

## الطرق التجريبية

### Experimental Techniques

#### 1:4 تحضير العينات Sample preparation

• عندما نريد تحليل عينة باستخدام مطياف الأشعة فوق البنفسجية أو المرئية ينبغي أن نأخذ في الاعتبار:

- 1- طريقة تحضير العينة
- 2- ظروف قياس المحلول
- 3- بارامترات المطياف الواجب استعمالها للقياس

يجب أن تفصل المادة المراد تحليلها وتحول إلى مادة قوية الامتصاص تمتلك أشربة امتصاص مميزة في منطقة القياس المتاحة. ولا بد أن تكون المادة مستقرة ولا تتأثر بظروف المحلول. ينبغي أن لا يوجد تداخل مع المكونات الأخرى الموجودة في المحلول. والنظام لا بد أن يتبع قانون بير في مدى واسع من التركيزات، ويجب أن تكون العلاقة الخطية ذات تكرار متطابق **Reproducible** وحساسة لأي تغيرات صغيرة في خصائص الجهاز.

تحضير المحاليل، المذيبات، الخلايا

#### Solution Preparation, Solvents and Cells

المعالجات المناسبة للحصول على محلول للعينة المراد تعيينها تحددها طبيعة العينة، المكون المراد تعيينه، ونوعيات المركبات الأخرى الموجودة، الدقة المطلوبة والزمن الملائم. نفرض أن لدينا محلولاً للمكون الماص، الامتصاص يكون إما خاصة للمحلول الأصلي أو لمشتق كيميائي لهذا المحلول.

## الاستقرار والذوبان Stability and Solubility

لكي تكون المادة المراد تحليلها مناسبة للقياس في منطقة الطيف فوق البنفسجي والمرئي ينبغي أن تتوافر في المحلول المراد قياسه الخصائص التالية:

أ- يكون المركب المراد تحليله مستقرا **Stable** لفترة كافية تسمح لإجراء قياسات دقيقة. من الواضح أنه إذا تغير الامتصاص عند إجراء القياسات فإن النتائج تكون غير دقيقة. وينشأ عدم الاستقرار نتيجة عدة عوامل مثل التأكسد من الهواء، التحلل الفوتو كيميائي أو نتيجة لظروف المحلول مثل المذيب، الرقم الهيدروجيني **PH** والحرارة.

ب- لا تتكون مواد غروية أو مواد غير ذائبة نتيجة التميؤ **Hydrolysis** البطيء أو أي نوع آخر من التفاعل مع المذيب.

التفاعلات التي تؤدي إلى أنظمة غروية أو معلقة من الصعب التحكم فيها وتكون قابلة لتكوين إلكتروليت **Electrolyte** ومكونات أخرى. الإضافات التي تساعد على الاستقرار مثل الأجار **Agar** والجيلاتين تكون كافية جزئيا.

التأثير الرئيسي لوجود الغرويات أو مواد معلقة هو زيادة واضحة في الامتصاص نتيجة تشتت الضوء وحيث إن هذا يعتمد على الطول الموجي، فالتأثير يكون أكثر وضوحا في حالة الأشعة فوق البنفسجية (يعنى أقل من 300 nm) عن الأطوال الموجية الأعلى في منطقة الضوء المرئي (أعلى من 500 nm).

### اختيار المذيب Choice of Solvent

ينبغي أن يتميز المذيب بالخصائص التالية:

- أ- قدرة إذابة عالية.
- ب- تفاعل مستقر مع العينة الماصة.

ومن الناحية البصرية لابد أن يكون المذيب ذا نفاذية عالية في منطقة القياس ويكون نقياً.

والماء هو أكثر المذيبات نفاذية وشائع الاستخدام للمواد القابلة للذوبان فيه ولكن لسوء الحظ فإن جزءاً صغيراً فقط من المواد العضوية يذوب في الماء وفي هذه الحالة تكون في حاجة إلى المذيبات العضوية. والصعوبة التي يمكن أن تقابلها من الناحية العملية في حالة استخدام الماء في الخلايا المغلقة هي تكوين فقاعات هواء وينشأ عن ذلك خطأ في القياس بسبب تشتت الضوء المار بالخلية. الطريقة المثلى هي استخدام مياه مغلية حديثاً (في حينه) للتخلص من تلك الفقاعات. الماء المقطر أو غير المؤين Deionized يكون ذا نقاوة كافية، لكن الماء المخزون في أوعية بلاستيكية قد يحتوى على بعض الشوائب التي تمتص الأشعة فوق البنفسجية.

الكحوليات ( ميثانول، إيثانول، بروبان-2-ol) لديها قدرة عالية على الإذابة وشفافية كافية في منطقة الأشعة فوق البنفسجية ذات التردد المنخفض. كما أن الهيكسان والسيكلوهيكسان هما أيضاً شفافيتهم كافية في منطقة الأشعة فوق البنفسجية ولكن يجب تنقيتها من البترين قبل الاستعمال (بتمريرها على عمود من السيليكا أو هزها Shaking) بمحضر الكبريتيك والبدائل هي استخدام مذيبات نقية.

المذيبات مثل: الميثان ثلاثي الكلور Trichloromethane, الميثان رباعي الكلور Tetrachloromethane, داي إيثيل إيثر Diethyl Ether, داي بيوتيل كاربيتول Dibutyl Carbitol, هي شائعة الاستخدام في تجارب استخلاصات المذيبات، وبالذات في معقدات المعادن، لكن شفائيتها محدودة في منطقة الأشعة فوق البنفسجية الأقل من Diethyl Ether. 300nm داي إيثيل إيثر هو أيضاً غير مناسب لأن لديه تطاير عالٍ. حد الشفافية Cut-Off الفعلي للمذيبات في المنطقة فوق البنفسجية موضح بالجدول (29).

جدول (29) : حد امتصاص المذيبات.

المذيب	الطول الموجي بالنانومتر
هيكسان	199
هيبتان	200
إيزوكتان	202
داى إثيل إيثر	205
إيثانول	207
بروبين -2-01	209
ميثانول	210
سيكلوهيكسان	212
إستونيتريل	213
دايوكسان	216
داى كلوروميثان	233
تتراهدرو فوران	238
تراى كلوروميثان	247
تتراكلوروميثان	257
داى ميثيل سلفوكسيد	270
داى ميثيل فورماميد	271
بترين	280
بيريدين	306
بروبانون	331

### خلية العينة Sample Cells

كما أشرنا من قبل تصنع خلايا المنطقة المرئية من الزجاج (أو من بلاستيك شفاف في حالة قياس الخاليل المائية). ولكن بالنسبة للقياس في منطقة الأشعة فوق البنفسجية أقل من 330 nm يستخدم الكوارتز أو السيليكا المنصهرة إذا لزم الأمر وتصنف الخلايا حسب نوعها، المادة المصنوعة منها، طول المسار الضوئي وأبعادها. ويمكن تقسيم هذه الخلايا إلى:

- 1- خلايا عينات Sampling Cells
- 2- خلايا تدفق Flow Cells
- 3- خلايا مستطيلة Rectangular Cells

خلايا العينات مزودة بأنايب بحيث تملأ وتفرغ بالضغط أو التفريغ دون رفعها من الجهاز. عادة لا بد من تفريغها كاملة قبل إعادة ملئها. وهذا النوع من الخلايا يستخدم في الغالب عندما يراد تحليل عدد كبير من العينات المتماثلة المحتوية على محاليل مستقرة. بعض الأجهزة بما قطع معينة للملأ وتفرغ الخلايا أوتوماتيكيا. وخلايا التدفق Flowcells تستخدم في عمليات الانسياب المستمر وتصمم بحيث أن كل عينة تحل بالكامل محل السابقة. وتستخدم في حالة العينات المتغيرة باستمرار، كما في وحدة الكروماتوجرافي hplc من نوع Auto Analyses. الخلايا المستطيلة Rectangular هي خلايا بسيطة تملأ وتفرغ يدويا، ويمكن رفعها أو عدم رفعها من الجهاز عند إعادة ملئها. والخلية الشائعة 10 mm هي من هذا النوع.

