

د. عادل علوش

دكتوراه في الكيمياء الفيزيائية

اختصاص: وساطة في الكيمياء العضوية - جامعة بواتييه - فرنسا

مطياف الأشعة تحت الحمراء

Infrared Spectroscopy

ملاحظة هامة :

إن مطيافية الأشعة تحت الحمراء تفيد بشكل أساسي في الكشف عن الزمر الوظيفية في المركب الكيميائي المدروس ويمكن في بعض الأحيان استخدامه في التحليل الكمي

مقدمة:

الأشعة تحت الحمراء infrared rays هي المنطقة التي تقع بين الأشعة الحمراء في الأشعة المرئية ، وطيف الموجات القصيرة المايكروويف (الطيف الكهرومغناطيسي) ، وبذلك تكون طاقة الأشعة تحت الحمراء أقل من طاقة الأشعة الحمراء كما يكون ترددها أقل من الأشعة الحمراء ، ولكن طاقتها وترددتها أعلى من أشعة المايكروويف.

يستخدم العدد الموجي $\tilde{\nu}$ واحداته تقدر بالـ cm^{-1}

$$\Delta E = h \cdot C \cdot \tilde{\nu}$$

$\tilde{\nu}$: العدد الموجي واحداها الـ 1cm وهي الواحدة المستخدمة في مجال الأشعة تحت الحمراء

وتعرف بأنها عدد الموجات الموجودة في 1cm .

IR مجال الأشعة

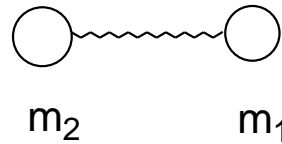
مجال الأشعة	الامتصاص				
	التهيج	λ μm	$\tilde{\nu}$ Cm^{-1}	E KJ.mol^{-1}	E Kcal.mol^{-1}
IR البعيدة	دوران	500-50	20-200	0.25-2.5	0.06-0.6
IR المتوسطة	اهتزاز	50-2.5	200-4000	2.5-63	0.6-15
IR القريبة	اهتزاز	2.5-0.8	4000-12500	63-167	15-40

قانون هوك:

إذا تصورنا جزيء مؤلف من ذرتين HBr مثلاً لهما رابطة أحادية وكتلتها الذرية m_1 و m_2 مرتبطين بنابض والبعد بينهما r في حالة الاستقرار . لو أبعدت الذرتين بالمقدارين x و x_1 تنشأ قوة لإعادة الذرتين إلى وضعهما الأساسي تتناسب هذه القوة F

$$F = -K \cdot \Delta r \quad \leftarrow \Delta r = x + x_1$$

حيث K ثابت قوة الرابطة



ويمكن حساب مقدار التردد الممتص من قبل الجزيئات أو المواد باستخدام القانون:

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$$

حيث:

ν : التردد الاهتزازي (التردد اللازم لاهتزاز الجزيء المعني)،

C: سرعة الضوء في الفراغ،

π : نسبة ثابتة قيمتها 3.14 .

K: ثابت يمثل قوة الرابطة في الجزيء،

μ : الكتلة المختزلة وتساوي:

$$\mu = \frac{m_A \cdot m_B}{m_A + m_B}$$

مبدأ القياس في الأشعة تحت الحمراء

عند تسجيل انخفاض شدة الاشعاع عند عبوره ضمن العينة (المادة) بسبب امتصاص جزء منه و ذلك في مجال طيفي محدد كالمنطقة المتوسطة في IR

($\nu=200-4000 \text{ cm}^{-1}$) فنحصل على طيف المادة . يرسم المطياف عادةً النفوذية

الضوئية المئوية %D أو %T و الامتصاصية %A كتابع للعدد الموجي و هو $\tilde{\nu}$ (cm^{-1})

$$\text{حيث : } D\% = \left(\frac{I}{I_0} \right) \cdot 100 \Rightarrow A\% = (100 - D) = \left(\frac{I_0 - I}{I_0} \times 100 \right)$$

