



كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء ضوئية

المحاضرة : الثالثة / نظري / د. سعود

{{ مكتبة A to Z }}

مكتبة A to Z : Facebook Group

كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

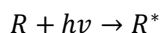
يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960



الأحد: 2025 / 10 / 26	مقرر الكيمياء الضوئية	المحاضرة الثالثة
د. سعود عبد الحليم كده 	الفصل الأول مفاهيم تمهيدية Introductory Concepts	قسم الكيمياء السنة الرابعة - الفصل الأول 2026 - 2025
تتضمن هذه المحاضرة: 2728 كلمة تشمل: 14609 حرف موزعة ضمن: 9 صفحات		

الهدف التعليمي من المحاضرة الثانية	 <p>جهاز التحليل الطيفي بالأشعة فوق البنفسجية</p>
<p>في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على:</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 الشبكة العنكبوتية</p>	

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، يعبر عنها وفق الشكل العام التالي:



وحتى يكون لدينا هذا المفهوم واضحاً، لا بد من التطرق للمبدأ الفيزيائي لامتناس الضوء من قبل المادة.

الصفحة	المحتوى
34	الأساس الفيزيائي لامتناس الضوء
34	تشكل الجزيئات (المداريات الجزيئية)
35	المداريات الجزيئية الرابطة.
35	المداريات الجزيئية المعاكسة للربط.
36	المداريات الجزيئية غير الرابطة.
37	مصادر الضوء المستخدم في الكيمياء الضوئية.
37	مصابيح التنغستن المتوهجة.
37	المصابيح الغازية المفرغة.
39	الثنائيات الباعثة للضوء LEDs.
39	ليزر النبضات فائق السرعة.

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



Telegram

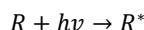
@Photochemistry_tartousuniv



11-I - الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات

The Physical Basis of Light Absorption by Molecules

تنتج حالات الإثارة الإلكترونية (R^*)، بعد عملية تنشيط تخضع لها الجزيئة (R)، نتيجة امتصاصها إشعاعاً ضوئياً ذو طاقة مناسبة، وذلك وفق الشكل العام:



أي أن الجزيئات المنشطة (R^*)، خضعت لعملية ضوئية فيزيائية، انتقل نتيحتها الكترون من مدارية ذرية/جزيئية منخفضة الطاقة (ψ)، إلى مدارية أعلى طاقة (ψ^*)، فما هو الأساس الفيزيائي الذي أدى لحدوث هذه العملية؟

تحتوي الجزيئات الممتصة للضوء (R)، على مجموعات مسؤولة عن عملية الامتصاص تُعرف باسم الكروموفور، والذي يُعرّف بأنه:

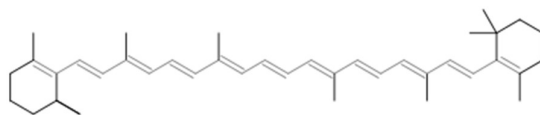
"القسم من الجزيء المسؤول عن لونه."

حيث أن الضوء الذي تراه أعيننا، هو اللون الذي لا يتم امتصاصه داخل طيف معين من الضوء المرئي، فعندما يواجه إشعاع كهرومغناطيسي متذبذب كروموفوراً مناسباً، يمكن أن يرتقي الكترون في الكروموفور إلى حالة إثارة ذات طاقة أعلى، شريطة أن يكون هناك توافق طاقة بين الفوتون وزوج مستويات الطاقة الإلكترونية المشاركة في الانتقال الإلكتروني، أي تكون طاقة الفوتون كافية لتشكيل القفزة الإلكترونية للحالة المثارة.

عندما يحدث هذا التحول الإلكتروني، يمر الكروموفور الماص بمرحلة انتقال ثنائي قطب كهربائي، وتصبح طاقة الفوتون جزءاً من الطاقة الكلية للجزيء في الحالة المثارة، ويستمر عزم ثنائي القطب الانتقالي فقط خلال فترة الانتقال، نتيجة عملية إزاحة الإلكترون، حيث تتناسب شدة الامتصاص الناتج مع مربع عزم ثنائي القطب الانتقالي.

