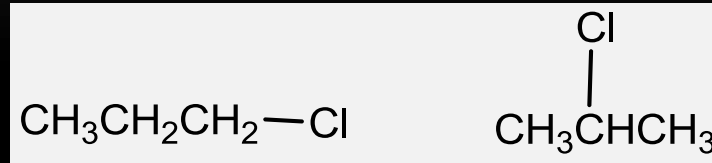


التشخيص العضوي والطيفي
مطيافية الرنين النووي المغناطيسي

NUCLEAR MAGNETIC

RESONANCE

ان الغاية الاساسية من هذه التقنية هو التعرف على عدد ونوع ذرات الهيدروجين في المركب العضوي المراد تشخيصه ان كانت اليفاتية او اروماتية ولهذه التقنية دور كبير في تشخيص المركبات العضوية فعندما يراد التمييز بين مركبين (ايزومرين) مثلا ١-كلوروبروبان و ٢-كلوروبروبان



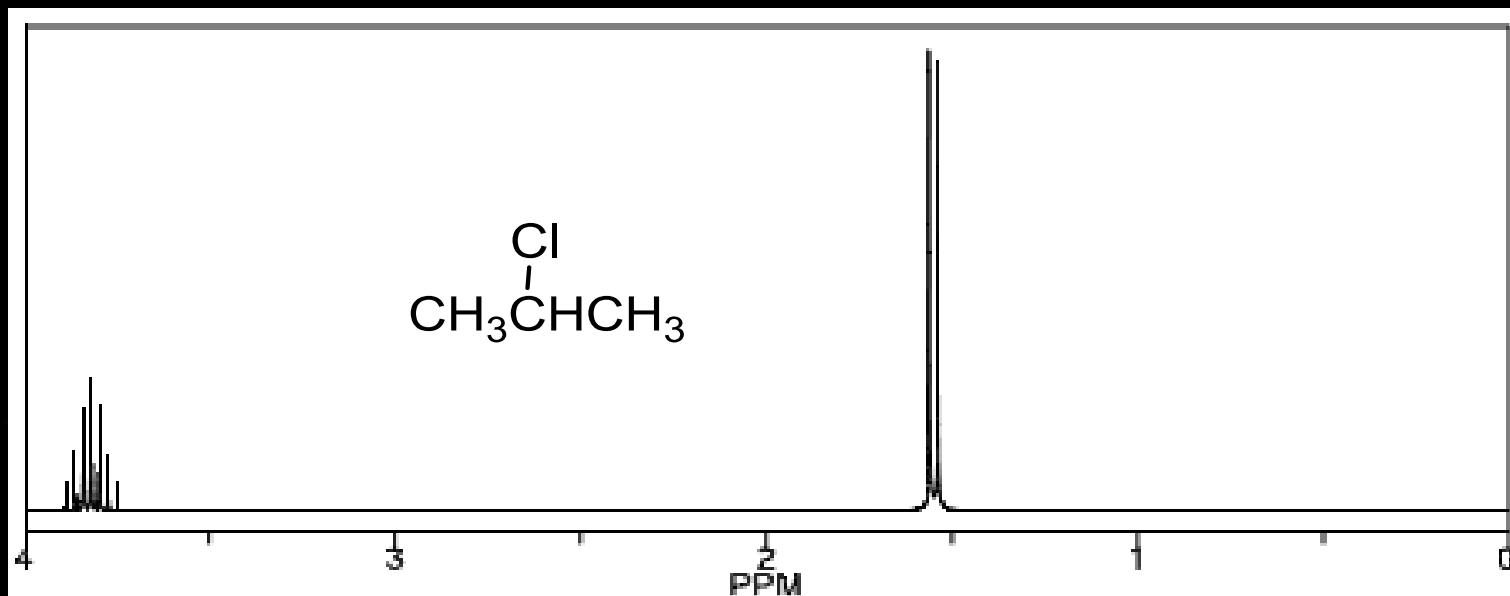
فلا يمكن التمييز بين هذه الایزومرات بطيف IR لانهما يعطيان حزم امتصاص متطابقة لكن يمكن التمييز بينهما في طيف NMR حيث ان كل مركب يعطي صورة تختلف عن الاخرى ومن صورة الطيف يمكن التعرف على المركب العضوي والتمييز بين الایزومرات وكما موضح ادناه:

في الطيف ادناه نلاحظ ظهور اشارة ثنائية عند (1.55ppm) تعود لمجموعتي المثل وسبب ظهورها ثنائية لأنها مجاورة لكاربون يحتوي هيدروجين واحد.

ويظهر الطيف اشارة سباعية عند (3.75ppm) تعود للكاربون المحتوي على الكلور وسبب ظهورها سباعية لأنها مجاورة لذرتي كاربون تحتويان على ست بروتونات.

يخضع شكل الاشارة سواء أكانت احادية او ثنائية او ثلاثية او رباعية او اكثر للقانون:

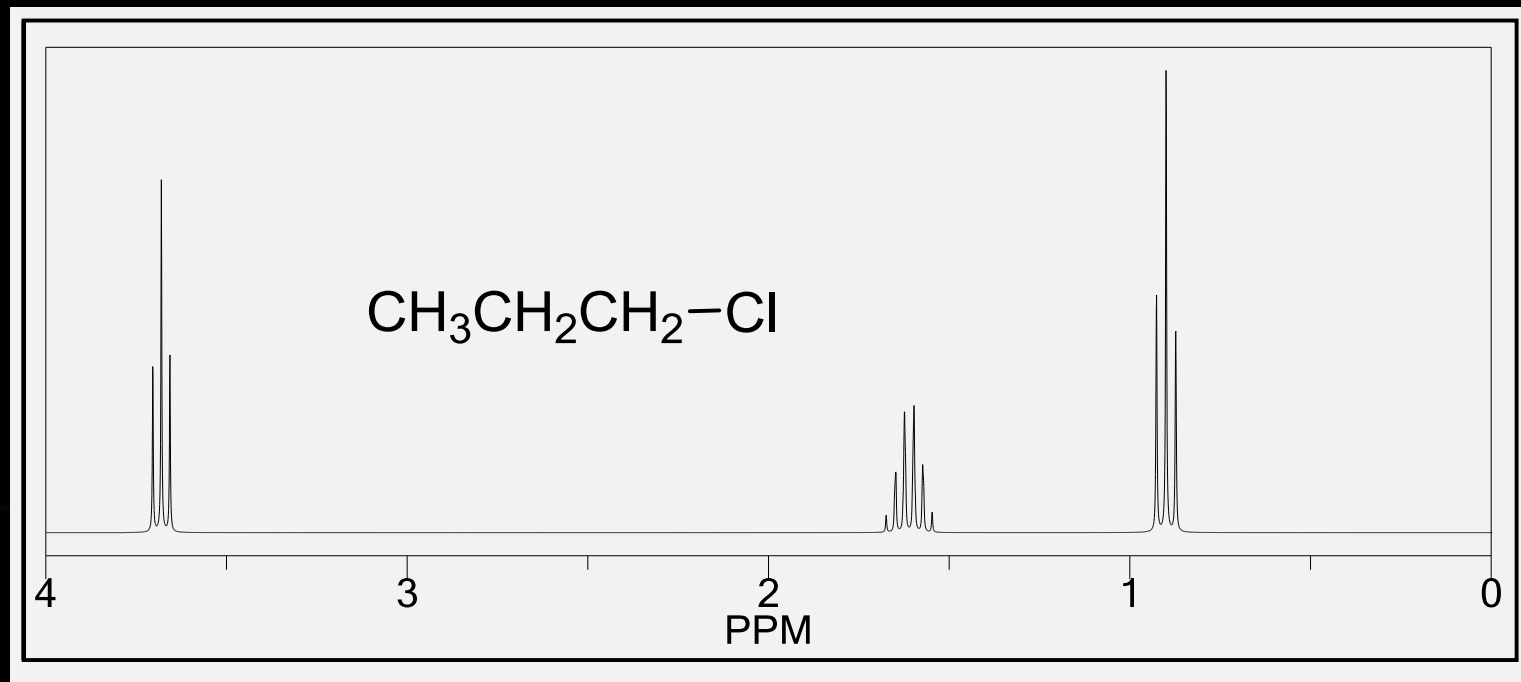
شكل الاشارة = عدد البروتونات على الكاربون المجاور + 1



اما في الطيف ادناه نلاحظ ظهور اشارة ثلاثية عند (0.90ppm) تعود لمجموعة المثلث وسبب ظهورها ثلاثية لأنها مجاورة لكاربون يحتوي هيدروجينتين.