I_0 شدة الضوء الوارد عند الموجة المحددة

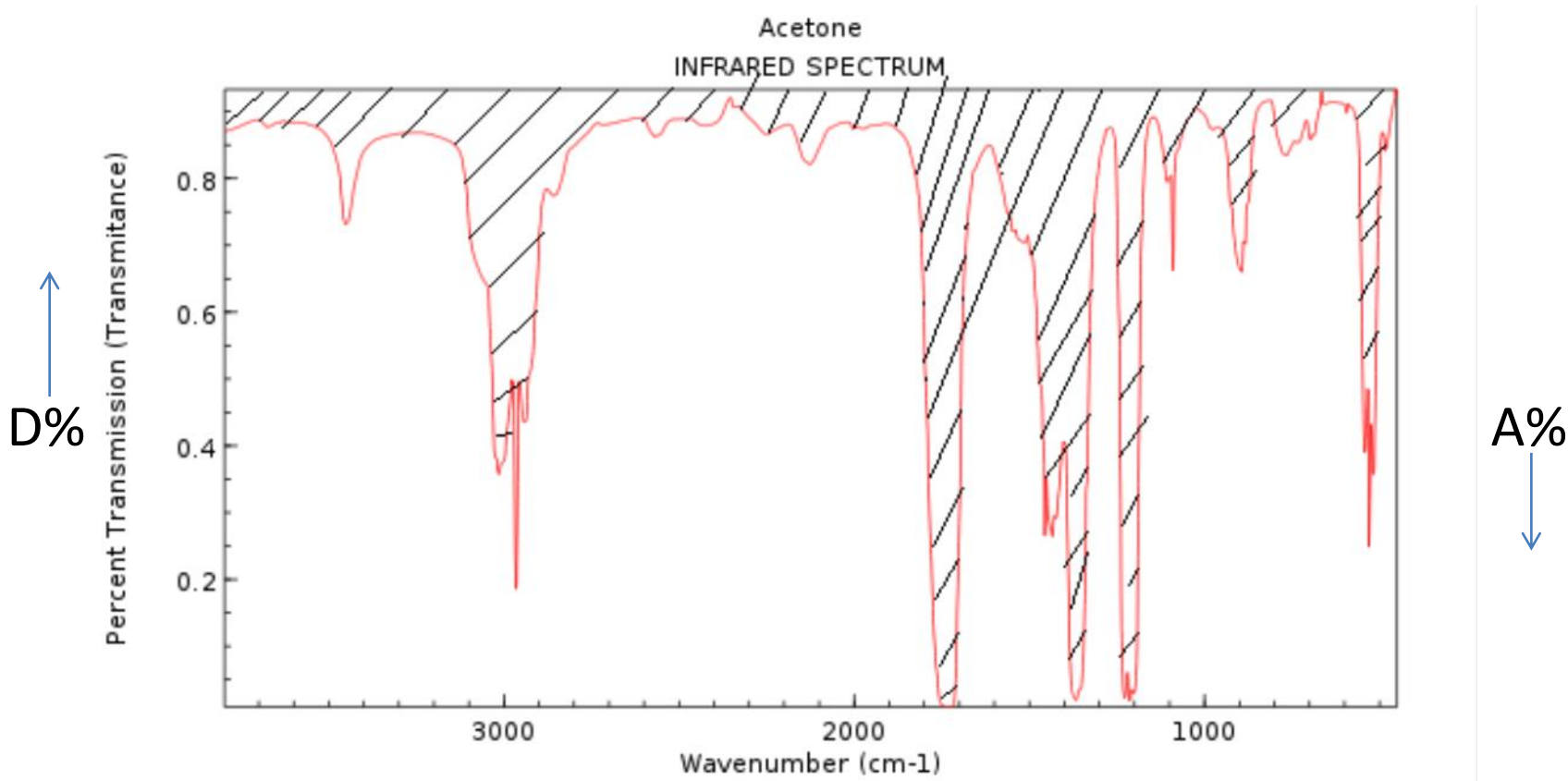
I شدة الضوء النافذ غير الممتص من العينة

$I_0 - I$ تمثل شدة الامتصاص

النفاذية الضوئية ترتبط بالامتصاصية الضوئية وفق قانون بير لامبيرت

$$A = -\text{Log} \frac{I}{I_0} = 0.4343Z.C.d = \epsilon.C.d \Rightarrow A = \text{Log} \frac{I_0}{I} = \epsilon.C.d$$

يظهر في الشكل طيف الأستون حيث تمثل المنطقة المظلمة الامتصاصية الضوئية و A% و المنطقة البيضاء تمثل النفاذية الضوئية D% .



IR مجال الأشعة

مجال الإشعة	الامتصاص				
	التهيج	λ μm	$\tilde{\nu}$ Cm^{-1}	E KJ.mol^{-1}	E Kcal.mol^{-1}
IR البعيدة	دوران	500-50	20-200	0.25-2.5	0.06-0.6
IR المتوسطة	اهتزاز	50-2.5	200-4000	2.5-63	0.6-15
IR القريبة	اهتزاز	2.5-0.8	4000-12500	63-167	15-40

امتصاص الأشعة تحت الحمراء:

عندما تمتص جزيئات المادة الأشعة تحت الحمراء ، فيحدث اثارة لذرات المادة نتيجة لهذه الطاقة الممتصة ، وهذه الاثارة تكون في صورة اهتزازية vibration لذرات هذه المادة أي يحدث انتقال اهتزازي vibrational transition للذرات بالنسبة لبعضها البعض في الجزيء ، مما يؤدي الى تغير دوري في طول الروابط الكيميائية ، أو تغير في الزوايا بين الروابط الكيميائية في الجزيء ، وقد تنتج كل حركة اهتزازية من ذرتين أو قد تشمل مجموعة من الذرات. وتتوقف طول الموجة أو التردد الذي يحدث عنده هذا الامتصاص على العوامل التالية:

1- كتلة الذرة relative mass

2- قوة الروابط المكونة للجزيء bond strength

3- الشكل الهندسي للذرات في الجزيء atomic geometry

شروط ظهور طيف IR الاهتزازي

كي يكون الجزيء فعال في مطيافية الأشعة تحت الحمراء ،
بمعنى أن يكون له طيفاً في هذه المنطقة من أطوال الموجة ، يجب
أن يمتلك الجزيء عزم ثنائي قطب. وعند تسليط الأشعة تحت
الحمراء على الجزيء يحدث تداخل بين المجال الكهربائي للأشعة
تحت الحمراء مع المجال الكهربائي المتولد عن عزم ثنائي قطب .
وإذا توافق تردد المجال الكهربائي لشعاع من الأشعة تحت
الحمراء مع تردد المجال في الجزيء ، فإن الجزيء يمتص هذا
الشعاع .

جميع الجزيئات ذات الذرات المتماثلة لا تملك عزم ثنائي قطب
عند تهيجها وهي ليست فعالة في طيف IR

عندئذ يحدث امتصاص الجزيء للطاقة بنقله من مستوى اهتزازي منخفض إلى مستوى اهتزازي أعلى. وعند فقدان الطاقة ورجوع الجزيء إلى مستوى اهتزازه "الأرضي" (ليس مثارا) يحصل انبعاث للضوء تحت الأحمر يمكن لكاشف حساس تسجيله . وتسجل تلك البيانات على جهاز يرسمها على ورق بياني تمثل صورة طيف الأشعة تحت الحمراء.

Self-vibration الاهتزازات الذاتية

يمتلك كل جزيء ثلاث امكانيات للحركة وهي الاهتزاز و الدوران و الانتقال وإذا تألف الجزيء من N ذرة فهو يملك $3N$ درجة حرية .

إذا كان الجزيء لا يملك حرية الانتقال (حركته معاقة) فتحذف ثلاث درجات حرية تمثل امكانية الانتقال على المحاور الاحداثية الثلاث في الفراغ فيبقى $(3N-3)$ درجة حرية للجزيء .

في الجزيئات الخطية تسقط درجتى حرية للدوران ويبقى $(3N-5)$ درجة حرية اهتزازية وهذا يكافئ $(3N-5)$ اهتزاز ذاتي في الجزيء .

في الجزيئات الغير خطية تسقط ثلاث درجات حرية للدوران فيبقى $(3N-6)$ درجة حرية للاهتزاز وهذا يعني $(3N-6)$ اهتزاز ذاتي للجزيئة .

يمكن التكهّن بعدد قمع الامتصاص لجزيء معين ، بتقدير عدد الاهتزازات الجزيئية المسموح بها في الجزيئات متعددة الذرات.

مستويات الطاقة الاهتزازية Vibrational energy levels

إن الانتقالات الاهتزازية في الجزيء لا تتم بصورة عشوائية ولكنها تحدث بتردد معين تردد الحركة الاهتزازية (vibrational frequency) الذي يتحكم بكتلة الذرات وقوة الرابطة الكيميائية المشتملة في الحركة الاهتزازية، وعلى ذلك فإن كل حركة اهتزازية تمثل مستوى طاقة اهتزازي في الجزيء ، وكما سبق أن ذكرنا أيضا فإن عدد هذه المستويات هو $3N-5$ or $3N-6$ في الجزيئات غير الخطية و الخطية على التوالي.

