كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء ضوئية

المحاضرة : الاولى/نظري/د.سعود

{{ مكتبة A to Z }}

Facebook Group : مكتبة A to Z

2026

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

المحاضرة الأولى	مقرر الكيمياء الضوئية	الاثنين: 13/10/2025
قســـــم الكيمياء السنة الرابعة - الفصل الأول 2026 - 2025	الفصل الأول مفاهيم تمهيدية Introductory Concepts	د. سعود عبد الحليم كده

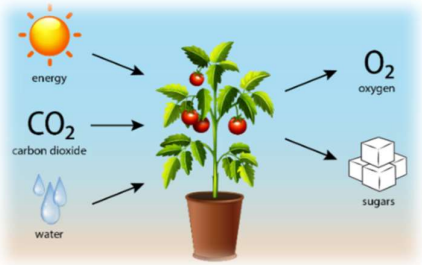
تتضمن هذه المحاضرة:

4982 كلمة تشمل: *26540* حرف موزعة ضمن: *16* صفحة

محتوى الفصل الأول

في نهاية هذا الفصل ستكون قادراً على:

- فهم مبدأ الطبيعة الكمية للضوء والمادة بحيث تكون قادراً على رسم مخططات بسيطة توضح مستويات الطاقة في الذرات والجزيئات.
- ربط الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي بتردده وطاقته.
- فهم العلاقة بين الطول الموجي للإشعاع الكهرومغناطيسي الذي تمتصه عينة وقدرتها على إحداث تغيير كيميائي.
- فهم كيفية حدوث الامتصاص والانبعاثات التلقائية والانبعاثات المحفزة في التفاعلات الضوئية.
- استخدام وتفسير مخططات الطاقة المدارية الذرية والجزيئية البسيطة.
- استيعاب بعض التعاريف والمفردات التي تفيد في هذا المجال.



الكيمياء الضوئية هي فرع من الكيمياء الذي يرتبط بالتفاعلات بين المادة والفوتونات من الضوء المرئي أو فوق البنفسجي، والعمليات الفيزيائية والكيميائية اللاحقة التي تحدث نتيجة حالة الإثارة الإلكترونية التي يسببها امتصاص الفوتون.

لكن السؤال: ما هي آلية ذلك؟

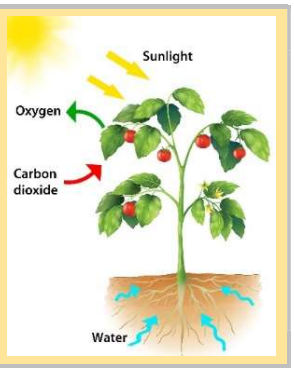
هذا ما سنتعرف عليه تباعاً.

المحتوى

الصفحة	
2	**التفاعلات الكيميائية الضوئية والحرارية.**
2	التفاعلات الكيميائية الحرارية
2	التفاعلات الكيميائية الضوئية
5	**طبيعة المادة والضوء.**
8	**الوحدات الشائعة في القياسات الكيميائية الضوئية.**
8	وحدات الطاقة
9	وحدات قياس الضوء في الأنظمة البيئية والصناعية.
9	**خصائص الموجة الكهرومغناطيسية.**
11	**مراحل التفاعل الكيميائي الضوئي.**
12	**العمليات الأساسية لتفاعل المادة والضوء.**
13	امتصاص الضوء.
13	الانبعاث التلقائي.
14	الانبعاث المحفز.
14	**الظواهر المترافقة مع حالة الإثارة الإلكترونية.**

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

Telegram **@Photochemistry_tartousuniv**



الهدف التعليمي من المحاضرة الأولى

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على:

- ✓ تعريف الكيمياء الضوئية ومعرفة أهم الاختلافات بين التفاعلات الكيميائية الضوئية والتفاعلات الكيميائية الحرارية.
- ✓ خصائص التفاعل الكيميائي الضوئي ومبدأ امتصاص الضوء.
- ✓ طبيعة المادة والضوء وأهم العمليات الحاصلة بينهما.
- ✓ التعرف على بعض المصطلحات والوحدات المستخدمة في هذا المجال.

جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على الشبكة العنكبوتية

حتى نتعرف على الاتجاه الذي تسلكهُ الكيمياء الضوئية، لا بد لنا بدايةً من التعرف على المفهوم العام لهذا العلم، وطبيعة التفاعلات الحاصلة ضمنها، واهم الاختلافات بينها وبين الكيمياء الحرارية التي درسناه في السنوات السابقة.

I-1 - التفاعلات الكيميائية الضوئية والحرارية Photochemical and Thermochemical reactions

I-1 -1- التفاعلات الكيميائية الحرارية Thermochemical Reactions

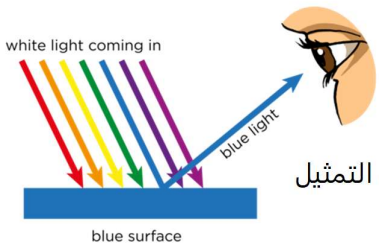
تحدث التفاعلات العادية Ordinary Reactions عن طريق امتصاص الطاقة الحرارية من الوسط الخارجي، حيث يتم تنشيط Energized الجزيئات المتفاعلة مما يؤدي لجعل التصادمات Collisions فعالة وبالتالي حدوث التفاعل، يطلق على هذه التفاعلات التي تتم بوجود الحرارة وبغياب الضوء اسم التفاعلات الحرارية أو المظلمة Dark Reactions، وتكون هذه التفاعلات عفوية Spontaneous ويرافقها انخفاض في الطاقة الحرة، بينما في بعض التفاعلات الكيميائية الضوئية تصاحبها زيادة في الطاقة الحرة Free Energy.

I-1 -2- التفاعلات الكيميائية الضوئية Photochemistry Reactions

تحدث هذه التفاعلات نتيجة التعرض للإشعاعات الضوئية Exposure of light Radiations، حيث يوفر الضوء الطاقة اللازمة Required Energy لإجراء التفاعلات الكيميائية الضوئية، تُستخدم الإشعاعات المرئية Visible والأشعة فوق البنفسجية Ultraviolet (طول موجة 2000-8000Å) كأساس في التفاعلات الكيميائية الضوئية، وهذه التفاعلات تتم على عدة مراحل.

يؤدي امتصاص الضوء لحدوث التفاعل الذي يدعى **التفاعل الكيميائي الضوئي**، وذلك نتيجة امتصاص جزيئات المادة الطاقة الضوئية، حيث تقود هذه الاستجابة الجزيئات إلى تجربة حالة من الإثارة المؤقتة Temporary excited state نتيجة القفزات الإلكترونية، وبالتالي تتغير خصائصها الفيزيائية والكيميائية عن الجزيء الأولي للمادة (الجزيئات الحقيقة)، فهل وضحت الفكرة؟

I-1 -2- 1- خصائص التفاعل الكيميائي الضوئي Characteristic of Photochemical Reaction



إن التفاعل الكيميائي الضوئي يتمتع بمجموعة من الخصائص التي تميزه، يمكن إيجازها وفق ما يلي:

1. الاعتماد على امتصاص الضوء: يتطلب التفاعل امتصاص فوتونات ذات طاقة تناسب فرق الطاقة بين الحالات الإلكترونية للجزيء، وهذا ما نلاحظهُ من خلال التمثيل الضوئي للنباتات، حيث يمتص الكلوروفيل الضوئيين الأحمر والأزرق.

