

有机化学

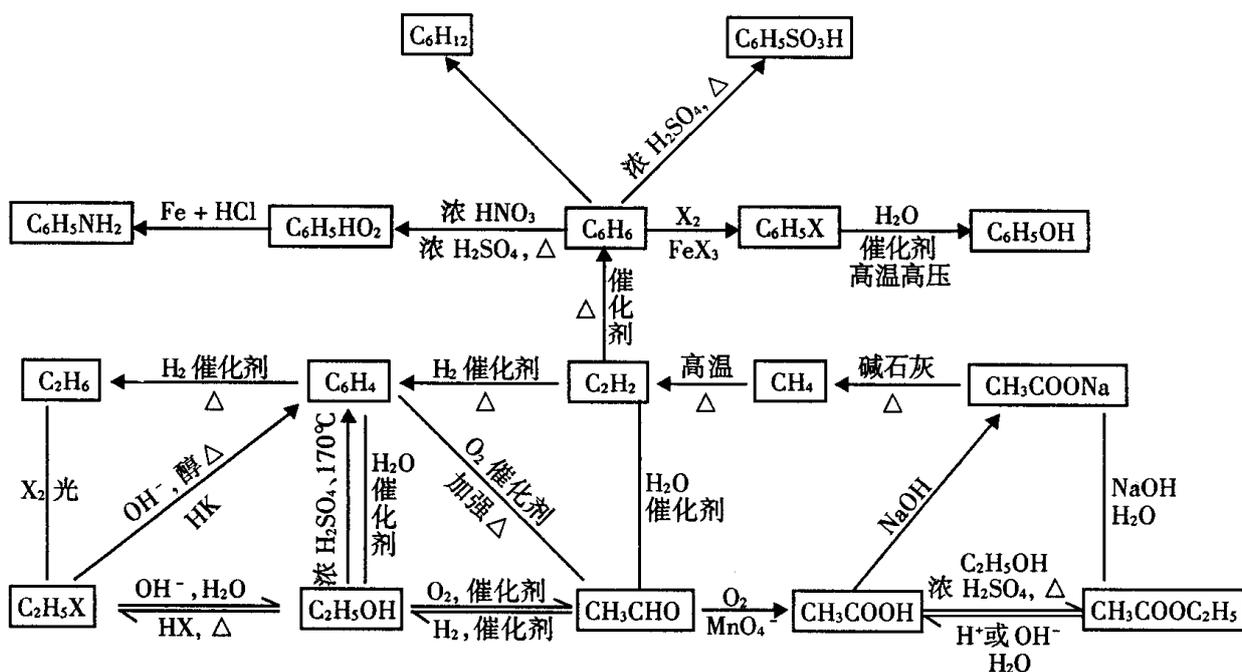
考纲要求:

1. 有机物的特点、有机物的命名 (IUPAC 命名法);
2. 典型的有机反应: 取代 (substitution)、加成 (addition)、加聚 (addition polymerization)、缩聚 (condensation polymerization)、酯化 (esterification)、消去 (elimination) 等;
3. 甲烷 (methane)、乙烯 (ethene)、乙炔 (ethyne)、苯 (benzene) 的分子结构及性质;
4. 烷烃 (alkanes)、环烷烃 (cycloalkanes)、烯烃 (alkenes)、芳香烃 (aromatic hydrocarbons), 同系物 (homologous compounds), 同分异构体 (isomers);
5. 石油的分馏和裂化; 煤的干馏和综合利用;
6. 烃的衍生物 (derivatives of hydrocarbons) 和官能团 (functional groups) 概念, 卤代烃 (halohydrocarbons)、醇 (alcohols)、酚 (phenols)、醛 (aldehydes)、酮 (ketones)、羧酸 (carboxylic acids)、酯 (esters)、醚 (ethers) 等化合物的性质;
7. 糖类 (碳水化合物, carbohydrates)、氨基酸 (aminoacids)、蛋白质 (proteins) 的基本组成结构, 主要性质和用途;
8. 塑料 (plastics)、橡胶 (rubbers)、纤维 (fibers) 等三大合成材料的特性和应用;
9. 空气、水的污染及防治。

有机物的衍变关系

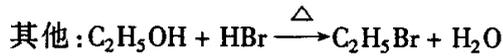
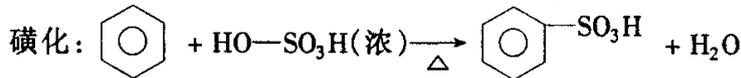
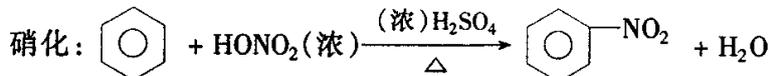
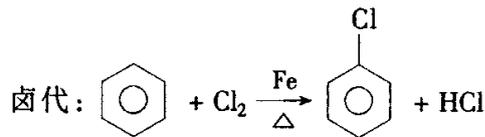
重点、难点解析:

一、有机物的衍变关系

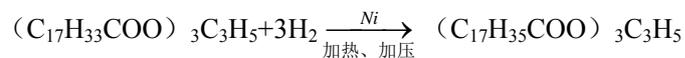
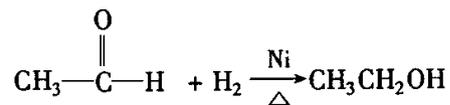
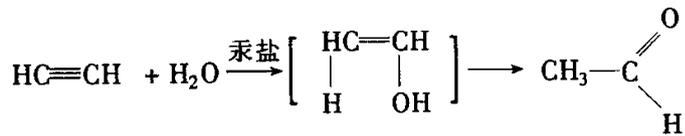
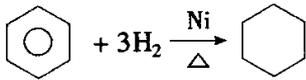
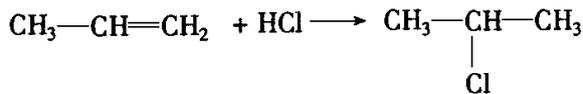


二、重要的有机反应及类型

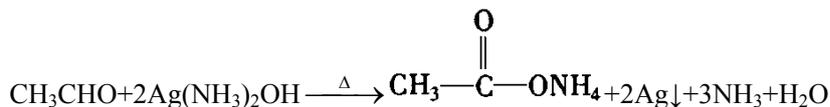
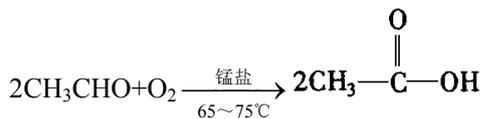
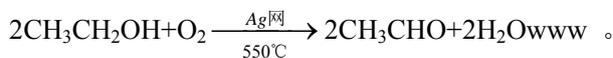
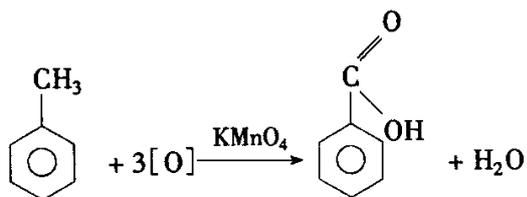
1. 取代反应



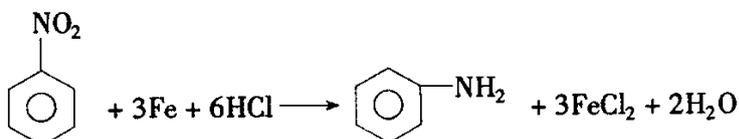
2. 加成反应

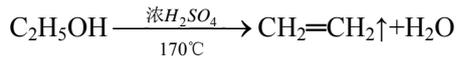
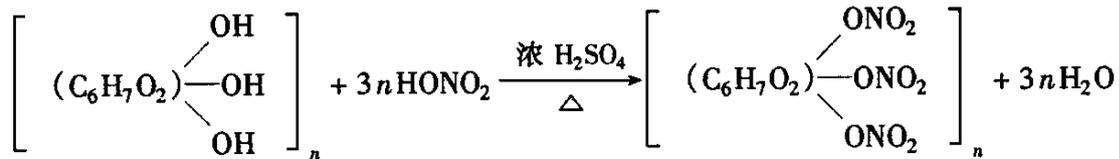
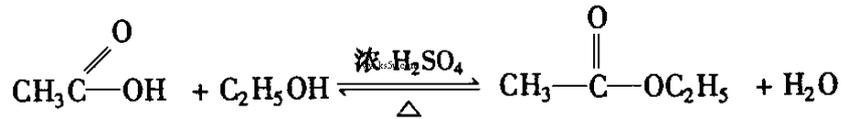
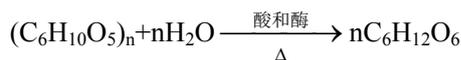
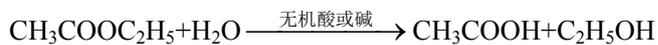
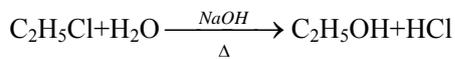


