

Approccio alla **CHIMICA ORGANICA**



- **Chimica organica:
gli idrocarburi**
- **I gruppi funzionali**



CHIMICA ORGANICA: GLI IDROCARBURI

Competenze

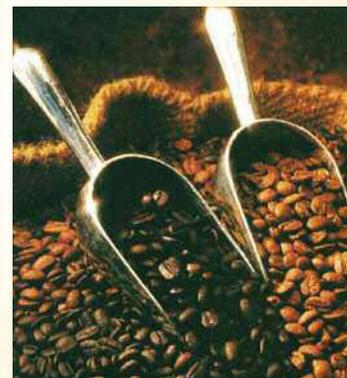
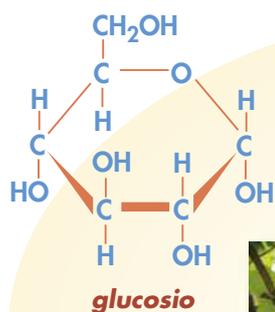
- Distinguere gli idrocarburi in base al legame covalente (singolo, doppio, triplo) presente in una molecola.
- Assegnare il nome IUPAC ad un idrocarburo, data la sua formula.
- Scrivere la formula di struttura di un idrocarburo, dato il nome IUPAC.
 - Scrivere gli isomeri di struttura di due composti con la stessa formula molecolare.
- Mettere in relazione la struttura e le proprietà degli idrocarburi.
- Comprendere la struttura del benzene secondo il modello della risonanza.

1. La chimica organica

La **chimica organica** è la chimica dei composti del carbonio. Infatti tutti i composti organici contengono sempre *atomi di carbonio* ed, inoltre, *atomi di idrogeno*. Altri elementi, che possono essere presenti, sono l'*ossigeno*, l'*azoto*, lo *zolfo*, il *fosforo* e gli *alogeni*.

Composti organici, che sono stati isolati dalla materia vivente, includono le *proteine*, i *carboidrati*, i *lipidi* e gli *acidi nucleici*.

Un elevato numero di composti organici è stato, invece, preparato per sintesi, come i prodotti farmaceutici, i coloranti, le fibre sintetiche, i detersivi e le gomme sintetiche.



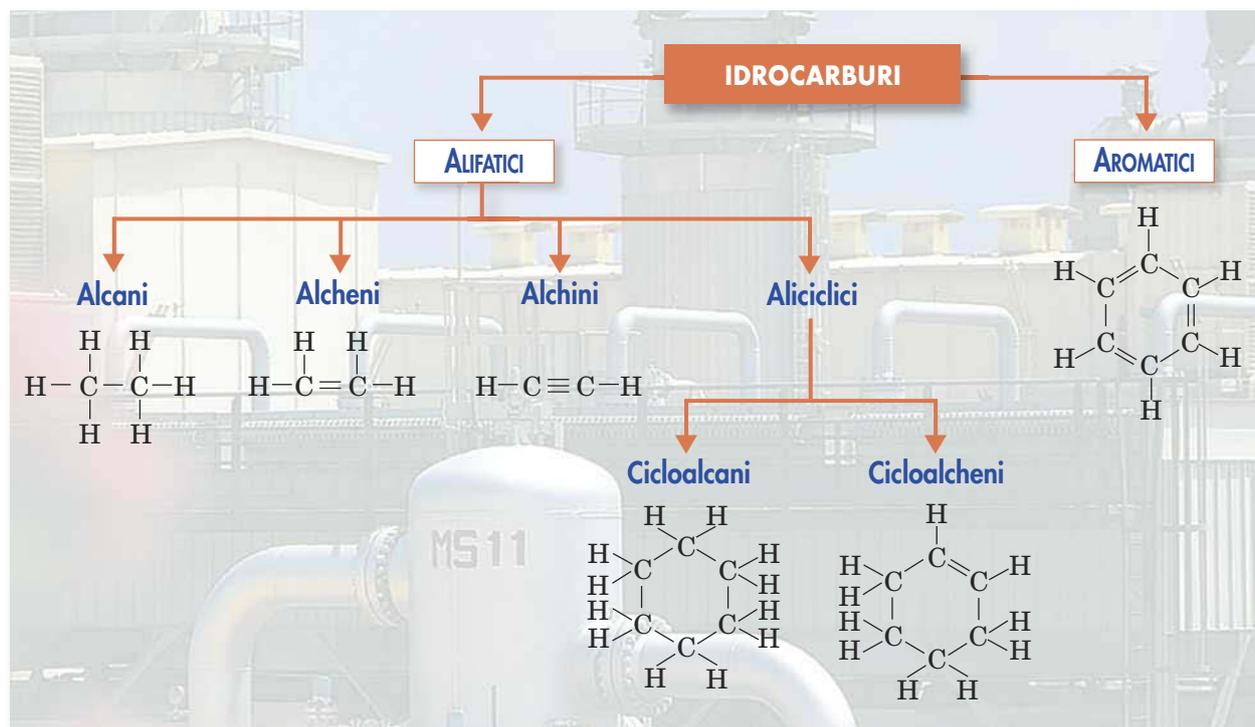
2. Gli idrocarburi

*I composti organici che contengono carbonio e idrogeno prendono il nome di **idrocarburi**.*