ويظهر الطيف اشارة سداسية عند (1.65ppm) تعود لمجموعة المثلثين الوسطى وسبب ظهورها سداسية لأنها مجاورة لذرتي كاربون تحتويان على خمس بروتونات.

ويظهر الطيف اشارة ثلاثية عند (3.70ppm) تعود لمجموعة المثلثين المجاورة لمجموعة المثلثين الوسطى.



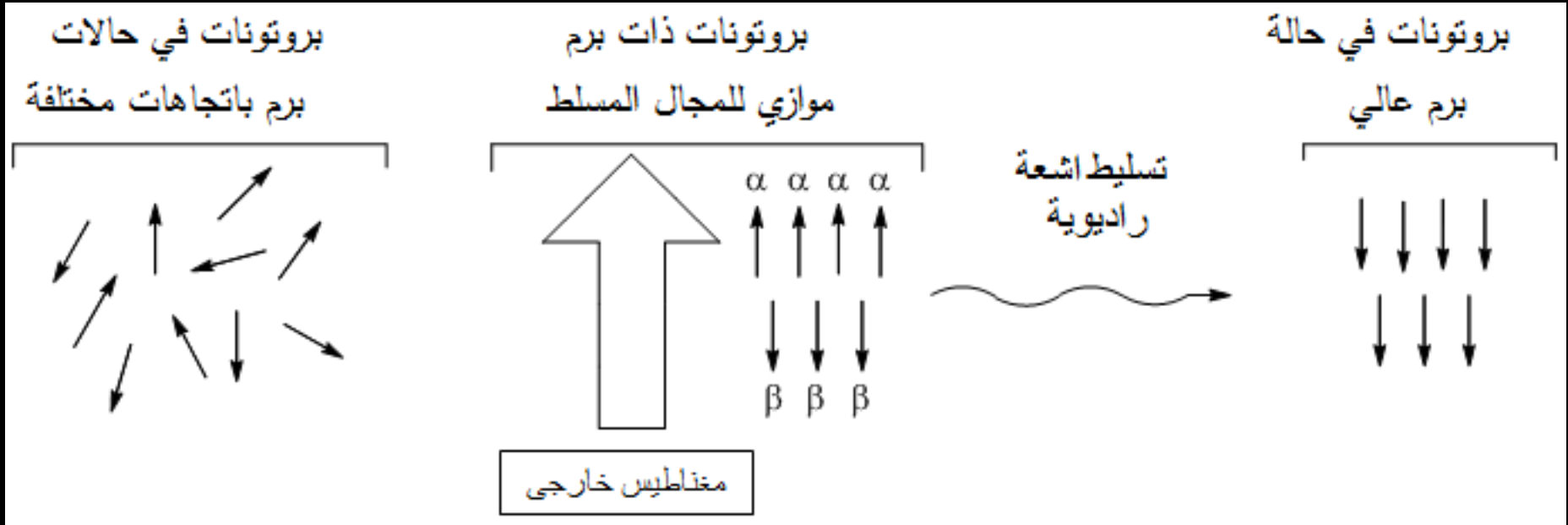
تستخدم في طيف NMR اشعة طويلة الموجة وذات تردد واطي اي ان لها طاقة واطئة جدا وهذه الاشعة هي الراديوية حيث ان هذه الاشعة ليس لها القابلية للتاثير على المستويات الالكترونية او التذبذبية او الدورانية للجزيئة وانما تؤثر فقط على نوى ذرات معينة في الجزيئة ولهذا تسمى بأطياف الرنين النووي المغناطيسي.

NMR مكونات جهاز

- ١- حامل النموذج
- ٢- مغناطيس قوي
- ٣- منظم اشعة للتردد الراديوي
- ٤- مستلم للتردد الراديوي
- ٥- الكاشف والمسجل

نظرية عمل الجهاز :

تدور نواة ذرة الهيدروجين حول نفسها (برم Spin) ويتولد نتيجة هذا الدوران مجال مغناطيسي داخلي وهذه البروتونات تكون موجودة بمستويين طاقيين احدهما يعاكس برم مستوى الطاقة الاخر فعند تسليط مجال مغناطيسي خارجي على ذرات الهيدروجين هذه في المركب العضوي فإن البروتونات التي في المستوى الطاقى الواطىء يكون مجالها المغناطيسي مع المجال المغناطيسي الخارجى المسلط والتي بالمستوى الطاقى العالى يكون المجال المغناطيسي ضد المجال المغناطيسي المسلط وكما موضح:



ولأجل وضع جميع ذرات الهيدروجين بالمستوى الطاقى العالى سوف نحتاج الى الطاقة الراديوية التي ستسلط على ذرات الهيدروجين في المركب العضوي وبالتالي قلب برم بروتونات الهيدروجين من المستوى الواطي الى المستوى العالى واثناء هذه اللحظة سوف تعطي جميع بروتونات الهيدروجين اشارة في الطيف عند مواقع معينة وحسب طبيعة البروتون الموجود في المركب العضوي .

