



卫生部“十一五”规划教材

全国高等医药教材建设研究会规划教材

全国高等学校配套教材 • 供药学类专业用

# 有机化学 学习指导与习题集

第2版

主 编 陆 涛

副主编 孟昭力



人民卫生出版社

卫生部“十一五”规划教材  
全国高等医药教材建设研究会规划教材  
全国高等学校配套教材  
供药学类专业用

# 有机化学 学习指导与习题集

第 2 版

主 编 陆 涛

副主编 孟昭力

编 者 (以姓氏笔画为序)

王玉玲 (沈阳药科大学)	项光亚 (华中科技大学同济医学院)
李敏谊 (广东药学院)	徐建明 (第二军医大学)
陆 涛 (中国药科大学)	郭 丽 (四川大学华西药学院)
周 萍 (中国药科大学)	喻理德 (江西中医学院)
孟昭力 (山东大学药学院)	葛泽梅 (北京大学药学院)

人 民 卫 生 出 版 社

### 图书在版编目(CIP)数据

有机化学学习指导与习题集/陆涛主编. —2版.—北京:人民卫生出版社,2007.9

ISBN 978-7-117-08995-1

I.有… II.陆… III.有机化学-医学院校-教学参考资料 IV.O62

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第107464号

## 有机化学学习指导与习题集

### 第2版

主 编: 陆 涛

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

邮 编: 100078

网 址: <http://www.pmph.com>

E-mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 潮河印业有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 21

字 数: 485千字

版 次: 2003年12月第1版 2007年9月第2版第8次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-08995-1/R·8996

定 价: 29.00元

版权所有,侵权必究,打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

# 前 言

有机化学是高等院校本科教学的一门重要基础课。由于其内容丰富,反应式多,灵活性大,使初学者感到不易抓住重点,遇到问题不知如何着手解决。因此,演练习题是学习有机化学过程中一个必不可少的环节。学生通过习题的练习,不仅能考查其对所学知识的理解和掌握情况,而且对培养科学的思维方法有很大帮助。

为了培养和提高学生分析问题和解决问题的能力,满足学生复习的要求,更好地配合使用倪沛洲教授主编的《有机化学》(卫生部规划教材第6版)教材,我们对以加强基本知识、基本理论、基本反应为原则的配套教材《有机化学学习指导与习题集》进行了修订。

本书在章节编排顺序上与《有机化学》第6版教材同步,共十九章。每章均由四部分组成:内容提要、例题解析、习题和参考答案(包括教材练习题、教材习题和本书习题参考答案)。“内容提要”对各类化合物的结构、分类、命名、基本反应、重要反应机理和制备方法进行简明扼要的归纳小结,突出重点。在“例题解析”中,通过有代表性例题的解析,帮助学生拓宽解题思路,达到举一反三的目的,同时指出学生在学习中容易混淆的概念和常易出现的错误。在此基础上,配以大量的习题供学生练习,以提高其解题能力和自学能力。

根据作者多年的教学经验,学生在解合成题时,往往缺少解题思路,不知从何入手。为此,本书在第十三章还增写了“有机合成基础”一节。从“逆向合成分析”的角度,对设计合成路线的过程中,经常需要考虑的问题以及常见的反应类型,从碳链增长、缩短、成环和官能团的转换等几方面进行了总结。

参加本书编写的有:中国药科大学周萍副教授(第一、二章)、第二军医大学徐建明副教授(第三、八章)、沈阳药科大学王玉玲副教授(第四、五章)、江西中医学院喻理德副教授(第六、七章)、中国药科大学陆涛教授(第九章)、华中科技大学同济医学院项光亚副教授(第十、十四章)、广东药学院李敏谊副教授(第十一、十八章)、山东大学药学院孟昭力副教授(第十二、十三章)、四川大学华西药学院郭丽教授(第十五、十九章)、北京大学药学院葛泽梅副教授(第十六、十七章)。

