

# INDICE

<b>CAPITOLO 1</b>	<b>SPETTROMETRIA DI MASSA</b>	<b>1</b>		
<b>1.1</b>	Introduzione	<b>1</b>		
<b>1.2</b>	Strumentazione	<b>2</b>		
<b>1.3</b>	Metodi di ionizzazione	<b>2</b>		
<b>1.3.1</b>	Metodi di ionizzazione in fase gassosa	<b>3</b>		
<b>1.3.1.1</b>	Ionizzazione per impatto elettronico	<b>3</b>		
<b>1.3.1.2</b>	Ionizzazione chimica	<b>3</b>		
<b>1.3.2</b>	Metodi di ionizzazione per desorbimento	<b>4</b>		
<b>1.3.2.1</b>	Ionizzazione per desorbimento di campo	<b>4</b>		
<b>1.3.2.2</b>	Ionizzazione per bombardamento di atomi veloci	<b>4</b>		
<b>1.3.2.3</b>	Ionizzazione per desorbimento da plasma	<b>6</b>		
<b>1.3.2.4</b>	Ionizzazione per desorbimento da laser	<b>6</b>		
<b>1.3.3</b>	Metodi di ionizzazione evaporativi	<b>6</b>		
<b>1.3.3.1</b>	Spettrometria di massa termospray	<b>6</b>		
<b>1.3.3.2</b>	Spettrometria di massa elettrospray	<b>6</b>		
<b>1.4</b>	Analizzatori di massa	<b>9</b>		
<b>1.4.1</b>	Spettrometri di massa a sezione magnetica	<b>9</b>		
<b>1.4.2</b>	Spettrometri di massa a quadrupolo	<b>9</b>		
<b>1.4.3</b>	Spettrometro di massa a trappola ionica	<b>11</b>		
<b>1.4.4</b>	Spettrometro di massa a tempo di volo	<b>12</b>		
<b>1.4.5</b>	Spettrometro di massa a trasformata di Fourier	<b>12</b>		
<b>1.4.6</b>	Spettrometria di massa tandem	<b>12</b>		
<b>1.5</b>	Interpretazione degli spettri di massa EI	<b>13</b>		
<b>1.5.1</b>	Riconoscimento del picco dello ione molecolare	<b>14</b>		
<b>1.5.2</b>	Determinazione di una formula molecolare	<b>15</b>		
<b>1.5.2.1</b>	Ione molecolare a bassa risoluzione e picchi isotopici	<b>15</b>		
<b>1.5.2.2</b>	Ione molecolare ad alta risoluzione	<b>16</b>		
<b>1.5.3</b>	Utilizzo della formula molecolare. Indice di deficienza di idrogeno	<b>16</b>		
<b>1.5.4</b>	Frammentazione	<b>17</b>		
<b>1.5.5</b>	Riarrangiamenti	<b>19</b>		
<b>1.6</b>	Spettri di massa di alcune classi chimiche	<b>19</b>		
<b>1.6.1</b>	Idrocarburi	<b>20</b>		
<b>1.6.1.1</b>	Idrocarburi saturi	<b>20</b>		
<b>1.6.1.2</b>	Alcheni (olefine)	<b>21</b>		
<b>1.6.1.3</b>	Idrocarburi aromatici e aril-alchilici	<b>22</b>		
<b>1.6.2</b>	Composti ossidrilati	<b>22</b>		
<b>1.6.2.1</b>	Alcoli	<b>22</b>		
<b>1.6.2.2</b>	Fenoli	<b>23</b>		
<b>1.6.3</b>	Eteri	<b>25</b>		
<b>1.6.3.1</b>	Eteri alifatici (e acetali)	<b>25</b>		
<b>1.6.3.2</b>	Eteri aromatici	<b>25</b>		
<b>1.6.4</b>	Chetoni	<b>26</b>		
<b>1.6.4.1</b>	Chetoni alifatici	<b>26</b>		
<b>1.6.4.2</b>	Chetoni ciclici	<b>26</b>		
	<b>1.6.4.3</b> Chetoni aromatici	<b>27</b>		
	<b>1.6.5</b> Aldeidi	<b>27</b>		
	<b>1.6.5.1</b> Aldeidi alifatiche	<b>27</b>		
	<b>1.6.5.2</b> Aldeidi aromatiche	<b>28</b>		