الازاحة الكيميائية Chemical Shift

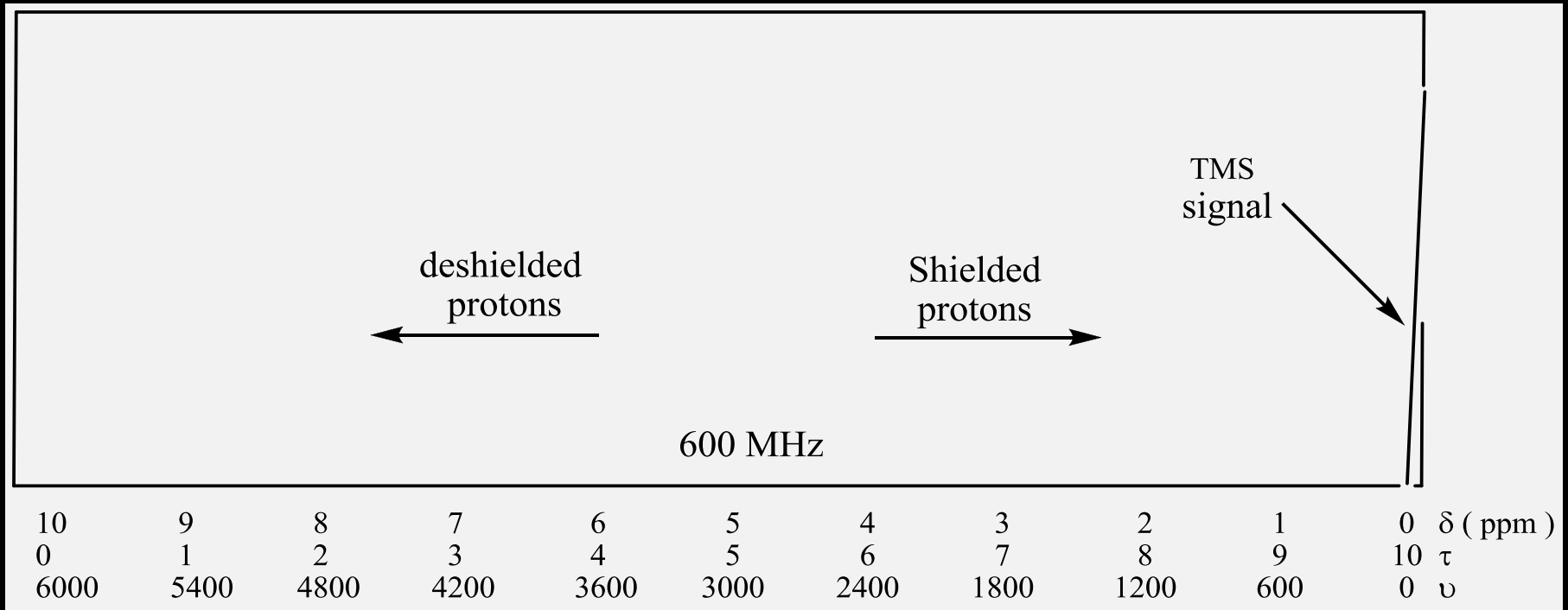
توجد بروتونات الهيدروجين في المركبات العضوية في بيئات مختلفة وتقسم هذه البيئات الى اما ان تكون في بيئة متشابهة والمقصود بالبيئة المتشابهة هو الكثافة الالكترونية حول البروتون والمتمثلة في الكثرونات π او الالكترونات غير المتاصرة والمجاميع الساحبة والدافعة. من العوامل التي ترتبط ببيئة البروتون ومن البروتونات ذات البيئة المتشابهة هي التي توجد مثلا في الميثان والايثان والاسيتون لذلك فان جميع البروتونات المتشابهة في البيئة الالكترونية سوف تظهر اشارات في نفس الموقع

البروتونات غير المتشابهة في البيئة الالكترونية اي ان هذه البروتونات في بيئات الكترونية مختلفة لذلك سوف تعطي هذه البروتونات اشارات في مواقع مختلفة مثل $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-Cl}$.

مما تقدم يمكن تعريف الازاحة الكيميائية

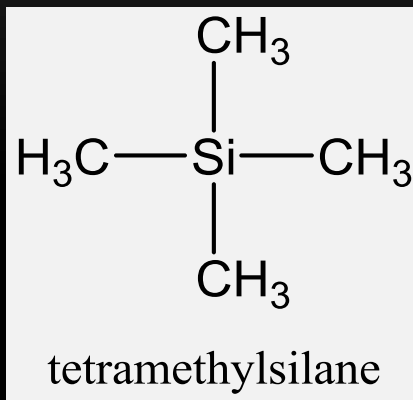
((بأنها ظهور اشارات بروتونات المركبات العضوية في مواقع مختلفة في الطيف وبمسافات معينة عن اشارة المادة المرجع TMS وموقع الاشارة يعتمد فيما اذا كان البروتون محجوب او غير محجوب فالبروتونات المحجوبة تظهر الى يمين الطيف قريبة من اشارة المادة المرجع اما غير المحجوبة فتظهر الى يسار الطيف اي بعيدة عن اشارة المادة المرجع TMS)).

هناك ثلاث قياسات في طيف الرنين النووي المغناطيسي لتحديد الازاحة الكيميائية للإشارات: قياس الدلتا δ ويتدرج (0 – 10) وقياس التاو τ ويتدرج من (0 – 10) والقياس الثالث وهو قياس التردد ويبدأ من (0 – 6000) والمخطط التالي يوضح ذلك.



Tetramethylsilane TMS رباعي مثيل السليكون

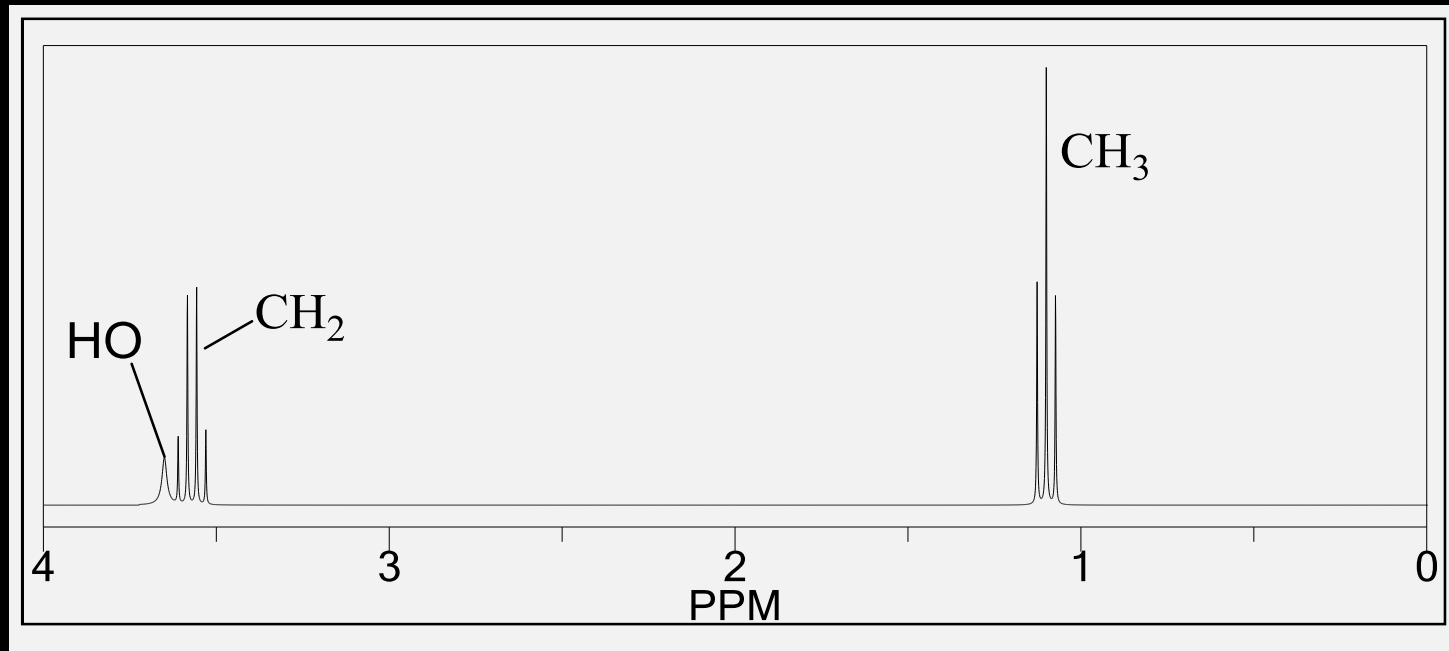
هي المادة المستخدمة كمرجع في تقنية الرنين النووي المغناطيسي حيث تظهر اشارة هذه المادة في نقطة الصفر في قياس الدلتا ولها التركيب الكيميائي التالي .



وان سبب اختيار هذه المادة كمرجع يعود الى امتلاك هذه المادة على اكبر عدد من البروتونات (12 protons) التي لها بيئة الكترونية متشابهة كما تمتاز هذه البروتونات بانها محجوبة بسبب السالبية الواطئة للسليكون ولهذا جميع اشارات المركبات العضوية تظهر بعدها كما انها سهلة التطاير حيث تغلي بدرجة حرارة 27 درجة سليزية اضافة الى ان هذه المادة خاملة لا يمكن ان تتداخل او تتفاعل مع المادة المراد تحليلها .