限于我们的水平和时间仓促,书中难免有很多不妥之处,敬请希望使用本书的师生和广大读者批评指正。

陆 涛

2007年6月

# 目 录

第一章 绪论	1
一、内容提要	1
(一) 有机化学学科发展概况和学习有机化学的重要性	1
(二) 有机化合物的结构和特性	1
(三) 经典结构理论的要点	1
(四) 有关化学键的基本概念	1
(五) 表示有机化合物结构的化学式	1
(六) 有关酸碱的基本概念	1
(七) 弯箭头的意义	1
(八) 有机化合物的分类	1
(九) 有机化合物的结构测定	2
二、例题解析	2
三、习题	4
四、参考答案	5
(一) 教材练习题	5
(二) 教材习题	7
(三) 本书习题	9
第二章 烷烃和环烷烃 自由基取代反应	10
一、内容提要	10
(一) 重要概念	10
(二) 结构	10
(三) 同分异构现象	10
(四) 构象	10
(五) 命名	11
(六) 烷烃和环烷烃的物理性质	12
(七) 烷烃和环烷烃的化学反应	12
(八) 小环烷烃的特殊反应	13
二、例题解析	13
三、习题	14
四、参考答案	16
(一) 教材练习题	16
(二) 教材习题	18

(三) 本书习题 .....	19
<b>第三章 立体化学基础 .....</b>	<b>22</b>
一、内容提要 .....	22
(一) 概述 .....	22
(二) 有关重要概念 .....	22
(三) 烷烃卤代反应的立体化学问题 .....	26
二、例题解析 .....	26
三、习题 .....	29
四、参考答案 .....	31
(一) 教材练习题 .....	31
(二) 教材习题 .....	32
(三) 本书习题 .....	34
<b>第四章 卤代烷 .....</b>	<b>36</b>
一、内容提要 .....	36
(一) 结构、分类和命名 .....	36
(二) 化学性质 .....	36
(三) 重要的反应机理 .....	37
二、例题解析 .....	38
三、习题 .....	40
四、参考答案 .....	43
(一) 教材练习题 .....	43
(二) 教材习题 .....	44
(三) 本书习题 .....	46
<b>第五章 醇和醚 .....</b>	<b>50</b>
一、内容提要 .....	50
醇 .....	50
(一) 结构、分类和命名 .....	50
(二) 化学性质 .....	50
醚 .....	52
(一) 结构、分类和命名 .....	52
(二) 化学性质 .....	53
二、例题解析 .....	53
三、习题 .....	56
四、参考答案 .....	59
(一) 教材练习题 .....	59
(二) 教材习题 .....	60

(三) 本书习题 .....	63
<b>第六章 烯烃 亲电加成 自由基加成 .....</b>	<b>67</b>
一、内容提要 .....	67
(一) 结构、同分异构和命名 .....	67
(二) 化学反应 .....	67
(三) 重要的反应机理 .....	69
二、例题解析 .....	70
三、习题 .....	72
四、参考答案 .....	75
(一) 教材练习题 .....	75
(二) 教材习题 .....	76
(三) 本书习题 .....	79
<b>第七章 炔烃和二烯烃 离域键 .....</b>	<b>83</b>
一、内容提要 .....	83
炔烃 .....	83
(一) 结构、同分异构和命名 .....	83
(二) 炔烃的反应 .....	83
(三) 烯炔、炔炔的制备 .....	85
二烯烃 .....	86
(一) 共轭二烯烃的结构 .....	86
(二) 共轭、共振 .....	86
(三) 共轭二烯烃的反应 .....	86
二、例题解析 .....	87
三、习题 .....	89
四、参考答案 .....	93
(一) 教材练习题 .....	93
(二) 教材习题 .....	94
(三) 本书习题 .....	96
<b>第八章 芳烃 芳核上的亲电取代反应 .....</b>	<b>101</b>
一、内容提要 .....	101
(一) 结构、分类和命名 .....	101
(二) 化学反应 .....	101
二、例题解析 .....	104
三、习题 .....	109
四、参考答案 .....	112
(一) 教材练习题 .....	112

