

CHIMICA ORGANICA

Appunti di Lezione

**Elementi per il corso
di Laurea In
Ostetricia**

Autore: Roberto Zanrè

A.A. 2009/2010

La MATERIA

Gli oggetti che ci circondano, e noi stessi, come tutti gli esseri viventi, sono costituiti da **MATERIA**. La materia è tutto ciò che possiede una **MASSA** (a volte detta impropriamente **PESO**) e occupa un **VOLUME**.

Il calore e la luce non sono materia, bensì forme di energia; entrambi, infatti, non hanno una massa e non occupano un volume.

La materia si può presentare sotto forma di **SOLIDO**, di **LIQUIDO**, di **GAS**.

La materia è costituita dalla combinazione di atomi (particelle piccolissime, indivisibili, invisibili anche con i più potenti mezzi di ingrandimento a disposizione).

Un **ELEMENTO** è una sostanza **pura** costituita da un solo tipo di atomi. Un **COMPOSTO** è una sostanza **pura** costituita da due o più atomi di differenti elementi (combinati chimicamente in un rapporto definito).

Sulla Terra sono presenti 92 **elementi** naturali (i loro simboli sono organizzati nella **Tavola Periodica degli Elementi**, secondo il loro **Numero Atomico** crescente e la loro configurazione elettronica). Altri **elementi** sono stati ottenuti mediante reazioni nucleari.

L'acqua, il **composto** chimico più importante, è formata da molecole costituite, a loro volta, da 2 atomi di H ed 1 atomo di O.

CHIMICA ORGANICA

La chimica organica può essere definita come la chimica dei **COMPOSTI** del carbonio. Altri elementi (atomi) che costituiscono le molecole organiche sono:

H (idrogeno), **O** (ossigeno), **N** (azoto), **S** (zolfo), **P** (fosforo), gli alogeni: **F** (fluoro), **Cl** (cloro), **Br** (bromo), **I** (iodio).

Composti organici particolarmente importanti sono quelli che costituiscono la **MATERIA** vivente:

proteine, carboidrati, lipidi, acidi nucleici.

Un gran numero di **composti organici** è stato, invece, preparato per **SINTESI** di laboratorio (o industriale): prodotti farmaceutici, coloranti, fibre sintetiche, detersivi, gomme sintetiche.

Atomi e configurazione elettronica

Gli **atomi** presenti in Natura sono rappresentati, attraverso i loro **simboli chimici**, nella **Tabella Periodica degli Elementi**. Ogni atomo è costituito da tre tipi di particelle di materia: **elettroni** (molto piccoli e di carica negativa), **protoni** (di carica positiva) e **neutroni** (di carica nulla). Protoni e neutroni (pressoché uguali), dotati di massa circa 2000 volte più grande di quella degli elettroni, costituiscono il **nucleo** degli atomi. I neutroni servono a tenere “incollati” assieme i protoni in modo da costituire **nuclei stabili**. Infatti, i protoni, essendo carichi positivamente, e trovandosi a stretto contatto nel nucleo, naturalmente tendono a separarsi tra di loro con una forza enorme (il nucleo senza neutroni esploderebbe!). Gli elettroni, invece, costituiscono una “nube elettronica” attorno al nucleo (e a grande distanza da esso). Gli elettroni sono distribuiti nello **spazio attorno al nucleo** in un modo particolare, sulla base:

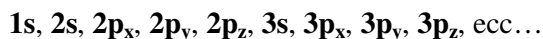
1. dell'**energia** posseduta dagli elettroni stessi, rappresentabile con un **numero intero** (detto **numero quantico principale**): 1, 2, 3, ..., in modo tale che un elettrone possiede tanta più energia (e si trova **più distante dal nucleo**) quanto più alto è il numero quantico principale. Esempio: un elettrone con numero quantico principale 2 possiede più energia di un elettrone con numero quantico principale 1 e si trova ad una distanza mediamente più grande dal nucleo. In effetti si usa dire che 2 è il **2° livello**, mentre 1 è il **1° livello**.

2. della “forma” dell’**orbitale** in cui, si può immaginare, l’elettrone si trova con **maggior probabilità**. Le varie “forme” possono essere: **s**, **p**, **d**, **f**. (Si legge: orbitale “esse”, orbitale “pi”, orbitale “di”, orbitale “effe”). La “forma” **s** ha simmetria **sferica** (rappresentabile sul foglio di carta con: “O”) ed è quella che ha più bassa energia. La “forma” **p** è bilobata (rappresentabile sul foglio di carta con: “8”) ed ha energia superiore alla “forma” **s**. Gli orbitali **p** sono 3, uno per ognuna delle orientazioni nello spazio tridimensionale: **p_x**, **p_y**, **p_z**. Le “forme” **d** ed **f** sono ancora più complicate, hanno energia superiore e noi le ignoreremo, in quanto la maggior parte della chimica dell’atomo di C e dei composti organici può esser spiegata considerando solo gli orbitali **s** e **p**.

Gli orbitali, dunque, in ordine crescente di energia sono: : **s < p < d < f**.

3. ogni **orbitale** può contenere al **massimo 2 elettroni** (può, quindi, essere anche **vuoto**, se non contiene elettroni, esempio **s⁰**, oppure **semipieno**, se contiene 1 elettrone, esempio **s¹**. Viene detto **pieno**, invece, quando contiene 2 elettroni, esempio **s²**). E’ impossibile inserire un terzo elettrone in un orbitale che sia già pieno, cioè con 2 elettroni! Questa è una caratteristica della **natura** degli elettroni e se, da qualche parte dell’Universo, non fosse così, quella parte dell’Universo sarebbe completamente diversa dalla nostra.
4. infine, nel caso **due elettroni** possano **scegliere** tra il riempimento di un solo orbitale **p_x** (cioè: **p_x²**) o due orbitali **p**, esempio **p_x**, **p_y** (cioè: **p_x¹ p_y¹**), la scelta degli elettroni è la seconda (massima distanza tra particelle dotate di carica uguale).

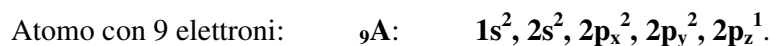
In conclusione, in un atomo, **l’ordine di riempimento degli orbitali** da parte degli elettroni è da quello a più bassa energia (vicino al nucleo) a quello a più alta energia (più lontano dal nucleo). L’ordine è il seguente (da imparare a memoria):



Significato dei simboli: il numero intero (1,2,3) specifica il **numero quantico principale**, ovvero il **livello energetico** (1° livello, 2° livello, 3° livello) e, quindi, la **distanza dal nucleo** degli elettroni contenuti nell’orbitale. I simboli **s**, **p_x**, **p_y**, **p_z**, rappresentano le “forme” degli orbitali, come spiegato sopra. Il **numero** di elettroni contenuti negli orbitali vengono rappresentati con i numeri 1 o 2 all’esponente dei simboli **s**, **p_x**, **p_y**, **p_z** (vedere l’Esempio sotto).

Esempio.

