

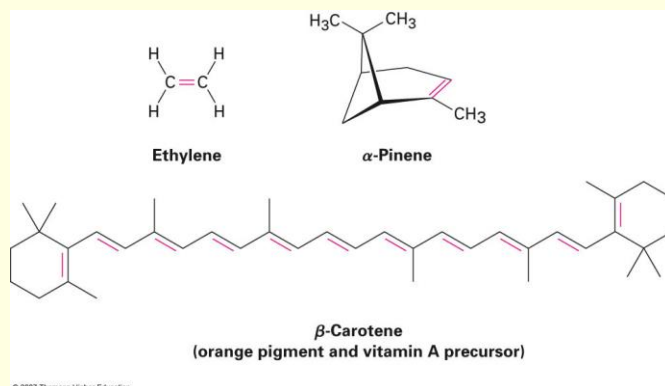
## ۶ آلکن ها:

### ساختار و واکنش پذیری

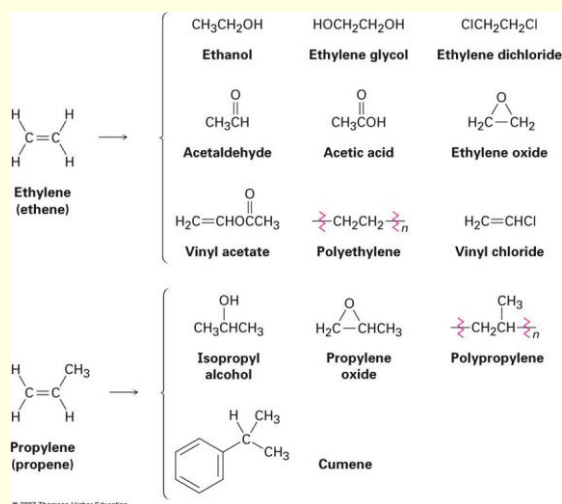
بر اساس شیمی آلی جان مک موری ویرایش هفتم

## آلکن: هیدروکربنی با پیوند دوگانه کربن-کربن

- این ترکیبات را اولفین نیز می نامند.
- این ترکیبات در بسیاری از ترکیبات طبیعی وجود دارند.



## ۶-۱ تولید صنعتی و کاربرد آلکن ها



- اتیلن و پروپیلن (ساده ترین آلکن ها) دو ترکیب شیمیایی بسیار مهم هستند که به صورت صنعتی تولید می شوند.
- ترکیبات زیادی به صورت صنعتی از این دو ترکیب تهیه می شوند.

© 2007 Thomson Higher Education

3

## ۶-۲ محاسبه درجه سیرنشدگی

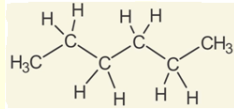
- درجه سیرنشدگی: تعداد پیوندهای چندگانه یا تعداد حلقه ها.
- فرمول عمومی برای ترکیبات غیر حلقوی سیرشده  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  است.
- هر حلقه یا پیوند دوگانه بجای دو تا هیدروژن جایگزین می شوند. بطور کلی هر حلقه یا پیوند دوگانه در یک مولکول، نشانه حذف دو اتم هیدروژن از فرمول  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  آلکان است.



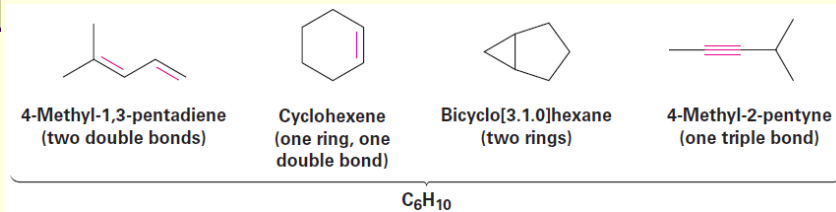
© 2007 Thomson Higher Education

4

## مثال: $C_6H_{10}$



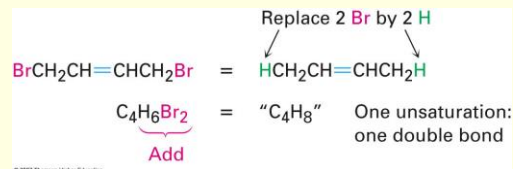
- فرمول هیدروکربن سیرشده برابر است با:  $C_6H_{14}$
- بنابراین چهارتا هیدروژن کم دارد.
- در نتیجه این ترکیب ۲ درجه سیرنشدهگی دارد:
- دو تا پیوند دوگانه باشد؟
- یا یک پیوند سه گانه باشد؟
- یا دو تا حلقه باشد؟
- یا یک حلقه و یک پیوند دوگانه باشد؟



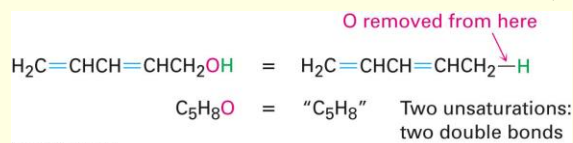
5

## درجه سیرنشدهگی با دیگر عناصر

- در ترکیبات هالوژندار آلی (X: F, Cl, Br, I)
- هر هالوژن با یک اتم هیدروژن جایگزین می شود.
- $C_4H_6Br_2$  و  $C_4H_8$  یک درجه سیرنشدهگی دارند.



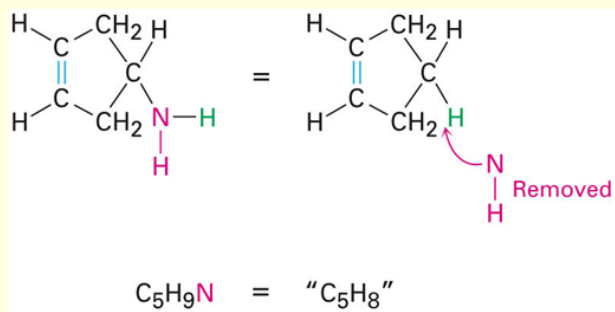
- ترکیبات آلی اکسیژن دار (C, H, O): اگر با پیوند های ساده (یگانه) متصل شده باشد، تغییری در تعداد اتم های هیدروژن ایجاد نمی کند.



