

第2课时 炔烃

[核心素养发展目标] 1.从化学键的饱和性等微观角度理解炔烃的结构特点,能辨析物质类别与反应类型之间的关系。2.能根据已知气体制备原理学习乙炔的实验室制法,并能通过实验探究掌握乙炔的主要化学性质。

一、炔烃

1. 炔烃

炔烃的官能团是碳碳三键,只含有一个官能团时通式为 $C_nH_{2n-2}(n \geq 2)$ 。炔烃的物理性质的递变规律与烷烃和烯烃的相似,沸点随分子中碳原子数的递增而逐渐升高,常温下,碳原子数不大于4的炔烃为气态。

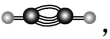
2. 乙炔的物理性质

乙炔(俗称电石气)是最简单的炔烃。乙炔是无色、无臭的气体,微溶于水,易溶于有机溶剂。

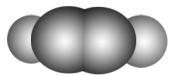
3. 乙炔的结构

(1)乙炔的表示方法

分子式: C_2H_2 , 电子式: $H:C:::C:H$, 结构式: $H-C \equiv C-H$, 结构简式: $CH \equiv CH$,

键线式: \equiv , 球棍模型: 

空间填充模型:



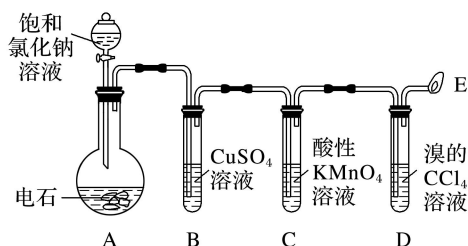
(2)乙炔的结构特点

乙炔分子为直线形结构,相邻两个键之间的夹角为 180° 。碳原子采取 sp 杂化, C、H 之间均以单键(σ 键)相连接, C、C 之间以三键(1个 σ 键和2个 π 键)相连接。

4. 乙炔的化学性质

(1)实验探究

实验室常用如图所示装置(夹持装置已略去)制取乙炔,并验证乙炔的性质。回答下列问题:



	实验现象	结论或化学方程式
A	反应剧烈，产生大量气泡	$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CH}\equiv\text{CH}\uparrow$
B	有黑色沉淀生成	乙炔中的杂质气体 H_2S 被除去
C	溶液紫红色褪去	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ 可以被酸性 KMnO_4 溶液氧化
D	溶液橙红色褪去	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ 与 Br_2 发生加成反应
E	火焰明亮且有黑烟	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ 可燃且含碳量高

注意事项:

- 用饱和氯化钠溶液代替水的作用是减缓电石与水反应的速率。
- 乙炔点燃之前要检验其纯度，防止爆炸。

(2)化学性质

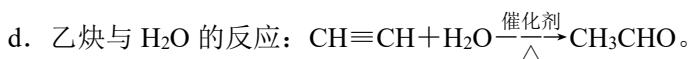
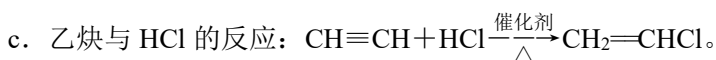
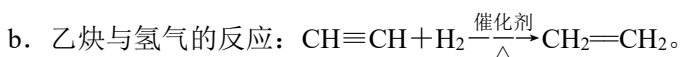
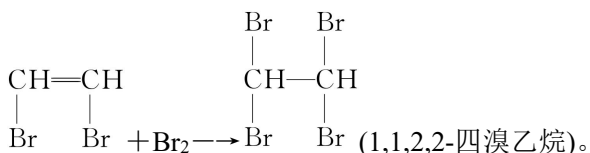
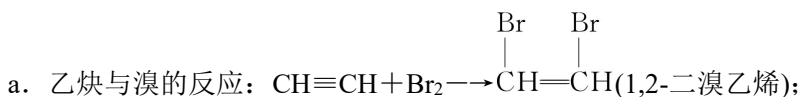
①氧化反应



乙炔在氧气中燃烧时放出大量的热，氧炔焰的温度可达 3 000 °C 以上，可用于焊接或切割金属。

- b. 可使酸性 KMnO_4 溶液褪色。

②加成反应



③加聚反应



【正误判断】

- 由乙炔的结构可推测所有的炔烃均为直线形结构()
- 乙炔的结构简式是 CHCH ()
- 实验室制乙炔时可用向上排空气法收集乙炔()
- 实验室制乙炔时，可用饱和氯化钠溶液代替水来减缓反应速率()