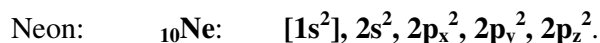
Se un atomo contiene 9 elettroni, questi si distribuiscono nello **spazio attorno al nucleo** dell'atomo in modo da acquisire la seguente **configurazione elettronica**:



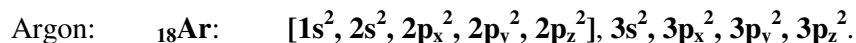
Se si contano i numeri all'esponente degli orbitali si trova: $2+2+2+2+1 = 9$ elettroni. Questo atomo è l'atomo di ${}_9\text{F}$ (fluoro) (vedere la Tavola Periodica degli Elementi). Dunque, l'atomo di fluoro ha una **nube elettronica** nella quale la distribuzione degli elettroni è quella rappresentata sopra (configurazione elettronica): esistono 2 livelli, **1° livello** (con 2 elettroni) e **2° livello** (con 7 elettroni). Il 1° livello è **interno** al 2° livello. Il 2° livello, quindi, viene detto **livello esterno**, o **strato di valenza**. Si pensi al fatto che questo strato di elettroni (7) è esposto al “mondo esterno”, mentre il guscio interno (2 elettroni) è, ovviamente, “nascosto al mondo esterno”. E', generalmente, possibile immaginare gli atomi e spiegare le loro proprietà chimiche e chimico-fisiche solo considerando lo **strato di elettroni esterno**.

Configurazione elettronica del Gas Nobile

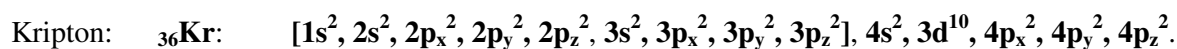
Si osservino le **configurazioni elettroniche** degli atomi inseriti nell'**ultima colonna** della Tavola Periodica degli Elementi: i cosiddetti **Gas Nobili** (o Inerti). Qui ne vediamo tre: neon, argon, kripton.



(nello strato esterno, il 2°: 8 elettroni);



(nello strato esterno, il 3°: 8 elettroni);



(nello strato esterno, il 4°: 8 elettroni);

L'atomo di neon ha una **nube elettronica** formata da 10 elettroni:

2 elettroni si trovano al 1° livello, **interno**, mentre **8 elettroni** si trovano nel 2° livello (che, tra l'altro, è completo), **esterno**.

L'atomo di argon ha una **nube elettronica** formata da 18 elettroni.

10 elettroni si trovano al 1° e 2° livello, **interni**, mentre **8 elettroni** si trovano nel 3° livello (che, tra l'altro, è completo), **esterno**.

L'atomo di kripton ha una **nube elettronica** formata da 36 elettroni.

18 elettroni si trovano al 1°, 2° e 3° livello, **interni**, mentre **18 elettroni** (10 + 8) si trovano nel 4° livello (che, tra l'altro, è completo), **esterno**. Non spiegheremo il fatto che 10 elettroni hanno riempito 5 orbitali **d**. Si trascuri, per ora, questo fatto.

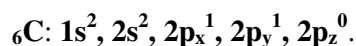
Si osserva, di fatto, che questi atomi sono assolutamente **non reattivi** e, per questo, vengono detti Gas Inerti. Tra l'altro, sono gli unici elementi in Natura presenti allo stato **monoatomico**.

Tutti gli altri atomi, ovviamente, non hanno una **configurazione elettronica esterna completa** come quella dei Gas Inerti, bensì uno strato (esterno) di valenza **incompleto**. La loro tendenza, tuttavia, è quella di raggiungere una configurazione da Gas Nobile, per esempio:

1. guadagnando o perdendo elettroni, con formazione di ioni negativi o positivi.
2. **condividendo elettroni** con altri atomi. In questo caso gli elettroni condivisi, anziché occupare lo spazio attorno al loro nucleo, occupano uno **spazio diverso** (detto **orbitale molecolare**) che “involuppa” i due nuclei dei due atomi.

L'atomo di C e l'ibridizzazione

Nel suo **stato fondamentale** l'atomo di C presenta la seguente **configurazione elettronica**:



La **nuvola elettronica** dell'atomo di ${}_6\text{C}$ è costituita da **6 elettroni** totali. Questo numero è pari al **numero atomico** dell'atomo, scritto in basso a sinistra del **simbolo** dell'elemento e coincide, ovviamente, con il **numero di protoni** presenti nel nucleo dell'atomo. Questi 6 elettroni sono distribuiti nello **spazio attorno al nucleo** in un modo particolare, sulla base dei punti 1, 2, 3 e 4 descritti nella precedente sezione “Atomi e configurazione elettronica”.

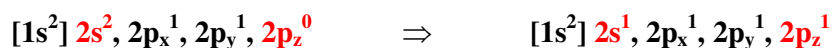
L'orbitale **1s** contiene 2 elettroni (è pieno); inoltre costituisce il **nocciolo interno** della nuvola elettronica del C, per cui dal punto di vista delle proprietà chimiche e della reattività chimica è

ininfluente. Ci occuperemo, d'ora in poi, solo degli elettroni che costituiscono lo strato "esterno" della nuvola elettronica (il livello 2, nel caso del C). Gli elettroni dello **strato di valenza** (esterno) del C sono così distribuiti:

1. L'orbitale **2s** contiene 2 elettroni (è pieno);
2. L'orbitale **2p_x** contiene 1 elettrone (è semipieno);
3. L'orbitale **2p_y** contiene 1 elettrone (è semipieno);
4. L'orbitale **2p_z** contiene 0 elettroni (è vuoto).

Sulla base di questa **distribuzione degli elettroni** nell'atomo di C non si riesce a spiegare la **tetravalenza** (formazione di 4 legami) degli atomi di C che costituiscono la maggior parte delle molecole organiche. Per spiegare la formazione della stragrande maggioranza delle molecole organiche dobbiamo immaginare che la configurazione dell'atomo di C sia leggermente diversa da quella rappresentata sopra. In effetti, considerazioni **energetiche** e **dati sperimentali** (**lunghezze di legame, angoli di legame**) suffragano la discussione che ora faremo sulla reale configurazione elettronica del C.

Immaginiamo, per un attimo, di poter "promuovere" uno dei 2 elettroni contenuti nell'orbitale **2s** all'orbitale vuoto **2p_z**. Ovviamente, affinché l'atomo di C possa far questo, bisogna fornire una piccola quantità di energia. Il processo è così rappresentabile:



In questo modo, l'atomo di C può condividere, per esempio con 4 atomi di H (monovalenti), 4 elettroni, formando **4 orbitali molecolari** e, quindi, **4 legami covalenti**. Nel momento in cui si formano 4 legami covalenti viene raggiunta la configurazione elettronica del gas nobile e viene restituita energia.

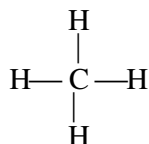
Ibridizzazione sp³

Tuttavia, in questo modo, i 4 legami sarebbero diversi, mentre nella realtà (dati sperimentali) si osservano 4 legami di **lunghezza uguale** e, soprattutto, disposti nello spazio con lo **stesso angolo di legame**. Per spiegare questi fatti si invoca la possibilità che i quattro orbitali esterni dell'atomo di C **2s¹, 2p_x¹, 2p_y¹, 2p_z¹** possano **mescolarsi tra di loro** e formare **4 orbitali ibridi**,

ognuno dei quali presenti un po' delle caratteristiche degli orbitali s , p_x , p_y , p_z di origine. Questi **orbitali ibridi** vengono rappresentati con il simbolo: sp^3 (in cui è evidente che si ha 1 parte, 25%, di carattere s e 3 parti, 75%, di carattere p). Il processo di ibridizzazione è così schematizzabile:



Questo processo restituisce energia, in quanto gli **orbitali ibridi** hanno **meno energia** degli **orbitali atomici** di partenza. Questi 4 **orbitali ibridi**, ognuno con il proprio elettrone, possono formare **4 legami covalenti** condividendo il loro elettrone con un altro atomo, per esempio con l'**unico elettrone** degli atomi di **H**. In questo modo si può spiegare, per esempio, la formazione della molecola di metano CH_4 (formula bruta). La **formula di struttura** del metano, invece, è:



Le lunghezze di questi 4 legami C–H sono tutte uguali e anche gli angoli tra 2 legami C–H sono tutti uguali ($109,5^\circ$).