3. 氧化反应



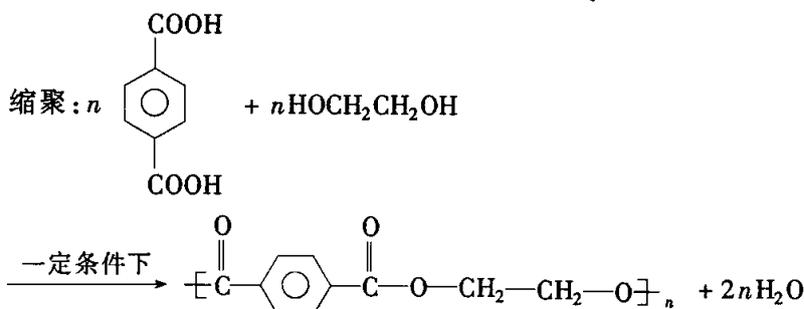
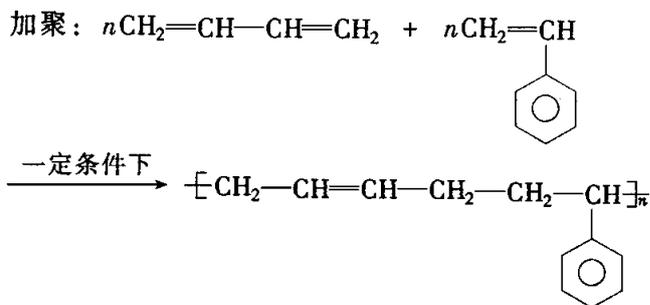
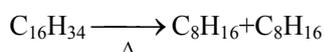
4. 还原反应

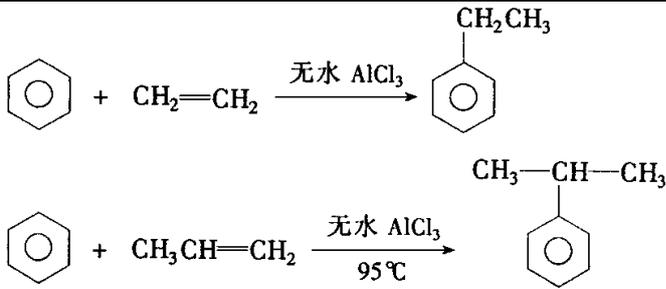


5. 消去反应

6. 酯化反应

7. 水解反应


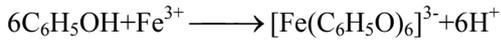
淀粉

葡萄糖

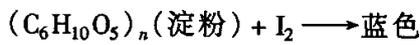
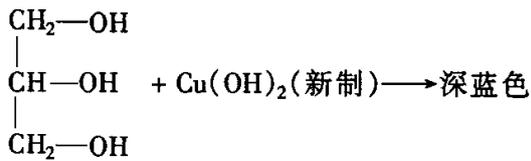
8. 聚合反应

9. 热裂

10. 烷基化反应



11. 显色反应

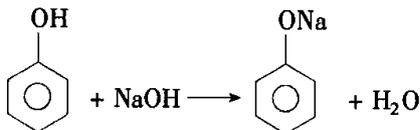
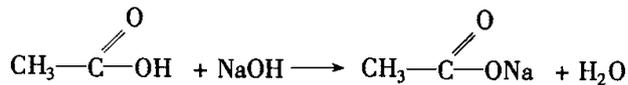


(紫色)



有些蛋白质与浓 HNO_3 作用而呈黄色

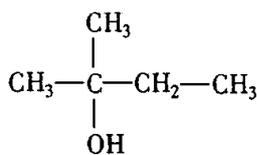
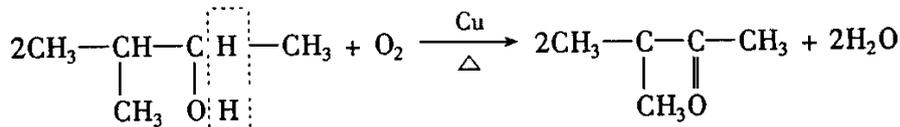
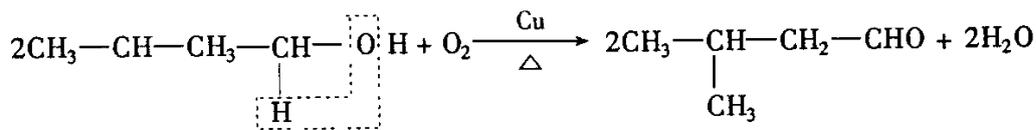
12. 中和反应



三、一些典型有机反应的比较

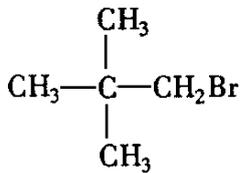
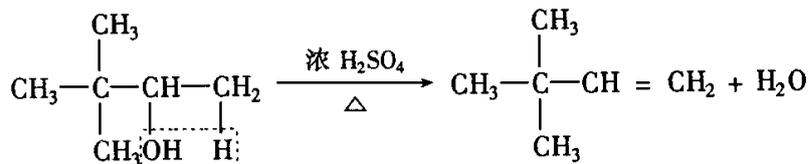
1. 反应机理比较

(1) 醇去氢: 脱去与羟基相连接碳原子上的氢和羟基中的氢, 形成 $\text{C}=\text{O}$ 。例如:



+ $\text{O}_2 \longrightarrow$ 羟基所连碳原子上没有氢, 不能形成 $\text{C}=\text{O}$, 所以不发生去氢(氧化)反应。

(2) 消去反应: 脱去—X(或—OH)及相邻碳原子上的氢, 形成不饱和键。例如:



与 Br 原子相邻碳原子上没有氢，所以不能发生消去反应。

(3) 酯化反应：羧酸分子中的羟基跟醇分子羟基中的氢原子结合成水，其余部分互相结合成酯。例如：



2. 反应现象比较 例如：

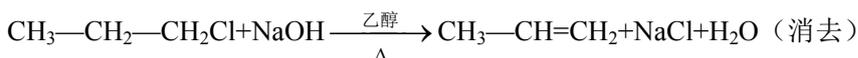
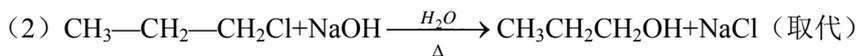
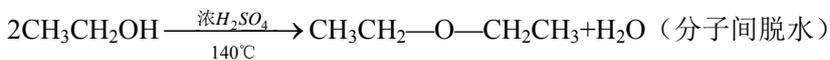
与新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 悬浊液反应现象：

沉淀溶解，出现深蓝色溶液 \longrightarrow 多羟基存在； 沉淀溶解，出现蓝色溶液 \longrightarrow 羧基存在。

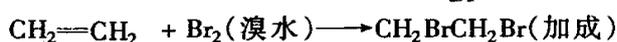
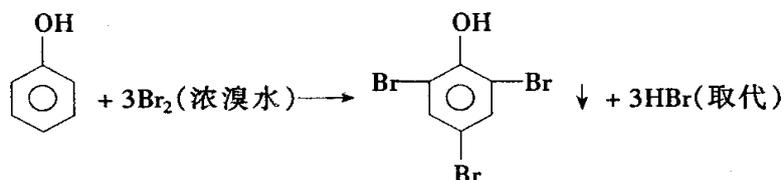
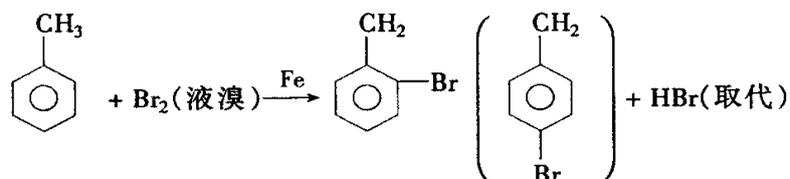
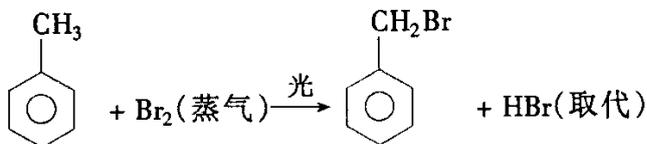
加热后，有红色沉淀出现 \longrightarrow 醛基存在。

3. 反应条件比较

同一化合物，反应条件不同，产物不同。例如：



(3) 一些有机物与溴反应的条件不同，产物不同。



1. 由有机物完全燃烧确定有机物结构

通过完全燃烧有机物，根据 CO_2 和 H_2O 的量，推测有机物的结构，是前几年高考试题的热点题。有以下几种方法。

(1) 有机物分子组成通式的应用

这类题目的特点是：运用有机物分子组成的通式，导出规律。再由规律解题，达到快速准确的目的。

规律 1：最简式相同的有机物，无论多少种，以何种比例混合，混合物中元素质量比值相同。要注意：

① 含有 n 个碳原子的饱和一元醛或酮与含有 $2n$ 个碳原子的饱和一元羧酸和酯具有相同的最简式；② 含有 n 个碳原子的炔烃与含有 $3n$ 个碳原子的苯及其同系物具有相同的最简式。