(5) 乙烯、乙炔常温下可以与 H_2 、 HCl 发生加成反应()

答案 (1)× (2)× (3)× (4)√ (5)×

【应用体验】

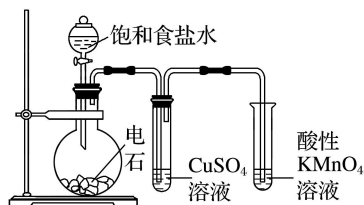
1. 下列关于炔烃的描述正确的是()

- A. 分子里含有碳碳三键的饱和脂肪烃属于炔烃
- B. 炔烃分子中的所有碳原子均采取 sp 杂化
- C. 炔烃易发生加成反应, 难发生取代反应
- D. 炔烃可以使溴的四氯化碳溶液褪色, 不能使酸性高锰酸钾溶液褪色

答案 C

解析 A 项, 炔烃为不饱和烃; D 项, 炔烃也能使酸性高锰酸钾溶液褪色。

2. (2020·河北衡水高二月考) 如图为实验室制取乙炔并验证其性质的装置图。下列说法不合理的是()



- A. 将生成的气体直接通入溴水中, 溴水褪色, 说明有乙炔生成
- B. 酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色, 说明乙炔具有还原性
- C. 逐滴加入饱和食盐水可控制生成乙炔的速率
- D. 将纯净的乙炔点燃, 有浓烈的黑烟, 说明乙炔的不饱和程度高

答案 A

解析 生成的气体中含乙炔、硫化氢, 均与溴水反应, 溴水褪色不能说明有乙炔生成, 故 A 错误; 乙炔能被酸性高锰酸钾溶液氧化, 则酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色, 说明乙炔具有还原性, 故 B 正确; 逐滴加入饱和食盐水可控制生成乙炔的速率, 故 C 正确; 乙炔含碳量高, 将纯净的乙炔点燃, 有浓烈的黑烟, 即乙炔的不饱和程度高, 故 D 正确。

3. 回答下列问题。

(1) 请写出戊炔所有属于炔烃的同分异构体的结构简式并命名: _____。

(2) 某炔烃通过催化加氢反应得到 2-甲基戊烷, 由此推断该炔烃可能的结构简式为 _____。

答案 (1) $CH\equiv C-CH_2-CH_2-CH_3$ 1-戊炔、

$CH_3C\equiv CCH_2CH_3$ 2-戊炔、

$CH\equiv C-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_3$
3-甲基-1-丁炔

(2) $CH_3\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}C\equiv CCH_3$ 、 $CH_3\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}CH_2C\equiv CH$

■ 归纳总结 ■

炔烃的结构和性质与乙炔的相似，都含有碳碳三键官能团，能发生加成反应、氧化反应和加聚反应。

二、链状烷烃、烯烃、炔烃的结构和化学性质的比较

		链状烷烃	烯烃	炔烃	
通式		$C_nH_{2n+2}(n \geq 1)$	$C_nH_{2n}(n \geq 2)$	$C_nH_{2n-2}(n \geq 2)$	
代表物		CH_4	$CH_2=CH_2$	$CH \equiv CH$	
结构特点		全部为单键；饱和链烃	含碳碳双键；不饱和链烃	含碳碳三键；不饱和链烃	
化学性质	取代反应	光照卤代	—	—	
	加成反应	—	能与 H_2 、 X_2 、 HX 、 H_2O 、 HCN 等发生加成反应		
	氧化反应	燃烧火焰较明亮	燃烧火焰明亮，伴有黑烟	燃烧火焰很明亮，伴有浓烈的黑烟	
		不与酸性 $KMnO_4$ 溶液反应	能使酸性 $KMnO_4$ 溶液褪色		
	加聚反应	—	能发生		
鉴别		溴水和酸性 $KMnO_4$ 溶液均不褪色	溴水和酸性 $KMnO_4$ 溶液均褪色		