المعلومات التي تمدنا بها اطيف الرنين النووي المغناطيسي :

اولاً: عدد الاصناف التركيبية للبروتونات : عدد الاشارات الظاهرة في الطيف النووي المغناطيسي لمركب ما تساوي عدد الاصناف التركيبية للبروتونات في هذا المركب فمثلا مركب الايثانول له طيف يحتوي على ثلاث اشارات كل اشارة تتوافق مع صنف من اصناف المركب المذكور فالاشارة الاولى تعود لبروتونات مجموعة الميثيل والثانية تعود لمجموعة الميثيلين اما الثالثة فتعود الى بروتون مجموعة الهيدروكسيل والى بروتون مجموعة الميثيلين التالي يوضح ذلك .



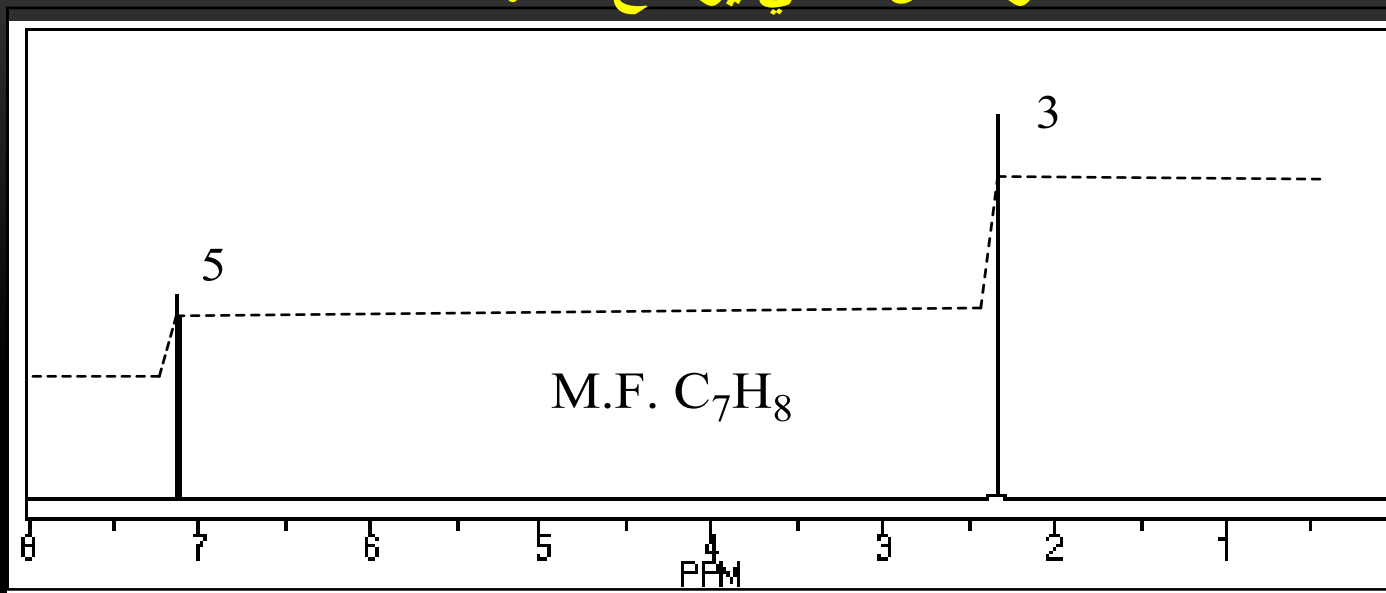
ثانياً: عدد البروتونات في كل صنف : يزودنا مطياف الرنين النووي المغناطيسي عادة بعدد الكتروني يمكن بواسطته حساب المساحة المحصورة تحت الاشارات المختلفة في اطياف الرنين النووي المغناطيسي ويسجل العداد هذه المساحة على هيئة منحنى متعدد الدرجات يسمى منحنى التكامل والفائدة من هذه المساحة هي معرفة العدد الكلي للبروتونات المسؤول عن ظهور هذه الاشارة وبالتالي جمع عدد بروتونات جميع اشارات الطيف ومعرفة الصيغة الجزيئية للمركب (الصيغة الجزيئية).

والمعادلة التالية يمكن بواسطتها حساب عدد البروتونات في المجموعة قيد الدراسة:

$$\text{No. of protons in group (i)} = h_i * T_H / \Sigma h_i$$

حيث ان T_H العدد الكلي للبروتونات في الصيغة الجزيئية
و h_i ارتفاع درجة منحنى التكامل لاشارة المجموعة i
و Σh_i مجموع ارتفاعات الدرجات لمنحنى التكامل لكل
الاشارات .

والمثال التالي يوضح ذلك:

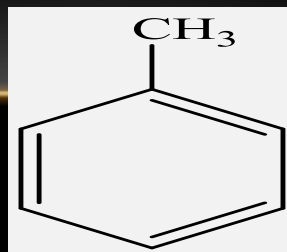


No. of proton in group at (2.4) = $8 * 3 / (5 + 3) = 3$

اي ان هذه الاشارة تعود لثلاث بروتونات والمتوقع لمجموعة ميثيل CH₃

No. of proton in group at (7.1) = $8 * 5 / (5 + 3) = 5$

اي ان هذه الاشارة تعود لخمس بروتونات والمتوقع لحلقة الفينيل -C₆H₅
وبالتالي وجمع المجاميع نجد ان المركب هو التولوين:



ثالثاً: معرفة صنف البروتون التركيبي : اي معرفة اصناف البروتونات التي تتأثر بالمجاميع الساحبة والدافعة وموقعها بالنسبة لاشارة المادة المرجع TMS (معرفة الازاحة الكيميائية).








انشطار اشارات الرنين

ان البروتونات المتجاورة يؤثر بعضها على البعض الاخر عن طريق ظاهرة ازدواج البرم وتؤدي هذه الظاهرة الى انشطار اشارة البروتونات المتجاورة وهذا الانشطار يخضع للعلاقة التالية