وعلى ذلك فإنه في الاهتزاز الجزيئي ينتقل الجزيء من مستوى الطاقة الاهتزازي الأدنى الى أحد مستويات الطاقة الاهتزازية الأعلى.

الجزيئات في حالتها العادية على درجة حرارة الغرفة توجد عادة في مستوى الطاقة الاهتزازي الصفري $v = 0$ وهو مستوى فردي ، وعندما يمتص الجزيء طاقة في نطاق الأشعة تحت الحمراء يحدث الانتقال الاهتزازي بحيث يكون التغير في رقم الكوانتم الاهتزازي يساوي الواحدة $\Delta v = 1$ أي أن الانتقال يتم من $v=0$ إلى $v=1$ ويطلق على هذا الانتقال الاهتزاز الأساسي fundamental vibration وهو عادة الانتقال الذي يشاهد في طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء

تصنيف ميك (Meck) للاهتزازات الذاتية :

صنف ميك الاهتزازات الذاتية الى نوعين بحسب طبيعة الاهتزاز للذرات في الجزيء :

1- اهتزازات ذاتية تكافؤية : v تهتز الذرات على محور الرابطة بحيث يتغير البعد بينهما دورياً بحيث تبقى الزوايا بين الروابط ثابتة .

2- اهتزازات ذاتية بتغير الزاوية : δ تتغير فقط الزوايا بين الروابط ويبقى البعد بين الذرات ثابت .

يحتاج تغير أبعاد الذرات (الاهتزاز التكافؤي) v إلى طاقة أكبر بكثير من الاهتزاز بتغير الزاوية δ لذلك تقع الاهتزازات التكافؤية عند اعداد موجية أعلى في طيف الـ IR .

أنواع الاهتزازات الجزيئية

Types of molecular vibrations

1- الاهتزاز بالتمدد والانكماش Stretching vibrations

2- الاهتزاز بالانحناء Bending vibrations

أولاً : الاهتزاز بالانكماش والتمدد:

ويقسم إلى قسمين :

A- تمدد وانكماش اهتزازي بسيطاً أو معزول - isolated stretching

هذا النوع يشمل تمدد رابطة واحدة فقط ، مثل: الرابطة الفردية في جزيء لحمض

الهيدروكلوريك H-Cl أو الرابطة الكربونيلية - C=O في الأسيتون.

B-تمدد وانكماش اهتزازي مزدوجاً - coupled stretching

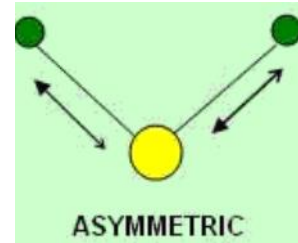
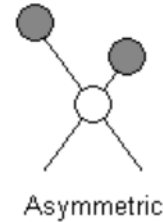
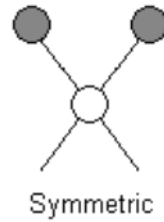
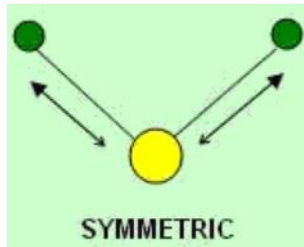
هذا النوع يشمل تمدد رابطتين أو أكثر في نفس الوقت ، مثل: تمدد الرابطتين في

زمرة الميثيلين H-C-H في نجد ذرة كربون ترتبط بذرتي هيدروجين أي رابطتين

وهنا يحدث نوعين من التمدد والانكماش الاهتزازي المزدوج:

A- تمدد وانكماش مزدوج متماثل : Symmetrical stretching وفيه يحدث تمدد أو انكماش للرابطين في نفس الوقت.

B- تمدد وانكماش مزدوج غير متماثل : Asymmetrical stretching وفيه تتمدد احدى الروابط بينما تنكمش الأخرى في نفس اللحظة وبطريقة متزامنة



2- الاهتزاز بالانحناء Bending vibrations

هذه الترددات يتغير فيها الزوايا بين الروابط (الزاوية بين الرابطتين) مما يؤدي إلى حركة الذرات في اتجاه آخر غير اتجاه محوري الرابطة ، وقد تكون حركة الذرات في مستوي الرابطتين أو خارج مستوي الرابطتين.

وينقسم الاهتزاز بالانحناء الى أربعة أنواع:

A- اهتزاز Rocking (تأرجح)

حيث تتأرجح الوحدة التركيبية الى اليسار أو اليمين في نفس مستوي الاتزان in the same plane

B- حركة مقص Scissoring

حيث تتقارب وتتباعد الذرتان الغير مرتبطتان سويا بالنسبة لبعضهما بحركة تشبه حركة المقص في نفس مستوي الاتزان

