

## PROGRAMMA DI LETTERATURA GRECA

### LA COMMEDIA <<BORGHESE >> DI MENANDRO

- La commedia "nuova" e Menandro
- Il *Misanthropo*: l'assurdo dramma di un vecchio in disarmonia con il mondo
- I conflitti interiori di Demea e la *Donna di Samo*
- *L'Arbitrato* ed il superamento delle convenzioni sociali
- Mondo "borghese" e limiti del realismo menandro

### LA NUOVA POESIA E CALLIMACO

- I canoni della nuova poesia
- Callimaco ed il proemio dei Telchini
- *Aconzio e Cidippe* e *La Chioma di Berenice*
- Gli *Inni*: pezzi di bravura desaccralizzati
- I Giambi e l' *Ecale*
- L'arguzia e l'eleganza degli *Epigrammi*

### TRADIZIONE ENOVITA' NELL'EPOS DI APOLLONIO RODIO

- La vicenda delle Argonautiche
- Il ritorno all'epos tradizionale
- Adeguamento ai canoni aristotelici
- Innovazione nella struttura
- Il mondo dell'epica svuotato del suo significato originario
- Giasone: la crisi dell'eroe-protagonista
- Medea: la nuova eroina
- L'innamoramento di Medea
- La seconda Medea: la maga crudele

### L' EPIGRAMMA

- L'epigramma: origine di una forma poetica
- Caratteristiche e sviluppo dell'epigramma letterario
- Le antiche raccolte di poesia epigrammatica

## TEOCRITO E LA POESIA BUCOLICA

- Teocrito: la vita e l'ambiente
- Genesi e struttura degli *Idilli*
- *Le Talisie*
- *I Mietitori ed il Ciclope*: amore e lusus
- *L'Incantatrice* o la disperata passione di Simeta
- *Le Siracusane*: uno spaccato di vita borghese
- La campagna come evasione

## I MIMIAMI DI ERODA

### LA STORIOGRAFIA ELLENISTICA E L'OPERA DI POLIBIO

- Le nuove tendenze della ricerca storica
- Polibio: dalla lega achea al circolo degli Scipioni
- Principi storiografici
- Costituzione ed impero
- Sulle orme di Tucidide

### PLUTARCO O IL DISSEPPELLIMENTO DEGLI ANTICHI

- *I Moralia*: una nuova temperie etica e religiosa
- *Le Vite Parallele* e gli eroi plutarchei

### GENESI E STRUTTURA DEL ROMANZO

- Il corpus dei romanzi erotici
- La cronologia ed il problema delle origini
- Le strutture narrative ed il loro significato

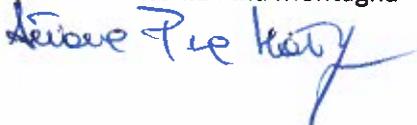
### LUCIANO DI SAMOSATA

- Favola e fantascienza nella *Storia Vera*
- *Lucio e l'asino*: imitazione e creazione

### Tragedia in traduzione

**LE BACCANTI DI EURIPIDE**: analisi, traduzione e commento vv.660-774 (no lettura metrica)

Prof.ssa Antonia Pina Montagna



Alunni



## PROGRAMMA DI LETTERATURA LATINA

### L'ETA' GIULIO-CLAUDIA: CONTESTO STORICO E CULTURALE

- I principes della dinastia giulio-claudia
- La vita culturale e l'attività letteraria nell'età giulio-claudia
- Da Tiberio a Claudio
- L'età di Nerone

### POESIA E PROSA NELLA PRIMA ETA' IMPERIALE

- La favola: Fedro
- I dati biografici e la cronologia dell'opera
- Il prologo: il modello esopico ed il genere "favola"
- La caratteristica ed i contenuti dell'opera
- La versione della realtà

### SENECA

- La vita
- *I Dialogorum libri:*
- *Ad Marciam de Consolatione*
- *Ad Polybium de Consolatione*
- *Ad Helviam matrem de Consolatione*
- *De ira* (lettura critica I,1, 1-4)
- *De Brevitate vitae* (lettura, analisi, traduzione e commento 2, 1-5)
- *De vita beata*
- *De tranquillitate animi*
- *De otio*
- *De Providentia*
- *De constantia sapientis*
- *De clementia*
- *De beneficiis*
- *Naturales Questiones*
- *Le Epistulae Morales ad Lucilium* (lettura, analisi, traduzione e commento 47, 1-21)
- Le tragedie
- *L'Apokolokyntosis*

## **L'EPICA E LA SATIRA: LUCANO E PERSIO**

- Lucano: dati biografici
- Il *Bellum civile*
- Le caratteristiche dell'epos di Lucano
- I personaggi del *Bellum civile*
- Il linguaggio poetico di Lucano
  
- Persio: dati biografici
- La poetica e la satira sulla poesia
- I contenuti delle altre satire
- La forma e lo stile

## **PETRONIO**

- La questione dell'autore del *Satyricon*
- Il contenuto dell'opera
- La questione del genere letterario
- Il mondo del *Satyricon*: il realismo petroniano

## **DAL'ETA' DEI FLAVII AL PRINCIPATO DI ADRIANO: IL CONTESTO STORICO-CULTURALE**

- Da Vespasiano ad Adriano
- La vita culturale

## **PROSA E POESIA NELL'ETA' DEI FLAVII**

- Gli *Argonautica* di Valerio Flacco

## **MARZIALE**

- I dati biografici e la cronologia delle opere
- La poetica
- Le prime raccolte
- Gli *Epigrammata*: precedenti letterari e tecnica compositiva
- I temi e lo stile degli *Epigrammata*

## **QUINTILIANO**

- I dati biografici e la cronologia dell'opera
- Le finalità ed i contenuti dell'*Institutio Oratoria*
- La decadenza dell'oratoria secondo Quintiliano

## POESIA E PROSA NELL'ETA' DI TRAIANO ED ADRIANO

- La biografia: Svetonio
- I dati biografici
- *Il De Viris Illustribus*
- *Il De Vita Caesarum*

## LA SATIRA: GIOVENALE

- i dati biografici e la cronologia delle opere
- la poetica di Giovenale
- le satire dell'*indignatio*
- il secondo Giovenale
- espressionismo, forma e stile delle satire

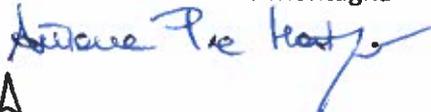
## TACITO

- I dati biografici e la carriera politica
- *L'Agricola*
- *La Germania*
- Le opere storiche: *Annales* (lettura, traduzione, analisi e commento liber 16, 18) ed *Historiae*
- La concezione storiografica di Tacito e la prassi storiografica
- La lingua e lo stile

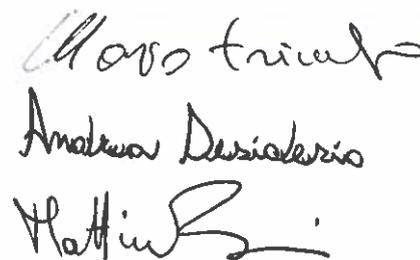
## APULEIO

- Dati biografici
- *Il De Magia, i Florida* e le opere filosofiche
- *Le Metamorfosi*: il titolo e la trama del romanzo, le caratteristiche, gli intenti e lo stile dell'opera
- Apuleio e la fabula di *Amore e Psiche*

Prof.ssa Antonia Pina Montagna

  
A

Alunni



**PROGETTO TRASVERSALE DI EDUCAZIONE CIVICA: AGENDA 2030**

**OBIETTIVO 5, "PARITA' DI GENERE"**

**LATINO/GRECO:** LA FIGURA DELLA DONNA NELLA LETTERATURA, CON PARTICOLARE RIFERIMENTO ALLA FIGURA DI MEDEA COME DONNA, MOGLIE E MADRE E PARALLELISMO CON LA SITUAZIONE ODIERNA – PARITA' DI GENERE IN OGNI ASPETTO DELLA VITA PUBBLICA E PRIVATA.

**ITALIANO:** DONNE DI IERI E DONNE DI OGGI, DA FRANCESCA A BEATRICE. UN VIAGGIO NELLA VIOLENZA DI GENERE NELLA DIVINA COMMEDIA E NELLA STORIA CONTEMPORANEA.

**SCIENZE:** ROSALIND FRANKLIN, LA DONNA CHE HA SCOPERTO IL DNA

**FISICA/MATEMATICA:** EMMY NOETHER E LE BASI MATEMATICHE DELLA TEORIA DELLA RELATIVITA'

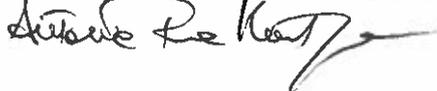
**ARTE:** LA VISIONE DELLA DONNA NEL MONDO DI OGGI – RACCONTO ATTRAVERSO TRE FOTO DELLA VISIONE DELLA DONNA NELLA NOSTRA SOCIETA'

**INGLESE:** VIRGINIA WOOLF ED IL RUOLO DELLA DONNA NELLA SOCIETA' DEL '900

**FILOSOFIA:** EMANCIPAZIONE FEMMINILE DA UN PUNTO DI VISTA COSTITUZIONALE – IL CASO DI FRANCA VIOLA.

**IL REFENTE**

**PROF.SSA ANTONIA PINA MONTAGNA**



**ISTITUTO PARITARIO "G. VISCONTI"**  
**ANNO SCOLASTICO 2022/23**  
**PROGRAMMA DI FISICA**

**CLASSE: 5 CLASSICO**

**DOCENTE: CRISTIANO MONTANARELLA**

**ELETTROSTATICA**

La carica elettrica. La legge di Coulomb. Il campo elettrico. L'energia potenziale e il potenziale elettrico. Il moto di una carica in un campo elettrico. I condensatori.

**LA CORRENTE ELETTRICA**

Le leggi di Ohm: resistenza, resistività, sezione di un conduttore, differenza di potenziale. I circuiti elettrici: generatore e forza elettromotrice.

**IL CAMPO MAGNETICO**

Fenomeni magnetici e campi magnetici. Interazione tra correnti e magneti. La forza di Lorentz. Forza esercitata da un campo magnetico su un filo percorso da corrente. Legge di Biot-Savart. Campo magnetico generato da una spira e da un solenoide.

**INDUZIONE ELETTROMAGNETICA**

Corrente indotta. Esperimenti di Faraday. Forza elettromotrice indotta. Inverso della corrente indotta e conservazione dell'energia. Autoinduzione e mutua induzione. Energia contenuta in un campo magnetico.

**CORRENTE ALTERNATA**

I circuiti in corrente alternata. I circuiti RLC. I circuiti LC. Resistenza e induttanza.

**LE ONDE ELETTROMAGNETICHE**

Il campo elettrico indotto. Il campo magnetico indotto. Equazioni di Maxwell nel caso statico e nel caso variabile. Origine e grandezze delle onde elettromagnetiche. Classificazione delle onde elettromagnetiche. Spettro elettromagnetico.

**LA RELATIVITA' NEL TEMPO E NELLO SPAZIO**

Relatività ristretta. Postulati della relatività ristretta. Sistemi di riferimento inerziali. Invarianza delle velocità della luce. Trasformazioni di Galileo e trasformazioni di Lorentz. Dilatazione dei tempi. Contrazione delle lunghezze. Massa relativistica. Equazione di Einstein. Disastro di Chernobyl.

Relatività generale. Principio di equivalenza. Massa inerziale e gravitazionale. La gravità come conseguenza dell'incurvatura spazio-tempo.

---

**EDUCAZIONE CIVICA**

Agenda 2030, obiettivo 5: "parità di genere"

Emmy Noether e le basi matematiche della teoria della relatività.

**FIRME DEGLI ALUNNI**

*Uovo Emma*  
*Laura Benetton*

**FIRMA DEL DOCENTE**

*Costanza Terenzi*

## PROGRAMMAZIONE DIDATTICA

Anno scolastico 2022/2023

DOCENTE – Prof. Giuseppe Popolizio

Materia – Disegno e Storia dell'Arte

Classe – V Liceo Classico sez.A

### **STORIA DELL'ARTE**

#### U.D. 1: Neoclassicismo

Caratteri generali

J. L. David. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il giuramento degli Orazi

Antonio Canova. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Amore e Psiche

#### U.D. 2: Romanticismo

Caratteri generali

David Friedrich. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Viandante sul mare di nebbia

Eugene Delacroix. Analisi e lettura dell'opera d'arte: La Libertà che guida il popolo

#### U.D. 3: Realismo

Caratteri generali

Gustave Courbet. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Gli spaccapietre

Honorè Daumier. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il vagone di terza classe

#### U.D. 4: I Macchiaioli

Caratteri generali

Giovanni Fattori. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Campo italiano alla battaglia di Magenta

Silvestro Lega. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il canto dello stornello

#### U.D. 5: Impressionismo

Caratteri generali

Edouard Manet. Analisi e lettura dell'opera d'arte: La colazione sull'erba.

Claude Monet. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Impression soleil levant

Auguste Renoir. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Ballo al Moulin de la Galette

Edgar Degas. Analisi e lettura dell'opera d'arte: L'assenzio

#### U.D. 6: Post-impressionismo

Caratteri generali

George Seurat. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Una domenica sull'isola della Grande Jatte

Paul Cezanne. Analisi e lettura dell'opera d'arte: I giocatori di carte

Paul Gauguin. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Da dove veniamo? Chi siamo? Dove andiamo?

Vincent Van Gogh. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Notte stellata

Edvard Munch. Analisi e lettura dell'opera d'arte: L'urlo

#### U.D.7 : Divisionismo

Caratteri generali

Giovanni Segantini. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Le due madri

Giuseppe Pellizza da Volpedo. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il quarto stato

#### U.D.8 : Art Nouveau

Caratteri generali

Gustav Klimt. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il bacio

Antoni Gaudì: Casa Milà

#### U.D.9 : Espressionismo

Caratteri generali

Amedeo Modigliani. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Nudo seduto

Henri Matisse. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Gioia di vivere

#### U.D.10 : Cubismo

Caratteri generali

Pablo Picasso. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Les demoiselles d'Avignon

George Braque. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Violino e candela

#### U.D.11 : Futurismo

Caratteri generali

Umberto Boccioni. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Visioni simultanee; Forme uniche della continuità nello spazio.