6

## ترکیبات آلی نیتروژن دار

این ترکیبات به دلیل تشکیل سه پیوند به وسیله اتم نیتروژن، یک هیدروژن بیشتر از هیدروکربن مربوطه دارد. بنابراین برای رسیدن به فرمول هیدروکربن هم ارز، باید تمام اتمهای نیتروژن را از تعداد هیدروژن ها کم کنیم.



7

## خلاصه درجه سیرنشده گی

- تعداد هالوژن ها را به تعداد هیدروژن ها اضافه کنید.
  - از تعداد اکسیژن ها صرف نظر کنید.
  - تعداد نیتروژن ها را از تعداد هیدروژن ها کم کنید.
  - درجه سیرنشده گی در فرمول های زیر را محاسبه کنید و سپس ساختارهای ممکن برای هر مورد را رسم کنید.
- (a)  $C_4H_8$     (b)  $C_4H_6$     (c)  $C_3H_4$

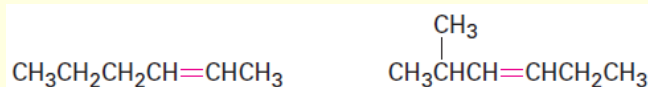
■ درجه سیرنشده گی در هیدروکربن های زیر را محاسبه کنید.

- (a)  $C_6H_5N$     (b)  $C_6H_5NO_2$     (c)  $C_8H_9Cl_3$   
 (d)  $C_9H_{16}Br_2$     (e)  $C_{10}H_{12}N_2O_3$     (f)  $C_{20}H_{32}ClN$

8

## ۳-۶ نامگذاری آلکن ها

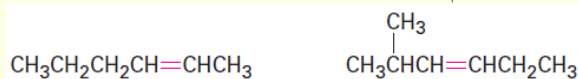
- **مرحله ۱:** هیدروکربن اصلی را نامگذاری کنید. بلندترین زنجیر کربنی شامل پیوند دوگانه را پیدا کنید و با استفاده از پسوند ان (ene) ترکیب را نامگذاری کنید.
- **مرحله ۲:** اتم های کربن زنجیر اصلی را شماره گذاری کنید. به صورتی شماره گذاری کنید که کمترین شماره به پیوند دوگانه برسد.
- **مرحله ۳:** در صورت یکسان بودن شماره کربن پیوند دوگانه از دو سر مولکول، از سر نزدیک به شاخه شماره گذاری را آغاز کنید.



9

## ۳-۶ نامگذاری آلکن ها

- **مرحله ۴:** نام کامل را بنویسید. موقعیت پیوند دوگانه را با عدد اولین اتم کربن آلکن مشخص کنید و این عدد را پیش از نام اصلی بیاورید.

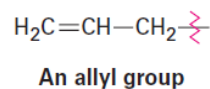
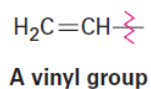
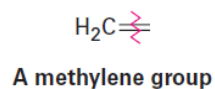
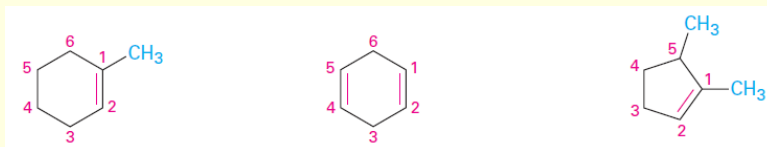


	$\begin{array}{ccccccc} & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & & \\ &   & &   & & & \\ \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH} & \text{CH} & = & \text{CH} & \text{CH} & \text{CH}_3 & \\ 7 & 6 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \end{array}$	$\begin{array}{ccccccc} & & & & & \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 & \\ & & & & &   & \\ \text{H}_2\text{C} & = & \text{CH} & \text{CH} & \text{CH} & = & \text{CH} & \text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & \end{array}$
<b>Older naming system:</b>	<b>2,5-Dimethyl-3-heptene</b>	<b>3-Propyl-1,4-hexadiene</b>
<b>(Newer naming system:</b>	<b>2,5-Dimethylhept-3-ene</b>	<b>3-Propylhexa-1,4-diene)</b>

10

## ۳-۶ نامگذاری آلکن ها

■ سیکلوآلکن را چنان نامگذاری می کنیم که پیوند دوگانه بین C1 و C2 قرار گیرد و اولین استخلاف کوچکترین شماره ممکن را پیدا کند.



11

## نام متداول برخی از آلکن ها

Table 6.1 Common Names of Some Alkenes

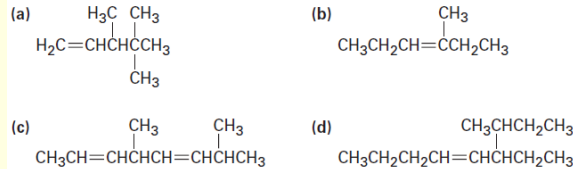
Compound	Systematic name	Common name
$\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$	Ethene	Ethylene
$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	Propene	Propylene
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3\text{C}=\text{CH}_2 \end{array}$	2-Methylpropene	Isobutylene
$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{H}_2\text{C}=\text{C}-\text{CH}=\text{CH}_2 \end{array}$	2-Methyl-1,3-butadiene	Isoprene

© 2007 Thomson Higher Education

12

## تمرین

■ نام آیوپاک ترکیبات زیر را بنویسید.

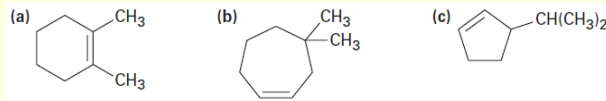


■ ساختارهای مربوط به هر یک از نام های آیوپاک زیر را بنویسید.

(a) 2-Methyl-1,5-hexadiene  
(b) 3-Ethyl-2,2-dimethyl-3-heptene

(c) 2,3,3-Trimethyl-1,4,6-octatriene  
(d) 3,4-Diisopropyl-2,5-dimethyl-3-hexene

■ سیکلو آلکن های زیر را نامگذاری کنید.