Ibridizzazione sp^2

L'ibridizzazione può, tuttavia, coinvolgere solo **tre orbitali atomici**: $2s$, $2p_x$, $2p_y$, lasciando inutilizzato l'orbitale $2p_z$. In questo tipo di ibridizzazione si formano **3 orbitali ibridi**, ognuno dei quali presenta un po' delle caratteristiche degli orbitali s , p_x , p_y di origine. Questi **orbitali ibridi** vengono rappresentati con il simbolo: sp^2 (in cui è evidente che si ha 1 parte, 33%, di carattere s e 2 parti, 66%, di carattere p). Il processo di ibridizzazione è così schematizzabile:

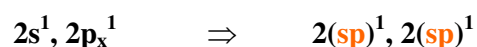


Questo processo restituisce energia, in quanto gli **orbitali ibridi** hanno **meno energia** degli **orbitali atomici** di partenza. Questi 3 **orbitali ibridi**, ognuno con il proprio elettrone, possono formare **3 legami covalenti** condividendo il loro elettrone con un altro atomo. Gli orbitali ibridi sp^2 sono disposti tra di loro a 120° e giacciono, pertanto, sullo **stesso piano**. Si osservi che resta inutilizzato l'orbitale $2p_z^1$, il quale è **perpendicolare al piano** dei tre orbitali ibridi sp^2 . Questo

orbitale $2p_z^1$, se messo vicino ad un altro orbitale $2p_z^1$ (per esempio di un altro atomo di C ibridizzato sp^2), può formare un legame covalente tra i due atomi di C.

Ibridizzazione sp

L'ibridizzazione può, infine, coinvolgere solo **due orbitali atomici**: $2s$, $2p_x$, lasciando inutilizzati gli orbitali $2p_y$ e $2p_z$. In questo tipo di ibridizzazione si formano **2 orbitali ibridi**, ognuno dei quali presenta un po' delle caratteristiche degli orbitali s , p_x di origine. Questi **orbitali ibridi** vengono rappresentati con il simbolo: sp (in cui è evidente che si ha 1 parte, 50%, di carattere s e 1 parte, 50%, di carattere p). Il processo di ibridizzazione è così schematizzabile:



Questo processo restituisce energia, in quanto gli **orbitali ibridi** hanno **meno energia** degli **orbitali atomici** di partenza. Questi **2 orbitali ibridi**, ognuno con il proprio elettrone, possono formare **2 legami covalenti** condividendo il loro elettrone con un altro atomo. Gli orbitali ibridi sp sono disposti tra di loro a 180° e giacciono, pertanto, sullo **stesso piano** e sulla **stessa retta**. Si osservi che restano inutilizzati gli orbitali $2p_y^1$ e $2p_z^1$, i quali sono **perpendicolari tra di loro e alla direzione** dei due orbitali ibridi sp . Questi orbitali $2p_y^1$ e $2p_z^1$, se messi vicino ad altri due orbitali $2p_y^1$ e $2p_z^1$ (per esempio di un altro atomo di C ibridizzato sp), possono formare due legami covalenti tra i due atomi di C.

Riassumendo:

Gli Orbitali Atomici (O.A.) coinvolti nell'ibridizzazione del C di tipo sp^3 , sp^2 , sp sono i seguenti. Gli Orbitali Ibridi sono indicati con O.I. Vengono anche indicati gli orbitali che rimangono **inutilizzati nell'ibridizzazione**.

1. **Ibridizzazione sp^3** : O.A. coinvolti: $2s, 2p_x, 2p_y, 2p_z$
Si formano 4 orbitali ibridi (O.I.), tutti uguali: sp^3, sp^3, sp^3, sp^3
Nessun orbitale del C resta inutilizzato.
2. **Ibridizzazione sp^2** : O.A. coinvolti: $2s, 2p_x, 2p_y$
Si formano 3 orbitali ibridi (O.I.), tutti uguali: sp^2, sp^2, sp^2
Resta non utilizzato un orbitale del C, il $2p_z$

3. **Ibridizzazione sp: O.A. coinvolti: 2s, 2p_x**

Si formano 2 orbitali ibridi (**O.I.**), tutti uguali: **sp, sp**

Restano non utilizzati due orbitali del C: **2p_y, 2p_z**

Tra questi orbitali ibridi quelli che hanno **maggior carattere “s”** sono gli orbitali ibridi **sp**. Infatti, provenendo dal mescolamento di un orbitale **s** ed un orbitale **p**, hanno per il 50% carattere “s”.

IDROCARBURI

Gli idrocarburi sono **composti organici** che contengono **C** (carbonio) e **H** (idrogeno).

Sono i costituenti dei GAS NATURALI e dei prodotti PETROLIFERI. Sono impiegati come COMBUSTIBILI e come MATERIA PRIMA per la SINTESI di molti prodotti commerciali. Le benzine, per esempio, sono miscele di idrocarburi, utilizzate per la combustione nei motori a scoppio.

1. Classificazione.

Nella tabella seguente viene illustrata la classificazione degli idrocarburi. Essi vengono suddivisi in alcani, alcheni, alchini sulla base dell'**ibridizzazione** dell'atomo di C.

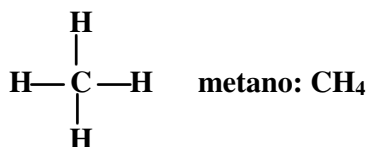
n rappresenta il numero di atomi di **C** nella molecola.