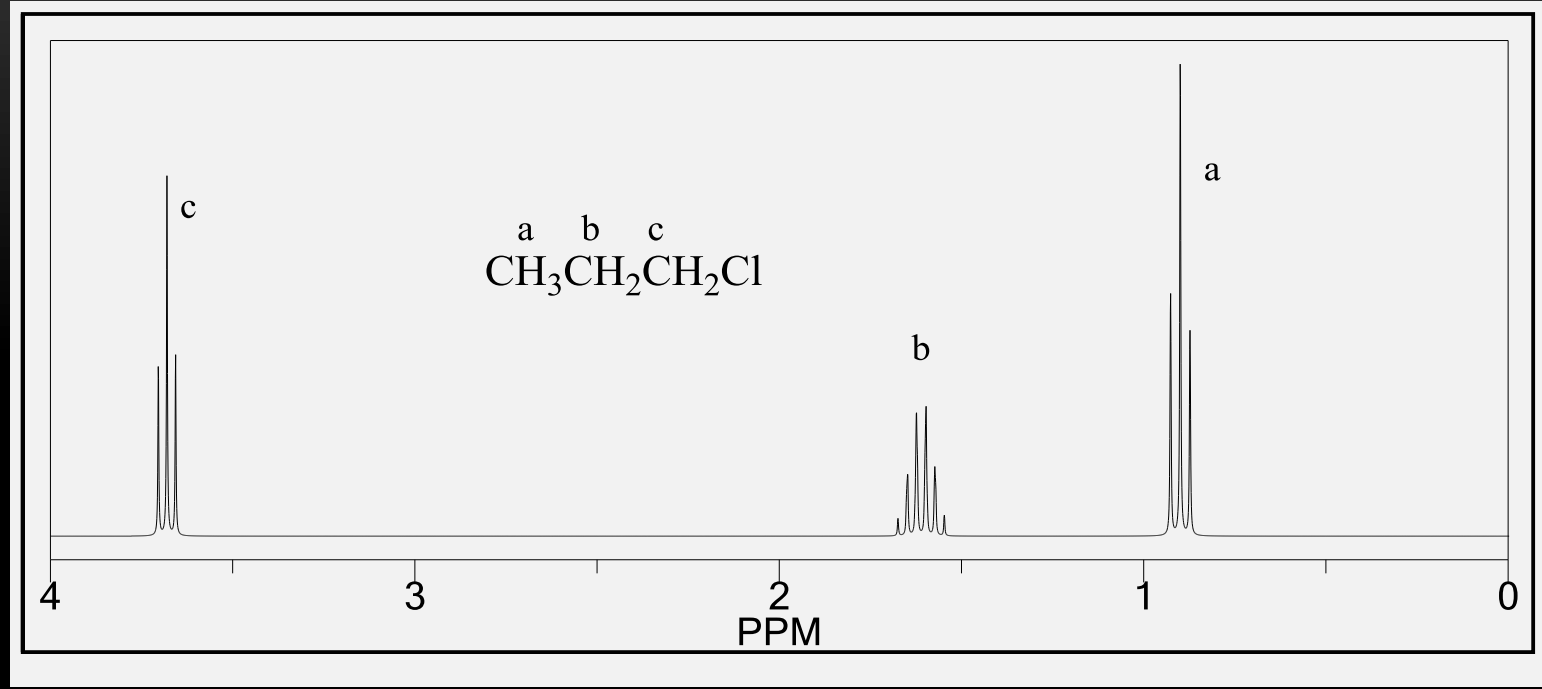
$$n + 1$$

حيث ان n تمثل عدد البروتونات المجاورة للبروتون قيد الدراسة اما المقدار $n+1$ فيمثل عدد الانشطارات للبروتون قيد الدراسة والجدول التالي يوضح عدد البروتونات المجاورة وكثافات الخطوط النسبية وتعددية الاشارة

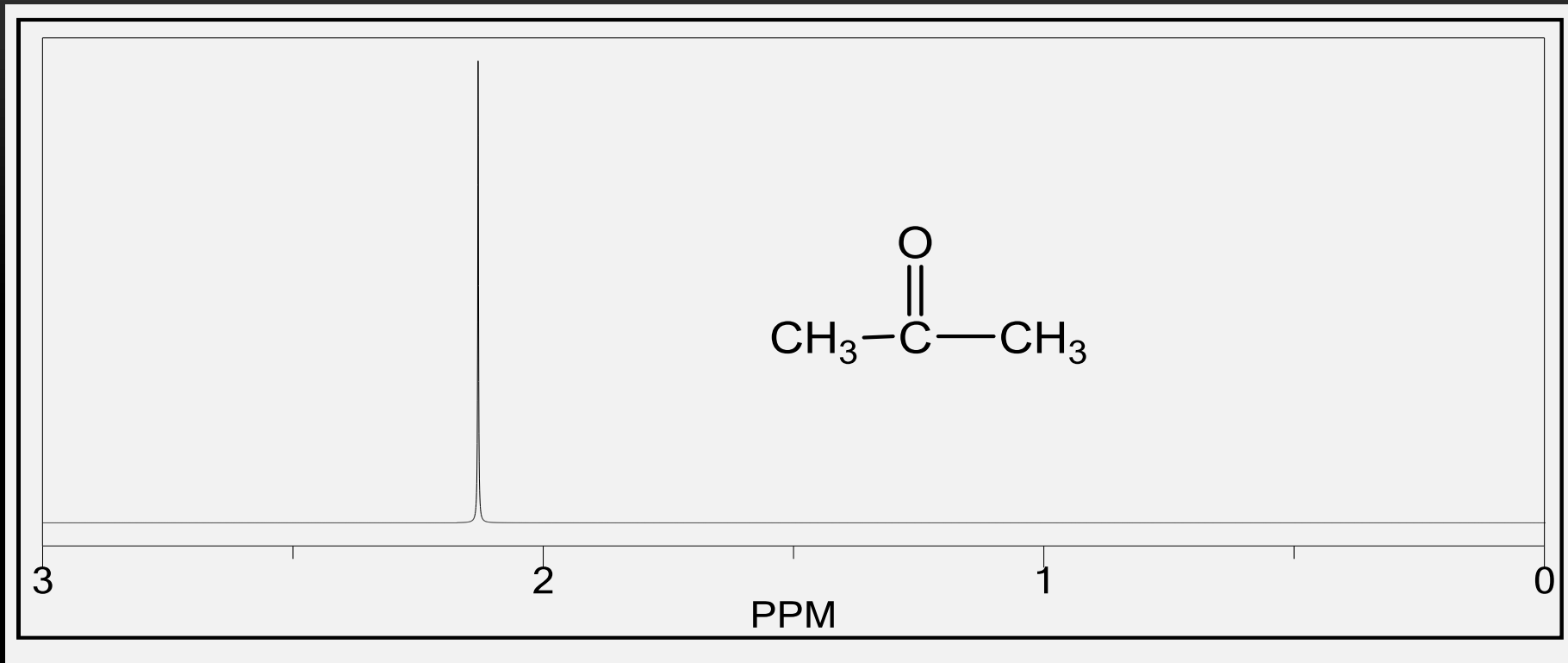
عدد بروتونات ذرة الكربون المجاورة وعلاقته بشكل الإشارة

n عدد البروتونات المجاورة	Multiplicity (n + 1) تعددية الإشارة	Relative line intensities كثافات الخطوط النسبية	Multiplet name اسم التعدد	Signal shape شكل الإشارة
0	1	1	احادية Singlet	
1	2	1 : 1	ثنائية doublet	
2	3	1 : 2 : 1	ثلاثية triplet	
3	4	1 : 3 : 3 : 1	رباعية quartet	
4	5	1 : 4 : 6 : 4 : 1	خماسية quintet	
5	6	1 : 5 : 10 : 10 : 5 : 1	سداسية sextet	
6	7	1 : 6 : 15 : 20 : 15 : 6 : 1	سباعية septet	
7	8	1 : 7 : 21 : 35 : 35 : 21 : 7 : 1	ثمانية octet	m
8	9	1 : 8 : 20 : 28 : 56 : 70 : 56 : 28 : 8 : 1	تسعة nonet	m