2. الانتقائية الطيفية: عند استخدام ضوء مؤلف من مجموعة من الألوان، قد لا يبدأ التفاعل الكيميائي الضوئي إلا عند لون محدد (طول موجة محدد)، تتناسب طاقتهُ مع الطاقة اللازمة للتفاعل، وهذا ما ينطبق على تحلل الأوزون في طبقات الجو عند تعرضهِ للأشعة فوق البنفسجية $UV-C(\sim 250\ nm)$.

3. تكوين حالات مثارة: يؤدي امتصاص الضوء إلى انتقال الجزيء إلى حالة الكترونية مثارة، مثل عملية الفلورة في الأصباغ العضوية، حيث تمتص الإشعاع وتعيد اصدارهُ عن طول موجي أطول.

4. عدم الاعتماد على درجات الحرارة: حيث يحدث التفاعل عند درجات منخفضة، مثل تكوين الجزيئات العضوية في السحب الكونية.

5. التأثيرات غير الخطية: زيادة شدة الضوء قد لا تزيد معدل التفاعل خطياً بسبب بعض الظواهر مثل التشبع الضوئي، وهذا ما نلاحظهُ في الخلايا الشمسية، حيث تصل إلى حد أعلى للكفاءة حتى مع زيادة شدة الضوء.

6. يحتاج إلى حفازات ضوئية، وتكون التغيرات في طاقتهِ الحرة موجبة أو سالبة.

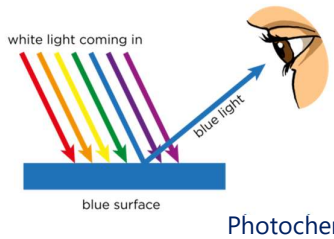
من خلال ما سبق، يمكننا إيجاز أهم أوجه التشابه والاختلاف بين التفاعلات الكيميائية الحرارية والضوئية وفق الجدول (I-1).

الجدول (I-1)

الفرق بين التفاعلات الكيميائية الضوئية والتفاعلات الكيميائية الحرارية

المعيار	التفاعلات الضوئية	التفاعلات الحرارية
مصدر الطاقة	الضوء (الفوتونات)	الحرارة (طاقة حرارية)
الانتقائية	عالية (تعتمد على طاقة الفوتون)	منخفضة (تعتمد على طاقة التنشيط)
التحفيز	حفازات ضوئية مثل TiO_2	حفازات حرارية مثل المعادن والأنزيمات
التأثير عل الروابط	تحطيم روابط محدد عبر امتصاص الضوء	تحطيم عشوائي للروابط بالحرارة
عدد المراحل	تتم على عدة مراحل	تتم بمرحلة واحدة
تأثير درجة الحرارة	تأثير ضئيل على سير التفاعل	تأثير كبير على سير التفاعل
التغير في الطاقة الحرة	يمكن أن يكون سالباً أو موجباً	يكون التغير سالباً دائماً
تأثير الضوء	يعتبر أساسياً لحدوث التفاعل	لا تأثير للضوء على حدوث التفاعل
تأثير شدة الإضاءة	تعتمد على شدة الإضاءة	لا تتأثر بشدة الإضاءة
التفاعل الحراري	يحدث للحالة المثارة الكترونياً للجزيء	يحدث للحالة الأرضية للجزيء

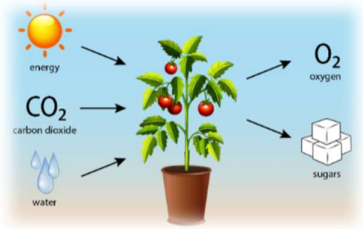
I-1 -2- 2- أمثلة عن التفاعلات الكيميائية الضوئية Examples of Photochemical Reaction

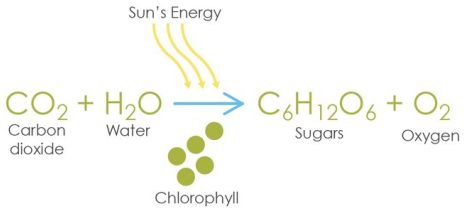


غالبية العمليات التي نراها في الطبيعة هي عمليات كيميائية ضوئية، فقدرتنا على رؤية الأشياء في العالم باستخدام العيون ليست سوى تفاعل كيميائي ضوئي، حيث تغير شبكية العين (تحوي جزيئات خلية مستقبلة للضوء) شكلها بعد تعرضها لضوء الشمس أو امتصاص الضوء، وفيما يلي بعض الأمثلة عن التفاعلات الضوئية من حولنا:

1. التفاعل الكيميائي الضوئي في عملية التمثيل الضوئي Photochemical reaction in photosynthesis

التمثيل الضوئي Photosynthesis عبارة عن عملية كيميائية ضوئية تمتص بها النباتات الخضراء والأعشاب البحرية والطحالب وبعض أنواع البكتيريا الطاقة الشمسية، وتستخدمها لتحويل ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي إلى كربوهيدرات (سكريات) بوجود الماء وفق المعادلة التالية:

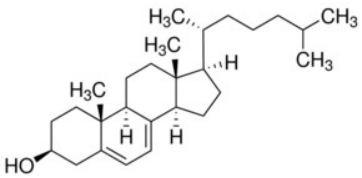




باستخدام التمثيل الضوئي، تقوم النباتات بتحويل طاقة ضوء الشمس إلى طاقة كيميائية يتم تخزينها، وبالتالي تشكل كربوهيدرات باستخدام الماء وثاني أكسيد الكربون وتطلق الأكسجين كمنتج ثانوي للتفاعل.

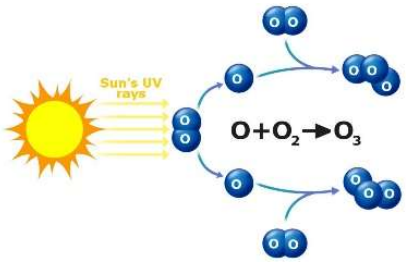
وكما تعلم تتم المحافظة على الحياة الحيوانية بمساعدة الأكسجين والكربوهيدرات.

2. تشكل فيتامين (د) Vitamin D formation



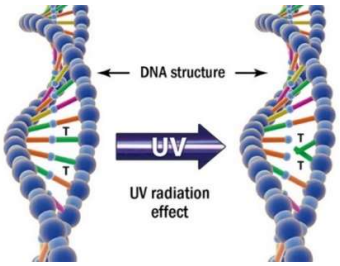
يعتبر هذا الفيتامين أساسياً لنمو العظام والأسنان وحتى أداء وظائف الكلى، مع المساعدة في نمو البشرة، وهو مادة كيميائية تدعى 7-ديهيدروكولسترول (7-Dihydrocholestrol) تنتج بعد التعرض لأشعة الشمس، بنيتها الكيميائية وفق ما هو موضح جانباً.

3. تشكل طبقة الأوزون Formation The Ozone Layer



تتشكل هذه الطبقة الموجودة في طبقة الستراتوسفير Stratosphere على الأرض بواسطة التفكك الكيميائي الضوئي للأكسجين الجزيئي إلى ذرات الأكسجين، وهذه الذرات تتفاعل مع جزيئات الأكسجين لتكوين الأوزون O_3 وفق الآلية الموضحة جانباً، وتعتبر هذه الطبقة هي المسؤولة عن حماية الكوكب والحياة عليه من تأثير الأشعة الشمسية خاصة والكونية عامة.

