للضوء على مجموعات تُعرف باسم الكروموفور chromophores المسؤولة عن امتصاص الضوء.

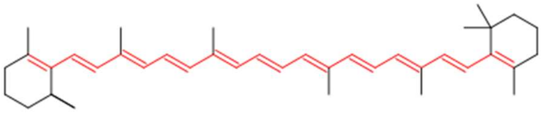
فما هو الكروموفور؟

تعريـــــــــف:

الكروموفور Chromophore
هو ذلك القسم من الجزيء المسؤول عن لونهِ، حيث أن الضوء الذي تراه أعيننا هو اللون الذي لا يمتص داخل طيف معين من الضوء المرئي.

على سبيل المثال:

تمثل الروابط المزدوجة الإحدى عشر الكروموفور لمركب بيتا كاروتين كما هو موضح في صيغته جانباً.
عندما يواجه إشعاع كهرومغناطيسي متذبذب كروموفوراً مناسباً، يمكن أن يرتقي الكترون في الكروموفور إلى حالة إثارة ذات طاقة أعلى شريطة أن يكون هناك:



مركب بيتا كاروتين

توافق طاقة بين الفوتون وزوج مستويات الطاقة الإلكترونية المشاركة في الانتقال الإلكتروني (أي طاقة الفوتون كافية لتشكيل القفزة الإلكترونية للحالة المثارة).

عندما يحدث هذا التحول الإلكتروني، يمر الكروموفور الماص بمرحلة انتقال ثنائي قطب كهربائي Electric Dipole Transition، وتصبح طاقة الفوتون جزءاً من الطاقة الكلية للجزيء في الحالة المثارة.

يستمر عزم ثنائي القطب الانتقالي فقط خلال فترة الانتقال، وينشأ بسبب عملية إزاحة الإلكترون أثناء الانتقال، تتناسب شدة الامتصاص الناتج مع مربع عزم ثنائي القطب الانتقالي.

عند التفكير في امتصاص الجزيئات للضوء، نهتم بشكل أساسي بالتحولات بين الحالات الإلكترونية، ومع ذلك لا يمكن شرح آثار الإثارة الإلكترونية في الجزيئات بشكل كامل ما لم نأخذ بالاعتبار حركات النواة.

الآن، تتكون الطاقة الكلية للجزيئات من الطاقة الإلكترونية والطاقة بسبب الحركة النووية (الاهتزازية والدورانية Vibrational and Rotational):

$$E_t = E_e + E_v + E_r$$

حيث تشير هذه العلاقة إلى إجمالي الطاقة المكونة من الطاقة الإلكترونية، والطاقة الاهتزازية، والطاقة الدورانية على التوالي.

نظراً للاختلافات الكبيرة بين الطاقات الإلكترونية والاهتزازية والدورانية، يُفترض أنه يمكن علاجها بشكل منفصل، يُعرف هذا الافتراض باسم تقريب بورن اوبنهايمر.

فعلى ماذا ينص هذا التقريب؟

هـــــــــام:

تقريب بورن اوبنهايمر Born –Oppenheimer Approximation
يمكن معالجة الطاقات الإلكترونية والاهتزازية والدورانية بشكل منفصل نتيجة الاختلافات الكبيرة بين هذه الطاقات.
وهنا **يجب إدراك ما يلي:**

- إن فجوة الطاقة (الفرق بين سويتين) بين الحالات الإلكترونية أكبر بكثير من الفجوة بين الحالات الاهتزازية.
- إن فجوة الطاقة بين الحالات الاهتزازية أكبر بكثير من الفجوة بين الحالات الدورانية.

نتيجة لذلك، نحن قادرون على وصف تأثيرات التحولات الإلكترونية داخل الجزيئات بشكل كافٍ من خلال النظر في الحالات الإلكترونية والاهتزازية المقدرة دون النظر للحالات الدورانية.

تعريـــــــف:

الانتقالات المهتزة Vibronic Transitions
هي التحولات الإلكترونية التي تنتج عن امتصاص الجزيئات للضوء فوق البنفسجي والضوء المرئي، حيث يحدث ضمن هذه التحولات تغييرات في كل من السويات الإلكترونية والاهتزازية.