(二) 教材习题 .....	115
(三) 本书习题 .....	117
<b>第九章 醛和酮 亲核加成反应</b> .....	121
一、内容提要 .....	121
(一) 结构和命名 .....	121
(二) 化学反应 .....	121
(三) 重要的反应机理 .....	124
(四) 醛、酮的制备 .....	124
二、例题解析 .....	126
三、习题 .....	129
四、参考答案 .....	133
(一) 教材练习题 .....	133
(二) 教材习题 .....	134
(三) 本书习题 .....	138
<b>第十章 酚和醌</b> .....	144
一、内容提要 .....	144
(一) 结构、分类和命名 .....	144
(二) 化学反应 .....	144
(三) 制备 .....	147
二、例题解析 .....	148
三、习题 .....	151
四、参考答案 .....	156
(一) 教材练习题 .....	156
(二) 教材习题 .....	157
(三) 本书习题 .....	159
<b>第十一章 羧酸和取代羧酸 亲核加成-消除加成</b> .....	165
一、内容提要 .....	165
(一) 结构、分类和命名 .....	165
(二) 化学反应 .....	165
(三) 重要的反应机理 .....	166
(四) 制备 .....	166
(五) 取代羧酸 .....	167
二、例题解析 .....	167
三、习题 .....	171
四、参考答案 .....	174
(一) 教材练习题 .....	174



(二) 教材习题 .....	176
(三) 本书习题 .....	180
<b>第十二章 羧酸衍生物</b> .....	<b>185</b>
一、内容提要 .....	185
(一) 结构和命名 .....	185
(二) 化学反应 .....	185
(三) 重要的反应机理 .....	188
二、例题解析 .....	189
三、习题 .....	190
四、参考答案 .....	193
(一) 教材练习题 .....	193
(二) 教材习题 .....	195
(三) 本书习题 .....	198
<b>第十三章 碳负离子的反应</b> .....	<b>202</b>
一、内容提要 .....	202
(一) $\alpha$ -氢的酸性和互变异构 .....	202
(二) 涉及碳负离子的化学反应 .....	202
(三) Claisen 缩合反应的机理 .....	205
二、例题解析 .....	205
三、习题 .....	208
四、参考答案 .....	211
(一) 教材练习题 .....	211
(二) 教材习题 .....	213
(三) 本书习题 .....	216
五、有机合成基础 .....	220
(一) 合成设计的基本内容 .....	220
(二) 例题解析 .....	221
(三) 习题 .....	224
(四) 参考答案 .....	226
<b>第十四章 有机含氮化合物</b> .....	<b>230</b>
一、内容提要 .....	230
(一) 结构、分类和命名 .....	230
(二) 化学反应 .....	231
(三) 重要的反应机理 .....	235
(四) 胺的制备方法 .....	236
二、例题解析 .....	236

三、习题	242
四、参考答案	247
(一) 教材练习题	247
(二) 教材习题	250
(三) 本书习题	255
<b>第十五章 杂环化合物</b>	<b>262</b>
一、内容提要	262
(一) 分类、命名和结构	262
(二) 六元杂环	262
(三) 五元杂环	263
(四) 稠环化合物——吡啶、喹啉、异喹啉、嘌呤	263
二、例题解析	264
三、习题	266
四、参考答案	272
(一) 教材练习题	272
(二) 教材习题	275
(三) 本书习题	276
<b>第十六章 氨基酸、多肽、蛋白质和酶的化学</b>	<b>283</b>
一、内容提要	283
二、例题解析	284
三、习题	285
四、参考答案	286
(一) 教材练习题	286
(二) 教材习题	286
(三) 本书习题	289
<b>第十七章 糖类和核酸</b>	<b>292</b>
一、内容提要	292
二、例题解析	293
三、习题	296
四、参考答案	298
(一) 教材练习题	298
(二) 教材习题	299
(三) 本书习题	302
<b>第十八章 萜类和甾族化合物</b>	<b>305</b>
一、内容提要	305