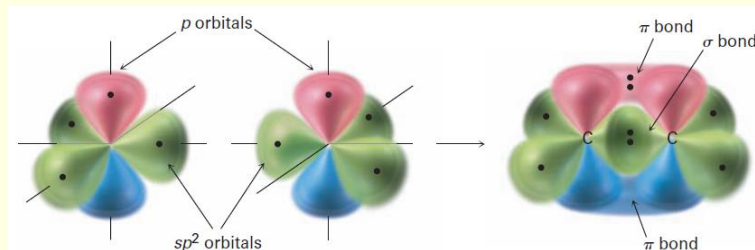


13

## ۶-۴ ایزومری سیس و ترانس در آلکن ها

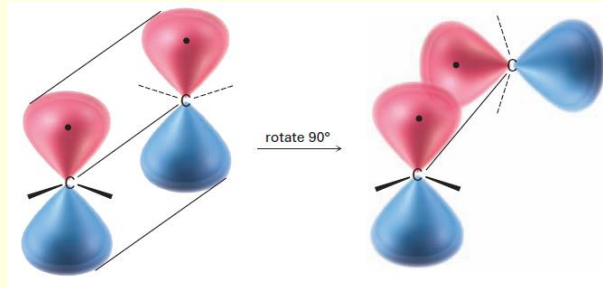
■ اتم های کربن در پیوند دوگانه هیبریداسیون  $sp^2$  دارند و دارای سه اوربیتال هیبریدی هم ارز در یک صفحه با زاویه  $120^\circ$  درجه نسبت به یکدیگر هستند. کربن ها از طریق همپوشانی سر به سر اوربیتال های هیبریدی  $sp^2$  پیوند  $\sigma$  تشکیل می دهند و از همپوشانی اوربیتال های  $p$  هیبرید نشده عمود بر صفحه  $sp^2$  نیز یک پیوند  $\pi$  به وجود می آورند.

■ برای انجام چرخش حول یک پیوند دوگانه باید پیوند دوگانه به صورت موقتی گسسته شود. میزان انرژی لازم برای گسستن پیوند اتیلن،  $350 \text{ kJ/mole}$  می باشد.



14

## چرخش حول پیوند $\pi$ امکان پذیر نیست



این امر مانع از چرخش پیوند دوگانه کربن-کربن است.

15

## ۶-۴ ایزومری سیس و ترانس در آلکن ها

- حضور پیوند دوگانه کربن-کربن می تواند دو ایزومر فضایی ایجاد کند.
- ایزومر سیس: دو گروه مشابه در یک سمت پیوند دوگانه قرار داشته باشند.
- ایزومر ترانس: دو گروه مشابه در دو سمت مخالف پیوند دوگانه قرار داشته باشند



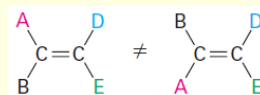
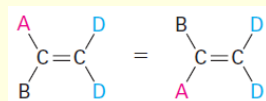
■ برای تشکیل چنین ایزومرهایی هر کربن باید دارای دو گروه متفاوت باشد.

16



## شرایط ایزومری سیس و ترانس در آلکن ها

ترکیباتی که یکی از اتم های کربن آنها به دو گروه یکسان متصل باشند، ایزومری سیس و ترانس ندارند. فقط در صورتی که دو اتم کربن به دو گروه متفاوت متصل باشند، ایزومری سیس و ترانس امکان پذیر است.



کدامیک از ترکیبات زیر به صورت جفت ایزومرهای سیس و ترانس وجود دارد. با ترسیم این ایزومرها وضعیت هندسی آنها را مشخص کنید.

- |   |   |
|---|---|
| (a) $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$              | (b) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{CHCH}_3$                               |
| (c) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_3$ | (d) $(\text{CH}_3)_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ |
| (e) $\text{ClCH}=\text{CHCl}$                       | (f) $\text{BrCH}=\text{CHCl}$   |

17

## ۵-۶ قواعد ترتیب تقدم: سیستم نامگذاری E و Z

سیستم نامگذاری سیس و ترانس فقط در مورد آلکن های دو استخلافی، یعنی ترکیباتی دارای دو استخلاف غیر هیدروژن بر روی پیوند دوگانه، به کار می رود.

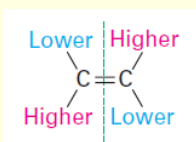
برای پیوندهای دوگانه سه استخلافی و چهار استخلافی باید به سراغ روش جامعتری برویم.

روش عمومی تری به نام سیستم نامگذاری E، Z برای توصیف هندسی پیوند دوگانه وجود دارد که از قواعد ترتیب تقدم برای مشخص کردن تقدم گروههای استخلافی روی کربن های پیوند دوگانه بهره می گیرد.

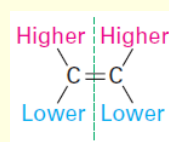
18

## سیستم نامگذاری E, Z

- با استفاده از قواعد ترتیب تقدم، تقدم گروههای متصل به هر یک از اتم های کربن پیوند دوگانه به صورت جداگانه مشخص می شود.
- اگر گروههای دارای تقدم بالاتر در یک سمت پیوند دوگانه قرار گرفته باشند، آلکن را **Z** می نامیم.
- در صورتی که گروههای دارای بالاترین تقدم در دو سمت پیوند دوگانه باشند، آلکن را **E** می نامیم.



E double bond



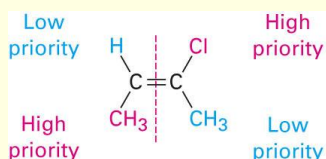
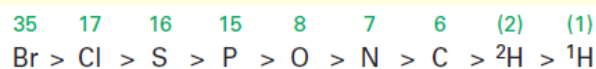
Z double bond

19

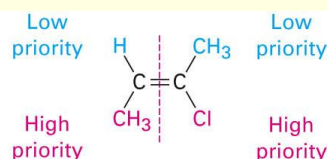
## تعیین ترتیب تقدم: قواعد کاهن-اینگولد-پریلوگ

### قاعده ۱

- با در نظر گرفتن هر یک از کربن های پیوند دوگانه به صورت جداگانه، دو اتم متصل به آنها را شناسایی و بر اساس عدد اتمی، آنها را مرتب کنید.
- اتم دارای **عدد اتمی بالاتر**، **تقدم بالاتری** خواهد داشت و اتم دارای **عدد اتمی پایین تر**، **تقدم پایین تری**.