#### 2:4 قانون بير-لامبرت The Beer-Lambert Law

يعد قياس امتصاص المجموعات الكيميائية في المحاليل للأشعة فوق البنفسجية والمرئية، من أهم الطرق الواسعة الاستخدام في التحاليل الكمية المستخدمة في معامل التحاليل. وأساسيات هذه القياسات هي:

- 1- ينبغي أن تكون المجموعات الكيميائية الماصة موجودة بكميات مناسبة.
- 2- اختيار الطول الموجي المناسب لكي تحصل على القياسات الدقيقة للمجموعات الكيميائية الماصة.
- 3- تعيين النسبة بين شدة الأشعة المارة خلال سمك معين للمحلول المحتوى على المجموعات الكيميائية المراد تحليلها وشدة نفس حزمة الأشعة النافذة من نفس المذيب خلال خلية الإسناد Reference Cell.

عندما تنفذ الأشعة من المحلول تكون شدة الأشعة النافذة I. وشدة الأشعة النافذة من المذيب النقي  $I_0$ .

تعرف نسبة شدة الأشعة النافذة من خلية العينة إلى شدة الأشعة النافذة من خلية

المذيب  $(I / I_0)$  بالنفاذية (T)

$$\text{Transmittance ( T )} = I / I_0$$

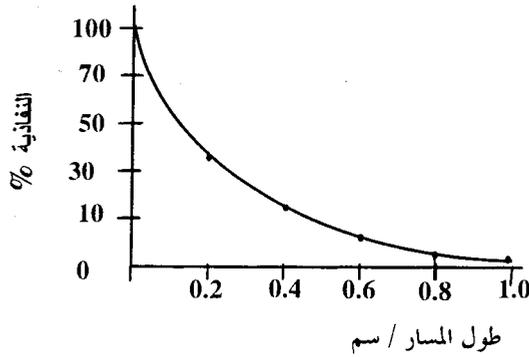
وفي أغلب الأحوال تقاس % T بدلا من T لأن المطياف يعاير على هذا الأساس

$$\% T = 100 T = 100 I / I_0$$

والعلاقة بين % T وسمك المحلول موضحة بالشكل (57). وللحصول على علاقة خطية ينبغي الحصول على دالة لوغاريتمية للنفاذية ومن ذلك نحصل على تعريف الامتصاصية Absorbance A كما يلي:

$$A = \text{Log } I_0 / I = \text{Log } ( 1/ T )$$

$$A = \text{Log } (100/ \% T)$$



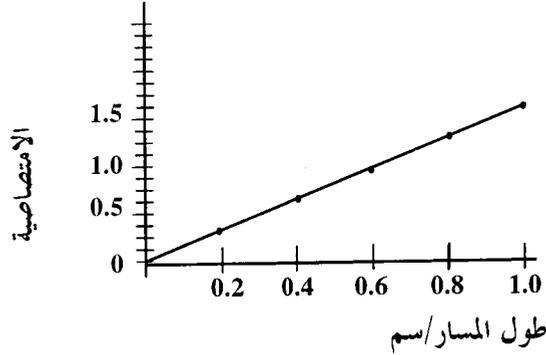
شكل (57) : العلاقة بين %T وسمك العينة.

وتكون العلاقة بين A وسمك العينة خطية كما في الشكل (58).

المعالجة السابقة تكون في حالة تركيز ثابت للمحلول ولكن قانون بير ينص على أن الامتصاصية تعتمد على كمية المجموعات الكيميائية الماصة في مسار الضوء خلال الخلية مما يعني أن الامتصاص يتأثر بكل من التركيز C والسمك l وقانونا لامبيرت وبيير (1760 و1852م على التوالي) يطبقان بدقة فقط للضوء وحيد الطول الموجي (طول موجي واحد) ويعتمد على تجانس النظام الماص (المحلول أو الجامد المار من خلاله الضوء). ويمكن ضم قانوني لامبيرت-بيير في قانون واحد بسيط كما يلي:

$$A = acl$$

حيث  $a$  ثابت التناسب ويعرف Absorptivity معامل الامتصاص. ومعامل الامتصاص ثابت لمركب معين في مذيب معين عند طول موجي معين، ولكن يمكن أن يأخذ قيما عددية مختلفة حسب الوحدات المستخدمة.



شكل (58) : العلاقة بين الامتصاصية  $A$  وسمك العينة.

وعندما يكون التركيز  $c$  بالمول لكل لتر وسمك الخلية بالسنتيمتر يسمى معامل الامتصاص المولارى ويعبر عنه بالرمز  $\epsilon$  أي أن تصبح  $A$ :

$$A = \epsilon cl$$

وإذا كان الوزن الجزيئي للمركب غير معروف فلا يمكن حساب  $\epsilon$ ، في هذه الحالة يكون التعبير المناسب  $A = a cl$  حيث يكون التركيز بالجرام لكل لتر ( $g l^{-1}$ )، وكان التعبير المستخدم قديما هو  $E^{1\%}_{1cm}$  أي  $E$  واحد سنتيمتر واحد في المائة، وتعرف كآآتي:

$$E^{1\%}_{1cm} = A / cl$$

حيث  $c$  في هذه الحالة التركيز  $g/100 Cm^3$  وبناء على ذلك فإن :

$$\epsilon = 10^{-1} \times E^{1\%}_{1cm} \times Mr$$

حيث  $M_r$  هي الوزن الجزيئي للمركب أو Relative Molecular Mass.

ولكي يمكن تطبيق قانون بير لتعيين تركيز مركب من طيف امتصاصه يتحتم أن يكون لدينا سمك العينة وتعيين قيمة معامل الامتصاص باستخدام سلسلة من العينات

المعروف تركيزها. وطبقا لقانون بير تتغير شدة الامتصاص خطيا مع التركيز، ولكن في كثير من الحالات لا تتحقق هذه العلاقة، فمثلا تغيير التركيز يمكن أن ينشأ عنه تغير في طبيعة نوع الجزيئات الماصة أو يتسبب في حدوث تفاعل بين هذه الجزيئات وخصوصا عند التركيزات العالية. في حالة التركيزات العالية يتغير معامل الامتصاص نتيجة التجاذب الالكتروستاتيكي بين الجزيئات. ويتحقق قانون بير فقط عندما يكون الضوء أحادي الطول الموجي لأن قيمة معامل الامتصاص لا يكون دقيقا إلا إذا كان الضوء أحادي الطول الموجي. وتشتت الضوء أو انعكاسه من سطح الخلايا يؤثر كثيرا على هذه العلاقة وينبغي تفادي حدوث تشتت أو انعكاس للضوء الساقط على العينة.

ينبغي أولا عند تطبيق هذا القانون البسيط لتعيين نوع المكون الكيميائي، وتركيزه في محلول غير معروف، عمل منحني عياريا للامتصاصية مقابل تركيز المكون الكيميائي في المحلول باستخدام محاليل قياسية بتركيزات معروفة للمكون الكيميائي. من هذا المنحنى يمكن تعيين امتصاصية المكون الكيميائي (A) وتعيين التركيز.

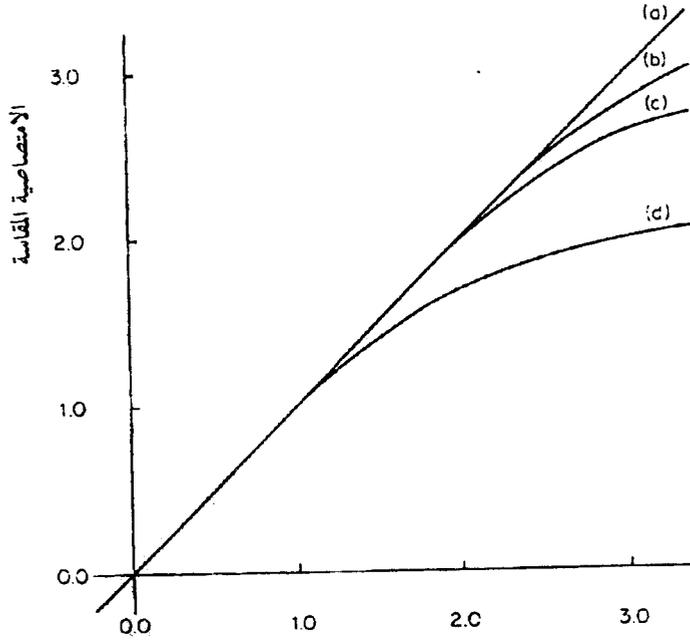
ونستخلص مما سبق أنه لكي يتحقق قانون بير - لامبرت الذي ينص على: تتناسب امتصاصية المحلول تناسباً طردياً مع طول المسار وتركيز المجموعة الماصة، يجب أن يتحقق الآتي:

أ- يكون المحلول متجانس التركيب.