4. تأثير الأشعة فوق البنفسجية (UV) The Effect of UV Ray



التي تضر الحمض النووي البشري وتسبب أمراض سرطان الجلد Skin Cancer نتيجة التفاعلات الكيميائية الضوئية.

حيث أن الطاقة العالية التي تمتلكها الأشعة فوق البنفسجية كافية لتحطيم بنية الحمض النووي في الجسم، وبالتالي تكون قادرة إلى احداث أنواع متعددة من الأذية خصوصاً على النسج الحية.

5. عمليات التصوير Photographing

حيث تعتمد العديد من عمليات التصوير في حياتنا اليومية مثل التصوير الشعاعي Xerography والتصوير الفوتوغرافي وما إلى ذلك على العمليات الكيميائية الضوئية.

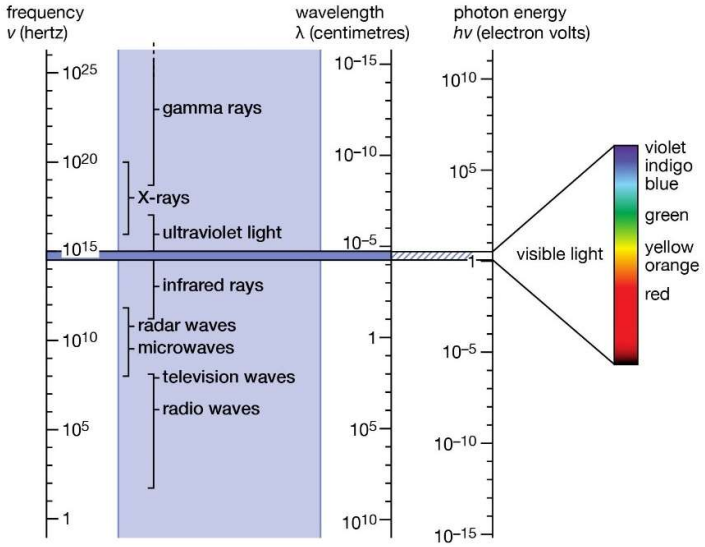
الأمثلة الموضحة أعلاه تعطيك فكرة حول أهمية التفاعلات الكيميائية الضوئية في حياتنا اليومية والتي بدونها سيكون من المستحيل أن تستمر الحياة على كوكبنا.

الآن لفهم العلاقة الحاصلة في التفاعلات الكيميائية الضوئية بين المادة والضوء، لا بد لنا من التعرف على طبيعة المادة والضوء، وفهم ماهية هذه الطبيعة التي تسمح بحدوث التفاعلات الكيميائية بينهما.

I-2 - طبيعة المادة والضوء Nature of the Matter and light

يمكننا تعريف الضوء أو الضوء المرئي أو الإشعاع المرئي على أنهُ المجال من الإشعاع الكهرومغناطيسي الذي يمكن رؤيته بالعين البشرية، والذي يمتلك أطوال موجية تتراوح بين (400-700 nm)، أي ما يتوافق مع ترددات (420-750 THz)، وبالتالي يقع النطاق المرئي بين الطرف الأحمر للطيف (الأطوال الموجية الأطول والترددات المنخفضة) والطرف البنفسجي للطيف (الأطوال الموجية الأقصر والترددات الأعلى).

عند أطوال موجية أقصر، يمتد الطيف الكهرومغناطيسي إلى منطقة الإشعاع فوق البنفسجي، ويستمر عبر الأشعة السينية وأشعة جاما والأشعة الكونية، في حين أنهُ بعد الطرف الأحمر من الطيف تمتد الأشعة تحت الحمراء ذات الموجة الأطول (التي يمكن الشعور بها على هيئة حرارة)، والأمواج الدقيقة والراديوية، ويطلق على الإشعاع ذي التردد الواحد اسم أحادي اللون، فإذا كان هذا التردد يقع ضمن نطاق الطيف المرئي، عندها سيكون إدراك اللون الناتج على شكل لون مشبع، أي بالمختصر، وفق هذا المفهوم فإن الضوء ليس النوع الوحيد من الإشعاع الكهرومغناطيسي، وإنما جزء صغير فقط من إجمالي هذا الإشعاع كما هو موضح من خلال الشكل (I-1) الذي يبين مخطط الأطوال الموجية للضوء المرئي.



الشكل (I-1): مخطط الأطوال الموجية للإشعاع الكهرومغناطيسي، حيث تظهر أن الضوء المرئي Visible Light يحتل حيزاً صغيراً من الطيف الكهرومغناطيسي

يُشكل الضوء المرئي (7%) من ضوء الشمس، في حين تُشكل الأشعة فوق البنفسجية (46%)، والأشعة تحت الحمراء (47%)، الجدول (I-2) يبين أهم خصائص ألوان الضوء ابتداءاً من الأحمر، حتى ما فوق البنفسجي.

الجدول (I-2): خصائص ألوان الضوء

اللون	الطول الموجي $\lambda\ (nm)$	التردد $\nu\ (\times 10^{14}\text{Hz})$	الطاقة $E\ (Kj/mol)$	العدد الموجي $(\times 10^{4} cm^{-1})$	التطبيقات
أحمر	620-750	4.00-4.84	192-233	1.61-1.33	إشارات المرور، علاجات الليزر
برتقالي	590-620	4.84-5.08	233-243	1.69-1.61	إضاءة الزينة
أصفر	570-590	5.08-5.26	243-252	1.75-1.69	إشارات التحذير
أخضر	495-570	5.26-6.06	252-289	2.02-1.75	البناء الضوئي، شاشاتLED
أزرق	450-495	6.06-6.68	289-318	2.22-2.02	اتصالات الألياف البصرية
بنفسجي	380-450	6.68-7.89	318-377	2.63-2.22	التصوير الطبي
UV-A	315-380	7.89-9.52	377-456	3.17-2.63	علاج الصدفية
UV-B	280-315	9.52-10.71	456-513	3.57-3.17	تكوين فيتامينD
UV-C	100-280	10.71-30.0	513-1437	10.0-3.57	تعقيم الأسطح، معالجة المياه

يُعَّد الضوء العادي (المرئي) والفوق بنفسجي (UV)، من الأدوات الأساسية في الكيمياء الضوئية، وذلك نظراً لدورهما الهام في تنشيط التفاعلات الكيميائية الضوئية وتفعيلها، عبر امتصاص الطاقة الضوئية المتمثلة في الفوتونات، ويمكن ايجاز أهم هذه الأدوار وفق ما يلي:

- الضوء المرئي (400-700 nm): يمتلك طاقة معتدلة ($\sim 170 - 300\ kj/mol$)، تكفي لتفعيل الكترونات التكافؤ دون تدمير الجزيئات، كما أنهُ آمن بيولوجياً لمعظم الكائنات الحية، ومن أهم تفاعلاتهِ النموذجية:

- التمثيل الضوئي: عبر امتصاص الضوء الأحمر ($\sim 680\ nm$) والضوء الأزرق ($\sim 480\ nm$) من قبل الكلوروفيل في النبات وبعض أنواع الطحالب البحرية، وذلك لإنتاج الغلوكوز (مصدر الطاقة) إضافة إلى الماء وغاز CO_2.