(一) 分类和命名 .....	305
(二) 化学反应 .....	305
二、例题解析 .....	305
三、习题 .....	307
四、参考答案 .....	309
(一) 教材练习题 .....	309
(二) 教材习题 .....	309
(三) 本书习题 .....	311
<b>第十九章 周环反应</b> .....	<b>314</b>
一、内容提要 .....	314
(一) 电环化反应 .....	314
(二) 环加成反应 .....	315
(三) $\sigma$ 键迁移反应 .....	315
二、例题解析 .....	316
三、习题 .....	319
四、参考答案 .....	321
(一) 教材练习题 .....	321
(二) 教材习题 .....	322
(三) 本书习题 .....	323

# 第一章 绪 论

## 一、内 容 提 要

### (一) 有机化学学科发展概况和学习有机化学的重要性

### (二) 有机化合物的结构和特性

### (三) 经典结构理论的要点

### (四) 有关化学键的基本概念

离子键、共价键、配位键、原子轨道、电子云、共价键的形成、价键法(电子配对法)、杂化轨道理论、碳原子的三种杂化方式、分子轨道法、成键轨道、反键轨道、键长、键角、键能、键的极性和极化度、共价键的均裂和异裂。

### (五) 表示有机化合物结构的化学式

#### 1. 表示构造的化学式

蛛网式:根据价键规则把分子中所有的价键都画出来。

结构简式(缩写式):较常用。

键线式:在环状化合物中应用较多。

#### 2. Lewis(路易斯)结构式 又称为电子式,在描述反应机理中常用。

#### 3. 立体结构式 立体结构的表示,常用楔线式,又称伞形式。

### (六) 有关酸碱的基本概念

#### 1. 酸碱理论

#### 2. 酸碱强度的表示

#### 3. 酸碱强度和相应共轭酸碱强度间的关系

#### 4. 酸碱相对强度的预测

#### 5. 酸碱反应规律及其应用

### (七) 弯箭头的意义

用弯箭头表示反应过程中电子的转移,单箭头  $\curvearrowright$  或双箭头  $\curvearrowleft$  分别表示单电子或双电子的转移。

### (八) 有机化合物的分类

1. 按碳架分类 按碳的骨架进行分类,可分为链状化合物、碳环化合物(进一步又分为脂环和芳环)以及杂环化合物。

2. 按官能团分类 官能团又称功能基,含有相同官能团的化合物通常具有一些共

同的理化性质。

### (九) 有机化合物的结构测定

无论是人工合成还是从天然物中提取的有机化合物都要经分离提纯,用元素定性分析和定量分析求出其经验式,再根据其分子量得出分子式(现在用高分辨质谱可直接测得分子量并获得分子式信息)。结构式的测定一般采用化学法和波谱法,两者可配合使用。

1. 红外光谱(IR) 主要用来鉴定分子中的官能团。红外光谱图中  $4000 \sim 1500\text{cm}^{-1}$  频率区是官能团的特征吸收峰区,通过观察这个区域的吸收峰,可以初步确定化合物中是否含有某种官能团。而在  $1500 \sim 650\text{cm}^{-1}$  指纹区的吸收峰较复杂。判断两个化合物是否相同,不仅要看特征吸收峰区的吸收峰是否完全吻合,还要看指纹区内的吸收峰是否完全一致。