in the same plane

C- Tàrjç Wagging

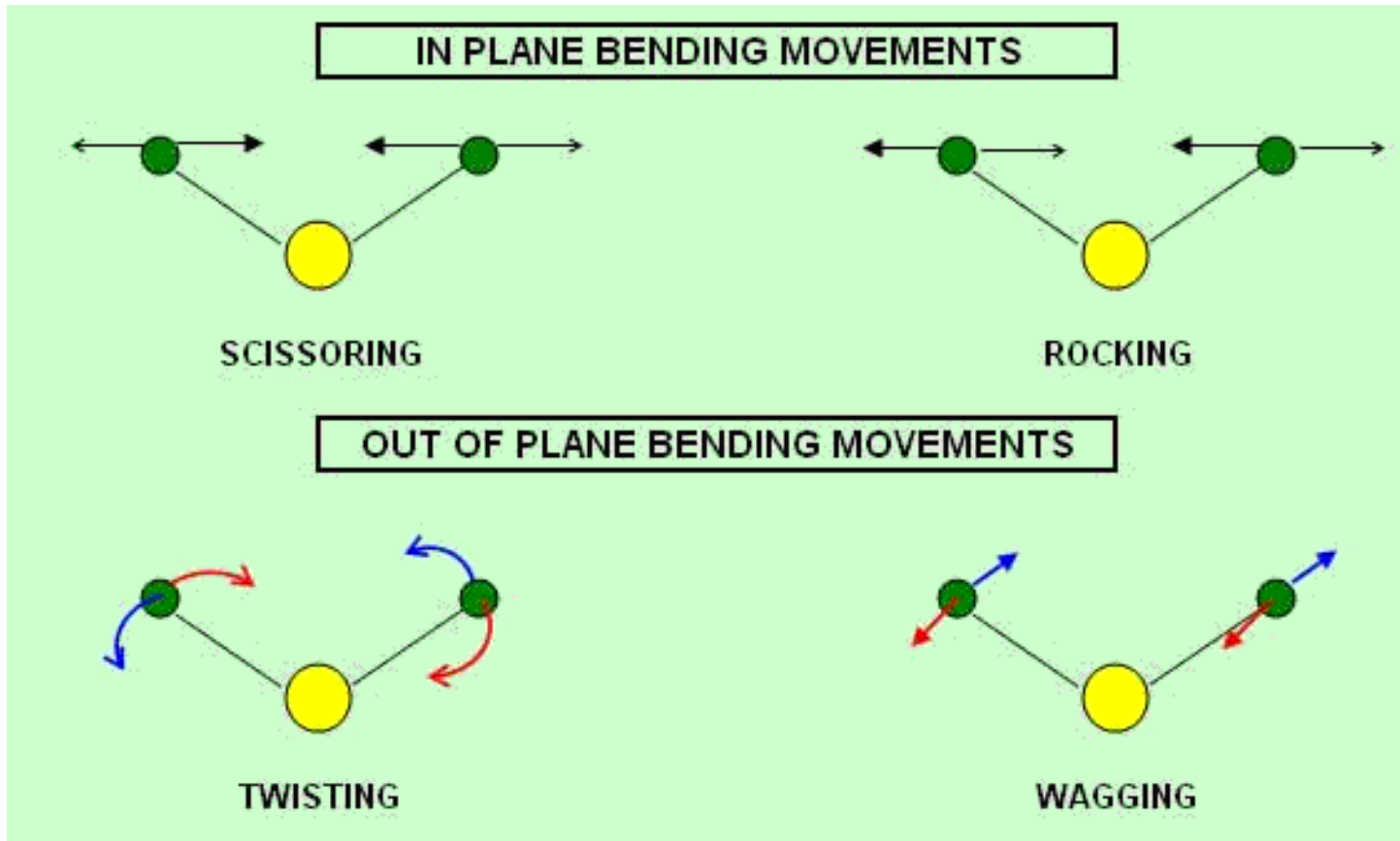
في تتأرجح فيه الوحدة التركيبية الغير خطية (ثلاثية الذرة الى الخلف والى الأمام خارج مستوي الاتزان المشكل من الذرة وروابطها out of plane bending

D- التواء Twisting

حيث تلف الذرات حول الرابطة بينها وبين باقي الجزيء خارج مستوي الاتزان - out of plane

أشكال الاهتزاز بالانحناء

Bending Vibrations



وفي حالة الجزيئات المتعددة الذرات تتردد هذه الذبذبات المختلفة بقيمة محددة ، أي أن ترددات التمدد والانحناء الجزيئي مقننة (مكممة) . quantized . وعند تعرض الجزيء للأشعة

الكهرومغناطيسية ذات نفس تردد الذبذبة الجزيئية يحدث الامتصاص ، وتتوافق الموجات وتزداد سعة التردد ، وعندما يعود الجزيء الى الاستقرار ، فان الطاقة الفائضة تتسرب على هيئة حرارة.

مستويات الطاقة الاهتزازية في جزيء الماء:

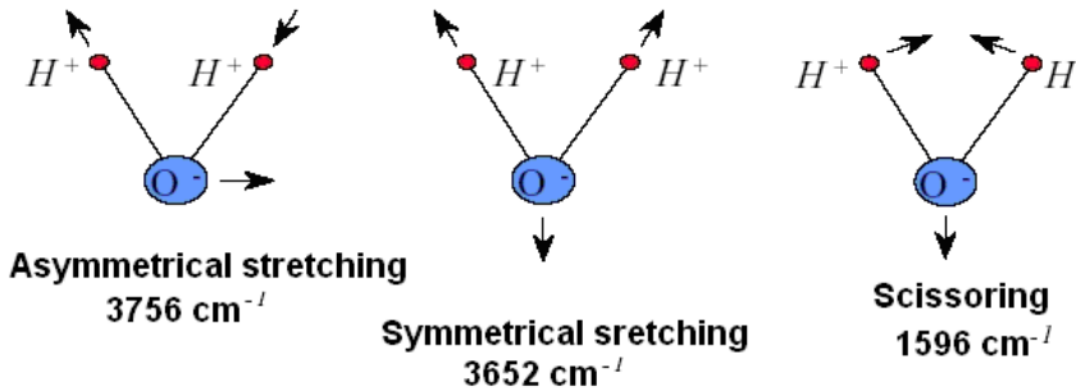
من المعروف أن جزيء الماء غير خطي ويحتوي على ثلاث ذرات وبذلك يحتوي مستوى الطاقة الاهتزازي الأول $v=1$ على ثلاثة مستويات وتلك لأن:

عدد مستويات الطاقة الاهتزازية في الجزيء غير الخطي على $3N-6$ ، وعلى ذلك يكون عدد مستويات الطاقة الاهتزازية في الماء تكون $3N-6 = (3 \times 3) - 6 = 3$ وبذلك يكون هناك ثلاث حركات اهتزازية لجزيء الماء:

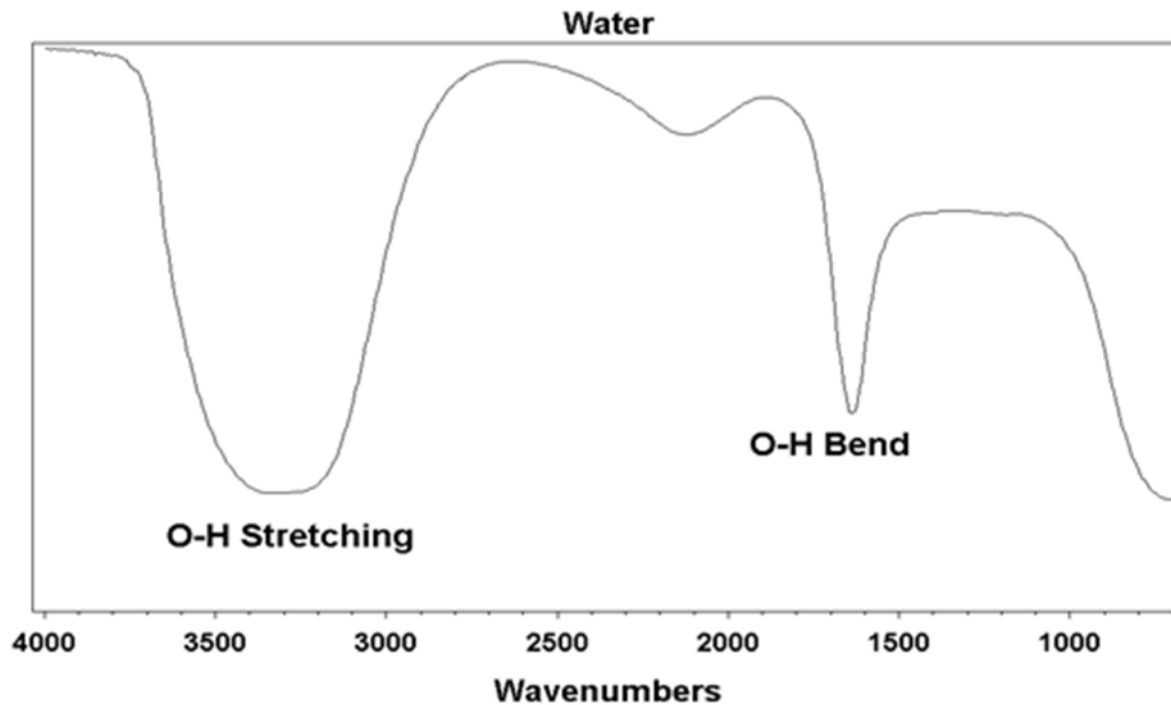
1- تمدد وانكماش متماثل Symmetrical stretching 3652 cm^{-1} -OH