规律 2：具有相同的相对分子质量的有机物为：① 含有 n 个碳原子的醇或醚与含有 $(n-1)$ 个碳原子的同类型羧酸和酯。② 含有 n 个碳原子的烷烃与含有 $(n-1)$ 个碳原子的饱和一元醛或酮。此规律用于同分异构体的推断。

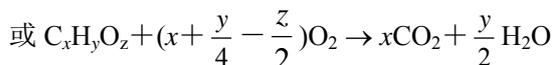
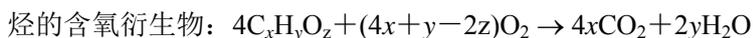
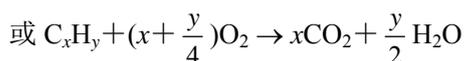
规律 3：由相对分子质量求有机物的分子式(设烃的相对分子质量为 M) ① $\frac{M}{12}$ 得整数商和余数，商为

可能的最大碳原子数，余数为最小氢原子数。② $\frac{M}{12}$ 的余数为 0 或碳原子数 \geq

6 时，将碳原子数依次减少一个，每减少一个碳原子即增加 12 个氢原子，直到饱和为止。

(2) 有机物燃烧通式的应用

解题的依据是烃及其含氧衍生物的燃烧通式。



由此可得出三条规律：

规律 1：耗氧量大小的比较

(1) 等质量的烃(C_xH_y)完全燃烧时，耗氧量及生成的 CO_2 和 H_2O 的量均决定于 $\frac{y}{x}$ 的比值大小。比值越大，耗氧量越多。

(2) 等质量具有相同最简式的有机物完全燃烧时，其耗氧量相等，燃烧产物相同，比例亦相同。

(3) 等物质的量的烃(C_xH_y)及其含氧衍生物($\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$)完全燃烧时的耗氧量取决于 $x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2}$ ，其值越大，耗氧量越多。

(4) 等物质的量的不饱和烃与该烃和水加成的产物(如乙烯与乙醇、乙炔与乙醛等)或加成产物的同分异构完全燃烧，耗氧量相等。即每增加一个氧原子便内耗两个氢原子。

规律 2：气态烃(C_xH_y)在氧气中完全燃烧后(反应前后温度不变且高于 100°C)：

若 $y=4$ ， $V_{\text{总}}$ 不变；(有 CH_4 、 C_2H_4 、 C_3H_4 、 C_4H_4)

若 $y<4$ ， $V_{\text{总}}$ 减小，压强减小；(只有乙炔)

若 $y>4$ ， $V_{\text{总}}$ 增大，压强增大。

规律 3：(1) 相同状况下，有机物燃烧后

$$n(\text{CO}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) \begin{cases} < 1 \text{ 时为醇或烷;} \\ = 1 \text{ 为符合 } \text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_x \text{ 的有机物;} \\ > 1 \text{ 时为炔烃或苯及其同系物。} \end{cases}$$

(2) 分子中具有相同碳(或氢)原子数的有机物混合，只要混合物总物质的量恒定，完全燃烧后产生的 CO_2 (或 H_2O) 的量也一定是恒定值。

1. 式量相等下的化学式的相互转化关系:

一定式量的有机物若要保持式量不变, 可采用以下方法:

- (1) 若少 1 个碳原子, 则增加 12 个氢原子。
- (2) 若少 1 个碳原子, 4 个氢原子, 则增加 1 个氧原子。
- (3) 若少 4 个碳原子, 则增加 3 个氧原子。

2. 有机物化学式结构化的处理方法

若用 $C_nH_mO_z$ ($m \leq 2n+2$, $z \geq 0$, $m, n \in \mathbb{N}$, z 属非负整数) 表示烃或烃的含氧衍生物, 则可将其与 $C_nH_{2n+2}O_z$ ($z \geq 0$) 相比较, 若少于两个 H 原子, 则相当于原有机物中有一个 $C=C$, 不难发现, 有机物 $C_nH_mO_z$ 分子结构中 $C=C$ 数目为 $\frac{2n+2-m}{2}$ 个, 然后以双键为基准进行以下处理:

- (1) 一个 $C=C$ 相当于一个环。
- (2) 一个碳碳叁键相当于二个碳碳双键或一个碳碳双键和一个环。
- (3) 一个苯环相当于四个碳碳双键或两个碳碳叁键或其它(见(2))。
- (4) 一个羰基相当于一个碳碳双键。

不饱和键数目的确定

(1) 有机物与 H_2 (或 X_2) 完全加成时, 若物质的量之比为 1:1, 则该有机物含有一个双键; 1:2 时, 则该有机物含有一个叁键或两个双键; 1:3 时, 则该有机物含有三个双键或一个苯环或其它等价形式。

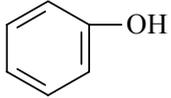
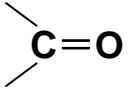
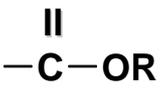
符合一定碳、氢之比的有机物

- C:H=1:1 的有: 乙炔、苯、苯乙烯、苯酚等;
 C:H=1:2 的有: 甲醛、乙酸、甲酸甲酯、葡萄糖、果糖、单烯烃、环烷烃等;
 C:H=1:4 的有: 甲烷、甲醇、尿素等。

几类烃的组成结构和主要性质

	烷烃	烯烃	炔烃	苯及其同系物
通式	C_nH_{2n+2} ($n \geq 1$)	C_nH_{2n} ($n \geq 2$)	C_nH_{2n-2} ($n \geq 2$)	C_nH_{2n-2} ($n \geq 6$)
代表物结构式	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$	$\begin{array}{c} H & & H \\ & \backslash & / \\ & C=C & \\ & / & \backslash \\ H & & H \end{array}$	$H-C \equiv C-H$	
分子构型	正四面体、四个氢原子的空间位置相同	平面分子、六个原子共平面	直线分子、四个原子在一条直线上	平面正六边形、碳原子、氢原子各自空间位置相同
物理性质	均为分子晶体, 各类烃的同系物随着相对分子质量大的熔点、沸点均是而升高, 密度增大(但比水的密度小), 常温下为气体的烃分子中碳原子数目不多于 4			
结构上的特点	碳碳键全部是单键	含有碳碳双键	含有碳碳叁键	碳碳键具有单键与双键的双重性
主要化学性质	①取代反应: 光照时与卤素单质 ②高温时裂化	①加成: 与 X_2 、 HX 、 H_2O 、 H_2 ②氧化: 能被 $KMnO_4$ 溶液氧化 ③加聚: 均可加聚形成高分子	①取代: 与 X_2 、 HNO_3 ②加成: 与 H_2 ③氧化: 苯的同系物能被 $KMnO_4$ 溶液氧化	

官能团的性质总结

官能团	结构	性质
卤素原子	-X	水解 (NaOH 水溶液) 消去 (NaOH 醇溶液)
醇羟基	R-OH	置换 (活泼金属) 取代 (HX、分子间脱水、酯化反应) 氧化 (铜的催化氧化、燃烧) 消去
酚羟基		取代 (浓溴水)、弱酸性、加成 (H ₂) 显色 (Fe ³⁺)、缩聚 (制酚醛树脂)
醛基	-CHO	加成或还原 (H ₂) 氧化 【O ₂ 、银氨溶液、新制 Cu(OH) ₂ 】
羰基		加成或还原 (H ₂)
羧基	-COOH	酸性、酯化
酯基		水解 (稀 H ₂ SO ₄ 、NaOH 溶液)

化学性质与官能团

化学性质	官能团
与 Na 或 K 反应放出 H ₂	醇羟基、酚羟基、羧基
与 NaOH 溶液反应	酚羟基、羧基、酯基、C-X 键
与 Na ₂ CO ₃ 溶液反应	酚羟基 (不产生 CO ₂)、羧基 (产生 CO ₂)
与 NaHCO ₃ 溶液反应	羧基 (产生 CO ₂)
与 H ₂ 发生加成反应 (即能被还原)	碳碳双键、碳碳叁键、醛基、酮羰基、苯环
不易与 H ₂ 发生加成反应	羧基、酯基
能与 H ₂ O、HX、X ₂ 发生加成反应	碳碳双键、碳碳叁键
能发生银镜反应或能与新制 Cu(OH) ₂ 反应生成砖红色沉淀	醛基
使酸性 KMnO ₄ 溶液褪色或使溴水因反应而褪色	碳碳双键、碳碳叁键、醛基
能被氧化 (发生氧化反应)	醛基、醇 (酚) 羟基、碳碳双键 碳碳叁键
发生水解反应	酯基、C-X 键、酰胺键
发生加聚反应	碳碳双键
与新制 Cu(OH) ₂ 悬浊液混合产生绛蓝色生成物	多羟基
能使指示剂变色	羧基
使溴水褪色且有白色沉淀	酚羟基
遇 FeCl ₃ 溶液显紫色	酚羟基
使酸性 KMnO ₄ 溶液褪色但不能使溴水褪色	苯的同系物
使 I ₂ 变蓝	淀粉