Essi sono i costituenti dei gas naturali e dei prodotti petroliferi. Trovano impiego come combustibili e anche come materia prima per la sintesi di molti prodotti commerciali.

In base alla loro struttura, gli idrocarburi vengono suddivisi in due serie: **alifatici** (alcani, alcheni, alchini, aliciclici) e **aromatici** (benzene, toluene, xilene, ecc). Quelli alifatici, tranne i cicloalcani e i cicloalcheni, hanno *strutture lineari* in cui gli atomi di carbonio formano delle catene, mentre quelli *aromatici* hanno *strutture ad anello* (Tabella 1).

TABELLA 1.



3. Gli alcani

Gli **alcani** sono detti *idrocarburi saturi* perché i legami carbonio-carbonio di questi composti sono tutti legami singoli.

Il **metano** è il più semplice degli alcani ed ha formula molecolare CH_4 . La sua molecola ha la struttura di un tetraedro, con il carbonio al centro ed ai vertici quattro atomi di idrogeno ad esso legati con angoli di $109,5^\circ$ (figura 1).

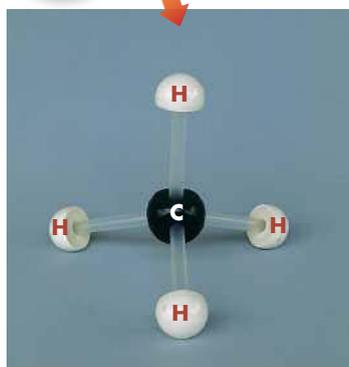
L'**etano** (C_2H_6) ed il **propano** (C_3H_8) sono alcani rispettivamente con due e tre atomi di carbonio (figure 2 e 3 nella pagina seguente).

La formula generale degli alcani soddisfa la relazione



dove, indicando con n il numero degli atomi di carbonio, quello degli idrogeni risulta il doppio più due.

MODELLO DELLA MOLECOLA DEL METANO

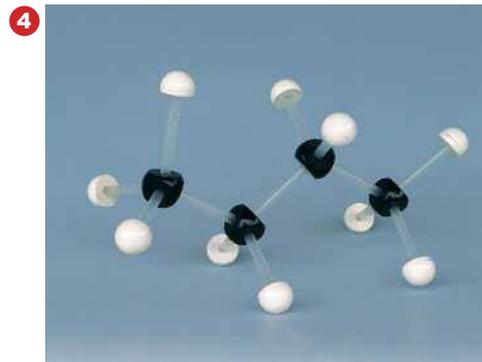




2. Modello della molecola dell'etano.



3. Modello della molecola del propano.



4. Modello della molecola del butano.

Il **butano**, che è il quarto termine della serie, ha quattro atomi di carbonio ($n = 4$), per cui gli atomi di idrogeno saranno due volte quattro più due, cioè dieci (*figura 4*).

La formula molecolare del butano è, pertanto, C_4H_{10} .

I modelli molecolari, che danno una disposizione tridimensionale di una molecola, evidenziano che intorno agli atomi di carbonio di un alcano si formano angoli che fanno assumere alla catena un andamento a zig-zag. Ciò è una conseguenza della disposizione tetraedrica del carbonio negli alcani. Infatti, secondo la teoria VSEPR, ogni atomo di carbonio con quattro legami covalenti singoli presenta disposizione tetraedrica.

I composti della serie degli alcani terminano con il suffisso **-ano**.

Fatta eccezione per i primi quattro termini, dal quinto in poi il nome dell'alcano presenta un prefisso, che fa riferimento alla numerazione greca, e specifica il numero degli atomi di carbonio.

Il composto C_5H_{12} corrisponde al **pentano** (*penta* = cinque), C_6H_{14} all'**esano** (*esa* = sei) e così via.