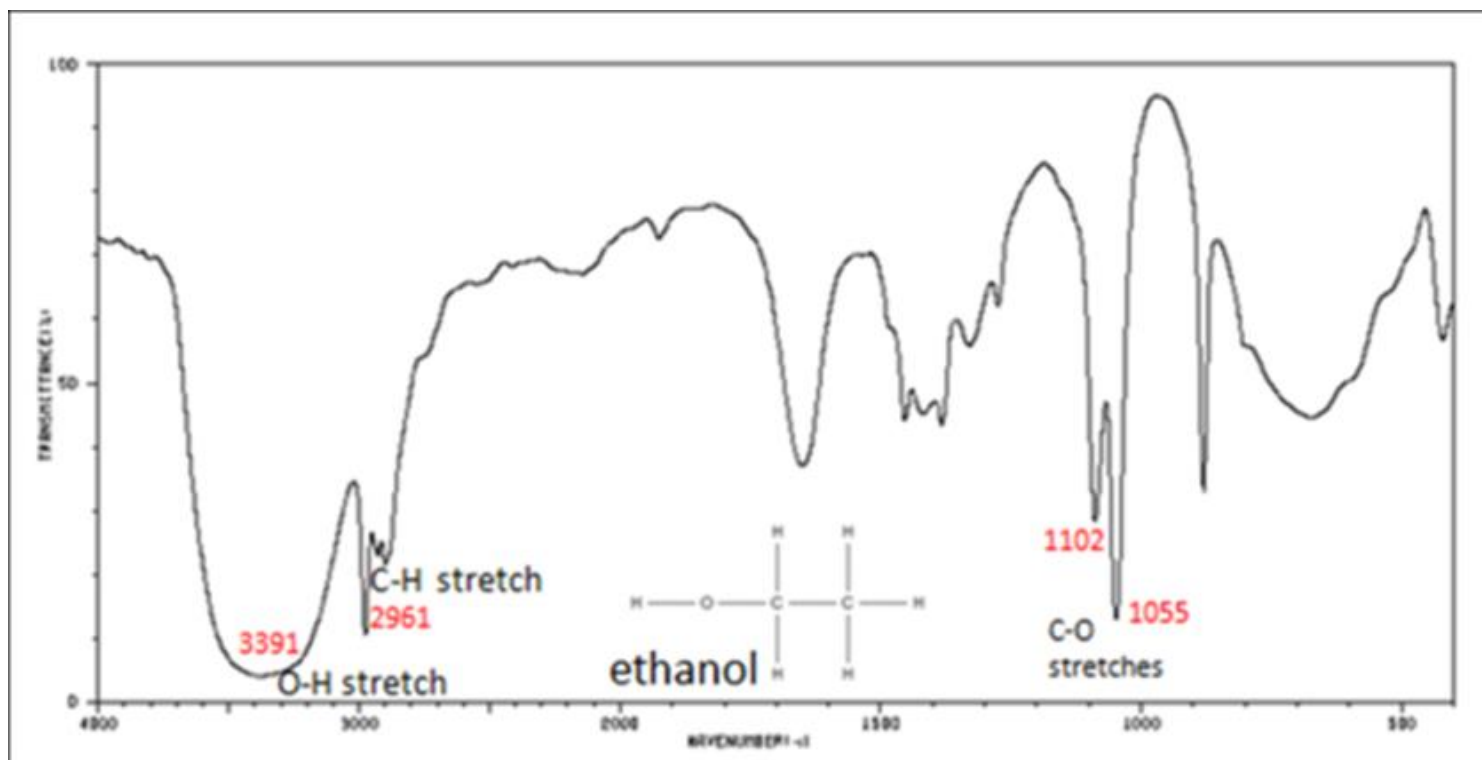
2- تمدد وانكماش غير متماثل Asymmetrical stretching (3756 cm^{-1}) -OH

3- انحناء في شكل حركة مقص تؤدي الى التغير في زوايا الروابط (Bending) H-O-H
 1596 cm^{-1} scissoring مستويات الطاقة الاهتزازية في جزيء الماء -



طيف جزيء الماء





مثال آخر جزيء ثاني أكسيد الكربون CO₂ :

هو جزيء خطي يحتوي على ثلاث ذرات $O = C = O$ وعلى ذلك فان لهذا الجزيء أربع حركات اهتزازية.