ب- يستخدم ضوء وحيد الطول الموجي.

ج- يكون تركيز المجموعة الماصة منخفضاً.

ولكن من الناحية العملية لاتصل إلى التناسب الخطي وتكون منحنيات المعايرة غير خطية، ويكون الانحراف عن الخط المستقيم كبيراً عند التركيزات العالية، كما هو موضح في الشكل (59).



الامتصاصية الحقيقية بمقياس التركيز

شكل (59) : الانحراف عن قانون بير

عدم تجانس التركيب مشكلة سهلة يمكن التغلب عليها ولن نتعرض لها في مناقشتنا. يوجد ثلاثة عوامل سوف نأخذها في الاعتبار وهي:

### 1- تأثير التركيز والرقم الهيدروجيني

#### Effect of Concentration and PH

لا يوجد تأثير يذكر للتركيز إذا كان أقل من  $0.01 \text{ mol dm}^{-3}$  أما في حالة التركيز الأعلى من ذلك، يكون لتغير معامل الانكسار، وتأثير التفاعلات بين الجزيئات والمجموعات الأيونية على توزيع شحنة المجموعات الماصة، تأثيرا واضحا على معامل الامتصاص وهكذا يؤدي إلى انحرافات موجبة أو سالبة في العلاقة الخطية. ومن المهم أن نضع في أذهاننا أيضا تأثير تغير PH على الاتزان الكيميائي والذي بدوره يؤثر على معامل الامتصاص.

## 2- الجهاز وعرض الشريط الطيفي

### Instrument and Spectral Band Width

العمل المثالي لوحدة فصل الأطوال الموجية في المطياف هو اختيار أشعة وحيدة الطول الموجي في مدى معين، ولكن عمليا هذا لا يتحقق وبدلا من اختيار طول موجي واحد فإن الشعاع المار يكون له قيم مختلفة على جانبي القيمة المطلوبة وعرض شريط الجهاز يقابل عرض الشريط النافذ عند منتصف القيمة العظمى للنفاذية. مقدار عرض شريط الجهاز المنتقى بالجهاز يمكن أن يؤثر على مستوى التشويش Noise Level وقوة التحليل الطيفي والامتصاصية. ويعتبر التأثير على الامتصاصية هو أهم العوامل في التحليل الكمي. والتأثير هو دالة لنسبة عرض شريط الجهاز إلى عرض الشريط الطيفي للعينة التي يتم قياسها. القيم المثلى للتأثير على قيم الامتصاصية هي:

النسبة :	عرض شريط الجهاز	عرض شريط العينة
1.5	1.0	.5
1.0	.25	.1
0.55	0.66	0.87
0.96	1.0	معامل الامتصاصية

هذا الجدول يوضح أنه لأي عرض لشريط الجهاز، يكون التأثير أكثر وضوحا في حالة المواد التي تمتلك أشربة امتصاص حادة في منطقة الضوء المرئي وفوق البنفسجي (على سبيل المثال البترين ومشتقاته). والبيانات تبين أيضا أن عرض شريط الجهاز يحتاج إلي أن يكون أقل  $10 \times$  (10 مرات) من عرض الشريط الطيفي للعينة المراد قياسها، إذا كنا نرغب في الحصول على قيم دقيقة للامتصاصية. وهذا مهم جدا لأنه إذا كانت النسبة (عرض شريط الجهاز/عرض شريط العينة) لا تقل عن 0.1 فإن قانون بير-لامبرت لن يتحقق وسيحدث انحراف سالب. القياسات التي تتم على الجانب المائل لشريط الامتصاص ستتأثر أكثر بعرض شريط الجهاز الأكبر نسبيا.

### 3- الشعاع الشارد Stray Radiation

عند وضع وحدة فصل الأطوال الموجية لتمرير أشعة ذات طول موجي معين فإننا نرغب في منع الأشعة في المدى الأعلى أو الأقل من الطول الموجي من الوصول إلي

الكاشف. إذا كان الجهاز عند مستوى ضوء شارد 0.1% فإنه يمكننا فقط إيقاف 99.9% من الشعاع غير المرغوب فيه من الوصول إلي الكاشف. والمعادلة التي تربط الامتصاصية والنسبة المئوية للنفاذية (%T) هي:

$$A = \log \frac{100}{\%T}$$

إذا اعتبرنا أن S هي الضوء الشارد % تصبح المعادلة السابقة كالتالي:

$$A = \log \left\{ \frac{100+S}{\%T+S} \right\}$$

هذا يعني أن قيم الامتصاصية تنخفض بوجود الضوء الشارد وأن مقدار الانخفاض يصبح أكثر فاعلية عند القيم العالية للامتصاصية ويظهر هذا في شكل (59) الذي يبين الانحراف السالب الظاهري عن قانون بير-لامبرت نتيجة للشعاع الشارد. ويتضح من الشكل أن:

$$S = 0.05\% \quad (b) \quad S = 0\% \quad (a)$$

$$S = 1\% \quad (d) \quad S = 0.1\% \quad (c)$$

تحضير محاليل قياسية (عيارية)

## Preparation of Standard Solutions

نبدأ أولاً بتحضير مخزون من المحلول بإذابة كمية من المادة (ولتكن 100 ملليجرام) في المذيب المناسب (نعتبره الماء) وليكن حجم المذيب  $250 \text{ cm}^3$  في قارورة مدرجة. نحضر سلسلة من المحاليل القياسية بتخفيف المحلول بالطريقة التالية:

E	D	C	B	A	المحلول
10	8	6	4	2	حجم المخزون
50	50	50	50	50	الحجم النهائي للمحلول المخفف

بداية نحسب تركيز المحلول المخزون  $\text{mg dm}^{-3}$

$$0.1 \text{ جرام من المادة في } 250 \text{ cm}^3 = 0.100 \times 4 = \text{g dm}^{-3}$$

$$= 0.400 \text{ g dm}^{-3}$$

$$= 400 \text{ mg dm}^{-3}$$

بالنسبة للمحاليل  $2 \text{ cm}^3$  المخففة إلى  $50 \text{ cm}^3$   $800/50 = 400 \times 2/50 = 50 \text{ cm}^3$

$$16 \text{ mg dm}^{-3} =$$

إذا كمية المادة في المحاليل هي:

E	D	C	B	A	الخلول
80	64	48	32	16	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ التركيز

### 3:4 التحليل الكمي Quantitative Analysis

يعتبر الطيف فوق البنفسجي والمرئي طريقة تحليلية كمية وهذه الطريقة مبنية على أساس أن المادة تحقق قانون بير في مدى التركيزات المطلوب دراستها، وقد ذكرنا أنه ينبغي أولاً عمل منحى عياري بين لوغاريتم النفاذية أو الامتصاصية مقابل التركيز المولارى وتعيين تركيز المركبات غير المعروفة بإيجاد التركيز المقابل للامتصاصية المقاسة أو النفاذية المقاسة للعينه المجهولة.