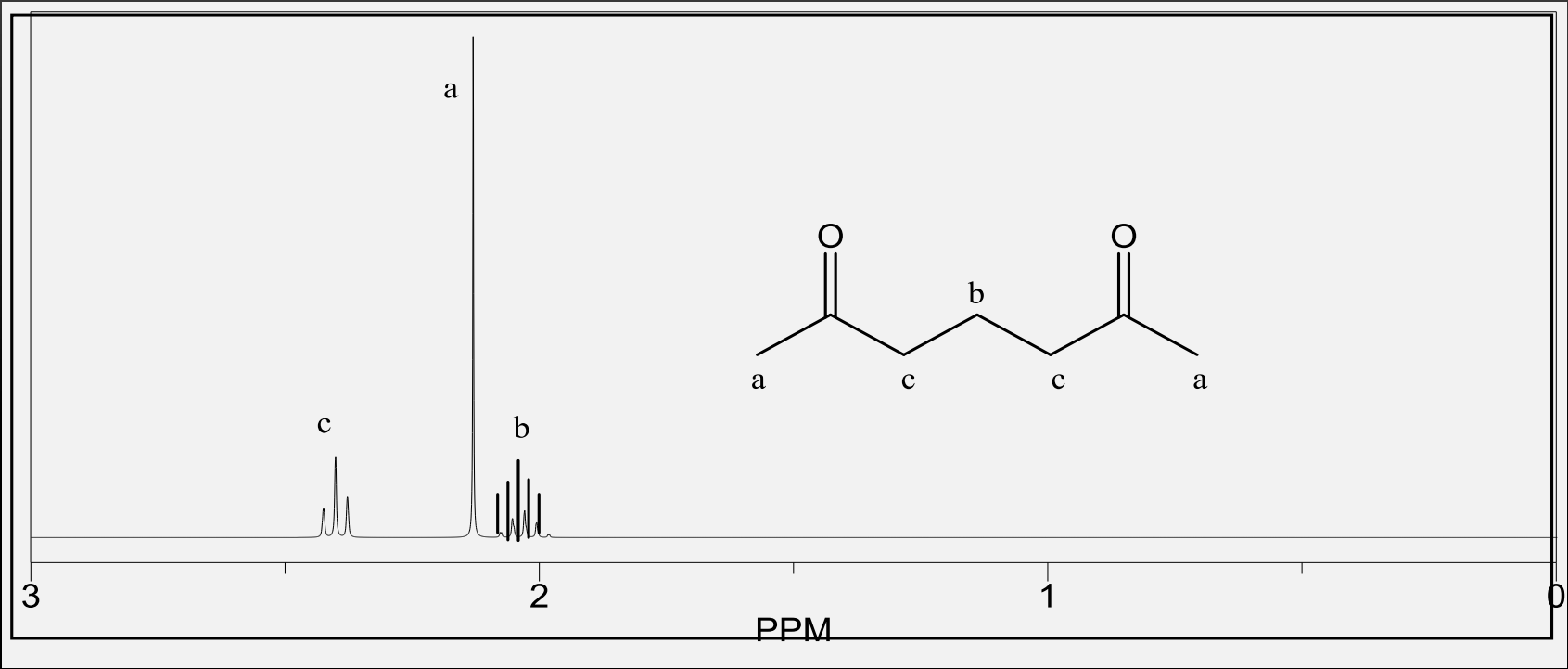
امثلة: كيف يمكنك تفسير عائدية الشكل التالي للمركب كلورو بروبان



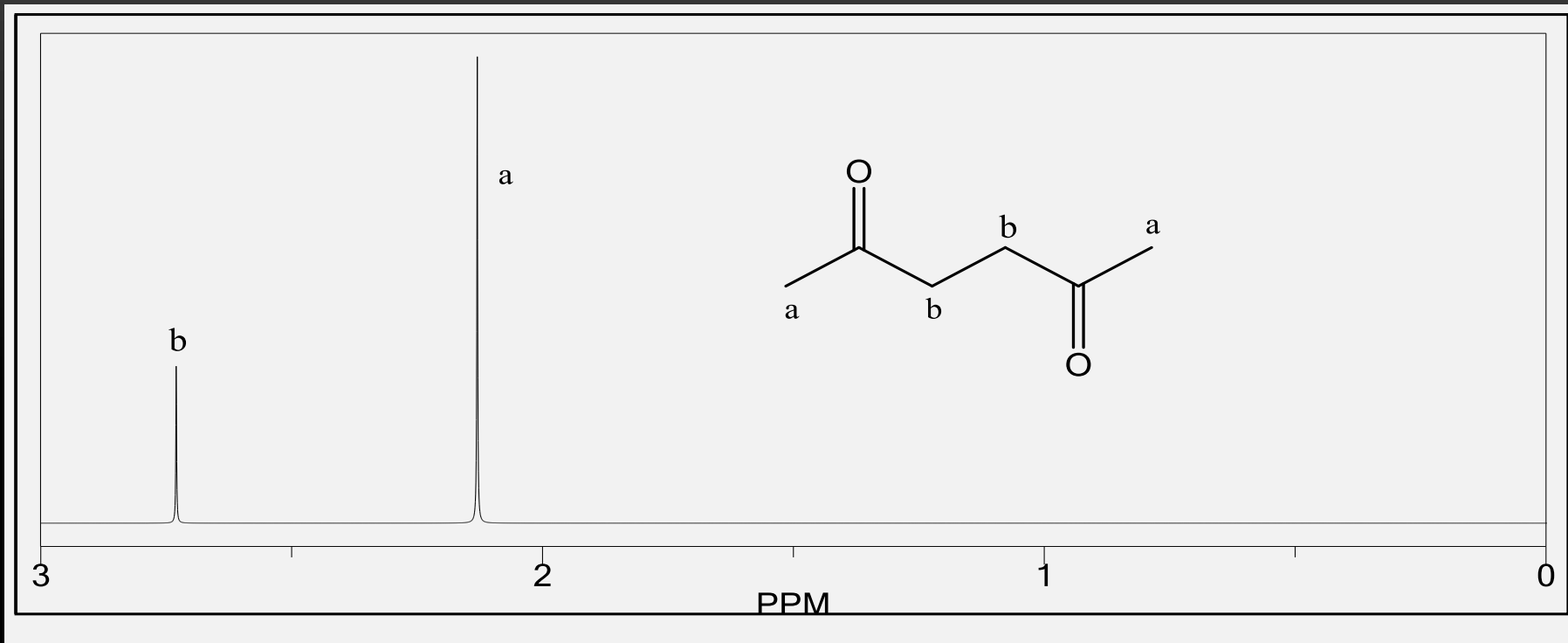
- الإشارة الثلاثية عند 0.9 ppm تعود الى مجموعة مثيل مجاورة لمجموعة مثيلين (اي مجاورة الى ٢ بروتون) وبتطبيق العلاقة $n+1$ تنتج الإشارة الثلاثية
- الإشارة السداسية عند 1.61ppm تعود الى مجموعة مثيلين مجاورة الى مجموعة مثيل ومثيلين (اي مجاورة الى ٥ بروتون) وبتطبيق العلاقة اعلاه تنتج الإشارة السداسية
- الإشارة الثلاثية عند 3.68ppm تعود الى مجموعة مثيل مجاورة لمجموعة مثيلين (اي مجاورة الى ٢ بروتون) وبتطبيق العلاقة $n+1$ تنتج الإشارة الثلاثية .



- هذا المركب يظهر اشارة واحدة عند 2.15 ppm لمجموعتي المثل كونهما تملكان نفس البيئة ومجاورتان لذرة كاربون لا تحتوي على بروتون وبالتالي وبتطبيق العلاقة $n+1$ تنتج الاشارة الاحادية.