2. 核磁共振(NMR) 氢原子核( $^1\text{H}$ )的核磁共振简写为 $^1\text{H-NMR}$ 。从一张 $^1\text{H-NMR}$ 谱图可以得到以下几个方面的信息:①从吸收峰的组数可知该化合物有几种不同化学环境的氢核;②从各组峰的 $\delta$ 值(化学位移)可推测该氢核的类型和感受到的屏蔽效应的大小;③各组峰的面积比提示各组氢的比例;④每组氢的裂分数( $n+1$ 规则)提示相邻氢核的数目。此外,偶合常数( $J$ )也是确定有机化合物结构的有意义的信息。通过 $^{13}\text{C-NMR}$ 测定可推测化合物中的碳架。

3. 质谱(MS) 可提供被测化合物的分子量,并根据各碎片峰的质荷比和丰度等推测分子可能结构。高分辨质谱可以测定分子的精密质量,并可根据分子的精密质量确定分子式。

## 二、例题解析

[例1] 化合物A中C、H、N、O元素的质量百分含量分别为41.4%、8.1%、32.2%、18.4%,质谱测得其分子量为174.2,试求该化合物的分子式。

解:首先根据各元素的质量百分含量求出它们的原子个数比:

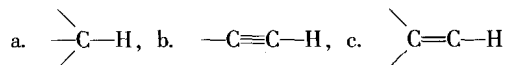
$$\frac{41.4}{12.01} : \frac{8.1}{1.008} : \frac{32.2}{14.01} : \frac{18.4}{16.00} = 3.45 : 8.04 : 2.3 : 1.15$$

$$\text{再求出四种元素原子个数的最小数值比: } \frac{3.45}{1.15} : \frac{8.04}{1.15} : \frac{2.3}{1.15} : \frac{1.15}{1.15} = 3 : 7 : 2 : 1$$

因此,可得出化合物可能的分子式为 $(\text{C}_3\text{H}_7\text{N}_2\text{O})_n$ ,根据分子量即可得 $n=2$ 。所以,该化合物的分子式即为 $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_2$ 。

[例2] 根据题意回答以下问题

(1) 下列C—H键在IR谱中哪一个吸收频率最高?



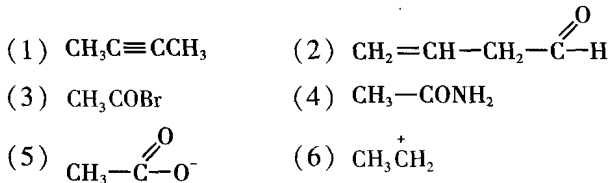
(2) 下列化合物有几种化学不等价质子?



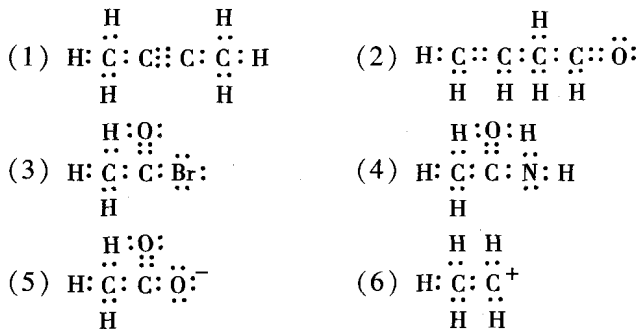
解:(1) 上述化合物在IR谱中的特征吸收频率分别为: $2960 \sim 2850\text{cm}^{-1}$ ,  $3300\text{cm}^{-1}$ ,  $3100 \sim 3010\text{cm}^{-1}$ ,所以b的特征吸收频率最高。