Giacomo Balla. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Dinamismo di un cane a guinzaglio

#### U.D.12 : Astrazione

Caratteri generali

Vassily Kandinskij. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Giallo, rosso, blu

Piet Mondrian. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Composizione con rosso, giallo e blu

#### U.D.13 : Dadaismo

Caratteri generali

Marcel Duchamp. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Ruota di bicicletta

#### U.D.14 : Metafisica

Caratteri generali

Giorgio de Chirico. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Le muse inquietanti

#### U.D.15 : Surrealismo

Caratteri generali

Salvador Dalì. Analisi e lettura dell'opera d'arte: La persistenza della memoria

Renè Magritte. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Doppio segreto

Joan Mirò. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il carnevale di Arlecchino

#### U.D.16: Pop art

Caratteri generali

Andy Warhol. Analisi e lettura dell'opera d'arte: The shot Marilyns

#### U.D.17 : Informale

Caratteri generali

Jackson Pollock. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Convergence

Lucio Fontana. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Concetto spaziale, attese

Alberto Burri. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Rosso plastica

#### U.D.18 : Concettuale

Caratteri generali

Christo. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Floating piers

Marina Abramovic. Analisi e lettura dell'opera d'arte: The artist is present

U.D.19: Street art

Caratteri generali

Keith Haring. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Tuttomondo

Banksy. Analisi e lettura dell'opera d'arte: Il lanciatore di fiori

U.D.20: Architettura e Design

Funzionalismo e Razionalismo: Il Bauhaus, Gropius, Le Corbusier, Mies van der Rohe

Architettura Fascista: EUR Roma

Architettura Organica: Frank Lloyd Wright

Laboratorio di Fotografia

Caratteri generali

Come nasce una fotografia.

Componenti di una fotografia (soggetto, sfondo, illuminazione).

Inquadrature e composizione dell'immagine.

Data 06/05/2023

Andrea Desiolexio

Sirafioranelli

Emiliano Caputo Mimitolo

firma: Giuseppe Porfizi

Visto: Il Preside  
(Prof. Giuliana Santagata)

PROGRAMMA V LICEO CLASSICO SEZ. A  
ANNO SCOLASTICO 2022-2023

LETTERATURA INGLESE

LIBRO DI TESTO ADOTTATO: AMAZING MINDS-M.SPICCI-T.ALAN SHOW-D.MONTANARI-CASA ED. PEARSON  
LONGMAN

The Victorian Age (Historical ,Social and literary Context)

Early Victorian Age: a changing society

Queen Victoria

Social reforms

Industrial and technological advance

The great exhibition

Utilitarianism

The Victorian compromise

The feminist question (the suffragettes)

The Age of Fiction

C. Dickens

A life like a novel

Major works and themes

Dickens'plots

Dickens'characters

Dickens'legacy in the English language

"O.Twist"-plot

Passage:"I want some more"

O.Wilde

"The picture of Dorian Gray"

"All art is useless"

Modernism

The suffragettes

Modernist writers

"War Poets"

R. Brooke

"The Soldier"

S. Sassoon

"Suicide in The Trenches"

The Stream of Consciousness

Direct interior monologue

Indirect interior monologue

J. Joyce (pagg. 234-235)

The narrative technique in "Dubliners" (pag. 236)

"Ulysses" (pag. 239)

Passage: "Yes I said Yes I will Yes"

V. Woolf (pagg. 242-243)

"Mrs Dalloway"

Passage: "Mrs Dalloway said she would buy the flowers"

America

The great depression

The wall street crash

The new deal

F.S. Fitzgerald (pagg. 269-270)

"The Great Gatsby"

Educazione Civica: "Ridurre le Disuguaglianze"

Lucia Berni

Alonso Trujillo  
Andrea Desiderio  
Aristobani

# Liceo Classico “Giangaleazzo Visconti”

Anno scolastico 2022-2023

## Programma di Matematica

Classe: 5<sup>^</sup> A

Docente: Alessio Giannini

### Funzioni

Funzioni reali di una variabile reale. Funzioni elementari. Classificazione delle funzioni. Funzioni pari e dispari. Dominio e condominio di una funzione.

### Limiti

Concetto di limite di una funzione. Definizione di limite finito ed infinito di una funzione in un punto. Limite sinistro e limite destro. Asintoto verticale. Limite finito di una funzione all'infinito: asintoto orizzontale e asintoto obliquo. Limite infinito di una funzione all'infinito. Teoremi sui limiti (unicità del limite, del confronto, della permanenza del segno). Operazioni sui limiti. Forme indeterminate. Limiti notevoli.

### Continuità

Definizione di funzione continua. Continuità a destra e a sinistra. Punti di discontinuità. Discontinuità di prima, seconda e terza specie. Continuità delle funzioni inverse. Teoremi fondamentali delle funzioni continue. Infinitesimi e infiniti: confronto tra infinitesimi e infiniti. Esempi di limiti particolari.

### Derivate

Definizione di derivata e suo significato geometrico. Derivata destra e derivata sinistra. Continuità delle funzioni derivabili. Definizione di punto stazionario, punti angolosi, cuspidi e flessi a tangente verticale. Derivata di alcune funzioni elementari. Regole di derivazione: derivata della somma, del prodotto e del quoziente. Derivata della funzione composta. Significato fisico della derivata: velocità, accelerazione in un moto rettilineo e intensità di corrente.

### Teoremi sul calcolo differenziale

Teorema di Rolle e suo significato geometrico. Teorema di Lagrange e suo significato geometrico. Teorema di Cauchy. Massimi e minimi relativi ed assoluti di una funzione. Funzioni crescenti e decrescenti. Teorema di de L'Hôpital e forma indeterminata  $\frac{0}{0}$  e  $\frac{\infty}{\infty}$ . Punti a tangente orizzontale. Funzioni derivata prima e derivate successive. Concavità, convessità e flessi. Studio dei punti di non derivabilità: punti angolosi, cuspidi, flessi a tangente verticale. Problemi di massimo e minimo. Studio di funzione.

### L'integrale indefinito

Definizione di integrale indefinito. Funzioni primitive di una funzione data e significato geometrico dell'integrale indefinito. Proprietà dell'integrale indefinito. Integrali indefiniti immediati.

### **L'integrale definito e il calcolo delle aree**

Definizione di integrale definito e suo significato geometrico. Il teorema della media. La funzione integrale: il teorema di Torricelli-Barrow. Formula di Newton-Leibniz. Calcolo di aree di domini piani. Volumi dei solidi di rotazione. Significato fisico dell'integrale definito.

### **Educazione civica**

Obiettivo 5 parità di genere: Emmy Noether e le basi matematiche della teoria della relatività.

### **Firme degli alunni**

Nicola Babelini

Andrea Desiato

Sara Pisanelli

### **Firma del docente**

Alessandro

**Verso la società di massa**

La nascita dei partiti  
L' emancipazione femminile

**La seconda rivoluzione industriale**

Le nuove fonti energetiche  
La nuova organizzazione del lavoro

**L' età giolittiana**

Decollo industriale e progresso civile  
La questione meridionale  
Il nazionalismo e la guerra di Libia  
La riforma elettorale  
I rapporti con la Chiesa

**La prima guerra mondiale**

Interventismo e Neutralismo  
Le cause della guerra  
Lo svolgimento della guerra  
I trattati di pace

**Il mondo tra le due guerre**

La Repubblica di Weimar  
Il " biennio rosso "  
La rivoluzione russa del 1917  
Il crollo della Borsa di Wall Street

**Il Fascismo**

Il dopoguerra in Italia  
B. Mussolini e i Fasci di combattimento  
La nascita del Pnf  
Lo Stato fascista

**Il totalitarismo in Unione Sovietica**

Da Lenin a Stalin  
La costituzione dello Stato totalitario  
L' industrializzazione forzata  
Le forme della repressione

**Il totalitarismo in Germania**

L' avvento del nazismo  
Il consolidamento del potere nazista  
Il terzo Reich  
Le forme della repressione  
La Shoa

**La seconda guerra mondiale**

Le cause della guerra  
Lo svolgimento della guerra  
L' intervento americano  
La caduta del fascismo  
La resa della Germania

**La guerra fredda**

Gli alunni

*Uso trunfo*  
*Andrea Desiderio*

*Scrapomelli*

Prof. Manfredi M. Granese

*Mh Granese*

**ISTITUTO G. VISCONTI  
SCUOLA SECONDARIA DI II GRADO**

**Materia: FILOSOFIA**  
**Classe: 5 CLASSICO**  
**Anno Scolastico: 2022/2023**  
**Insegnante: FLAVIA BELLAROTO**

**STRUMENTI**

Libri di testo:

*La meraviglia delle idee 3*, Massaro, Paravia Pearson, 9788839520241

**PROGETTI ANNUALI:**

- **ED. CIVICA. Obiettivo 5 dell'Agenda 2030:** Emancipazione femminile da un punto di vista Costituzionale – il caso di Franca Viola

**CRITERI DI VALUTAZIONE:**

**INDICATORI DI COMPETENZA**

*Competenze conoscitive*

- Comprensione dei dati
- Memorizzazione
- Correttezza
- Completezza

*Competenze linguistico-comunicative*

- Comprensione degli argomenti
- Utilizzo dei termini filosofici

*Competenze metodologico-operative*

- Organizzazione del lavoro
- Puntualità delle consegne
- Autonomia di applicazione

*Competenze relazionali*

- Interazione persona-ambiente
- Autonomia
- Consapevolezza
- Impegno
- Partecipazione

## PARAMETRI DI VALUTAZIONE

Livello scarso	4
Livello insufficiente	5
Livello sufficiente	6
Livello discreto	7
Livello buono	8
Livello distinto	9
Livello ottimo	10

## CONTENUTI

### Settembre

#### **Schopenhauer**

- Analisi di temi e concetti fondamentali de Il mondo come volontà e rappresentazione
- La rappresentazione: il velo di Maya

### Ottobre – Novembre

- La volontà: la concezione tragica della storia e il rifiuto dell'interpretazione ottimistica della filosofia hegeliana
- Tra dolore e noia

#### **Kierkegaard**

- La verità del singolo
- Gli stadi dell'esistenza: la vita estetica e la 'disperazione nel finito' di Don Giovanni, Faust, Johannes; la vita etica e la responsabilità del padre di famiglia; la vita religiosa e la fede di Abramo
- Il concetto di angoscia

### Dicembre – Gennaio

#### **Feuerbach**

- La critica alla religione
- L'ateismo: il concetto di Alienazione

#### **IL POSITIVISMO**

- Scienza, storia e progresso: caratteristiche generali del Positivismo; temi e concetti
- chiave della filosofia positiva

### Febbraio – Marzo

#### **Comte**

- Concezione della storia e idea di progresso
- La legge dei tre stadi
- La classificazione delle scienze
- Il primato della sociologia: statica e dinamica sociale

#### **Darwin**

- La teoria dell'evoluzione e la lotta per la sopravvivenza
- Il social-darwinismo

## Aprile – Maggio

### **Marx**

- Critica dell'economia borghese e alienazione
- Il materialismo storico: Critica al concetto di "ideologia"; il progresso come sviluppo dialettico delle condizioni materiali di esistenza.
- Il Capitale: il lavoro alienato e le teorie del plusvalore
- Il Manifesto: lotta di classe, la rivoluzione proletaria e l'attuazione del Comunismo

### **Nietzsche**

- La nascita della tragedia: la concezione dionisiaca e tragica del mondo
- Il periodo illuministico: il nichilismo; la morte di Dio e l'avvento del Superuomo
- Il Superuomo
- Il periodo di Zarathustra: eterno ritorno dell'uguale e volontà di potenza
- Crisi della morale e della religione: trans-valutazione dei valori e ritorno alla terra
- La volontà di potenza

## Giugno

### **Freud**

- Fondamenti Psicoanalisi
- L'inconscio: La definizione di inconscio e i traumi psichici
- Le due topiche: La struttura della psiche, 1^ e 2^ topica
- Teoria della sessualità: il concetto di libido; fasi orale, anale e fallica;  
Complesso di Edipo e di Elettra

Firma Studenti

Ugo Trump  
Nicola Barbieri

Firma Docente

Florentino Bellorini

# PROGRAMMA DI ITALIANO

V CLASSICO A E B

ANNO 2022-2023

**DOCENTE: ANNA AMENDOLA**

LIBRO DI TESTO: **LE PORTE DELLA LETTERATURA - 3**

DALLA FINE DELL'OTTOCENTO A OGGI

RONCONI. CAPPELLINI. DENDI. SADA. TRIBULATO

## **NATURALISMO E VERISMO**

IL NATURALISMO FRANCESE

IL VERISMO IN ITALIA

### **GIOVANNI VERGA**

LA VITA E LE OPERE

IL PENSIERO E LA POETICA

### **I MALAVOGLIA**

LA FAMIGLIA MALAVOGLIA (CAP I), IL CONTRASTO TRA NONNO E NIPOTE (CAP XI) L'ADDIO DI 'NTONI(CAP XV)

### **MASTRO DON GESUALDO**

LA MORTE DI GESUALDO (CAP V)

## **IL DECADENTISMO**

IL SIMBOLISMO

L'ESTETISMO

IL ROMANZO DECADENTE

### **GABRIELE D'ANNUNZIO**

LA VITA E LE OPERE

IL PENSIERO E LA POETICA

**IL PIACERE**

L'ATTESA DELL'AMANTE, ANDREA SPERELLI (CAP. I)

ALCYONE: LA PIOGGIA NEL PINETO

**GIOVANNI PASCOLI**

LA VITA E LE OPERE

IL PENSIERO E LA POETICA

MYRICAE: LAVANDARE , X AGOSTO, TEMPORALE, IL LAMPO

CANTI DI CASTELVECCHIO: LA MIA SERA

**I FUTURISTI**

**LA POESIA DEL NUOVO SECOLO IN ITALIA**

FILIPPO TOMMASO MARINETTI

IL NUOVO ROMANZO

**LUIGI PIRANDELLO**

LA VITA E LE OPERE

IL PENSIERO E LA POETICA

**LE NOVELLE PER UN ANNO** : LA PATENTE, IL TRENO HA FISCHIATO

**I ROMANZI**

**L'ESCLUSA** . ANALISI DEL PROBLEMA DELLA RELATIVITA'

**IL FU MATTIA PASCAL**

LA NASCITA DI ADRIANO MEIS (CAP.VIII)

**UNO, NESSUNO E CENTOMILA**

UN PICCOLO DIFETTO (CAP. I)

UN PARADOSSALE LIETO FINE (CAP. IV)

**IL TEATRO**

**I SEI PERSONAGGI IN CERCA D'AUTORE**

L'INGRESSO IN SCENA DEI SEI PERSONAGGI

PERSONAGGI CONTRO ATTORI

**ITALO SVEVO**

LA VITA E LE OPERE

IL PENSIERO E LA POETICA

**LA COSCIENZA DI ZENO**

PREFAZIONE E PREAMBOLO

L'ULTIMA SIGARETTA (CAP.III)

LO SCHIAFFO DEL PADRE (CAP. IV)

**IL NOVECENTO**

**L'ERMETISMO**

**GIUSEPPE UNGARETTI**

LA VITA E LE OPERE

LA POETICA

**L'ALLEGRIA** : IL PORTO SEPOLTO, FRATELLI, I FIUMI, SOLDATI

**SENTIMENTO DEL TEMPO E IL DOLORE**: LA MADRE

**EUGENIO MONTALE**

LA VITA E LE OPERE

IL PENSIERO E LA POETICA

**OSSI DI SEPPIA** : I LIMONI, MERIGGIARE PALLIDO E ASSORTO, SPESSO IL MALE DI VIVERE HO INCONTRATO

**SATURA**: HO SCESO, DANDOTI IL BRACCIO

**EDUCAZIONE CIVICA. DANTE E LA DIVINA COMMEDIA:**

**"DONNE DI IERI E DONNE DI OGGI. DA FRANCESCA A BEATRICE. UN VIAGGIO NELLA VIOLENZA DI GENERE NELLA DIVINA COMMEDIA E NELLA STORIA CONTEMPORANEA".**

ALCUNE DELLE FIGURE FEMMINILI CHE ANIMANO LA COMMEDIA SONO SIMBOLI CHE TRASCENDONO LA STORIA E CHE RACCONTANO COSA VUOL DIRE ESSERE DONNA IERI E OGGI, E RESISTERE AI SOPRUSI DI UNA SOCIETA' INGIUSTA E INEGUALE.