TABELLA 2. NOMI DI ALCANI

FORMULA	NOME	FORMULA	NOME
CH_4	metano	$C_{11}H_{24}$	undecano
C_2H_6	etano	$C_{12}H_{26}$	dodecano
C_3H_8	propano	$C_{13}H_{28}$	tridecano
C_4H_{10}	butano	$C_{14}H_{30}$	tetradecano
C_5H_{12}	pentano	$C_{15}H_{32}$	pentadecano
C_6H_{14}	esano	$C_{16}H_{34}$	esadecano
C_7H_{16}	eptano	$C_{17}H_{36}$	eptadecano
C_8H_{18}	ottano	$C_{18}H_{38}$	octadecano
C_9H_{20}	nonano	$C_{19}H_{40}$	nonadecano
$C_{10}H_{22}$	decano	$C_{20}H_{42}$	eicosano

■ Formula molecolare e formula di struttura

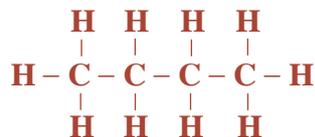
La **formula molecolare** di una sostanza indica il tipo ed il numero di atomi presenti nella molecola. La **formula di struttura** rappresenta su un piano la sequenza con cui gli atomi sono legati in una molecola.

Ad esempio, per scrivere la formula di struttura del butano, la cui formula molecolare è C_4H_{10} , si scrivono prima i quattro atomi di carbonio in catena continua:



Poiché ogni atomo di carbonio può formare quattro legami covalenti, gli atomi di carbonio terminali possono legarsi con tre atomi di idrogeno, mentre ogni atomo di carbonio interno alla catena può legarsi con due atomi di idrogeno.

La formula di struttura del **butano** sarà perciò:



Le formule di struttura di questo tipo risultano ingombranti e lunghe da scrivere. Si preferisce, pertanto, utilizzare *formule di struttura condensate* che, nell'esempio del *butano*, possono essere così rappresentate:



Nella formula (a) vengono evidenziati solo i legami tra gli atomi di carbonio, mentre gli atomi di idrogeno vengono associati al carbonio corrispondente. Anche nella formula (b), che risulta ancora più condensata, è evidente la connessione dei quattro atomi di carbonio in catena e degli atomi di idrogeno corrispondenti.

Negli alcani ogni termine della serie differisce da quello successivo per un gruppo $-\text{CH}_2-$.

Ad esempio, il pentano è $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$.

4. Isomeri di struttura

Alla formula molecolare del metano CH_4 , dell'etano C_2H_6 , del propano C_3H_8 , corrisponde rispettivamente una sola formula di struttura.

Per quanto riguarda il C_4H_{10} , invece, si hanno due formule di struttura. Una contiene gli atomi di carbonio in catena continua (lineare), mentre l'altra in catena ramificata.

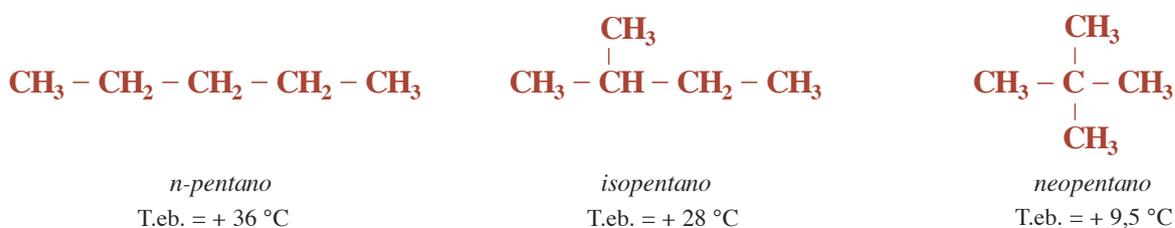
A queste due strutture corrispondono due composti, il n-butano e l'isobutano, che sono chiamati **isomeri di struttura**.



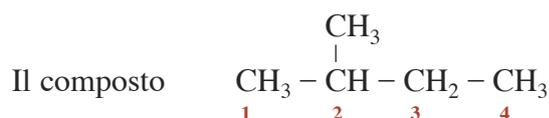
Sono detti **isomeri di struttura** quei composti che hanno la stessa formula molecolare ma differente formula di struttura.

Quindi gli isomeri di struttura sono costituiti dello stesso numero e tipo di atomi, ma legati in una sequenza diversa.

Alla formula molecolare C_5H_{12} corrispondono tre isomeri di struttura:



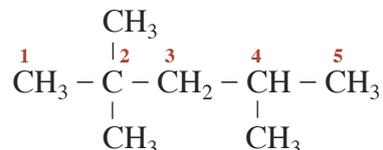
Per ogni formula molecolare, gli isomeri di struttura presentano le stesse proprietà chimiche ma proprietà fisiche differenti, come la temperatura di fusione e quella di ebollizione.



avendo la catena continua più lunga a quattro atomi di carbonio è un *butano*. Poiché un atomo di idrogeno del secondo atomo di carbonio è sostituito da un metile, il nome del composto sarà **2-metilbutano**.