بالتعويض في قانون عدد الحركات الاهتزازية للجزيئات الخطية

$$3N - 5 = 3 \times 3 - 5 = 4$$

ويمكن تلخيص تلك الحركات الأربعة فيما يلي:

1-تمدد متماثل Symmetrical stretching (1340 cm^{-1})

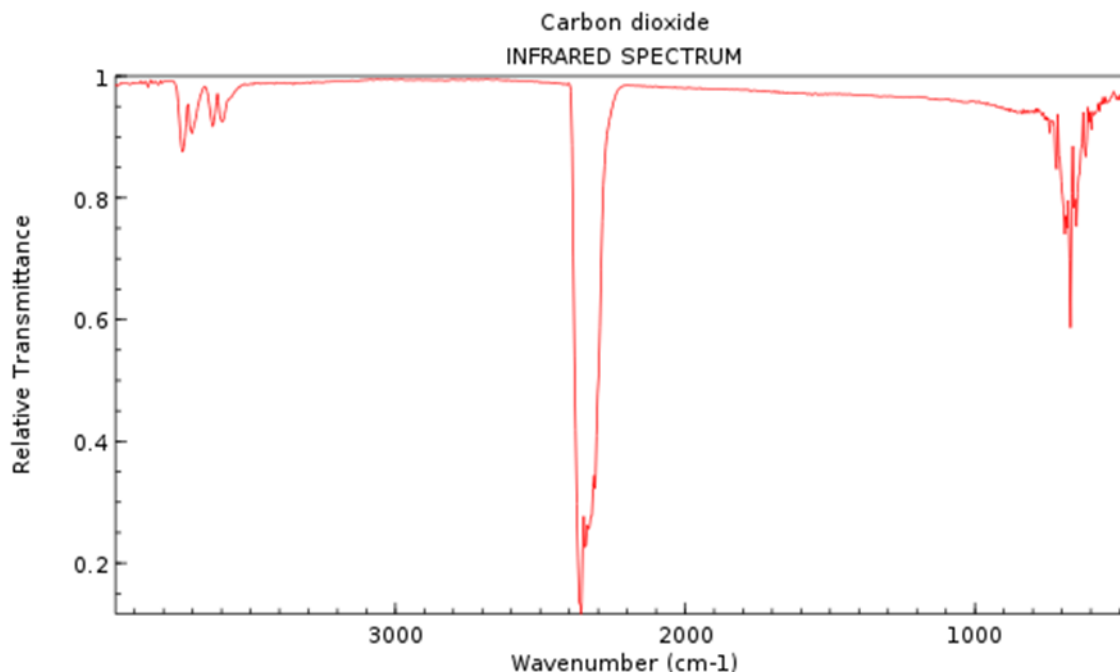
وهو لا يؤدي الى تغير في قطبية الجزيء ، ولذلك لا يحدث له امتصاص في طيف الأشعة تحت الحمراء ولكن يشاهد في طيف رامان Raman spectra عند 1340 cm^{-1} وهي طريقة أخرى للنظر الى الحركات الاهتزازية في الجزيء عن طريق تبعثر الأشعة.

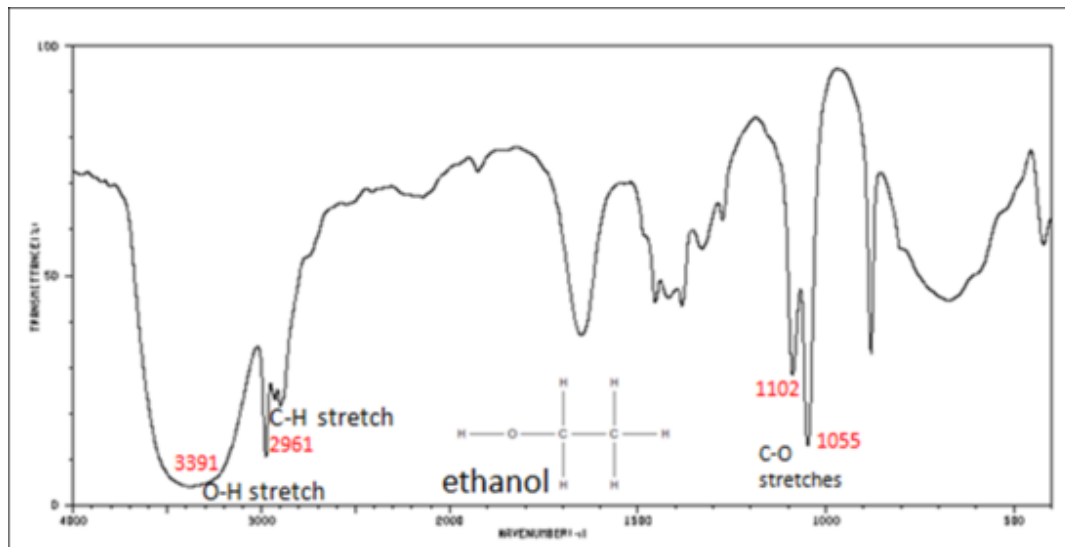
2- تمدد غير متمائل Asymmetrical stretching (2350cm^{-1})

ويحدث فيه تمدد لأحد الروابط ، بينما يحدث انكماش للرابطة الأخرى وبطريقة متزامنة ويحدث امتصاص عند 2350cm^{-1} في طيف الأشعة تحت الحمراء .
3 و 4- التغير في زوايا الروابط بطريقة مقصية متناظرة :

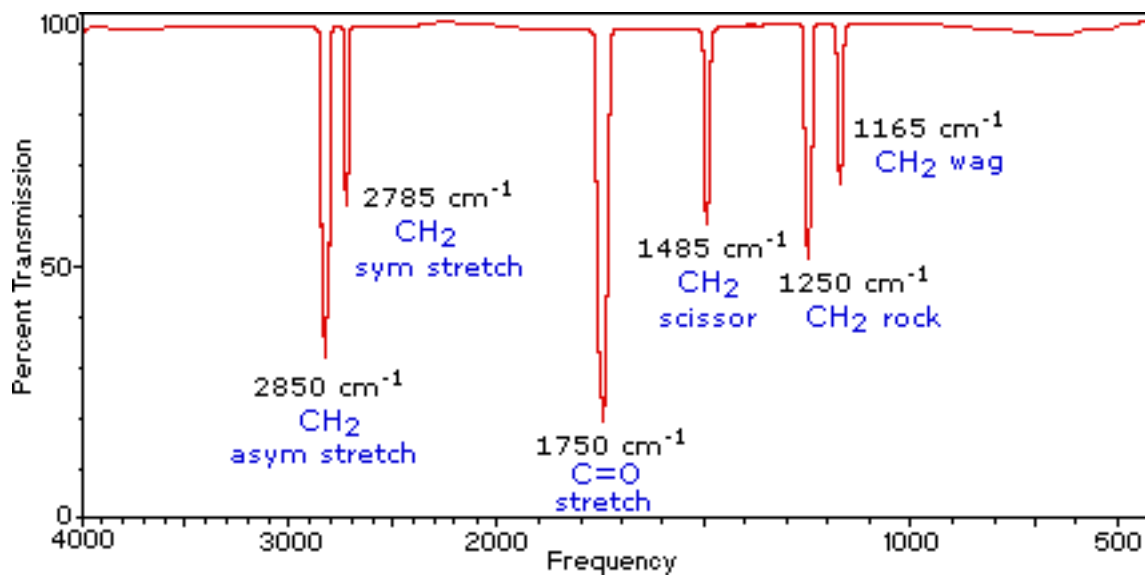
Bending Scissoring CO_2

وهنا يحدث حركتين متمثلتين نتيجة لدرجة التماثل المرتفعة في الجزيء ، ولذلك يحدث لها امتصاص واحد عند 666cm^{-1}