- تحفيز الحفازات الضوئية: مثل أكسيد التيتانيوم TiO_2 لتفكيك الملوثات العضوية.

- تفاعلات الأكسدة والإرجاع: حيث يعمل على تنشيط مركبات الروثينيوم أو الإيريديوم في الخلايا الشمسية.

- الضوء فوق البنفسجي (10-400 nm): يمتلك طاقة عالية كافية لإحداث عمليات التأين، أو حالات مثارة عالية الطاقة، ومن أهم تفاعلاتهِ النموذجية:

- التعقيم الضوئي: حيث يعمل على تدمير البكتيريا عند ($260\ nm$) .

- تحطيم الروابط الكيميائية: الضوء فوق البنفسجي (100-280 nm) UV، يمتلك طاقة عالية ($\sim 400 - 1200\ kj/mol$) كافية لتحطيم الروابط C-C، C-H.

- تكنولوجيا النانو: الإرجاع الضوئي لشوارد الفضة تحت تأثير الـ UV.

- حماية البيئة: تحليل الملوثات العضوية (مثل المبيدات)، عبر تفاعلات أكسدة ضوئية.

الجدول (I-3): خصائص الضوء المرئي وفوق البنفسجي

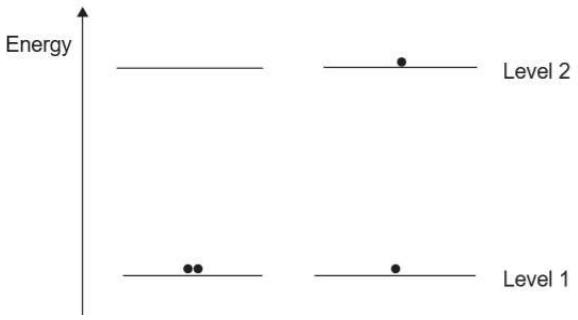
الخاصية	**الضوء المرئي**(Visible Light)	**الضوء فوق البنفسجي** (Ultraviolet
الطول الموجي(λ)	400–700 (nm)	10–400 (nm)
التردد(ν)	430–750 (THz)	750–30,000 (THz)
طاقة الفوتون(E)	$2.643–3.204 \times 10^{-22}$ (kJ)	$4.809–19.236 \times 10^{-22}$ (kJ)
العلاقة العكسية	كلما زاد الطول الموجي قلت الطاقة	كلما قل الطول الموجي زادت الطاقة
المصادر الطبيعية	الشمس، المصابيح	الشمس (10% من إشعاعها)، مصابيحUV
التأثير على المادة	تحفيز إلكترونات التكافؤ	تأين الذرات، تحطيم الروابط الكيميائية
التطبيقات	الرؤية، التصوير الضوئي	التعقيم، العلاج الضوئي، تحليلDNA
الخاصية	الضوء المرئي(Visible Light)	الضوء فوق البنفسجي(Ultraviolet - UV)
نوع الانتقال	إثارة إلكترونات π أوd	تأين أو تحطيم الروابط σ
عمق النفاذية	أعمق في الأنسجة/المحاليل	سطحي (يمتص بسرعة)
مخاطر الاستخدام	منخفضة	عالية (تلف الخلايا، تكوين جذور حرة)
كفاءة الطاقة	متوسطة	عالية

مما سبق، ومن الجدول (I-3)، يتبين لنا أن الطيف المرئي يحدد مسارات التفاعلات الضوئية، فبينما يُفَضل الضوء المرئي للتطبيقات الحيوية الآمنة، يُعد الضوء فوق البنفسجي أداة قوية في التطبيقات الصناعية والطبية التي تحتاج طاقات عالية، وبالتالي الفهم العميق لهذه الخصائص يمكننا من تصميم مواد ضوئية ذكية وتقنيات مستدامة، ويمكننا إيجاز ما سبق بهذه الخلاصة:

"يتم امتصاص الضوء من قبل الجزيئات عند أطوال موجية محددة تتوافق مع فرق الطاقة بين المداريات الإلكترونية، مما يجعل الكيمياء الضوئية علماً انتقائياً دقيقاً"

كما سمح تطور نظرية الكم The Quantum theory في أوائل القرن العشرين بإجراء تنبؤات تتعلق بخصائص وسلوك المادة والضوء، حيث وجد أن الإلكترونات الموجودة في المادة لها خصائص تشبه الموجة والجسيمات على حد سواء، وتبين نظرية الكم أن طاقة المادة قابلة للقياس، وأن المادة تمتلك طاقات محددة.

تحتوي مستويات الطاقة الكميّة للمادة على مستويات منفصلة للطاقة كما في حالة الضوء المرئي أو فوق البنفسجي، وهكذا فإن امتصاص الضوء المرئي أو فوق البنفسجي من خلال المادة يمكن أن يثير الإلكترونات إلى مستويات طاقة أعلى، مما ينتج أنواعاً مثارة الكترونياً كما هو موضح في الشكل (I-2).



الشكل (I-2):
مستويات الطاقة المحددة في المادة، حيث يمكن العثور على الإلكترون (•) في أي من مستويي الطاقة الموضحين.

وفقاً لنظرية الكم (النظرية الكوانتية)، فإن الضوء قابل للقياس، يحدث امتصاص أو انبعاث الضوء عن طريق نقل الطاقة كفوتونات، تتمتع هذه الفوتونات بخصائص تشبه خصائص الموجة والجسيم كلاهما، ولكل فوتون طاقة محددة (**E**) تعطى وفق **قانون ماكس بلانك** Max Planck's Law:

$$\boldsymbol{E = h\nu}$$

حيث:

h ثابت بلانك (6.626×10^{-34} J.s = 6.626×10^{-27} Erg.s).

$\boldsymbol{\nu}$ تواتر ذبذبة الفوتون Frequency of oscillation of photon ويعطى بواحدة S^{-1} أو Hertz (Hz).

يستخدم الجداء ($\boldsymbol{h\nu}$) في معادلات العمليات الضوئية الفيزيائية والكيميائية لتمثيل الفوتون.

على سبيل المثال:

بالنسبة لجزيء **(R)** في حالته الأرضية Ground State الذي يمتص الفوتون لإنتاج جزيء مثار الكترونياً **(R^*)**، تكتب العملية وفق ما يلي:

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

يتأرجح كل فوتون مع الطول الموجي **(λ)**، حيث يعطى الطول الموجي وفق العلاقة التالية:

$$\lambda = C/\nu$$

حيث:

C: سرعة الضوء و تساوي (3×10^{10} cm.sec^{-1})، وبالتالي يكون لدينا:

$$E = h\nu = hC/\lambda$$

توضح المعادلة السابقة الخصائص الهامة المتعلقة بطاقة الفوتونات.

إذاً تتناسب طاقة الفوتونات بشكل طردي Proportional مع تواترهِ وعكساً Inversely مع طول موجتهِ.

قبل الانتقال لدراسة التفاعلات الكيميائية الضوئية بشكل مفصل، لا بد من معرفة أهم الواحدات المستخدمة خصوصاً ما يتعلق بطاقة الفوتونات

I-3 - الوحدات الشائعة في القياسات الكيميائية الضوئية Common Units in Photochemical Measurements

تُستخدم في الكيمياء الضوئية وحدات مختلفة، لوصف الشدة الضوئية، الامتصاص، معدلات التفاعل، الطاقة، والكفاءة الكمومية، لذلك من المهم التطرق إليها، وبيان أهم العلاقات التي تربط فيما بينها، كما لا بد من معرفة المضاعفات وترميزها، مما يسهل عملية الفهم الدقيق لما يجري في آلية التفاعل الضوئي.