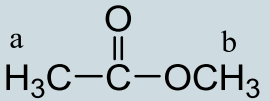
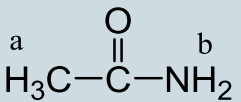
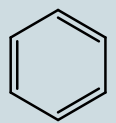
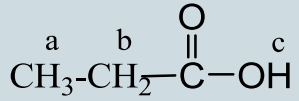
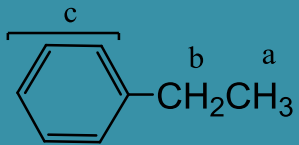
- الإشارة الخماسية عند 2.10 ppm تعود الى مجموعة المثيلين (b) وظهرت خماسية لانها مجاورة لكاربونين وكل كاربون يحتوي على بروتونين اي مجموع البروتونات هو اربعة وبتطبيق العلاقة $n+1$ تنتج الإشارة الخماسية
- الإشارة الاحادية عند 2.25 ppm تعود الى مجموعتي المثيل (a) وظهرت احادية لانهما تملكان نفس البيئة ومجاورتين لكاربون لا يحتوي على بروتون وبتطبيق العلاقة اعلاه تنتج الإشارة الاحادية
- الإشارة الثلاثية عند 2.40 ppm تعود الى مجموعتي المثيلين (c) وظهرت ثلاثية لان مجموعتي المثيلين متشابهتين في البيئة ومجاورتين لمجموعة مثيلين (b) تمتلك بروتونين وبتطبيق العلاقة اعلاه تنتج الإشارة الثلاثية

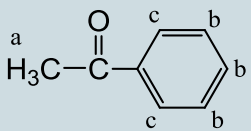


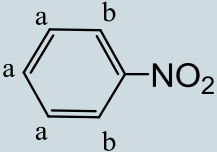
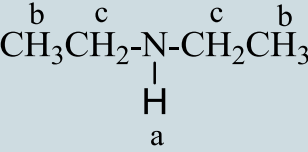
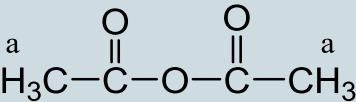
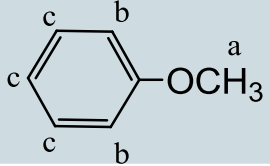
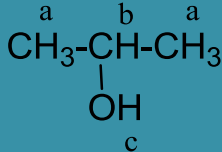
- الإشارة الاحادية عند 2.20 ppm تعود الى مجموعتي المثل (a) المتشابهتين في البيئة وظهرت احادية لأنها مجاورة لكاربونين وكل كاربون لا يملك بروتون وبتطبيق العلاقة $n+1$ تنتج الإشارة الخماسية.
- الإشارة الاحادية عند 2.65 ppm تعود الى مجموعتي المثلين (b) وظهرت احادية لانهما تملكان نفس البيئة ومجاورتين لكاربونين لا يحتوي على بروتون وبتطبيق العلاقة اعلاه تنتج الإشارة الاحادية

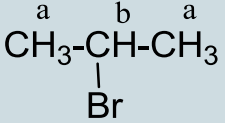
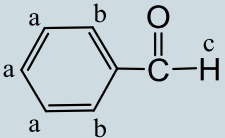
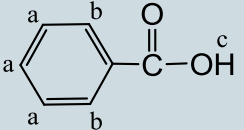
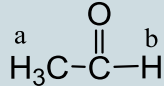
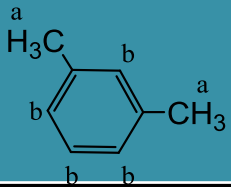
تمارين في التشخيص العضوي النظري (IR , NMR)

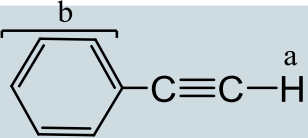
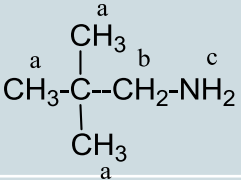
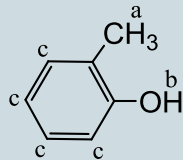
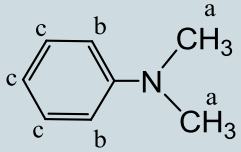
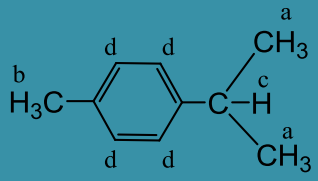
ت	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
1	$\text{H}_3\text{C}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$	$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$	ν C – H aliph. 2900 ν C = O 1720	2.1	S	
2	$\text{H}_3\text{C}-\text{CN}$	$\text{C}_2\text{H}_3\text{N}$	ν C – H aliph. 2900 ν CN 2250	2.0	S	
3	$\text{H}_3\text{C}-\text{NO}_2$	CH_3NO_2	ν C – H aliph. 2900	4.3	S	
4	$\overset{\text{a}}{\text{H}_3\text{C}}-\overset{\text{b}}{\text{OH}}$	CH_4O	ν O – H 3350 ν C – H aliph. 2900	3.4	S	a
				4.5	S	b
5	$\overset{\text{a}}{\text{H}_3\text{C}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\overset{\text{b}}{\text{OH}}$	$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	ν O – H 3200 ν C = O 1715 ν C – O 1280	2.1	S	a
				11.5	S	b

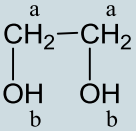
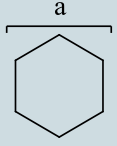
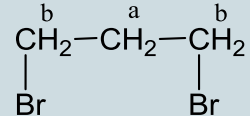
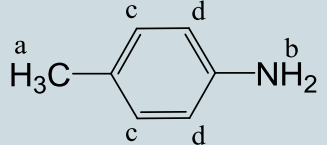

C	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
6		$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	ν C – H aliph. 2900 ν C = O 1745 ν C – O 1275	2.0 3.6	S S	a b
7		$\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$	ν N – H 3300 ν C = O 1660	2.0 6.2	S S	a b
8		C_6H_6	ν C – H aromatic 3070 ν C = C 1480	3.7	S	
9		$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	ν O – H 2990 ν C = O 1720 ν C – O 1240	1.13 2.4 11.1	t q S	a b c
10		C_8H_{10}	ν C – H aromatic 3100 ν C – H aliph. 2900 ν C = C 1610 – 1500	1.2 2.6 7.1	t q S	a b c

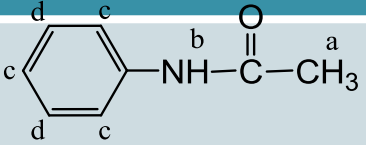
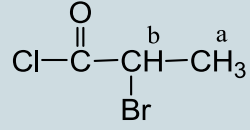
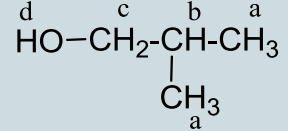
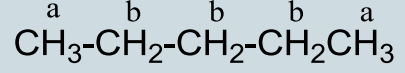
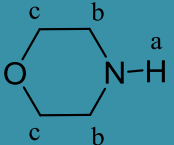
Q	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
11	$\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}\overset{\text{b}}{\text{CH}_2}\text{-O-CH}_2\overset{\text{b}}{\text{CH}_2}\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}$	$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	ν C – H aliph. 2900 ν C – O 1140	1.1 3.4	t q	a b
12	$\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}\overset{\text{b}}{\text{CH}_2}\text{-OH}^{\text{c}}$	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	ν O – H 3360 ν C – H aliph. 2900 ν C – O 1045	1.2 3.6 4.5	t q s	a b c
13		$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}$	ν C – H aromatic 3040 ν C – H aliph. 2980 ν C = O 1685	2 7.5 7.9	s Complex Complex	a b c
14	$\overset{\text{b}}{\text{H}_3\text{C}}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C-CH}_2\overset{\text{c}}{\text{CH}_2}\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	ν C – H aliph. 2980 ν C = O 1720	1.0 2.1 2.4	t s q	a b c
15	$\overset{\text{b}}{\text{H}_3\text{C}}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C-OCH}_2\overset{\text{c}}{\text{CH}_2}\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	ν C – H aliph. 2900 ν C = O 1740 ν C – O 1245	1.23 2.0 4.1	t s q	a b c