حيث إن  $A = \epsilon c l$  عند الطول الموجي  $\lambda$  تكون الامتصاصية  $A'$  عند الطول

الموجي  $\lambda'$  هي:

$$A' = \epsilon'_1 c_1 l + \epsilon'_2 c_2 l$$

عند طول موجي آخر  $\lambda''$  تكون الامتصاصية  $A''$

$$A'' = \epsilon''_1 c_1 l + \epsilon''_2 c_2 l$$

حيث  $A'$  و  $A''$  تمثلان الامتصاصية عند الطول الموجي  $\lambda'$  و  $\lambda''$  على التوالي و  $\epsilon'_1$  و  $\epsilon''_1$  تمثلان معامل الامتصاص المولارى عند  $\lambda'$  و  $\lambda''$  على التوالي. والترقيم 1 و 2 يشيران إلى مادتين في الخليط و 1 تمثل سمك الخلية الداخلي. ويختار طولان موجيان  $\lambda'$  و  $\lambda''$  بحيث تكون النسبة  $\epsilon'_1/\epsilon'_2$  في حالة عظمى وفي الحالة الثانية تكون  $\epsilon''_1/\epsilon''_2$  صغرى. تصبح تركيزات المكونين الكيميائيين في الخليط كما يلي:

$$c_1 = -(\epsilon''_2 A' - \epsilon'_2 A'') / l(\epsilon''_1 \epsilon'_2 - \epsilon'_1 \epsilon''_2)$$

$$c_2 = -(\epsilon''_1 A' - \epsilon'_1 A'') / l(\epsilon''_1 \epsilon'_2 - \epsilon'_1 \epsilon''_2)$$

ويمكن تطبيق هذه الطريقة على المخاليط متعددة المكونات.

الشروط اللازمة لتحقيق هذه الطريقة هي: امتصاصية المكونات في الخليط تكون مجمعة (مضافة) Additive، كل مكون يجب أن يحقق قانون بير عند كل الأطوال الموجية للقياس.

عدد الأطوال الموجية المستخدمة في التحليل يجب على الأقل أن تساوى عدد المكونات، فمثلاً: 3 أطوال موجية لثلاثة مكونات، عدد  $n$  طول موجي لعدد مكونات  $n$ . بعد تحقيق هذه الشروط تكون ثلاث معادلات ونحلها بالطرق السابقة في حالة المخالط الثنائية

$$A' = \varepsilon'_1 c_1 l + \varepsilon'_2 c_2 l + \varepsilon'_3 c_3 l$$

$$A'' = \varepsilon''_1 c_1 l + \varepsilon''_2 c_2 l + \varepsilon''_3 c_3 l$$

$$A''' = \varepsilon'''_1 c_1 l + \varepsilon'''_2 c_2 l + \varepsilon'''_3 c_3 l$$

حيث إن طول المسار واحد فيمكن إلقاء هذا المقدار وأيضا

$$c_1 + c_2 + c_3 = 1$$

$$\% c_1 = c_1 (100) / c_1 + c_2 + c_3$$

$$\% c_1 = A' / \varepsilon' (100) / A' / \varepsilon' + A'' / \varepsilon'' + A''' / \varepsilon'''$$

حيث إن  $\varepsilon$  معروفة لكل مركب ويمكن قياس الامتصاصية، فيمكن تعيين تركيز المركبات الثلاثة.

مثال (1):

احسب ما يلي:

- أ- قيمة الامتصاصية  $A$  لسائل ينفذ %12 من الأشعة الساقطة عليه.
- ب- النسبة المئوية للأشعة النافذة لمحلول قيمة  $A$  (absorbance) له 0.55.
- ج- أوجد قيمة الامتصاصية (absorbance) لسائل تركيزه  $0.0007 \text{ mol dm}^{-3}$  وسمك الخلية 2cm ومعامل الامتصاص المولاري  $650 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ .

الحل :

$$A = \log \frac{1}{T} = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon c l \quad -\text{أ}$$

$$A = \log \frac{100}{12} = \log 8.333 = 0.92$$

$$\frac{\log 100}{l} = \log 3.548 = \frac{\log 100}{l} = 0.55$$

$$l = \frac{100}{3.548} = 28\% \quad -\text{ب}$$

$$A = 650 \times 0.00070 \times 2 = 0.91 \quad -\text{ج}$$

مثال (2):

احسب التركيز بوحدات  $\text{mg dm}^{-3}$  لخلول كل من المركبين A, B والسلك

يساوى 1cm.

A	$\epsilon$	Mr	المركب
0.10	1000	250	A
0.1	100 000	250	B

الحل :

المركب A

$$A = \epsilon c l \quad \therefore C = \frac{A}{\epsilon l}$$

$$C = \frac{0.1}{1000 \times 1} = 1 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\therefore C = 250 \times 10^{-4} \text{ g dm}^{-3} = 25 \text{ mg dm}^{-3}$$

المركب B

$$C = \frac{0.1}{100000 \times 1} = 1 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3} = 250 \times 10^{-6} \text{ g dm}^{-3} \\ = 25 \times 10^{-2} \text{ mg dm}^{-3}$$

من الواضح أنه كلما زاد معامل الامتصاص المولارى قل التركيز.

مثال(3):

الطول الموجي  $\lambda_{\max}$  لمركب  $\beta$  و  $\alpha$  كيتون غير مشع وزنه الجزيئي 110 يساوي  
الامتصاصية A لمخول هذا الكيتون تساوي  $A=2.0$  في  $\epsilon_{\max}=10000$ ،  $\lambda_{\max}=215\text{nm}$   
خلية سمكها 1mm. احسب تركيز الكيتون في المحلول معبرا عنه بالجرام لكل لتر  $\text{gl}^{-1}$ .

الحل

$$A = \epsilon c l$$

$$c = A / \epsilon l = 2 \times 10000 \times 1 = 2 \times 10^{-4} \text{ mol l}^{-1}$$

حيث c التركيز مول / لتر

وحيث إن الكتلة الجزيئية النسبية = 110

فيمكن التعبير عن التركيز كالآتي:

$$2 \times 110 \times 10^{-4} = 2.2 \times 10^{-2} \text{ gl}^{-1}$$

مثال(4):

الجدول المبين يحتوي على سمك الخلية والنفاذية في المائة %T ، أوجد قيمة شدة الامتصاص (absorbance)، وارسم العلاقة بينها وبين سمك العينة.

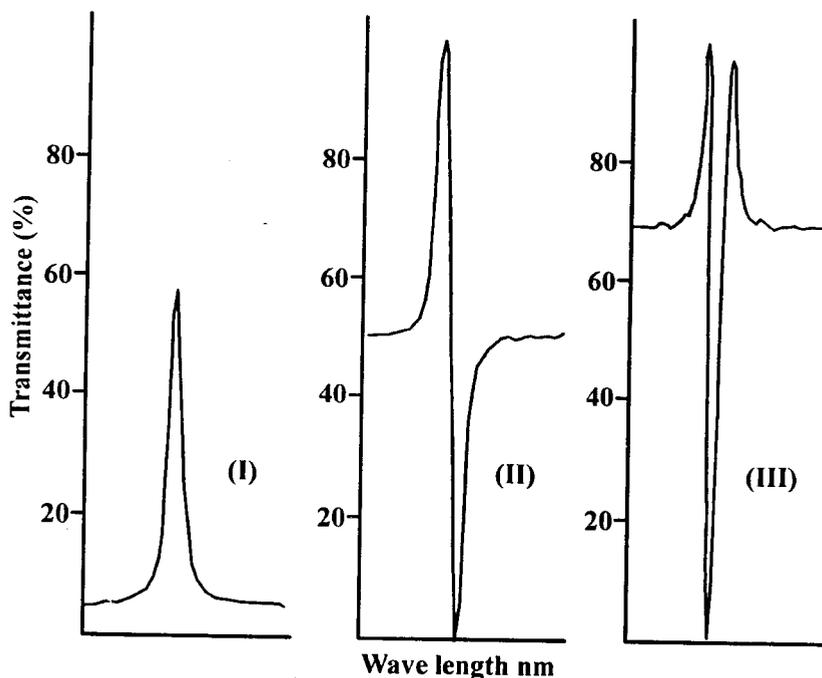
1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0	السمك
3.125	6.25	12.5	25	50	0	النفاذية %
$\frac{3.125}{100}$	$\frac{6.25}{100}$	$\frac{12.5}{100}$	$\frac{25}{100}$	$\frac{50}{100}$	$\frac{100}{100}$	$T = \frac{1}{I_0}$
32	16	8	4	2	1	$\frac{1}{T}$

الحل :

العلاقة خطية وتحقق قانون بير.