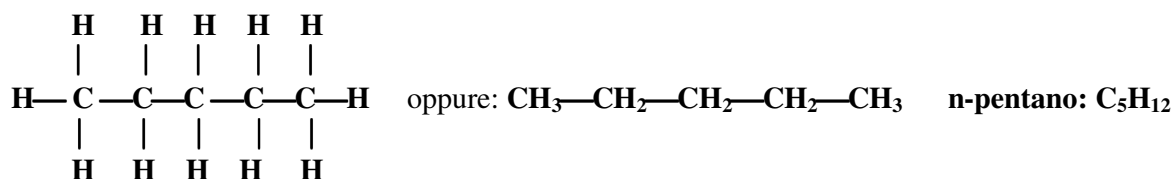
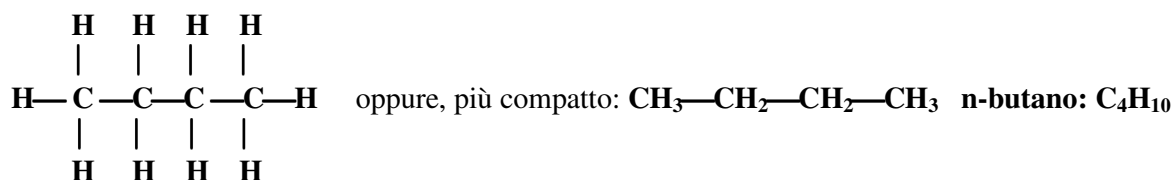
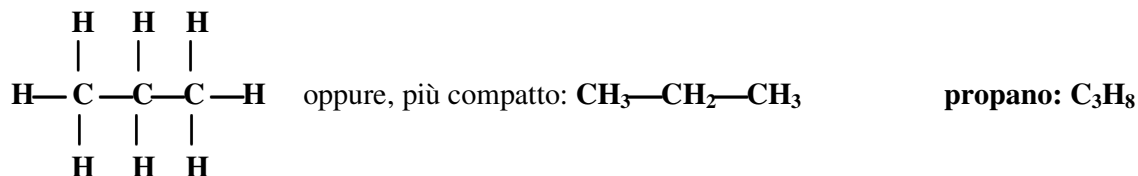
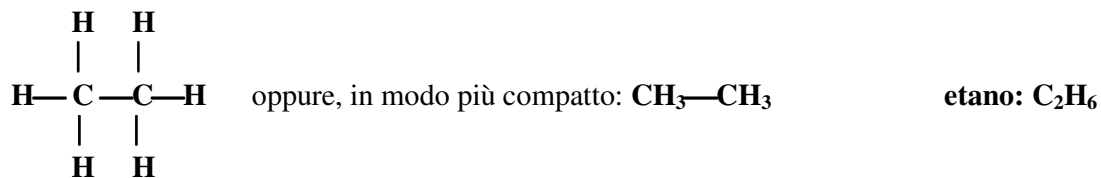
Gli alcani hanno **formula bruta** C_nH_{2n+2} (e gli atomi di C sono tutti ibridizzati sp^3), gli alcheni hanno **formula bruta** C_nH_{2n} , (e almeno due atomi di C sono ibridizzati sp^2), e gli alchini hanno **formula bruta** C_nH_{2n-2} (e almeno due atomi di C sono ibridizzati **sp**). Si osservi che il rapporto tra atomi di C e atomi di H diminuisce. Ciò è dovuto al fatto che gli alcani sono molecole di idrocarburi in cui sono presenti **solo legami semplici (singoli)** tra atomi di C, mentre gli alcheni presentano almeno **due atomi di C legati da un legame doppio**. Gli alchini, invece, presentano almeno **due atomi di C legati da un legame triplo**. Si ricordi che l'atomo di C può instaurare solo 4 legami. Così, per esempio, se **n = 2** significa che si hanno 2 atomi di C. Se la molecola è un **alcano** allora gli atomi di H sono $2 \times n + 2$, cioè $2 \times 2 + 2 = 6$. La molecola sarà l'etano **C₂H₆**. Se, invece, la molecola è un **alchene** il numero di atomi di H è $2 \times n$, cioè $2 \times 2 = 4$. La molecola sarà l'etene **C₂H₄**. Se, infine, la molecola è un **alchino**, il numero di atomi di H è $2 \times n - 2$, cioè $2 \times 2 - 2 = 2$. La molecola sarà l'etino **C₂H₂**.

IDROCARBURI						
alifatici (non ciclici)						
	saturi		insaturi			
	ALCANI		ALCHENI		ALCHINI	
n =	C_nH_{2n+2}	nome	C_nH_{2n}	nome	C_nH_{2n-2}	nome
1	CH ₄	metano	-	-	-	-
2	C ₂ H ₆	etano	C ₂ H ₄	etene (etilene)	C ₂ H ₂	etino (acetilene)
3	C ₃ H ₈	propano	C ₃ H ₆	propene	C ₃ H ₄	propino
4	C ₄ H ₁₀	butano	C ₄ H ₈	butene	C ₄ H ₆	butino
5	C ₅ H ₁₂	pentano	C ₅ H ₁₀	pentene	C ₅ H ₈	pentino
6	C ₆ H ₁₄	esano	C ₆ H ₁₂	esene	C ₆ H ₁₀	esino
7	C ₇ H ₁₆	eptano	C ₇ H ₁₄	eptene	C ₇ H ₁₂	eptino
8	C ₈ H ₁₈	ottano	C ₈ H ₁₆	ottene	C ₈ H ₁₄	ottino
9	C ₉ H ₂₀	nonano	C ₉ H ₁₈	nonene	C ₉ H ₁₆	nonino
10	C ₁₀ H ₂₂	decano	C ₁₀ H ₂₀	decene	C ₁₀ H ₁₈	decino
11	C ₁₁ H ₂₄	undecano	C ₁₁ H ₂₂	undecene	C ₁₁ H ₂₀	undecino
12	C ₁₂ H ₂₆	dodecano	C ₁₂ H ₂₄	dodecene	C ₁₂ H ₂₂	dodecino
13	C ₁₃ H ₂₈	tridecano	C ₁₃ H ₂₆	tridecene	C ₁₃ H ₂₄	tridecino
14	C ₁₄ H ₃₀	tetradecano	C ₁₄ H ₂₈	tetradecene	C ₁₄ H ₂₆	tetradecino
15	C ₁₅ H ₃₂	pentadecano	C ₁₅ H ₃₀	pentadecene	C ₁₅ H ₂₈	pentadecino

Queste sono le **formule brute** che rappresentano queste molecole. Queste formule, tuttavia, non forniscono nessuna informazione sulla **struttura spaziale** di queste molecole. Una miglior comprensione della struttura spaziale si ottiene mediante le **formule di struttura**.

2. Formule di struttura degli alcani





E, continuando con le molecole pi\`u grandi, utilizzando solo le formule di struttura compatte:



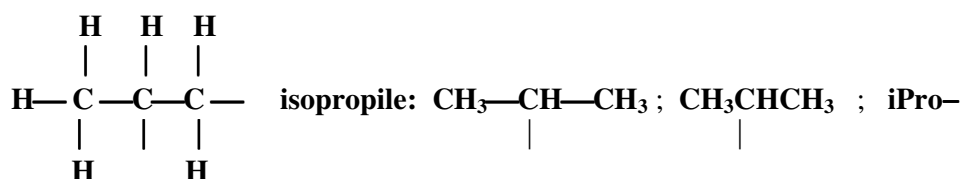
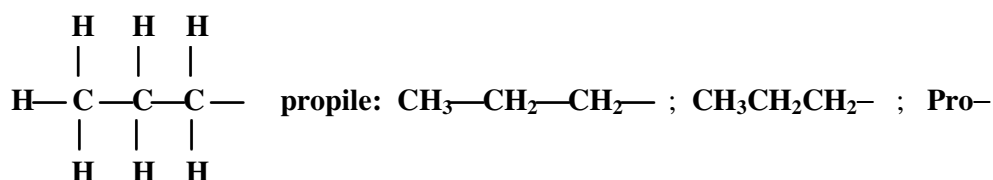
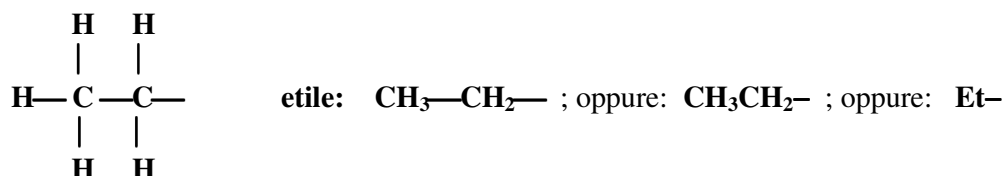
Esercizio:

scrivere le formule di struttura del n-nonano, del n-decano, dell'n-undecano, del n-dodecano, ecc.