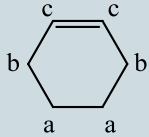
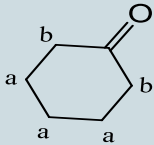
C	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
16		$\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$	ν C – H aromatic 3100 ν C = C 1610	7.57 8.2	Complex Complex	a b
17		$\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$	ν N – H 3290 ν C – H aliph. 2900	0.6 1.05 2.61	s t q	a b c
18		$\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$	ν C – H aliph. 2950 ν C = O 1760, 1830 ν C – O 1120	2.2	s	a
19		$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$	ν C – H aromatic 3030 ν C – H aliph. 2945 ν C = C aromatic 1600 – 1500	3.7 6.9 7.15	s Complex Complex	a b c
20		$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$	ν O – H 3355 ν C – H aliph. 2960 ν C – O 1165 – 1110	1.15 2.0 4.6	d septet s	a b c

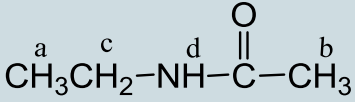
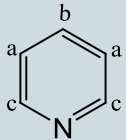
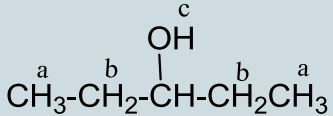
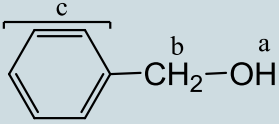
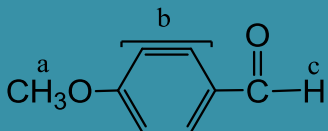
C	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
21		$\text{C}_3\text{H}_7\text{Br}$	ν C – H aliph. 2900 ν C – Br 535	1.72 4.24	d septet	a b
22		$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}$	ν C – H aromatic 3070 C – H ald. 2870	7.6 7.9 10.0	Complex = s	a b c
23		$\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_2$	ν O – H 3150 broad ν C = O 1680 ν C = C aromatic 1600 – 1500 ν C – O 1285	7.6 8.2 12.7	Complex = s	a b c
24		$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$	ν C – H aliph. 2970 C – H ald. 2820 – 2730 ν C = O 1760	2.14 9.8	d q	a b
25		C_8H_{10}	ν C – H aromatic 3020 ν C – H aliph. 2900 ν C = C aromatic 1600 – 1500	2.24 6.9	s Complex	a b

Q	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
26		C_8H_6	3300 ν C – H aromatic 3060 ν C = C aromatic 1600 – 1500	3.0 7.4	s Complex	a b
27		$\text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$	ν N – H 3400 - 3325 ν C – H aliph. 2900 C – N 1065	0.9 1.0 2.4	s s s	a b c
28		$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$	ν O – H 3435 ν C – H aromatic 3060 ν C – H aliph. 2900 ν C = C aromatic 1600 – 1500 ν C – O 1470	2.2 4.9 6.9	s s Complex	a b c
29		$\text{C}_8\text{H}_{11}\text{N}$	ν C – H aromatic 3070 ν C – H aliph. 2900 ν C = C aromatic 1600 – 1500 SP^2 C – N 1350 SP^3 C – N 1230 – 1170	2.83 6.65 7.15	s Complex Complex	a b c
30		$\text{C}_{10}\text{H}_{14}$	ν C – H aromatic 3100 ν C – H aliph. 2900 ν C = C aromatic 1515 – 1465	1.22 2.3 2.8 7.0	d s septet d	a b c d

Q	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
31		$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	ν O – H 3360 ν C – H aliph. 2900	3.63 4.36	s s	a b
32		$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{Br}_2$	ν C – H aliph. 2900 ν C – Br 548	2.34 3.54	quintet t	a b
33		$\text{C}_7\text{H}_9\text{N}$	ν N – H 3440 – 3360 ν C – H aromatic 3020 ν C – H aliph. 2900 ν C = C aromatic 1515 – 1450 SP^2 C – N 1270	2.2 3.3 6.4 6.85	s s d d	a b c d
34		C_6H_{12}	ν C – H aliph. 2900	1.43	s	a
35		$\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_2$	ν C – H aliph. 2934	1.02 2.02 4.32	t hexet t	a b c

ت	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
36		$\text{C}_8\text{H}_7\text{NO}$	ν N – H 3290 قيمة واحدة ν C – H aromatic 3065 ν C – H aliph. 2900 ν C = O amide 1664	2.09 3.09 7.27 7.75	s s Complex =	a b c d
37		$\text{C}_3\text{H}_4\text{BrO}$	ν C – H aliph. 2950 ν C = O 1785	1.93 4.66	d q	a b
38		$\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$	ν O – H 3350 ν C – H aliph. 2920 ν C – O 1040	0.9 1.7 3.3 4.33	d sextet d s	a b c d
39		C_5H_{12}	ν C – H aliph. 2950	0.9 1.3	t Complex	a b
40		$\text{C}_4\text{H}_7\text{NO}$	ν N – H 3340 ν C – H aliph. 2900 ν C – O 1142 ν C – N 1095	1.79 2.77 3.85	distorted t t	a b c

№	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
41	$\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}-\overset{\text{b}}{\text{CH}_2}-\overset{\text{b}}{\text{CH}_2}-\overset{\text{c}}{\text{CH}_2}-\text{Br}$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}$	$\nu \text{ C-H aliph. } 2920 - 2840$ $\nu \text{ C-Br } 560$	0.96 1.65 3.38	t Complex t	a b c
42	$\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}\overset{\text{b}}{\text{CH}_2}\overset{\text{c}}{\text{CH}_2}-\overset{\text{d}}{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}-\text{H}$	$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$	$\nu \text{ C-H aliph. } 2970 - 2885$ $\text{C-H ald. } 2830$ $\nu \text{ C=O } 1733$	1.0 1.65 2.39 9.73	t Complex t t	a b c d
43		$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	$\nu \text{ O-H } 3385$ $\nu \text{ C-H aliph. } 2900$ $\nu \text{ C-O } 1165$	0.9 1.24 1.44 3.65	t s q s	a b c d
44		C_6H_{10}	$\nu \text{ C-H Olefin. } 3030$ $\nu \text{ C-H aliph. } 2900$ $\nu \text{ C=C } 1685$	1.65 2.0 5.64	Complex = t	a b c
45	$\overset{\text{a}}{\text{CH}_3}-\overset{\text{c}}{\text{CH}_2}-\overset{\text{d}}{\overset{\text{OH}}{\mid}}{\overset{\text{b}}{\text{C}}}-\overset{\text{b}}{\text{CH}_3}$ \mid $\overset{\text{b}}{\text{CH}_3}$	$\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}$	$\nu \text{ C-H aliph. } 2900$ $\nu \text{ C=O } 1710$	1.83 2.25	Complex =	a b

رقم	Compound	Formula	IR cm^{-1}	$^1\text{H-NMR}$		
				ppm	Multip.	Proton
46	 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{-NH-C(=O)-CH}_3$	$\text{C}_4\text{H}_9\text{NO}$	ν N – H 3300 قمة واحدة ν C – H aliph. 2900 ν C = O amide 1655 ν C – N 1300	1.12 1.93 3.22 8.15	t s q broad	a b c d
47		$\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$	ν C – H aromatic 3045 C = C , C – N 1603 , 1440	7.25 7.55 8.6	Complex = =	a b c
48	 $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_2\text{CH}_3$	$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$	ν O – H 3360 ν C – H aliph. 2900 ν C – O 1125	1.0 1.48 3.38	t quintet s	a b c
49		$\text{C}_7\text{H}_8\text{O}$	ν O – H 3350 ν C – H aromatic 3010 ν C – H aliph. 2900	3.7 4.4 7.3	s s s	a b c
50		$\text{C}_8\text{H}_8\text{O}_2$	ν C – H aromatic 3000 ν C – H aliph. 2900 C – H ald. 2775 ν C = O 1700	3.8 7.0 7.7 10.0	s d d s	a b b c

Thank You