## Derivative and Deconvolution

تستخدم طريقة الاشتقاق في حالة الأطياف المعقدة وخصوصاً في حالة دراسة أطياف المخاليط حيث تتراكب أشرطة امتصاص المكونات المختلفة للخليط والقريبة جداً من بعضها لتكون شريطاً واحداً عريضاً. لذلك تستخدم المشتقة الأولى لفصل الأشرطة المترابطة. يوضح الشكل (60) الطيف الذي تسجله معظم أجهزة الطيف ويمكن تمثيل هذا الطيف بشكل آخر وذلك بتسجيل مشتقة المنحنى الطيفي. وتعرف مشتقة المنحنى بأنها ميل هذا المنحنى عند نقطة معينة، وطبقاً لحساب التفاضل تكون مشتقة المنحنى الطيفي هي  $dA/d\lambda$  حيث A الامتصاصية. ويكون الطيف المسجل للمشتقة عبارة عن علاقة بين الميل  $dA/d\lambda$  و  $\lambda$  والمشتقة الأولى (First derivation) للطيف الأصلي (Original) موضحة بالشكل (60).



شكل (60) : الاشتقاق الأول والثاني لطيف معقد.

بالرغم من أن الطيف المشتق يبدو معقدا إلا أن له مميزات عديدة عن الطيف المسجل مباشرة. وأول هذه المميزات أنه يوضح بدقة مركز قمة كل امتصاص، حيث يكون مركز الامتصاص في الطيف الأصلي أفقي، أي أن  $\frac{dA}{d\lambda} = 0$ ، ويعرف المركز بتقاطع المنحنى المشتق مع المحور السيني. وميزة أخرى تتعلق بأسباب التجهيز حيث يكون من الأفضل دائما حساب شدة امتصاص الشريط من المنحنى المشتق وليس من المنحنى المسجل مباشرة. في الطيف العادي نرسم العلاقة بين الامتصاصية Absorbance والطول الموجي، أما في حالة الاشتقاق نرسم العلاقة بين معدل تغير الامتصاصية  $\frac{dA}{d\lambda}$  والطول الموجي  $\lambda$ .

يمكن كذلك حساب ورسم المشتقة الثانية (Second derivative) للمنحنى وهذه تزيد من حدة الأشربة وفصل الأشربة المتراكبة كما في الشكل (60).

المشتقة  $dA / d\lambda$  عند أي نقطة هي مقياس لمعدل تغير A بالنسبة للطول الموجي  $\lambda$  أو ميل المنحنى عند هذه النقطة. وحساب الطيف المشتق من الامتصاصية عند قيم من  $\lambda$  تفصلها مسافات متساوية يمكن الحصول عليه من حساب الفرق بين الامتصاصية عند أطوال موجية متجاورة. طيف المشتقة الأولى تظهر قمة عندما يصل الميل المتجه إلى أعلى في الطيف الأصلي إلى أقصى قيمة، ويظهر قاع Trough عندما يصل الميل المتجه إلى أسفل في الطيف الأصلي إلى قيمة عظمى وتكون قيمة المشتقة صفرا عند أي قمة في الطيف الأصلي. ويظهر طيف المشتقة الثانية  $\frac{d^2A}{d\lambda^2}$  قما وقيعانا تقابل نقط ذات أقصى انحناء في الطيف الأصلي، وعلى وجه الخصوص تظهر قاع مقابل كل قمة في الطيف الأصلي.

تستخدم طريقة فصل الأشربة المتراكبة لتحليل الأشربة العريضة إلى أشربة ضيقة وبذلك يمكن تمييز ملامح الأشربة القريبة جدا من بعضها، علما بأن هذه الطريقة لا تستلزم تغيير قوة تحليل الجهاز وإنما تحتاج إلى زيادة القدرة على اشتقاق الأشربة differentiation.

## Some Applications of UV Spectroscopy

1- تعيين قوة الرابطة الهيدروجينية

## Determination of Hydrogen Bond Strength

ذكرنا في الفصل الثاني أن ترابط جزيئات المذيب بجزيئات المذاب خلال الرابطة الهيدروجينية يؤثر تأثيراً قوياً على الخصائص الطيفية للمذاب. وقد وضعنا حين ذاك أن الطول الموجي  $\lambda_{max}$  للانتقال  $n-\pi^*$  لمركبات الكربونيل يعتمد على نوع المذيب. فمثلاً عند إذابة مركبات كربونيل في مذيب قطبي مثل الماء، تتكون رابطة هيدروجينية بين المذيب والإلكترونات  $n$  لأكسجين الكربونيل. مثل هذا الترابط يقلل طاقة المدار  $n$  في الحالة الأرضية بمقدار يكافئ قوة الرابطة الهيدروجينية. من ناحية أخرى فإن جزيئات الأستون في محلول الهيكسان (مذيب غير قطبي) تكون رابطة هيدروجينية مع جزيئات المذيب سواء في الحالة الأرضية أو في الحالة المثارة. نفرض أن طاقة الحالة الأرضية للأستون هي  $E_{g1}$  وطاقة الحالة المثارة له هي  $E_{e1}$ ، تكون طاقة الإثارة أو طاقة الأشعة فوق البنفسجية الممتصة هي:

$$\Delta E_1 = E_{e1} - E_{g1}$$

أما إذا تمت القياسات في مذيب قطبي مثل الماء تكون هذه الطاقة هي

$$\Delta E_2 = E_{e2} - E_{g2}$$

وسوف تكون  $E_{g2}$  أقل من  $E_{g1}$  بمقدار يكافئ تقريباً درجة الترابط الهيدروجيني لجزيئات الأستون مع الماء في الحالة الأرضية و  $E_{e1} = E_{e2}$  لعدم وجود ترابط هيدروجيني مع الحالة المثارة، وعلى ذلك الأساس فإن  $\Delta E_2 > \Delta E_1$ ، والزيادة في الطاقة مطلوبة لكي يتم الانتقال  $n-\pi^*$  عند إذابة الأستون في الماء أكثر من إذابته في الهيكسان.

في حالة الانتقالات  $\pi-\pi^*$  في مركبات الكربونيل في المذيبات القطبية تتكون رابطة هيدروجينية مع الحالة المثارة. في المذيبات القطبية يميل هذا الترابط الهيدروجيني إلى خفض طاقة الحالة المثارة والانتقال  $\pi-\pi^*$ ، وهذا لا يحدث في حالة المذيبات غير القطبية. ونتيجة

لهذا الانخفاض في طاقة الحالة المثارة، تحدث إزاحة حمراء للأشرطة والانتقالات  $\pi - \pi^*$  كلما زادت قطبية المذيب. وقد استخدمت هذه الإزاحة الناتجة عن المذيبات القطبية في تعيين قوة الرابطة الهيدروجينية.

## 2- دراسة التفاعلات الكيميائية

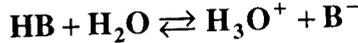
### Study of chemical Reactions

تستخدم مطيافية الأشعة فوق البنفسجية على نطاق واسع في تعيين معدل الثوابت، ثوابت الاتزان، ثوابت تفكك الحامض - القاعدة للتفاعلات الكيميائية، والمعلومات عن هذا النوع من الثوابت تفيد كثيرا في دراسة التركيب أو ميكانيكية التفاعل للمركبات العضوية.

أ- ثابت تفكك الحامض-القاعدة

### Acid-Base Dissociation Constant

يمكن وصف تفكك الحامض HB في الماء بالمعادلة التالية حيث  $B^-$  هي القاعدة الخاصة به



قاعدة تأثير الكتلة تعطي حالة الاتزان التالية:

$$K_a = \frac{c_{H_3O^+} \cdot c_{B^-}}{c_{HB}}$$

وبأخذ اللوغاريتم السالب لهذه المعادلة نحصل على:

$$-\log K_a = -\log c_{H_3O^+} - \frac{\log c_{B^-}}{c_{HB}}$$

$$PK_a = PH + \frac{\log c_{HB}}{c_{B^-}}$$

في حالة تحقيق قانون بير-لامبرت يمكن أن يحل

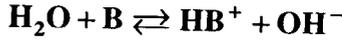
$$\frac{A - A_{B^-}}{A_{HB} - A}$$

$$\frac{C_{HB}}{C_{\bar{B}}}$$

حيث A هي امتصاصية الخليط في حالة الاتزان.  
من ذلك نحصل على:

$$PKa = PH + \log \frac{A - A_{\bar{B}}}{A_{HB} - A}$$

يمكن الحصول على معادلة مشابهة في حالة القاعدة



$$PKa = PH + \log \frac{A_B - A}{A - A_{HB^+}}$$

ويمكن حساب الثوابت PK وتعيينها لعدد من قيم PH القريبة من PK<sub>a</sub>.