مثال توضيحي (18-1):

يتمثل الكروموفور في مركب بيتا كاروتين ($C_{40}H_{56}$)، بالروابط المزدوجة الإحدى عشر في هذا المركب، كما هو موضح فيما يلي:



مركب بيتا كاروتين Beta-Carotin

إذا من خلال ما سبق نجد أن هناك انتقال الكتروني بين المداريات الجزيئية، ولنأخذ فكرة عن هذه المداريات لا بد من فهم آلية تشكل الجزيئات وفق هذا المفهوم.

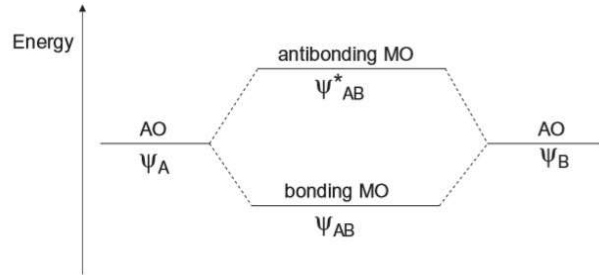
12-I - تشكيل الجزيئات (المداريات الجزيئية) MODELLING MOLECULES: MOLECULAR ORBITALS

إن مفهوم تشكل المداريات الجزيئات تمت دراسته خلال السنوات السابقة في مقررات عدة، هنا سنقوم بعملية تذكير من خلال شرح بعض جوانب الترابط في الجزيئات بواسطة نموذج 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 (10-I) تداخل مداريتان ذريتان (AO) Atomic Orbitals لتشكل مداريتان جزيئيتان (MO) Molecular Orbitals، وهاتان المداريتان عبارة عن:

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



الشكل (10-I):

تشكل المداريات الجزيئية (MO) الرابطة والمعاكسة للربط عن طريق تداخل مداريتان ذريتان محددتان

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 كما لاحظنا في الشكل (10-I) أعلاه، ويمكن توضيح ذلك من خلال ما يلي:

12-I-1 المداريات الجزيئية الرابطة Bonding Molecular Orbitals

تتشكل المداريات الجزيئية الرابطة (المداريات منخفضة الطاقة) 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، وبالتالي يكون التابع الموجي للمدارية الجزيئية هو مجموع التوابع الموجية للمداريات الذرية المتشكلة منها:

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

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

تتشكل المداريات الجزيئية المعاكسة للربط (المداريات الجزيئية مرتفعة الطاقة) عندما تلغي الوظائف الموجية المدارية الذرية بعضها البعض في منطقة النواة، حيث يتم رفض الإلكترونات من المنطقة، وبالتالي يكون التابع الموجي للمدارية الجزيئية المعاكسة للربط يساوي الفرق بين التوابع الموجية للمداريات الذرية المتشكلة منها:

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

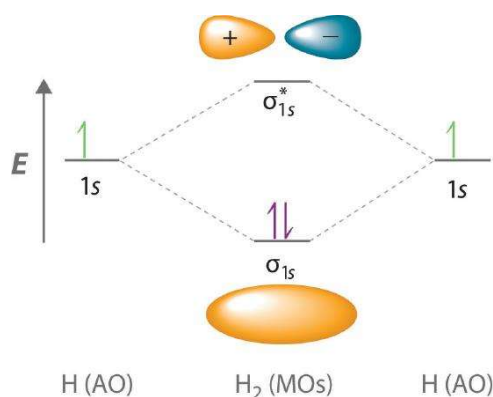
وبالتالي فإن:

"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 (11-I).