- c. Se è presente più di un gruppo alchilico dello stesso tipo, cioè due o più sostituenti identici, si fa precedere l'appropriato prefisso (*di-* per due, *tri-* per tre, *tetra-* per quattro, ecc.) al nome del gruppo alchilico.

Consideriamo il composto



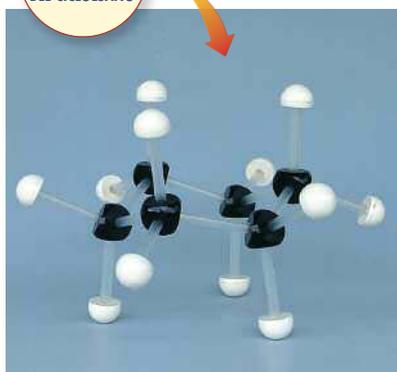
Avendo una catena lineare a cinque atomi di carbonio, il composto è un *pentano*. Dei tre gruppi metilici (*trimetil*), due sono sul secondo atomo di carbonio ed il terzo sul quarto. Il suo nome sarà pertanto **2,2,4-trimetilpentano**. Nella nomenclatura di un composto, i numeri sono separati da virgole e uniti al nome del composto da un trattino.

- d. Se sulla catena sono presenti due o più sostituenti diversi, questi si elencano in ordine alfabetico.

I prefissi come *di* o *tri* non contano nell'alfabetizzazione dei sostituenti, e neppure i prefissi in corsivo come *n-*, *sec-* e *terz-*.

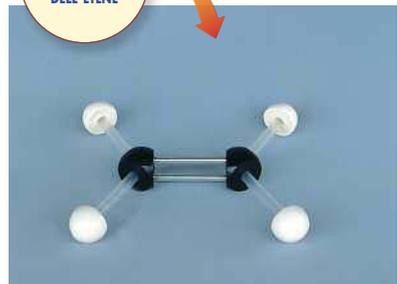
Per esempio, *sec*-butile è considerato come butile.

MODELLO DELLA MOLECOLA DEL CICLOESANO



5. La struttura non è planare, ma presenta una conformazione "a sedia".

MODELLO DELLA MOLECOLA DELL'ETENE



6. L'etene, l'alchene più semplice, è la sostanza con cui si prepara il polietene (o polietilene), un polimero di largo consumo.

7. I cicloalcani

I **cicloalcani** sono idrocarburi che presentano una *struttura ad anello*.

Derivano dagli alcani per chiusura delle due estremità della catena lineare con espulsione di due atomi d'idrogeno.

La formula generale di questa serie è C_nH_{2n} . A tre atomi di carbonio corrisponde il **ciclopropano** C_3H_6 , a quattro il **ciclobutano** C_4H_8 , a cinque il **ciclopentano** C_5H_{10} , a sei il **cicloesano** C_6H_{12} .

Il cicloesano ha una notevole importanza industriale perché costituisce il punto di partenza per la preparazione del nailon.

8. Gli alcheni

Gli **alcheni** sono idrocarburi non saturi le cui molecole possiedono almeno un doppio legame $C = C$ nella catena.

Gli alcheni hanno formula generale C_nH_{2n} , cioè hanno due atomi di carbonio in meno rispetto agli alcani corrispondenti.

Il primo termine della serie, l'**etene**, C_2H_4 , ha due atomi di carbonio, il secondo termine, il **propene**, C_3H_6 , ha tre atomi di carbonio, il terzo termine della serie, il **butene**, C_4H_8 , ha quattro atomi di carbonio. I termini etilene, propilene, butilene appartengono alla nomenclatura tradizionale, anche se vengono ancora mantenuti nella pratica industriale.

10. Composti aromatici

Il termine *aromatico* venne utilizzato, originariamente, per descrivere sostanze profumate come la *benzaldeide* (ricavata da mandorle, pesche, ciliegie), il *benzene* ed altre.

Successivamente furono scoperte sostanze che avevano le stesse proprietà del benzene, pur avendo odore sgradevole.

Tuttavia il termine aromatico è rimasto, indipendentemente dal suo significato etimologico.

Oggi, si indicano come **composti aromatici** tutte le sostanze che presentano un insieme di proprietà simili a quelle del benzene, che è il termine più importante della serie.