	<b>1.6.6</b> Acidi carbossilici	<b>28</b>		
	<b>1.6.6.1</b> Acidi alifatici	<b>28</b>		
	<b>1.6.6.2</b> Acidi aromatici	<b>29</b>		
	<b>1.6.7</b> Esteri di acidi carbossilici	<b>29</b>		
	<b>1.6.7.1</b> Esteri alifatici	<b>29</b>		
	<b>1.6.7.2</b> Esteri benzilici e fenilici	<b>30</b>		
	<b>1.6.7.3</b> Esteri di acidi aromatici	<b>31</b>		
	<b>1.6.8</b> Lattoni	<b>31</b>		
	<b>1.6.9</b> Ammine	<b>31</b>		
	<b>1.6.9.1</b> Ammine alifatiche	<b>31</b>		
	<b>1.6.9.2</b> Ammine cicliche	<b>32</b>		
	<b>1.6.9.3</b> Ammine aromatiche (aniline)	<b>32</b>		
	<b>1.6.10</b> Ammidi	<b>32</b>		
	<b>1.6.10.1</b> Ammidi alifatiche	<b>32</b>		
	<b>1.6.10.2</b> Ammidi aromatiche	<b>33</b>		
	<b>1.6.11</b> Nitrili alifatici	<b>33</b>		
	<b>1.6.12</b> Nitro composti	<b>33</b>		
	<b>1.6.12.1</b> Nitro composti alifatici	<b>33</b>		
	<b>1.6.12.2</b> Nitro composti aromatici	<b>33</b>		
	<b>1.6.13</b> Nitriti alifatici	<b>34</b>		
	<b>1.6.14</b> Nitrati alifatici	<b>34</b>		
	<b>1.6.15</b> Composti solforati	<b>34</b>		
	<b>1.6.15.1</b> Mercaptani alifatici (tioli)	<b>34</b>		
	<b>1.6.15.2</b> Solfuri alifatici	<b>34</b>		
	<b>1.6.15.3</b> Disolfuri alifatici	<b>35</b>		
	<b>1.6.16</b> Composti alogenati	<b>35</b>		
	<b>1.6.16.1</b> Cloruri alifatici	<b>36</b>		
	<b>1.6.16.2</b> Bromuri alifatici	<b>36</b>		
	<b>1.6.16.3</b> Ioduri alifatici	<b>36</b>		
	<b>1.6.16.4</b> Fluoruri alifatici	<b>36</b>		
	<b>1.6.16.5</b> Alogenuri benzilici	<b>37</b>		
	<b>1.6.16.6</b> Alogenuri aromatici	<b>37</b>		
	<b>1.6.17</b> Composti eteroaromatici	<b>37</b>		
	Riferimenti bibliografici	<b>38</b>		
	Esercizi per gli studenti	<b>40</b>		
	Appendici			
	<b>A</b> Masse formula (FM) per varie combinazioni di carbonio, idrogeno, ossigeno			
	<b>B</b> Frammenti ionici comuni			
	<b>C</b> Comuni frammenti perduti			
	<b>CAPITOLO 2</b>	<b>SPETTROMETRIA</b>		
		<b>NELL'INFRAROSSO</b>	<b>73</b>	
<b>2.1</b>	Introduzione	<b>73</b>		
<b>2.2</b>	Teoria	<b>73</b>		
<b>2.2.1</b>	Interazioni accoppiate	<b>76</b>		
<b>2.2.2</b>	Il legame idrogeno	<b>77</b>		

<b>2.3</b>	<b>Strumentazione</b>	<b>79</b>			
2.3.1	Spettrometro IR a dispersione	79			
2.3.2	Spettrometro IR a trasformata di Fourier (interferometro)	79			
<b>2.4</b>	<b>Preparazione del Campione</b>	<b>80</b>			
<b>2.5</b>	<b>Interpretazione degli spettri</b>	<b>81</b>			
<b>2.6</b>	<b>Assorbimenti caratteristici dei gruppi funzionali delle molecole organiche</b>	<b>82</b>			
2.6.1	Alcani lineari	84			
2.6.1.2	Vibrazioni di bending del C—H	84			
2.6.2	Alcani con catene ramificate	85			
2.6.2.1	Vibrazioni di stretching del C—H: gruppi C—H terziari	85			