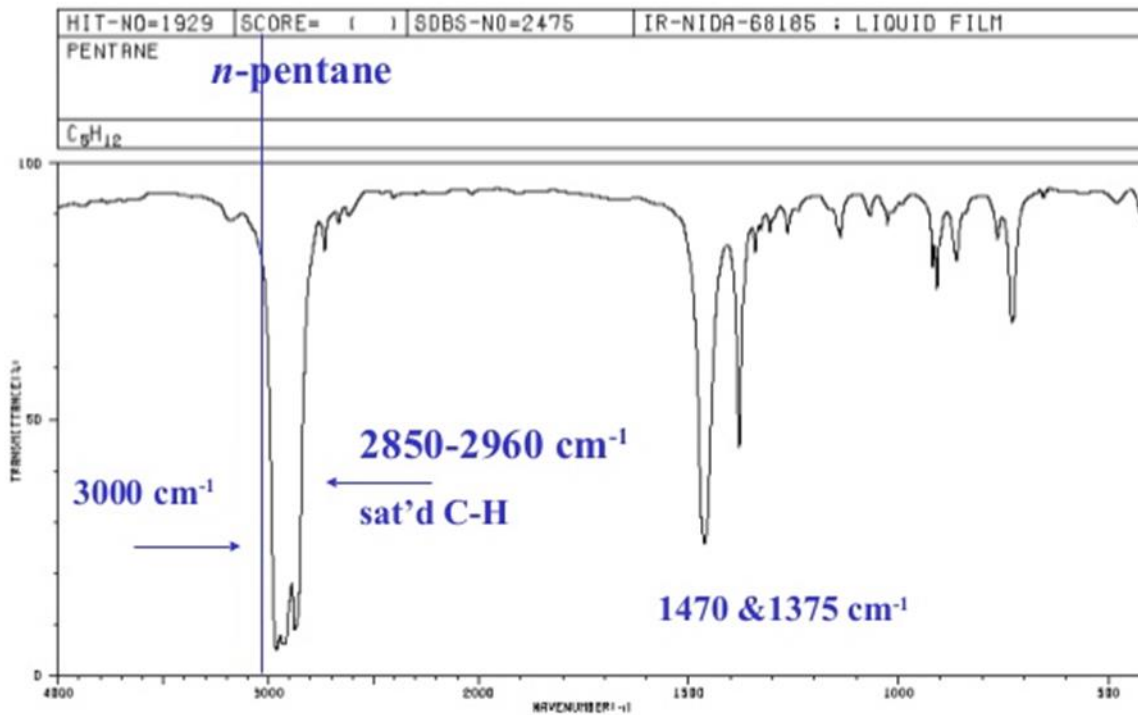


Ethanol



Acetone

n-Pentane



3182	86	2618	86	1138	81	732	65
3172	86	1462	24	1068	86		
2961	4	1380	45	1027	84		
2929	6	1342	78	819	77		
2875	8	1307	84	808	72		
2733	79	1254	84	862	79		
2666	84	1144	84	765	81		



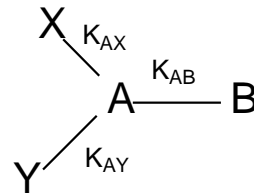
الامتصاصية للمجموعات الوظيفية :

تمتص بعض المجموعات الوظيفية مثل (-OH ، N-H ... الخ) عند العدد الموجي نفسه و لكي يتكرر امتصاصها للإشعاع في مركبات مختلفة عند العدد الموجي نفسه يجب أن لا يكون هناك ارتباط اهتزازي مهم بين المجموعة الوظيفية هذه من جهة وبقية الجزيء من جهة أخرى .

ولكي يتحقق هذا الشرط في المجموعة الوظيفية A-B في الجزيء

حيث : m_A ، m_B ، m_X ، m_Y و ثوابت القوة للروابط بين الذرة : K_{AY} ، K_{AX} ، K_{AB} . يجب توافر الشروط التالية :

1- عند اختلاف قيمة ثابت القوة K_{AB} بـ 25% على الأقل زيادة أو نقصان عن قيمتي ثابتتي القوة للرابطين المجاورتين K_{AX} ، K_{AY} :



2- أن تكون الكتلة الذرية لـ B (m_B) أقل من نصف m_A أو أعلى من ضعفها .
أمثلة :

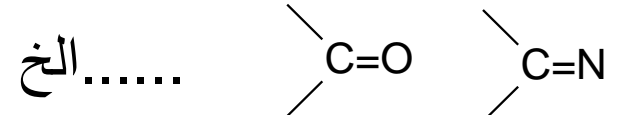
1- تأخذ ثوابت القوة للرابطة C-C الأحادية البسيطة نسبةً للرابطين C=C و 

النسبة 2:1 و 3:1 تقريباً $K_{C-C} = 4-6 \times 10^5 \text{ Dyn.cm}^{-1}$

$K_{C=C} = 8-12 \times 10^5 \text{ Dyn.cm}^{-1}$

$K_{C=C} = 12-18 \times 10^5 \text{ Dyn.cm}^{-1}$

هذه الفروق هي أعلى بكثير من 25% وهذا ما يؤدي إلى ظهور اهتزازات و وظيفية مميزة للرابطة الثنائية والثلاثية وكذلك لأجل الروابط المضاعفة الأخرى



2- يتحقق شرط اختلاف الكتلة في المجموعة  عندما تكون X= H

كتلة الهيدروجين أقل بكثير من كتلة ذرة الكربون أو أي هالوجين أو معدن ثقيل

لا يكون الشرط محققاً مع C-C و C-N إذن هاتين الزمرتين غير نشطتين في طيف IR

وتعتبر N-H , OH- و NH₂ مجموعات وظيفية في مطيافية الـ IR .

تحضير العينات وأنواع الخلايا المستعملة :

يستعمل طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء لتعيين هوية المركبات الصلبة والسائلة والغازية ومن الطبيعي أن تعامل العينات بطرق مختلفة تتناسب مع حالة كل منها .

1- العينات الصلبة تسحق ثم تجعل على شكل عجينه مع ماده سائله عاليه اللزوجة مثل زيت البرافين النيوجل (Nujol) أو شحم كلورو فلورو كربون ثم توضع كميته بسيطة من هذه العجينة بين قرصين من بروميد البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم لتكون طبقة رقيقه جداً .