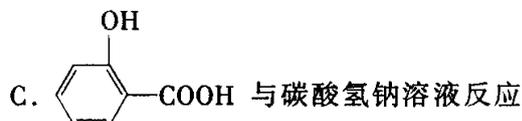
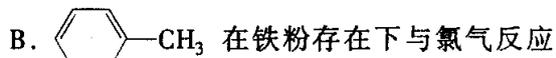
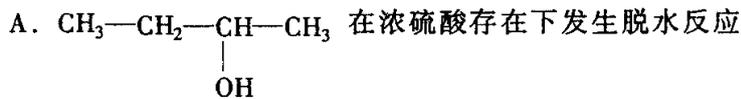
使浓硝酸变黄	蛋白质
--------	-----

3、反应现象

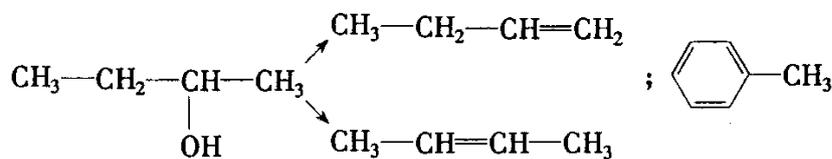
试剂	有机物	现象
与溴水反应	(1)烯烃、二烯烃(2)炔烃	溴水褪色，且产物分层
	(3)醛	溴水褪色，且产物不分层
	(4)苯酚	有白色沉淀生成
与酸性高锰酸钾反应	(1)烯烃、二烯烃(2)炔烃 (3)苯的同系物(4)醇(5)醛	高锰酸钾溶液均褪色
与金属钠反应	(1)醇	放出气体，反应缓和
	(2)苯酚	放出气体，反应速度较快
	(3)羧酸	放出气体，反应速度更快
与氢氧化钠反应	(1)卤代烃	若反应彻底则分层消失
	(2)苯酚	浑浊变澄清
	(3)羧酸	无明显现象
	(4)酯	分层消失，生成两种有机物
与碳酸氢钠反应	羧酸	放出气体且能使石灰水变浑浊
银氨溶液或新制氢氧化铜	(1)醛	有银镜或红色沉淀产生
	(2)甲酸或甲酸钠	加碱中和后有银镜或红色沉淀产生
	(3)甲酸酯	有银镜或红色沉淀生成
	(4)葡萄糖或麦芽糖	有银镜或红色沉淀生成

思维技巧点拨

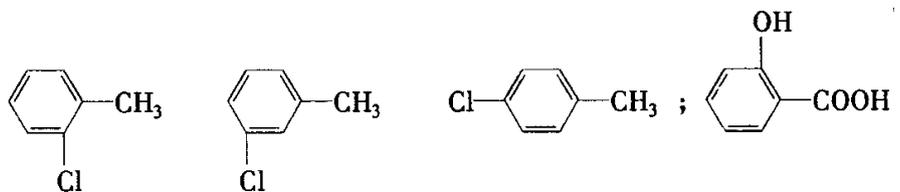
【例 1】 下列化学反应的产物，只有一种的是()



【解析】 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_3$ 在浓硫酸存在下，发生脱水反应，有两种产物：



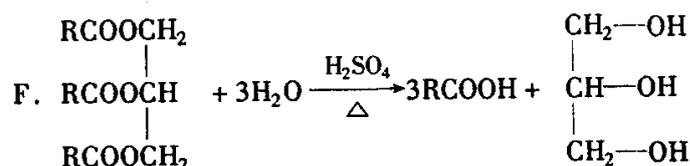
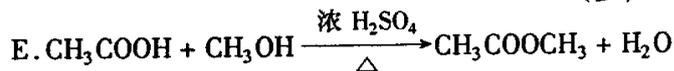
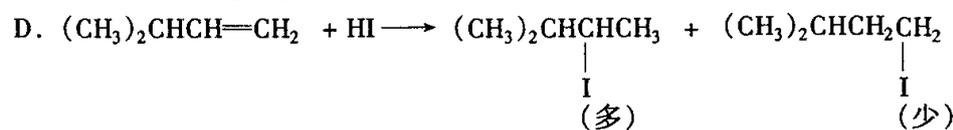
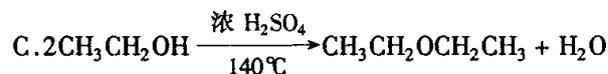
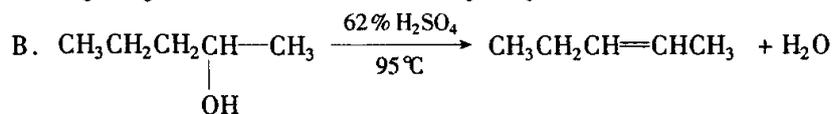
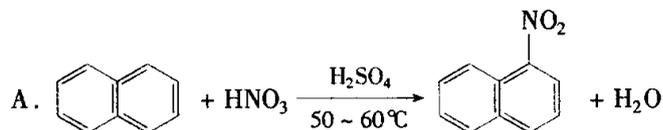
在铁粉存在下与氯气发生取代反



应，仅一元取代，产物就有三种：

中的羟基不能与 NaHCO_3 反应，而羧基能反应，所以反应后产物只有一种； $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$ 属不对称烯烃；与 HCl 加成产物有 $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{Cl}$ 和 $\text{CH}_3-\text{CHCl}-\text{CH}_3$ 两种。

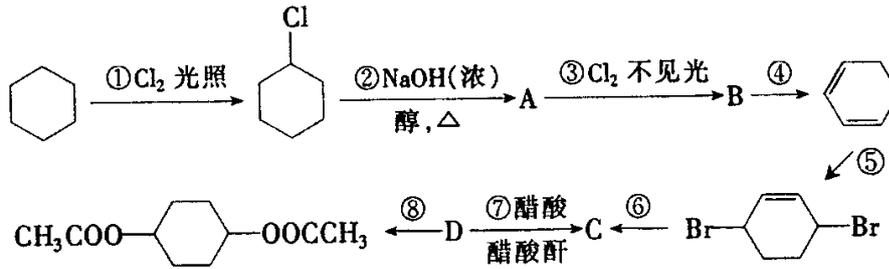
【例 2】 有机化学中取代反应范围很广。下列 6 个反应中，属于取代反应范畴的是_____。



【解析】 依据取代反应的定义及能发生取代物质类别，可知 A，C，E，F 应是取代反应；B 是消去反应，D 是加成反应。

【例 3】 从环己烷可制备 1, 4-环己二醇的二醋酸酯，下列有关的 8 步反应（其中所有无机物都已略

去):



试回答：其中有 3 步属于取代反应，2 步属于消去反应，3 步属于加成反应

(1) 反应①_____和_____属于取代反应。

(2) 化合物结构简式：B_____，C_____。

(3) 反应④所用的试剂和条件是：_____。

【解析】 在浓 NaOH、醇、 Δ 条件下发生消去反应生成 A: ，A 与 Cl_2 不见光生成 B，

可知 A 与 Cl_2 加成得 ，又因 B 又可转化成 ，故可知 B 也应在浓 NaOH，醇， Δ 条件下发生

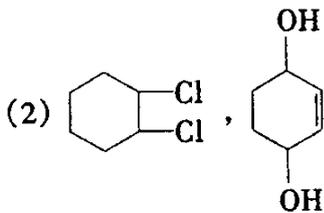
消去反应。 与 Br_2 发生 1, 4 加成生成 。又因 C 与醋酸反应，且最终得到

，故可知 C 应为醇，可由 水解得到，C 为 ，

D 为 ，D 再与 H_2 加成得产物 1, 4-环己二醇的二醋酸酯。

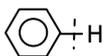
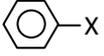
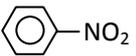
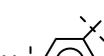
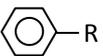
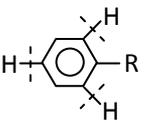
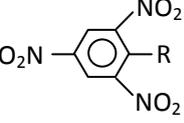
故答案应为：