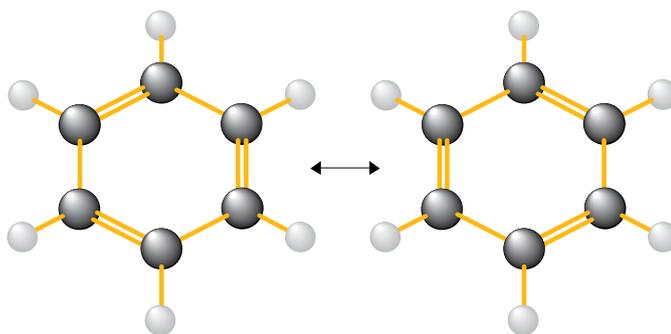
■ Struttura e legami del benzene

Nel 1865, il chimico tedesco *August Kekulé* (1829-1896) propose per il **benzene**, che ha formula molecolare C_6H_6 , una struttura ad esagono regolare dove ogni atomo di carbonio occupa un vertice. A ciascun atomo di carbonio è legato un idrogeno. Suppose, inoltre, che l'anello contenesse tre legami semplici alternati con tre legami doppi, in modo che i quattro elettroni di valenza del carbonio fossero impegnati nella formazione di quattro legami covalenti.

Successivamente, misure sperimentali hanno dimostrato che tutti i legami carbonio-carbonio del benzene hanno la stessa lunghezza di 140 pm, intermedia tra un legame semplice (154 pm) ed uno doppio (133 pm). Per tener conto di questi dati sperimentali, si può immaginare che la struttura vera del benzene risulti dalla "combinazione" di due strutture che differiscono per la posizione del doppio legame.

Queste strutture sono chiamate "**strutture di risonanza**" del benzene. Il fatto che siamo in presenza di due strutture di risonanza viene indicato dalla freccia a due punte (*figura 8*).

8.
Le due strutture di risonanza del benzene presentano una diversa disposizione dei tre doppi legami.

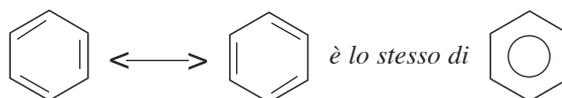


In *figura 8* ogni struttura, singolarmente, non rappresenta il benzene e non ha esistenza autonoma.

Il termine risonanza e l'uso della freccia a due punte possono far pensare *erroneamente* che la struttura vera del *benzene* *oscilli* in continuazione tra una struttura e l'altra. In realtà occorre pensare il benzene come qualcosa di intermedio tra le due strutture di Kekulé.

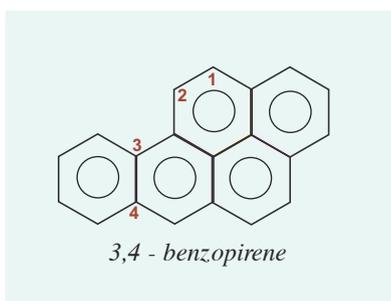
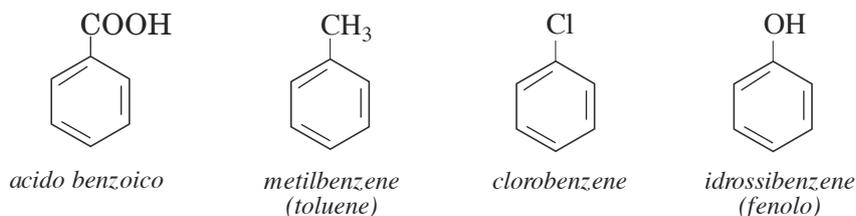
Il benzene, comunemente, viene rappresentato con un esagono regolare in cui ogni vertice corrisponde ad un atomo di carbonio legato ad un atomo d'idrogeno, e con tre legami doppi alternati.

Il benzene è anche rappresentato con un esagono con un cerchio interno per indicare che tutti i legami carbonio-carbonio sono equivalenti.



Nelle reazioni chimiche, per seguire meglio gli spostamenti degli elettroni di valenza, risulta utile rappresentare il benzene con una delle strutture di Kekulé con i tre legami doppi alternati che mette in evidenza i sei elettroni.

Altri esempi di idrocarburi aromatici sono:



Il benzene è la più semplice molecola aromatica. Esistono molecole con carattere aromatico che sono formate da due o più anelli del benzene, come *naftalene*, *antracene*, *pirene*, che condividono almeno un lato (*anelli condensati*). Questi composti sono detti **idrocarburi policiclici aromatici**.



Tra gli idrocarburi policiclici il più studiato è stato il *benzopirene*, un composto cancerogeno. Questo si forma nella combustione di materia organica (carbone o legna, benzina e oli combustibili, sigarette e sigari), e nell'arrostimento della carne.