I-3 -1- وحدات الطاقة Energy Unites

هناك العديد من وحدات الطاقة الشائعة في الكيمياء الضوئية، الجدول (I-4) يبين أهم هذه الوحدات والعلاقة بينها.

الجدول (I-4): أهم وحدات الطاقة الشائعة في الكيمياء الضوئية.

الوحدة	الرمز	التعريف	التحويل إلى (J)	التطبيق
الجول	J	وحدة الطاقة الأساسية في النظام الدولي (SI).	$1J = 1\ kg{\cdot}m^2/s^2$	طاقة الفوتونات.
الإلكترون فولت	eV	طاقة إلكترون واحد يتحرك عبر جهد (1 V).	$1eV \approx 1.602\times10^{-19}$ J	طاقة فوتون أشعة UV
كيلوواط ساعي	kWh	طاقة تعادل 1000 واط لمدة ساعة.	$1kWh = 3.6\times10^{6}$ J	استهلاك الأجهزة الكهربائية.
السعرة الحرارية	cal	كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة (1 gr) ماء بمقدار (1°C).	1cal =4.184 J	الطاقة في التفاعلات الكيميائية الحيوية.
الإرغ	erg	وحدة الطاقة في نظام CGS (سنتيمتر-جرام-ثانية).	$1erg = 10^{-7}$ J	الطاقة في الفيزياء الفلكية.
الواط-ثانية	W·s	طاقة تعادل 1 واط لمدة ثانية واحدة.	1W·s =1 J	طاقة النبضات الضوئية القصيرة.
آينشتاين	E	تمثل طاقة مول واحد من الفوتونات ($6.022\ X\ 10^{23}$).	$1E = N_A{\cdot}h{\cdot}\nu$	التفاعلات الضوئية.
واط لكل متر مربع	W/m^2	تمثل طاقة الضوء الساقط على سطح، أي شدة الإشعاع.	$1W/m^2 = 1\ J/(s{\cdot}m^2)$	الخلايا الشمسية

كما يبين الجدول (I-5)، أهم مضاعفات وحدات الطاقة، حيث يتم استخدامها في نطاقات بحثية عديدة.

الجدول (I-5): مضاعفات وحدات الطاقة الأكثر استخداماً وتطبيقاتها.

المضاعف	السابقة	الرمز	القيمة	مثال
ميكرو	μ	μJ	10^{-6} J	في حساب طاقة الليزر النبضي.
ملي	m	mJ	10^{-3} J	في حساب طاقة النبضات الضوئية.
كيلو	k	kJ	10^{3} J	في حساب طاقة التفاعلات الكيميائية.
ميجا	M	MJ	10^{6} J	في حساب طاقة الألواح الشمسي

من أشهر تطبيقات وحدات الطاقة في الكيمياء الضوئية:

- الإلكترون فولط (eV): تستخدم هذه الواحدة لوصف طاقة الفوتونات في التحفيز الضوئي، على سبيل المثال، لتفعيل (TiO_2) نحتاج فوتونات طاقتها ($\geq 3.2\ eV$).
- الآينشتاين (E): يستخدم لحساب عدد فوتونات تفاعل ضوئي معين (تفكيك جزيء ملوث في الماء).
- (W/m^2): قياس شدة الضوء في تجارب التحفيز الضوئي، أو البناء الضوئي الاصطناعي.

مثال توضيحي (I-1):

- خلية شمسية تولد طاقة مقدارها $(5\ KWh/day)$، هذه الطاقة تكافئ:

$$5 \times 3.6 \times 10^6 = 1.8 \times 10^7 J$$

- إن قيمة (1 آينشتاين) من الفوتونات ذات الطول الموجي $(400\ nm)$، تمثل:

$$1\ E = N_A h.v = N_A.\frac{h.c}{\lambda}$$

$$1\ E = \frac{(6.022 \times 10^{23})(6.626 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)}{400 \times 10^{-9}} \approx 299\ KJ$$

إضافة لذلك، فإن وحدات الطاقة قد تختلف حسب الوحدات المستخدمة في قياس طول الموجة.

مثال توضيحي (I-2):

- إذا كان طول الموجة (λ) معطى بواحدة (cm)، عندئذٍ يعبر عن الطاقة بواحدة (Ergs)، حيث:

$$(1J = 10^7 ergs)$$

$$E = N_A h.v = N_A.\frac{h.c}{\lambda}$$

$$E = \frac{(6.022 \times 10^{23}\ mol^{-1})(6.626 \times 10^{-27}\ erg.s)(3 \times 10^{10} cm.s^{-1})}{\lambda}$$

$$E = \frac{1.197 \times 10^8}{\lambda}\ erg.mol^{-1}$$

- إذا تم التعبير عن طول الموجة بواحدة الأنغستروم $(1A^{\circ} = 10^{-8}\ cm)$، عندها:

$$E = \frac{1.196 \times 10^{16}}{\lambda} erg.mol^{-1}$$

I-3 -2- وحدات قياس الضوء في الأنظمة البيئية والصناعية

Units of light measurement in environmental and industrial systems

1. **الوحدة الضوئية النباتية** Photosynthetic Photon Flux Density, PPFD: تمثل عدد الفوتونات في النطاق $(400 - 700\ nm)$ الساقطة على سطح في الثانية الواحدة، ويرمز لها بالرمز PPFD، وتقاس بواحدة $(\mu mol.m^{-2}.s^{-1})$.

2. **الإشعاع الفعال ضوئياً** Photosynthetically Active Radiation, PAR: ويمثل الطاقة الضوئية في نطاق $(400 - 700\ nm)$، يرمز له بالرمز PAR، ويقاس بواحدة (W/m^2).

إضافة لما سبق، هناك العديد من الوحدات المستخدمة في الكيمياء الضوئية، والتي سنتطرق لها لاحقاً حسب الاستخدام.

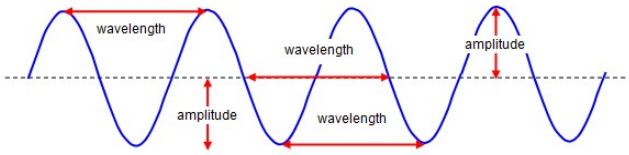
فهم الوحدات المستخدمة وتحويلاتها، ضروري لفهم التجارب الكيميائية الضوئية وتصميمها، وتحليل بياناتها.