(1) ⑥⑦



(3) 浓 NaOH、醇、加热

高中常见有机化合物结构与性质总结

物质类别	特征结构 (官能团)	断键位置	反应类型	试剂条件	反应产物
烷烃	$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \end{array}$	$\begin{array}{c} \\ -C-\dot{+}H \\ \end{array}$	取代	X_2 , 光照	$\begin{array}{c} \\ -C-X \\ \end{array}$
烯烃	$\begin{array}{c} >C=C< \end{array}$	$\begin{array}{c} >C\equiv C< \end{array}$	加成	X_2 的 CCl_4 溶液	$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \\ X & X \end{array}$
				HX	$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \\ H & X \end{array}$
				H_2O , 催化剂	$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \\ H & OH \end{array}$
			加成, 还原	H_2 , 催化剂	$\begin{array}{c} & \\ -C & -C- \\ & \\ H & H \end{array}$
			加聚	一定条件	$\begin{array}{c} & \\ \text{+}C & -C\text{+} \\ & \end{array}_n$
—	—	氧化	酸性 $KMnO_4$ 溶液	—	
炔烃	$-C\equiv C-$	$\begin{array}{c} -C\equiv C- \\ \text{或} \\ -C\equiv C- \end{array}$	加成	X_2 的 CCl_4 溶液	$\begin{array}{c} -C=C- \\ & \\ X & X \end{array}$ 或 $\begin{array}{c} X & X \\ & \\ -C & -C- \\ & \\ X & X \end{array}$
				HX, 催化剂, 加热	$\begin{array}{c} -C=C- \\ & \\ H & X \end{array}$ 或 $\begin{array}{c} H & X \\ & \\ -C & -C- \\ & \\ H & X \end{array}$
			加成, 还原	H_2 , 催化剂	$\begin{array}{c} -C=C- \\ & \\ H & H \end{array}$ 或 $\begin{array}{c} H & H \\ & \\ -C & -C- \\ & \\ H & H \end{array}$
			—	—	氧化
芳香烃			取代	X_2 , FeX_3	
			加成	HNO_3 , 浓 H_2SO_4 , 加热	
			取代	H_2 , Ni, 加热	
			取代	HNO_3 , 浓 H_2SO_4 , 加热	

物质类别	特征结构 (官能团)	断键位置	反应类型	试剂条件	反应产物
			氧化	酸性 KMnO ₄ 溶液	
卤代烃	-X		取代	NaOH 水溶液, 加热	
			消去	NaOH 乙醇溶液, 加热	
醇	-OH		取代、置换	Na	
			取代、酯化	羧酸, 浓 H ₂ SO ₄ , 加热	
			氧化	O ₂ , Cu, 加热	
			取代	浓 HX 溶液, 加热	
			消去	浓 H ₂ SO ₄ , 加热	
	-CH ₂ -OH H	—	氧化	酸性 KMnO ₄ 溶液 (或酸性 K ₂ Cr ₂ O ₇ 溶液)	-COOH
酚			取代	溴水	
			取代、置换 中和	Na NaOH 溶液	
		—	氧化	空气	—
醛			氧化	O ₂ , 催化剂, 加热 (或银氨溶液, 或新制 Cu(OH) ₂ 浊液)	
			加成、还原	H ₂ , 催化剂, 加热	
羧酸			取代、置换	Na	
			中和	NaOH 溶液	

物质类别	特征结构 (官能团)	断键位置	反应类型	试剂条件	反应产物
	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	取代、酯化	醇, 浓 H_2SO_4 , 加热	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$
酯	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{R} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{O}-\text{R} \\ \\ \text{O}-\text{R} \end{array}$	取代、水解	稀 H_2SO_4 , 加热 (或 NaOH 溶液, 加热)	$\left\{ \begin{array}{l} \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C}-\text{OH} \\ \text{HO}-\text{R} \end{array} \end{array} \right.$

有机物官能团与性质

[知识归纳]

有 机 物		官 能 团	代 表 物	主 要 化 学 性 质
烃	烷烃	C-C	甲烷	取代(氯气、光照)、裂化
	烯烃	C=C	乙烯	加成、氧化(使 KMnO_4 褪色)、加聚
	炔烃	C≡C	乙炔	加成、氧化(使 KMnO_4 褪色)、加聚
	苯及其同系物	 -R	苯 甲苯	取代(液溴、铁)、硝化、加成 氧化(使 KMnO_4 褪色, 除苯外)
烃的衍生物	卤代烃	-X	溴乙烷	水解($\text{NaOH}/\text{H}_2\text{O}$)、消去($\text{NaOH}/\text{醇}$)
	醇	-OH	乙醇	置换、催化氧化、消去、脱水、酯化
	酚	 -OH	苯酚	弱酸性、取代(浓溴水)、显色、 氧化(露置空气中变粉红色)
	醛	-CHO	乙醛	还原、催化氧化、银镜反应、斐林反应
	羧酸	-COOH	乙酸	弱酸性、酯化
	酯	-COO-	乙酸乙酯	水解
重要的营养物质	葡萄糖	-OH、-CHO	/	具有醇和醛的性质
	蔗糖	前者无-CHO	/	无还原性、水解(产物两种)
	麦芽糖	前者有-CHO	/	有还原性、水解(产物单一)
	淀粉 纤维素	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$ 后者有-OH	/	水解 水解
	油脂	-COO-	/	氢化、皂化
氨基酸 蛋白质	NH_2 -、-COOH -CONH-	/	两性、酯化 水解	

其中:

- 1、能使 KMnO_4 褪色的有机物: 烯烃、炔烃、苯的同系物、醇、酚、醛、葡萄糖、麦芽糖、油脂
- 2、能使 Br_2 水褪色的有机物: 烯烃、炔烃、酚、醛、葡萄糖、麦芽糖、油脂
- 3、能与 Na 反应产生 H_2 的有机物: 醇、酚、羧酸、氨基酸、葡萄糖
- 4、具有酸性(能与 NaOH 、 Na_2CO_3 反应)的有机物: 酚、羧酸、氨基酸

5、能发生银镜反应或与新制 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 反应的有机物:

醛、甲酸、甲酸盐、甲酸酯、葡萄糖、麦芽糖

6、既有氧化性,又有还原性的有机物: 醛、烯烃、炔烃

7、能发生颜色(显色)反应的有机物:

苯酚遇 FeCl_3 显紫色、淀粉遇 I_2 变蓝、蛋白质遇浓硝酸变黄、葡萄糖遇 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 显绛蓝

[有机物间的相互转化关系]

图 1:

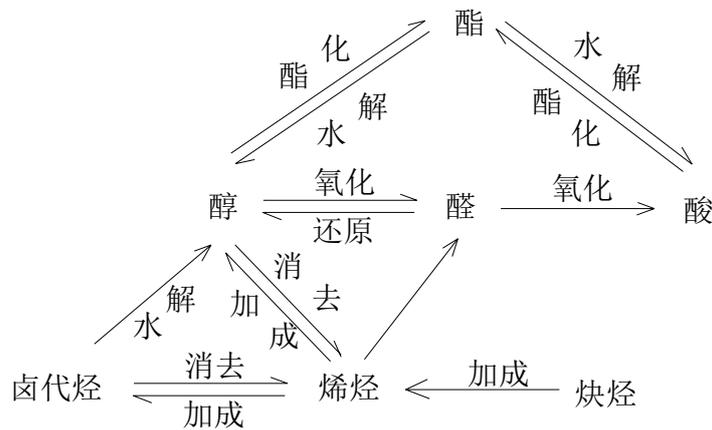
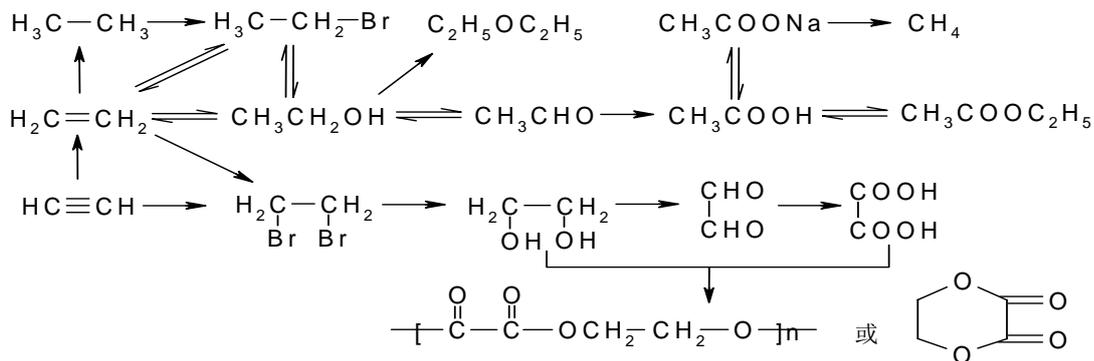


图 2:



[有机合成的常规方法]

1. 引入官能团:

- ①引入-X 的方法: 烯、炔的加成, 烷、苯及其同系物的取代
- ②引入-OH 的方法: 烯加水, 醛、酮加氢, 醛的氧化、酯的水解、卤代烃的水解、糖分解为乙醇和 CO_2
- ③引入 C=C 的方法: 醇、卤代烃的消去, 炔的不完全加成, *醇氧化引入 C=O