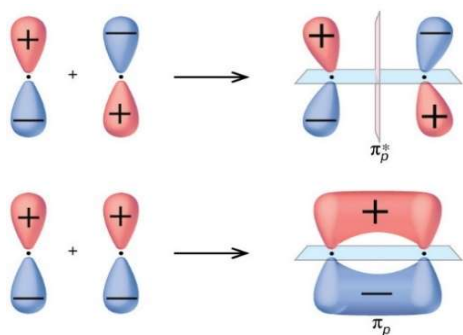




الشكل (11-1):

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 (12-1).



الشكل (12-1):

الحدود السطحية boundary surfaces للمداريات الجزيئية الرابطة π و المعاكسة للربط π^*
لاحظ أن هذه المداريات تنتج عن تداخل مداريتان 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).

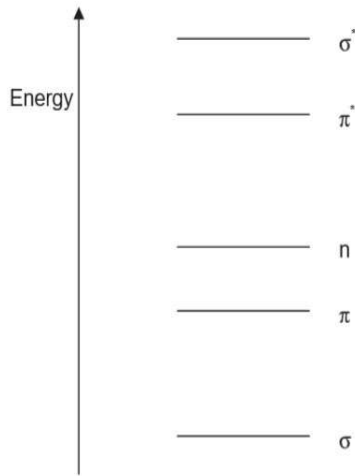
بالإضافة إلى المداريات الجزيئية الرابطة والمعاكسة للربط، من الضروري مراعاة المداريات الجزيئية غير الرابطة (n)، لأن هذه المدارية مع المداريات السابقة تعطينا فكرة عن نوعية الانتقالات الإلكترونية (الحالات المثارة) وطبيعتها (مسموحة أو محظورة).

فما هي هذه المداريات؟

12-1-3- المداريات الجزيئية غير الرابطة (n) Nonbonding Molecular Orbitals

المداريات الجزيئية غير الرابطة (n) هي المداريات التي تحتوي على أزواج وحيدة من الإلكترونات، 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 (13-1) في الصفحة التالية، تمثيلاً بسيطاً لمستويات طاقات المداريات الجزيئية Molecular Orbital Energies في الجزيئات العضوية Organic Molecules.



الشكل (13-1):

طاقات المدارات الجزيئية للجزيئات العضوية

نلاحظ أن طاقة المدارات الجزيئية غير الرابطة (n) أعلى من طاقة المدارات الجزيئية الرابطة (σ, π)، وأخفض من طاقة المدارات الجزيئية المعاكسة للربط (σ^*, π^*).

هذه الفروقات سيتبين لنا من خلالها المسارات المحتملة للانتقالات الإلكترونية في المحاضرات القادمة، وبالتالي تحديد نوع هذه الانتقالات، وهي تعتمد بمعظمها على فجوات الطاقة بين هذه المدارات.

وبما أن التفاعلات الكيميائية الضوئية تعتمد بشكل أساسي على الطاقة الضوئية، لذلك لا بد من التعرف على أهم مصادر الضوء المستخدمة في إحداث هذا النوع من التفاعلات، وهي مصادر متنوعة وتعتمد على طبيعة التفاعل الذي نرغب في حصوله والطاقة اللازمة لحدوثه، أي أن هذه المصادر تختلف في الطاقة الصادرة عنها وبالتالي تختلف في الأطوال الموجية للضوء الصادر عنها.

13-I - مصادر الضوء المستخدم في الكيمياء الضوئية Light Sources Used in Photochemistry

الضوء هو العامل الأساسي في سير التفاعلات الكيميائية الضوئية، تُستخدم مصادر متنوعة منه توفر طاقة محددة الأطوال الموجية لتحفيز التفاعل، على شكل مصابيح متنوعة تختلف فيما بينهما، من حيث خصائص الإشعاع الضوئي الذي ينشأ عنها، فيما يلي أهم هذه المصادر المستخدمة في المختبرات والأبحاث:

13-I-1. مصابيح التنغستن المتوهجة Tungsten Filament Lamps



تُعد هذه المصابيح مصدراً جيداً للضوء المرئي، تعمل بتسخين سلك من التنغستن ($\sim 3000\text{ K}$) والتيار الكهربائي، مما يؤدي إلى توليد ضوء متصل (إشعاع جسم أسود)، كما تحتوي هذه المصابيح على غاز الهالوجين (أيودين أو برومين) لإعادة تدوير ذرات التنغستن المتبقية مما يطيل عمر المصباح، تعمل على نطاق الأطوال الموجية ($350 - 2500\text{ nm}$)، من الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة فوق البنفسجية، تكون شدة الضوء الصادر عنها عالية في المنطقة المرئية والأشعة تحت الحمراء، وضعيفة في المنطقة فوق البنفسجية، وبسبب فقدان معظم طاقتها على شكل حرارة، فإن كفاءتها الطاقية ($5 - 10\%$).

تستخدم هذه المصابيح كمصدر ضوء عريض الطيف في أجهزة مطيافية UV-Vis، كما تستخدم في دراسة التفاعلات الحساسة للضوء المرئي/ تحت الأحمر، مثل تفاعلات البلمرة الضوئية.

إلا أن هذه المصابيح غير مناسبة للتطبيقات التي تتطلب أشعة فوق بنفسجية قصيرة (UV-C)، بسبب شدة UV المنخفضة.

13-I-2. المصابيح الغازية المفرغة Gas Discharge Lamps

تحتوي المصابيح المفرغة على غاز الكزنيون أو بخار الزئبق أو الديوتيريوم، الذي يتم من خلاله تمرير التفريغ الكهربائي، فعند الضغط المنخفض، ينبعث الضوء الناتج كسلسلة من الخطوط الطيفية الحادة المميزة للعنصر المعني،

تتمتع مصابيح التفريغ بالقدرة على إنتاج نبضات قصيرة من الضوء، وبسبب كثافتها العالية في الأطوال الموجية القصيرة، فهي مثالية للاستخدام كمصادر لضخ الضوء لأشعة الليزر، حيث تتم هنا ترقيّة الذرات إلى حالات الإثارة، والتي يمكن فيما بعد تحفيزها لإصدار ضوء أحادي اللون متماسك.

1. المصابيح المفرغة التي تعتمد على بخار الزئبق (Mercury Lamps): يعتبر مصباح الزئبق مصدر الضوء التقليدي المستخدم في الكيمياء الضوئية، تمتلك ذرة الزئبق في حالتها الأرضية (6S_0)، على الكترونان في أعلى مدارية مشغولة لها



($6S^2$)، أي مدارية مزدوجة الإشغال، لكن عند الإثارة ينتقل أحدها إلى مدارية أعلى ($6P$)، مما يولد حالات مثارة أحادية أو ثلاثية، وبالتالي، ينتج الضوء المنبعث من مصباح الزئبق، عن التحولات الإلكترونية من مداريات ذرية ذات مستوى طاقة أعلى (المداريات P)، إلى مداريات ذرية ذات مستوى طاقة أقل (الحالة الأرضية).

تمتاز هذه المصابيح بخطوط طيفية حادة عند أطوال موجية محددة، أبرزها:

UV-C: في المجال ($185 - 254 \text{ nm}$)، يستخدم لتعقيم المياه، بسبب الطول الموجي المدمر للحمض النووي (254 nm)، كما يستخدم في تفكيك المركبات العضوية، وتحليل الملوثات الناشئة.

UV-A: عند الطول الموجي (365 nm)، يستخدم لتفعيل الحفازات الضوئية مثل أكسيد الزنك ZnO ، وفي الطباعة الضوئية الدقيقة.