2.6.2.2	Vibrazioni di bending del C—H: gruppi dimetilici geminali	85			
2.6.3	Alcani ciclici	86			
2.6.3.1	Vibrazioni di stretching del C—H	86			
2.6.3.2	Vibrazioni di bending del C—H	86			
2.6.4	Alcheni	86			
2.6.4.1	Vibrazioni di stretching del C=C	86			
2.6.4.2	Vibrazioni di stretching del C—H alchenico	87			
2.6.4.3	Vibrazioni di bending del C—H alchenico	87			
2.6.5	Alchini	87			
2.6.5.1	Vibrazioni di stretching del C≡C	87			
2.6.5.2	Vibrazioni di stretching del C—H	88			
2.6.5.3	Vibrazioni di bending del C—H	88			
2.6.6	Idrocarburi aromatici mononucleari	88			
2.6.6.1	Vibrazioni di bending del C—H fuori dal piano	88			
2.6.7	Idrocarburi aromatici polinucleari	88			
2.6.8	Alcoli e fenoli	89			
2.6.8.1	Vibrazioni di stretching dell'O—H	89			
2.6.8.2	Vibrazioni di stretching del C—O	90			
2.6.8.3	Vibrazioni di bending dell'O—H	90			
2.6.9.	Eteri, epossidi e perossidi	90			
2.6.9.1	Vibrazioni di stretching del C—O	90			
2.6.10	Chetoni	93			
2.6.10.1	Vibrazioni di stretching del C=O	93			
2.6.10.2	Vibrazioni di stretching e di bending del C—C(=O)—C	95			
2.6.11	Aldeidi	95			
2.6.11.1	Vibrazioni di stretching del C=O	95			
2.6.11.2	Vibrazioni di stretching del C—H	95			
2.6.12	Acidi carbossilici	96			
2.6.12.1	Vibrazioni di stretching dell'O—H	96			
2.6.12.2	Vibrazioni di stretching del C=O	96			
2.6.12.3	Vibrazioni di stretching del C—O e di bending dell'O—H	97			
2.6.13	Anione carbossilato	97			
2.6.14	Esteri e lattoni	97			
2.6.14.1	Vibrazioni di stretching del C=O	98			
2.6.14.2	Vibrazioni di stretching del C—O	99			
2.6.15	Alogenuri degli acidi	99			
2.6.15.1	Vibrazioni di stretching del C=O	99			
2.6.16	Anidridi degli acidi carbossilici	99			
2.6.16.1	Vibrazioni di stretching del C=O	99			
2.6.16.2	Vibrazioni di stretching del C—O	99			
2.6.17	Ammidi e lattami	100			
2.6.17.1	Vibrazioni di stretching dell'N—H	100			
2.6.17.2	Vibrazioni di stretching del C=O (banda ammidica I)	101			
2.6.17.3	Vibrazioni di bending dell'N—H (banda ammidica II)	101			
2.6.17.4	Altre bande vibrazionali	102			
2.6.17.5	Vibrazioni di stretching del C=O dei lattami	102			
2.6.18	Ammine	102			
2.6.18.1	Vibrazioni di stretching dell'N—H	102			
2.6.18.2	Vibrazioni di bending dell'N—H	102			
2.6.18.3	Vibrazioni di stretching del C—N	103			
2.6.19	Sali di ammine	103			
2.6.19.1	Vibrazioni di stretching dell'N—H	103			
2.6.19.2	Vibrazioni di bending dell'N—H	103			
2.6.20	Amminoacidi e loro sali	103			
2.6.21	Nitrili	104			
2.6.22	Isonitrili (R—N <sup>+</sup> ≡C <sup>-</sup> ), cianati (R—O—C≡N), isocianati (R—N=C=O), tiocianati (R—S—C≡N), e isotiocianati (R—N=C=S)	104			
2.6.23	Composti contenenti il gruppo —N=N	104			