【深度思考】

1. 对乙烷、乙烯和乙炔三种有机物：

- (1) 能使酸性高锰酸钾溶液褪色的有哪些？
- (2) 能和溴水发生加成反应的有哪些？
- (3) 相同质量的三者完全燃烧耗氧量最大的有哪些？
- (4) 能和氯化氢反应制取聚氯乙烯原料的有哪些？

提示 (1) 乙烯和乙炔。(2) 乙炔、乙烯。(3) 乙烷。(4) 乙炔。

2. 能否用酸性 $KMnO_4$ 溶液除去甲烷中的乙烯(或乙炔)气体？如果不能，可以用什么试剂？

提示 不能，甲烷不与酸性 $KMnO_4$ 溶液反应，乙烯或乙炔气体都能被酸性 $KMnO_4$ 溶液氧化，但生成 CO_2 气体，除去了旧的杂质，又引进了新的杂质，不可取。可以用溴水。

「应用体验」

1. 下列关于乙烯和乙烷的说法中, 不正确的是()
- A. 乙烯属于不饱和链烃, 乙烷属于饱和链烃
 - B. 乙烯分子中所有原子位于同一平面, 乙烷分子则为立体结构, 所有原子不能同时在同一平面上
 - C. 乙烯分子的 C=C 中有一个键容易断裂
 - D. 乙烯分子的 C=C 中有两条键容易断裂

答案 D

解析 乙烯分子中 π 键易断裂, σ 键不易断裂。

2. (2020·海口高二检测)下列有关乙烷、乙烯、乙炔的说法中, 正确的是()
- A. 它们分子中所有的原子均在同一平面上
 - B. 它们都容易发生取代反应, 也容易发生加成反应
 - C. 它们都能在空气中燃烧生成 CO_2 和 H_2O
 - D. 它们都能使酸性 KMnO_4 溶液褪色

答案 C

解析 乙烷分子中最多只有 4 个原子处于同一平面上, 而乙烯是平面形分子, 乙炔为直线形分子, 其所有原子均可以处于同一平面上; 乙烷易取代, 但不能发生加成反应, 乙烯和乙炔易加成, 但难取代; 乙烷、乙烯、乙炔均是碳氢化合物, 都能在空气中燃烧生成 CO_2 和 H_2O ; 乙烷不与酸性 KMnO_4 溶液反应, 而乙烯、乙炔均能被酸性 KMnO_4 溶液氧化而使其褪色。

随堂演练 知识落实

1. (2020·宣威市第九中学高二期中)乙烷、乙烯、乙炔共同具有的性质是()
- A. 都难溶于水, 且密度比水小
 - B. 能够使溴水和酸性 KMnO_4 溶液褪色
 - C. 分子中各原子都处在同一平面内
 - D. 都能发生聚合反应生成高分子化合物

答案 A

解析 乙烷分子中各原子不能处于同一平面上; 乙烷不能发生聚合反应; 乙烷不能使溴水和酸性 KMnO_4 溶液褪色。

2. 由乙炔制 $\text{CHClBr}-\text{CH}_2\text{Br}$, 下列方法最可行的是()
- A. 先与 HBr 加成后再与 HCl 加成
 - B. 先与 H_2 完全加成后再与 Cl_2 、 Br_2 发生取代反应
 - C. 先与 HCl 加成后再与 Br_2 加成
 - D. 先与 Cl_2 加成后再与 HBr 加成

- B. 分别通入酸性高锰酸钾溶液
- C. 分别通入盛有碱石灰的干燥管
- D. 分别在空气中点燃

答案 D

解析 甲烷、乙烯、乙炔的含碳量不同，含碳量越多燃烧产生的烟越浓，火焰越明亮。

6. 以乙炔为原料在一定条件下可转化为乙烯基乙炔($\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2$)。下列关于乙烯基乙炔分子的说法错误的是()

- A. 能使酸性 KMnO_4 溶液褪色
- B. 1 mol 乙烯基乙炔能与 3 mol Br_2 发生加成反应
- C. 乙烯基乙炔分子中含有两种官能团
- D. 等质量的乙炔与乙烯基乙炔完全燃烧时耗氧量不相同

答案 D

题组三 炔烃的结构和性质

7. 下列关于炔烃的叙述正确的是()