هل يمكن تحديد عدد الجزيئات في مستويات الطاقة المختلفة؟

في حالة التوازن الحراري، يتم وصف عدد جزيئات أي سلسلة من مستويات الطاقة بموجب **قانون توزيع بولتزمان** Boltzmann Distribution Law، فإذا كانت N_0 عدد الجزيئات في الحالة الأرضية، فيتم إعطاء عددها N_1 في أي مستوى طاقة أعلى بالمعادلة:

$$\frac{N_1}{N_0} = \exp\left(-\frac{\Delta E}{RT}\right) \qquad (II-1)$$

حيث:

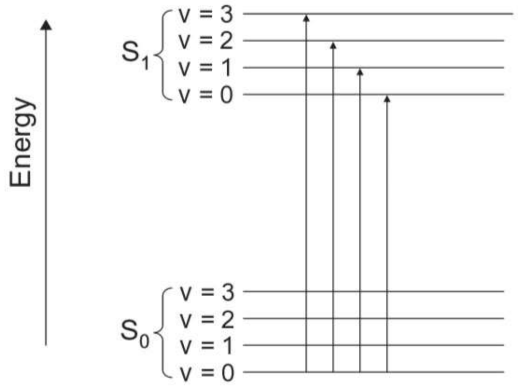
exp الدالة الأسية (e^x على الآلات الحاسبة).

ΔE هو فرق الطاقة بين مستويي الطاقة.

R هو ثابت الغاز (والذي تبلغ قيمته **8.314** $jK^{-1}mol^{-1}$).

T درجة الحرارة المطلقة.

تظهر الحسابات المستندة إلى قانون التوزيع لبولتزمان أنه في درجة حرارة الغرفة، ستكون معظم الجزيئات في الحالة الاهتزازية (**V=0**) للحالة الأرضية الإلكترونية، لذلك يحدث الامتصاص دائماً تقريباً من **(V=0)** **S_0** كما هو موضح في **الشكل (1-II)**.



الشكل (1-II):
رسم تخطيطي للحالة الأرضية الإلكترونية والحالة الإلكترونية الأولى المثارة، مع مستويات الطاقة الاهتزازية المرتبطة بها لجزيء عضوي. تظهر الأسهم الرأسية انتقالات اهتزازية بسبب امتصاص الفوتونات

يوضح **الشكل (2-II)** منحنى الطاقة الكمونية Potential Energy Curve لجزيء ثنائي الذرة، غالباً ما يشار إليه على أنه **منحنى مورس** Morse Curve، والذي يصور الطريقة التي تتغير بها الطاقة الكمونية للجزيء مع طول الرابطة.

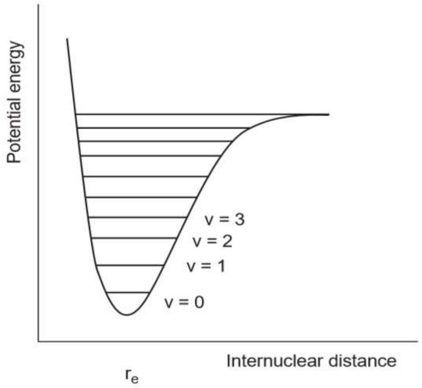
في النقاط التي تلتقي فيها الخطوط الأفقية بمنحنى مورس، تكون:

- **الطاقة كمونية بشكل كلي.**

أما فيما بينهما، فالطاقة هي:

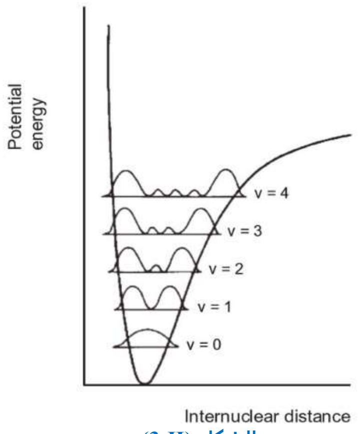
- **بجزء منها طاقة كمونية وبجزء طاقة حركية.**

يوضح **الشكل (3-II)** في الصفحة التالية الوظيفة المحتملة الاهتزازية لسلسلة من أرقام الكم الاهتزازية، بالنسبة للمستوى (**V=0**)، يُظهر مربع الدالة الموجية Wave function أن الجزيء يمضي معظم وقته



الشكل (2-II):
منحنى مورس لجزيء ثنائي الذرة، يوضح مستويات الطاقة الاهتزازية المقدرة مع تغير البعد بين النواتين. يمثل الحد الأدنى على المنحنى مسافة رابطة التوازن r_e

في منطقة التكوين المتوازن، ومع ذلك، من أجل مستوى طاقة اهتزازية مثار فإن مربع الوظيفة الموجية ψ^2 يعتبر الأكثر قرباً من نقاط تحول الحركة الاهتزازية، مما يدل على أن الرابطة تقضي معظم وقتها في التكوين المضغوط تماماً أو الممتد تماماً.