تمتاز مصابيح الزئبق بكفاءة عالية في نطاق أشعة الـ UV، ويعتمد انبعاثها على ظروف التشغيل الخاصة بها، حيث يمكن أن نميز الحالات التالية:

- المصابيح ذات الضغط المنخفض: لها انبعاث أقل شدة، وخطوط إخراج طيفية أقل، أبرزها خط عند الطول الموجي (254 nm).
- المصابيح ذات الضغط المتوسط: أكثر إشراقاً، تنتج عدداً أكبر من الخطوط.
- المصابيح ذات الضغط العالي: تعمل عند درجات حرارة وضغط مرتفعين، ولديها انبعاثات أكثر شدة، وتعمل على مدى واسع من الأطوال الموجية بسبب الضغط الشديد، كما يقلل الامتصاص الذاتي من شدة الخط الطيفي عند الطول الموجي (254 nm)، بينما تؤدي تصادمات الذرات عند الضغط العالي إلى توسيع الخطوط الطيفية، مما يجعل الطيف يبدو متصلاً جزئياً.

تبلغ الكفاءة الطاقية، في تحويل الطاقة إلى UV، لمصابيح الزئبق ($30 - 40\%$)، وتتمتع بعمر تشغيل ($1000 - 2000 \text{ hour}$) لمصابيح الزئبق منخفضة الضغط، أما بالنسبة لمصابيح الزئبق عالية الضغط فيبلغ العمر ($5000 - 1000 \text{ hour}$)، وهذا يعتمد على تقليل دورات التشغيل/الإيقاف، كما يعتمد على نظام التبريد، حيث أن المصابيح المبردة بالهواء تدوم أقل من تلك المبردة بالماء.

2. **المصابيح المفرغة التي تعتمد على غاز الكزنيون (Xe Arc Lamps):** تصدر طيف متصل يشبه ضوء الشمس ($200 - 2500 \text{ nm}$)، مع شدة ضوء عالية في المنطقة المرئية وفوق البنفسجية، وتبلغ كفاءتها الطاقية ($15 - 20\%$)، مع عمر تشغيل ($500 - 1000 \text{ hour}$).

من أهم تطبيقاتها، استخدامها في محاكاة ضوء الشمس أثناء اختبارات التحلل الضوئي، إضافة لكونها تشكل مصدر ضوء لليزر الصبغية، إضافة لدراسة التفاعلات الجذرية الحرة، كما أنها في مجال الـ UV ($200 - 400 \text{ nm}$) تستخدم لتفكيك الروابط الكيميائية، وفي المجال المرئي ($400 - 700 \text{ nm}$) تستخدم لدراسة التفاعلات الحساسة للضوء المرئي.

3. **المصابيح المفرغة التي تعتمد على غاز الديوتيريوم (Deuterium Lamps):** تصدر طيف في المجال فوق البنفسجي البعيد والقريب ($190 - 400 \text{ nm}$)، مع شدة ضوء عالية في المنطقة فوق البنفسجية القصيرة ($190 - 250 \text{ nm}$)، وتبلغ كفاءتها الطاقية ($10 - 15\%$)، مع عمر تشغيل ($1000 - 2000 \text{ hour}$).

من أهم تطبيقاتها، استخدامها في المطيافية فوق البنفسجية العميقة، لدراسة البروتينات والأحماض النووية، إضافة لاستخدامها في معايرة أجهزة الطيف الضوئي.

13-I-3. الثنائيات الباعثة للضوء LEDs

تصدر ضوء أحادي اللون تقريباً (نطاق ضيق حول طول موجي محدد)، وتمتاز بكفاءة طاقة عالية (> 50 %)، مما يميزها عن المصابيح التقليدية ذات الكفاءة المنخفضة، وهي مصادر ضوئية قابلة للضبط، إذ يمكن اختيار أطوال موجية محددة (250 – 1000 nm)، وأهم الأطوال الموجية الشائعة لها:

UV-LEDs (235 nm, 365 nm): تستخدم لتحفيز الحفازات الضوئية.

Vis (450 nm, 530 nm): يستخدم لتفاعلات البلمرة الضوئية، والتفاعلات الانتقائية.