### ب- ثوابت المعدل Rate Constants

يستخدم طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية أيضا لمتابعة التفاعل للمواد التي تمتص في هذه المنطقة لتعيين المعدل الذي يظهر أو يختفي عنده شريط امتصاص معين أثناء التفاعل. وهذه الطريقة تتطلب أن يسجل المطياف بصفة مستمرة تركيز المجموعات الماصة كدالة للوقت، مع تثبيت الطول الموجي عند القيمة المطلوبة ويكون التسجيل بمعدل ثابت.

### ج- ثابت الاتزان Equilibrium Constant

تستخدم مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية أيضا لتعيين ثوابت الاتزان للعديد من التفاعلات. الطريقة المستخدمة تشبه الطريقة المستخدمة لتعيين ثوابت المعدل السابقة.

## 6:4 مجالات التحليل بمطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية Scope of Analysis by UV/Vis Spectrometer

مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية تعتبر من أهم الوسائل واسعة الاستخدام في مجال التحاليل الكيميائية والبيولوجية. وقد تطورت هذه المطيافية في الوقت الحاضر بفضل استخدامات الحاسبات الإلكترونية وكواشف نظام الوصلة الثنائية الفوتونية الخطية في المطياف. وتستخدم هذه المطيافية في الصناعة، والمستشفيات ومعامل البحوث ... إلخ، ونذكر على سبيل المثال مجالات التحاليل التالية:

Biochemical Analysis	تحاليل الكيمياء الحيوية
Enzymatic Assays	فحوصات الإنزيمات
Pharmaceutical Analysis	تحاليل الأدوية
Immuno Assays	فحوصات المناعة
Vitamin Analysis	تحاليل الفيتامينات
Trace Metal Detection	الكشف عن العناصر الشحيحة

هذا بالإضافة إلى التحاليل القديمة والتي مازالت تستخدم حتى الآن مثل اختبار الألوان وقياسها **Colour Tests and Colour Measurements** والتحاليل الفوتومترية **Photometric Analysis**.

### التطبيقات في مجال الكيمياء الحيوية Biochemical Analysis

- تلعب مطيافية UV/Vis دورا مهما في دراسة المنتجات الطبيعية من المصادر النباتية والحيوانية. وقد شملت هذه الدراسات العديد من المنتجات الطبيعية مثل:
- الكاروتينويدات **Carotenoids** والمواد المرتبطة بها.
  - الأحماض الأمينية والبروتينات والإنزيمات.
  - المركبات الحلقية غير المتجانسة وتشمل الأحماض النووية.
  - البورفيرينات وصبغات الصفراء والسيتوكرومات.
  - الفيتامينات وبعض المضادات الحيوية والمواد الطبية.

وقد استخدم مطياف Vis/UV لتصنيف التركيبات الكيميائية للمركبات التي غالبا ما تختلف فقط في موضع الرابطة الزوجية كربون - كربون أو مجموعة الكربونيل ويمكن أيضا بواسطة هذه المطيافية كشف الأطوال الموجية التي يحدث عندها الامتصاص القوي من معرفة المجموعات الكيميائية المكونة للجزيء. وبالرغم من أنه يوجد لمعظم المنتجات الطبيعية النقية أطياف Vis/UV مميزة لها، فليس من السهل دائما استخدام هذه المطيافية للتعرف على هذه المنتجات عندما تكون في مخاليط معقدة. على أي حال، تحليل مكونات معينة في المخاليط المعقدة يمكن أن يتم بالفحوصات الإنزيمية. هذه الفحوصات تكون غالبا مبنية على قياس زيادة أو نقص في امتصاصية (NAD) Nicotinamide-Adenine-Dinucleotide عند 340 نانومتر (طريقة UV) أو NADH (الشكل المختزل له يمكن تأكسده في وجود ملح رباعي الزوليم Tetra Zolium Salt) ليعطى صبغة ملونة (طريقة قياس اللون). وقد تطورت فحوصات الإنزيم من هذا النوع من المواد مثل الأحماض الأمينية والهيدروكربونات والأحماض العضوية.

نشرح فيما يلي الطريقة المعتادة لتعيين الجلوكوز في الدم:

تستخدم الطريقة الطيفية لتعيين السكر وعلى وجه الخصوص الجلوكوز في دم المرضى الذين يعانون من السكر وأيضا لتعيين السكر في الصناعات الغذائية. وبالرغم من أن طرق معايرة المحاليل كانت تستخدم في البداية إلا أن طرق قياس اللون قد تطورت منذ 1920م، وتطبق الطرق الطيفية لقياس الألوان الناتجة منذ الأربعينات 1940م وهذه الطرق الأولى تعتمد على قدرة الجلوكوز على اختزال (II) CU أو محاليل سيانيد الحديد Ferricyanide مع إضافة كواشف للنظام لإنتاج معقدات ذات ألوان مميزة مع (I) CU المختزل ونواتج سيانيد الحديد. وحتى الوقت الحاضر فإن الطريقة الحديثة لتعيين الجلوكوز في عينات الدم مبنية على قياس الفقد في شدة اللون الأصفر للكاشف سيانيد الحديد باستخدام مقياس اللون الكهروضوئي المزود بخلية التدفق. على أي حال طرق الاختزال هذه معرضة لأخطاء ناتجة من وجود نوعيات مختزلة أخرى مثل جلوتاثيون Glutathione في الدم. وكواشف الإنزيم محددة أكثر بكثير ويمكن تصميمها لكي تكون ناتجا ملونا.

## تمارين

تمرين (1):

- أ- ما هي العلاقة بين قيم الطول الموجي بالنانومتر والعدد الموجي بوحدة  $\text{cm}^{-1}$  ؟  
ب- ما هي العلاقة بين قيم الطول الموجي بوحدة  $\text{cm}^{-1}$  والتردد بوحدة هرتز (أو  $\text{S}^{-1}$ ) ؟

تمرين (2):

ضوء فوق بنفسجي طوله الموجي 300 نانومتر أوجد:

- أ- التردد المقابل للطول الموجي.  
ب- كمية الطاقة التي يمتصها جزيء واحد عندما يسقط عليه هذا الضوء.  
ج- كمية الطاقة التي يمتصها مول واحد من المادة.

تمرين (3):

ما المقصود بالمصطلحات التالية:

الكروموفور- الأكسوكروم - الإزاحة الزرقاء - النظام الحلقي المتجانس والنظام الحلقي غير المتجانس - التركيب الدقيق.

تمرين (4):

بين تأثير المذيبات القطبية وغير القطبية على الانتقالين  $\pi-\pi^*$  ،  $n-\pi^*$ .

تمرين (5):

رتب طاقة الانتقالات التالية من الأكبر الى الأقل  $n-\pi^*$  ،  $\sigma-\pi^*$  ،  $\sigma-\sigma^*$  ،  $\pi-\pi^*$ .

تمرين (6):

فسر لماذا يحدث الانتقال  $\pi - \pi^*$  في البيوتادين عند أطوال موجية أعلى من تلك الأطوال الموجية اللازمة للانتقال  $\pi - \pi^*$  في حالة الأنيلين.

تمرين (7):

صنف من القائمة (2) القيم المناسبة لكل من  $\lambda_{\max}$ ،  $\epsilon_{\max}$ ، لكل نظام في القائمة (1). وفسر الإزاحة الملحوظة بالنسبة  $\lambda_{\max} = 255 \text{ nm}$ ،  $\epsilon_{\max} = 23 \text{ m}^2 \text{ mol}^{-1}$  للبتزين بدلالة الخواص الإلكترونية للأكسوكروم.

القائمة (1) الأنظمة الماصة

- أ- محلول مائي في الأمين.
- ب- المحلول (أ) مع إضافة 0.01M حمض هيدروكلوريك HCl
- ج- محلول مائي من الفينول.
- د- المحلول ب مضاف إليه 0.01M هيدروكسيد الصوديوم NaOH.