(a) (E)-2-Chloro-2-butene



(b) (Z)-2-Chloro-2-butene

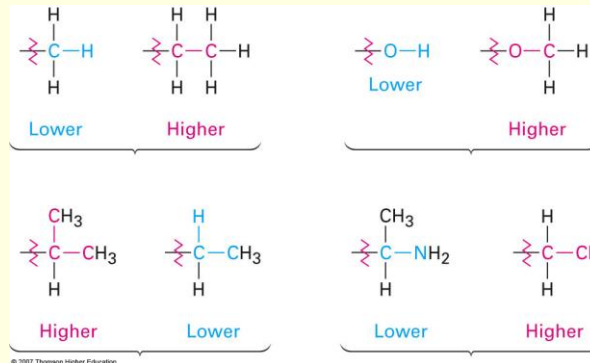
© 2007 Thomson Higher Education

20

## قواعد کاهن-اینگولد-پریلوگ

### قاعده ۲

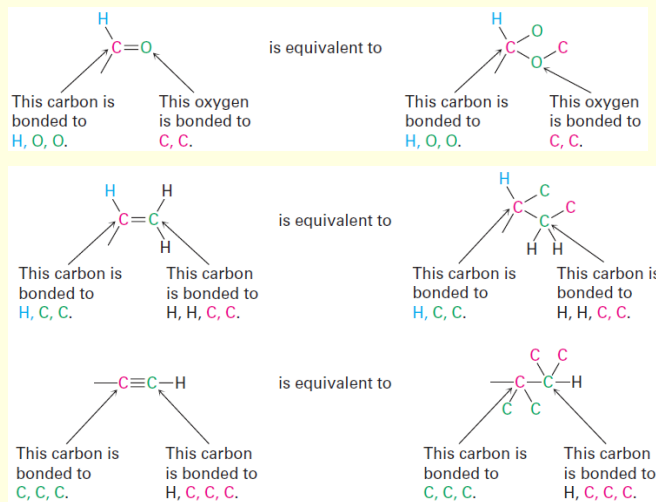
اگر تصمیم گیری در مورد تقدم اتم های اول استخلاف امکانپذیر نباشد، به سراغ اتم های دوم، سوم یا چهارم متصل کربن های پیوند دوگانه می رویم تا به اولین اختلاف برسیم.



21

## قواعد کاهن-اینگولد-پریلوگ

قاعده ۳: اتم های دارای پیوند چندگانه، با اتم های دارای همان تعداد پیوند ساده، هم ارز هستند.



22

## تمرین

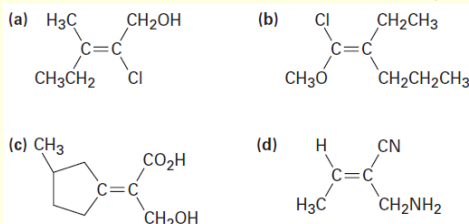
کدامیک از اعضای هر دسته دارای تقدم بالاتری است؟

- (a)  $-H$  or  $-CH_3$       (b)  $-Cl$  or  $-CH_2Cl$   
 (c)  $-CH_2CH_2Br$  or  $-CH=CH_2$       (d)  $-NHCH_3$  or  $-OCH_3$   
 (e)  $-CH_2OH$  or  $-CH=O$       (f)  $-CH_2OCH_3$  or  $-CH=O$

استخلافهای زیر را بر اساس قواعد توالی مرتب کنید.

- (a)  $-CH_3, -OH, -H, -Cl$   
 (b)  $-CH_3, -CH_2CH_3, -CH=CH_2, -CH_2OH$   
 (c)  $-CO_2H, -CH_2OH, -C\equiv N, -CH_2NH_2$   
 (d)  $-CH_2CH_3, -C\equiv CH, -C\equiv N, -CH_2OCH_3$

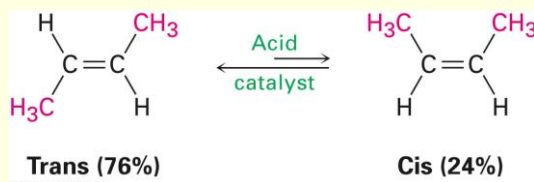
آلکن های زیر را بر اساس E و Z مشخص کنید.



23

## ۶-۶ پایداری آلکن ها

اگرچه تبدیل متقابل ایزومرهای سیس - ترانس آلکن به صورت خود به خودی انجام نمی گیرد، در مجاورت یک کاتالیزگر اسیدی قوی می توان این تبدیل را در آلکن ها مشاهده کرد.



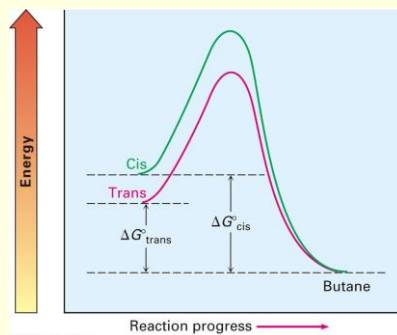
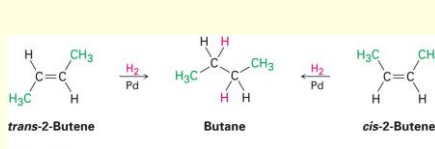
ایزومر ترانس پایدارتر از ایزومر سیس می باشد.

آلکن های سیس، به دلیل ازدحام فضایی بین دو استخلاف پر حجم که در یک طرف پیوند دوگانه قرار دارند، از ایزومر ترانس ناپایدارترند.