(2) 有 4 种。

[例 3] 将下列化合物或离子改写为路易斯结构式。

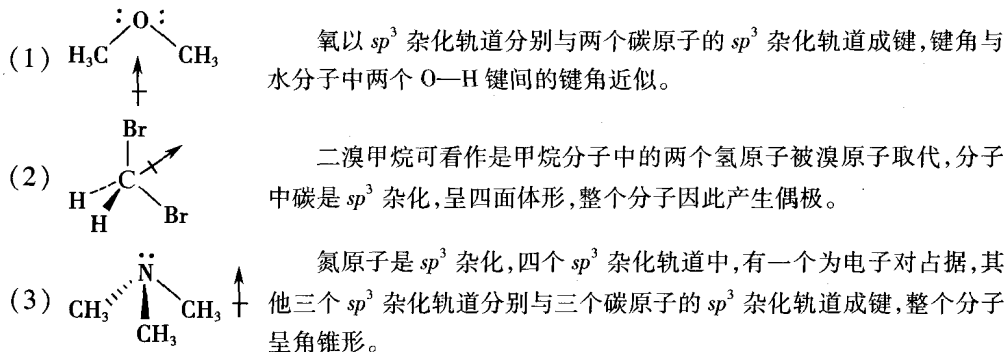


解: 书写路易斯结构式时, 注意不要忘记把未共用电子对标示出来, 有机化合物的反应往往与未共用电子对有关。



[例 4] 预测下列各化合物的偶极矩方向: (1)  $\text{CH}_3\text{OCH}_3$ ; (2)  $\text{CH}_2\text{Br}_2$ ; (3)  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ 。

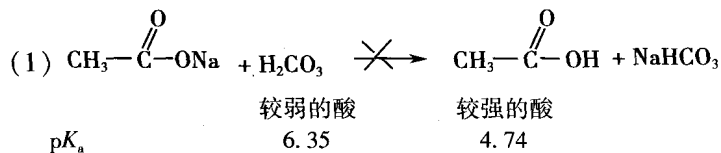
解: 多原子分子的偶极矩是各极性共价键偶极矩的向量和, 上述三个化合物的偶极矩方向如下:



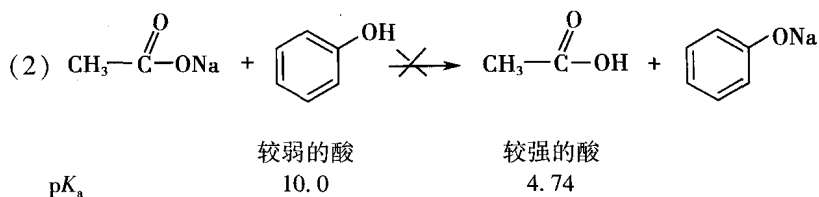
[例 5] 乙酸钠和下列哪些试剂能反应?

(1) 碳酸 ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ )    (2) 苯酚    (3) 甲磺酸

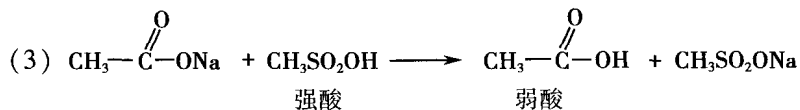
解: 酸碱反应遵循以下规律: 即较强的酸和较强的碱反应生成较弱的酸和较弱的碱。判断酸碱反应能否发生, 其步骤是: ① 写出反应物和可能产物; ② 分析反应物和产物的酸碱相对强度; ③ 判断反应能否发生。



反应不能发生。



反应不能发生。



反应能发生。

### 三、习 题

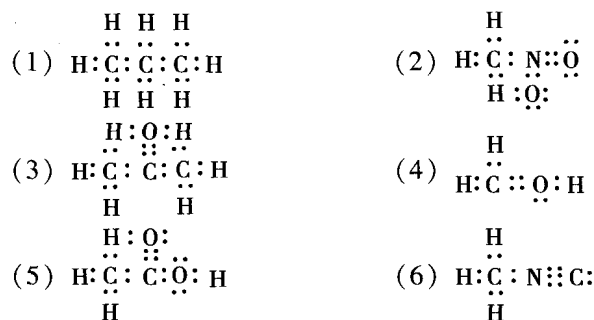
1. 指出下列化合物中哪些是有机化合物？哪些是无机化合物？

- (1) 食盐  $\text{NaCl}$                       (2) 酒精  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$                       (3) 醋酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$   
 (4) 白糖  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$                       (5) 小苏打  $\text{NaHCO}_3$                       (6) 硫酸铜  $\text{CuSO}_4$