القائمة (2) خصائص الامتصاص

$\epsilon_{\max}$	$\lambda_{\max}$	
20	255	i
140	270	ii
130	280	iii
230	290	iv

تمرين (8):

وضح الفرق بين الأطياف الإلكترونية للمركب P-Dialkylamino Benzoic Acid في المذيبات التالية:

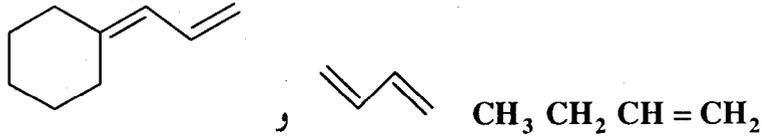
$\epsilon_{\max}$	$\lambda_{\max}$	
20600	277 nm	1- إيثيل إيثر
19000	288 nm	2- إيثانول
970	270 nm	3- حمض الهيدروكلوريك

تمرين (9):

تظهر في طيف الأشعة فوق البنفسجية لمركب عضوي في محلول الإيثانول امتصاص عند 232nm ويظهر هذا الشريط لنفس المركب في محلول حمض الهيدروكلوريك HCL عند طول موجي مختلف فهل تتوقع أن يكون شريط الامتصاص في المحلول الحمضي عند طول موجي أطول أو أقصر مقارنة بطوله الموجي في الإيثانول. اذكر السبب.

تمرين (10):

تظهر الأشربة عند 232 nm, 217 nm, 177 nm في أطيف الداينينات التالية:



بين أى من هذه الأشربة تقابل كل من هذه الداينينات.



## المراجع

- 1 أساسيات وتطبيقات أطياف الأشعة تحت الحمراء.  
تأليف أ.د. محمد عبد القادر محرم.  
الناشر دار النشر للجامعات (1999).
- 2 أساسيات وتطبيقات مطيافية رامان  
تأليف أ.د. محمد عبد القادر محرم – أ.د. سميرة محمد ربيع.  
الناشر دار النشر للجامعات (2002).
3. B. H. Bransden and C. J. Joachain., Physics of Atoms and Molecules., John Wily&Sons.inc. New York (1988).
4. G. M. Barrow., Introduction to Molecular Spectroscopy., McGraw-Hill (1962).
5. D. L. Pavia, G.M.Lampman and G.S.Kriz., Introduction to Spectroscopy.,W.B.Saunders Company Philadelphia (1979).
6. W. Kemp., Organic Spectroscopy,3rd Edition(1991).
7. T. YA. Paperno, V. P. Pozdnyakov, A. A. Smirnova and L. M. Elagin., Mir Rublishers(1979).
8. R. P. Bauman., Absorption Spectroscopy., John Wily & Sons. inc. New York (1962).
9. R. S. Sokolova and E. V. Belkova., Opt. Spectrosc. 30.303 (1970).
10. E. Sawicki, T. W. Winfield and C. R. Sawicki., Microchem. J. 115,294 (1970).
11. T. YA. Paperno, V. P. Pozdnyakov, A. A. Smirnova and L. M. Elagin., Phisico-Chemical Laboratory Techniques in Organic and Biological Chemistry., Moscow (1979).
12. Ronald C. Denney and Roy Sinclair., John Wily & Sons. inc. New York (1996).



## الثوابت الأساسية Constants

$C = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$	سرعة الضوء	Velocity of light
$\mu = 1.256 \times 10^{-6} \text{ Hm}^{-1}$	نفاذية الفراغ	Permeability of space
$\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$	سماحية الفراغ	Permittivity of space
$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{Kg}$	ثابت الجاذبية	Gravitational constant
$K = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$	ثابت بولتزمان	Boltzman constant
$-e = -1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$	شحنة الإلكترون	Electron charge
$m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ Kg}$	كتلة الإلكترون	Electron mass
$m_p = 1.675 \times 10^{-27} \text{ Kg}$	كتلة البروتون	Proton mass
$R_H = 1.1 \times 10^7 \text{ /m}$	ثابت رايدبرج	Rydberg constant
$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$	ثابت بلانك	Planks constant
$N = 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$	عدد أفوجادرو	Avogadro's number
$R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$	ثابت الغاز للجرام الجزيء	Gas constant
$\text{a.m.u.} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ KJ}$	وحدة الكتلة الذرية	Atomic mass unit

## كسور ومضاعفات الوحدات

الرمز	البادئة	المعاملات
d	Deci	$10^{-1}$
C	Centi	$10^{-2}$
m	mili	$10^{-3}$
u	micro	$10^{-6}$
n	nano	$10^{-9}$
p	pico	$10^{-12}$
f	femto	$10^{-15}$
a	atto	$10^{-18}$
da	deka	10
h	hecto	$10^2$
k	kilo	$10^3$
M	mega	$10^6$
G	giga	$10^9$
T	tetra	$10^{12}$
P	peta	$10^{15}$
E	exa	$10^{18}$

## DICTIONARY

- A -

---

Absolute	مطلق
Absorb	يتمص
Absorbance	امتصاصية
Absorption	امتصاص
Absorption band	شريط الامتصاص
Absorption spectrum	طيف الامتصاص
Absorptivity	معامل الامتصاص
Acid	حامض
Adsorption	امتزاز
Alifatic	أليفاتي
Alkane	ألكانات
Alkene	ألكينات
Alkyl	ألكاينات
Alternating	متناوب
Alternator	متناوب
Amorphous	غير متبلور (أمورفي)
Amplifier	المضخم
Amplitude	السعة
Amplitude of vibration	سعة الذبذبة
Analyser	محلل
Analysis	تحليل
Anharmonic oscillator	مهتز لا توافقي
Anharmonicity	لا توافقي

Anion	أيون سالب
Anisotropy	متباين الخواص الضوئية
Aperture numerical	الاتساع العددي
Apparent	ظاهري
Aromatic	عطري (أروماتي)
Asymmetry	لا تماثلي
Atom	ذرة
Atomic number	العدد الذري
Attenuated total reflection	الانعكاس الكلي الموهن
Attenuation	توهين
Attenuator	موهن
automatic controller	منظم أوتوماتيكي
auxochrome	مجموعة تساعد على اللون
Avogadro's number	عدد أفوجادرو

- B -

---

Band	شريط (نطاق)
Band Head	رأس الشريط
Band spectrum	الطيف الشريطي
Barrier	حاجز
Base	قاعدة
Bathochromic Shift	إزاحة حمراء
Beam of light	حزمة ضوئية
Bending	انحناء
Birefringence	انكسار مزدوج
Bond	رابطة
Bound electron	إلكترون مقيد
Broad	عريض

<b>Cation</b>	أيون موجب
<b>Cell</b>	خلية
<b>Chain</b>	سلسلة
<b>Characteristics</b>	خصائص
<b>Charge</b>	شحنة
<b>Charge carrier</b>	حاملة الشحنات
<b>Chromophore</b>	حاملات اللون
<b>Circular</b>	دائري
<b>Coefficient</b>	معامل
<b>Coherent</b>	مترابط
<b>Cohesion</b>	تماسك
<b>Collimator</b>	مجمع
<b>Comparison spectrum</b>	طيف المقارنة
<b>Complex</b>	معقد
<b>Compound</b>	مركب
<b>Compressible</b>	قابل للانضغاط
<b>Concept</b>	مفهوم
<b>Conduction</b>	توصيل
<b>Configuration</b>	تناسق (أو هيئة)
<b>Conformation</b>	التركيب البنائي (أو الترتيب)
<b>Conjugation</b>	اقتران (تبادل الروابط الزوجية)
<b>Covalent bond</b>	رابطة تساهمية
<b>Crystalline material</b>	مادة متبلورة

---

Data	بيانات
Decay	انحلال
Deconvolution	فك المطويات
Definition	تعريف
Deformation	تشوه
Density	كثافة
Derivative	مشتق
Destruction	هدم
Detection	كشف
Detector	كاشف
Deviation	انحراف
Dichroism	الامتصاص الانتقائي
Dielectric	عازل
Dielectric constant	ثابت العزل
Diffraction	حيود
Diffuse	انتشار
Dilution	تخفيف
Dimension	أبعاد
Diode	وصلة ثنائية (دايود)
Dipole	ثنائي القطب
Dipole moment	عزم ذي القطبين
Disc	قرص
Discharge Tube	أنابيب تفريغ