SI SONO ANALIZZATE LE FIGURE DI FRANCESCA DA RIMINI, PIA DEI TOLOMEI, PICCARDA DONATI, COSTANZA D'ALTAVILLA, CUNIZZA DA ROMANO E RAAB.

**L'AGENDA 2030. OBIETTIVO NUMERO CINQUE.** Raggiungere l'uguaglianza di genere e l'autodeterminazione di tutte le donne e ragazze

DOCENTE: ANNA AMENDOLA

GLI STUDENTI

Sara Roselli

Eleonora Mancini

Enrico De Nofini

## **Programmazione classi 5 ClassicoSez A**

**Anno scolastico 2022-2023**

Metodi e tecniche dell'educazione fisica (esempi di esercizi in deambulazione, in corsa, a corpo libero, in piedi, in decubito prono e supino)

Teoria sulle capacità coordinative e organico-muscolari

Apparato muscolo-scheletrico

Apparato respiratorio

Apparato circolatorio

Relazione tra alimentazione, salute e sport

Analisi del confronto tra sport di squadra e sport individuali: pro e contro.

Indicazioni sulla programmazione annuale d'allenamento

Pianificazioni di lezioni per l'allenamento:  
della forza (diversi distretti muscolari), della velocità e della rapidità, delle capacità coordinative

Doping: ricadute sulla prestazione dell'atleta e dipendenze

Alcol, il fumo e lo sport: che rapporto hanno?

Livia Mura  
diplomata  
Marta Pini

Antonio Fusi

**Istituto paritario G. Visconti, A.S. 2022-2023, Prof. Simone Serra - SCIENZE**  
**Classe 5° Liceo Classico sez. A - Programma di studi svolto**

**1. Chimica organica e biochimica**

- La chimica organica e gli idrocarburi (Dispensa n. 1; Capitolo A1 del libro):
  - cos'è la chimica organica
  - il numero di legami del carbonio e dell'idrogeno (no orbitali e ibridazione)
  - cosa sono e dove si trovano gli idrocarburi
  - la rappresentazione grafica delle molecole
  - classificazione degli idrocarburi alifatici (alcani, alcheni e alchini)
  - criteri e regole di nomenclatura degli idrocarburi alifatici (no reazioni)
  - il benzene come esempio di idrocarburo aromatico
  - le principali tipologie di isomeria: di catena, di posizione, geometrica
- I derivati funzionali degli idrocarburi (Dispensa n. 2 e 2b; Capitolo A1):
  - cos'è un gruppo funzionale
  - principali gruppi funzionali presenti anche nelle biomolecole e relative classi di derivati funzionali: ossidrilici (alcoli), eteri, carbonile (aldeidi e chetoni), carbossilici (acidi carbossilici ed esteri), gruppo amminico (ammine)
- I carboidrati (Dispensa n. 3; Capitolo B1):
  - principali funzioni dei carboidrati negli organismi viventi (energetica e strutturale)
  - definizione e struttura aperta del monosaccaride
  - esempi di monosaccaridi (glucosio e fruttosio), disaccaridi (saccarosio, lattosio e maltosio), polisaccaridi (amido, cellulosa, glicogeno e chitina)
  - il meccanismo di formazione e scissione del legame glicosidico (condensazione e idrolisi)
- I lipidi (Dispensa n. 4; Capitolo B1):
  - definizione generale dei lipidi
  - principali funzioni negli organismi viventi (energetica e di termoregolazione)
  - definizione e struttura degli acidi grassi
  - struttura dei trigliceridi
  - struttura dei fosfolipidi di membrana
  - esempi di alcuni steroidi (colesterolo, testosterone, cortisolo)
- Le proteine (Dispensa n. 5; Capitolo B1):
  - definizione di proteina
  - le funzioni negli organismi viventi
  - i 20 amminoacidi: la struttura molecolare di un amminoacido, differenza fra essenziali e non essenziali
  - il meccanismo di formazione e idrolisi del legame peptidico
  - le quattro strutture tridimensionali delle proteine
- Gli acidi nucleici (Dispensa n. 6; Capitolo B1, Capitolo B4):
  - definizione di acido nucleico
  - la struttura del nucleotide
  - nomi e appaiamento delle basi azotate
  - le differenze fra DNA e RNA

**Istituto paritario G. Visconti, A.S. 2022-2023, Prof. Simone Serra - SCIENZE**  
**Classe 5° Liceo Classico sez. A - Programma di studi svolto**

- Il metabolismo (Dispensa n. 7; Capitolo B2):
  - definizione di metabolismo e differenza fra anabolismo e catabolismo
  - la glicolisi e le fasi della respirazione cellulare (Ciclo di Krebs e catena respiratoria) nei loro aspetti di base (no reazioni intermedie, composti intermedi e nomi degli enzimi)
  - le fermentazioni lattica e alcolica: dal piruvato all'acido lattico e all'etanolo

**2. Scienze della Terra**

- Capitolo T1: l'origine della Terra, le condizioni di abitabilità del pianeta, la struttura interna della Terra, le origini del calore interno e del campo magnetico terrestre
- Capitolo T2 - Il dinamismo terrestre e la teoria della tettonica delle placche: in particolare la teoria della deriva dei continenti, i movimenti delle placche tettoniche, i tre tipi di margini di placca

**3. Educazione civica**

Agenda 2030, Obiettivo 5 - La parità di genere

Rosalind Franklin, la donna che scoprì la struttura del DNA: i risultati delle sue ricerche e i motivi per cui il suo lavoro non fu riconosciuto adeguatamente.

**4. CLIL**

How do carbohydrates impact your health?

<https://ed.ted.com/lessons/how-do-carbohydrates-impact-your-health-richard-j-wood>



## Dispensa n. 1 - LA CHIMICA ORGANICA E GLI IDROCARBURI

### 1. LA CHIMICA ORGANICA: INTRODUZIONE

La **chimica organica** è la chimica del **CARBONIO**, l'elemento (con numero atomico 6) che è alla base dei composti organici e biologici. Le molecole sui cui verte il programma di chimica dell'ultimo anno di liceo (i composti organici e biologici) sono formate da catene di atomi di carbonio a cui sono legati principalmente atomi di idrogeno, ossigeno e, in alcune, anche azoto, fosforo e zolfo (C H O N P S).

I composti alla base della chimica organica sono gli **IDROCARBURI**.

Si tratta di composti binari, cioè che hanno molecole formate da atomi di due soli elementi: il **carbonio** (C) e l'**idrogeno** (H).

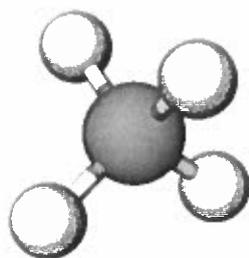
Sono principalmente sostanze di origine fossile, cioè derivano dalla decomposizione di microscopici organismi animali e vegetali vissuti molti milioni di anni fa. Il petrolio e i gas naturali, come il metano, l'etano e il propano, sono miscele o sostanze pure costituite da idrocarburi. I diversi idrocarburi, in condizioni standard di temperatura e pressione, possono essere gassosi, liquidi o solidi e sono in genere altamente infiammabili.

Le molecole degli idrocarburi sono catene di atomi di carbonio legate ad atomi di idrogeno, di diversa grandezza e forma. Le innumerevoli strutture possibili (lineari, ramificate, cicliche) sono determinate dai seguenti presupposti:

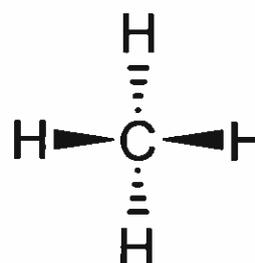
1. Il **carbonio** ha valenza 4, cioè in una molecola stabile forma in tutto **quattro legami** con gli atomi a cui è collegato. I legami possono essere singoli, doppi o tripli, ma in totale devono essere quattro;
2. L'**idrogeno** ha valenza 1, cioè forma soltanto **un legame** con un altro atomo.

Seguendo queste due "regole" è possibile "costruire" migliaia di molecole diverse, a seconda del numero di atomi di C e H considerati e della loro disposizione.

L'idrocarburo più semplice è il metano, formato da un atomo di carbonio e quattro di idrogeno (CH<sub>4</sub>): la sua molecola è perfettamente simmetrica e assume la forma di un *tetraedro* (piramide a base triangolare) con angoli di 109,5° fra i quattro legami.

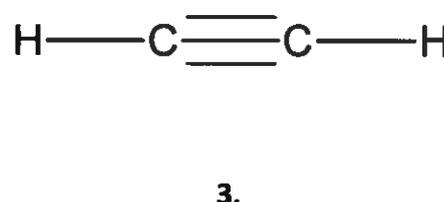
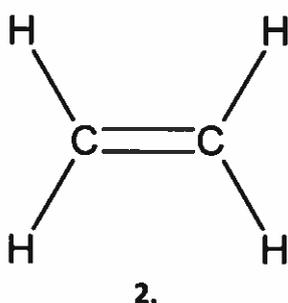
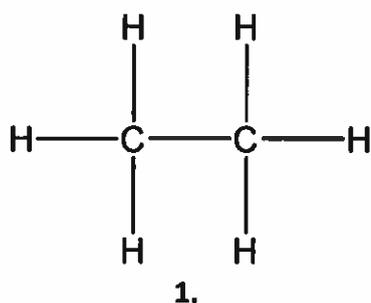


Rappresentazione tridimensionale della molecola del metano



A parte il metano, le molecole di tutti gli altri idrocarburi sono formate da due o più atomi di carbonio, ciascuno dei quali ha intorno quattro legami, con atomi di idrogeno o con altri atomi di carbonio.

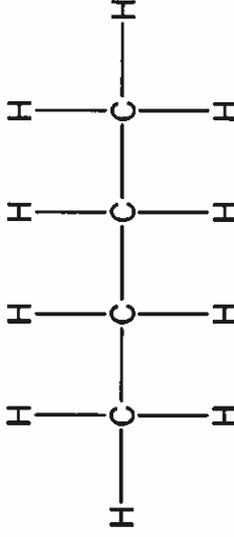
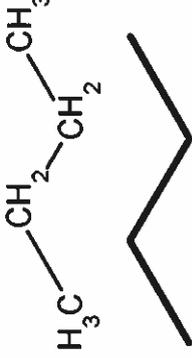
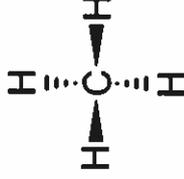
I legami intorno a un atomo di carbonio possono essere disposti in tre combinazioni: **1.** tutti e quattro singoli (disposti approssimativamente a tetraedro), **2.** un legame doppio e due singoli (con angoli di circa  $120^\circ$ ), **3.** un legame triplo e uno singolo disposti in direzioni opposte ( $180^\circ$ ). Nella figura sottostante sono rappresentati i tre casi in una molecola a due atomi di carbonio:



Viste le innumerevoli combinazioni possibili, gli idrocarburi possono essere quindi un grande varietà di composti, ma ciascuno sempre identificabile con il suo nome, costruito sulla base di poche ma rigorose regole di nomenclatura (descritte nel paragrafo 3). Seguendo scrupolosamente queste poche regole e applicando mnemonicamente un piccolo insieme di radici verbali e suffissi saremo in grado di assegnare il nome a qualsiasi molecola a partire dalla sua formula di struttura e a disegnare la molecola a partire dal nome.

## 2. RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DELLE MOLECOLE ORGANICHE

Prima di passare alla classificazione degli idrocarburi e poi alla spiegazione dei criteri per la nomenclatura, vediamo nella tabella seguente i diversi modi in cui le molecole organiche possono essere rappresentate graficamente.

Tipo	Descrizione	Esempio
Formula generale	Indica solamente il <u>rapporto numerico</u> fra gli atomi dei diversi elementi nella molecola	$C_n H_{2n+2}$ <p>Nella molecola c'è un num. di atomi di H doppio + 2 rispetto al num. di atomi C (alcani)</p>
Formula bruta (o molecolare)	Indica il <u>numero totale</u> di atomi di ogni elemento nella molecola	$C_4 H_{10}$ <p>Nella molecola ci sono 4 atomi di C e 10 di H, ma non sappiamo come sono disposti</p>
Formula di struttura	Rappresenta la struttura della molecola con <u>tutti gli atomi</u> e i <u>legami mostrati esplicitamente</u>	
Formula condensata	Rappresenta la struttura della molecola, ma con <u>alcune parti raggruppate</u> per praticità Può essere anche stilizzata con delle linee spezzate che sottintendono gli atomi di carbonio e idrogeno	
Formula di struttura tridimensionale	Rappresenta i legami con forme che danno l'idea della <u>tridimensionalità</u> della molecola	 <p>(metano, CH<sub>4</sub>)</p>

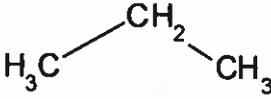
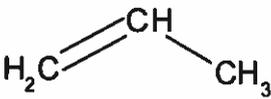
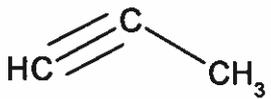
### 3. GLI IDROCARBURI: CLASSIFICAZIONE E NOMENCLATURA

#### 3.1 Classificazione degli idrocarburi

Gli idrocarburi si suddividono in *alifatici* e *aromatici*.