3. Isomeri di struttura degli alcani

Le molecole degli alcani non sono solo **lineari**, come quelle rappresentate finora. Esse possono avere dei "sostituenti" che "ramificano" la catena principale.

Prima di procedere con queste molecole “ramificate” dobbiamo introdurre dei “gruppi di atomi” che formano i cosiddetti **radicali alchilici** e che aiutano a dare i **nomi** alle molecole ramificate:



Passiamo, ora, alle molecole di alcani **ramificate** ed alla loro nomenclatura.

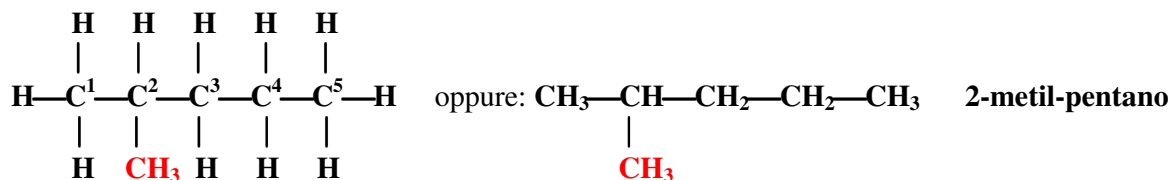
Esiste, innanzitutto, una **serie di regole** (fissate da un organismo internazionale di scienziati, detto IUPAC) da seguire per poter assegnare in modo univoco un nome alle molecole organiche.

Alcune di queste regole affermano:

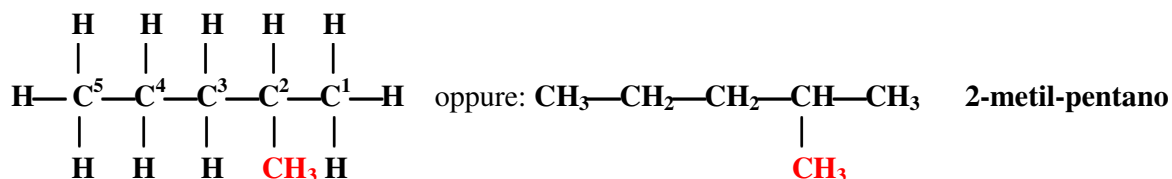
- Si contano gli atomi di C della catena più lunga. Questa catena dà il nome principale alla molecola;
- Se sono presenti, come sostituenti, dei **radicali alchilici** si indica con un **numero intero** (1, 2, 3, ...) la loro **posizione**, numerando gli atomi di C della catena principale, in modo, comunque, da assegnare il **numero più basso** alla posizione del radicale alchilico;
- Se sono presenti più radicali alchilici e questi sono **uguali** si usano i suffissi **di-** (2 radicali), **tri-** (3 radicali), **tetra-** (4 radicali), **penta-** (5 radicali), ecc. davanti al nome del radicale alchilico. Per esempio: dimetil, trimetil, tetrametil, pentametil, ecc.

- Se la **posizione** dei radicali alchilici uguali è la **stessa**, si ripete il numero intero che indica la posizione. Esempio: 2,2' o 3,3' o 4,4', ecc.

Bastano degli esempi per capire come assegnare i nomi IUPAC alle molecole di alcani ramificate.

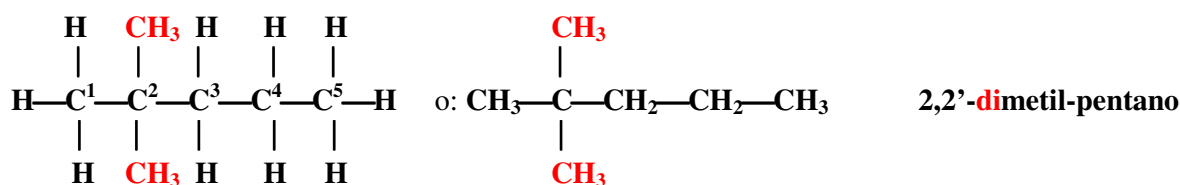


Si osservi che anche la molecola seguente:

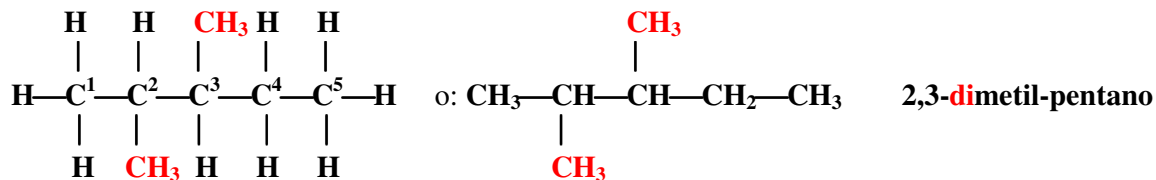


è ancora il **2-metil-pentano** (e non il 4-metil-pentano, in base alla regola numero 2 elencata sopra). Basta iniziare a contare gli atomi di C da destra anziché da sinistra (come indicano i numeri, immaginari, sopra ogni atomo di C). D'altra parte le due formule di struttura si ottengono l'una dall'altra semplicemente "ribaltandole" con una rotazione di 180° fuori dal piano del foglio. Giusto?

Se si hanno **due radicali alchilici**, esempio **due metili**, nella stessa posizione (2):



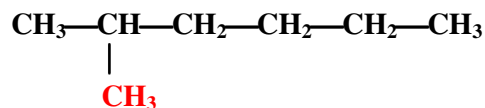
Se, invece, i due metili sono in posizioni diverse:



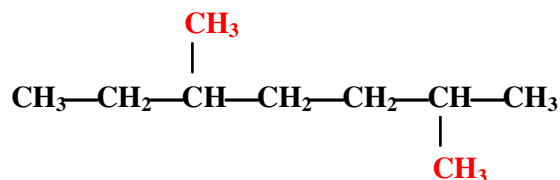
Si osservi che, sempre, gli **atomi di C formano 4 legami** e gli **atomi di H un solo legame**.

Questa regola deve sempre essere rispettata.

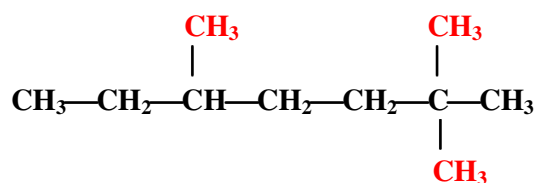
Altri esempi vengono riportati di seguito, con le formule di struttura condensate.



