كلية العلوم

القسم :الكيمياء

السنة : الرابعة

المادة : كيمياء ضوئية

المحاضرة : الثامنة /نظري/د. سعود

{{ مكتبة A to Z }}

2024 2025

Facebook Group : مكتبة A to Z

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 الثامنة	الكيمياء الضوئيـــــة	الاثنين: 9/12/2024
قســـــم الكيمياء السنة الرابعة - الفصل الأول 2025 - 2024	الفصل الرابع العمليات الإشعاعية للحالات المثارة Radiative Processes of Excited States	د. سعود عبد الحليم كده

تتضمن هذه المحاضرة:

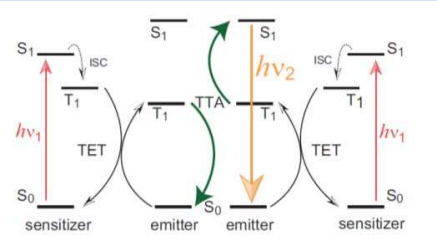
2515 كلمة تشمل: 13660 حرف موزعة ضمن: 10 صفحات

الهدف التعليمي من المحاضرة الثامنة
Educational Goal

في نهاية هذا المحاضرة ستكون قادر على فهم:

- ✓ الفسفرة وطيف الفسفرة والعائد الكمومي لها.
- ✓ الفلورة المؤجلة وأشكالها.
- ✓ آلية دكستر لنقل الطاقة.

جميع الحقوق محفوظة لأصحابها من حيث الاقتباس والصور على الشبكة العنكبوتية



الإبادة الثلاثية – الثلاثية

يمكن استخدام قياس شدة الفلورة Fluorescence Intensity في التحليل الكمي Quantitative Analysis للمركبات المفلورة، حيث تكون شدة الفلورة متناسبة مع تركيز المركب Concentration of Compound، وبسبب الحساسية العالية والانتقائية Selectivity، يتم استخدام التقنيات التحليلية القائمة على كاشف Detection الفلورة، لنرى الآن من خلال الفقرة الأولى كيف نطبق الفلورة الجزيئية في الكيمياء التحليلية.

المحتوى	الصفحة
الفلورة الجزيئية في الكيمياء التحليلية.	86
الفسفرة.	87
الفلورة المؤجلة.	90
الفلورة المؤجلة من النوع – P	90
الفلورة المؤجلة من النوع – E	92

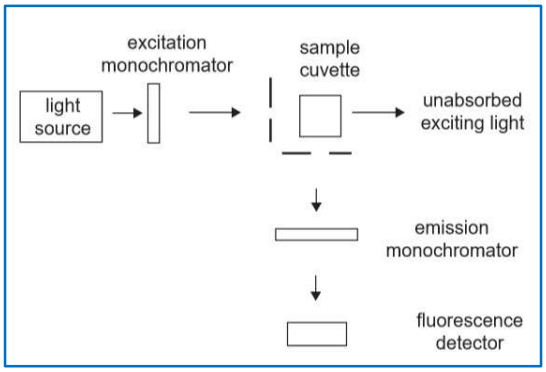
يمكن متابعة المادة والاستفادة أكثر من خلال قناة PHOTOCHEMISTRY على تطبيق تلغرام وفق الرابط:
@Photochemistry_tartousuniv

IV-1-4- الفلورة الجزيئية في الكيمياء التحليلية

MOLECULAR FLUORESCENCE IN ANALYTICAL CHEMISTRY

كما وجدنا تكون **شدة الفلورة متناسبة مع تركيز المركب** Concentration of Compound، وبسبب الحساسية العالية والانتقائية Selectivity، يتم استخدام التقنيات التحليلية القائمة على كاشف Detection الفلورة، لنرى كيف يكون تطبيق ذلك في الكيمياء التحليلية:

إذا كان المركب المستهدف Target Compound **"قابل للفلورة"**، فمن الممكن أن يكون التحديد المباشر لانبعاث الفلورة ممكناً باستخدام مقياس تحديد الفلورة **الشكل (IV-5)**.



الشكل (IV-5):
الأجزاء الرئيسية لمقياس الفلورة Fluorimeter

يستخدم محدد اللون لعملية الإثارة Excitation Monochromator لتحديد الأطوال الموجية المناسبة للإثارة والانبعاث، حيث يتم وضع الكاشف Fluorescence Detector في الزاوية اليمنى لمسار الضوء الساقط، وهكذا فإن الفلورة التي تنبعث في جميع الاتجاهات تسقط على الكاشف بعد المرور على محدد لون الانبعاث دون الكشف عن أي أضواء عرضية (خارجية).