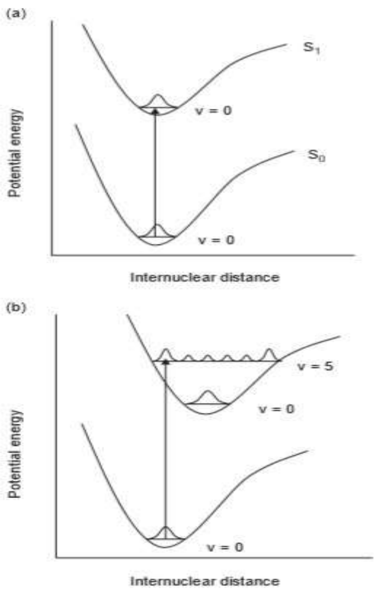
الشكل (3-II):
الوظائف الموجية الاهتزازية المحتملة لسلسلة من أرقام الكم الاهتزازية، لاحظ أنه بالنسبة للقيمة الأعلى لـ v، يوجد احتمال أكبر للجزيء أن يملك طول رابطة عند الحدين الموضحين في منحنى مورس. لاحظ أيضًا أنه لكل قيمة v، هناك احتمالية قيمتها V+1

تتحرك النواة ببطء أكثر بكثير من الإلكترونات الأخف وزناً، لذلك عندما يحدث الانتقال من حالة إلكترونية إلى أخرى، يحدث بسرعة كبيرة بحيث يمكن افتراض أن نواة الجزيء المهتز تكون ثابتة أثناء الانتقال وهذا ما يسمى:

مبدأ فرانك كوندون Franck-Condon principle، ونتيجة لذلك، يتم تمثيل الانتقال الإلكتروني بسهم عمودي مثل السهم الموضح في **الشكل (4-II)**.

أي أن الانتقال الإلكتروني يحدث ضمن مجال نووي ثابت. وبالتالي فإن الانتقال الإلكتروني المصاحب لامتصاص الفوتون يُشار إليه غالباً باسم:

الانتقال العمودي Vertical Transition أو **انتقال فرانك –كوندون** Franck-Condon Transition.



الشكل (4-II):
الانتقالات الإلكترونية مع الاحتمالية الأكبر للامتصاصية من السوية S_0(V=0).
(**a**) تمتلك كلا الحالتين الإلكترونيتين هندسة متشابهة، كما هو موضح في الحد الأدنى للمنحنيات المتزامنة.
(**b**) حيث تمتلك الحالة المثارة مسافة بين نووية أكبر من الحالة الأرضية.

هــــــــام:

مبدأ فرانك كوندون Franck-Condon principle
يمكن افتراض نواة الجزيء المهتز ثابتة أثناء الانتقالات من سوية (حالة) الكترونية إلى أخرى بسبب سرعة هذه الانتقالات.