- A. 1 mol 丙炔最多能与 2 mol Cl_2 发生加成反应
- B. 炔烃分子里的所有碳原子都在同一直线上
- C. 炔烃分子中只含有极性键
- D. 乙炔与分子式为 C_4H_6 的烃一定互为同系物

答案 A

解析 1 mol 丙炔最多能与 2 mol Cl_2 发生加成反应，故 A 项正确；丙炔、2-丁炔等分子中的所有碳原子都在同一直线上，但多碳原子的炔烃中碳原子不一定在同一直线上，如 1-丁炔分子中的碳原子不在同一直线上，故 B 项错误；炔烃分子中含有极性键和非极性键，故 C 项错误； C_4H_6 为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 时，与乙炔不互为同系物，故 D 项错误。

8. 某烃和溴水反应后的产物为 2,2,3,3-四溴丁烷，则该烃的同分异构体为()

- A. 1-丁炔
- B. 2-丁炔
- C. 1-丁烯
- D. 2-丁烯

答案 A

解析 2,2,3,3-四溴丁烷的结构简式为 $\text{CH}_3\text{C}(\text{Br})_2\text{C}(\text{Br})_2\text{CH}_3$ ，由某烃与溴加成得到，故该烃为 2-丁炔，结构简式为 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$ 。1-丁炔与 2-丁炔互为同分异构体，A 正确；该烃就是 2-丁炔，是同一种物质，B 错误；1-丁烯与 2-丁炔的分子式不同，不互为同分异构体，C 错误；2-丁烯与 2-丁炔的分子式不同，不互为同分异构体，D 错误。

9. 下列各选项能说明分子式为 C_4H_6 的某烃是 $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ，而不是 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 的事实是()

- A. 燃烧有浓烟

- B. 能使酸性 KMnO_4 溶液褪色
 C. 能与溴以 1:2 发生加成反应
 D. 与足量溴水反应, 生成物中只有 2 个碳原子上有溴原子

答案 D

解析 无论 $\text{CH}\equiv\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$, 还是 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$, A、B、C 中反应均能发生,

无法推断出该烃; 而与足量溴加成后前者产物为 $\begin{array}{c} \text{Br} \\ | \\ \text{Br}-\text{CH}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$, 后者产物为 $\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \quad | \quad | \quad | \\ \text{Br} \quad \text{Br} \quad \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$, 可以推断出该烃。

10. 具有单双键交替长链(如 $\cdots-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\cdots$)的高分子有可能成为导电塑料。下列高分子中可能成为导电塑料的是()

- A. 聚乙烯
 B. 聚丁二烯
 C. 聚苯乙烯
 D. 聚乙炔

答案 D

解析 加聚反应中不饱和烃分子中必须断开一个键再相互连接起来, 而高分子化合物中单双键交替出现, 由此可以推断加聚之前不饱和烃分子中必须有碳碳三键。

综合强化练

11. 某炔烃与氢气发生加成反应后得到 $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$, 则该炔烃的结构有()

- A. 1 种
 B. 2 种
 C. 3 种
 D. 4 种

答案 B

解析 将 2-甲基戊烷中各 C 原子编号: $\begin{array}{c} \text{CH}_3-\overset{2}{\text{CH}}-\overset{3}{\text{CH}_2}-\overset{4}{\text{CH}_2}-\overset{5}{\text{CH}_3} \\ | \\ \overset{6}{\text{CH}_3} \end{array}$, 其中 2 号 C 上只含有 1 个氢原子, 无法形成碳碳三键, 只有 3、4 号 C 间和 4、5 号 C 间可以形成碳碳三键, 故符合题述的炔烃有 2 种, B 项正确。

12. 据报道, 近年来发现了一种新的星际分子氰基辛炔, 其结构简式为 $\text{HC}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{C}-\text{C}\equiv\text{N}$ 。下列对该物质的判断正确的是()

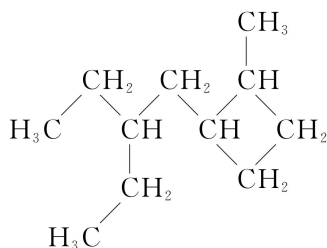
- A. 属于不饱和烃
 B. 不能使酸性 KMnO_4 溶液褪色

- C. 所有原子都在同一条直线上
 D. 可由乙炔和含氮化合物加聚制得

答案 C

解析 从结构简式中可看出氰基辛炔中有 $\text{—C}\equiv\text{C—}$ ，易被酸性 KMnO_4 溶液氧化，故可使酸性 KMnO_4 溶液褪色，B项错误；三键为直线结构，且均直接相连，则所有原子都在同一直线上，C项正确；炔和含氮化合物加聚时会生成高分子化合物，三键中的一个键会被打开而出现双键，但是 $\text{HC}\equiv\text{C—C}\equiv\text{C—C}\equiv\text{C—C}\equiv\text{C—C}\equiv\text{N}$ 中不含有双键，且不是高分子，故不能由加聚反应制得，D项错误。

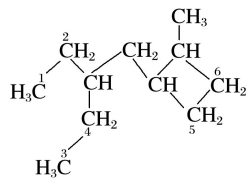
13. 含有一个三键的炔烃，氢化后的产物结构简式如图，此炔烃可能的结构简式有()



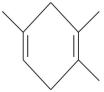
- A. 1种 B. 2种 C. 3种 D. 4种

答案 B

解析 根据炔烃与 H_2 加成反应的原理，推知该烷烃分子中相邻碳原子上均有至少2个氢原子的碳原子间是对应炔存在 $\text{—C}\equiv\text{C—}$ 的位置。如图3个位置可以还原为 $\text{—C}\equiv\text{C—}$ ：







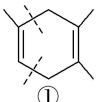
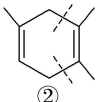
，其中1、2号位置与3、4号位置相同，故该炔烃共有2种。

14. 已知： $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3 + \text{CH}_2=\text{CHCH}_3 \xrightarrow{\Delta} \text{C}_6\text{H}_{10}$ ，如果要合成 ，所用的起始原料可以是()

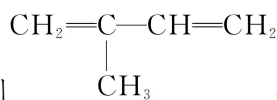
- ①2-甲基-1,3-丁二烯和2-丁炔
 ②1,3-戊二烯和2-丁炔
 ③2,3-二甲基-1,3-戊二烯和乙炔
 ④2,3-二甲基-1,3-丁二烯和丙炔

- A. ①④ B. ②③ C. ①③ D. ②④

答案 A

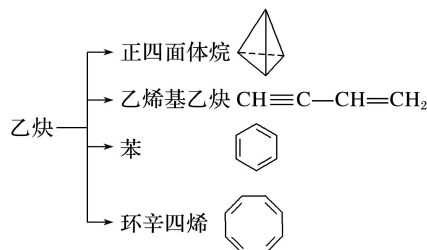
解析 由信息：断键后可得到  和 。的断键方式有：①、②。若

按①断键可得到 $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$ (丙炔)和 $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ (2,3-二甲基-1,3-丁二烯)；若按②断



键可得到 (2-甲基-1,3-丁二烯) 和 $\text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3$ (2-丁炔)。

15. 乙炔是一种重要的有机化工原料, 以乙炔为原料在不同的反应条件下可以转化成以下化合物:



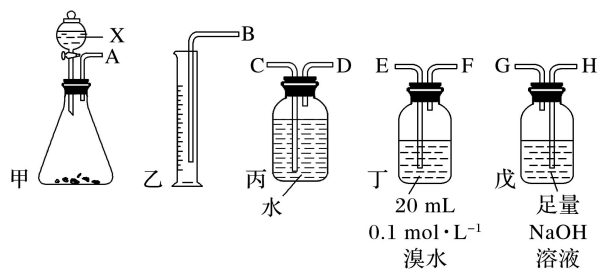
下列说法正确的是()

- A. 1 mol 乙烯基乙炔最多能与 2 mol Cl_2 发生加成反应
- B. 正四面体烷二氯取代产物只有 1 种
- C. 环辛四烯核磁共振氢谱有 2 组峰
- D. 环辛四烯与苯互为同系物

答案 B

解析 A 项, 最多能与 3 mol Cl_2 发生加成反应; C 项, 环辛四烯只有 1 组峰; D 项, 环辛四烯与苯的结构不相似。

16. 用电石制备的乙炔气体中常混有少量 H_2S 气体。请用图中仪器和药品组装一套制备、净化乙炔的装置, 并可通过测定标准状况下产生乙炔的体积, 从而计算电石的纯度。