I-4 - خصائص الموجة الكهرومغناطيسية Properties of Electromagnetic Wave

بما أن أساس التفاعلات الكيميائية الضوئية هي الضوء، لا بد من بيان أهم خصائصهِ، مثل جميع أنواع الإشعاع الكهرومغناطيسي، ينتشر الضوء المرئي بواسطة جسيمات أولية عديمة الكتلة تُدعى الفوتونات، ويمكن توصيفهُ على أنهُ:

"موجات وجسيمات بآنٍ واحد"

أي أن الضوء يتمتع بكامل الخصائص الأساسية للموجة الكهرومغناطيسية، من حيث الطول الموجي، التواتر، والسرعة التي يتحرك بها. ويمكن ايضاح هذه الخصائص وفق ما يلي:



الشكل (I-3): مخطط تفصيلي يبين مفهوم الطول الموجي والتواتر

1. **الطول الموجي:** يرمز له بالرمز الإغريقي لامبدا (λ)، يعبر عن المسافة بين قمتين متتاليتين أو انخفاضين متتاليين في الموجة، كما هو موضح في الشكل (I-3)، كما نلاحظ أن سعة الموجة Amplitude والتي تمثل أقصى مسافة تتحرك ضمنها جزيئات الوسط من مواضعها الساكنة عندما تمر الموجة من خلالها، تمثل نصف طول مسار الاهتزاز وتمثل الذروة، وهي تختلف من موجة لأخرى حسب المصادر المهتزة التي تتولد منها هذه الموجة، ونتيجة لذلك تتناسب السعة مع سعة المصدر، وتتخامد بشكل مطرد بسبب فقدان طاقتها.

يقاس الطول الموجي بواحدة الأطوال، غالباً ما نستخدم واحدة النانو متر (nm) أو الأنغستروم (Å):

$1\ nm = 10^{-9}\ m = 10^{-7}\ cm$ $\qquad$ $1\ Å = 10^{-10}\ m = 10^{-8}\ cm$

على سبيل المثال:

الطول الموجي للأشعة السينية ($\lambda \sim 0.01 - 10\ nm$)

يُستعاض أحياناً في بعض المراجع بمصطلح العدد الموجي ($\bar{\nu}$)، المرتبط تعريفاً بطول الموجة، ويمثل عدد الأطوال الموجية في السنتمتر، وبالتالي يعبر عنه بواحدة مقلوب المسافة وغالباً ما تكون (cm^{-1}).

2. **التواتر:** يرمز له بالحرف الإغريقي نيو (υ)، ويشير لعدد الأمواج التي تعبر نقطة معينة من الفراغ خلال ثانية واحدة، تقاس واحدة التواتر بمقلوب الزمن (S^{-1})، حيث لا معنى لعدد الأمواج في الجملة الدولية، وقد اصطلح على تسمية هذه الواحدة بالهيرتز ويرمز لها بالرمز (Hz)، أي:

$$1Hz = 1\ S^{-1}$$

يمكن أن يمنح تواتر الإشعاع معان هامة لنقل الطاقة، على سبيل المثال:

الطاقة التي تصلنا قادمة من الشمس تكون على شكل أشعة مرئية وفوق بنفسجية وفق تواتر محدد، فيما الطاقة التي تصلنا من المشعات الحرارية تكون على شكل أشعة تحت حمراء بتواتر محدد مختلف تماماً.

يرتبط التواتر مع الطول الموجي وفق العلاقة:

$$\upsilon = \frac{C}{\lambda}$$

C: سرعة الضوء في الخلاء.

مثال توضيحي (I-3):

يبلغ تواتر الضوء الأحمر عند الطول الموجي ($\lambda = 550\ nm$):

$$\upsilon = \frac{C}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{8}}{550 \times 10^{-9}} \approx 5.45 \times 10^{14} Hz$$

3. **السرعة:** يرمز لها بالرمز (C)، وأصبح من البديهي أن الأمواج الكهرومغناطيسية تتحرك بسرعة الضوء في الخلاء والتي تبلغ:

$$C = 299792458\ m/s\ \approx 3 \times 10^8\ m/s$$

أما في الأوساط المادية، فتعطى سرعة الضوء وفق العلاقة:

$$\vartheta = \frac{C}{n}$$

حيث تمثل (n) معامل انكسار الوسط، على سبيل المثال: في الماء ($n \approx 1.33$)

يتبين من خلال ما سبق، أن الأشعة ذات الطول الموجي القصير تمتلك تواتر عالي، وكلما ازداد طول الموجة كلما كان تواتر الإشعاع أصغر.

الجدول (I-6) يوضح أهم أنواع الأمواج الكهرومغناطيسية، ونلاحظ من خلالهِ أنهُ كلما ازداد التردد، نقص الطول الموجي وازدادت الطاقة المرافقة.

الجدول (I-6): بعض خصائص الأمواج الكهرومغناطيسية

النوع	الطول الموجي	التردد	الطاقة	مثال على التطبيق
أشعة غاما	< 0.01 nm	> 30 EHz	> 124 keV	العلاج الإشعاعي
الأشعة السينية	0.01–10 nm	30 PHz–30 EHz	124 eV–124 keV	التصوير الطبي
فوق بنفسجي	10–400 nm	750 THz–30 PHz	3.1–124 eV	تعقيم المياه
الضوء المرئي	400–700 nm	430–750 THz	1.77–3.1 eV	الإضاءة، الرؤية
تحت الأحمر	700 nm–1 mm	300 GHz–430 THz	1.24 meV–1.77 eV	التصوير الحراري
الميكروويف	1 mm–1 m	300 MHz–300 GHz	1.24 μeV–1.24 meV	أفران الميكروويف
موجات الراديو	> 1 m	< 300 MHz	< 1.24 μeV	البث الإذاعي

لا تحتاج الأمواج الكهرومغناطيسية إلى وسط مادي لانتشارها، فهي تنتقل بأقصى سرعة في الفراغ، والخصائص التي تتمتع بها تفسر العديد من الظواهر مثل الانعكاس، الانكسار، والانعراج، إضافة إلى خصائص تفاعلية عديدة في حقل الكيمياء.

I-5 - مراحل التفاعل الكيميائي الضوئي Steps of Photochemical Reaction

من خلال ما سبق، نجد أن التفاعل الضوئي هو تفاعل كيميائي يبدأ بامتصاص الضوء كشكل من أشكال الطاقة، بحيث يتم إطلاق حالات الذروة المؤقتة أثناء امتصاص الجزيئات للضوء مما ينتج عنه اختلافات فيزيائية وكيميائية في الخصائص إلى حد كبير عن الجزيئات الحقيقية.

يعبر عن التفاعل الكيميائي الضوئي، بشكلهِ العام، وفق ما يلي:

$$R + hv \rightarrow R^*$$

حيث أُعتبر أن هذا التفاعل يتم على مرحلتين:

- **المرحلة الأولى:** تتضمن التفاعل الأولي الحاصل نتيجة امتصاص الضوء، مما يؤدي لتنشيط جزيئات التفاعل عن طريق الانتقال للحالة المثارة الكترونياً (R^*).
- **المرحلة الثانية:** تتضمن التفاعل الثانوي (أو سلسلة التفاعلات الثانوية)، الذي يوصف بأنهُ تفاعل حراري للحالة المثارة الكترونياً، يؤدي إلى تغيير كيميائي ضوئي للجزيئات المنشطة، بينما تعتبر التفاعلات المظلمة هي تفاعلات حرارية للحالة الأرضية.