13-I-4. ليزر النبضات فائق السرعة Ultrafast Laser

يُعتمد الليزر بشكل خاص في الأبحاث الكيميائية الضوئية، لأن انبعاثه المحفز ينتج عنه ضوء أحادي اللون متماسك وكثيف للغاية، بالإضافة إلى ذلك، أدت التطورات في تكنولوجيا أشعة الليزر من تقديم نبضات لمدة أقصر وأقصى، بحيث أصبح من الممكن اليوم إنتاج نبضات من مرتبة الفمتوثانية.

يمكن لمصابيح الليزر إصدار ضوء ذو شدة عالية جداً، وبأطوال قابلة للضبط في نطاق واسع من IR إلى UV، ومن أهم الأطوال الموجية:

- الليزر الثنائي نيوديميوم / ياغ (Nd: YAG):

يعمل عند الأطوال الموجية الأساسية (في الأشعة تحت الحمراء 1064 nm)، مع إمكانية توليد أطوال موجية أخرى عبر مضاعفة التردد مثل:

- 532 nm (الأخضر)، الأكثر استخداماً في الكيمياء الضوئية.

- 355 nm (UV).

- 266 nm (UV العميق).

حيث البلورة المستخدمة عبارة عن حجر كريم اصطناعي YAG ($Y_3Al_5O_{15}$) من إيتريوم ألومنيوم غارنت، مطعم بشاردة النيوديميوم (Nd^{3+}) بنسبة (~1%) لتحل محل بعض ذرات الإيتريوم في الشبكة البلورية.

آلية العمل: تُثار شوارد النيوديميوم (Nd^{3+}) إلى مستويات طاقة عالية بواسطة مصباح فلاش، ثم تطلق فوتونات بطول موجة (1064 nm)، أي أشعة تحت حمراء، عند عودتها لحالتها الأساسية، حيث تستخدم بعدها بلورات غير خطية لتحويل الطول الموجي إلى قيم أخرى مثل (532 nm).

أهم الخصائص: نبضات فائقة القصر من رتبة النانو ثانية إلى الفيمتو ثانية، وكفاءة عالية (20% – 10%) مقارنة بليزر الغاز (مثل ليزر ثاني أكسيد الكربون).

ملاحظة: الغارنت الطبيعي عبارة عن مركب للسيليكات صيغته $A_3B_2(SiO_4)_3$ ، حيث تمثل (A) شوارد موجبة ثنائية التكافؤ، بينما (B) شوار موجبة ثلاثية التكافؤ.

YAG: ليس مركب للسيليكات كما في الغارنت الطبيعي، لكنه يشترك معه في البنية البلورية المكعبة، لذلك أطلقت عليه هذه التسمية، والشكل النقي منه يشبه الأحجار الكريمة الطبيعية (الغارنت أو الزمرد)، ويستخدم كمجوهرات أو عدسات، ولكن عند تطعيمه بالنيوديميوم يستخدم في الليزر (طب، صناعة، أبحاث).

• الليزر القابل للضبط تيتان - سفير (Ti-Sapphire):

يستخدم بلورة من السفير (Al_2O_3)، مطعمة بشوارد التيتانيوم (Ti^{3+})، من أهم خصائصه أنه يعطي طيف ضوئي واسع قابل للضبط من (650 nm) إلى (1100 nm)، (أحمر إلى أشعة تحت حمراء قريبة)، مع نبضات فائقة القصر (أقصر من ليزر نيوديميوم / ياغ)، يستخدم في التطبيقات المجهرية متعددة الفوتونات.

الجدول (7-1)، يبين أهم الفروقات بين هذين النوعين من الليزر.

الجدول (7-1): الفروقات بين الليزر الثنائي نيوديميوم/ ياغ، وليزر سفير/تيتانيوم.