2-II - امتصاص الضوء من قبل الجزيئات العضوية

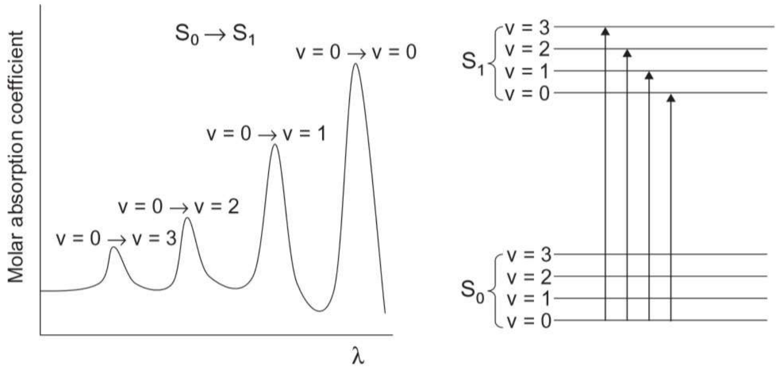
APSORPTION OF LIGHT BY ORGANIC MOLECULES

لنأخذ **على سبيل المثال:**

الطيف المرئي – فوق البنفسجي لمحلول ممدد للغاية من الأنثراسين في البنزن كما هو موضح في **الشكل (5-II)**، حيث يظهر الطيف بوضوح على شكل مؤشرات صغيرة متراكبة على نطاق واسع (أو مظروف)، يُطلق على هذه المؤشرات اسم:

البنية الدقيقة الاهتزازية Vibrational fine structure

يمكننا أن نرى أن كل مؤشر Finger يتوافق مع الانتقال من (V=0) للحالة الإلكترونية الأرضية إلى (V=0, 1, 2, 3, ...) للمستوى الاهتزازي Vibrational level للسوية الإلكترونية المثارة.



الشكل (5-II):

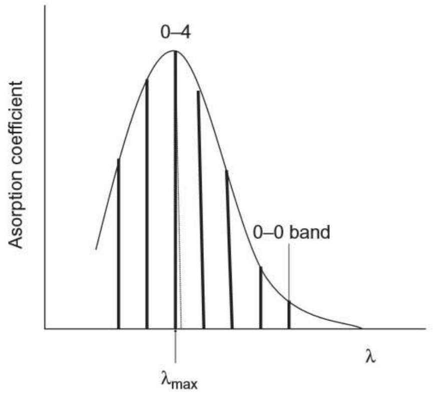
طيف الامتصاص لمحلول الأنثراسين في البنزن، والتحولات المهتزة المسؤولة عن البنية الدقيقة الاهتزازية

يظهر الطيف أن العديد من التحولات الاهتزازية Vibronic Transitions مسموح بها، وأن بعضها أكثر احتمالاً من غيرها، وهذا يعني تنوع شدة التحولات الاهتزازية المختلفة، حيث نلاحظ من خلال طيف الامتصاص Absorption Spectrum للأنثراسين أن الانتقال:

$\mathbf{V = 0 \rightarrow V = 0}$ يعطي ارتفاع في حزمة الامتصاص الأكثر حدة، لأن هذا الانتقال يؤدي لتداخل الوظائف الموجية الاهتزازية المحتملة لـ S_0(V=0) وS_1(V=0) بشكل أكبر، وهذا يعني أن عامل فرانك – كوندون لهذا الانتقال هو الأكبر. **النتيجـــــة:** **الانتقال $V = 0 \rightarrow V = 0$ يؤدي لارتفاع في الحزمة (0-0)**

قد تظهر أطياف الامتصاص الخاصة بالهيدروكربونات الصلبة Rigid Hydrocarbons في المذيبات غير القطبية Nonpolar Solvents بنية اهتزازية، لكن أطياف الامتصاص لجزيئات عضوية أخرى في المحلول تميل إلى أن تكون نطاقات عريضة ورتيبة Featureless (أي عديمة الملامح) لها بنية اهتزازية ضئيلة أو معدومة **الشكل (6-II)**. **فما السبب؟**

يرجع ذلك إلى العدد الكبير جداً من مستويات الاهتزاز في الجزيئات العضوية وإلى عدم وضوح أي بنية جديدة بسبب التفاعل بين الجزيئات العضوية وجزيئات المذيبات، حيث يُظهر الطيف الافتراضي الموضح في **الشكل (6-II)** البنية الاهتزازية الدقيقة المخفية بواسطة مغلف طيف الامتصاص، ولا تتوافق ذروة منحنى الامتصاص مع النطاق (0-0) لأن الانتقال الاهتزازي الأكثر احتمالاً هنا هو الانتقال ($0 \rightarrow 4$).