9. Durante una combustione si generano grandi quantità di inquinanti, incluso il benzopirene.

10. L'energia termica sviluppata dalla fiamma ossiacetilenica è usata per la saldatura dei metalli.

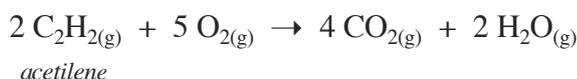
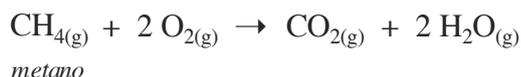


10

11. Proprietà e origini degli idrocarburi

Gli idrocarburi presentano proprietà fisiche molto simili: le molecole di questi composti sono non polari, per cui sono insolubili in acqua; inoltre la loro densità è inferiore a quella dell'acqua.

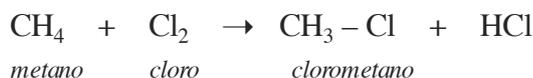
Dal punto di vista chimico, una reazione comune è quella di ossidazione: con l'ossigeno gli idrocarburi bruciano con una reazione esotermica e danno diossido di carbonio e acqua.



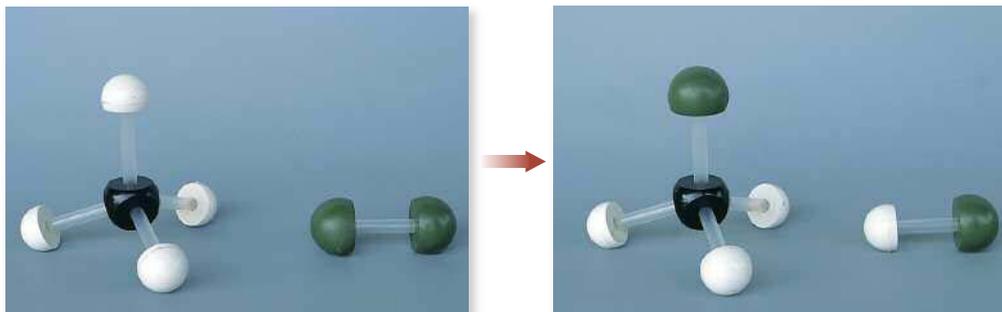
Ad eccezione con l'ossigeno, si notano differenze notevoli tra le varie classi di composti nella reattività chimica.

11.
 (a) e (b) Simulazione della
 REAZIONE DI ALOGENAZIONE
 DI UN ALCANO:
 in (a) i reagenti (*metano e cloro*);
 in (b) i prodotti di reazione
 (*clorometano e cloruro di idrogeno*).

Gli **idrocarburi saturi** con gli alogeni danno *reazioni di sostituzione*: in questo caso uno o più idrogeni vengono sostituiti da atomi di alogeni.



11



12

12.
 Posa in opera di condotta
 sottomarina per il trasporto di gas.

Le principali sorgenti degli idrocarburi sono il *gas naturale* e il *petrolio*.
 Il **gas naturale** è costituito per il 90-99 % da metano; gli altri idrocarburi sono l'etano, il propano e il butano.

Il propano e il butano, che possono essere liquefatti con facilità (t.eb. del propano $-42\text{ }^\circ\text{C}$; t.eb. del butano $0\text{ }^\circ\text{C}$), vengono messi in commercio allo stato liquido, in bombole di acciaio, ad una pressione di 7,5 atm il propano e di 3 atm il butano, a $20\text{ }^\circ\text{C}$; costituiscono il GPL (Gas di Petrolio Liquefatti) che viene impiegato come combustibile nelle abitazioni che non vengono raggiunte dal gas metano.

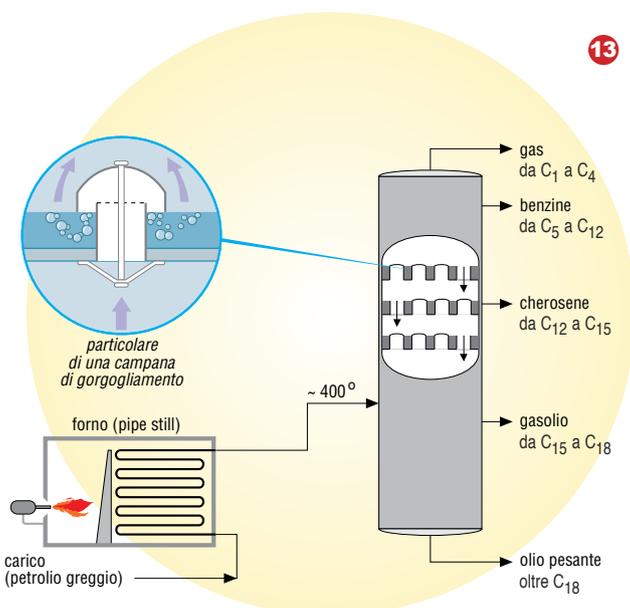
Oggi il GPL trova anche impiego come combustibile per gli autoveicoli.