2.6.24	Composti covalenti contenenti legami azoto-ossigeno	105			
2.6.24.1	Vibrazioni di stretching del sistema N≡O	105			
2.6.25	Composti organici solforati	106			
2.6.25.1	Vibrazioni di stretching dell'S—H, mercaptani	106			
2.6.25.2	Vibrazioni di stretching dei C—S e C=S	106			
2.6.26	Composti contenenti legami zolfo-ossigeno	107			
2.6.26.1	Vibrazioni di stretching dell'S=O	107			
2.6.27	Composti organici alogenati	107			
2.6.28	Composti sililati	108			
2.6.28.1	Vibrazioni di Si—H	108			
2.6.28.2	Vibrazioni di SiO—H e Si—O	108			
2.6.28.3	Vibrazioni di stretching silicio-alogeno	108			
2.6.29	Composti fosforati	108			
2.6.29.1	Vibrazioni di stretching di P=O e P—O	108			
2.6.30	Composti eteroaromatici	108			
2.6.30.1	Vibrazioni di stretching del C—H	108			
2.6.30.2	Frequenze di stretching dell'N—H	108			
2.6.30.3	Vibrazioni di stretching dell'anello (bande dello scheletro)	109			
2.6.30.4	Bending fuori dal piano del C—H	109			
	Riferimenti bibliografici				109
	Esercizi per gli studenti				111
	Appendici				
	A Regioni trasparenti di solventi e oli per sospensioni				
	B Assorbimenti caratteristici per gruppi funzionali				
	C Assorbimenti degli alcheni				
	D Assorbimenti di composti fosforati				
	E Assorbimenti di composti eteroaromatici				
	<b>CAPITOLO 3 SPETTROMETRIA NMR PROTONICA</b>				<b>128</b>
3.1	Introduzione				128
3.2	Teoria				128
3.2.1	Proprietà magnetiche dei nuclei				128

3.2.2	Eccitazione di nuclei con spin 1/2	128	3.10	Sistemi rigidi AMX, ABX e ABC con tre costanti di accoppiamento	166
3.2.3	Rilassamento	132	3.11	Sistemi a catena aperta conformazionalmente mobili. Accoppiamento virtuale	166
3.3	Strumentazione e preparazione del campione	135	3.11.1	Catene non simmetriche	166
3.3.1	Strumentazione	135	3.11.1.1	1-Nitropropano	166
3.3.2	Sensibilità degli esperimenti NMR	136	3.11.1.2	1-Esanolo	167
3.3.3	Scelta del solvente	138	3.11.2	Catene simmetriche	169
3.4	Spostamento chimico	138	3.11.2.1	Succinato dimetilico	169
3.5	Accoppiamento di spin, multipletti, sistemi di spin	144	3.11.2.2	Glutarato dimetilico	169
3.5.1	Multipletti semplici e complessi del primo ordine	144	3.11.2.3	Adipato dimetilico	169
3.5.2	Sistemi di spin del primo ordine	148	3.11.2.4	Pimelato dimetilico	170
3.5.3	La notazione di Pople	148	3.11.3	Catene a simmetria inferiore	170
3.5.4	Ulteriori esempi di sistemi di spin semplici del primo ordine	149	3.11.3.1	Acido 3-metilglutarico	170
3.5.5	Analisi di profili del primo ordine	150	3.12	Chiralità	171
3.6	Protoni su atomi di ossigeno, azoto e zolfo. Protoni scambiabili	151	3.12.1	Un singolo centro stereogenico: ipsenolo	171
3.6.1	Protoni su atomi di ossigeno	151	3.12.2	Due centri stereogenici	173