العديد من الأمثلة على التحديد المباشر للمركبات عن طريق قياس الفلورة يمكن أن نشاهدها.

على سبيل المثال:

أحد نماذج أجهزة قياس طيف الفلورة

يحتوي البول Urine (من المرضى الذين يعانون من اضطرابات الكلى Kidney disorders) على مستويات عالية بشكل غير طبيعي من هرمونات الأدرينالين Adrenaline، النور أدرينالين Noradrenaline والدوبامين Dopamine، حيث يمكن فصل المركبات الثلاثة باستخدام الكروموتوغرافيا السائلة عالية الأداء **HPLC**، يليه قياس شدة الفلورة عند (**310** nm) (الطول الموجي للإثارة **286** nm).

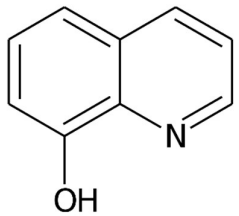
ومع ذلك، فإن معظم الجزيئات والشوارد لا تظهر أي فلورة، ولذا فمن الضروري اللجوء Resort إلى طرق أخرى في هذه الحالات.

يمكن استخدام طرق الاشتقاق Derivatisation Methods عندما تكون المادة المهتمين بها غير مشبعة، ولكن يمكن تحويلها إلى مشتق مشبع بالتفاعل مع كاشف مناسب (لا يمتلك فلورة).

نتيجـــــــــــة:
استخدام الكواشف المعقدة التي تحتوي على مجموعتين وظيفيتين هي طريقة فعالة تستخدم لتحديد شاردة المعدن عن طريق قياس الفلورة.

على سبيل المثال:

8 -هيدروكسي كينولين 8-hydroxyquinoline الموضح في **الشكل (6-IV)** يشكل معقدات مع عدد كبير من شوارد المعادن.



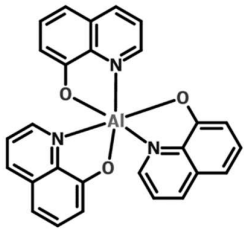
الشكل (6-IV):
8- هيدروكسي كينولين
8-hydroxyquinoline

8 -هيدروكسي كينولين غير قابل للفلورة لأن:

إلكتروناتهِ غير الرابطة تؤدي إلى الحالة المثارة (n,π^*).

ومع ذلك عندما ترتبط هذه الإلكترونات بشوارد Al^{+3}، يكون المركب المتشكل **الشكل (7-IV)** قابل للفلورة للأسباب التالية:

1. تشكيل حلقة مما يزيد من صلابة الجزيء.
2. الزوج الإلكتروني المتبرع به للمعدن **(من قبل ذرة الآزوت)** يزيل احتمالية الحالة المثارة المنخفضة الوضعية **(n,π^*)**، والتي من شأنها أن تجعل الكاشف نفسهُ عديم الفلورة.



الشكل (7-IV):
معقد Complex قابل للفلورة

2-IV- الفسفرة PHOSPHORESCENCE

تنشأ الفسفرة نتيجة للانتقال الإشعاعي بين حالات التعددية المختلفة $(T_1 \rightarrow S_0)$.

بما أن العملية ممنوعة الدوران (السبين)، فإن الفسفرة لها ثابت نسبة K_p أقل بكثير من ثابت النسبة Rate constant بالنسبة لعملية الفلورة K_f.