الشكل (6-II):

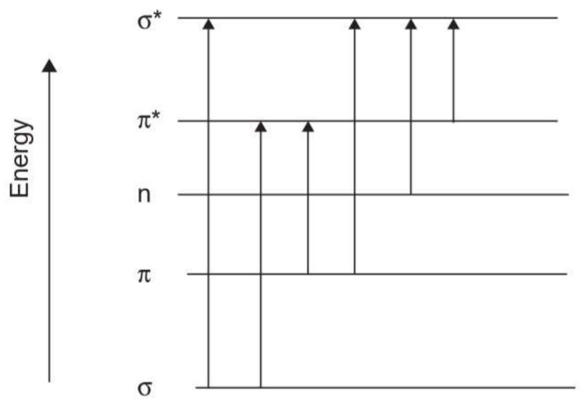
طيف الامتصاص الواسع والمميز لمحلول مركب عضوي

إن حزم الامتصاص في المركبات العضوية تنتج عن الانتقالات بين المداريات الجزيئية، حيث يظهر الترتيب المعتاد لمثل هذه المداريات في الشكل (7-II).

يوضح هذا الشكل أن هناك ستة أنواع للانتقالات الإلكترونية من حيث المبدأ، محددة بالانتقالات:

$$\sigma \rightarrow \sigma^*, \sigma \rightarrow \pi^*, \pi \rightarrow \pi^*$$

$$\pi \rightarrow \sigma^*, n \rightarrow \sigma^*, n \rightarrow \pi^*$$



الشكل (7-II):
الترتيب المعمم للطاقات المدارية الجزيئية للجزيئات العضوية والتحولات الإلكترونية الناتجة عن الإثارة بالضوء

حيث نلاحظ:

هـــــــــــام:

- تتوافق التحولات ($\sigma \rightarrow \sigma^*$) مع امتصاص للأشعة فوق البنفسجية التي يتعذر الوصول إليها.
- كلا التحولين ($\sigma \rightarrow \pi^*$) و ($\pi \rightarrow \sigma^*$) يحجبها الانتقال ($\pi \rightarrow \pi^*$) ذو الامتصاصية الأقوى كثيراً.

من بين التحولات الإلكترونية الأكثر احتمالاً، فإن التحولات التي سنهتم بها أكثر في الكيمياء الضوئية العضوية الجزيئية هي الانتقالات ($\pi \rightarrow \pi^*$) و ($n \rightarrow \pi^*$) التي تنتج الحالات الإلكترونية المثارة (π, π^*) و (n, π^*) على التوالي.

عند استخدام مفهوم النظرية المدارية الجزيئية Molecular orbital theory لمناقشة امتصاص الضوء بواسطة الجزيئات العضوية، فإننا نركز على مداريتين جزيئيتين على وجه الخصوص.

هـــــــــــام:

المداريتان الجزيئيتان الأهم عند مناقشة امتصاص الضوء من قبل الجزيئات العضوية هي:

- **أعلى المداريات الجزيئية المشغولة** (**HOMO**) Higher Occupied Molecular Orbitals

  هي المدارية الجزيئية للحالة الأرضية الأعلى طاقة التي تحتوي الإلكترونات فيها.

- **أخفض المداريات الجزيئية غير المأهولة** (**LUMO**) Lower Unoccupied Molecular Orbitals

  هي المدارية الجزيئية للحالة المثارة الأقل طاقة والتي لا تحتوي الإلكترونات فيها.

  لذلك الانتقال الأقل طاقة في الجزيء العضوي سيكون الانتقال من النوع:

$$\textbf{HOMO} \rightarrow \textbf{LOMO}$$

ولكن السؤال:

ما الفرق في الامتصاصيات وفق الانتقالات ($\pi \rightarrow \pi^*$) و ($n \rightarrow \pi^*$)؟

الامتصاصيات وفق الانتقالات ($\pi \rightarrow \pi^*$) و ($n \rightarrow \pi^*$) تختلف من جزيء لآخر في عدة مفاهيم هامة Important Respects كما هو موضح في الجدول (1-II) في الصفحة التالية

الجدول (II-1):

خصائص الامتصاصيات وفق الانتقالات $(\pi \rightarrow \pi^*)$ و $(n \rightarrow \pi^*)$

الامتصاصية وفق الانتقالات $(\pi \rightarrow \pi^*)$	الامتصاصية وفق الانتقالات $(n \rightarrow \pi^*)$
• يحدث عن أطوال موجية أقصر من الامتصاص الذي يحدث وفق الانتقال $(n \rightarrow \pi^*)$. • الاستبدال يحرك الامتصاص إلى الطول الموجي الأطول • تحدث حزمة الامتصاص في الطول الموجي الأطول في المذيبات القطبية عما هو عليه في المذيبات غير القطبية	• يحدث عن أطوال موجية أكبر من الامتصاص الذي يحدث وفق الانتقال $(\pi \rightarrow \pi^*)$. • الاستبدال يحرك الامتصاص إلى الطول الموجي الأقصر • تحدث حزمة الامتصاص في الطول الموجي الأقصر في المذيبات القطبية عما هو عليه في المذيبات غير القطبية.