Gli idrocarburi alifatici si suddividono nei tre gruppi seguenti:

- **ALCANI**: nella molecola sono sempre presenti **solo legami singoli**
- **ALCHENI**: è presente **almeno UN legame doppio** fra due atomi di carbonio (e tutti gli altri singoli)
- **ALCHINI**: è presente **almeno UN legame triplo** fra due atomi di carbonio (e tutti gli altri singoli)

Classe	Esempio	Formula generale
<b>ALCANI</b>		$C_nH_{2n+2}$
<b>ALCHENI</b>		$C_nH_{2n}$
<b>ALCHINI</b>		$C_nH_{2n-2}$

Gli alcani vengono anche detti saturi perché la presenza di soli legami singoli fa sì che a un X numero di atomi di carbonio sia legato il *numero massimo possibile di atomi di idrogeno*. Alcheni e alchini invece vengono detti insaturi perché per inserire un legame doppio o triplo si devono togliere rispettivamente due o quattro atomi di idrogeno e quindi la molecola non è più "satura" di atomi di idrogeno.

Formula generale: ognuna delle tre categorie ha la sua formula generale, che permette di calcolare il rapporto numerico fra il numero di atomi di C e di H, come mostrato nella tabella. Sarà quindi sempre possibile identificare la classe dal rapporto numerico fra C e H.

Gli idrocarburi alifatici possono anche essere a catena chiusa o anello, cioè ciclici (o aliciclici). Un esempio è il *cicloesano*, che ha sei atomi di carbonio legati fra loro a formare un esagono. Vedi paragrafo 3.3.

#### 3.2 NOMENCLATURA degli idrocarburi alifatici: breve guida

Il nome di una molecola di un idrocarburo alifatico si costruisce in base a due caratteristiche:

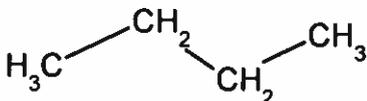
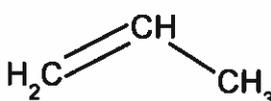
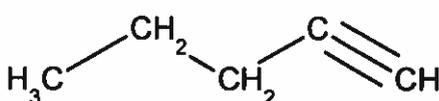
1. **il numero di atomi di carbonio** che formano la molecola;
2. la presenza di un **legame doppio**, di un **legame triplo** o di **nessuno** di essi.

A ogni numero di atomi di carbonio corrisponde una specifica **radice** del nome, che vedremo solo da 1 a 10, mentre a seconda della classe di appartenenza (alcani, alcheni, alchini) si usano tre **suffissi** che sono gli stessi dei nomi delle tre classi, come schematizzato qui sotto.

n. di atomi di carbonio	Radice del nome
1	<i>met-</i>
2	<i>et-</i>
3	<i>prop-</i>
4	<i>but-</i>
5	<i>pent-</i>
6	<i>es-</i>
7	<i>ept-</i>
8	<i>ott-</i>
9	<i>non-</i>
10	<i>dec-</i>

classe di appartenenza	suffisso
Alcani (solo legami singoli)	<i>-ano</i>
Alcheni (almeno un doppio legame)	<i>-ene</i>
Alchini (almeno un triplo legame)	<i>-ino</i>

Dalla combinazione di queste due parti (**radice + suffisso**) possiamo costruire il nome, come negli esempi seguenti:

		
- 4 atomi di C -> <b>but-</b> - <u>solo legami singoli</u> -> <b>-ano</b> = <b>butano</b>	- 3 atomi di C -> <b>prop-</b> - <u>doppio legame</u> -> <b>-ene</b> = <b>propene</b>	- 5 atomi di C -> <b>pent-</b> - <u>triplo legame</u> -> <b>-ino</b> = <b>pentino</b>

Infine, negli alcheni e negli alchini, **va indicata la posizione del legame doppio o triplo** con un **numero** inserito prima del suffisso o prima del nome. Il numero deve essere sempre il più basso possibile, quindi si deve partire a **contare dall'estremità più vicina al doppio o triplo legame**, a prescindere dal verso in cui è scritta la molecola.

**Esempio:**

Prendendo ad esempio il terzo caso della tabella, il nome completo sarà **1-pentino** (o **pent-1-ino**) perché il triplo legame si trova fra il carbonio 1 e 2 partendo a contare da destra. Se il triplo legame fosse fra il secondo e il terzo carbonio (sia partendo da destra che da sinistra), il nome della molecola sarebbe **2-pentino** (o **pent-2-ino**).

Ricapitolando:

1. **Contare il numero di atomi di carbonio** -> in base al numero di atomi di carbonio che compongono la catena scegliere la radice del nome (es. 4 atomi = *but-*)
2. **Individuare l'eventuale presenza di un legame doppio o triplo** -> scegliere la desinenza (es. presenza di un doppio legame negli alcheni = *-ene*) e aggiungere davanti alla desinenza o al nome il numero corrispondente alla sua posizione, partendo dall'estremità più vicina al doppio o triplo legame (es. doppio legame dopo il secondo atomo di C -> *pent-2-ene* o *2-pentene*)

L'assegnazione del nome a una molecola LINEARE si conclude qui. Vediamo ora come si assegna il nome a una molecola che presenta delle ramificazioni.

### **Nomenclatura delle catene ramificate**

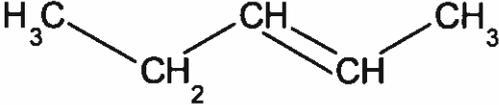
La molecola di un idrocarburo può essere anche **ramificata**, cioè con gruppi di atomi di C laterali legati alla catena principale, detti ramificazioni o **sostituenti\***.

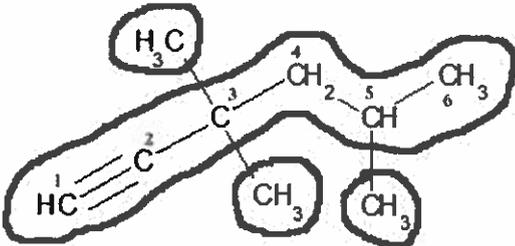
Vediamo il procedimento da seguire (vedi esempi a pag. 7).

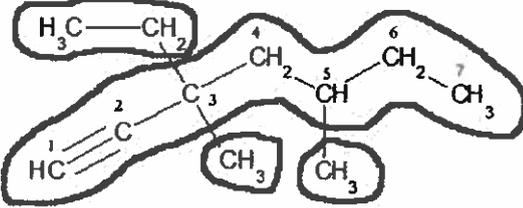
1. **individuare la catena principale**, cioè la sequenza di atomi di carbonio consecutivi più lunga escludendo le ramificazioni, quindi **scrivere il nome esattamente come abbiamo visto per le catene lineari**.
2. **individuare la presenza di ramificazioni (sostituenti) e numerare gli atomi di carbonio della catena principale** a partire dall'estremità più vicina al primo sostituente (o al doppio/triplo legame, che se presente ha la priorità);
3. aggiungere il **nome dei sostituenti** davanti al nome della catena principale: **quali, quanti, dove**.
  - a. **Quali** sono: va dato il **nome** a ogni singolo sostituente usando la radice del nome che corrisponde a quel numero di atomi di carbonio (*met-, et-, prop-...*), ma la desinenza che va aggiunta è sempre **"-il"** (*metil, etil, propil...*).
  - b. **Quanti** sono: quando c'è più di un sostituente dello stesso tipo, si usano i prefissi moltiplicativi **di-** (se sono due), **tri-** (se sono tre), **tetra-** (se sono quattro); ad esempio *dipropil, trietil, tetrametil*.
  - c. **Dove** sono: davanti a ogni tipologia di sostituente va inserito il numero corrispondente alla sua **posizione sulla catena principale**. Nel caso di più sostituenti uguali, scrivere i numeri separati dalla virgola. Se due sostituenti sono sullo stesso carbonio bisogna ripetere due volte il numero, con la virgola.

I nomi dei sostituenti vanno scritti davanti al nome della catena principale **in ordine alfabetico** (es.: *etil -> metil -> propil*), senza considerare i prefissi moltiplicativi.

Per riassumere vediamo tre esempi:

<p style="text-align: center;">Catena <u>LINEARE</u></p>  <p style="text-align: center;">2-pentene</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. contare il numero di atomi di carbonio: sono 5 -&gt; <b>pent-</b></li> <li>2. identificare l'eventuale presenza e la posizione di un legame multiplo: c'è un legame doppio (alchene: suffisso <b>-ene</b>) sul carbonio 2, in questo caso <u>partendo da destra</u> -&gt; <b>2-pentene</b> (Se non ci fossero doppi legami sarebbe semplicemente <i>pentano</i>)</li> </ol>
---	---

<p style="text-align: center;">Catena <u>RAMIFICATA</u> (es. 1)</p>  <p style="text-align: center;">3,3,5-trimetil-1-esino</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. individuare la <b>catena principale</b>, contando gli atomi di carbonio e assegnando la numerazione: sono 6 -&gt; <b>es-</b>; individuare l'eventuale <u>presenza</u> e la <u>posizione</u> del doppio/triplo legame: c'è un legame triplo (alchino: suffisso <b>-ino</b>) ed è sul carbonio 1 -&gt; <b>1-esino</b></li> <li>2. identificare il tipo ("quali") e il numero ("quanti") dei <b>sostituenti</b>: ci sono tre metili, quindi <b>trimetil-1-esino</b></li> <li>3. identificare la posizione ("dove") dei <b>sostituenti</b> sulla catena principale: due metili sono sul carbonio 3 e uno sul carbonio 5 (<b>3,3,5-trimetil-1-esino</b>)</li> </ol>
--	--

<p style="text-align: center;">Catena <u>RAMIFICATA</u> (es. 2)</p>  <p style="text-align: center;">3-etil-3,5-dimetil-1-eptino</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. vedi l'esempio precedente</li> <li>2. identificare il tipo ("quali") e il numero ("quanti") dei <b>sostituenti</b>: ci sono un etile e due metili -&gt; <b>etildimetil-1-eptino</b></li> <li>3. identificare la posizione ("dove") dei <b>sostituenti</b> sulla catena principale: l'etile è sul carbonio 3 e i due metili sono sul 3 e sul 5 (<b>3-etil-3,5-dimetil-1-eptino</b>)</li> </ol>
--	---

\* I sostituenti non legati a una catena carboniosa sono chiamati **radicali alchilici**. Si tratta dell'idrocarburo corrispondente a cui è stato sottratto un atomo di idrogeno lasciando alla molecola un elettrone spaiato (praticamente un legame libero con cui unirsi a una molecola). I tre più semplici radicali a catena lineare sono Metile ( $-\text{CH}_3$ ), Etile ( $-\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) e Propile: ( $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ )

### 3.3 Gli idrocarburi alifatici CICLICI

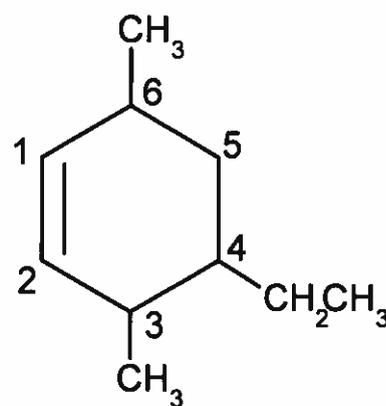
Le catene aperte si possono chiudere a formare anelli che prendono il nome dall'idrocarburo corrispondente a cui si antepone il prefisso "ciclo-". Gli idrocarburi alifatici a catena chiusa possono essere anche chiamati *idrocarburi alifatici ciclici* o *alicyclici*. Vediamo di seguito come le loro molecole possono essere rappresentate, mostrando gli esempi più semplici con la doppia rappresentazione, considerando che le strutture più comuni sono il ciclopentano e il cicloesano.

Ciclopropano	Ciclobutano	Ciclopentano	Cicloesano	Cicloeptano	Cicloottano

#### Esempio:

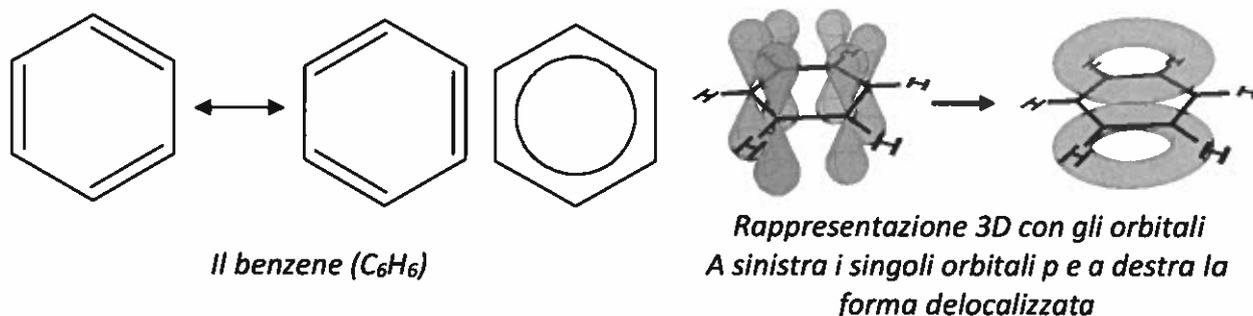
Vediamo un esempio di nomenclatura per un idrocarburo ciclico con ramificazioni (nell'esempio, contenente un doppio legame, quindi un cicloalchene). La catena principale è sempre l'anello. La numerazione degli atomi dell'anello parte sempre dal doppio legame, procedendo in senso orario o antiorario in base al criterio dei numeri più bassi possibili, come per le catene aperte (in ogni caso 1 e 2 sono sempre i due atomi di C legati dal doppio legame).