(1) 进行实验时, 所制气体从左向右流动, 仪器的正确连接顺序是 _____ (填接口字母)。

(2) 为了使实验中气流平稳, 甲中分液漏斗里的液体 X 通常用 _____。

(3) 若在标准状况下溴水与乙炔完全反应生成 $\text{CHBr}_2\text{CHBr}_2$, 已知称取电石 m g, 测得量筒内液体体积 V mL, 则电石纯度可表示为 _____。

(4) 若没有除 H_2S 的装置, 测定结果将会 _____ (填“偏高”“偏低”或“不变”), 理由是 _____ (用化学方程式表示)。

答案 (1) AHGEFDCB (2) 饱和氯化钠溶液

(3) $\frac{2V+44.8}{7m}\%$ (4) 偏高 $\text{H}_2\text{S} + \text{Br}_2 = \text{S} \downarrow + 2\text{HBr}$

解析 由题意知, 电石与足量水反应生成乙炔, 其中混有的 H_2S 可用 NaOH 溶液吸收, 乙炔气体被溴水吸收后余下的部分通过排水法测量其体积。若没有除 H_2S 装置, 则排出水的体积偏大, 计算结果偏高。电石纯度计算过程:

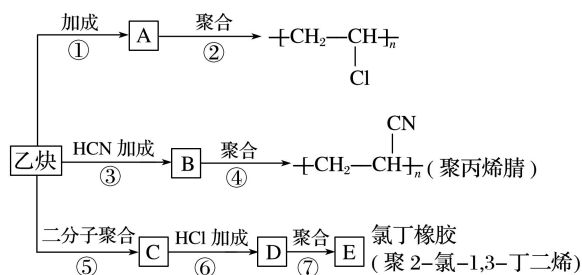


$$x \quad \frac{V \times 10^{-3}}{22.4} \text{ mol} + \frac{20 \times 10^{-3} \times 0.1}{2} \text{ mol}$$

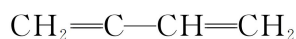
$$\text{解得 } x = \left(\frac{V}{22400} + 0.001 \right) \text{ mol},$$

$$w(\text{CaC}_2) = \frac{\left(\frac{V}{22400} + 0.001 \right) \times 64}{m} \times 100\% = \frac{2V + 44.8}{7m} \%$$

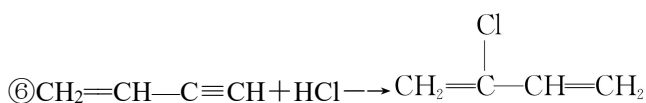
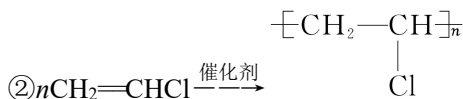
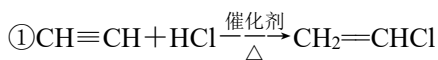
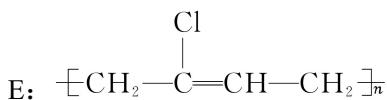
17. 以乙炔为主要原料可以合成聚氯乙烯、聚丙烯腈和氯丁橡胶。请写出如图方框中 A~E 的结构简式, 并写出①~⑦各步反应的化学方程式。

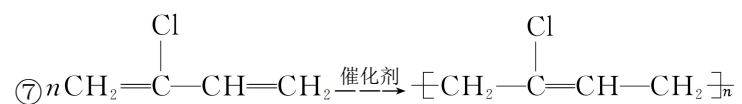


答案 A: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ B: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CN}$



C: $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}\equiv\text{CH}$ D:





解析 ①为 $\text{CH}\equiv\text{CH}$ 与 HCl 的加成反应；②为 $\text{CH}_2=\text{CHCl}$ 的加聚反应；③为乙炔与 HCN 的加成反应；④为丙烯腈的加聚反应；⑤为两个乙炔分子的相互加成；⑥为乙烯基乙炔与 HCl 的加成反应；⑦为 $\text{CH}_2=\text{CCl}-\text{CH}=\text{CH}_2$ 的加聚反应。