المعيار	ليزر Nd:YAG	ليزر Ti : Sapphire
الطول الموجي	1064 nm (أساسي)	650-1100 nm (قابل للضبط)
نوع البلورة	$Nd^{3+} + Y_3Al_5O_{15}$	$Al_2O_3 + Ti^{3+}$
مدة النبضة	نانو ثانية إلى فيمتو ثانية	فيمتو ثانية فائقة القصر
الكفاءة	~10-20%	~5-15%
التكلفة	منخفضة نسبياً	عالية

من أهم تطبيقات ضوء الليزر دراسة ديناميكية التفاعلات فائقة السرعة، إضافة للتحكم في التفاعلات الكيميائية بالليزر، وتوليد البلازما الضوئية.

من أهم الشروط لتوليد الليزر هو وجود وسط ليزر Medium laser في أنبوب داخل تجويف الليزر، حيث يتم تصنيف الليزر حسب طبيعة الوسط إلى:

1. ليزر الحالة الصلبة: مثل ليزر الياقوت Ruby Laser.
2. الليزر الغازي: مثل ليزر الهيليوم - نيون Helium - Neon Laser وليزر الأرجون الشاردي Argon Ion Laser.
3. الليزر الصبغي Dye Laser: حيث يكون وسط الليزر متوهجاً ملوناً نتيجة استخدام أصبغة منحلة في محل غير ممتص.

يُذكر أن الاتجاهات الحديثة في أبحاث الكيمياء الضوئية، تتوجه في التحول نحو الثنائيات الباعثة للضوء LEDs كمصدر للضوء بسبب كفاءتها العالية وتقليل استهلاك الطاقة، ونحو الليزر فائق السرعة لفهم آلية التفاعلات في الزمن الحقيقي، كما يتم حديثاً دمج الذكاء الاصطناعي لتحسين اختيار مصادر الضوء المثلى لكل تفاعل.

إذا تعرفنا على أهم المفاهيم العامة في الكيمياء الضوئية من خلال هذا الفصل الذي شمل ثلاث محاضرات، وبالتالي سنتطرق في المحاضرات القادمة من خلال فصل جديد إلى مفهوم الحالات المثارة وأنواعها وآلية حدوثها، وأهم التحولات اللاحقة لها، سواء كانت تحولات فيزيائية (اشعاعية)، أو تحولات كيميائية.

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

في هذه المحاضرة درسنا بداية الأساس الفيزيائي لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات، ووجدنا أن الجزيئات التي تقوم بامتصاص الضوء تحتوي على مجموعات مسؤولة عن عملية الامتصاص تعرف باسم الكروموفور، وهو القسم من الجزيء المسؤول عن لونه، ثم تطرقنا بعدها لتشكيل المداريات الجزيئية وفق النظرية المدارية الجزيئية، حيث تتبع أيضاً النموذج الميكانيكي الكوانتي، ووجدنا أن هناك مداريات رابطة، أو معاكسة للربط، أو غير رابطة، والتي تختلف عن بعضها البعض في السويات الطاقية التي تحتلها، والتي تكسبها خصائصها المميزة، ووجدنا من خلال هذه الفقرة أن المداريات المعاكسة للربط تمثل حالة تميل إلى فصل الذرات بدلاً من ربطها، وبالتالي هي مداريات عالية الطاقة.

كما تم دراسة أهم مصادر الضوء المستخدم في الكيمياء، والتي تعتبر أساساً لحدوث التفاعلات الكيميائية الضوئية، حيث تطرقنا بشيء من الإيجاز إلى أهم هذه الأنواع، مثل مصابيح التنغستن، والمصابيح المفرغة، ومصابيح الليزر، وأهم خصائصها المميزة.

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

-- نهاية المحاضرة --

في المحاضرة القادمة يوم الأحد تاريخ 2025/11/02 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ الظواهر المترافقة مع حالة الإثارة الإلكترونية والتعددية السببية.
- ✓ التابع الموجي وخصائصه.

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 عبد الحليم كده