Quindi in questo caso il nome della molecola è: 4-etil-3,6-dimetilcicloesene (numerando erroneamente l'anello in senso orario, il nome sarebbe stato 5-etil-3,6-dimetilcicloesene).



### 3.4 Gli idrocarburi AROMATICI

Sono idrocarburi ciclici che però hanno una particolarità: la loro molecola contiene almeno un anello aromatico. L'anello aromatico, come vediamo nell'esempio del **benzene**, contiene più doppi legami (in questo caso 3): questi doppi legami non sono però fissi, ma si uniscono a formare un unico orbitale a forma vagamente di doppia "ciambella" sopra e sotto il piano dell'anello (in grigio nella figura), nel quale gli elettroni degli orbitali  $p$  sono distribuiti uniformemente su tutta la molecola. Per definire questa caratteristica si dice che **gli elettroni sono delocalizzati**. In altre parole, nel caso del benzene i sei elettroni  $p$  dei sei atomi di carbonio non restano all'interno dell'orbitale  $p$  del proprio atomo, ma vengono messi in comune fra tutti i sei atomi di carbonio dell'anello. Nella formula del benzene gli orbitali delocalizzati sono rappresentati con 3 doppi legami o con un cerchio, a indicare la distribuzione delocalizzata degli elettroni. Gli areni possono essere costituiti anche da più di un anello (policiclici) e avere dei sostituenti, formando diversi composti come quelli citati in fondo alla pagina. L'anello può essere esagonale o pentagonale.



Non bisogna confondere gli idrocarburi aromatici con gli idrocarburi alifatici ciclici: pur essendo entrambi ciclici, la delocalizzazione degli elettroni conferisce alle molecole aromatiche una particolare stabilità che le rende ben diverse da quelle alifatiche. I composti aromatici sono molto diffusi: alcuni di importanza biologica o farmaceutica sono ad esempio la caffeina, la nicotina, l'aspirina, l'adrenalina, le basi azotate del DNA. Quando almeno un atomo di carbonio è sostituito da un atomo di un altro elemento (es. ossigeno, azoto, zolfo), i composti sono detti *eterociclici*.

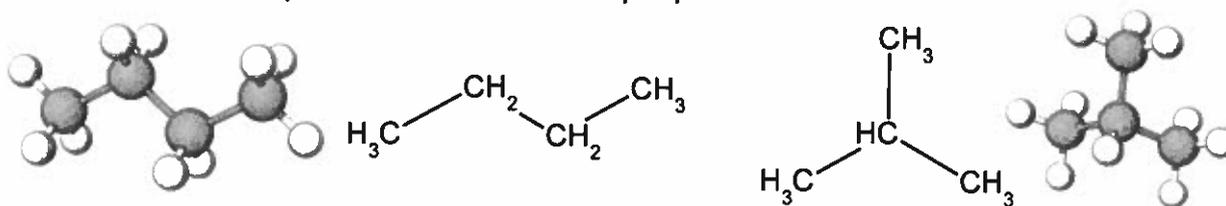
#### 4. L'ISOMERIA

Si intende per isomeria il fenomeno per cui due molecole sono **formate dagli stessi atomi ma disposti in due strutture diverse**. Queste due forme vengono chiamate **isomeri**. In altre parole, due isomeri hanno la stessa formula bruta, ma una diversa formula di struttura (vedi tabella a pag. 3). Pur contenendo esattamente gli stessi atomi, la loro differente disposizione rende due isomeri due composti diversi, con diverse proprietà.

Vediamo 4 tipi di isomeria, che ritroveremo anche più avanti nelle biomolecole.

1. **Isomeria di catena:** cambia lo scheletro di atomi di carbonio, quindi la disposizione delle ramificazioni.

*Esempio:* alla formula bruta  $C_4H_{10}$  possono corrispondere due composti con diversa formula di struttura, cioè il *butano* e *metilpropano*

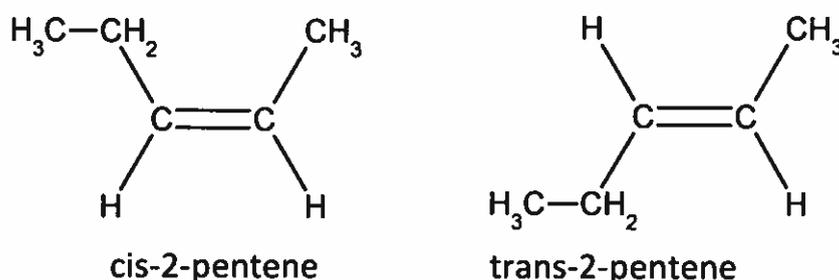


2. **Isomeria di posizione:** lo stesso scheletro di atomi di carbonio può avere un legame multiplo o un gruppo funzionale in posizioni diverse (affronteremo i gruppi funzionali quando tratteremo i derivati funzionali degli idrocarburi).

*Esempio:* but-1-ene e but-2-ene



3. **Isomeria geometrica (o cis-trans):** si verifica solo in presenza di un doppio legame, che dà luogo a due possibilità, a seconda se la catena prosegue dallo stesso lato (cis-) o dal lato opposto (trans-). Esempio ( $C_5H_{10}$ ):

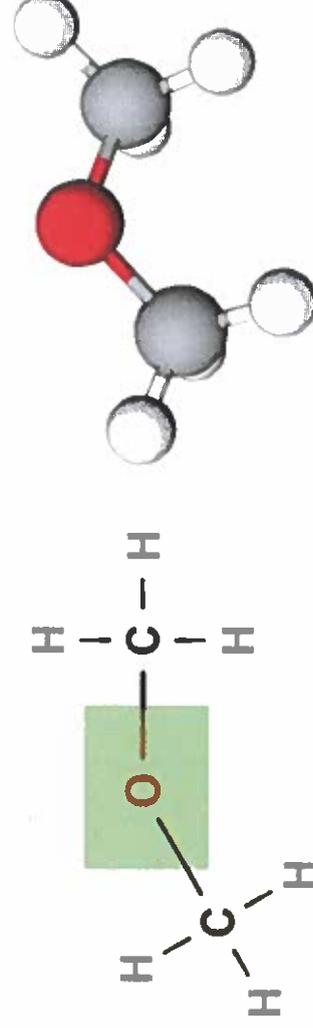


## Dispensa n. 2 - I DERIVATI FUNZIONALI DEGLI IDROCARBURI

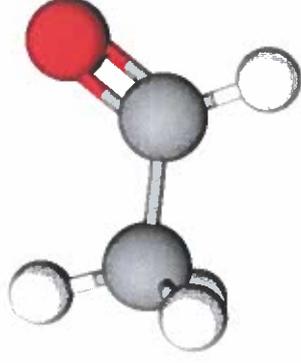
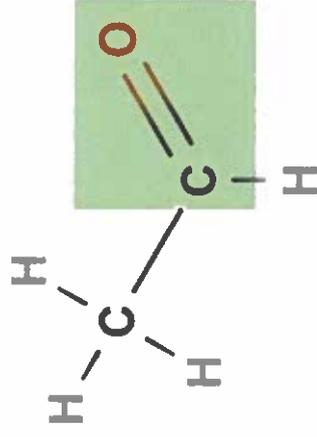
Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempio
ALCOLI	R-OH (ossidrilie)	Nome idrocarburo + <i>-olo</i>	Metanolo



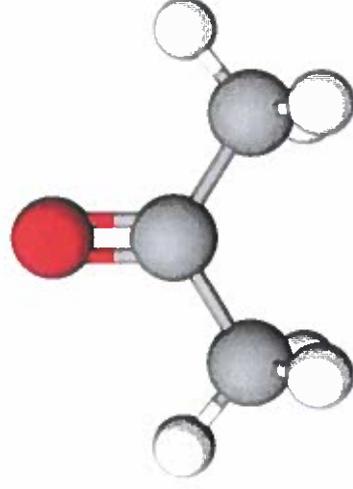
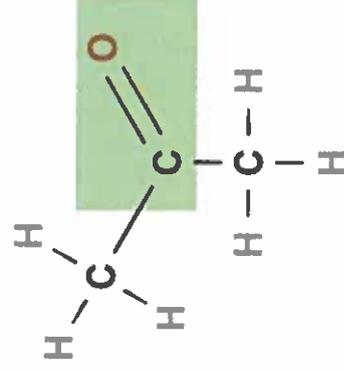
Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempio
ETERI	R-O-R	Nome dei due sostituenti + <i>etere</i>	Dimetiletere



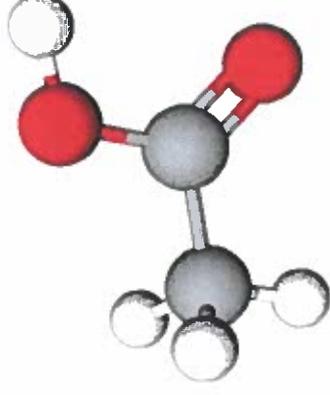
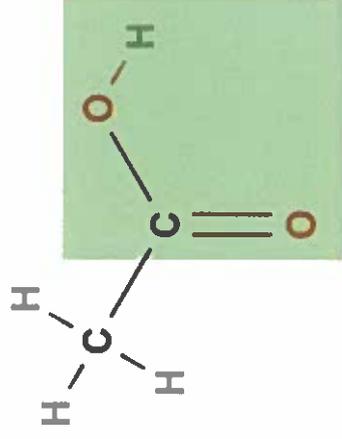
Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempio
ALDEIDI	R-[C=O]-H (carbonile) <u>all'estremità</u> della catena	Nome idrocarburo + <i>-ale</i>	Etanale



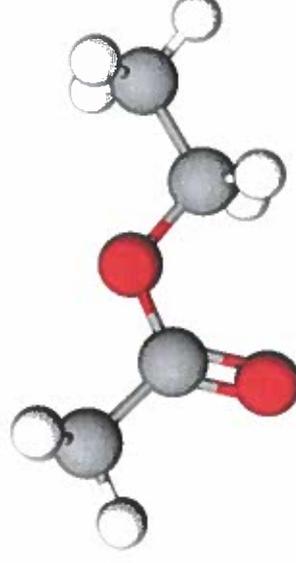
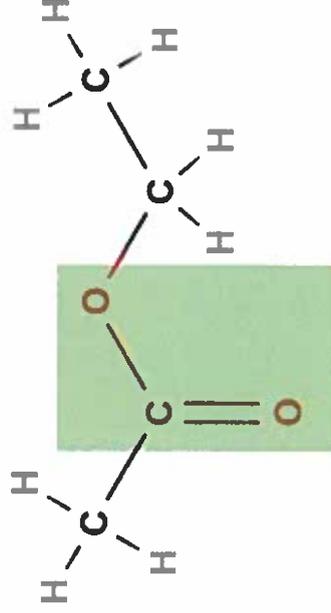
Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempio
CHETONI	R-[C=O]-R (carbonile) <u>all'interno</u> della catena	Nome idrocarb. + <i>-one</i>	Propanone



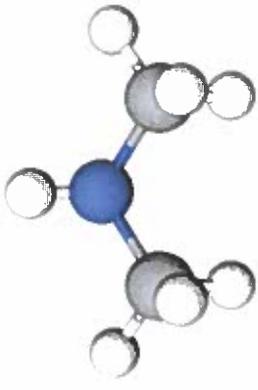
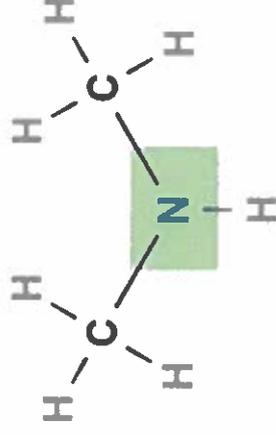
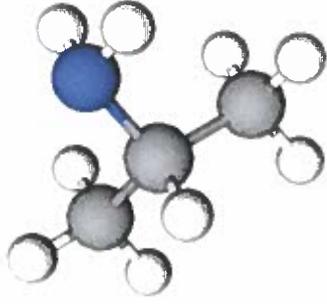
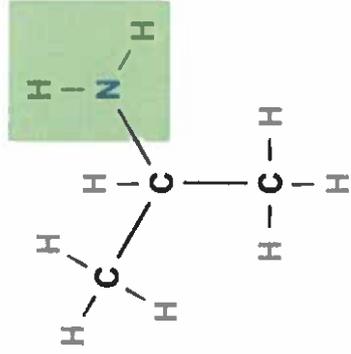
Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempio
ACIDI CARBOSSILICI	R-[COO]H (carbossile) all'estremità della catena	Acido + nome idrocarb. + -oico	Acido etanoico



Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempio
ESTERI	R-[COO]-R (carbossile) fra due catene	Nome idrocarb + -oato + di + nome sostituente	Etanoato di etile



Nome della classe	Gruppo funzionale	Nome	Esempi
AMMINE	Un atomo di azoto (N) con tre legami singoli	Nome idrocarburo + <i>ammina</i> o Nome dei sostituenti + <i>ammina</i>	<b>Propan-2-ammina</b> <b>Dimetilammina</b>



## Dispensa n. 3 - I CARBOIDRATI

I carboidrati, chiamati anche zuccheri o glucidi, sono una importante classe di biomolecole presente in tutti gli esseri viventi, con funzioni principalmente di riserva energetica, ma anche strutturale e di altro tipo.

Alla base dei carboidrati ci sono i **monosaccaridi**, molecole formate da carbonio, idrogeno e ossigeno che devono possedere tutte le seguenti caratteristiche (vedi esempi nella figura alla pagina successiva):

1. Numero di atomi di carbonio compreso fra 3 e 7
2. Presenza di un carbonile ( $C=O$ ) in posizione 1 o 2
3. Presenza di un ossidrile ( $OH$ ) legato a ciascuno degli altri atomi di carbonio

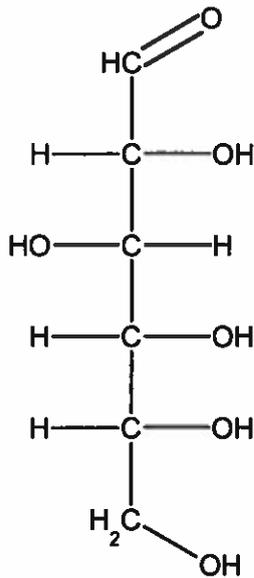
Se il carbonile è in posizione 1 si parla di **aldosi**.

Se il carbonile è in posizione 2 si parla di **chetosi**.