3.6.1.1	Alcoli	151	3.13	Accoppiamento vicinale e geminale	173
3.6.1.2	Acqua	154	3.14	Accoppiamento a lunga distanza (Long range)	174
3.6.1.3	Fenoli	154	3.15	Disaccoppiamento di spin selettivo. Doppia risonanza	175
3.6.1.4	Enoli	154	3.16	Effetto nucleare Overhauser, spettrometria per differenza e prossimità $^1\text{H}$ $^1\text{H}$ nello spazio	175
3.6.1.5	Acidi carbossilici	155	3.17	Conclusioni	178
3.6.2	Protoni su azoto	155		Riferimenti bibliografici	178
3.6.3	Protoni su zolfo	156		Esercizi per gli studenti	179
3.6.4	Protoni su nuclei di cloro, bromo, iodio o su nuclei adiacenti	157		Appendici	
3.7	Accoppiamento di protoni con altri nuclei importanti ( $^{19}\text{F}$ , D, $^{31}\text{P}$ , $^{29}\text{Si}$ e $^{13}\text{C}$ )	157	A	Tavola A.1 spostamenti chimici di protoni su un atomo di carbonio adiacente (posizione $\alpha$ ) a un gruppo funzionale in composti alifatici (M – Y)	
3.7.1	Accoppiamento di protoni con $^{19}\text{F}$	157		Tavola A.2 Spostamenti chimici di protoni su un atomo di carbonio in posizione $\beta$ rispetto a un gruppo funzionale in composti alifatici (M – C – Y)	
3.7.2	Accoppiamento di protoni con deuterio	157	B	Effetto sullo spostamento chimico da parte di due o tre gruppi funzionali direttamente legati	
3.7.3	Accoppiamento di protoni con $^{31}\text{P}$	157	C	Spostamenti chimici in anelli aliciclici ed eterociclici	
3.7.4	Accoppiamento di protoni con $^{29}\text{Si}$	158	D	Spostamenti chimici in sistemi insaturi e aromatici	
3.7.5	Accoppiamento di protoni con $^{13}\text{C}$	158	E	Protoni soggetti agli effetti del legame di idrogeno (protoni su eteroatomi)	
3.8	Equivalenza di spostamento chimico	158		<b>CAPITOLO 4 SPETTROMETRIA</b>	
3.8.1	Determinazione dell'equivalenza di spostamento chimico mediante interscambio attraverso operazioni di simmetria	159		<i>NMR DEL CARBONIO 13</i>	<b>206</b>
3.8.1.2	Interscambio per riflessione attraverso un piano di simmetria ( $\sigma$ )	159	4.1	Introduzione	<b>206</b>
3.8.1.3	Interscambio per inversione attraverso un centro di simmetria (i)	159	4.2	Teoria	<b>206</b>
3.8.1.4	Nuclei non interscambiabili attraverso operazioni di simmetria	159	4.2.1	Tecniche di disaccoppiamento $^1\text{H}$	<b>206</b>
3.8.2	Determinazione dell'equivalenza di spostamento chimico mediante marcatura (o sostituzione)	159	4.2.2	Scala e intervallo degli spostamenti chimici	<b>207</b>
3.8.3	Equivalenza di spostamento chimico per rapida interconversione strutturale	161	4.2.3	Rilassamento $T_1$	<b>208</b>
3.8.3.1	Interconversione cheto-enolica	161	4.2.4	Incremento nucleare overhauser (Nuclear Overhauser Enhancement, NOE)	<b>211</b>