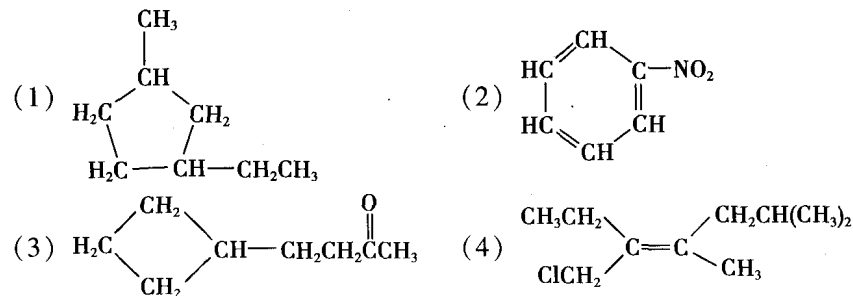
2. 写出下列化合物的路易斯电子式

- (1)  $\text{H}_2\text{O}$     (2)  $\text{CO}_2$     (3)  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$     (4)  $\text{CH}_3\text{CN}$

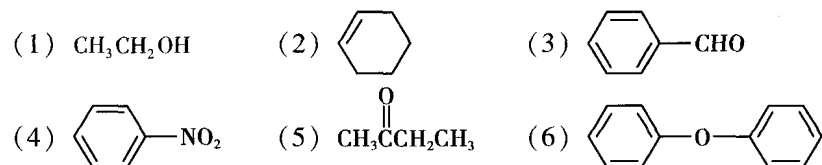
3. 下列 Lewis 结构式中的原子上是否带有正、负电荷，如有电荷，请在该原子上标明

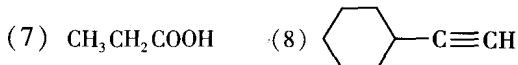


4. 将下列化合物的缩写式改写为键线式

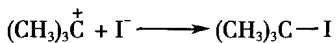
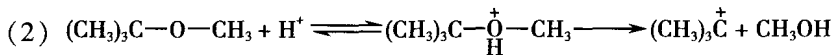
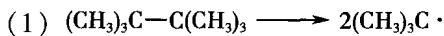


5. 指出下列化合物所含官能团的名称及该化合物所属类别





6. 用弯箭头表示下列反应过程中电子的转移方向,并说明共价键的断裂方式。

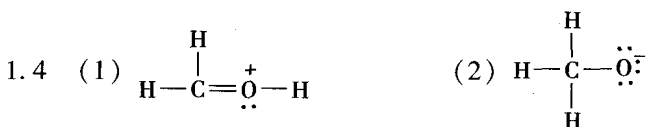
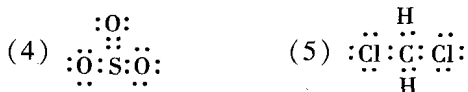
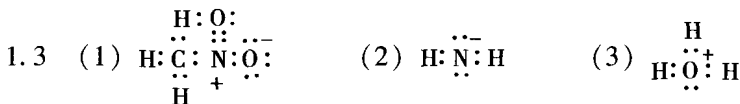
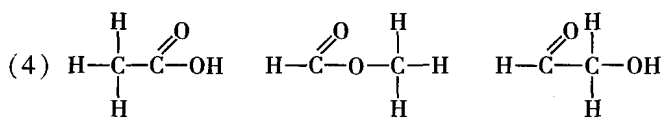
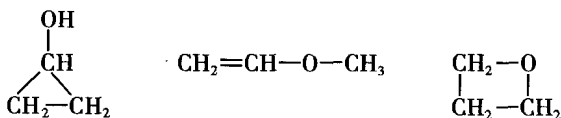
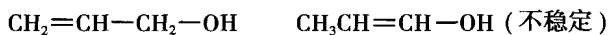
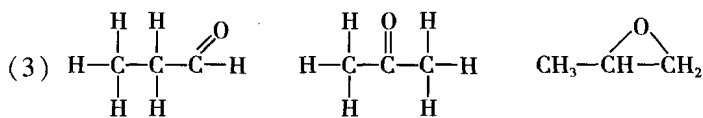
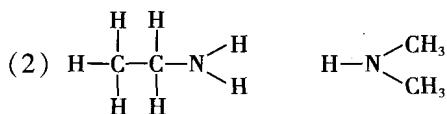
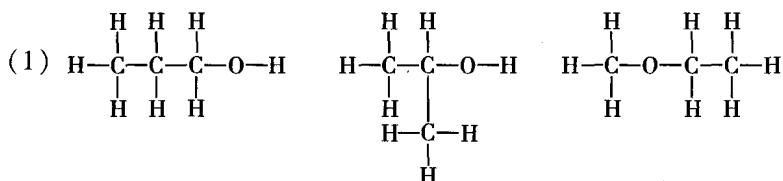