مثال توضيحي (I-4):

لو أخذنا مزيج من غازي الهيدروجين (H_2) والكلور (Cl_2)، فإن هذا المزيج يبقى دون تغيير مع مرور الوقت بغياب الضوء، أي لا يحدث أي تفاعل بين الغازين:

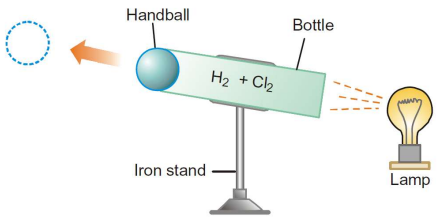
$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{Dark} No\ Reaction$$

لكن عند التعرض للضوء يحدث بينهما تفاعل مع دوي انفجار وفق ما يلي:

$$Cl_2 + H_2 \xrightarrow{Light} 2HCl$$

يوضح الشكل (I-4) التجربة التي تثبت هذه الفكرة، حيث يتم ملئ الزجاجة بكميات متساوية من الهيدروجين (H_2) والكلور (Cl_2)، ويتم إحكام إغلاقها بواسطة كرة صغيرة، فعند تشغيل المصباح يسقط شعاع من الضوء على الخليـــط من خـــلال الجزء السفلي من الأنبوبة الزجاجيـة، مما يؤدي لحدوث التفاعل مترافقاً مع انفجار، ويتم طرد الكرة مع ارتفاع السرعة بحيث تضرب الجدار المقابل، إن الآلية المقترحة كمرحلة أولى تكون وفق التفاعل:

$$Cl_2 + hv \rightarrow 2Cl^*$$



الشكل (I-4): الحبابة الزجاجية المستخدمة في دراسة تأثير الضوء على غاز الكلور.

حيث تمثل (Cl^*) ذرات الكلور المنشطة، ويتضح من التفاعل أعلاه أن المرحلة الثانية يمكن أن تتم بغياب الضوء، أي تفاعل ذرات الكلور المنشطة مع الهيدروجين:

$$2Cl^* + H_2 \rightarrow 2HCl$$

لكن هذا التبسيط، باعتبار التفاعل الكيميائي الضوئي يتكون من مرحلتين، يخفي التفاصيل المهمة في التفاعل، مثل دور الحالات المثارة الوسيطة، لذلك تم اعتبار التفاعلات الضوئية مكونة من أربع مراحل أساسية مترابطة:

1. **امتصاص الضوء**: تمتص الجزيئة المدروسة (كلوروفيل أو جزيء عضوي) فوتوناً، مما يؤدي إلى رفعها لحالة الكترونية مثارة.
2. **التوزيع اللاحق للطاقة**: حيث تنتقل الطاقة الممتصة من قبل الجزيء لتتحول إلى اهتزازات جزيئية (فقد حراري)، وانتقال الكتروني (تفاعل كيميائي).
3. **الانتقال الإلكتروني أو التفاعل**: في هذه المرحلة يتم تكوين نواتج أولية مثل الجذور الحرة، أو الشوارد في تفاعلات الأكسدة.
4. **العودة إلى الحالة الأساسية**: كمرحلة نهائية تتضمن إطلاق الطاقة المتبقية على شكل ضوء (عملية فلورة أو فسفرة)، أو على شكل حرارة.

مثال توضيحي (I-5):

في عملية التمثيل الضوئي (البناء الضوئي)، تبدأ المرحلة الأولى بامتصاص الضوء الأحمر من قبل الكلوروفيل، مما يؤدي إلى انتقال الإلكترون لمستوى طاقة أعلى مكوناً حالة مثارة، حيث تتم بعدها مرحلة التفاعل عبر نقل الإلكترون لتحويل غاز (CO_2) إلى سكريات، وكمرحلة رابعة وأخيرة تتم عملية العودة عبر إطلاق غاز (O_2) كمنتج ثانوي.

ستتوضح معنا مراحل التفاعل الكيميائي بشكل أكبر من خلال الفصول القادمة من هذا المقرر، عبر المخططات العامة والعملية للتفاعل الكيميائي الضوئي، ومساراتهِ.

I-6 - العمليات الأساسية لتفاعل المادة والضوء Basic Processes of the interaction of Matter and Light

لا يقتصر التفاعل الكيميائي الضوئي الحاصل بين المادة والضوء على شكل واحد لعملية ضوئية، إنما هناك ثلاث عمليات أساسية لتفاعل المادة والضوء، التي يمكن أن تحفز نقل الإلكترون بين حالتين للطاقة الكوانتية، سواء من سوية طاقية منخفضة باتجاه سوية ذات مستوى طاقة أعلى، أو العكس، وتمتاز كل عملية من العمليات الثلاث بخصائص محددة

ترتبط بنوع التفاعل، وتحدد شكل النواتج، كما تشكل هذه العمليات أساس البصريات الكمومية وتطبيقاتها في الكيمياء الضوئية.

I-6 -1- امتصاص الضوء Light Absorption

يمكن لفوتون، لديه طاقة مساوية لفرق الطاقة بين حالتين إلكترونيتين، أن يستخدم طاقتهِ لنقل إلكترون من مستوى الطاقة الأدنى إلى مستوى الطاقة الأعلى، مما ينتج عنه حالة من الإثارة الإلكترونية وفق المخطط التالي:

يتم تدمير الفوتون بالكامل في هذه العملية، وتصبح طاقتهُ جزءاً من الطاقة الكلية للأنواع الممتصة، يعبر عن هذه الحالة بالمعادلة:

$$R + hv_{12} \rightarrow R^*$$

hv_{12}: طاقة الفوتون المساوية لفرق الطاقة بين السويتين الإلكترونيتين الأولى والثانية، ونلاحظ أن آلية امتصاص الضوء يجب أن تشتمل على ما يلي:

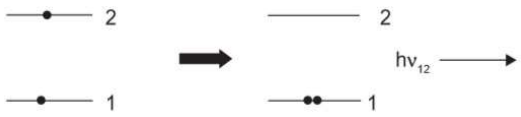
1. وصف مفصل للأحداث الأولية، كما هو محدد في تصنيف مسارات التفاعل الكيميائي الضوئي، إضافة للمجال الكوانتي، وبالتالي ثوابت جميع العمليات الضوئية والكيميائية الضوئية ذات الصلة.
   1. المعلومات حول البنى الكيميائية (الهياكل).
   2. مصير العملية التفاعلية وعمرها.

عندما يمر الضوء عبر وسط محدد، يتم امتصاص جزء منه فقط، هذا الجزء الممتص من الضوء هو المسؤول عن حدوث التفاعلات الكيميائية الضوئية.

جميع المعلومات والعمليات التي تخص هذه الآلية وغيرها، سندرسها لاحقاً بشكل مفصل في هذا المقرر.

I-6 -2- الانبعاث التلقائي Spontaneous Emission

يحدث عندما تصدر ذرة أو جزيء مثار فوتوناً ذو طاقة تساوي فرق الطاقة بين الحالتين، دون تأثير ذرات أو جزيئات أخرى وفق المخطط التالي:



يعبر عن هذه الحالة بالمعادلة:

$$R^* \rightarrow R + hv_{12}$$

والنتيجة، عودة الجزيء المثار تلقائياً إلى الحالة الطبيعة، مع إطلاق فوتون عشوائي الاتجاه والطور، ونلاحظ هذا النوع من الانبعاثات أثناء عملية الفلورة، مثل انبعاث ضوء من الأصباغ كصباغ الفلورسين، أو أثناء عملية الفسفرة مثل الإشعاع المتأخر في ساعة اليد المضيئة، من أهم خصائص الانبعاث التلقائي، انتاج ضوء غير متماسك يتمتع بالخصائص التالية:

1. أوقات عشوائية: أي لا يمكن التنبؤ باللحظة الدقيقة التي ستنبعث فيها الفوتونات من الذرات المختلفة، حيث تطلق كل ذرة الفوتون بشكل مستقل عن الأخرى، مما يجعل العملية عشوائية.