2. 消除官能团

- ①消除双键方法: 加成反应
- ②消除羟基方法: 消去、氧化、酯化
- ③消除醛基方法: 还原和氧化

3. 有机反应类型

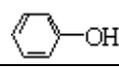
常见的有机反应类型有取代(包括酯化、水解)、加成、加聚、消去、氧化、还原等。能够发生各种反应类型的常见物质如下:

- (1)取代反应 {
- ①烷烃、芳香烃与 X_2 的反应
 - ②羧酸与醇的酯化反应
 - ③酯的水解反应

- (2) 加成反应 {
- ① 不饱和烃与 H_2 、 X_2 、 HX 的反应
 - ② 醛与 H_2 的反应
- (3) 加聚反应: 烯烃、炔烃在一定条件下的聚合反应。
- (4) 消去反应: 某些醇在浓 H_2SO_4 作用下分子内脱水生成烯烃的反应。
- (5) 还原反应: 含 $\begin{array}{c} \diagup \\ C=C \\ \diagdown \end{array}$ 、 $-C\equiv C-$ 、 $\begin{array}{c} O \\ || \\ -C-H \end{array}$ 有机物与 H_2 的加成反应。
- (6) 氧化反应 {
- ① 任何有机物的燃烧
 - ② $KMnO_4$ 与烯烃的反应
 - ③ 醇、醛的催化氧化

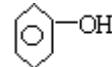
一. 考点梳理

1. 各类烃的衍生物的结构与性质

类别	饱和一元物的通式	官能团	代表物	主要化学性质
醇	$C_nH_{2n+2}O$ ($n \geq 1$)	$-OH$	乙醇 CH_3CH_2OH	与 Na 反应生成 H_2 、催化氧化生成醛、分子内脱水发生消去反应生成烯、与羧酸发生酯化反应。
酚		$-OH$	苯酚 	具有弱酸性, 与 $NaOH$ 溶液发生中和反应。
醛	$C_nH_{2n}O$ ($n \geq 1$)	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-H \end{array}$	乙醛 $CH_3-\begin{array}{c} O \\ \\ C-H \end{array}$	与 H_2 发生加成反应生成醇, 可被 O_2 、银氨溶液、新制 $Cu(OH)_2$ 悬浊液氧化成羧酸。
羧酸	$C_nH_{2n}O_2$ ($n \geq 1$)	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-OH \end{array}$	乙酸 $CH_3-\begin{array}{c} O \\ \\ C-OH \end{array}$	具有酸的通性、能与醇发生酯化反应。
酯	$C_nH_{2n}O_2$ ($n \geq 2$)	$\begin{array}{c} O \\ \\ -C-O- \end{array}$	乙酸乙酯 $CH_3-\begin{array}{c} O \\ \\ C-OC_2H_5 \end{array}$	酸性条件下不彻底水解, 生成羧酸和醇。碱性条件下彻底水解, 生成羧酸盐和醇。

二. 方法归纳

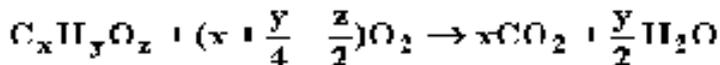
有机物中羟基 ($-OH$) 上的氢电离难易程度: 羧酸 > 酚 > 醇

	Na	$NaOH$	Na_2CO_3	$NaHCO_3$
醇 C_2H_5OH	生成 H_2	不反应	不反应	不反应
酚 	生成 H_2	中和反应	反应, 不生成 CO_2	不反应
羧酸 CH_3COOH	生成 H_2	中和反应	反应生成 CO_2	反应生成 CO_2

有机化学中几个小规律总结

一、烃类物燃烧规律

1、烃或烃的衍生物的燃烧通式：

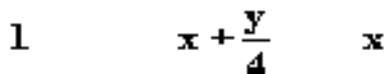
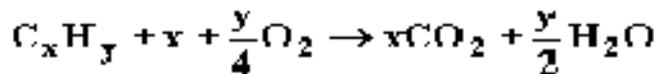


2、有机物完全燃烧时，C、H 的耗氧关系为 $C \sim O_2 \sim CO_2$ ， $4H \sim O_2 \sim 2H_2O$

3、燃烧反应的有关问题，可抓住以下规律

(1) 同温同压下烃完全燃烧前后气体体积变化规律

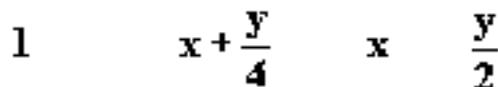
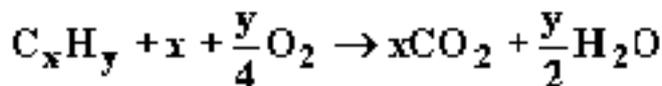
a、若燃烧后生成液态水： 根据：



$$V_{前} - V_{后} = 1 + \frac{y}{4} > 0$$

可得：规律之一，燃烧前后气体体积一定减小，且减小值只与烃分子中的氢原子数有关，与碳原子数无关。

b、若燃烧后生成气态水：



$$\Delta V = V_{后} - V_{前} = \frac{y}{4} - 1$$

$$y \begin{cases} = 4 & \Delta V = 0 & \text{总体积不变} \\ < 4 & \Delta V < 0 & \text{总体积减小} \\ > 4 & \Delta V > 0 & \text{总体积增大} \end{cases}$$

则烃分子中氢原子数得：规律之二，燃烧后生成气态水时，总体积只与氢原子数有关，可能增大，不变或减小。

(2) 耗氧量规律



质量 12g 32g 44g 4g 32g 36g

物质的量 1mol 1mol 1mol 4mol 1mol 2mol

可得：

规律一，等物质的量的各有机物烃类物质 (C_xH_y) 完全燃烧时，耗氧量与的值与 $(X+Y/4)$ 成正比；相同质量的有机物中，烷烃中 CH_4 耗氧量最大；炔烃中，以 C_2H_2 耗氧量最少；苯及其同系物中以 C_6H_6 的耗氧量最少；具有相同最简式的不同有机物完全燃烧时，耗氧量相等。

规律二，等物质的量的各种有机物（只含 C、H、O）完全燃烧时，分子式中相差若干个“ CO_2 ”部分或“ H_2O ”部分，其耗氧量相等。

规律三，烃或烃的含氧衍生物

C_xH_y 或 $C_xH_yO_z$	耗氧量相等	生成 CO_2 量相等	生成 H_2O 量相等
等质量	最简式相同	含碳量相同	含氢量相同
等物质的量	等效分子式	碳原子数相同	氢原子数相同

注释：“等效分子式”是指等物质的量的两种有机物耗氧量相同，如：

C_xH_y 与 $C_xH_y(CO_2)_m(H_2O)_n$ 或 $C_xH_y(CO_2)_a(H_2O)_b$

推论：①最简式相同的两种有机物，总质量一定，完全燃烧，耗氧量一定，生成的 CO_2 量一定，生成的水的量也一定；

②含碳量相同的两种有机物，总质量一定，则生成的 CO_2 的量也一定；

③含氢量相同的两种有机物，总质量一定，则生成的水的量也一定；

④两种分子式等效的有机物，总物质的量一定，完全燃烧，耗氧量一定；

⑤两种有机物碳原子数相同，则总物质的量一定，生成的 CO_2 的量也一定；

⑥两种有机物氢原子数相同，则总物质的量一定，生成的水的量也一定

练习：1、有 CH_4 、 C_2H_6 、 C_2H_4 、 C_3H_8 、五种气态烃

(1)若取相同质量的上述各烃完全燃烧，消耗氧气最多的是_____生成 CO_2 体积(相同状况)最大的是_____；

(2)若取相同体积的上述各烃完全燃烧，消耗 O_2 最多的是_____

生成 H_2O 最少的是_____

解析：根据以上规律得答案为(1) CH_4 C_2H_4 (2) C_3H_8 C_2H_2

2、物质的量相等的下列烃，在相同条件下完全燃烧，耗氧量最多的是

A. C_2H_6 B. C_3H_6 C. C_4H_6 D. C_7H_8

解析：根据以上规律得答案为 D

3、由两种有机物组成的混合物，在一定的温度和压强下完全汽化为气体。在相同的温度和压强下，只要混合气体体积一定，那么无论混合物以何种比例混合，它在完全燃烧时所消耗的氧气体积也是一定的。符合这种情况的可能是（ ）

(A) 乙醇 (C_2H_6O) 和乙酸 ($C_2H_4O_2$)

(B) 乙醛 (C_2H_4O) 和甲醇 (CH_4O)

(C) 丙醛 (C_3H_6O) 和甘油 ($C_3H_8O_3$)

(D) 丙酮 (C_3H_6O) 和丙二醇 ($C_3H_8O_2$)

解析：根据上面的规律三中具有“等效分子式”两种有机物耗氧量相同，如： C_xH_y 与 $C_xH_y(CO_2)_m(H_2O)_n$ 或 $C_xH_y(CO_2)_a(H_2O)_b$ 很容易的到答案为 D