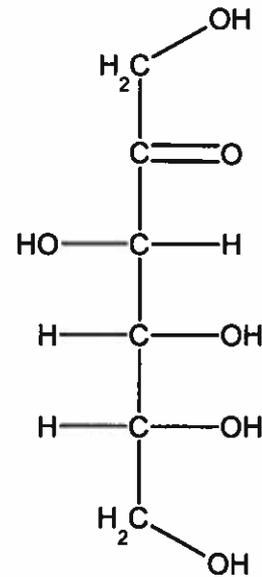
*A seconda del n. di atomi di carbonio si può parlare di triosi (3), tetrosi (4), pentosi (5), esosi (6), eptosi (7). Considerando anche la posizione del carbonile si può parlare di aldotriosi, chetotriosi, aldotetrosi, chetotetrosi, aldopentosi, chetopentosi, aldoesosi, chetoesosi, aldoeptosi, chetoeptosi.*

La configurazione destra/sinistra di tutti gli ossidrili ( $OH$ ) identifica i diversi monosaccaridi con i relativi nomi.

Esempi di **monosaccaridi** rappresentati nella struttura a catena aperta:



Glucosio (aldoesoso)



Fruttosio (chetoesoso)

Legando fra loro due o più monosaccaridi possiamo ottenere catene più o meno lunghe, così classificate:

- i **disaccaridi** (2 monosaccaridi),
- i **polisaccaridi** (un numero molto grande e indefinito di monosaccaridi).

Come vedremo anche in seguito, molecole formate da più unità concatenate vengono chiamate *polimeri*, mentre la singola unità è il *monomero*. Nel caso dei carboidrati, il monomero è il monosaccaride mentre il polimero è il polisaccaride.

Esempi più importanti di **disaccaridi** presenti in natura:

- *saccarosio* (glucosio + fruttosio): il comune zucchero utilizzato in cucina, ricavato principalmente dalla barbabietola o dalla canna da zucchero
- *lattosio* (glucosio + galattosio): lo zucchero del latte, prodotto dalle ghiandole mammarie di tutti i mammiferi
- *maltosio* (glucosio + glucosio): presente soprattutto nel malto, cioè il seme di orzo germinato

Esempi più importanti di **polisaccaridi** presenti in natura, formati solamente da unità di glucosio legate fra loro con diverse modalità (vedi ultimo paragrafo):

	<b>Vegetali</b>	<b>Animali e funghi</b>
<b>Funzione energetica</b>	<i>Amido (semi)</i>	<i>Glicogeno (fegato, muscoli)</i>
<b>Funzione strutturale</b>	<i>Cellulosa (parete cellulare delle piante)</i>	<i>Chitina (insetti, crostacei, parete cellulare dei funghi)</i>

*Molecole con catene più brevi (fino a un massimo di 20 monosaccaridi) vengono chiamate **oligosaccaridi** e negli organismi viventi hanno numerose funzioni. Si trovano ad esempio associati a molecole di lipidi (glicolipidi) o proteine (glicoproteine), come recettori sulla membrana cellulare (ad esempio quelli che determinano il gruppo sanguigno, presenti sulla superficie dei globuli rossi).*

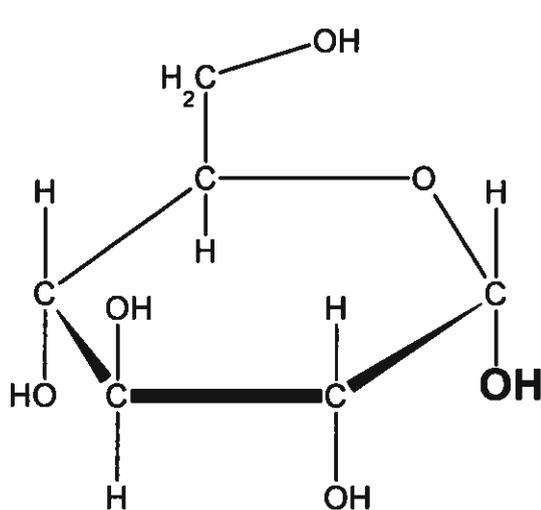
Comunemente il termine “zuccheri” o “zuccheri semplici” indica i monosaccaridi e i disaccaridi, mentre il termine “zuccheri complessi” si riferisce ai polisaccaridi.

### Ciclizzazione dei monosaccaridi

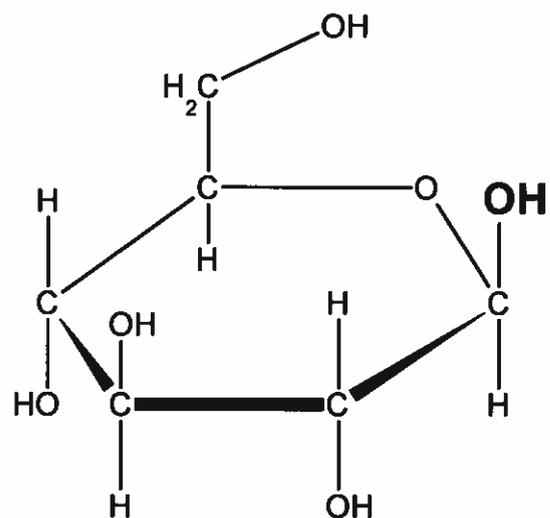
In soluzione acquosa, la molecola a catena aperta dei monosaccaridi tende a "ciclizzare", cioè a chiudersi ad anello, secondo il meccanismo illustrato nella figura successiva (in grassetto sono evidenziati gli atomi che vanno a legarsi fra loro nel processo di ciclizzazione). Le forme cicliche dei monosaccaridi possono essere esagonali (*piranosio*) o pentagonali (*furanosio*). Ciò non corrisponde necessariamente al numero totale di atomi di carbonio, ma dipende principalmente dalla posizione del carbonile.

Si tratta di *eterocicli*, cioè anelli che oltre agli atomi di carbonio contengono al loro interno un atomo di un altro elemento (in questo caso l'ossigeno). Le strutture che restano fuori dall'anello vengono rappresentate sopra e sotto il piano dell'anello. Gli atomi di carbonio si numerano a partire dal primo a destra procedendo in senso orario (inclusi quelli fuori dall'anello).

L'ossidile legato al primo **carbonio a destra** dell'anello (carbonio 1) può trovarsi **in alto o in basso**, determinando due nuove forme di isomeri ottici chiamate *anomeri*: se l'ossidile si trova in basso viene detto **alfa ( $\alpha$ )**, mentre se si trova in alto viene detto **beta ( $\beta$ )**. Nella figura, l'ossidile in questione è evidenziato in grassetto.



$\alpha$ -D-Glucosio



$\beta$ -D-Glucosio

## **Formazione dei disaccaridi e dei polisaccaridi: il legame glicosidico**

Come detto all'inizio, uno o più monosaccaridi si possono unire a formare disaccaridi e polisaccaridi. Il legame fra due monosaccaridi è chiamato legame glicosidico e si forma fra il carbonio 1 (il vertice destro dell'anello) e il carbonio 4 (il vertice sinistro dell'anello) del monosaccaride successivo.

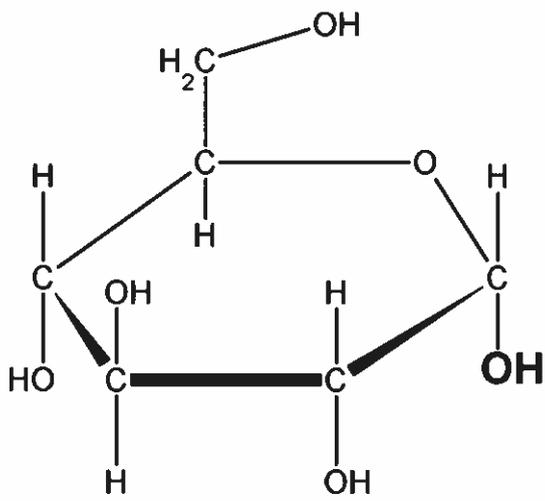
A seconda della disposizione (in alto o in basso) dell'ossidrile legato al carbonio 1, si parla di legame alfa-glicosidico e di beta-glicosidico. Vediamo nelle figure nelle pagine successive le due possibilità nel caso di catene composte da unità di glucosio (ad esempio alfa- per l'amido e il maltosio, beta- per la cellulosa).

Nelle figure successive sono mostrati due monosaccaridi prima di legarsi e legati fra loro rispettivamente con il legame alfa e beta.

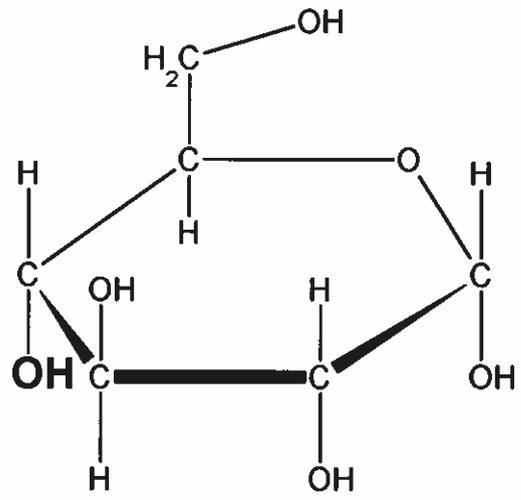
Come si nota dalle figure, la formazione del legame avviene grazie alla perdita di due atomi di idrogeno e uno di ossigeno che si uniscono a formare una molecola di acqua. Questo procedimento chimico, che ritroveremo anche nelle altre biomolecole, si chiama **reazione di condensazione**.

La reazione inversa, che spezza il legame ricostituendo le molecole nella forma originaria avviene grazie all'aggiunta di una molecola di acqua e si chiama **idrolisi**.

Nelle figure si può notare che, pur trattandosi in entrambi i casi di catene formate da unità di glucosio, l'amido e la cellulosa differiscono unicamente per la tipologia del legame fra i monosaccaridi: il legame di tipo alfa, che noi siamo in grado di rompere potendo così assimilare il glucosio, è tipico dell'amido e del glicogeno (ma anche dei disaccaridi saccarosio e maltosio), mentre quello di tipo beta è tipico ad esempio della cellulosa. Il legame beta si trova anche nell'importante disaccaride lattosio, la fonte di nutrimento dei neonati dei mammiferi, che può essere idrolizzato tramite l'enzima beta-galattosidasi, presente in alcuni individui solo nei primi anni di vita mentre in altri anche da adulti, per ragioni ereditarie.



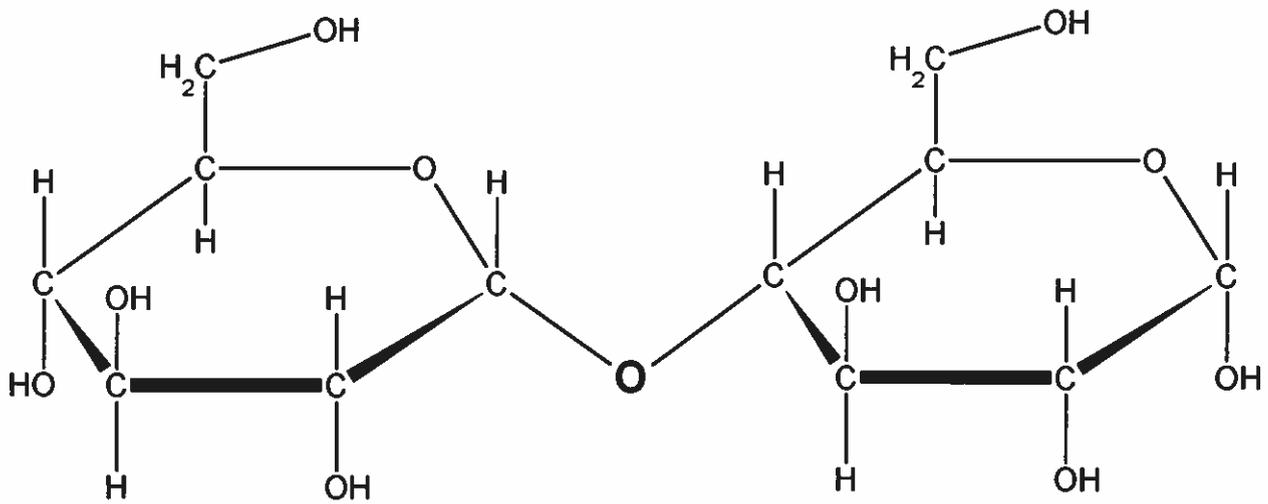
$\alpha$ -D-Glucosio



$\alpha$ -D-Glucosio



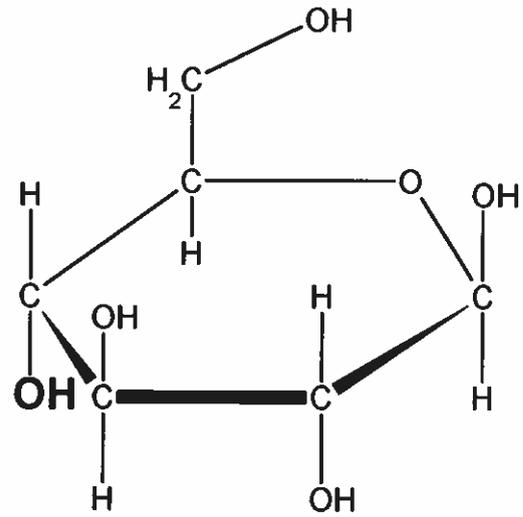
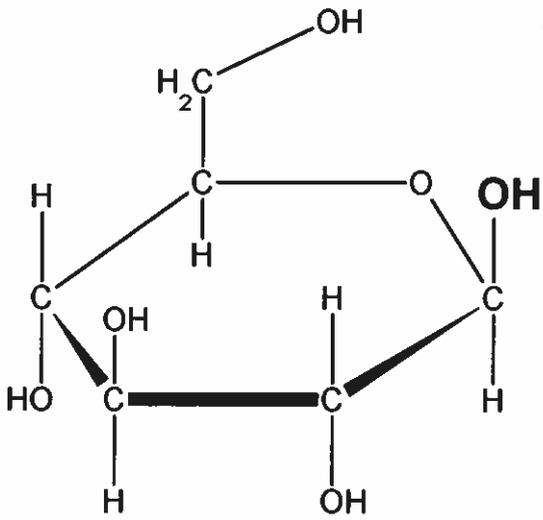
Amido, maltosio: legame  $\alpha$ -glicosidico