24

## مقایسه پایداری آلکن ها

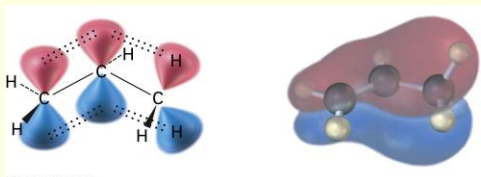
- روش عمومی تعیین پایداری نسبی آلکن ها استفاده از واکنش هیدروژندار شدن آنها به وسیله گاز  $H_2$  در مجاورت کاتالیزگری مانند پالادیوم یا پلاتین است.
- آلکن پایدارتر انرژی کمتری آزاد می کند.
- ترانس ۲-بوتن نسبت به سیس ۲-بوتن، ۵ کیلوژول انرژی کمتری آزاد می کند.



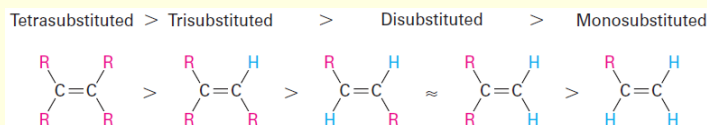
25

## فوق مزدوج شدن (هایپرکانژوگیشن)

- برهمکنش پایدار کننده ی بین اوربیتال ضد پیوندی پر نشده  $\pi$  پیوند  $C=C$  و اوربیتال پر شده پیوند سیگما  $C-H$  بر روی استخلاف های مجاور.
- فوق مزدوج شدن باعث پایداری آلکن می شود.
- هرچه تعداد استخلاف ها بیشتر باشد، شانس بیشتری برای فوق مزدوج شدن و داشتن یک آلکن پایدارتر وجود دارد.



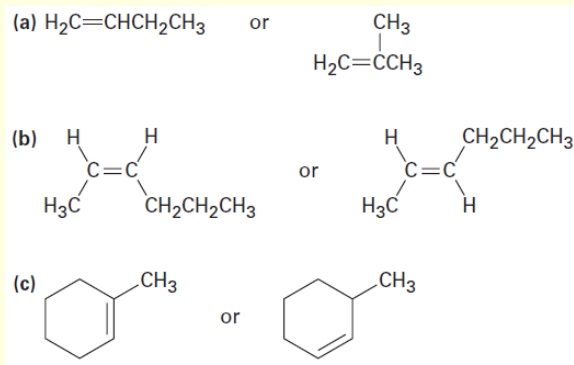
© 2007 Thomson Higher Education



26

## تمرین

■ آلکن های زیر را نامگذاری کرده و ترکیب پایدارتر در هر مورد را مشخص کنید.



27

## ۶-۷ افزایش الکترون دوستی آلکن ها

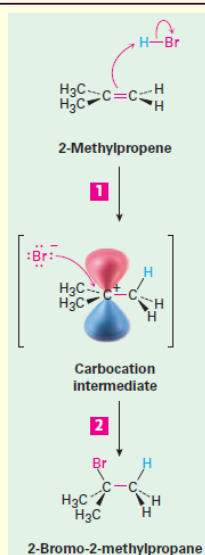
■ آلکن ها در واکنش های قطبی مانند هسته دوست عمل می کنند. پیوند دوگانه کربن-کربن، پر الکترون است و می تواند یک جفت الکترون به الکترون دوست بدهد.

■ مکانیسم کلی واکنش افزایش الکترون دوستی:

■ حمله الکترون دوست (مانند  $\text{HBr}$ ) به پیوند  $\pi$  آلکن

■ تشکیل کربوکاتیون و یون برمید

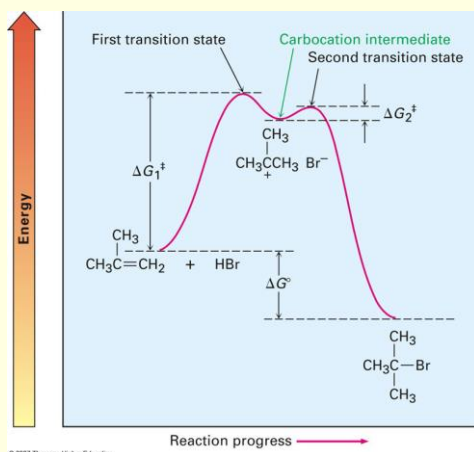
■ کربوکاتیون یک الکترون دوست است که با یون برمید هسته دوست واکنش می دهد.



28

## نمودار واکنش افزایشی الکترون دوستی

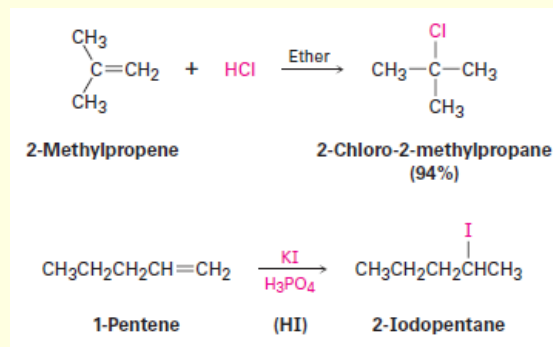
- فرایند دو مرحله ای است.
- حالت گذار اول دارای انرژی بیشتری است.



29

## افزایشی الکترون دوستی HX

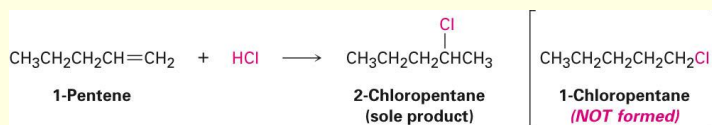
- افزایش الکترون دوستی HCl و HI نیز به خوبی مانند HBr به آلکن ها انجام می گیرد.
- توجه داشته باشید که HI معمولاً از پتاسیم یدید و فسفریک اسید، در محیط واکنش تولید می شود.



30

## ۶-۸ جهت گیری افزایش الکترون دوستی: قاعده مارکونیکوف

- در آلکن های نامتقارن، واکنشگر HX می تواند به دو شیوه متفاوت به پیوند دوگانه اضافه شود، اما فقط یکی از شیوه ها بر دیگری ارجحیت دارد.

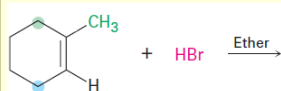
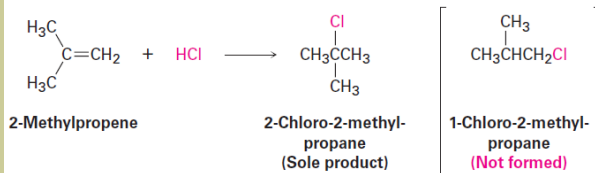


- اگر در یک واکنش، افزایش فقط در یکی از دو جهت ممکن صورت گیرد، به آن واکنش جهت ویژه گویند.
- مارکونیکوف در قرن نوزدهم مشاهده کرد که در افزایش HX به یک آلکن، H به اتم کربن دارای تعداد هیدروژن بیشتر و X به کربن دیگر (کربن دارای استخلاف های آلکیلی بیشتر) اضافه می شوند.
- این قاعده مارکونیکوف می باشد.

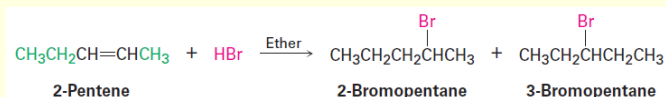
31

## مثال هایی از قاعده مارکونیکوف

- افزایش HCl به ۲-متیل پروپن یک واکنش جهت ویژه می باشد زیرا یکی از دو محصول ممکن تشکیل می شود.



- هنگامی که دو سر پیوند دوگانه دارای استخلاف های یکسان باشد، مخلوطی از فراورده ها به دست خواهد آمد.

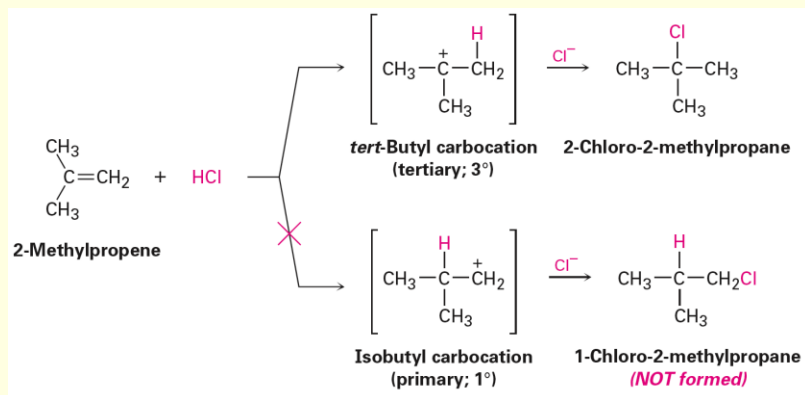


32

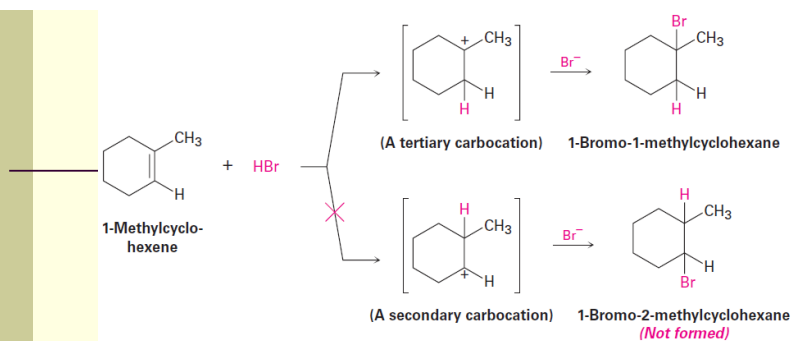


## قاعده مارکونیکوف (به بیان دیگر)

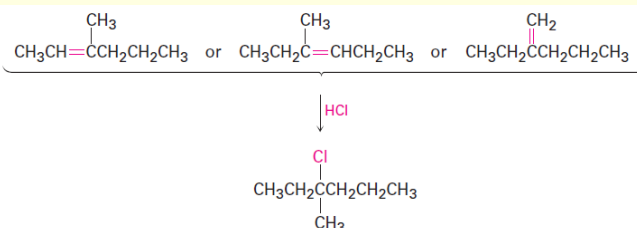
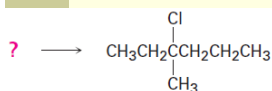
- در افزایش HX به یک آلکن، حد واسط کربوکاتیونی پراستخلاف تر تشکیل می شود، نه حد واسط کربوکاتیونی کم استخلاف.
- کربوکاتیون نوع سوم پایدارتر از کربوکاتیون نوع اول است



33

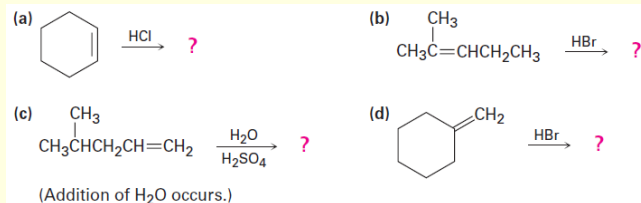


■ **سنتز یک ترکیب معین:** برای تهیه آلکیل هالید زیر از چه آلکنی آغاز می کنید؟

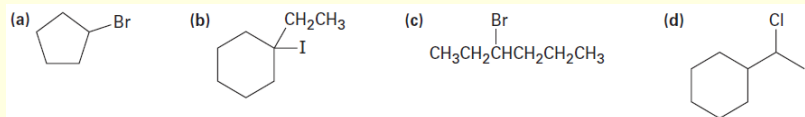


## تمرین

■ محصول واکنش های زیر را پیش بینی کنید.

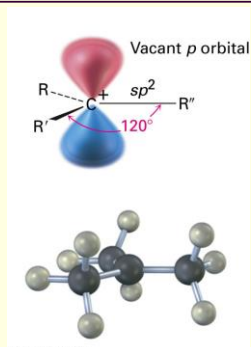


■ برای تهیه آلکیل هالید های زیر از کدام آلکن شروع می کنید؟



35

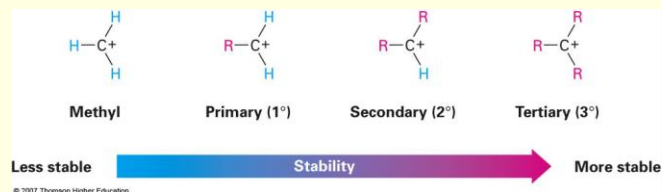
## ۶-۹ ساختار و پایداری کربوکاتیون ها



■ کربوکاتیون ها مسطح هستند، هیبرید کربن سه ظرفیتی  $sp^2$  است. در این ترکیبات شش الکترون ظرفیتی بر روی کربن وجود دارد.

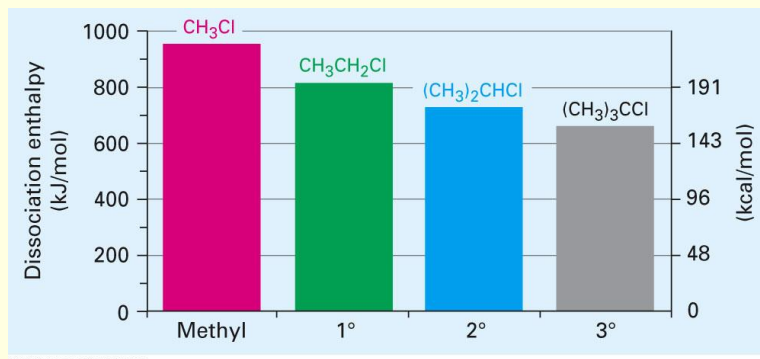
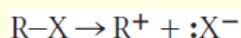
■ اوربیتال چهارم بر روی کربن یک اوربیتال خالی *p* می باشد.

■ پایداری کربوکاتیون با افزایش استخلاف افزایش می یابد و ترتیب پایداری آن به صورت زیر می باشد:



36

یکی از راههای تعیین پایداری کربوکاتیون، اندازه گیری مقدار انرژی لازم برای تشکیل کربوکاتیون از آلکیل هالید مربوطه است.

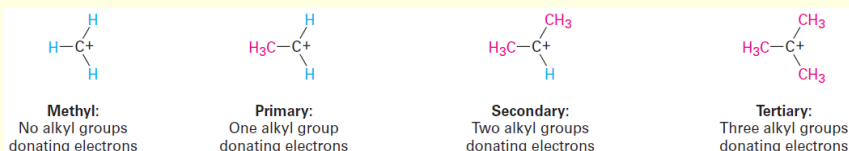


© 2007 Thomson Higher Education

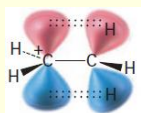
37

## چرا کربوکاتیون های پر استخلاف پایدارتر از کربوکاتیون های کم استخلاف هستند؟

۱. اثرهای القایی: هرچه تعداد گروههای آلکیل متصل به کربن دارای بار مثبت بیشتر باشد، چگالی الکترونی بیشتری به سمت بار مثبت منتقل می شود و پایداری القایی بیشتری نصیب کربوکاتیون می گردد.



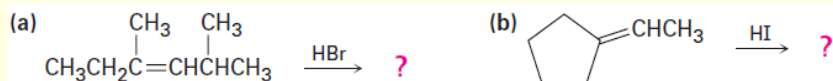
۲. فوق مزدوج شدن: برهمکنش پایدار کننده ی بین یک اوربیتال p خالی و یک اوربیتال سیگما پیوند C-H مجاور با جهت گیری مناسب است. هرچه تعداد گروههای آلکیل واقع بر روی کربوکاتیون بیشتر باشد، امکان های بیشتری برای فوق مزدوج شدن و ایجاد کربوکاتیون پایدارتر، وجود خواهد داشت.



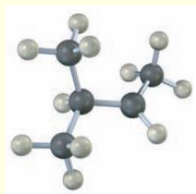
38

## تمرین

■ ساختار حدواسط های کربوکاتیونی مورد انتظار در واکنش های زیر را مشخص کنید.



■ ساختار اسکلتی کربوکاتیون زیر را رسم کنید. با مشخص کردن نوع (اول، دوم یا سوم) این کربوکاتیون اتم های هیدروژن درگیر در فوق مزدوج شدن در صورتبندی نشان داده شده را شناسایی کنید.



39

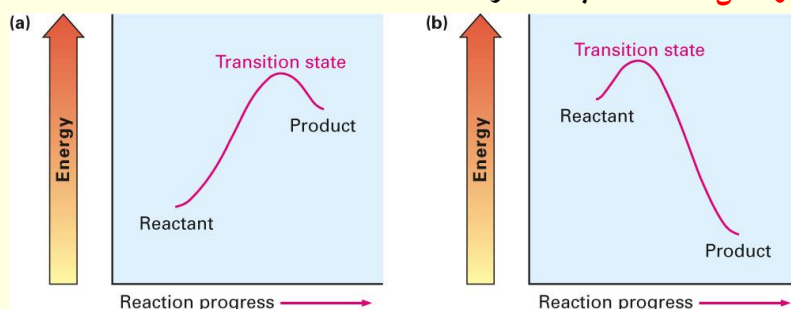
## ۶-۱۰ پذیره هاموند

- چرا پایداری یک کربوکاتیون بر سرعت تشکیل آن اثر می گذارد و به این ترتیب ساختار محصول نهایی را تعیین می کند؟
- چرا واکنش از طریق کربوکاتیون پایدارتر سریعتر پیش می رود؟
- پایداری کربوکاتیون به وسیله  $\Delta G^0$  تعیین می شود.
- سرعت واکنش به وسیله  $\Delta G^\ddagger$  (انرژی فعال سازی) تعیین می شود.
- این دو کمیت ارتباط مستقیم با یکدیگر ندارند.
- حالت گذار بیانگر نقطه ای با انرژی ماکزیمم در مراحل واکنش است. اگرچه حالت های گذار به دلیل عمر بسیار کوتاهی که دارند قابل مشاهده نیستند، اما ساختار آنها سرعت واکنش را کنترل می کنند. بنابراین ما نیاز داریم که قادر باشیم خواص و مسیر تشکیل آنها را پیش بینی کنیم.
- نخستین بار در سال ۱۹۹۵، نظریه ای برای رابطه بین سرعت واکنش و پایداری حد واسط بیان شد. این نظریه که به **پذیره هاموند** مشهور است، با در نظر گرفتن تراز انرژی و ساختار حدواسط، ارتباط غیر مستقیم بین سرعت واکنش و پایداری حد واسط به دست می دهد. بر اساس پذیره هاموند با ملاحظه ساختار نزدیکترین جز پایدار به حالت گذار، می توان به ایده ای در مورد ساختار آن دست یافت.

40

## ۶-۱۰ پذیره هاموند

■ **پذیره هاموند:** ساختار یک حالت گذار به ساختار نزدیکترین گونه شیمیایی پایدار شباهت دارد. حالت گذار مراحل انرژی **خواه**، از لحاظ ساختاری، به **فرآورده ها**، و حالت گذار مراحل انرژی **زا**، از لحاظ ساختاری به **واکنش دهندگان** شباهت دارد.

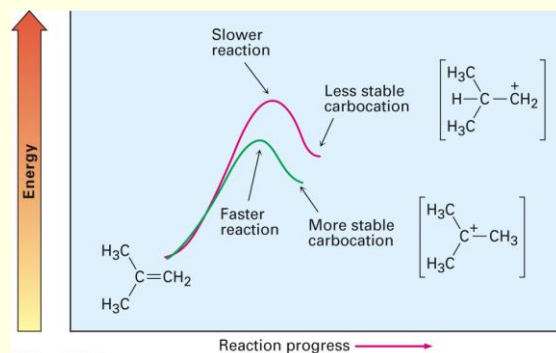


© 2007 Thomson Higher Education

41

## واکنش های افزایشی الکترون دوستی و پذیره هاموند

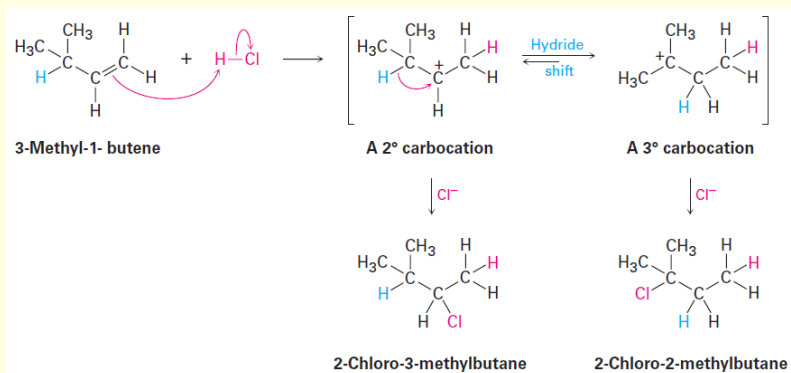
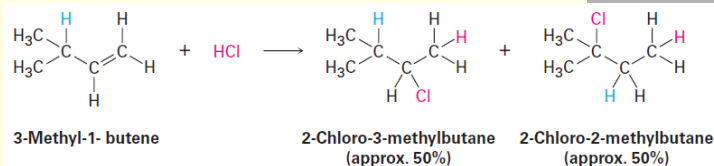
■ در واکنش های افزایشی الکترون دوستی تشکیل یک کربوکاتیون با پروتون دار شدن یک آلکن، مرحله انرژی خواه است. بنابراین حالت گذار پروتون دار شدن آلکن، از لحاظ ساختاری، باید به حد واسط کربوکاتیونی شباهت داشته باشد، و هر عاملی که سبب پایداری کربوکاتیون می شود، بایستی حالت گذار را نیز پایدار کند. کربوکاتیون های پایدارتر به دلیل بازتاب یافتن پایداری شان در حالت گذار، سریع تر تشکیل می شوند.



© 2007 Thomson Higher Education

42

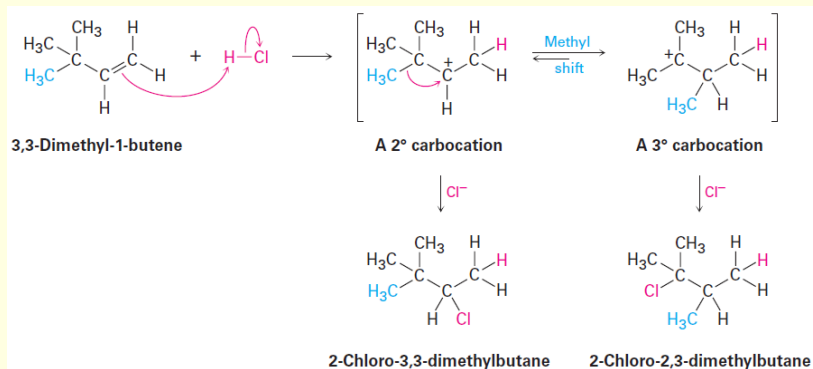
۶-۱۱ شواهد مکانیسم افزایش الکترون دوستی:  
نوآرایی کربوکاتیون



43

۶-۱۱ شواهد مکانیسم افزایش الکترون دوستی:  
نوآرایی کربوکاتیون

■ نوآرایی کربوکاتیون ها با جابجایی یک گروه آلکیل همراه با جفت الکترون آن نیز صورت می گیرد:



44

## نوآرایی کربوکاتیون

- بطور کلی، کربوکاتیون ها به دو صورت می توانند نوآرایی کنند:
- جابجایی ۱،۲-هیدروژن و جابجایی ۱،۲-آلکیل
- در این جابجایی ها یک کربوکاتیون ناپایدار به یک کربوکاتیون پایدارتر نوآرایی می کند.

- وینیل سیکلو هگزان در اثر  $\text{HBr}$ ، با انجام افزایش و نوآرایی به ۱-برمو-۱-اتیل سیکلو هگزان تبدیل می شود. با نوشتن مکانیسمی برای این واکنش، تشکیل محصول را تبیین کنید.