3.8.3.2	Interconversione intorno a un «doppio legame parziale» (rotazione limitata)	162	4.2.5	Accoppiamento di spin $^{13}\text{C}$ – $^1\text{H}$ (valori delle costanti di accoppiamento)	<b>211</b>
3.8.3.3	Interconversione intorno a legami singoli di anelli	162	4.2.6	Sensibilità	<b>211</b>
3.8.3.4	Interconversione intorno a legami singoli in sistemi aciclici	162	4.2.7	Solventi	<b>213</b>
3.9	Equivalenza magnetica (Equivalenza di accoppiamento di spin)	164	4.3	Interpretazione di un semplice spettro $^{13}\text{C}$ : ftalato dietilico	<b>213</b>

<b>4.4</b>	Analisi $^{13}\text{C}$ quantitativa	<b>214</b>	<b>5.6</b>	Correlazioni $^{13}\text{C}$ — $^{13}\text{C}$ : INADEQUATE	<b>268</b>
<b>4.5</b>	Equivalenza di spostamento chimico	<b>217</b>	<b>5.6.1</b>	Cariofillende ossido: INADEQUATE	<b>269</b>
<b>4.6</b>	DEPT	<b>217</b>	<b>5.7</b>	Lattosio	<b>271</b>
<b>4.7</b>	Classi chimiche e spostamenti chimici	<b>219</b>	<b>5.7.1</b>	Lattosio: DQF-COSY	<b>271</b>
<b>4.7.1</b>	Alcani	<b>220</b>	<b>5.7.2</b>	Lattosio: HMQC	<b>271</b>
<b>4.7.1.1</b>	Alcani lineari e ramificati	<b>220</b>	<b>5.7.3</b>	Lattosio: HMBC	<b>271</b>
<b>4.7.1.2</b>	Effetto dei sostituenti sugli alcani	<b>220</b>	<b>5.8</b>	Trasferimento di coerenza propagato (Relayed Coherence Transfer): TOCSY	<b>271</b>
<b>4.7.1.3</b>	Cicloalcani ed eterocicli saturi	<b>222</b>	<b>5.8.1</b>	Lattosio: 2-D TOCSY	<b>274</b>
<b>4.7.2</b>	Alcheni	<b>222</b>	<b>5.8.2</b>	Lattosio: 1-D TOCSY	<b>274</b>
<b>4.7.3</b>	Alchini	<b>224</b>	<b>5.9</b>	HMQC-TOCSY	<b>277</b>
<b>4.7.4</b>	Composti aromatici	<b>225</b>	<b>5.9.1</b>	Lattosio: HMQC-TOCSY	<b>277</b>
<b>4.7.5</b>	Composti eteroaromatici	<b>225</b>	<b>5.10</b>	ROESY	<b>279</b>
<b>4.7.6</b>	Alcoli	<b>225</b>	<b>5.10.1</b>	Lattosio: ROESY	<b>279</b>
<b>4.7.7</b>	Eteri, acetali ed epossidi	<b>225</b>	<b>5.11</b>	Tetrapeptide VGSE	<b>279</b>
<b>4.7.8</b>	Alogenuri	<b>227</b>	<b>5.11.1</b>	Tetrapeptide VGSE: COSY	<b>282</b>
<b>4.7.9</b>	Ammine	<b>228</b>	<b>5.11.2</b>	Tetrapeptide VGSE: TOCSY	<b>282</b>
<b>4.7.10</b>	Tioli, solfuri e disolfuri	<b>228</b>	<b>5.11.3</b>	Tetrapeptide VGSE: HMQC	<b>282</b>
<b>4.7.11</b>	Gruppi funzionali contenenti carbonio	<b>228</b>	<b>5.11.4</b>	Tetrapeptide VGSE: HMBC	<b>284</b>
<b>4.7.11.1</b>	Chetoni e aldeidi	<b>229</b>	<b>5.11.5</b>	Tetrapeptide VGSE: ROESY	<b>285</b>
<b>4.7.11.2</b>	Acidi carbossilici, esteri, cloruri, anidridi, ammidi e nitrili	<b>230</b>	<b>5.12</b>	NMR a gradiente di campo	<b>285</b>
<b>4.7.11.3</b>	Ossime	<b>230</b>	Riferimenti bibliografici	<b>288</b>	
Riferimenti bibliografici	<b>231</b>	Esercizi per gli studenti	<b>289</b>		