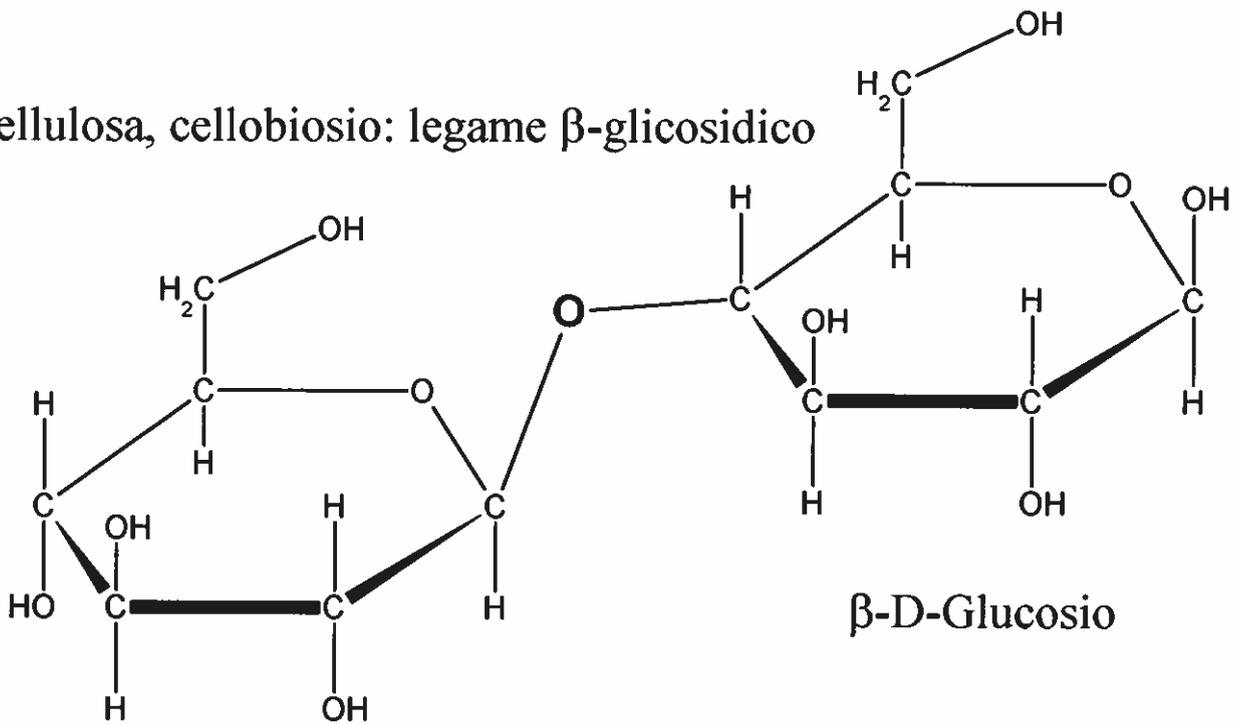
$\alpha$ -D-Glucosio

$\alpha$ -D-Glucosio

+ H<sub>2</sub>O



Cellulosa, cellobiosio: legame  $\beta$ -glicosidico



$\beta$ -D-Glucosio

+ H<sub>2</sub>O

## Dispensa n. 4 - I LIPIDI

**Definizione:** chiamati comunemente anche grassi, sono biomolecole di diversa natura e struttura ma che hanno tutte in comune l'insolubilità in acqua. L'insolubilità è dovuta alla presenza nella molecola di lunghe strutture **apolari** (catene o anelli) che rende questi composti completamente o prevalentemente idrofobici.

**Principali funzioni:** riserva energetica, isolamento termico, funzione strutturale, regolazione ormonale; sono lipidi alcune vitamine, precursori biologici e neurotrasmettitori.

Si possono raggruppare nelle seguenti categorie principali:

1. Acidi grassi (che formano i trigliceridi e i fosfolipidi)
2. Trigliceridi
3. Fosfolipidi
4. Steroidi

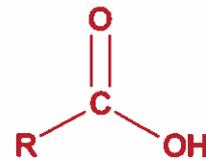
Saranno infine trattati i saponi, perché hanno il ruolo di rendere solubili le prime tre categorie di grassi (lipidi saponificabili). Gli steroidi non sono saponificabili.

### 1. Acidi grassi

Gli acidi grassi costituiscono la base della struttura molecolare dei trigliceridi e dei fosfolipidi. Sono acidi carbossilici\* a lunga catena (da 4 atomi di carbonio fino a 32, prevalentemente in numero pari).

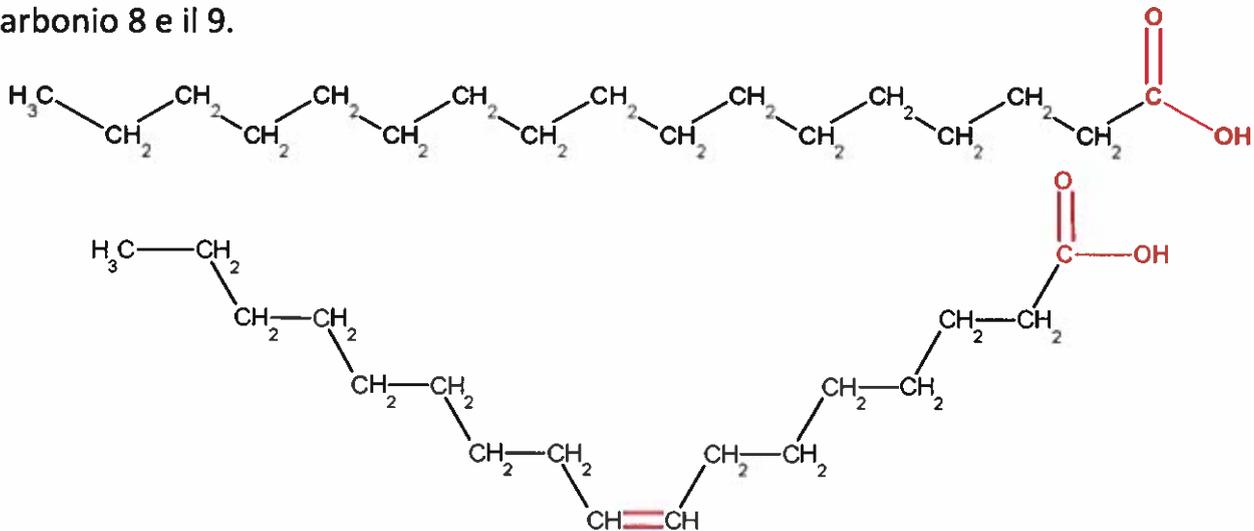
Gli acidi grassi possono essere saturi (contenenti solo legami singoli fra gli atomi di carbonio) o insaturi (con uno o più doppi legami fra gli atomi di carbonio della catena). Gli insaturi possono essere monoinsaturi (presenza di un solo doppio legame fra due atomi di carbonio della catena) o polinsaturi (presenza di due o più doppi legami fra gli atomi di carbonio della catena).

\* Acidi carbossilici = derivati degli idrocarburi il cui gruppo funzionale è il **carbossile**:



A titolo di esempio, le immagini di seguito raffigurano le molecole di due acidi grassi:

1. *acido palmitico*: 16 atomi di carbonio, nessun doppio legame (satturo)
2. *acido oleico*: 18 atomi di carbonio, un unico doppio legame (monoinsatturo) fra il carbonio 8 e il 9.



Generalmente, gli acidi grassi saturi sono prevalenti negli animali e a temperatura ambiente sono solidi (es. burro, lardo), mentre quelli insaturi sono più frequenti nei vegetali e a temperatura ambiente sono fluidi di consistenza oleosa (es. olio d'oliva). Si può trasformare un legame doppio in singolo tramite la reazione di idrogenazione: con questo procedimento si otteneva originariamente la margarina. Essendo prodotta con oli di origine vegetale, che sono più insaturi che saturi, ci aspetterebbe che questo sostituto del burro sia liquido: la margarina era però resa solida perché i suoi grassi venivano appunto idrogenati o "saturati", cioè privati dei doppi legami. Ora invece i grassi idrogenati, ritenuti dannosi per la salute, sono stati quasi del tutto sostituiti da oli vegetali già naturalmente contenenti più acidi grassi saturi, come palma, cocco o colza.

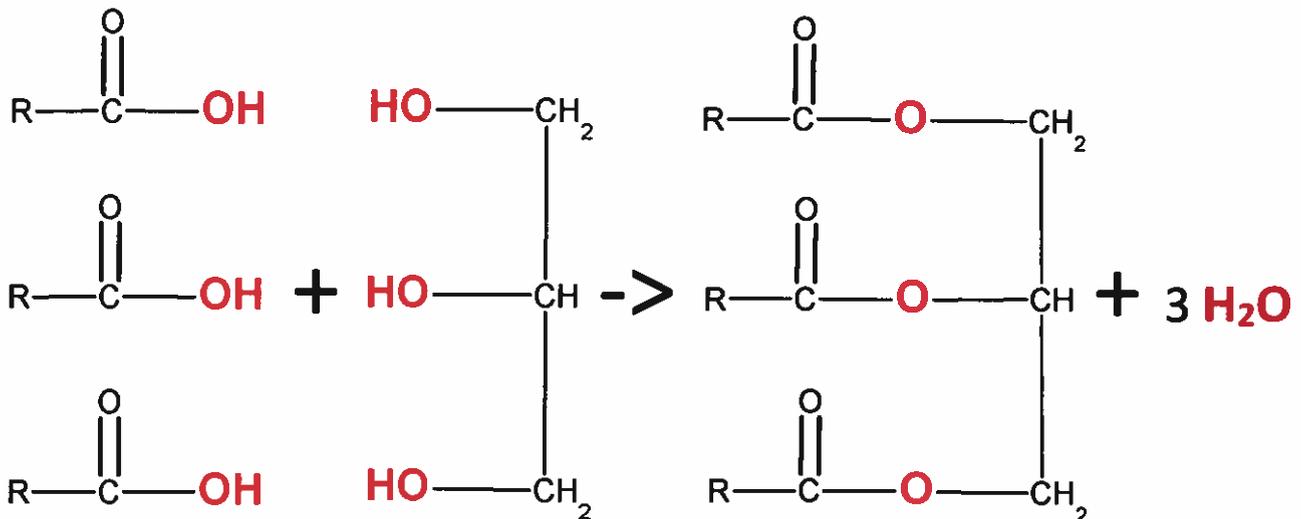
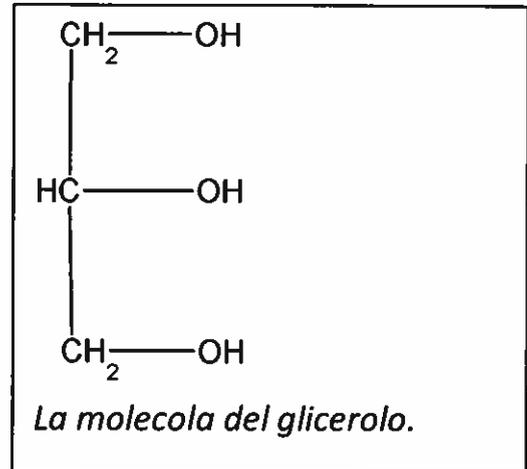
Importante è anche l'isomeria geometrica dei doppi legami (vedi dispensa n. 1): il grasso ha proprietà molto diverse se contiene doppi legami con conformazione cis- o trans-, soprattutto perché la catena assume due forme differenti.

Per convenzione si usa indicare la posizione dell'ultimo legame con un numero che indica la distanza dall'ultimo carbonio (omega), quindi un acido grasso  $\omega$ -3 avrà il doppio legame fra il terzultimo e il quartultimo carbonio. Alcuni acidi grassi polinsaturi  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6, contenuti soprattutto nella frutta secca e nel pesce, sono definiti *essenziali*, cioè non possono essere prodotti autonomamente dal nostro organismo, ma devono essere assunti con l'alimentazione (es.: acido linoleico, acido linolenico, acido eicosapentanoico).

## 2. Trigliceridi

Sono molecole formate da **tre acidi grassi** che si legano a una molecola di **glicerolo** (un propano legato a tre ossidrili, cioè il gruppo funzionale tipico degli alcoli -OH: vedi figura a destra).

Il legame fra i tre acidi grassi e il glicerolo si forma tramite l'ossigeno del carbossile tramite la cosiddetta *reazione di esterificazione*. Come in altre reazioni di condensazione (il meccanismo ricorda infatti quello con cui, nei carboidrati, si forma il legame glicosidico fra due monosaccaridi), avviene tramite la perdita di una molecola di acqua. Quindi, in totale, per la formazione di tre legami si perdono tre molecole di acqua (vedi figura seguente).

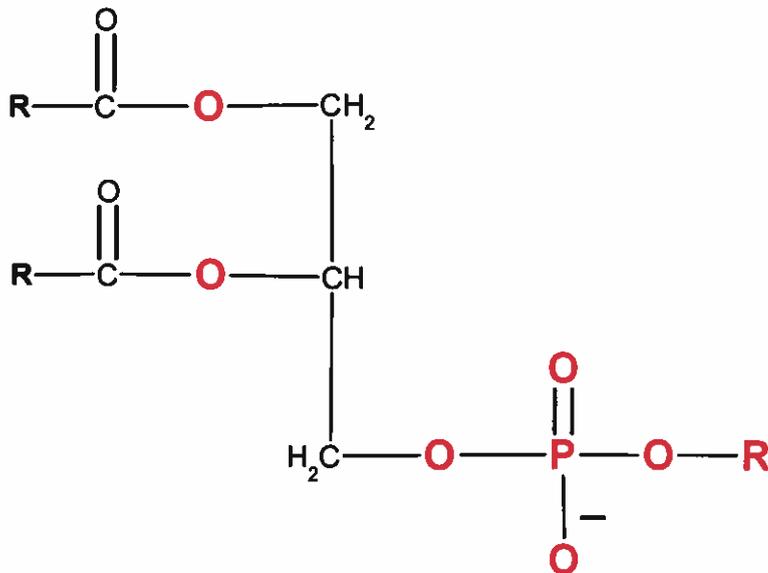


*Formazione di un trigliceride tramite l'unione di tre acidi grassi con una molecola di glicerolo (esterificazione).*

A partire da tre acidi carbossilici si forma quindi una molecola contenente tre gruppi funzionali degli esteri (vedi Dispensa 2 sui derivati funzionali degli idrocarburi) che legano al glicerolo tre acidi grassi: la molecola, formata da queste tre "code" apolari (di lunghezza variabile, indicate con "R" nelle figure), è evidentemente idrofobica. Come per i carboidrati, la scissione del legame si chiama idrolisi.