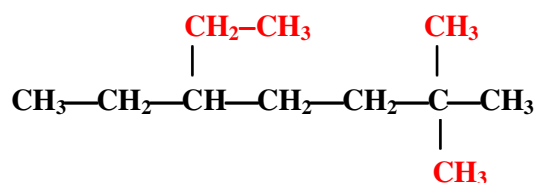
2-metil-esano



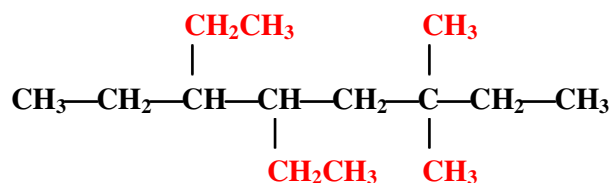
2,5-dimetil-eptano



2,2',5-trimetil-eptano



2,2'-dimetil-5-etil-eptano

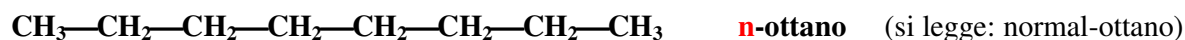


3,3'-dimetil-5,6-dietil-ottano

Si osservi che il **gruppo metile** non può mai trovarsi in posizione 1. In questo caso esso costituirebbe la porzione terminale della catena principale (e non una ramificazione), semplicemente disegnata in modo diverso. Quindi, i nomi delle molecole ramificate potranno essere del tipo 2-metil-, 3-metil-, ecc. ma mai 1-metil-. Analogamente, il **gruppo etile** non può mai trovarsi in posizione 2 (e, a maggior ragione, in posizione 1). Se si trovasse in posizione 1, o 2, esso costituirebbe la porzione terminale della catena principale (e non una ramificazione),

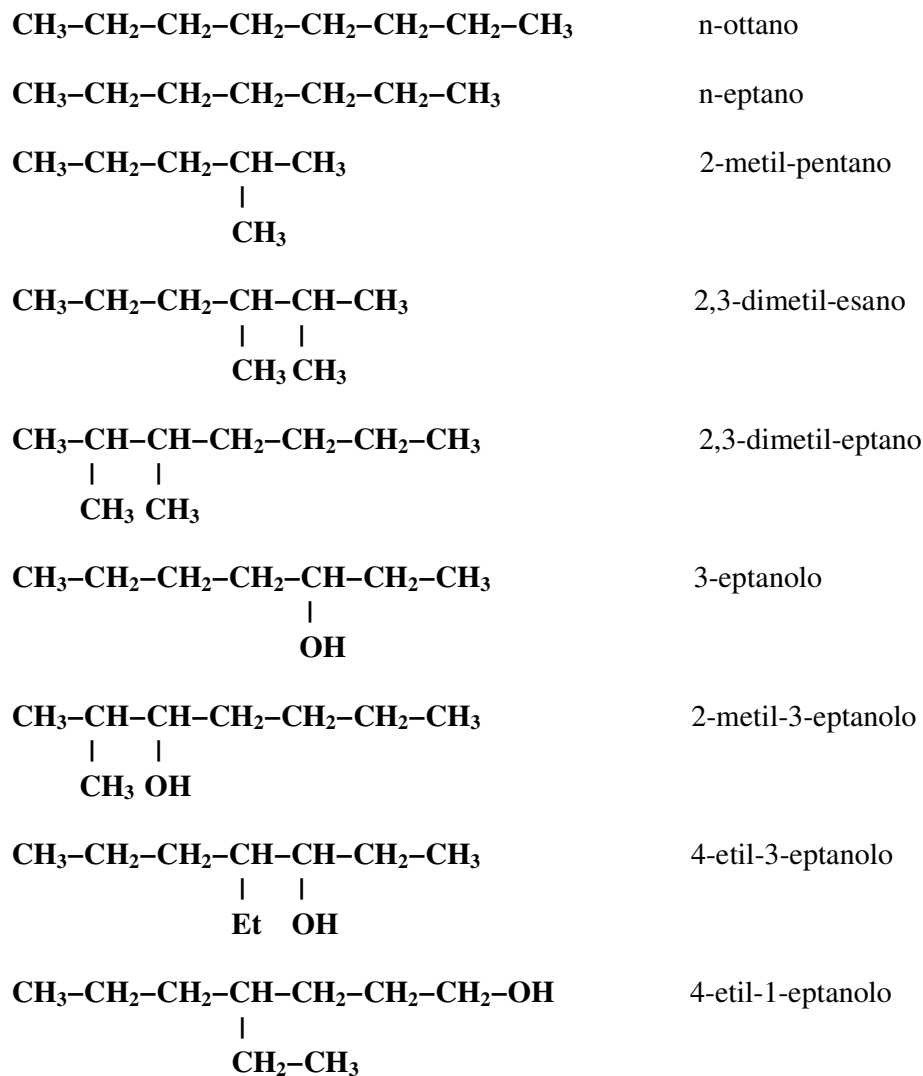
semplicemente disegnata in modo diverso. Quindi, i nomi delle molecole ramificate potranno essere del tipo 3-etil-, 4-etil-, ecc. ma mai 1-etil- o 2-etil-.

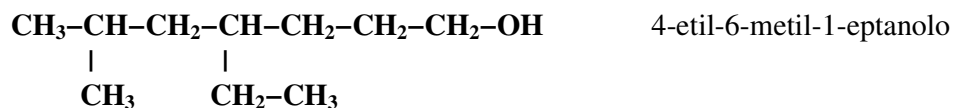
In conclusione, alle molecole di alcani **lineari**, per distinguerle dagli altri isomeri, si assegna il simbolo “n” davanti al **nome** dell’alcano (e si legge “normal”). Esempio:



Esercizio n. 1

Assegnare il nome IUPAC alle seguenti molecole:

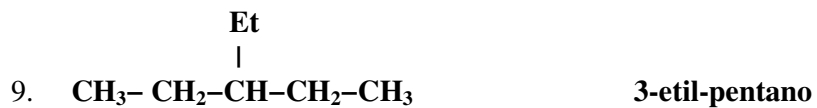




Esercizio n. 2

Trovare tutti gli isomeri strutturali dell'**eptano** e il loro corrispondente nome IUPAC (sono 9 in tutto). Hanno tutti formula bruta C_7H_{16} .

1. $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$ **n-eptano**
2. $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ **2-metil-esano**
3. $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ **3-metil-esano**
4. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ **2,2'-dimetil-pentano**
5. $\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$ **2,3-dimetil-pentano**
6. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ **2,4-dimetil-pentano**
7. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3\text{-C-CH-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ **2,2',3-trimetil-butano**
8. $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C-CH}_2\text{-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ **3,3'-dimetil-pentano**



Esercizio n. 3

La formula “generale” degli:

ALCANI è $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$. Degli ALCHENI è C_nH_{2n} . Degli ALCHINI è $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

L'angolo di legame quando il C è ibridizzato: sp^3 è $109,5^\circ$, sp^2 è 120° , sp è 180° .

GRUPPI FUNZIONALI

I principali gruppi funzionali dei composti organici sono elencati nella tabella seguente.