2- العينات السائلة فأبسطها هي التي يمكن أن توضع مباشرة في خلية من كلوريد الصوديوم أو بروميد البوتاسيوم أو بروميد الثوريوم ثم يسجل طيف امتصاص الأشعة تحت الحمراء للمادة المراد دراستها . وفي الجهاز ثنائي الشعاع تستعمل خليه مماثله تحوي على ماده قياسييه (reference material) كالمذيب مثلاً . وينبغي حماية الخلايا من الرطوبة كما ينبغي تجفيف المذيبات العضوية قبل استعمالها لأن وجود كميات قليلة من الماء تؤثر على جدار الخلية مما ينتج عليه أخطاء كبيره وهذه الطريقة مناسبة للتحاليل الكيفية والكمية .

كما يمكن وضع قطره من العينة بين قرصين من بروميد البوتاسيوم أو كلوريد الصوديوم لتكون طبقة رقيقة جداً ويسجل الطيف لها . ولكن هذه الطريقة لا تصلح إذا كانت المادة سريعة التبخر كما أنها لا تصلح للتحليل الكمي .

3- في العينات الغازية توضع في خلايا كبيرة غالباً ما يكون طولها 10سم وتصنع نهاياتها من كلوريد الصوديوم أو بروميد البوتاسيوم .

امتصاص أشعة IR من الروابط البسيطة الهيدروجينية

1- امتصاص C-H :

ملاحظات	مجال ظهور العصابة $\nu \text{ Cm}^{-1}$	المجموعة
عموما عصبانان أو ثلاث (اهتزازات تكافؤية -CH)	2960-2850 (S)	
اهتزازات زاوية -C-H	1470-1430 (W)	
	1390-1370 (W)	- CH ₃
اهتزاز خاص بـ -CH ₂	~ 720	

ملاحظات	مجال ظهور العصابة Cm-1 v	المجموعة
اهتزازات تكافؤية	~3050 (W)	سيكلو بروبان -C-H ايبيوكسيد -C-H هالوجينات -CH ₂ -
عصابتان واحدة بالقرب من 2720 cm ⁻¹ والتي تمثل اهتزاز n-c=0	2900-2700 (W)	-CHO
	2850-2810 (m)	-O-CH ₃
	2790-2770 (m)	-O-CH ₂ -O-
	1820-1385 (m)	N-CH ₃
	1395-1385 (m) 1365 (S)	-C(CH ₃) ₃
عصابتان متناظرتان تقريباً	~ 1380 (m)	-C(CH ₃) ₂
اشد عصابتان في الطيف تقريباً	1385-1365 (S) 1360-1355 (S)	-O-CO-CH ₃ -CO-CH ₃

امتصاص C-H في الألكانات والالكينات و الألكينات والعطرية

ملاحظات	مجال ظهور العصابة Cm-1 v	المجموعة
	~ 3300 (S)	- C≡C-H
اهتزاز (-C-H) تكافؤي تغطي أحياناً بعصابات -C-H التكافؤية الشديدة لذرات الكربون المشبعة والتي تظهر تحت 3000 cm ⁻¹	~3090-3075 (m)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$
	~3090-3075 (m)	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagdown \end{array}$
غالباً تكون مغطاة بعصابات أشد منها	3040-3010 (W)	Aryl-H
اهتزاز زاوي (out-of-plane) -C-H إذا ارتبطت الرابطة المضاعفة عبر رابطة أحادية مع جذر C=O ينزاح الموقع 990 cm ⁻¹	920-960 (S)	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \text{R} \end{array}$
	995-985 (S) 940-900 (S)	R-CH=CH ₂
	895-885 (S)	R ₂ C=CH ₂
	840-790 (m)	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \text{R} \end{array}$
	730-675 (m)	$\begin{array}{c} \text{R} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{R} \quad \text{R} \end{array}$

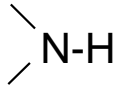
امتصاص مجموعة -OH الكحولية و الفينولية

الملاحظات	مجال ظهور العصابة Cm-1 v	المجموعة
	3710	الماء في محلول
عصابة اهتزاز تكافؤي شديدة	3650-3590 (S)	-OH حرة
عريضة غالباً ولكن أحياناً يمكن أن تكون حرة	3600-3200 (S)	-OH في جسر هيدروجين
عصابة عريضة غالباً	3200-2500	-OH في مركبات شيلاتية ضمن جسر هيدروجيني
عصابة ضعيفة	3600-3100 (W)	-OH في الماء الكريستالي (حالة صلبة)
اهتزازي زاوي	1410-1260 (S)	-OH
اهتزاز تكافؤي -C-O-	1150-1040 (S)	$\begin{array}{c} \\ -C-OH \\ \end{array}$

الامتصاص للاهتزازات التكافؤية N-H في الأمينات والأمينات والأمونيوم والأميدات

الملاحظات	مجال ظهور العصابة Cm ⁻¹ v	المجموعة
تظهر الأمينات الأولية عسابتين في هذا المجال تمثلان الاهتزازين التكافؤيين المتناظر و غير المتناظر الأمينات الثانوية تمتص بشكل ضعيف	3500-3300 (m)	الأمين و الأيمين $\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{N-H} \\ \diagup \end{array}$
الامتصاص لـ N-H في البيروول والأندول تكون أشد		=N-H
في ملح الأمونيوم عند 3000	3130-3030 (m)	-N ⁺ H ₃
	2700-2250 (m)	-N ⁺ H ₃ $\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{N}^+\text{H}_2 \\ \diagup \end{array}$ $\begin{array}{c} \diagdown \\ \text{N}^+\text{H} \\ \diagup \end{array}$
	~3500 (m) ~3400 (m)	أميدات غير متبادلة -CO-NH ₂
عسابتان تتناقصان بوجود جسور H في الحالة الصلبة عصابة وحيدة	3460-3400 (m)	أميدات وحيدة التبادل -CO-NH

امتصاص الاهتزازات الزاوية لـ N-H

الملاحظات	مجال ظهور العصابة $\text{Cm}^{-1} \nu$	المجموعة
	1650-1560n(m)	-NH ₂
غالباً ضعيفة جداً وغير واضحة	1580-1490 (W)	
تظهر أملاح الأمونيوم الثانوية العصابة عند 1600	1600 (S) 1500 (S)	-N ⁺ H ₃

الملاحظات	مجال ظهور العصابة $\text{Cm}^{-1} \nu$	المجموعة
		-(S-H)