二、烃类熔沸点、密度规律

(1) 分子结构相似(同系列中的同系物)随分子量的增大(或 C 原子数增多); 分子间作用力增大, 熔沸点增高。

(2) 分子式相同的烃, 支链越多, 熔沸点越低(如戊烷的 3 种同分异构体的沸点: 正戊烷>异戊烷>新戊烷) C 原子 5 个以上的烷烃唯独新戊烷为气态。

(3) 在每一烃的系列中, C 原子多的密度大; 在同分异构体中, 支链少的密度大。

练习 ①丁烷②2-甲基丙烷③戊烷 ④2-甲基丁烷⑤2,2-二甲基丙烷等物质的沸点由高到低排列顺序正确的是()

(A) ①>②>③>④>⑤ (B) ⑤>④>③>②>①

(C) ③>④>⑤>①>② (D) ②>①>⑤>④>③

解析：这些烷烃在固态时都是分子晶体，组成结构相似，则相对分子质量越大，分子间作用力越大，沸点越高；当相对分子质量相同(即同分异构体)，支链越多，由于空间阻碍作用，分子间距离越大，分子间作用力越小，沸点就越低。其中③、④、⑤为 5 个碳原子的烷烃，①、②为 4 个碳原子的烷烃，则不难判断为 C 答案(C)

三、一卤代烃同分异构体种类的规律

(1) 一个特定结构的烃分子中有多少中结构不同的氢原子，一般来说，其一卤代烃就有多少种同分异构体。

等效氢法：正确而迅速地判断出某有机物的一元取代物同分异构体数目，关键在于找出分子中有多少种“等效氢原子”“等效氢原子”可按下述原则进行判断。

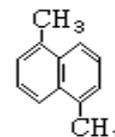
- a 同一碳原子上的氢原子是等效的
- b 同一碳原子所连甲基上的氢是等效的（如新戊烷分子中的 12 个氢原子是等效的）
- c 处于镜面对称位置上的氢原子是等效的（相当于平面镜成像时，物与像的关系）。

(2) 烃的分子结构越不对称（指支链的排列），则其一卤代物的种类（同分异构体）就越多，如果烃的分子结构很对称，则一卤代物种数最少。如分子式为 C_5H_{12} 的烃，一氯代物最多的为异戊烷一氯代物有四种，一氯代物最少的为 新戊烷 一氯代物只有一种

- (3) 多卤代物符合互补规律：若某有机物分子中总共含 a 个氢原子，
则 m 元取代物和 n 元取代物的种类当 $m+n=a$ 时相等。

练习：1 进行一氯取代反应后，只能生成 3 种沸点不同的产物的烷烃是（ ）

- (A) $(CH_3)_2CHCH_2CH_3$ (B) $(CH_3CH_2)_2CHCH_3$
(C) $(CH_3)_2CHCH(CH_3)_2$ (D) $(CH_3)_3CCH_2CH_3$



解析：只需应用上述规律判断四种烷烃中有三种氢的即可。所以答案为 A

2. 已知分子式为 $C_{12}H_{12}$ 的物质 A 的结构简式为 苯环上二溴代物的异构体数目为九种，由此推断 A 苯环上四溴代物异构体数目为

- (A) 9 种 (B) 10 种 (C) 11 种 (D) 12 种

解析：根据互补规律，苯环上共有 6 个氢，苯环上四溴代物和二溴代物的种数必相等，所以答案为 A

3. 二氯丙烷 ($C_3H_6Cl_2$) 有四种同分异构体，试推测六氯丙烷 ($C_3H_2Cl_6$) 的同分异构体数目为（ ）

- (A) 2 种 (B) 3 种 (C) 4 种 (D) 6 种

解析：根据互补规律，丙烷共有 8 个氢，丙烷二氯代物和丙烷六氯代物的种数必相等，所以答案为 C

2011 年

23. (21 分)

(1) 化合物 A 和 B 的分子量均不超过 70。1molA 完全燃烧需要 2mol 氧气，只生成等摩尔的二氧化碳和水。1molB 完全燃烧需要 1mol 氧气，只生成等摩尔的二氧化碳和水。

则 A 的分子式是_____，B 的结构简式是_____。

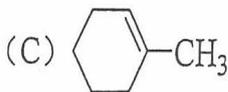
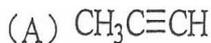
(2) A 是单官能团化合物，与碳酸氢钠溶液加热放出无色气体，该气体能使澄清石灰水变浑浊，则 A 与碳酸氢钠溶液反应的化学方程式是_____。

(3) C 是 A 的一个同分异构体，分子中有两种官能团，能发生银镜反应。C 与氢氧化钠共热后，得到两个含氧化合物 D 和 E。D 与酒精有类似的气味，该化合物是无色透明的液体，有毒，饮后会使人眼睛失明。则 C 生成 D 和 E 的化学方程式是_____，反应类型是_____。D 和 E 的化学名称分别是_____、_____。

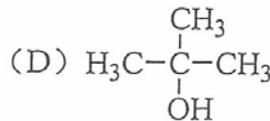
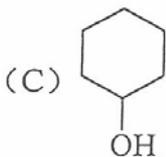
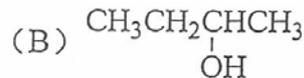
(4) 链型化合物 F 是 A 的另一个同分异构体，分子中有两种含氧官能团，则 F 的可能结构简式是_____，化学名称是_____。

2010 年

10. 下列各式中，不符合 C_nH_{2n-2} 通式的是 ()



11. 下列醇在浓硫酸的催化作用下失水，产物中存在同分异构体的是 ()



23. (18 分) (1) 某有机物 A 的分子量小于 100；A 分子中，碳原子数 < 氧原子数 < 氢原子数；A 在足量的氧气中充分燃烧生成等摩尔的二氧化碳和水，则 A 的分子式是_____。

(2) A 与乙醇发生酯化反应生成 B，A 与乙酸发生酯化反应生成 C，则 A 中一定含有的含氧官能团是_____。B 的结构简式是_____，C 的结构简式是_____。

(3) A 在浓硫酸催化作用下加热反应，可生成六元环状化合物 D ($C_4H_4O_4$)，D 分子中

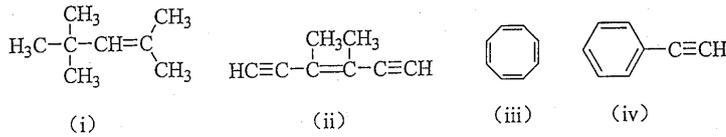
只含有一种官能团，该反应的化学方程式是

_____。

(4) 写出三个与 B 具有相同官能团的 B 的同分异构体: _____

2009 年

10、下列四种物质中



互为同分异构体的是

- (A) (i) (ii) (B) (ii) (iii)
 (C) (iii) (iv) (D) (i) (iv)

11、下列反应中，属于加成反应的是

- (A) 将小粒金属钠加入无水乙醇中，有气体放出
 (B) 将乙炔通入酸性高锰酸钾溶液中，溶液褪色
 (C) 将乙烯通入溴的四氯化碳溶液中，溶液褪色
 (D) 将甲烷与氯气的混合气体放在明亮的地方，氯气的黄绿色逐渐消退

23、(18 分) 由 A、B、C 三种化合物组成的混合气体只含有碳、氢两种元素。已知在室温下 A 是无色无味的气体，在标准状况下，A 的密度为 0.717g/l；B 是平面分子，分子量小于 30，能使溴的四氯化碳溶液褪色；C 是线形分子，在实验室可用电石和水反应制得。

请填空：

- (1) A 的分子式是_____，电子式是_____，其空间构型是_____；
 (2) B 和盐酸反应的化学方程式_____；
 (3) 实验室制备 C 的化学方程式_____；
 (4) 已知 A、B、C 在混合气体中的质量百分组成是 A 22.9%，B 40% C 37.1%，试问 7.0g 该混合气体在空气中充分燃烧时能放出多少克 CO₂ 和生成多少摩尔 H₂O？