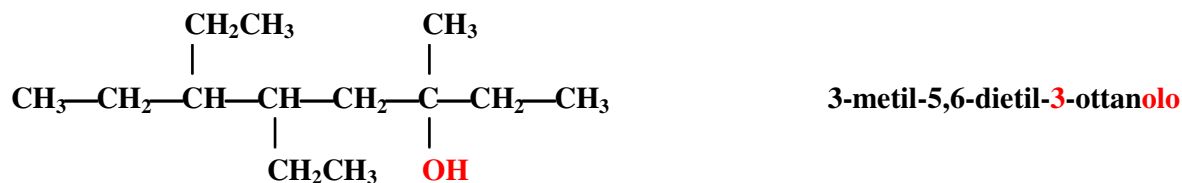
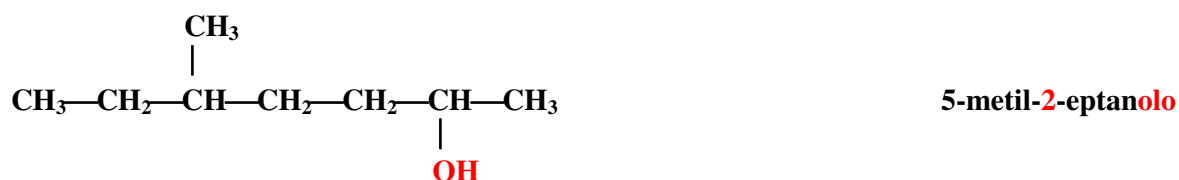
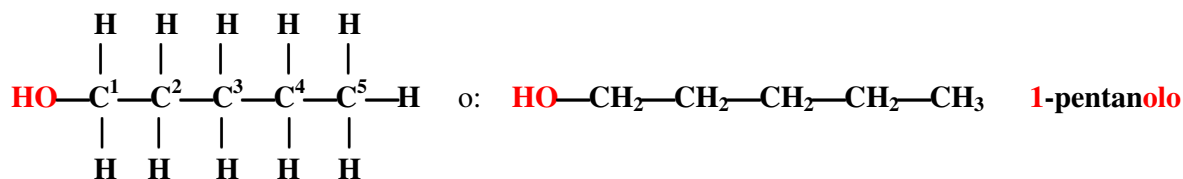
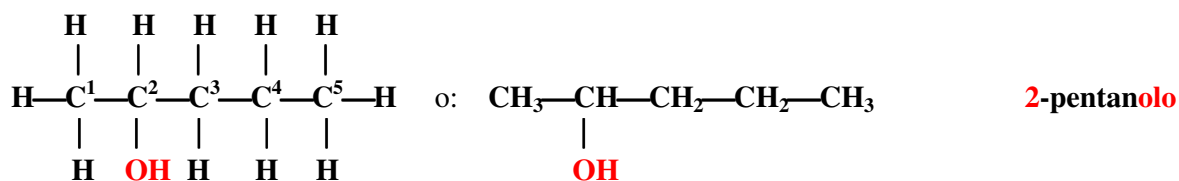
Simbolo gruppo funzionale	Formula di struttura	Nome del gruppo funzionale	Classe del composto cui dà origine	Esempio	Nome
-OH	-O-H	ossidrilico	alcoli	CH ₃ -OH	metanolo
-NH ₂	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \\ \text{-N-H} \end{array}$	amminico	ammine	CH ₃ -NH ₂	metil-ammina
-CHO	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{-C-H} \end{array}$	aldeidico	aldeidi	CH ₃ -CHO	etanale
-CO-	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{-C-} \end{array}$	chetonico	chetoni	CH ₃ -CO-CH ₃	dimetil-chetone
-COOH	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{-C-OH} \end{array}$	carbossilico	acidi carbossilici	CH ₃ -COOH	acido etanoico
-COOR'	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{-C-OR}' \end{array}$	estereo	esteri	CH ₃ -COO-CH ₃	estere metilico dell'acido etanoico
-CONH ₂	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{-C-NH}_2 \end{array}$	ammidico	ammidi	CH ₃ -CONH ₂	ammide dell'acido etanoico
-O-	-O-	etereo	eteri	CH ₃ -O-CH ₃	dimetil-etere
-C=C-			alcheni	CH ₃ -CH=CH ₂	propene
-C≡C-			alchini	CH ₃ -C≡CH	propino

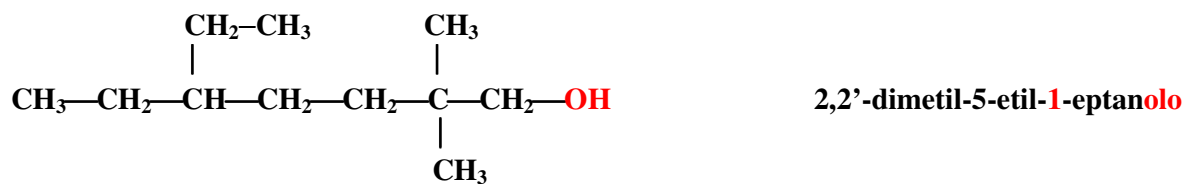
ALCOLI

Gli alcoli si ottengono dagli alcani, semplicemente **sostituendo un atomo di H**, legato ad un C, con il **gruppo alcolico -OH**, detto anche **ossidrile**. Il gruppo ossidrile è un **gruppo funzionale**.

Per la nomenclatura si seguono le **regole IUPAC** precedentemente descritte per gli alcani. Bisognerà indicare, ovviamente, la posizione in cui si trova il gruppo **-OH**, ricordando che la posizione di **-OH** dovrà essere indicata dal numero più piccolo possibile. Al nome dell'alcano sarà sufficiente sostituire il suffisso **-ano** con il suffisso **-olo**.

Alcuni esempi aiuteranno a capire facilmente.





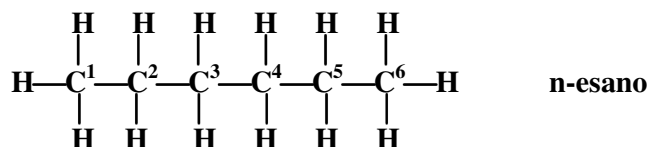
Esercizio n. 4

Trovare tutti gli alcoli possibili sostituendo gli idrogeni degli isomeri di struttura dell'esano.

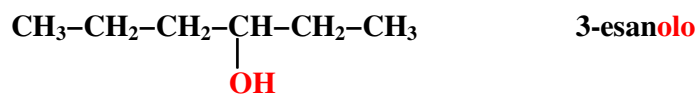
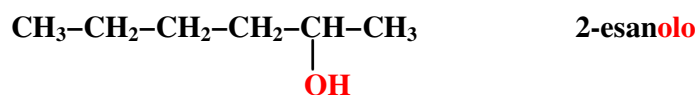
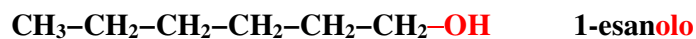
Si tratta di riconoscere i “diversi tipi” di idrogeno nella molecola. E' evidente, infatti, che si otterranno alcoli diversi solo sostituendo con il gruppo ossidrilico idrogeni diversi. La sostituzione di idrogeni uguali non porta alla formazione di una molecola di alcol diversa.

Vediamo:

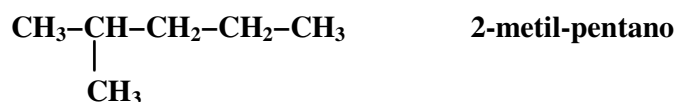
Il primo isomero di struttura dell'esano è il n-esano:



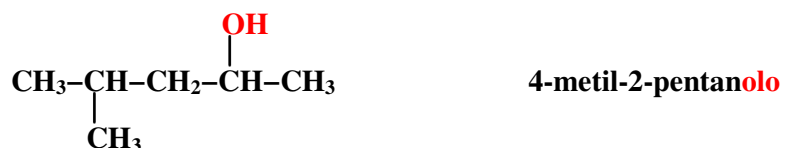
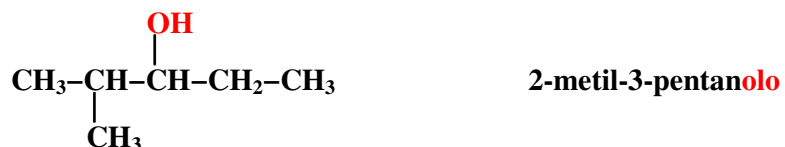
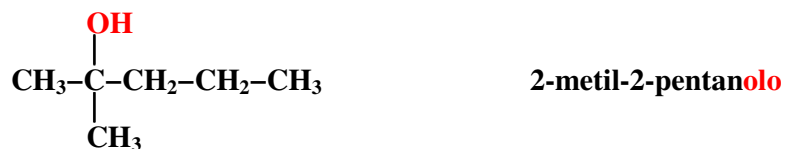
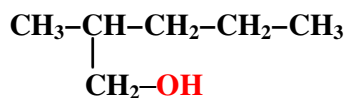
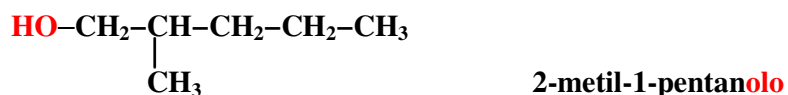
E' evidente che la sostituzione di uno qualsiasi degli idrogeni (con il gruppo -OH) del **carbonio 1** porta alla formazione della stessa molecola di alcol. Vedremo più avanti il suo nome. Si osservi, tuttavia, che anche la sostituzione di uno qualsiasi degli idrogeni del **carbonio 6** porta alla formazione della stessa molecola di alcol. Questo fatto, d'altra parte, non dovrebbe sorprendere, dal momento che **carbonio 1** e **carbonio 6** sono perfettamente intercambiabili. Si dice anche che gli idrogeni di questi due atomi di carbonio (primari) sono primari e perfettamente equivalenti. Continuando con lo stesso ragionamento, è evidente che la sostituzione di uno qualunque degli idrogeni (secondari) del **carbonio 2** e del **carbonio 5** portano alla formazione dello stesso alcol. Vedremo sempre in seguito il suo nome. Infine, la sostituzione di uno qualunque degli idrogeni del carbonio 3 e del carbonio 4 portano alla formazione dello stesso alcol. Dunque, dal n-esano, è possibile ottenere tre alcoli diversi. Vediamoli, riassunti di seguito, con assegnato il loro corrispondente nome:



Continuando con il secondo isomero di struttura dell'esano, ossia il 2-metil-pentano:

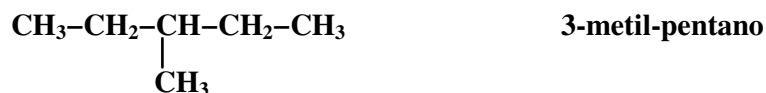


Si osserva che ci sono 6 idrogeni equivalenti nei due atomi di **carbonio 1** e la sostituzione di uno qualunque di questi idrogeni porta alla formazione dello stesso alcol, il 2-metil-1-pentanol. Il **carbonio 2** possiede un solo idrogeno, dalla sostituzione del quale si ottiene il 2-metil-2-pentanol. Di seguito vengono elencati tutti gli alcoli ottenibili, con il loro corrispondente nome:

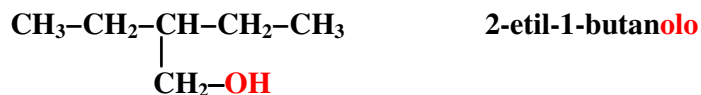
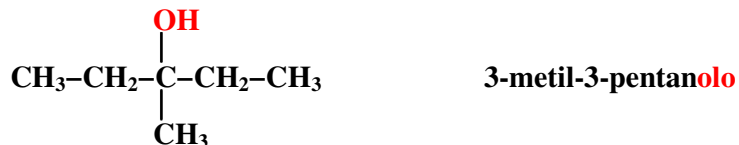
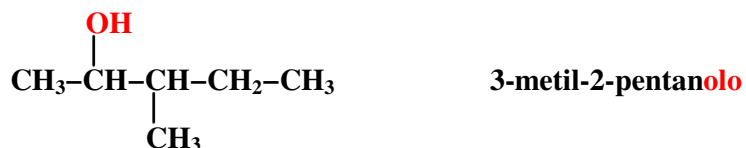




Continuando con il terzo isomero di struttura dell'esano, ossia il 3-metil-pentano:



si ottengono i seguenti alcoli:



L'ultimo alcol, ovviamente, ha la catena principale più corta (4 atomi di C) in quanto si considera che in posizione due il sostituito sia un gruppo etile.

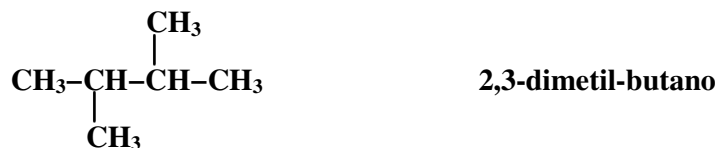
Per il quarto isomero di struttura dell'esano, ossia il 2,2'-dimetil-butano:



si ottengono i seguenti alcoli:



Infine, con il quinto, e ultimo, isomero di struttura dell'esano, ossia il 2,3-dimetil-butano:



si ottengono i seguenti alcoli:



Osserviamo, inoltre, che gli alcoli possono esser classificati in primari, secondari e terziari, a seconda che il gruppo ossidrilico sia legato ad un carbonio, rispettivamente, primario, secondario o terziario:

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ alcol primario

$\begin{array}{c} \text{CH}_3\text{-CH-CH}_3 \\ | \\ \text{OH} \end{array}$ alcol secondario

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-C-OH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$ alcol terziario

Per concludere, citiamo solo l'esistenza di dialcoli, trialcoli e, in generale, polialcoli, quando il numero degli ossidrilici è maggiore di uno. Tra questi, sono di notevole importanza i seguenti:

$\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ 1,2-etandiolo

$\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-CH-CH}_2 \\ | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$ 1,2,3-propantriolo (glicerina)

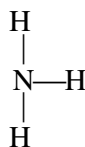
AMMINE

Le ammine si ottengono dagli alcani, semplicemente **sostituendo un atomo di H**, legato ad un C, con il **gruppo amminico $-\text{NH}_2$** , detto gruppo amminico. Il gruppo amminico è un **gruppo funzionale**.

Per la nomenclatura si seguono le **regole IUPAC** precedentemente descritte per gli alcani. Bisognerà indicare, ovviamente, la posizione in cui si trova il gruppo $-\text{NH}_2$, ricordando che la posizione di $-\text{NH}_2$ dovrà essere indicata dal numero più piccolo possibile. Al nome dell'alcano sarà sufficiente aggiungere il prefisso *ammino*.

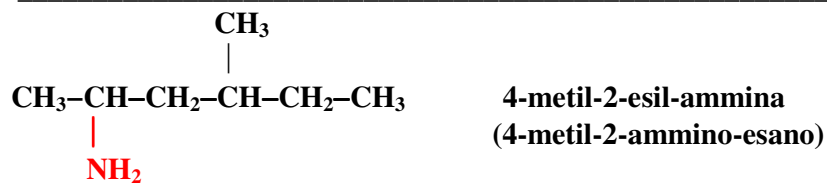
CH_3-NH_2	ammino metano
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	ammino etano
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	ammino propano
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-ammino propano
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	2-ammino esano

Si usa molto spesso ancora la nomenclatura comune, che deriva le ammine dall'**ammoniaca**, per sostituzione di uno, due o tre atomi di idrogeno con un radicale alchilico (o arilico).



Alcuni esempi aiuteranno a capire facilmente.

CH_3-NH_2	metilammina
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	etilammina
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$	propilammina
$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	isopropilammina



Anche le ammine si classificano in primarie, secondarie e terziarie. Tutte le ammine scritte sopra sono primarie (uno solo degli atomi di idrogeno dell'ammoniaca è stato sostituito con un radicale alchilico). Di seguito alcuni esempi di ammine secondarie e terziarie, con i corrispondenti nomi:

