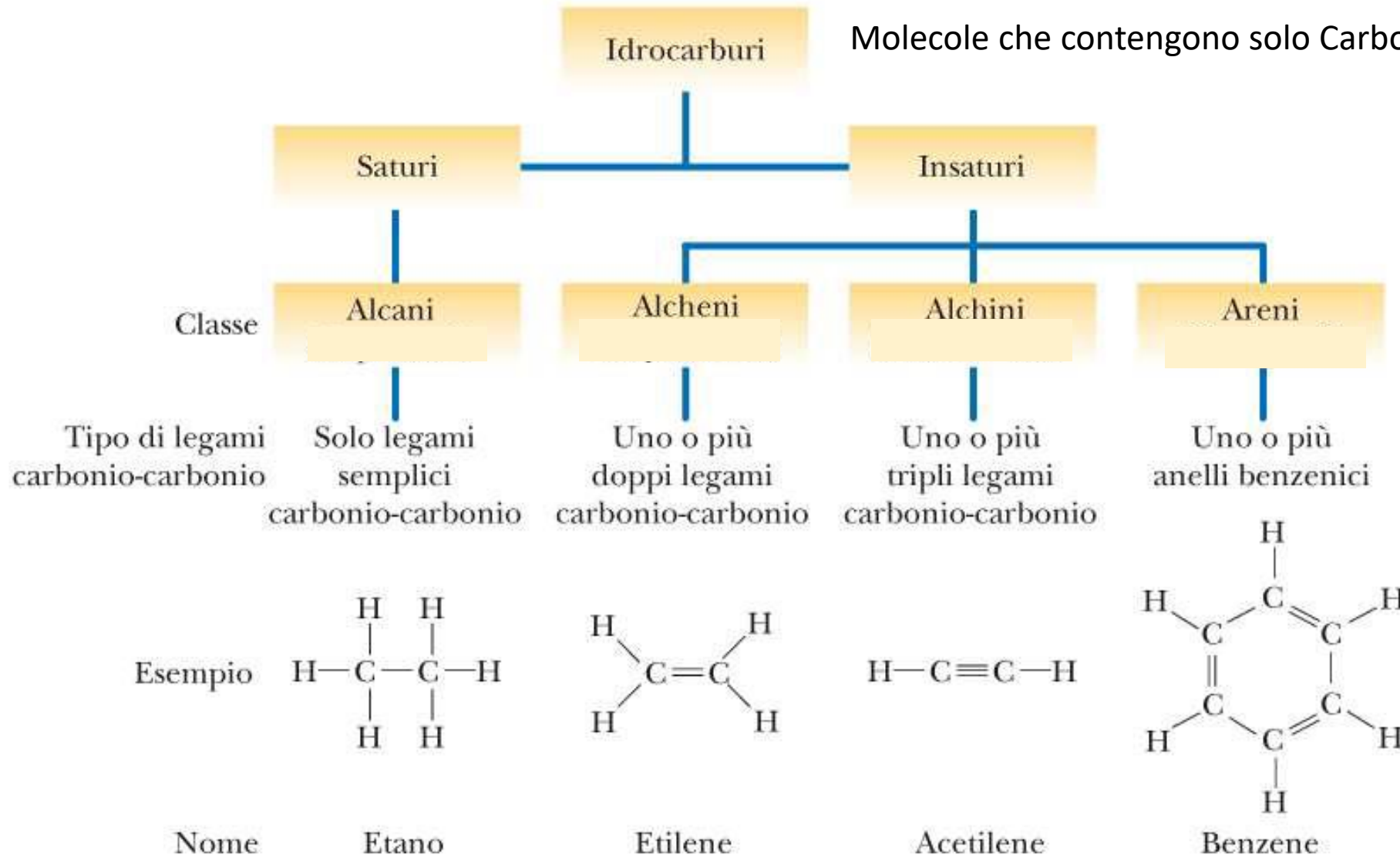


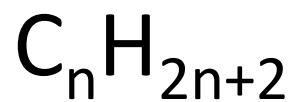
# Idrocarburi

Alcani e cicloalcani

Molecole che contengono solo Carbonio e Idrogeno



# Nomenclatura degli alcani lineari




**TABELLA 3.1** Nomi, formule molecolari e formule di struttura condensate dei primi 20 alcani con catene non ramificate

Nome	Formula molecolare	Formula di struttura condensata	Nome	Formula molecolare	Formula di struttura condensata
Metano	CH <sub>4</sub>	CH <sub>4</sub>	Undecano	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>9</sub> CH <sub>3</sub>
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	Dodecano	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>10</sub> CH <sub>3</sub>
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Tridecano	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>11</sub> CH <sub>3</sub>
Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	Tetradecano	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>12</sub> CH <sub>3</sub>
Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> CH <sub>3</sub>	Pentadecano	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> CH <sub>3</sub>
Esano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>4</sub> CH <sub>3</sub>	Esadecano	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>14</sub> CH <sub>3</sub>
Eptano	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>5</sub> CH <sub>3</sub>	Eptadecano	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>15</sub> CH <sub>3</sub>
Ottano	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> CH <sub>3</sub>	Ottadecano	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> CH <sub>3</sub>
Nonano	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH <sub>3</sub>	Nonadecano	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>17</sub> CH <sub>3</sub>
Decano	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>8</sub> CH <sub>3</sub>	Eicosano	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>18</sub> CH <sub>3</sub>

**TABELLA 3.2** Prefissi usati nel sistema IUPAC per indicare la presenza di atomi di carbonio da 1 a 20 in catene non ramificate

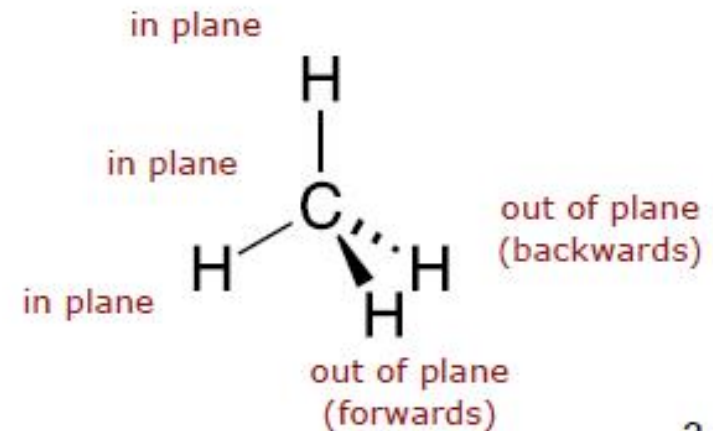
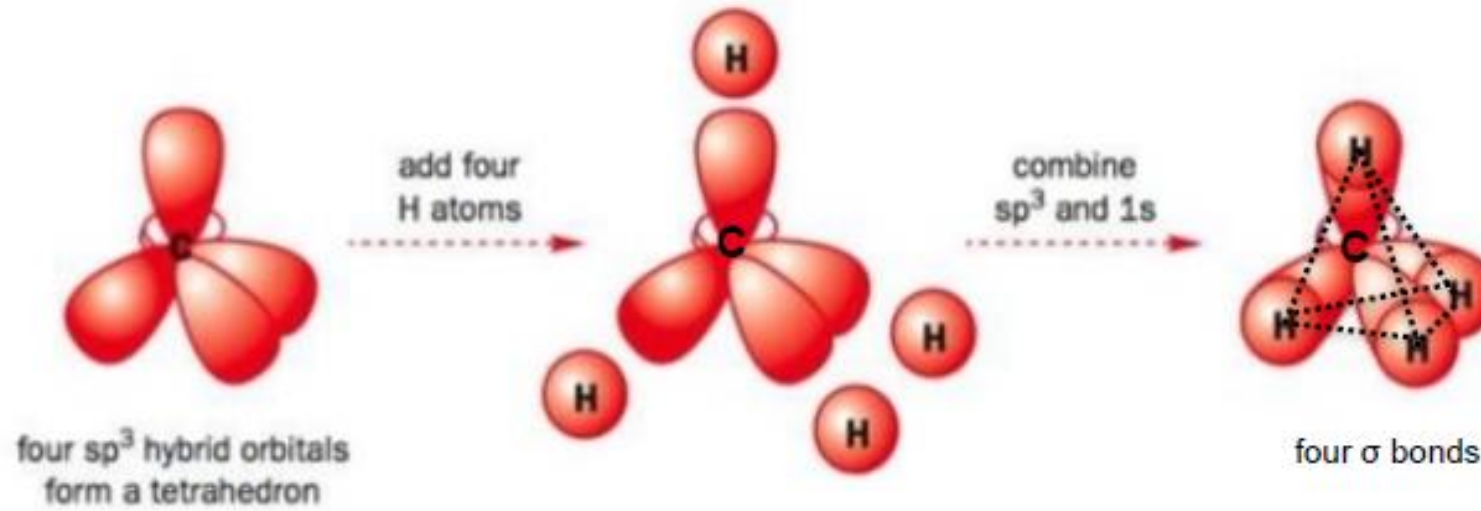
<b>Prefisso</b>	<b>Numeri di atomi di carbonio</b>	<b>Prefisso</b>	<b>Numeri di atomi di carbonio</b>
Met-	1	Undec-	11
Et-	2	Dodec-	12
Prop-	3	Tridec-	13
But-	4	Tetradec-	14
Pent-	5	Pentadec-	15
Es-	6	Esadec-	16
Ept-	7	Eptadec-	17
Ott-	8	Ottadec-	18
Non-	9	Nonadec-	19
Dec-	10	Eicos-	20

# Alcani lineari

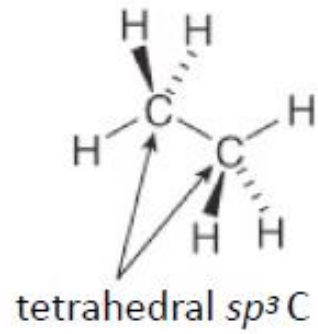
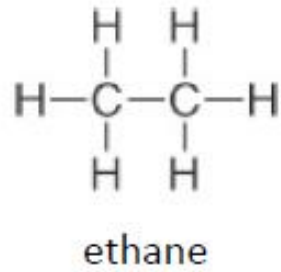
	1	CH <sub>4</sub>
	2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
	3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
	4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
	5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
	6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
	7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>
	8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
	9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>
	10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>
	20	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>

Empirical formula: C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub>

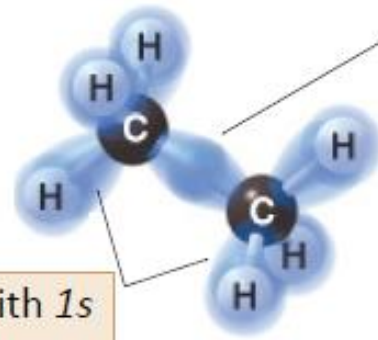
# Metano



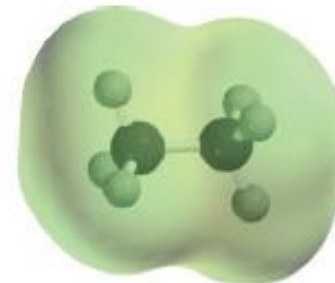
# Etano



Two  $sp^3$  hybrids overlap giving the C-C  $\sigma$  bond



$sp^3$  hybrids on C overlap with 1s orbitals on H giving the C-H  $\sigma$  bonds.



# Residuo alchilico R

**TABELLA 3.3** Nomi dei più comuni gruppi alchilici

Nome	Formula di struttura condensata	Nome	Formula di struttura condensata
Metile	$-\text{CH}_3$	Isobutile	$-\text{CH}_2\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{CH}_3$
Etile	$-\text{CH}_2\text{CH}_3$	<i>sec</i> -Butile	$-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{CH}_2\text{CH}_3$
Propile	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	<i>terz</i> -Butile	$-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\text{CH}_3$
Isopropile	$-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{CH}_3$		
Butile	$-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$		

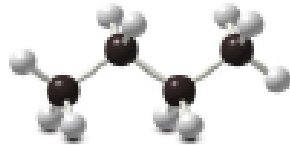
abbreviazione di "secondario"  
abbreviazione di "terziario"

$-\text{CH}_2-$  metilene

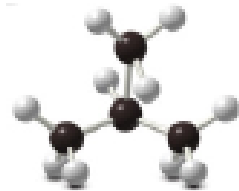
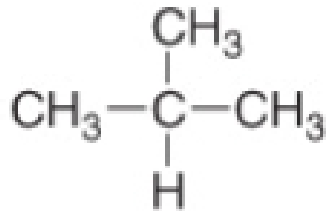


# Isomeri costituzionali

- Isomeri costituzionali: hanno la stessa formula molecolare ma differiscono nel modo in cui gli atomi sono legati tra loro
- Esistono due alcani con la stessa formula molecolare  $C_4H_{10}$  ma hanno proprietà chimico fisiche diverse



Alcano lineare  
butano



Alcano ramificato  
2-metilpropano (isobutano)

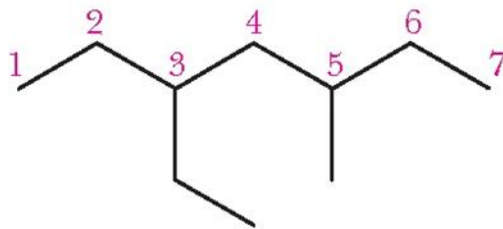
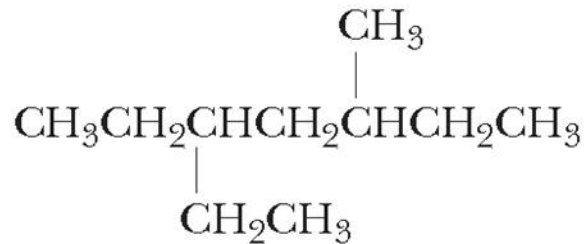
# Isomeri costituzionali

**Tabella 4.1** Alcani a catena lineare

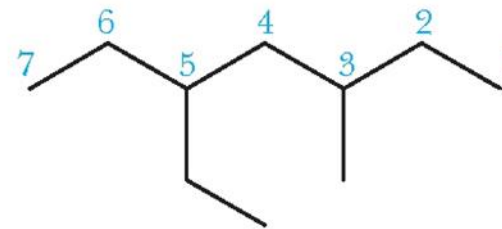
Numero di atomi di C	Formula molecolare	Nome ( <i>n</i> -alcano)	Numero di isomeri costituzionali
1	CH <sub>4</sub>	metano	—
2	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	etano	—
3	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	propano	—
4	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	butano	2
5	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	pentano	3
6	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	esano	5
7	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	eptano	9
8	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	ottano	18
9	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>	nonano	35
10	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	decano	75
20	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	eicosano	366.319

# Nomenclatura degli alcani

- Individuare la catena carboniosa più lunga e assegnarle il nome
  - per gli alcani inizia e finisce con un metile
- Numerarla in modo da dare al sostituito incontrato per primo il numero più basso, se due sostituenti nella stessa posizione, si assegna il numero più basso al sostituito che viene prima nell'ordine alfabetico



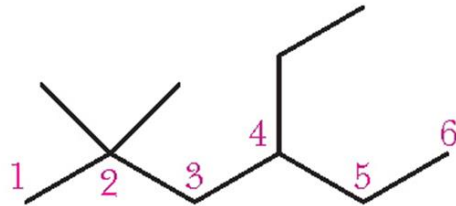
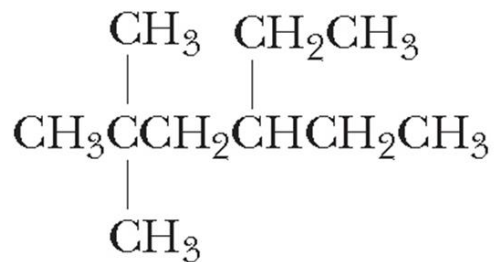
3-Etil-5-metileptano



(e non 3-metil-5-etileptano)

# Nomenclatura degli alcani

- Se sono presenti più sostituenti identici, usare i prefissi di-, tri-, tetra- (che non vengono considerati nell'ordine alfabetico) con tanti numeri quanti sono i residui uguali
- Elencare i sostituenti in ordine alfabetico



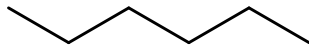
4-Etil-2,2-dimetilesano  
(e non 2,2-dimetil-4-etilesano)

# Esercizio

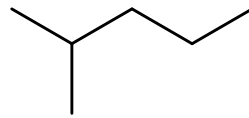
- Scrivere le formule di tutti gli isomeri costituzionali di butano (2), pentano (3) ed esano (5) e assegnarli il nome

# Esercizio

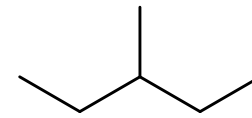
- Scrivere le formule di tutti gli isomeri costituzionali di butano (2), pentano (3) ed esano (5) e assegnarli il nome



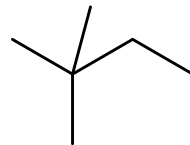
esano



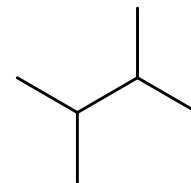
2-metilpentano



3-metilpentano

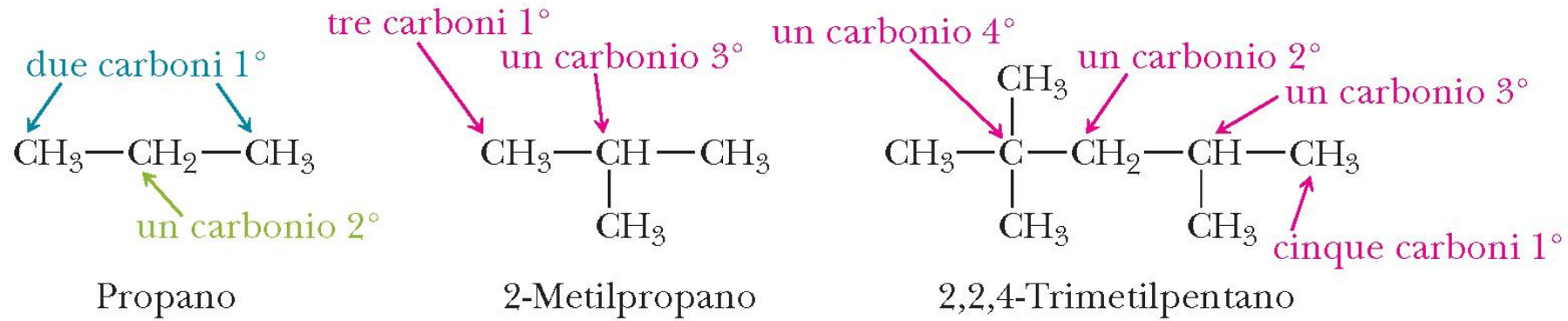


2,2-dimetilbutano



2,3-dimetilbutano

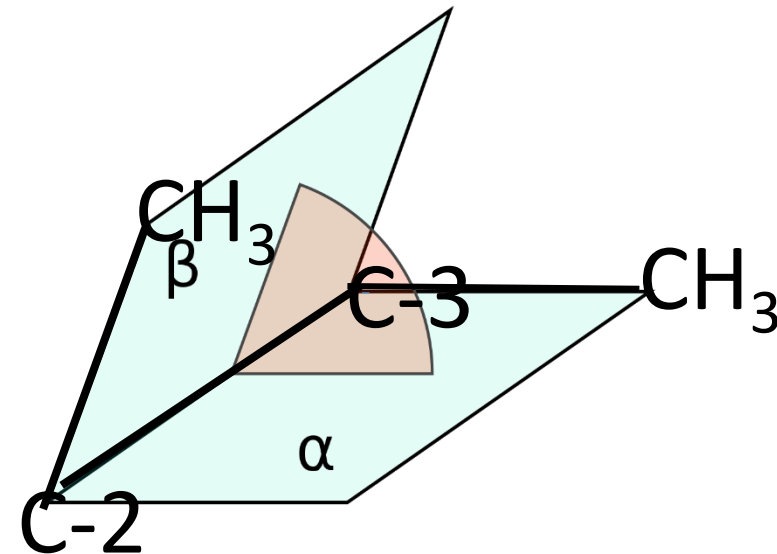
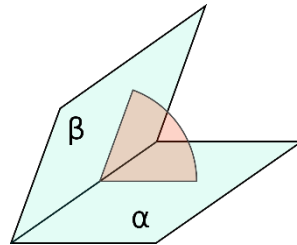
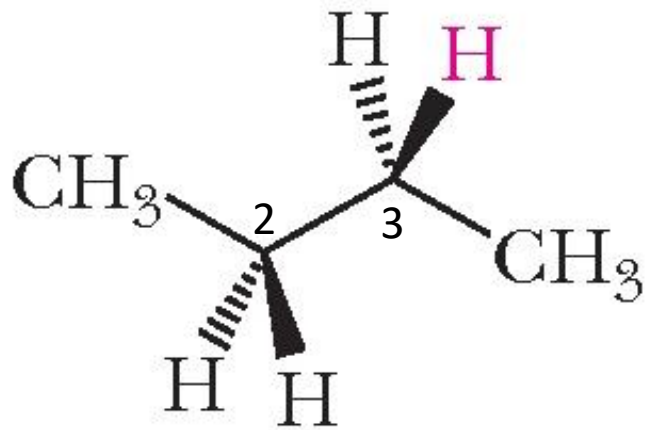
# Classificazione dei carboni



CH<sub>3</sub>- metile  
-CH<sub>2</sub>- metilene  
CH metino

# Conformazione degli alcani

- Conformazione: ciascuna disposizione tridimensionale degli atomi che deriva dalla rotazione intorno ad un legame semplice, varia l'angolo diedro tra due atomi di carbonio



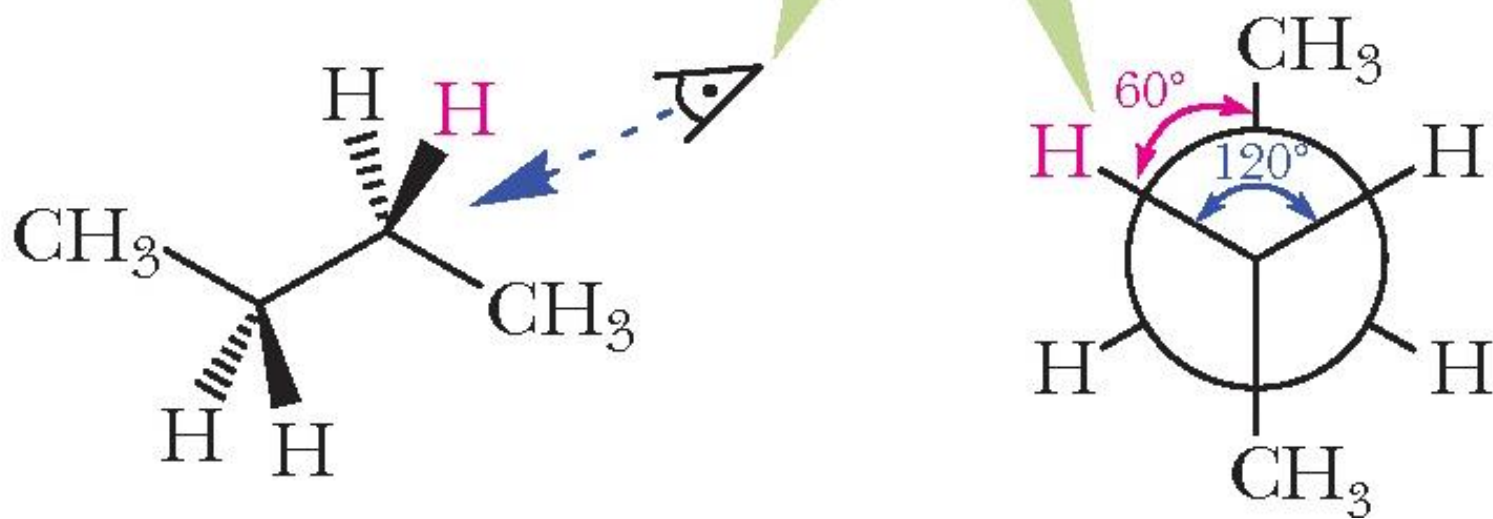
Angolo diedro: angolo tra due semipiani aventi per origine la stessa retta (lo stesso legame C-C)



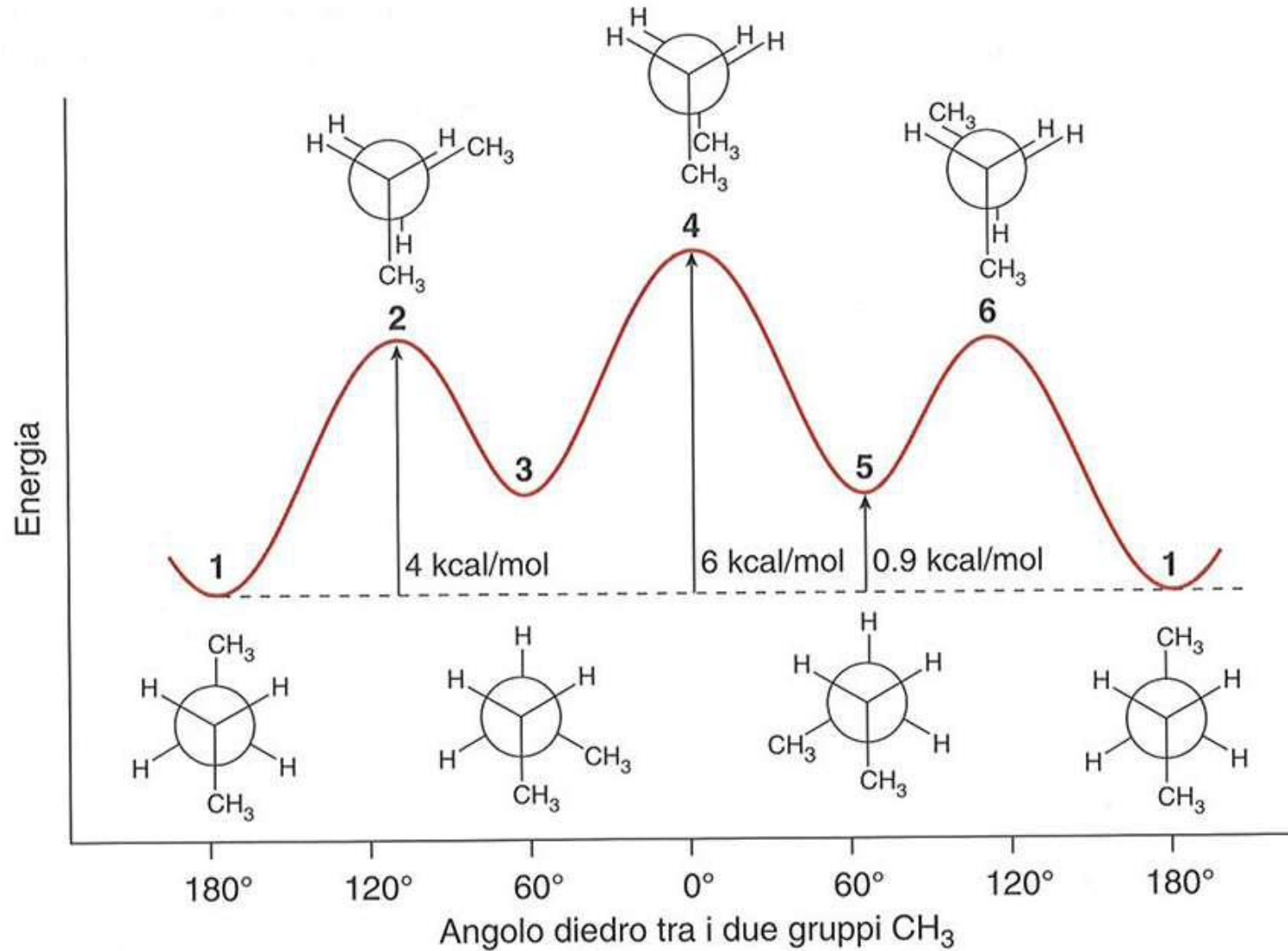
# Conformazione degli alcani

- Proiezioni di Newman

è spesso utile disegnare un occhio nel piano della pagina per visualizzare la proiezione Newman



# Conformazioni del butano



Conformazioni eclissate

**2, 4 e 6**

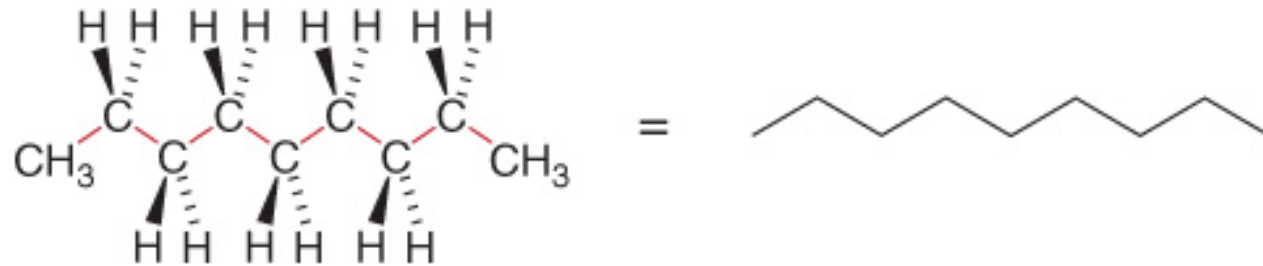
**4** conformazione meno stabile

Conformazioni sfalsate

**1** (anti); **3,5** (gauche)

**1** conformazione più stabile

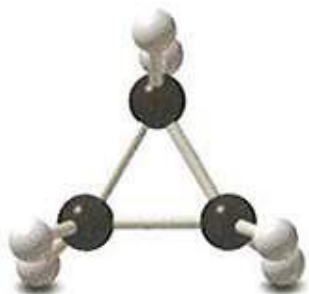
Formule di struttura a linee e angoli (a zigzag)



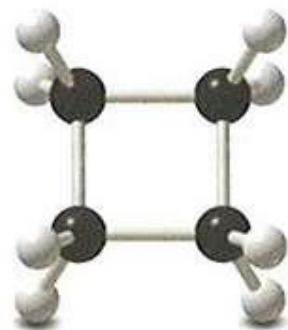
# Cicloalcani

formula  $C_nH_{2n}$

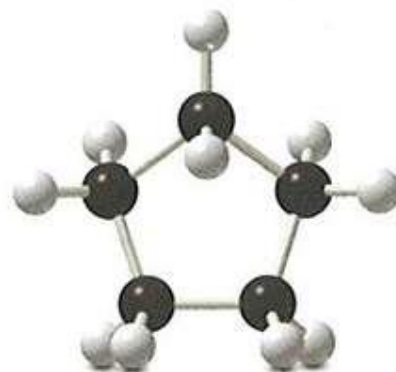
## Cicloalcani semplici



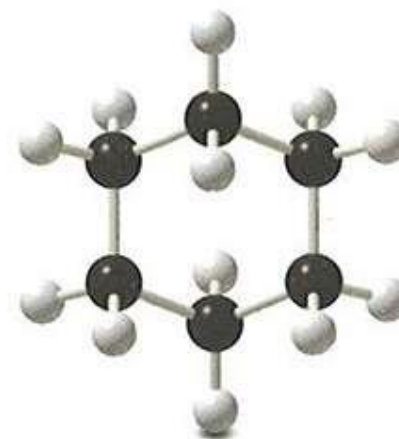
ciclopropano  
 $C_3H_6$



ciclobutano  
 $C_4H_8$



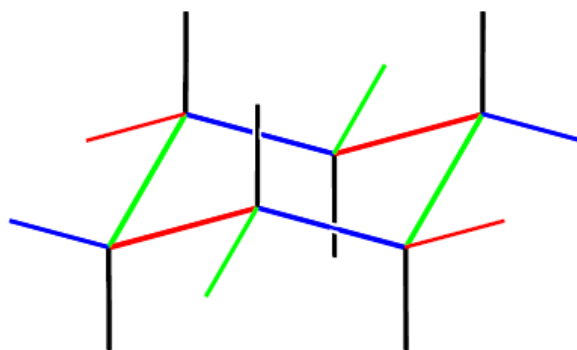
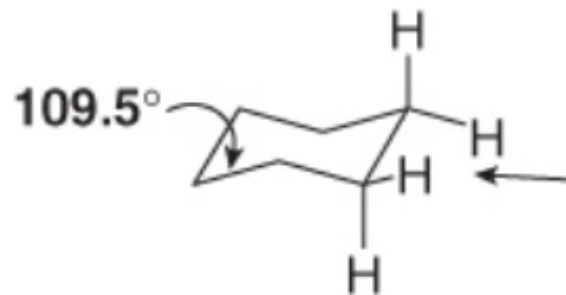
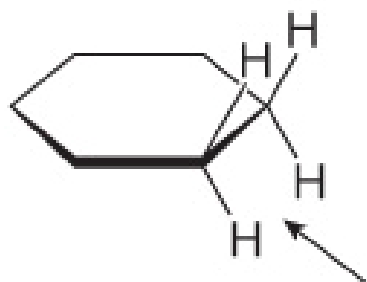
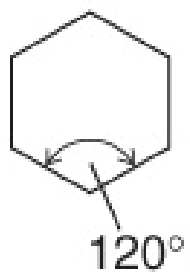
ciclopentano  
 $C_5H_{10}$



cicloesano  
 $C_6H_{12}$



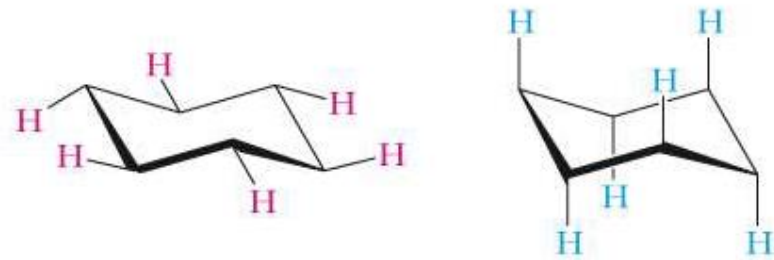
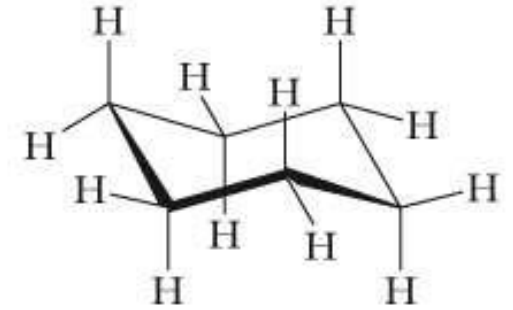
# Cicloesano $C_6H_{12}$



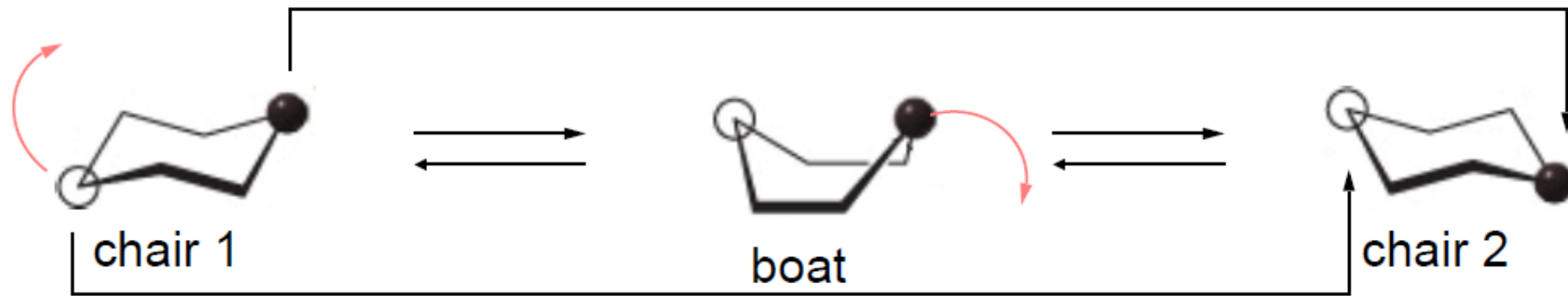
Conformazione a sedia

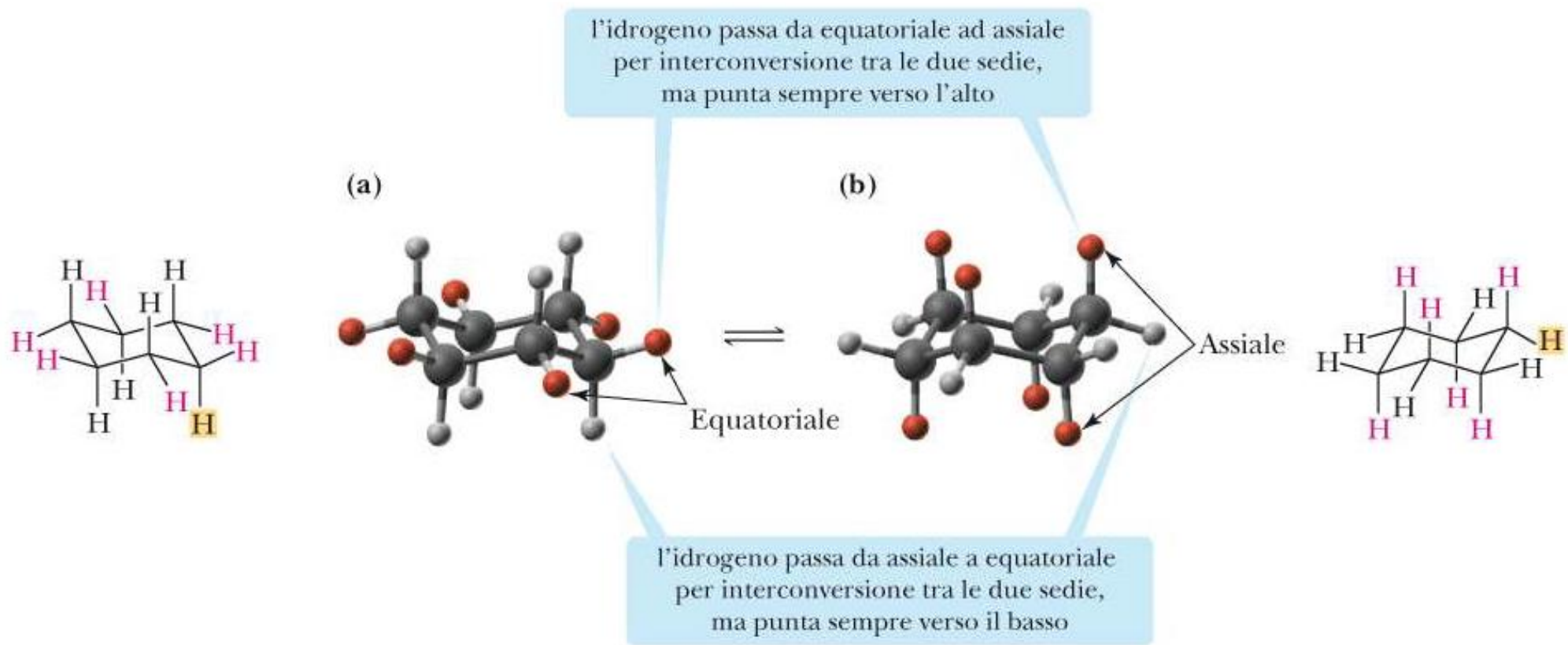
# Conformazione a sedia del cicloesano

- 6 idrogeni assiali
  - 3 rivolti verso l'alto e 3 rivolti verso il basso
- 6 idrogeni equatoriali
  - 3 rivolti verso l'alto e 3 rivolti verso il basso



Interconversione tra le due conformazioni a sedia attraverso la conformazione a barca



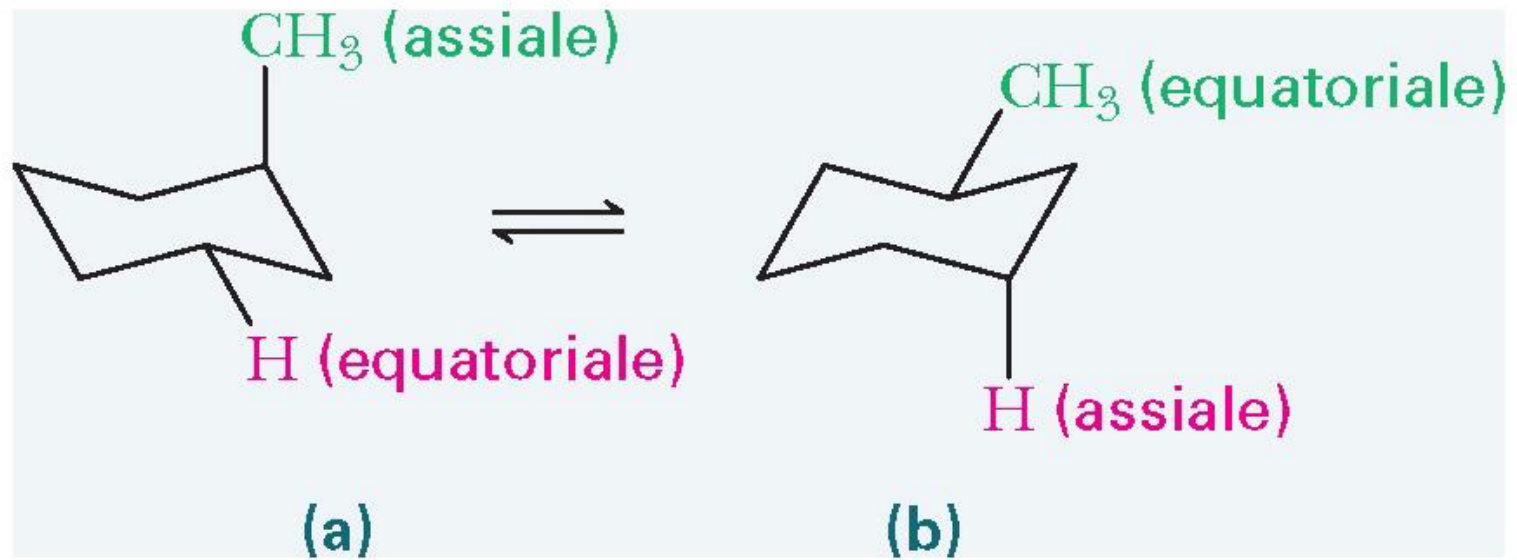


**FIGURA 3.10**

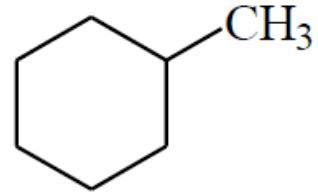
Interconversione tra le due conformazioni a sedia del cicloesano. Tutti i legami C—H che sono equatoriali in una sedia sono assiali nell'altra e viceversa.



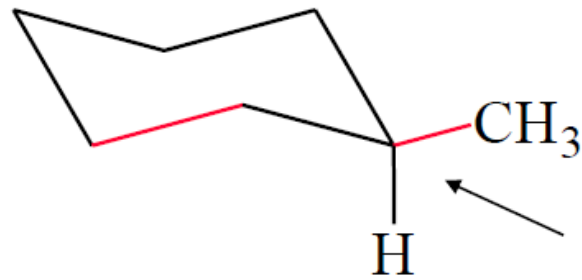
# Metil cicloesano



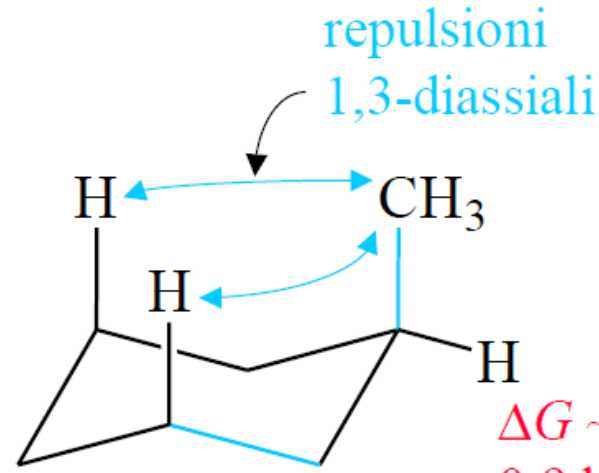
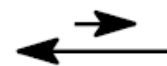
# Interazioni 1,3-diassiali



metilcicloesano



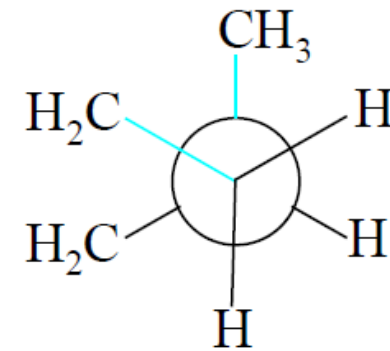
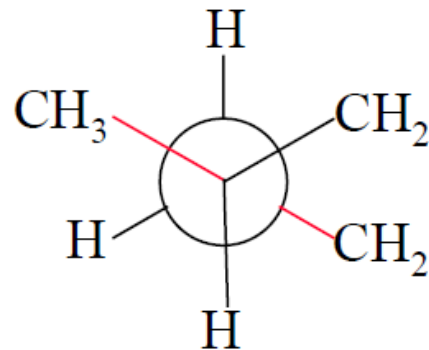
equatoriale  
(95%)  
nessuno  
strain sterico  
(*anti*)



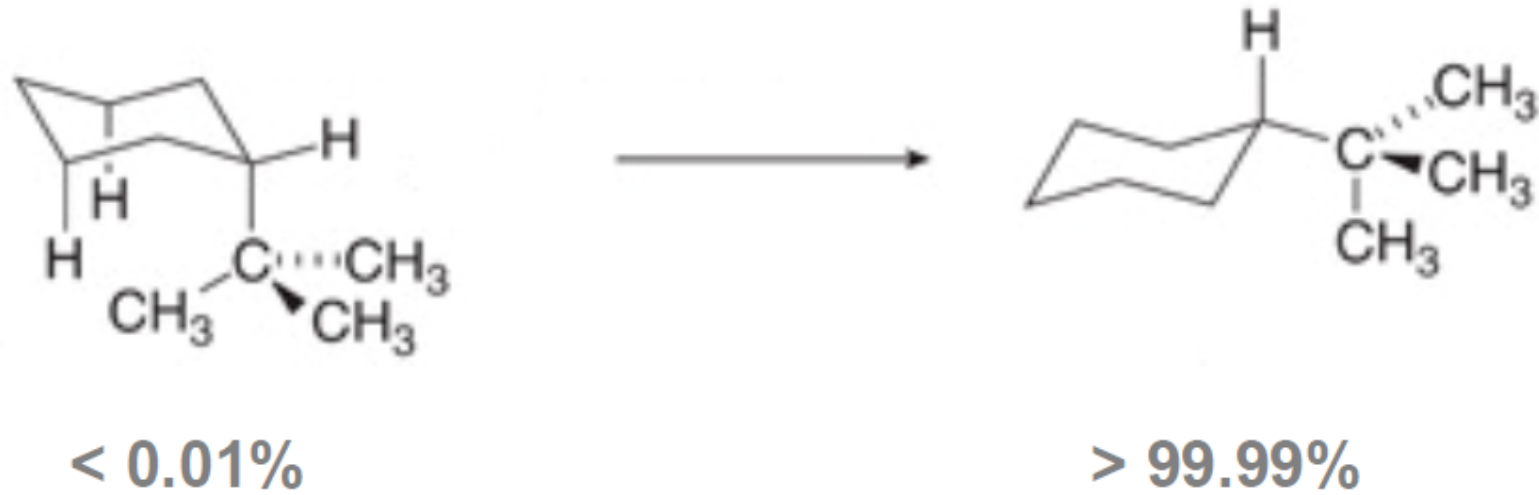
repulsioni  
1,3-diassiali

$\Delta G \sim 1.8$  kcal  
0.9 kcal per ogni  
repulsione CH<sub>3</sub>-H

assiale  
(5%)  
repulsioni  
steriche  
(*gauche*)



# tert-Butilcicloesano



Il gruppo tert-butilico congela l'equilibrio conformazionale

# Cicloalcani disostituiti

Stereoisomeri: isomeri che hanno la medesima connettività tra gli atomi ma differente orientazione 3D degli atomi nello spazio.

## Stereoisomeri

configurazionali

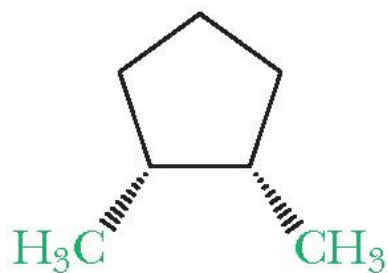
non si possono  
interconvertire se  
non rompendo un  
legame

isomeri geometrici

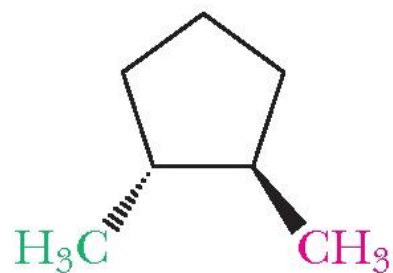
conformazionali

si possono  
interconvertire per  
rotazione attorno a  
un legame

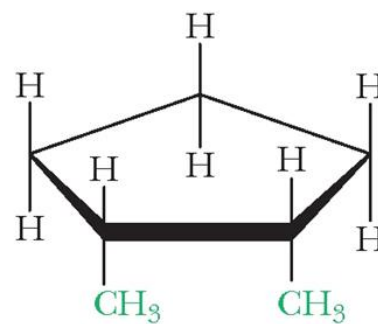
# Cicloalcani disostituiti isomeri geometrici



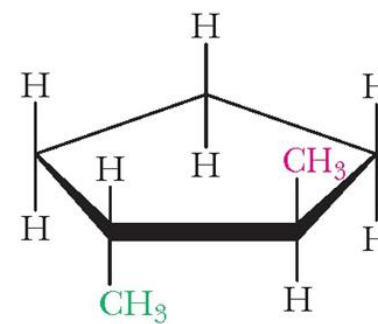
*cis*-1,2-Dimetil-  
ciclopentano



*trans*-1,2-Dimetil-  
ciclopentano



*cis*-1,2-Dimetil-  
ciclopentano



*trans*-1,2-Dimetil-  
ciclopentano

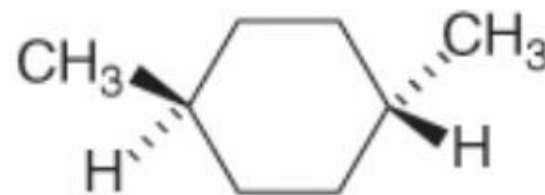
# Cicloesani disostituiti

- 1,2-dimetilcicloesano
- 1,3-dimetilcicloesano
- 1,4-dimetilcicloesano

# 1,4-dimetilcicloesano



*cis*



*trans*

# 1,4-dimetilcicloesano

**cis**



**trans**

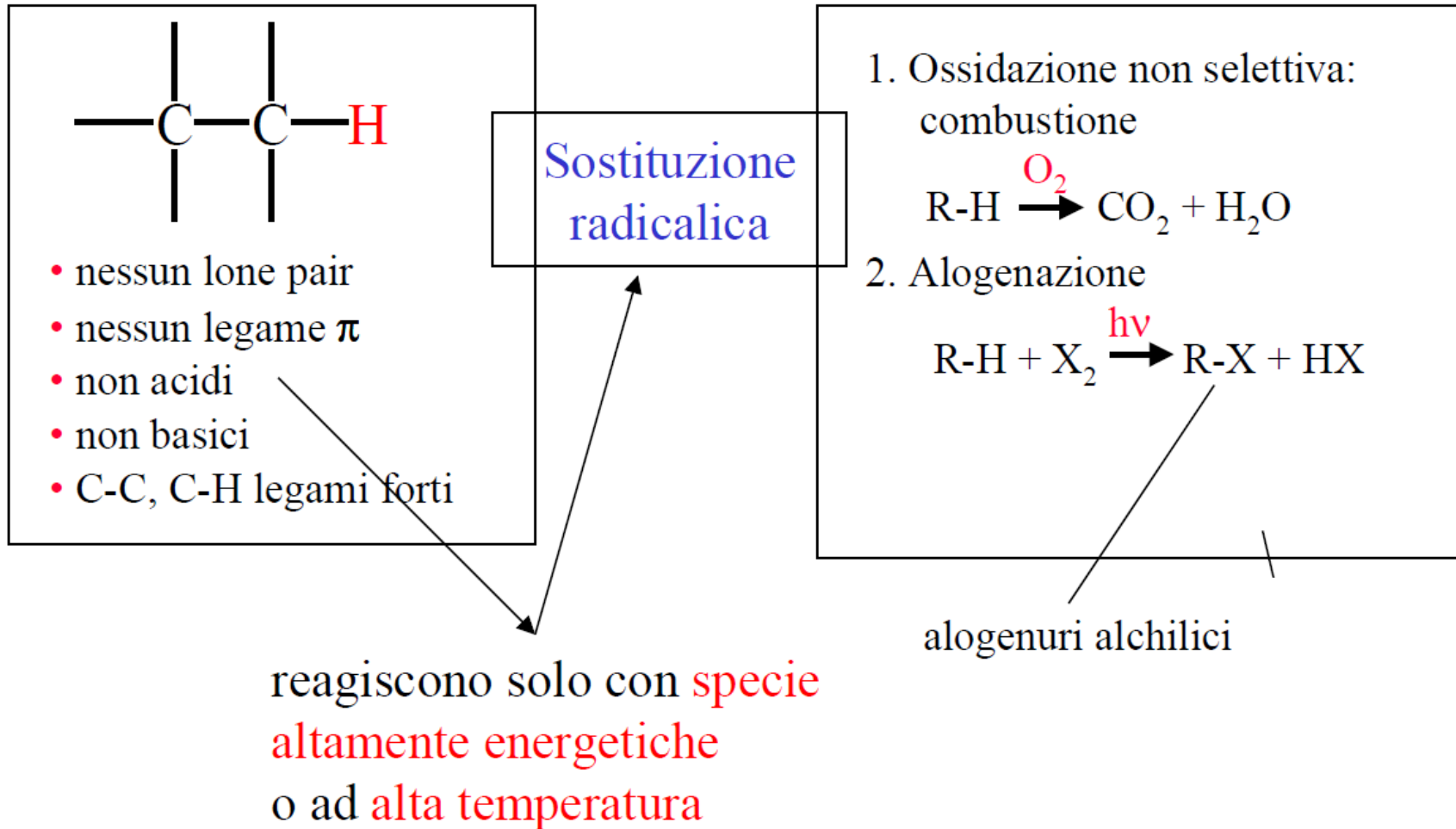




# Reattività degli alcani

- Gli alcani sono l'unica famiglia di molecole organiche che non ha gruppi funzionali pertanto gli alcani danno luogo a poche reazioni (sono detti inerti)

# Reazioni degli idrocarburi

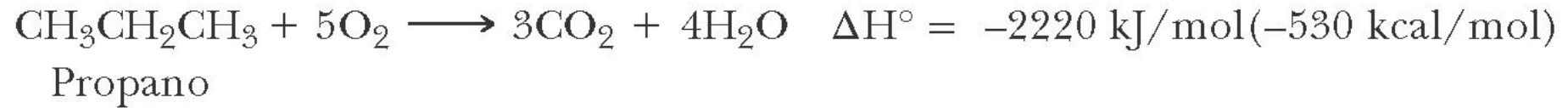


# Reattività degli alcani

- Reazione di combustione:
  - La combustione è una reazione di ossido-riduzione in cui un componente si ossida e un componente si riduce. Gli alcani bruciano in presenza di ossigeno per formare anidride carbonica, acqua e calore
  - I legami C–C e C–H sono convertiti in legami C-O e H-O
  - Ogni atomo di carbonio è convertito in CO<sub>2</sub>

# Reazione di combustione

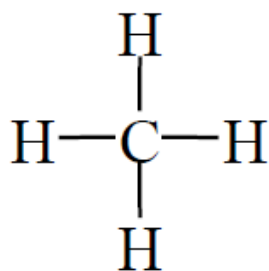
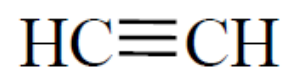
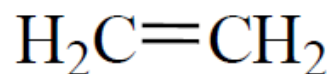
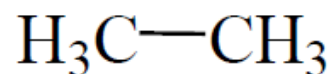
quando si bilanciano le equazioni per le reazioni di combustione degli idrocarburi, per prima cosa si bilancia il numero di atomi di carbonio, poi il numero di atomi di idrogeno, quindi si bilanciano gli atomi di ossigeno. Se l'equazione è ancora non bilanciata, valutare il raddoppio di tutti i coefficienti su ciascun lato dell'equazione



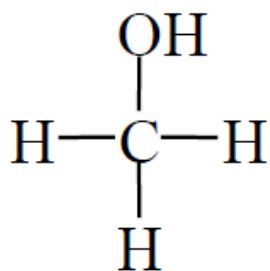
# Stati di ossidazione del carbonio

- Per determinare se, in una reazione chimica, un composto organico si ossida o si riduce bisogna confrontare il numero relativo di legami C-H e C-Z (Z è un atomo più elettronegativo del C):
  - L'ossidazione ha come risultato un aumento del numero di legami C-Z o diminuzione del numero di legami C-H;
  - La riduzione ha come risultato una diminuzione del numero di legami C-Z o un aumento del numero di legami C-H.

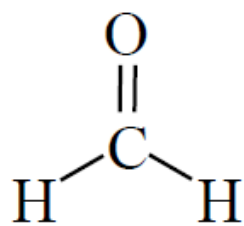
# Ossidazione e riduzione



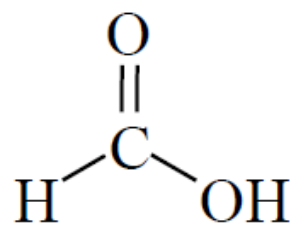
metano



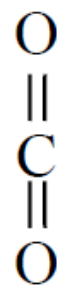
metanolo



formaldeide



acido formico



anidride  
carbonica

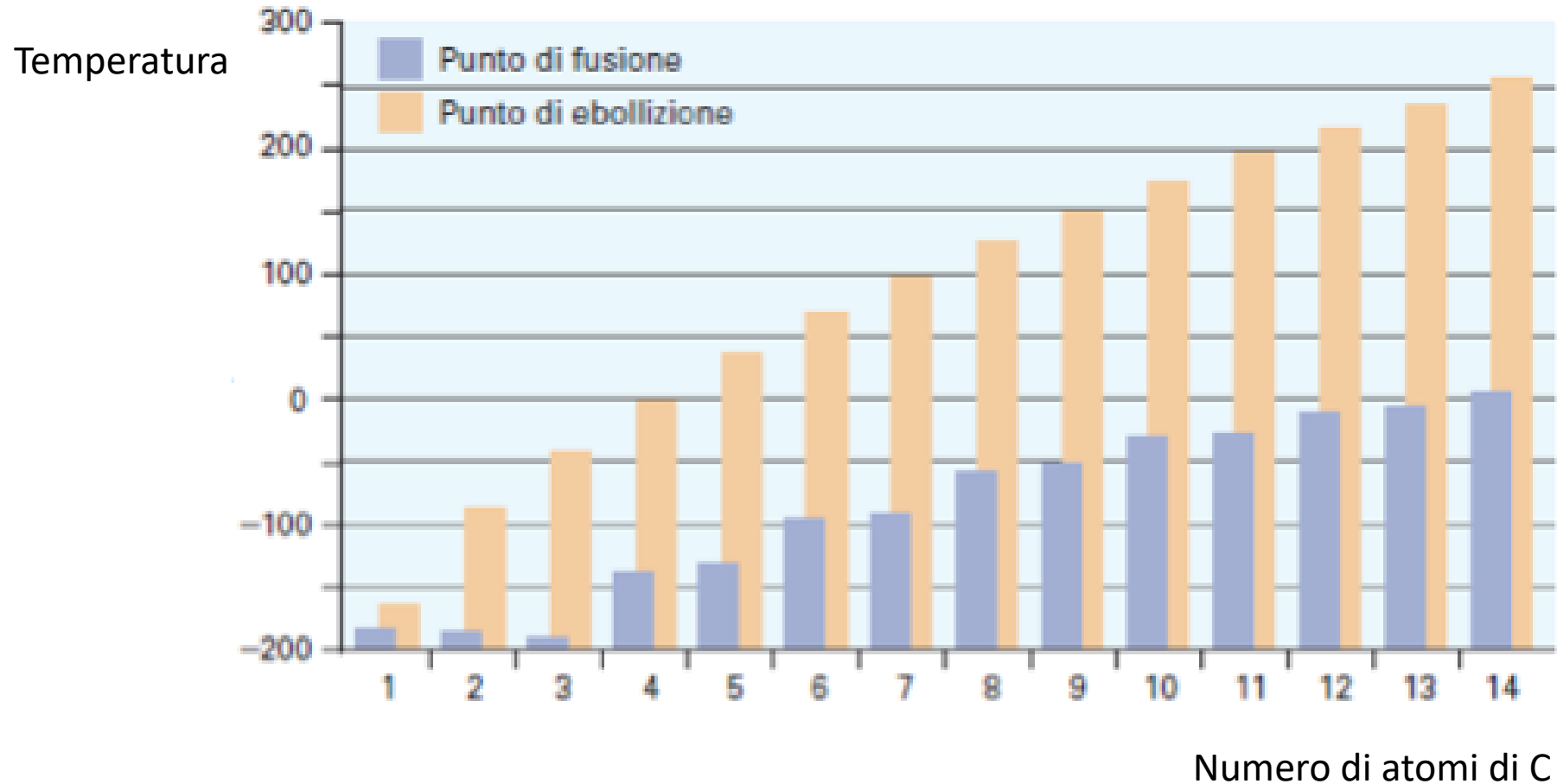
ossidazione

—————→  
più legami C-O, meno legami C-H

riduzione

←—————  
meno legami C-O, più legami C-H

# Proprietà fisiche degli alcani



Solo forze di van der Waals tra le molecole

# Proprietà fisiche degli alcani



Butano  
(p.e.  $-0.5^{\circ}\text{C}$ )



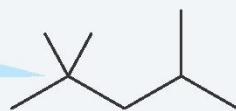
Esano  
(p.e.  $69^{\circ}\text{C}$ )



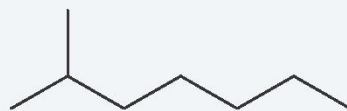
Decano  
(p.e.  $174^{\circ}\text{C}$ )

negli idrocarburi non ramificati,  
più lunga è la lunghezza della catena,  
più grande è l'area superficiale.  
Questo comporta un aumento delle  
forze di dispersione e un aumento  
del punto di ebollizione