2008 年

8. 一氯取代物没有同分异构体的烷烃是

- (A) 2-甲基丙烷 (B) 2,2-二甲基丙烷 (C) 2-甲基丁烷 (D) 2,3-二甲基丁烷

13. 下列各组中，两个化合物互为同分异构体的是

- (A) 丙烷和丁烷 (B) 金刚石和金刚砂
(C) 水和重水 (D) 环己烷和 3-己烯

23. (21分)A、B、C互为同分异构体，它们的分子量均为58，分子中碳、氢的含量为：碳 62.07%、氢 10.34%，其余为氧。

(1) 它们的分子式是_____；

(2) A能发生银镜反应，该反应的化学方程式是 _____；

A也能与新制的氢氧化铜反应，该反应的化学方程式是

_____；

(3) B是只有一种官能团的链状分子。B不能与 Br_2 发生加成反应，也不能发生银镜反应，则B的结构简式是_____；

(4) C的分子中有两种官能团，且没有甲基，它与金属钠反应会放出一种气体D，与HBr既可以发生加成反应，也可以发生取代反应。则C的结构简式是 _____，

C与金属钠反应的化学方程式是_____，欲得到22.4升（标准状况）D需消耗C_____克；

(5) C在氧气中充分燃烧时，1mol C 能生成_____mol H_2O 和_____mol CO_2 。

2007年

17. 下列叙述正确的是

- (A) 甲醛的水溶液具有杀菌、防腐性能，因而甲醛不属有害气体
(B) 苯分子中不存在一般的碳碳双键，因而在化学性质上与烯烃有很大差别
(C) 环烷烃的通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$
(D) 相同碳原子数的烷烃，支链愈多、沸点愈高

18. 下列烷烃进行一氯取代反应后只能生成三种沸点不同产物的是

- (A) $(\text{CH}_3)_3\text{CCH}_2\text{CH}_3$ (B) $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_2\text{CHCH}_3$
(C) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}(\text{CH}_3)_2$ (D) $(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

22. (21分)含2个碳原子的有机物(可以含氧，但不含其它杂原子)有多种，用它们的结构简式完成下列填空：

(1)有机物A经氧化后可得到B，A和B在浓硫酸存在下加热得到分子式为 $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ 的酯，产物的结构简式是 _____，A和B分别是_____和_____。

(2)有机物C和HCl加成得到的产物可以发生聚合反应，写出上述两步反应的化学反应方程式：_____

(3)完全燃烧等物质的量的含2个碳原子的有机物时，耗氧量最多的是_____，最少的是_____

(4)1mol有机物燃烧时，消耗2.5mol O_2 的有_____（只需列出三种有机物）

2006 年

1. 生活中离不开各种各样的燃料。下列叙述错误的是

- (A) 天然气的主要成分是甲烷
 (B) 车用燃料汽油以C₇—C₁₁的烷烃为主
 (C) 气体打火机中的燃料丁烷在常温常压下是气体
 (D) 燃料不完全燃烧时产生的有毒气体是二氧化碳

17. 下列化合物中，与另外三种化合物都不属于同分异构体的是

- (A) 丁醇 (B) 乙醚
 (C) 异丁醇 (D) 丁醛

23. (18分) A、B两种有机物都是由碳、氢、氧三种元素组成的烃的衍生物，它们的实验式相同，分子量分别是44和88。已知：①A能发生银镜反应而B不能；②A氧化后得到C，而B在无机酸催化下水解也得到C。同时还生成D；③D与浓硫酸在170℃反应得到一种气体，该气体可使溴的四氯化碳溶液褪色。

(1)写出化合物A、B、C、D的结构简式：

A _____ B _____
 C _____ D _____

(2)写出A发生银镜反应的化学方程式：_____

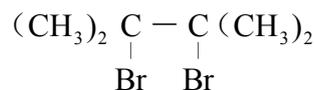
(3)写出D与浓硫酸在170℃反应的化学方程式：

2005 年

17. 下列物质既能发生银镜反应又能发生加成反应的是

- (A) CH₂=CHCH₂CH₂OH (B) CH₃COOCH₂CH₃
 (C) $\begin{matrix} O \\ || \\ CH_3CH_2CCH_3 \end{matrix}$ (D) CH₃CH₂CH₂CHO

23. 化合物A与溴的四氯化碳溶液反应生成化合物B，B的结构简式如下：



(1)A的结构简式是_____，

A的名称是_____，

在主链含有四个碳原子的链烃中A的同分异构体有_____种，相应的结构简

式是

(2) A生成B的反应类型是_____，

该反应过程中可观察到的实验现象是_____

(3) 已知B在氢氧化钠的醇溶液中加热可生成C，C的化学式为C₆H₁₀，则B生成C的化学方程式是_____

2004年

10. 下列分子中存在π键的是

(A) 乙烷 (B) 乙烯 (C) 氯气 (D) 甲烷

23. (13分)

化合物A的结构简式是
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_2\text{Br} \end{array}$$

(1) A的名称是_____。

(2) 写出A的所有同分异构体的结构简式：_____

(3) 已知A有如下反应：
$$A \xrightarrow[\Delta]{\text{NaOH醇溶液}} B \xrightarrow{\text{Br}_2\text{的CCl}_4\text{溶液}} C \xrightarrow{\text{NaOH水溶液}} D$$

写出B、C、D的结构简式： B _____， C _____， D _____

2003年

22. (6分) 丙醛是乙醛的同系物，它可以被新鲜制备的Cu(OH)₂氧化得到化合物A，也可以在催化剂存在下跟氢气反应得到化合物B。A和B等摩尔反应可以得到化合物C，C没有酸性也没有碱性，其分子量是丙醛的2倍。

写出A、B、C的结构简式。

A：_____ B：_____ C：_____

23. (10分) 填写下列空白：

(1) 结构简式是
$$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CHClCH}_3 \end{array}$$
 的化合物，它的系统名称是_____。

(2) 丁苯橡胶的两种单体的名称是_____和_____。

(3) 蔗糖是由两种单糖各一分子组成的二糖，这两种单糖的名称是_____和_____。

2002 年

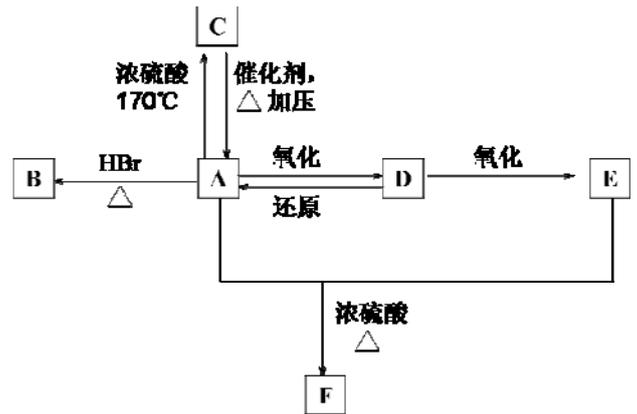
23. (6 分)

(1) 根据系统命名法写出 $CH_3-CH_2-\underset{\substack{| \\ C_2H_5}}{CH}-CH_3$ 的名称_____。

(2) 2, 3—二甲基丁烷的结构简式为_____。

(3) 上述两个有机物互为_____。

24. (10 分) 右图每一方框中的字母代表一种有机化合物。其中 A 由碳、氢、氧三种元素组成；D 的分子量是 44，它可发生银镜反应。



(1) 写出 D 的结构简式_____。

(2) 写出 $A \rightarrow B$ 反应的化学方程式_____。

(3) 写出 $A \rightarrow C$ 反应的化学方程式_____。

(4) 写出 $A + E \rightarrow F$ 反应的化学方程式_____。该反应的反应类型是_____。

2001 年

13. 下列四个实验室制备中不需要浓硫酸的是_____

- (A) 乙酸酯化制乙酸乙酯 (B) 由苯溴化制溴苯
(C) 乙醇脱水成乙醚 (D) 由苯硝化制硝基苯

19. (8 分) 聚乙烯的结构简式是_____

聚丁二烯的结构简式是_____

聚乙炔的结构简式是_____

这三种结构式中可能有大 π 键的是_____ (填汉字)

20. (7 分) 已知乙醇可以跟金属钠反应，放出氢气，而乙醚则不能。乙醇还可以被催化氧化成乙醛，再进一步被氧化成乙酸。今有乙醚的 2 个同分异构体 A 和 B。

A 不能跟金属钠反应，A 的结构式是_____

B 可以跟金属钠反应，B 还可以被催化氧化，得到一个产物即化合物 C，C 的分子中氧元

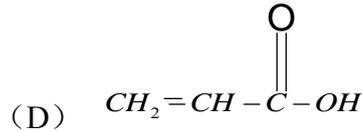
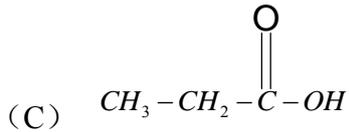
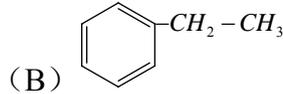
素的质量分数是 22.22%，C 不易被继续氧化成羧酸。则 B 是_____，C 是_____。

2000 年

10. 禁止用工业酒精兑制饮用酒，这是因为工业酒精中往往含有超标的、会使人中毒的

- (A) 甲醇 (B) 乙酸 (C) 乙酸乙酯 (D) 丙三醇

15. 下列物质中，能使酸性高锰酸钾溶液退色，又能与碳酸钠反应放出气体的是



16. 下列物质中，既能发生酯化反应，又能发生加成反应的是



21. (4 分) 某烯烃与氢气发生加成反应，生成 2, 2—二甲基丁烷，该烯烃的结构简式为_____。