Esercizi per gli studenti	<b>232</b>				
Appendici					
<b>A</b>	Spostamenti chimici $^{13}\text{C}$ , costanti di accoppiamento e molteplicità di comuni solventi NMR				
<b>B</b>	Spostamenti chimici $^{13}\text{C}$ di comuni solventi di laboratorio presenti come impurezze in tracce				
<b>C</b>	Tavola delle correlazioni $^{13}\text{C}$ per classi chimiche				
<b>D</b>	Dati $^{13}\text{C}$ NMR per alcuni composti naturali ( $\delta$ )				
<b>CAPITOLO 5</b>	<i>SPETTROMETRIA NMR DI CORRELAZIONE; NMR BIDIMENSIONALE 2-D</i>	<b>248</b>	<b>CAPITOLO 6</b>	<i>SPETTROMETRIA NMR DI ALTRI NUCLEI IMPORTANTI AVENTI SPIN 1/2</i>	<b>319</b>
<b>5.1</b>	Introduzione	<b>248</b>	<b>6.1</b>	Introduzione	<b>319</b>
<b>5.2</b>	Teoria	<b>249</b>	<b>6.2</b>	Risonanza magnetica nucleare di $^{15}\text{N}$	<b>320</b>
<b>5.3</b>	Spettrometria di correlazione	<b>252</b>	<b>6.3</b>	Risonanza magnetica nucleare di $^{19}\text{F}$	<b>324</b>
<b>5.3.1</b>	Correlazione $^1\text{H}$ — $^1\text{H}$ : COSY	<b>253</b>	<b>6.4</b>	Risonanza magnetica nucleare di $^{29}\text{Si}$	<b>329</b>
<b>5.4</b>	Ipsenolo: $^1\text{H}$ — $^1\text{H}$ COSY	<b>254</b>	<b>6.5</b>	Risonanza magnetica nucleare di $^{31}\text{P}$	<b>330</b>
<b>5.4.1</b>	Ipsenolo: $^1\text{H}$ — $^1\text{H}$ COSY con filtro a doppio-quantum (Double-quantum filtered $^1\text{H}$ — $^1\text{H}$ COSY)	<b>254</b>	<b>6.6</b>	Conclusioni	<b>332</b>
<b>5.4.2</b>	$^{13}\text{C}$ — $^1\text{H}$ COSY rivelato sul canale del carbonio: HETCOR	<b>257</b>	Riferimenti bibliografici	<b>335</b>	
<b>5.4.3</b>	$^1\text{H}$ — $^{13}\text{C}$ COSY Rivelato sul canale del protone: HMQC	<b>258</b>	Esercizi per gli studenti	<b>336</b>	
<b>5.4.4</b>	Ipsenolo: HETCOR e HMQC	<b>258</b>	Appendici		
<b>5.4.5</b>	Ipsenolo: correlazione $^1\text{H}$ — $^{13}\text{C}$ eteronucleare a lunga distanza con rivelazione sul canale del protone (HMBC)	<b>260</b>	<b>A</b>	Proprietà di nuclei magneticamente attivi	
<b>5.5</b>	Cariofillene ossido	<b>262</b>	<b>CAPITOLO 7</b>	<i>PROBLEMI RISOLTI</i>	<b>344</b>
<b>5.5.1</b>	Cariofillene ossido: DQF-COSY	<b>262</b>	<b>7.1</b>	Introduzione	<b>344</b>
<b>5.5.2</b>	Cariofillene ossido: HMQC	<b>265</b>	Problema 7.1: discussione	<b>348</b>	
<b>5.5.3</b>	Cariofillene ossido: HMBC	<b>265</b>	Problema 7.2: discussione	<b>352</b>	
			Problema 7.3: discussione	<b>357</b>	
			Problema 7.4: discussione	<b>364</b>	
			Problema 7.5: discussione	<b>371</b>	
			Problema 7.6: discussione	<b>377</b>	
			Problemi 7.7 E 7.8: esercizi per gli studenti	<b>378</b>	
			<b>CAPITOLO 8</b>	<i>PROBLEMI DA RISOLVERE</i>	<b>385</b>
			<b>8.1</b>	Introduzione	<b>385</b>