Dispersion	تفريق
Dispersing Device	وحدة تفريق
Displacement	إزاحة
Dissociation	تفكك
Dissolve	يذيب
Distortion	تشويه
Distribution	توزيع
Donor	مانح
Doublet	ثنائية

- E -

---

Electro magnetic spectrum	طيف كهرومغناطيسي
Electromagnetic waves	موجات كهرومغناطيسية
Electron	إلكترون
Electron shell	قشرة إلكترونية
Electron spin	لف (غزل) الإلكترون
Electron transition	انتقال إلكتروني
Electronic band spectra	أطياف الشرائط الإلكترونية
Electrostatic induction	حث كهروستاتيكي
Elongation	استطالة
Emission	انبعاث
Emulsion	مستحلب
Energy	طاقة
Energy levels	مستويات الطاقة
Enlarged	مكبر
Evaporation	تبخير

<b>Excited</b>	مستثار
<b>Experiment</b>	تجربة

- F -

---

<b>Factor</b>	عامل
<b>Falling</b>	ساقط
<b>Fiber Optics</b>	ألياف بصرية
<b>Field of plane mirror</b>	مجال مرآة مستوية
<b>Filament</b>	فتيل
<b>Film</b>	غشاء
<b>Filter</b>	مرشح
<b>Fluid</b>	مائع
<b>Fine</b>	دقيق
<b>Fixed axis of rotation</b>	محور ثابت للدوران
<b>Fluorescence</b>	تفسفر
<b>Force</b>	قوة
<b>Force constant</b>	ثابت القوة
<b>Free radicals</b>	شق حر
<b>Free vibration</b>	ذبذبات حرة
<b>Frequency</b>	تردد
<b>Fundamental</b>	أساسي

- G -

---

<b>Gas</b>	غاز
<b>Grain</b>	حبة
<b>Grating</b>	محزوز

**- H -**

---

<b>Half</b>	نصف
<b>Half band width</b>	عرض نصف الشريط
<b>Heavy hydrogen</b>	هيدروجين ثقيل
<b>Homogeneous</b>	متجانس
<b>Humidity</b>	رطوبة
<b>Hyper fine spectrum</b>	طيف فائق الدقة
<b>Hypsochromic shift</b>	إزاحة زرقاء

**- I -**

---

<b>Impurity</b>	شائبة
<b>Incidence</b>	سقوط
<b>Incident light</b>	ضوء ساقط
<b>Index of refraction</b>	معامل الانكسار
<b>Indicator</b>	دليل
<b>Inert gas</b>	غاز خامل
<b>Infra-red</b>	تحت الحمراء
<b>Intensity</b>	شدة
<b>Interaction</b>	تفاعل
<b>Interference</b>	تداخل
<b>Invisible</b>	غير مرئي
<b>Isotropic</b>	موحد الخواص

**- J -**

---

<b>Joule</b>	جول
<b>Junction</b>	وصلة

- K -

---

Kilocalorie	كيلو سعر
Kilogram	كيلوجرام

- L -

---

Lamp	مصباح
Laser beam	شعاع ليزري
Lattice	شبيكة
Length	طول
Level	مستوى
Line spectrum	طيف خطي
Linkage	ارتباط
Luminescence	اشعاع ضوئي

- M -

---

Machine	آلة
Magnification	تكبير - تضخيم
Magnitude	مقدار
Mass	كتلة
Matter	مادة
Mechanism	ميكانيكية (آلية)
Medium	وسط
Membrane	غشاء
Metallic bond	رابطة فلزية
Method	طريقة
Microscope	مجهر
Microscopic	مجهرى
Microwave	موجات دقيقة

<b>Migration of ions</b>	هجرة الأيونات
<b>Millimicron</b>	ملي ميكرون
<b>Mineralogy</b>	علم المعادن
<b>Mirror</b>	مرآة
<b>Miscibility</b>	امتزاجية
<b>Mixture</b>	مخلوط
<b>Mobility</b>	تحركية
<b>Moderator</b>	ملطف
<b>Modification</b>	تعديل
<b>Modulus</b>	معامل
<b>Molecule</b>	جزيء
<b>Monochromatic</b>	وحيد اللون
<b>Monochromatic light</b>	ضوء أحادي اللون
<b>Monovalent</b>	أحادي التكافؤ
<b>Motion</b>	حركة
<b>Multi Mode Fiber</b>	ليفة متعددة النمط

- N -

---

<b>Near</b>	قريب
<b>Negative</b>	سالب
<b>Neutral</b>	متعادل
<b>Neutral molecule</b>	جزيء متعادل
<b>Non-polar</b>	لاقطبي
<b>Normal spectrum</b>	طيف عادي
<b>Nuclear</b>	نووي
<b>Nuclear energy</b>	طاقة نووية

Nuclear reaction	تفاعل نووى
Nuclei	نوى
Nucleus	نواة

- O -

---

Object	شيء (جسم)
Ohm	أوم
Opacity	عتامة
Opaque	معتم
Open circuit	دائرة مفتوحة
Optical path	مسار الضوء
Orbit	مدار
Orbital	مدارى
Orbital electron	إلكترون مدارى
Order	ترتيب (رتبة)
Original	أصلى
Oscillator	متذبذب (مهتز)
Oscillation	ذبذبة (اهتزازة)
Out of plane	خارج المستوى
Output	ناتج
Overlapping	تراكب
Overtones	توافقيات

- P -

---

Parallel ray	شعاع متوازي
Partial	جزئى
Particle	جسيم
Perfect	مثالى

Period	دورة
Permeability	نفاذية
Phase	طور
Phase change	تحول طوري
Phenomenon	ظاهرة
Photo Capacitance Array	منظومة المكثفات الفوتونية
Photomultiplier	المضاعف الفوتوني
Piston	مكبس
Plane mirror	مرآة مستوية
Phosphorescence	تفلور
Plane of vibration	مستوى الاهتزاز
Plank constant	ثابت بلانك
Plutonium	بلوتونيوم
Point source	مصدر نقطي
Polar	قطبي
Polar molecule	جزيء قطبي
Polar solvent	مذيب قطبي
Pole	قطب
Pole strength	قوة القطب
Polished	مصقول
Positive pole	قطب موجب
Potential	جهد
Potential diagram	حاجز الجهد
Pressure	ضغط
Primary	أولى

Prism	منشور
Probable error	خطأ محتمل
Propagation of light	انتشار الضوء
Pulse	نبضة
Pump	مضخة
Pure spectrum	طيف نقى

- Q -

Qualitative	وصفى
Quanta	كمات
Quantitative	كمي
Quantization	تكمية (تكميم)
Quantized	مكماة
Quantum number	أعداد كمية

- R -

Radiation	إشعاع
Random	عشوائي
Rare earth element	عناصر الأرض
Recorder	مسجل
Reduced mass	الكتلة المختزلة
Refractive index	معامل انكسار
Region	منطقة
Resolution	تحليل
Resolving force	قوة التحليل
Resonance	رنين
Restoring force	القوة المرجعة
Rigid	متماسك

<b>Rocking vibration</b>	ذبذبة التمايل
<b>Rotation</b>	دوران
<b>Rotational</b>	دوار

- S -

<b>Saturated</b>	مشبع
<b>Single Mode Fibers</b>	ألياف نمط مفرد
<b>Specular Reflectance</b>	انعكاس منظاري
<b>Standing Wave</b>	موجة موقوفة

- T -

<b>Torsion</b>	التواء
<b>Transfer</b>	انتقال (تحويل)
<b>Transmission</b>	نفاذية

- U -

<b>Unsaturation</b>	غير مشبع
---------------------	----------

- V -

<b>Value</b>	قيمة
<b>Vibration</b>	تذبذب
<b>Viscous</b>	لزج
<b>Viscosity</b>	لزوجة

## كتب للمؤلف

- 1- أساسيات وتطبيقات أطياف الأشعة تحت الحمراء.  
دار النشر للجامعات (1999).
- 2- أساسيات وتطبيقات مطيافية رامان.  
دار النشر للجامعات (2002).
- 3- أساسيات وتطبيقات مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية.  
دار النشر للجامعات (2003).