II-2 - الجزيئات المرتبطة خطياً Linearly Conjugated Molecules

عندما يكون هناك رابطتان مزدوجتان (كربون – كربون) في الجزيء، فإن التأثير على طيف الامتصاص الإلكتروني يعتمد على المسافة بينهما.

ماذا يعني ذلك؟

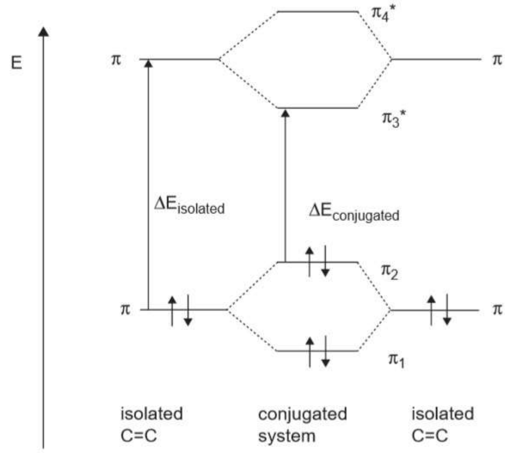
إذا كانت الروابط المزدوجة مترابطة Conjugated، عندها ستكون حزمة الامتصاص الأول عند أطوال موجية أطول بكثير من الأطوال الموجية الموجودة في الجزيء حيث تكون الروابط **C = C معزولة** Isolated (غير مترابطة).

عندما تكون مداريتان جزيئيتان قريبتين تماماً، يمكن أن يحدث تداخل، مما يعطي اثنين من المداريات المفصلية **π**، واحدة ذات طاقة منخفضة وواحدة ذات طاقة أعلى، وبالمثل، فإن المداريتين**π*** تؤديان إلى إنشاء مداريتين جزيئيتين **π*** ذات طاقات مختلفة **الشكل (II-8)** الموضح في الصفحة التالية:

من خلال **الشكل (II-8)**، يتضح أن:

الانتقال من النوع $(\pi \rightarrow \pi^*)$ الأخفض طاقة في الديئن المرتبط Conjugated Diene هو الانتقال $(\pi_2 \rightarrow \pi_3^*)$، والذي يحدث عند طاقة أقل من تلك الطاقة المطلوبة في حالة الروابط (**C=C**) الغير مرتبطة (المعزولة)، وبالتالي:

إن تأثير الاقتران هو جعل حزمة الامتصاص الأولى تنتقل إلى طول موجة أطول.
(**الطاقة متناسبة عكساً مع طول الموجة**)



الشكل (II-8):
التفاعل بين وحدتين (C=C) في نظام مترافق.

ويمكن القول إن تأثير الاقتران الإضافي هو خفض طاقة الانتقال $(\pi \rightarrow \pi^*)$ كما هو واضح من خلال **الجدول (II-2)** في الصفحة التالية:

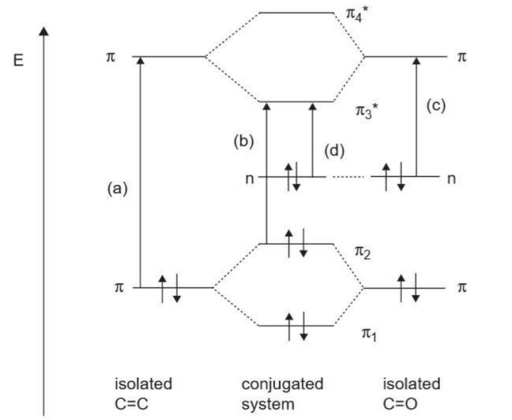
نلاحظ من خلال الجدول أنهُ بزيادة عدد الروابط المضاعفة المقترنة يزداد الطول الموجي وبالتالي تتناقص طاقة الانتقال ($\pi \rightarrow \pi^*$)، هل تذكر لماذا؟

الجدول (II-2):
حزم الامتصاص الأخفض طاقة (الطول الموجي الأعظم) للبوليمر $H(CH=CH)_nH$

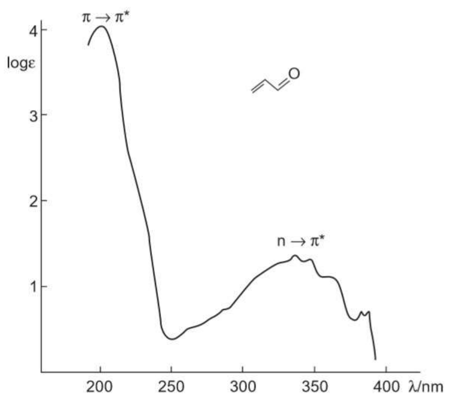
n	$\lambda_{max} nm$
2	217
3	268
4	304
5	334
6	364
7	390
8	410

على سبيل المثال:

باستخدام **البروبانال** propenal يمكننا فحص الاقتران بين الرابطة المضاعفة **C=C** ومجموعة الكاربونيل.
حيث يظهر طيف الامتصاص الإلكتروني للبروبانال في **الشكل (II-9).**



الشكل (II-10):
التفاعل بين الرابطة C=C ومجموعة الكاربونيل في البروبانال، حيث تظهر الحزمة $\pi \rightarrow \pi^*$ كانتقالات (a) و (b)، وتحدث عند طاقة أخفض (طول موجي أطول) نتيجة الاقتران، أما الحزمة $n \rightarrow \pi^*$ فتظهر على شكل انتقالات (C) و (d)، حيث بالمثل تحدث عند الطول الموجي الأطول نتيجة الاقتران.



الشكل (II-9):
طيف الامتصاص الإلكتروني للبروبانال

إن تأثير الاقتران على المدارات (π) و (π^*) يشبه المثال السابق مع **الدايئين** Diene، ولكن تبقى المدارية (**n**) بدون تغيير تقريباً نتيجة الاقتران.

يوضح **الشكل (II-10)** أعلاه تأثير الاقتران على الانتقالات ($\pi \rightarrow \pi^*$) و ($n \rightarrow \pi^*$) الأخفض طاقة.

يبقى أن نعرف أن التحولات بين مستويات الطاقة في الجزيئات العضوية تخضع لقيود معينة Certain Constraints، يشار إليها باسم **قواعد الاختيار**، وهذا ما سنتطرق له بشيء من التفصيل في المحاضرة القادمة.

عزيزي الطالب:

الفكرة التي تبقى على الورق تموت، هي تشبه نبتة صغيرة، كلما تمت رعايتها كلما ازدادت نضوجاً ووضحت معالمها وإمكاناتها، لا تهمل مقدرتك بنفسك وحاول مراراً ولا تيأس حتى تكون اسماً يليق بجهدك.

نحن نثق بك

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

تناولنا في هذه المحاضرة الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء، وأوضحنا أن الكروموفور هو القسم من الجزيء المسؤول عن لونه، وأن الإلكترون في الكروموفور يمكن أن يرتقي إلى حالة إثارة ذات طاقة أعلى شريطة أن يكون هناك توافق طاقة بين الفوتون وزوج مستويات الطاقة الإلكترونية المشاركة في الانتقال الإلكتروني.

كما شرحنا أن الانتقال الإلكتروني يحدث ضمن مجال نووي ثابت، وبالتالي فإن الانتقال الإلكتروني المصاحب لامتصاص الفوتون يُشار إليه غالباً باسم الانتقال العمودي Vertical Transition أو انتقال فرانك –كوندون Franck-Condon Transition.

وكمثال على امتصاص الضوء من قبل الجزيئات العضوية تناولنا على سبيل المثال الطيف المرئي – الفوق بنفسجي لمحلول ممدد من الأنثراسين، ووجدنا أن الانتقالات $\boldsymbol{V=0 \rightarrow V=0}$ تؤدي لارتفاع في الحزمة (0-0)، إضافة لفقرات أخرى متنوعة.

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

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة بتاريخ 3/11/2024 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ قواعد الاختيار

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

مكتبة
A to Z
للخدمات الجامعية

مكتبة A to Z