$$K_f(\sim 10^6 - 10^9 s^{-1}) > K_p(10^{-2} - 10^4 s^{-1})$$

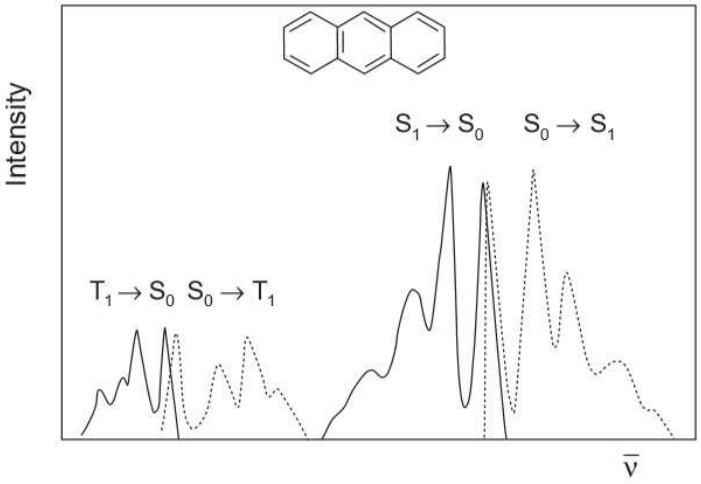
نتيجـــــــــــة:
إن تشكل حالات الإثارة الثلاثية عن طريق الامتصاص المباشر الأحادي -الثلاثي هي عملية غير فعالة حيث أنها ممنوعة سبينياً، بدلاً من ذلك:
يتم ملء السويات الثلاثية بشكل غير مباشر عن طريق الإثارة للسوية الأحادية، تليها عملية العبور عبر الأنظمة للسوية الثلاثية.

ما هي العمليات التي تحدث لاحقاً؟

عندما يتم ملء Populated الحالة الثلاثية المثارة، قد يحدث استرخاء اهتزازي سريع Rapid Vibrational Relaxation وربما يحدث التحويل الداخلي (في حالة حدوث الانتقال بالعبور عبر الأنظمة إلى سوية ثلاثية مثارة ذات طاقة أكبر من T_1)، وبالتالي سوف يحدث استرخاء للجزيء المثار إلى أدنى مستوى اهتزازي للحالة T_1، حيث يمكن عندها أن يحدث **انبعاث الفسفرة وفقاً لقاعدة كاشا**.

نتيجـــــــــــة:
الفسفرة محظورة السبين (الدوران)
بالتالي فإن انبعاث الفسفرة أقل كثافة وسرعة من عملية انبعاث الفلورة.

هذه النتيجة تظهر كما هو موضح في **الشكل (8-IV)**:



الشكل (IV-8):
طيف الامتصاص (الخط المنقط) وطيف الانبعاث (الخط المستمر) للأنثراسين في محلول السيكلوهكسان Cyclohexane

لاحظ أنه في **الشكل (IV-8)** تم رسم شدة الامتصاص **(معامل الامتصاص المولي)** والانبعاثات بدلالة العدد الموجي، والذي يتناسب مع الطاقة.

نتيجـــــــــة:

نظراً لأن T_1 يتوضع في طاقة أقل من S_1، لذلك:

يتواجد طيف التفسفر دائماً عند أعداد موجية أقل (الأطوال الموجية الأطول) من طيف الفلورة.

ولأن الامتصاص $(S_1 \rightarrow T_1)$ يمتلك معامل امتصاص مولي صغير جداً، فإننا نتوقع (بسبب العلاقة العكسية Inverse relation بين ε و τ_0) أن تكون الحالة T_1 ذات عمر تلألؤ أكبر بكثير من الجزيئات نفسها في الحالة S_1.

فماذا يعني هذا؟

هـــــــــام:

نتيجةً لعمر التلألؤ الأطول للحالة T_1، تكون الحالة T_1 معرضة بشكل خاص للإخماد، بحيث لا تتم ملاحظة التفسفر في محلول السائل بسهولة، لأنهُ يتم إخماد الحالة T_1 قبل حدوث الانبعاث.

يتضمن الإخماد Quenching في المحلول نشر لجزيئين T_1 أو جزيء T_1 وجزيء أكسجين مذاب أو جزيء شوائب، لذلك من أجل مراقبة التفسفر من الضروري تقليل أو منع عمليات النشر Diffusion Processes، حيث أن **التقنيات المستخدمة في الغالب هي:**

1. تجميد المحلول عن طريق الغمس Immersion في النيتروجين السائل **77 K** مع التأكد من أن المذيب المستخدم لا يؤدي إلى تكوين مادة صلبة معتمة Opaque Solid بل يتم تشكيل مادة صلبة زجاجية Glassed solid.

تذكر هذا

من المحاضرة السابقة

المجموعات الفرعية لها تأثير ملحوظ على العائد الكمومي للفلورة للعديد من المركبات، حيث تعمل المجموعات المانحة للإلكترونات مثل: **(-OH, $-NH_2$, $-NR_2$)** على تعزيز فعالية الفلورة.
في حين أن المجموعات الساحبة للإلكترونات مثل: **(-CHO, $-CO_2H$, $-NO_2$)** تقلل من عائد الفلورة الكمومي.

يزيد وجود ما يسمى بالذرات الثقيلة مثل البروم Bromine Br أو اليود Iodine I في أي من الجزيئات الأصلية (تأثير ذرة ثقيلة داخلية Internal) أو المذيب (تأثير ذرة ثقيلة خارجية) من احتمال النقل عبر الأنظمة (**التقاطع**) بزيادة مقدار اقتران مدار –دوران.

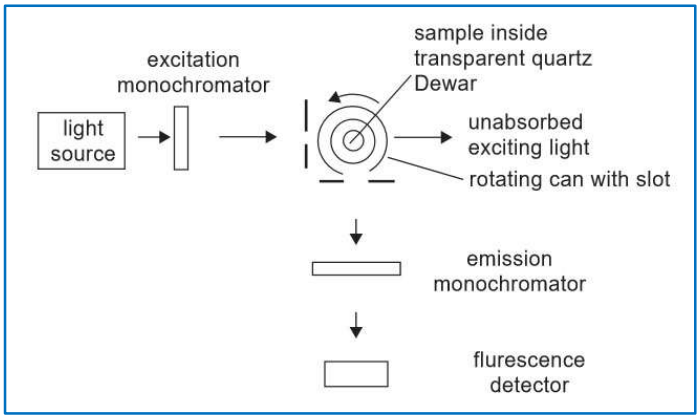
محاضرة اليوم

استخدام الكواشف المعقدة التي تحتوي على مجموعتين وظيفيتين هي طريقة فعالة تستخدم لتحديد شاردة المعدن عن طريق قياس الفلورة.

إن تشكل حالات الإثارة الثلاثية عن طريق الامتصاص المباشر الأحادي -الثلاثي هي عملية غير فعالة حيث أنها ممنوعة سبينياً، بدلاً من ذلك، يتم **ملء السويات الثلاثية بشكل غير مباشر عن طريق الإثارة للسوية الأحادية، تليها عملية العبور عبر الأنظمة للسوية الثلاثية.**

بالإصرار تصل لهدفك ولو كان الطريق يبدو مستحيلاً

يتم تحديد الفسفرة باستخدام جهاز قياس الفسفرة ذو العلبة الدوارة Rotating-Can **الشكل (IV-9)**.



الشكل (IV-9):
مخطط تفصيلي لجهاز قياس الفسفرة ذو العلبة الدوارة

بالإضافة إلى الفسفرة، تكون الفلورة حاضرة بشكل طبيعي، حيث يتم الفصل بين شكلي التلألؤ (الفلورة والفسفرة) من خلال استغلال حقيقة أن حالات T_1 أطول عمراً من حالات S_1، ولذا فإن الفسفرة تستمر لفترة طويلة بعد تلاشي الفلورة.
يتم ضبط دوران العلبة الدوارة بحيث يتم حظر المسار إلى الكاشف Detector عندما يصل الضوء المثير إلى العينة، ويفتح عندما يتم حظر الضوء المثير وانحسار عملية الفلورة (تلاشيها).

2. الفسفرة عند درجة حرارة الغرفة Room Temperature phosphorescence (**RTP**)، حيث يتم تشتيت Dispersing المركب المراد فحصهُ Under Investigation ضمن قالب بوليميري شفاف مثل البيرسبيكس Perspex.

هـــــــــام:
نظراً لأن الحالة الثلاثية يتم إنتاجها عن طريق العبور بين الأنظمة من S_1، فليس كل الفوتونات الممتصة تؤدي إلى حالة T_1 القادرة على إصدار الفسفرة.

يتم إعطاء العائد الكمومي للحالة الثلاثية وفق ما يلي:

$$\boldsymbol{\phi_T = k_{isc(ST)}/(k_{isc(ST)} + k_{ic} + k_f) = k_{isc(ST)}\ {}^1\tau}$$

إن الجزء من الحالة الثلاثية الذي يخضع لعملية الفسفرة يمكن التعبير عنه بالفعالية الكوانتية للفسفرة phosphorescence quantum efficiency وفق ما يلي:

$$\boldsymbol{\theta_P = k_p/(k_p + \sum k_{nr(ST)})}$$

حيث: $\boldsymbol{k_{nr(ST)}}$ ثوابت الانتقالات غير المشعة بين حالة الإثارة الأحادية والثلاثية.

يعطى العائد الكمومي للفسفرة (جزء من الفوتونات المنبعثة من T_1 عندما يتم إثارة S_1) وفق العلاقة:

$$\boldsymbol{\phi_p = \phi_T \theta_P}$$

يمكن تحديد قيمة العائد الكمومي للفسفرة من خلال قياس طيف التلألؤ الكلي total luminescence spectrum تحت إشعاع ثابت Steady Irradiation.

إذا كان العائد الكمومي للفلورة معروفاً، عندها يمكن إيجاد العائد الكمومي للفسفرة من خلال مقارنة المناطق النسبية Relative Areas تحت طيفي التصحيح (الطيوف الخاصة بكل انبعاث).

IV-3- الفلورة المؤجلة DELAYED FLUORESCENSE

في بعض المركبات، لوحظ انبعاث ضعيف له نفس الخصائص الطيفية (الأطوال الموجية والكثافة النسبية) التي تشبه الفلورة، لكن مع العمر المميز للفسفرة، وهو ما يدعى بالفلورة المؤجلة (تأخر الفلورة).
يتم استخدام آليتين لحساب التأخر في الفلورة:

IV-3-1- الفلورة المؤجلة من النوع – P
P-type Delayed Fluorescence

يُطلق على هذا النوع من التأخير **النموذج – p** نظراً لأنه تمت ملاحظته أولاً في **البيرين** Pyrene، يُظهر انبعاث الفلورة من عدد من الهيدروكربونات العطرية مكونين لهما أطياف انبعاث متماثلة Identical emission spectra:

- يضمحل أحد المكوّنات بمعدل الفلورة الطبيعي.
- الآخر لديه نصف العمر الافتراضي للفسفرة.

يعطى تأثير الأنواع الثلاثية Triplet في الآلية من خلال حقيقة أن الانبعاث المتأخر Delayed Emission يمكن أن يحدث عن طريق المستشعرات الثلاثية. **الآلية المقبولة هي:**

1. الامتصاص: $S_0 + h\nu \rightarrow S_1$
2. التقاطع عبر النظام: $S_1 \rightarrow T_1$
3. الإبادة الثلاثية – الثلاثية Triplet-Triplet Annihilation:

$$T_1 + T_1 \rightarrow X \rightarrow S_1 + S_0$$

4. الفلورة المتأخرة: $S_1 \rightarrow S_0 + h\nu$

إن الحالة S_1 الناتجة عن عملية الإبادة الثلاثية-الثلاثية هي المسؤولة عن الفلورة المتأخرة (المؤجلة)، وعلى الرغم من أنها تنبعث بنفس نسبة الفلورة الطبيعية، إلا أنهُ:

هـــــــــــام:
يتم كبح اضمحلال الفلورة المؤجلة "المتأخرة" نتيجة استمرار تشكلها وفق الخطوة الثالثة (الإبادة الثلاثية – الثلاثية).

فما هي الإبادة الثلاثية-الثلاثية ؟

تذكر هذا

نظراً لأن T_1 يتوضع في طاقة أقل من S_1، لذلك **يتواجد طيف التفسفر دائماً عند أعداد موجية أقل (الأطوال الموجية الأطول) من طيف الفلورة.**

نظراً لأن الحالة الثلاثية يتم إنتاجها عن طريق العبور بين الأنظمة من S_1، فليس كل الفوتونات الممتصة تؤدي إلى حالة T_1 القادرة على إصدار الفسفرة.

من المحاضرة السابقة
فرق الطاقة بين الحالات المثارة لكل تعدد أقل من الفرق بين الحالة الأرضية (**S=0**) والحالة المثارة الأولى، ينتج عن ذلك أن: **حالات الاهتزاز الأعلى للسويات الإلكترونية المثارة الأخفض تمتلك طاقة مشابهة للسويات الاهتزازية الأخفض للسويات الإلكترونية المثارة الأعلى.**

من محاضرة اليوم
الانبعاث المتأخر Delayed Emission يمكن أن يحدث عن طريق المستشعرات الثلاثية. **الآلية المقبولة هي:**

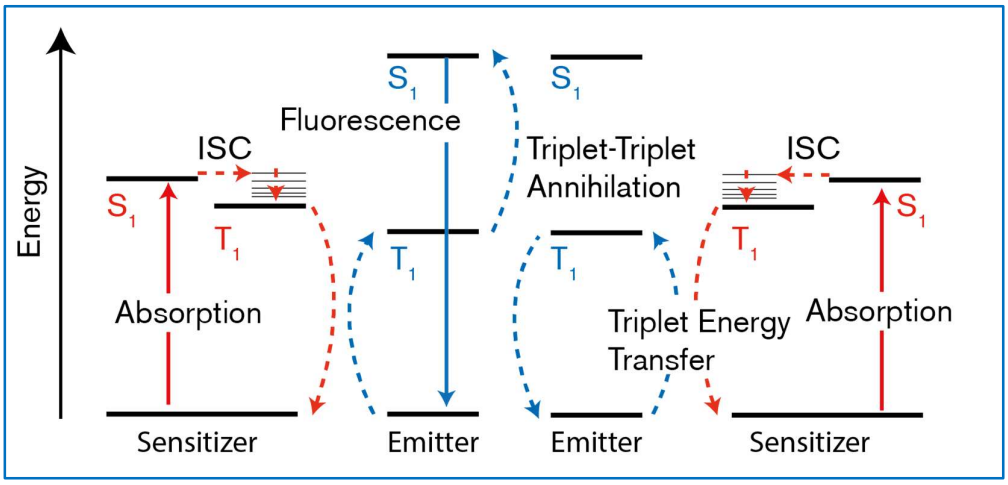
- الامتصاص: $S_0 + h\nu \rightarrow S_1$
- التقاطع عبر النظام: $S_1 \rightarrow T_1$
- الإبادة الثلاثية – الثلاثية: $T_1 + T_1 \rightarrow X \rightarrow S_1 + S_0$
- الفلورة المتأخرة: $S_1 \rightarrow S_0 + h\nu$

اسأل أكثر تتعلم أكثر العلم هو إجابة عن تساؤلات من حولك، قد تغير اجابتك مفاهيمهم ومفاهيمك

➢ الإبادة الثلاثية -الثلاثية (TTA) Triplet – Triplet annihilation

الإبادة الثلاثية -الثلاثية Triplet – Triplet annihilation (**TTA**) هي آلية لنقل الطاقة بين جزيئين في حالتهما المثارة الثلاثية Triplet state، وترتبط بآلية دكستر Dexter لنقل الطاقة.

في حالة حدوث **إبادة ثلاثية-ثلاثية** بين جزيئين في حالتهما المثارة، يقوم جزيء واحد بنقل طاقة حالته المماثلة إلى الجزيء الثاني، مما يؤدي إلى عودة جزيء واحد إلى حالته الأرضية ويتم ترقية الجزيء الثاني إلى حالة مثارة أعلى، أو حالة ثلاثية أو خماسية أعلى **الشكل (IV-10)**.



الشكل (IV-10):

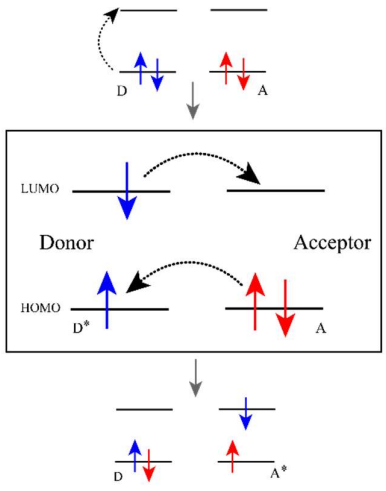
مخطط جابلونسكي تفصيلي يبين عملية الإبادة الثلاثية – الثلاثية وتشكل الفلورة المتأخرة (المؤجلة)

هل يمكنك إخبارنا فيما لو كان طيف الفلورة المتأخرة يمتلك نفس الطول الموجي ؟

آلية دكستر لنقل الطاقة:

يعتبر نقل Dexter للطاقة (يسمى أيضاً نقل Dexter للإلكترون) آلية إخماد فلورة يتم فيها نقل الإلكترون المثار من جزيء واحد (متبرع) إلى جزيء ثان (مستقبل) عبر مسار غير إشعاعي، مما يعني أنه يمكن أن يحدث فقط على مسافات قصيرة، حيث يمكن استبدال الحالة المثارة في خطوة واحدة أو خطوتين منفصلتين **الشكل (IV-11)**.

لاحظ كيف انتقل الإلكترون من السوية الأرضية للمانح Donor إلى السوية المثارة للمستقبل Acceptor لتعود الحالة الأرضية للمانح ممتلئة من جديد من خلال نقل الكترون من الحالة الأرضية للمستقبل.



الشكل (IV-11):

مخطط تفصيلي بين عملية نقل الطاقة وفق دكستر.

IV-2-3- الفلورة المؤجلة من النوع E – E-type Delayed Fluorescence

يدعى هذا النوع من الفلورة المؤجلة بـ:

الفلورة المؤجلة (المتأخرة) المنشطة حرارياً Thermally-activated Delayed Fluorescence

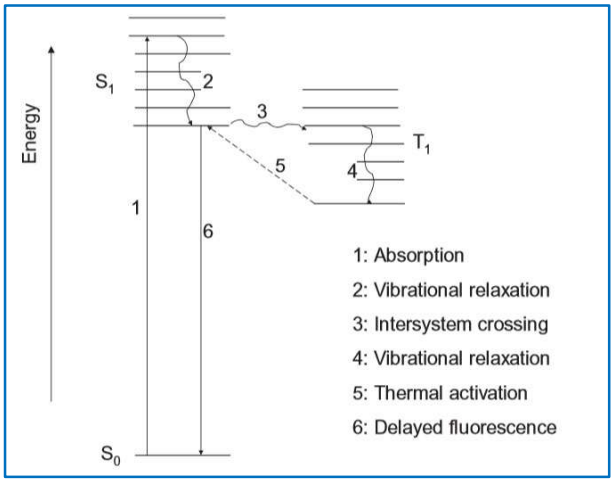
يُطلق على هذا النوع من التأخير **النموذج – E** نظراً لأنه تمت ملاحظته أولاً في **الأيوسين** Eosin.

تقل شدة انبعاث الفلورة المتأخرة الناتجة عن الأيوسين مع انخفاض درجة الحرارة وهذا يشير إلى وجود حاجز طاقة، ونظراً لأن طيف الفلورة المتأخرة يشبه الطيف في الفلورة الطبيعية، يجب أن يحدث الانبعاث من أدنى مستوى للاهتزاز عند S_1، ومع ذلك، فإن حقيقة أن العمر هو سمة الفسفرة يدل على أن الإثارة تنشأ من T_1.

يتطلب تفسير ذلك وجود فجوة صغيرة في الطاقة بين S_1 -T_1، حيث يتم تأهيل T_1 مبدئياً عن طريق التقاطع بين الأنظمة من S_1. ثم يحدث تقاطع بين الأنظمة من T_1 إلى S_1 عن طريق **التنشيط الحراري**.

يوضح **الشكل (12-IV)** التالي مخطط جابلونسكي للفلورة المؤجلة المنشطة حرارياً Thermal Activated.

لاحظ كيف انتقل الإلكترون المثار نتيجة التنشيط الحراري Thermal Activation من الحالة T_1 للحالة S_1 رغم وجود فجوة طاقة أعلى قليلاً، حيث أن الطاقة الحرارية تساعد في هذا النوع من الانتقالات نتيجة منح الإلكترون الطاقة اللازمة لذلك.



الشكل (12-IV):
مخطط جابلونسكي لإلغاء تنشيط جزيء عن طريق الفلورة المتأخرة من النموذج E

مستقبلك يصنعهُ علمك، وعلمك يتطلب منك جهداً كبيراً ليصبح مستقبلك الذي تتمنهُ أقرب

أسئلة امتحانية

EXAMINATION QUESTIONS

نماذج أسئلة امتحانية تتعلق بمحتوى الفصل الرابع الذي تناول:

"العمليات الإشعاعية للحالات المثارة"

السؤال 1:

عرف أو اشرح المصطلحات التالية:

انبعاث الفلورة – انبعاث الفسفرة – العائد الكمومي للفلورة – قاعدة فافيلوف – قاعدة ارموليف.

السؤال 2:

علل ما يلي:

- انبعاث الفسفرة أقل كثافة وأبطأ من انبعاث الفلورة.
- في حالة الأنثراسين في البنزن تحدث الفلورة عند طاقة أخفض (طول موجة أطول) من الإشعاع المثار.
- تغيرات الطاقة التي ينطوي عليها الامتصاص والانبعاث تكون مختلفة.
- يشذ الآزولين عن قاعدة كاشا.
- يتواجد طيف الفسفرة دائماً عند أعداد موجية أقل من طيف الفلورة.
- لا يتم ملاحظة عملية التفسفر في محلول السائل بسهولة.
- ليس كل الفوتونات الممتصة تؤدي على حالة T_1 القادرة على اصدار الفسفرة.
- يتم كبح اضمحلال الفلورة المؤجلة.