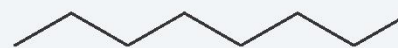
maggiore è la ramificazione, minore  
è l'area superficiale, il che causa una  
diminuzione delle forze di dispersione  
e del punto di ebollizione



2,2,4-Trimetilpentano  
(p.e.  $99^{\circ}\text{C}$ )



2-Metileptano  
(p.e.  $118^{\circ}\text{C}$ )



Ottano  
(p.e.  $125^{\circ}\text{C}$ )



# Proprietà fisiche degli alcani

- C1-C4 gas
- C5-C17 liquidi
- >C17 solidi
- Sono meno densi dell'acqua (0.7-0.8 g/mL)
- Sono insolubili in acqua e solubili nei solventi organici apolari

# Fonti degli alcani

- Gas naturale (90-95% metano, 5-10% etano, propano, butano)
- Petrolio è una complessa miscela formata in prevalenza di idrocarburi C1-C40
  - Dalla distillazione del petrolio si ottengono diverse frazioni con diversi punti di ebollizione
- Carbone

# Combustibili fossili

- Sono il risultato della lenta decomposizione, in migliaia di anni, sotto alte pressioni e temperatura, di materiale organico, principalmente plankton e alghe da cui il nome di combustibile fossile
- Petrolio
  - Il petrolio è una miscela di *migliaia* di composti chimici che si estrae dal sottosuolo.
  - Il petrolio greggio si trova in tutto il mondo e varia moltissimo da zona in zona in densità, contenuto di aromatici, zolfo e metalli.

# Petrolio

- La maggioranza dei suoi componenti sono:
  - **Idrocarburi**, quali alcani (chiamati paraffine), cicloalcani (chiamati nafteni), alcheni, aromatici (~10%), poliaromatici (PAH).
  - **Composti contenenti eteroatomi** come zolfo (tiofene e derivati), ossigeno (acidi e fenoli), azoto (carbazolo, chinolina).
  - **Composti metallici**, presenti in tracce – V, Ni, Fe, Al, Na, Ca, Cu, e U.

C 84-87%

H 11-14

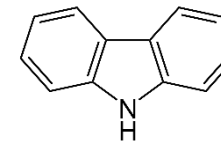
S 0-6

N 0-1

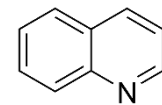
O 0-2



tiofene



carbazolo



chinolina

# Lavorazione del petrolio

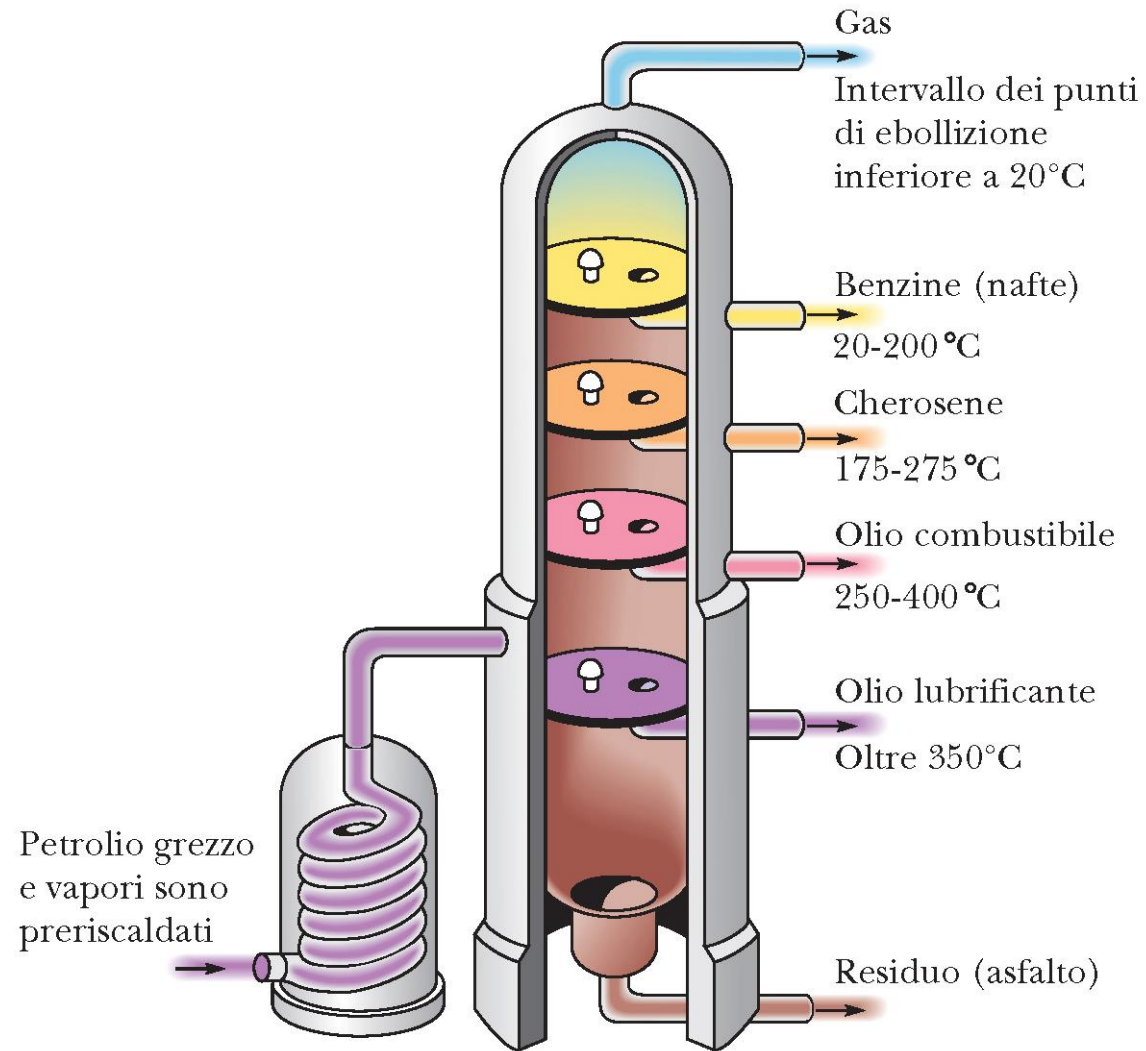
- Comporta tre aspetti:
  - Approvvigionamento di greggio.
  - Conversioni: processi che convertono il greggio in prodotti desiderati (separazione, conversione, rifinitura, etc.) in modo economico e ambientalmente accettabile.
  - Prodotti: sono benzina, diesel, solventi, oli da riscaldamento e oli combustibili, lubrificanti, asfalti, oli combustibili pesanti e coke.

# Raffineria

- Nella raffineria il greggio viene separato in gruppi di idrocarburi mediante la distillazione frazionata
- Ogni prodotto (miscela di composti) distilla in un range di p.eb. e viene chiamato “frazione” o “taglio”.
- I vapori distillati si raccolgono in torri di condensazione.



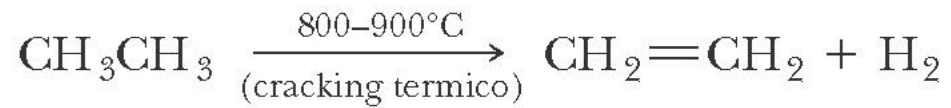
# Raffinerie



**FIGURA 3.13**

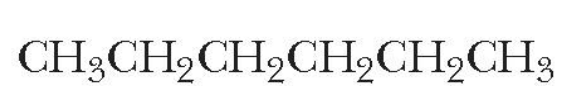
Distillazione frazionata del petrolio. Le frazioni più leggere, più volatili, sono estratte dalla parte superiore della colonna, mentre le frazioni più pesanti, meno volatili, dalla parte inferiore.

# Cracking e reforming catalitico

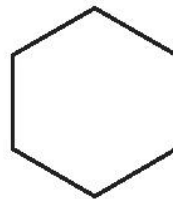
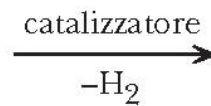


Etano

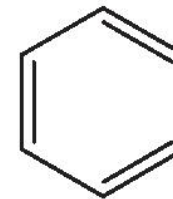
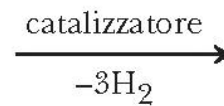
Etilene



Esano



Cicloesano



Benzene



Prodotto	Uso	Composizione (n. Carboni)	Range di p.eb. (°C)
<b>Gas</b> (metano, etano, propano, butano)	riscaldamento, cucina	1 – 4	< 20
<b>Nafta</b> (leggera e pesante)	intermedio che sarà ulteriormente lavorato per fare benzina	5 – 9	60 – 100
<b>Benzina</b>	carburante per motori	5 – 12	40 – 205
<b>Kerosene</b>	carburante per aerei	10 – 18	175 – 325
<b>Gasolio</b>	combustibile per diesel e olio riscaldante	12 – 20	250 – 350
<b>Olio Lubrificante</b>	lubrificanti, grassi	20 – 50	300 – 370
<b>Olio pesante</b>	combustibile industriale	20 – 70	370 – 600
<b>Residui</b>	coke, asfalto, peci, bitumi, cere	70 o più	sopra 600