Dal **petrolio** i vari idrocarburi sono ottenuti mediante *distillazione frazionata*. Con questo processo il petrolio non viene separato nei singoli composti puri che lo costituiscono, bensì in *diverse frazioni petrolifere*: queste sono miscele di idrocarburi che differiscono per la temperatura di ebollizione e, inoltre, presentano impieghi specifici. Tali separazioni sono possibili perché, con l'aumentare del numero degli atomi di carbonio, la temperatura di ebollizione cresce.

Come si può notare dalla *figura 13*, il greggio petrolifero viene scaldato ad una temperatura di circa $400\text{ }^\circ\text{C}$, ed i vapori sono fatti arrivare nella colonna di distillazione. La temperatura nella colonna diminuisce dal basso verso l'alto, per cui dall'alto uscirà la frazione con la più bassa temperatura di ebollizione, mentre scendendo verso il basso usciranno le frazioni con temperatura di ebollizione sempre crescente.

13

Un parametro che caratterizza la qualità di una benzina è il *numero di ottano (N.O.)*. Più è alto questo valore, migliore è la qualità del combustibile. Nella benzina verde, per alzare il numero di ottano, vengono usati, come additivi, metanolo e i composti metil-terz-butiletere (MTBE) e alcool terz-butilico.

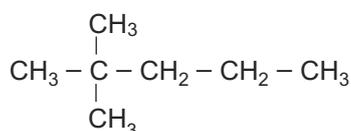


13.

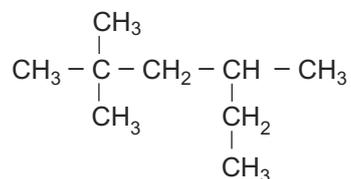
In "testa" alla colonna si trovano le frazioni più leggere, a più bassa temperatura di ebollizione; in "coda" quelle più pesanti, a più alta temperatura di ebollizione.

GLI ALCANI

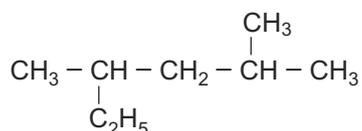
- 1 Quale dei seguenti *composti* è un *alcano*?
- a. C_6H_{14} b. C_6H_{12}
c. C_6H_6 d. C_4H_6
- 2 Tra i seguenti *composti* individua l'*etano*:
- a. C_5H_{12} b. CH_4
c. C_2H_6 d. C_8H_{18}
- 3 Dai il *nome IUPAC* del composto rappresentato dalla formula di struttura



- 4 Dai il *nome IUPAC* del composto rappresentato dalla formula di struttura



- 5 Dai il *nome IUPAC* del composto rappresentato dalla formula di struttura



ISOMERI DI STRUTTURA

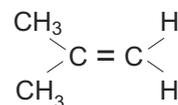
- 6 Gli *isomeri di struttura* presentano:
- a. la stessa formula molecolare
b. la stessa formula molecolare, ma diversa formula di struttura
c. proprietà chimiche differenti
d. proprietà fisiche uguali
- 7 Negli *alcani* si definiscono *isomeri di struttura* i composti che:
- a. hanno la stessa formula molecolare ma differiscono nella disposizione degli atomi di carbonio
b. differiscono nella massa molecolare
c. differiscono nella disposizione degli atomi di carbonio
d. hanno la stessa formula molecolare e identica temperatura di ebollizione

- 8 Rappresenta un *isomero* del composto n-butano
- $$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$

- 9 Rappresenta tre differenti composti *isomeri* che hanno la formula C_5H_{12} .

GLI ALCENI E GLI ALCINI

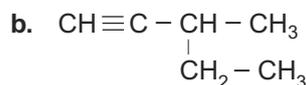
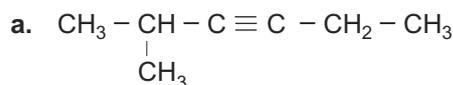
- 10 Quale formula rappresenta un *alchene*?
- a. C_2H_2 b. C_3H_8 c. C_4H_8 d. C_6H_6
- 11 Dai il *nome* del seguente composto insaturo.



- 12 Scrivi la struttura di:
4-metil-2-pentene

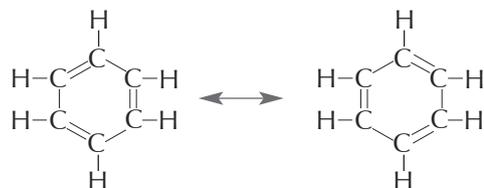
- 13 Gli *alchini* con la *nomenclatura IUPAC* terminano in:
- a. - ene b. - ano c. - ino a. - olo

- 14 Dai il *nome IUPAC* dei seguenti *alchini*:



STRUTTURA E LEGAMI DEL BENZENE

- 15 La molecola C_6H_6 ha due strutture di risonanza:



Quale delle seguenti affermazioni relative alla molecola C_6H_6 NON è corretta?