2. ينتشر في جميع الاتجاهات: حيث تنشر الفوتونات المنبعثة في جميع الاتجاهات، وليس لها اتجاه محدد.

3. خارج الطور (غير مترابط في الطور): حيث لا يوجد علاقة طورية بين الفوتونات المنبعثة من ذرات مختلفة، أي لا تطابق أو تزامن بين القمة (أعلى نقطة) والقاع (أخفض نقطة) للموجة الضوئية، وينطبق ذلك على الفوتونات المنبعثة من ذات الذرة في أوقات مختلفة، وسبب عدم التزامن في الأطوار يأتي من كون أن كل ذرة تطلق فوتوناً عشوائياً دون التنسيق مع الذرات الأخرى، وبالتالي تكون النتيجة موجات ضوئية غير متزامنة.

لا يمكن استخدام الضوء الناتج عن الانبعاثات التلقائية في تطبيقات تحتاج إلى تداخل منتظم مثل الهولوغرام، إلا أنه هام جداً في حياتنا اليومية، مثل المصابيح الكهربائية التي تطلق ملايين الفوتونات في كافة الاتجاهات.

I-6 -3- الانبعاث المحفز Stimulated Emission

يحدث هذا الانبعاث عندما يتفاعل فوتون ذو طاقة مساوية لفرق الطاقة بين حالتين مع ذرة أو جزيء مثار وفق ما يلي:

أي يجب أن تمر فوتونات خارجية بذرة مثارة، بحيث تكون طاقة هذا الفوتون مساوية بالضبط لفرق الطاقة بين المستويين المثار والأدنى للذرة، ويعبر عن هذه الحالة بالمعادلة:

$$R^* + h\upsilon_{12} \rightarrow R + 2h\upsilon_{12}$$

من أهم خصائص الانبعاث المحفز، انتاج ضوء متماسك يمكن التحكم فيه بدقة، ويبقى مركزاً في حزمة ضيقة، يتمتع بالخصائص التالية:

1. نفس الطور: حيث أن الفوتون الجديد المنبعث يكون متماثلاً في الطور مع الفوتون المحفز، أي أن قمم الموجيتين الضوئيتين وقاعهما يتطابقان تماماً (ترابط طوري).

2. نفس الاتجاه: حيث يتحرك الفوتون الجديد بنفس اتجاه الفوتون المُحفِز، على عكس الانبعاث التلقائي حيث يتحرك في اتجاهات عشوائية.

3. نفس التردد والطاقة: جميع الفوتونات الناتجة لها نفس التوتر (υ)، لأنها ناتجة عن نفس الانتقال الطاقي $(E_2 - E_1)$.

وبالتالي، الأمواج الضوئية تعزز بعضها البعض (تداخل بناء)، فتشكل أساس عمل الليزر، لأن الليزر يعتمد على تضخيم الضوء عبر الانبعاث المحفز.

مثال توضيحي (I-6):

تُثار ذرات الوسيط الليزرية (بلورة ياقوت أو غاز CO_2)، إلى مستويات طاقة عالية، ثم تمر فوتونات بادئة عبر الوسيط، فتُحفِز ذراتهِ المثارة على إطلاق فوتونات جديدة، حيث تتكرر العملية في تجويف مرآتي الليزر (إحداهما شبه شفافة)، مما ينتج حزمة ضوئية قوية ومتماسكة، ذات تردد واحد وتنتشر دون تشتت.

وجدنا من خلال ما سبق أن التفاعل الضوئي يترافق مع حالة إثارة للجزيء، هذه الحالة قد تترافق ببعض الظواهر، فما هي؟

I-7 - الظواهر المترافقة مع حالة الإثارة الإلكترونية Phenomena associated with an electronic excitation state

تنتج حالة الإثارة الإلكترونية كما وجدنا عند امتصاص الضوء نتيجة اكتساب طاقة الفوتون التي تكون كافية لنقل الإلكترون من سويتهِ الطاقية الأرضية المستقرة إلى سوية طاقية أعلى تعتمد على طاقة الفوتون الممتص، وهذه العملية غالباً ما يرافقها مجموعة من التغيرات الكيميائية أو الفيزيائية يمكن ايجازها وفق ما يلي:

- في بعض الأحيان، يمكن أن تؤدي الإثارة الإلكترونية Electronic Excitation إلى تغييرات كيميائية، مثل تلاشي الأصباغ Fading of Dyes، أو التمثيل الضوئي في النباتات Photosynthesis in plants، أو اسمرار البشرة Suntans، أو حتى تحلل الجزيئات Degradation of Molecules.
- في حالات أخرى، قد تتعرض الحالة المثارة الكترونياً لإلغاء تنشيط عدد من العمليات الفيزيائية، مما ينتج عنه انبعاث الضوء Light Emission (التلألؤ Luminescence)، أو تحويل الطاقة الزائدة Excess energy إلى حرارة، حيث يتم إعادة تشكل الحالة الأرضية الأصلية.
- يمكن أن تتفاعل الحالات المثارة الكترونياً أيضاً مع جزيئات الحالة الأرضية، مما يؤدي إلى تفاعلات نقل الطاقة أو نقل الإلكترون شريطة استيفاء معايير معينة Certain Criteria.

من خلال ما سبق في هذه المحاضرة، يمكننا تعريف الكيمياء الضوئية كالتالي:

تعريـــــــف:

الكيمياء الضوئية Photochemistry

هي دراسة التفاعلات الكيميائية والتغيرات الفيزيائية التي تنتج عن التفاعل الحاصل بين المادة والضوء المرئي أو فوق البنفسجي.

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

تطرقنا في هذه المحاضرة للمحة عامة عن الكيمياء الضوئية مع ذكر بعض الأمثلة الشائعة حول أهمية هذا الفرع من الكيمياء وتطبيقاته، ووجدنا أن هناك اختلافات جوهرية بين التفاعلات الكيمائية الضوئية والحرارية، وأن التفاعلات الضوئية تمتاز بأنها تتم على أكثر من مرحلة (تفاعل أولي وتفاعل ثانوي)، كما تطرقنا لأهم التعاريف والوحدات المستخدمة في هذا الحقل، وأيضاً لطبيعة المادة والضوء وأهم الواحدات الشائعة لطاقة الفوتونات.

أيضاً تم مناقشة مراحل التفاعل الكيميائي الضوئي، ووجدنا أنه يتضمن 4 مراحل، تبدأ بامتصاص الضوء كمرحلة أولى، ثم التوزيع اللاحق للطاقة، الانتقال الإلكتروني، ومن ثم العودة للحالة الأساسية كمرحلة أخيرة.

أيضاً تم التعرف على أهم العمليات الأساسية لتفاعل المادة والضوء، والتي تم تصنيفها بين امتصاص الضوء، الانبعاث التلقائي، والانبعاث المحفز، مع مناقشة أهم الاختلافات فيما بينها، ووجدنا أنه في حالة الانبعاث التلقائي نحصل على ضوء غير متماسك، في حين أن الانبعاثات المحفزة تنتج ضوءاً متماسكاً والذي يعتبر أساس عمل الليزر.

في ختام المحاضرة بينا أهم الظواهر المترافقة مع حالة الإثارة الإلكترونية.

"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 يوم الأحد تاريخ 2025/10/19 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ مبادئ الكيمياء الضوئية.
- ✓ العائد الكمومي

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 كـــده

مكتبة A to Z