السؤال 3:

أجب عما يلي:

- عدد العوامل المساهمة في سلوك الفلورة واشرح واحدة منها؟
- اشرح مفهوم الصلابة الجزيئة التي تعتبر احدى العوامل المساهمة في سلوك الفلورة.
- ما هو تأثير الذرة الثقيلة في سلوك الفلورة.

السؤال 4:

أجب عما يلي:

- تشكل حالات الإثارة الثلاثية عن طريق الامتصاص المباشر الأحادي – الثلاثي هي غير فعالة بسبب كونها ممنوعة سبينياً، كيف تتشكل هذه الحالات إذاً؟
- اشرح آلية دكستر لنقل الطاقة.

السؤال 5:

أجب عما يلي:

- ما هي أهم التقنيات المستخدمة لتقليل أو منع عمليات النشر الذي يتضمنهُ الإخماد في عمليات الفسفرة؟
- عرف كل من عمر حالة الإثارة الأحادية وعمر حالة الإثارة الثلاثية.
- ما هي الآلية التي تتضمنها عملية الفلورة المؤجلة من النوع – P؟
- عرف الإبادة الثلاثية – الثلاثية وارسم مخطط جابلونسكي التوضيحي لها واشرحها باختصار.

عزيزي الطالب: هذه بعض النماذج لتتعلم طريقة السؤال وكيفية الحل

المفاهيم الأساسية للمحاضرة والموجز

Key Concepts and Summary

في بداية هذه المحاضرة تطرقنا لتطبيقات الفلورة الجزيئية في الكيمياء التحليلية اعتماداً على حقيقة أن شدة الفلورة تتناسب مع تركيز المركب الخاضع للفلورة، حيث استخدمت هذه الحقيقة في تصميم كواشف فلورة تعمل على تحديد العلاقة بين هذه النسب.

كما تعرفنا على الفسفرة وطيف الفسفرة، ووجدنا أن ظاهرة الفسفرة هي نتيجة للانتقال الإشعاعي بين حالات التعددية المختلفة ($T_1 \rightarrow S_0$)، وهي عملية ممنوعة الدوران، لذلك يكون ثابت نسبة الفسفرة أصغر كثيراً من ثابت نسبة الفلورة.

كما وجدنا أنه يتم ملء السويات الثلاثية بشكل غير مباشر عن طريق الإثارة للسوية الأحادية ثم عملية العبور عبر الأنظمة للسوية الثلاثية، وأن طيف الفسفرة يتواجد عند أعداد موجية أقل من طيف الفلورة.

وكفقرة أخيرة تناولنا مفهوم الفلورة المؤجلة وأهم أنواعها، حيث لوحظت هذه الظاهرة في بعض المركبات العضوية على شكل انبعاث ضعيف له نفس الخصائص الطيفية (الأطوال الموجية والكثافة النسبية) التي تشبه الفلورة، لكن مع العمر المميز للفسفرة، وأن هذه العملية هي ناتج عن آلية مكونة من ثلاثة مراحل، بدءاً من الامتصاص ثم التقاطع عبر النظام مروراً بعملية تدعى الإبادة الثلاثية – الثلاثية المسؤولة عن كبح اضمحلال الفلورة المؤجلة نتيجة استمرار تشكلها.

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 10 / 12 / 2024 ستتعرف إلى عناوين متعددة منها:

- ✓ دراسة السمات العامة للتحولات الداخلية والانتقال عبر العبور.
- ✓ قانون فجوة الطاقة.

أعدت هذه المحاضرة وفق قواعد الجودة العالمية لمناهج التدريس، كما تم الاستعانة في إعداد هذه المحاضرة بجامعة مانشستر ميتروبوليتان Manchester metropolitan في المملكة المتحدة، وجامعة سانت جونز Saint john's في الولايات المتحدة.

د. سعود كده

مكتبة

مكتبة A TO Z

فرع 1
تجمع الكليات(كلية العلوم)

فرع 2
الكورنيش الشرقي جانب MTN

طباعة محاضرات ـ قرطاسية

Mob:0931 497 960