- a. Tutti i legami C – H hanno la stessa lunghezza
b. Tutti i legami tra due atomi di carbonio adiacenti hanno la stessa lunghezza
c. L'energia di legame tra due atomi di carbonio adiacenti è maggiore di quella tra legami singoli C – C
d. L'energia di legame tra due atomi di carbonio adiacenti è maggiore di quella tra legami doppi C = C

16 Quale dei seguenti composti NON è aromatico?

- a. C_6H_{12} b. C_6H_5OH c. $C_6H_4Br_2$ d. $C_{10}H_8$

17 Quale delle seguenti affermazioni relative al benzene NON è corretta?

Il benzene:

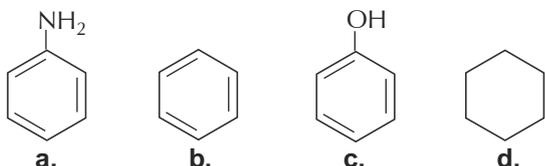
- a. ha formula empirica CH
b. ha una struttura ad anello planare
c. ha proprietà aromatiche
d. è una molecola polare

18 Nella formula del benzene il *cerchio interno all'esagono* indica che

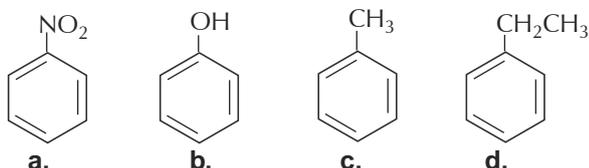


- a. sono presenti sei legami C – H
b. tutti i legami carbonio-carbonio sono equivalenti
c. sono presenti sei atomi di carbonio
d. la molecola non è stabile

19 Indica la *formula di struttura* del benzene:



20 Assegna il nome ai seguenti composti:



PROPRIETÀ DEGLI IDROCARBURI

21 Gli *alcani* sono composti:

- a. ionici, con densità inferiore all'acqua
b. covalenti, con densità superiore all'acqua
c. solubili in acqua
d. covalenti, con densità inferiore all'acqua

22 Quale delle seguenti affermazioni è FALSA?

- a. La temperatura di ebollizione degli alcani cresce con la massa molecolare
b. Poiché gli alcani sono sostanze non polari, le forze intermolecolari sono forze di London
c. A parità di massa molecolare le molecole più compatte (cioè a catena ramificata) presentano temperature di ebollizione più basse delle molecole a catena lineare
d. Gli alcani sono solubili in acqua

23 Quale dei seguenti composti ha la temperatura di ebollizione più alta?

- a. $n - C_6H_{14}$ b. $n - C_8H_{18}$

24 La *benzina* si presenta liquida perché le sue molecole sono sottoposte a:

- a. forze dipolo-dipolo
b. forze di London
c. legami ione-dipolo
d. legami a idrogeno

25 Gli *alcani* sono composti caratterizzati da:

- a. elevata conducibilità elettrica
b. ottima solubilità in acqua
c. ottima solubilità in solventi non polari
d. elevata temperatura di ebollizione

26 Individua la risposta NON corretta.

Gli *alcani* sono composti che:

- a. bruciano con l'ossigeno dell'aria per dare CO_2 e H_2O
b. bruciano con l'ossigeno in modo spontaneo
c. danno reazioni di sostituzione
d. reagiscono con cloro o bromo in presenza di luce ultravioletta

27 Nella reazione tra il *metano* e il *cloro*, in presenza di luce UV, qual è il prodotto che NON si ottiene?

- a. CH_3Cl b. $CH_3 - CH_2Cl$ c. CH_2Cl_2
d. $CHCl_3$ e. CCl_4

28 Rispondi con VERO o FALSO alle seguenti affermazioni.

Tutti gli idrocarburi aromatici, benzene e suoi derivati, sono composti che

	VERO	FALSO
a. hanno un odore gradevole	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. possiedono una particolare stabilità	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. generalmente si ricavano dal petrolio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. sono solventi di composti polari	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

29 Rispondi con VERO o FALSO alle seguenti affermazioni.

I derivati del benzene sono composti:

	VERO	FALSO
a. la cui temperatura di ebollizione cresce con l'aumentare della massa molecolare	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. miscibili con l'acqua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. con densità inferiore all'acqua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. tossici	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>