#### 四、参 考 答 案

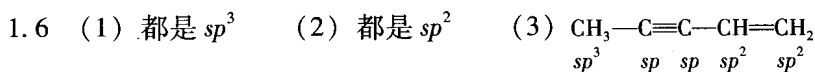
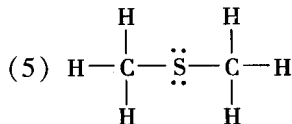
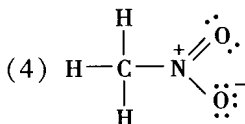
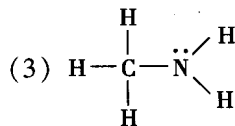
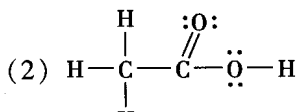
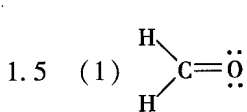
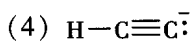
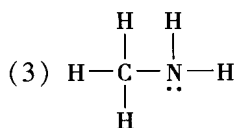
##### (一) 教材练习题

1.1 用灼烧试验,灼烧该固体,如不熔化是无机物,如有碳化变黑现象是有机化合物。

1.2

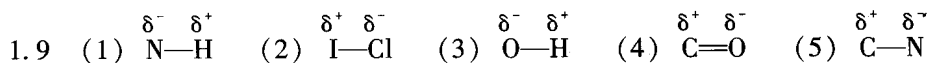






1.7  $a > b > c$

1.8 略



1.10

(1) (2)

极性  $\text{H}-\text{Br} > \text{H}-\text{I} \quad \text{O}-\text{H} > \text{S}-\text{H}$

极化度  $\text{H}-\text{I} > \text{H}-\text{Br} \quad \text{S}-\text{H} > \text{O}-\text{H}$

1.11 略

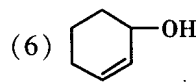
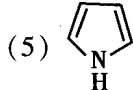
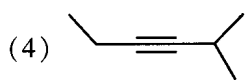
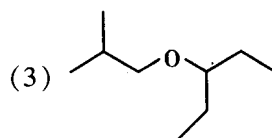
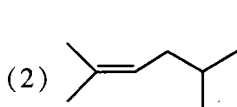
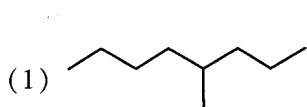
1.12 (1) C—I, (2) C—O, O—H

1.13 (1), (3), (5)

1.14 (1) 碳碳双键, 羰基 (2) 氨基, 酰基, 羧基

(3) 碳碳三键, 酯基 (4) 酚羟基, 酰氨基

1.15



1.16