### 3. Fosfolipidi

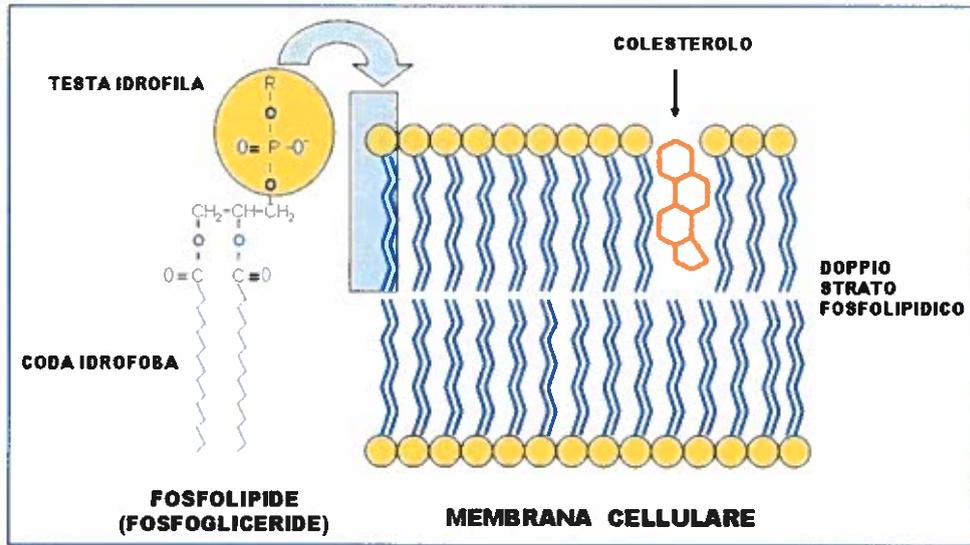
Sono fondamentali per la vita principalmente, ma non solo, perché costituiscono la membrana cellulare (membrana plasmatica o plasmalemma). Se a un trigliceride sostituiamo una delle tre code, quindi uno dei tre acidi grassi, con un **gruppo fosfato**, otteniamo un fosfolipide (vedi figura seguente). Il gruppo fosfato, a sua volta, è solitamente legato a un altro gruppo di atomi di composizione varia (R in rosso nella figura) che contiene dei centri di polarità.



*La struttura di un fosfolipide: le code apolari sono indicate con le R in nero, mentre la testa polare con la R in rosso più il gruppo fosfato*

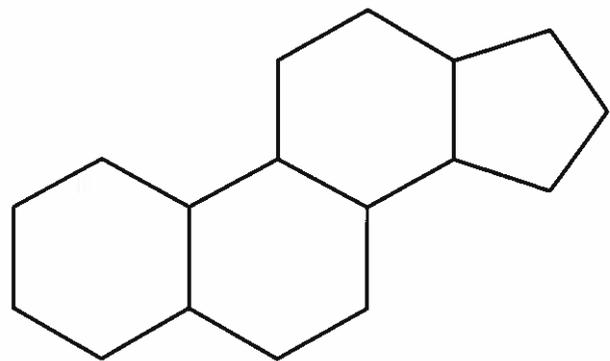
La molecola del fosfolipide risulta così costituita da due “code” e da una “testa”. Nei fosfolipidi della membrana cellulare la testa è polare: ciò la rende idrofila, quindi attratta dalle molecole di acqua. Al contrario, le due code sono apolari: come nei trigliceridi, quindi, sono idrofobiche.

Il risultato sarà una molecola che da una parte tende a essere rivolta verso l’acqua e dall’altra ad allontanarsene: è proprio questa caratteristica che induce i fosfolipidi a disporsi in un doppio strato formando la membrana cellulare, con le “teste” polari rivolte verso l’acqua e le “code” apolari verso l’interno della membrana (vedi figura seguente: le teste polari sono rappresentate in giallo; le code apolari in blu).



#### 4. Gli steroidi

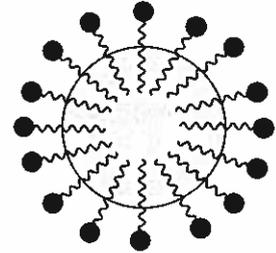
Fra i lipidi troviamo un'altra categoria di composti la cui molecola è completamente diversa dalle tre descritte finora, ma che come tutti i lipidi è insolubile in acqua: gli steroidi. Si tratta di lipidi non saponificabili, le cui molecole sono accomunate da una struttura di base policiclica, formata da tre anelli esagonali e uno pentagonale (vedi figura). Alcuni esempi di steroidi noti, che hanno diverse funzioni importantissime per la vita, sono il testosterone, il cortisolo (entrambi con funzione ormonale) e il colesterolo (funzione strutturale all'interno della membrana cellulare).



*Struttura base della molecola di uno steroide*

## I saponi

I saponi sono sostanze detergenti in grado di rendere solubili i grassi saponificabili (trigliceridi e fosfolipidi), permettendo così la loro rimozione con l'acqua. Si tratta di sali di acidi grassi, che quindi hanno una "coda" apolare (la catena carboniosa) e una "testa" polare (il carbossile): la coda apolare si lega al grasso, mentre la testa polare si rivolge verso l'acqua, circondando così il grasso e consentendo così la sua rimozione con il risciacquo (vedi figura). In qualche modo, semplificando il concetto, un sapone rende "solubile" un grasso in acqua.



I saponi si producono tradizionalmente facendo reagire ad alta temperatura una base forte (KOH o NaOH) con un grasso: questa reazione scinde il legame estere separando i tre acidi dal glicerolo nel trigliceride del grasso.

## Dispensa n. 5 - LE PROTEINE

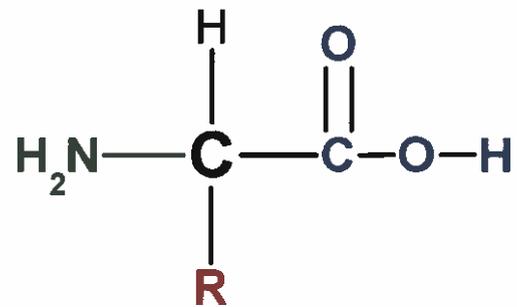
**Definizione:** le proteine sono catene di *amminoacidi*; la loro struttura può assumere diverse forme a seconda di come queste catene sono disposte tridimensionalmente nello spazio.

La struttura delle proteine è il risultato della traduzione del codice genetico: quello che c'è scritto nel DNA sotto forma di sequenze di basi azotate viene tradotto dalla cellula in sequenze di amminoacidi che, organizzandosi in strutture più o meno complesse per formare le proteine, svolgono le funzioni necessarie alla costruzione e al funzionamento dell'organismo.

**Principali funzioni:** strutturale (es. cheratina, collagene, citoscheletro), catalitica (enzimi), regolatrice (ormoni), di trasporto (emoglobina, canali di membrana), immunitaria/di difesa (anticorpi), contrattile (actina e miosina nei muscoli, citoscheletro), di riconoscimento (recettori). Particolarmente importante nel metabolismo (Dispensa n. 7) è il ruolo degli enzimi, che hanno la funzione di favorire (catalizzare) lo svolgimento delle reazioni chimiche all'interno dell'organismo (per esempio, la digestione e la sintesi delle biomolecole, la replicazione del DNA, il trasporto delle sostanze nelle cellule).

### La struttura di un amminoacido

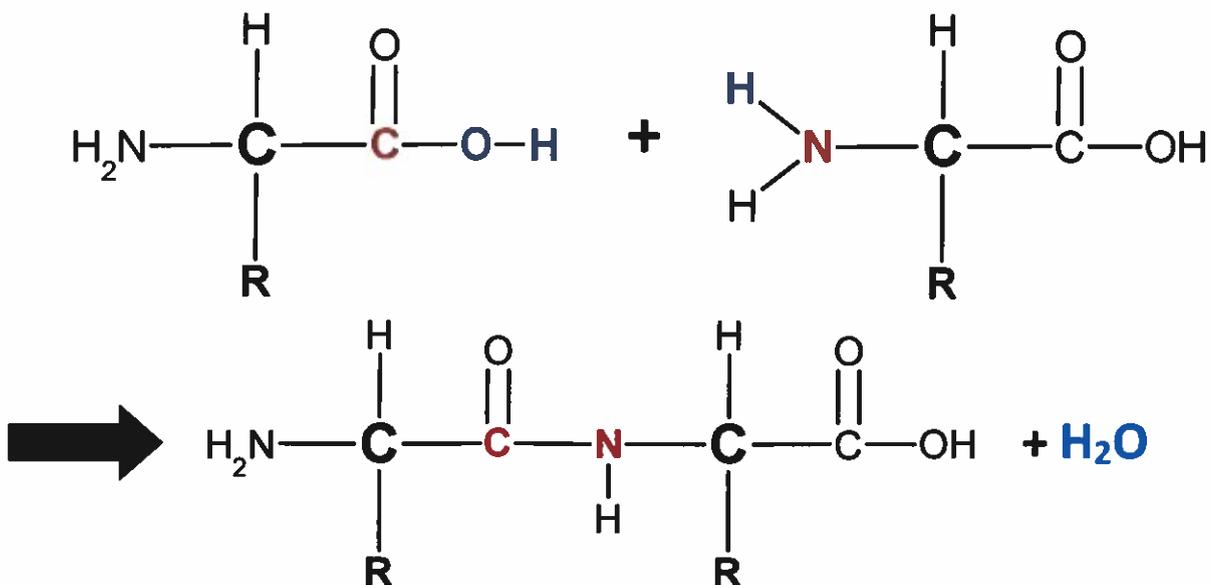
La struttura generica della molecola di un amminoacido (vedi figura qui a fianco) è costituita da una parte fissa formata da un atomo di carbonio centrale a cui sono legati (1) un atomo di idrogeno, (2) un gruppo funzionale *carbossile* (lo stesso degli acidi carbossilici:  $-\text{COOH}$ ) e (3) un gruppo funzionale *amminico* (lo stesso delle



ammine:  $-\text{NH}_2$ ). Il quarto legame del carbonio centrale è infine occupato dalla cosiddetta *catena laterale* (indicato genericamente con  $-\text{R}$ ), la parte che varia da un amminoacido all'altro: le 20 diverse catene laterali caratterizzano altrettanti amminoacidi, ciascuno con il proprio nome (vedi Figura 3 a pagina 4). Dei 20 amminoacidi, 8 sono definiti *essenziali*, perché non possono essere prodotti autonomamente dall'organismo ma devono essere assunti con l'alimentazione, a differenza dei restanti 12, detti appunto non essenziali.

## Il legame peptidico

Come nelle altre macromolecole (vedi ad esempio i polisaccaridi e i trigliceridi), il legame fra due amminoacidi avviene tramite una *reazione di condensazione*, che comporta la perdita di una molecola di acqua. Il legame fra due amminoacidi si chiama *legame peptidico* e si forma fra il carbossile di un amminoacido con il gruppo amminico del successivo (vedi figura seguente). Il carbonio del carbossile del primo amminoacido si lega quindi direttamente con l'azoto dell'altro. La reazione inversa, di scissione del legame, si chiama anche in questo caso *idrolisi*.



## Organizzazione tridimensionale delle proteine

Le catene di amminoacidi possono essere anche molto lunghe e possono ripiegarsi e associarsi fra loro per formare quattro tipologie di strutture tridimensionali, a seconda della complessità dei ripiegamenti e dei legami fra amminoacidi non consecutivi, come descritto di seguito (vedi figura seguente).

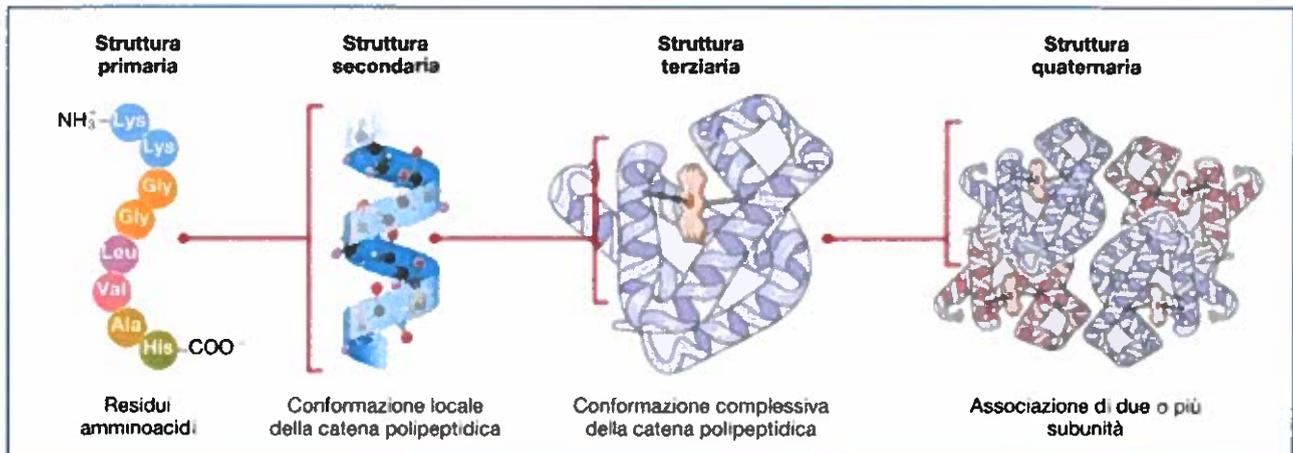


Figura 1 - Le quattro strutture tridimensionali delle proteine

1. **Struttura primaria:** gli amminoacidi sono concatenati a formare una singola sequenza più o meno lunga, ma senza legami fra amminoacidi distanti (vedi primo esempio nella Figura 1). Le catene brevi sono chiamate anche *polipeptidi*.

2. **Struttura secondaria:** le catene di amminoacidi si ripiegano grazie alla presenza di legami deboli (a idrogeno, linee tratteggiate) fra amminoacidi non consecutivi: i due principali esempi di strutture secondarie sono l' $\alpha$ -elica e il foglietto- $\beta$  (vedi Figura 2). Nel primo caso si forma una spirale e nel secondo si osservano due catene parallele.

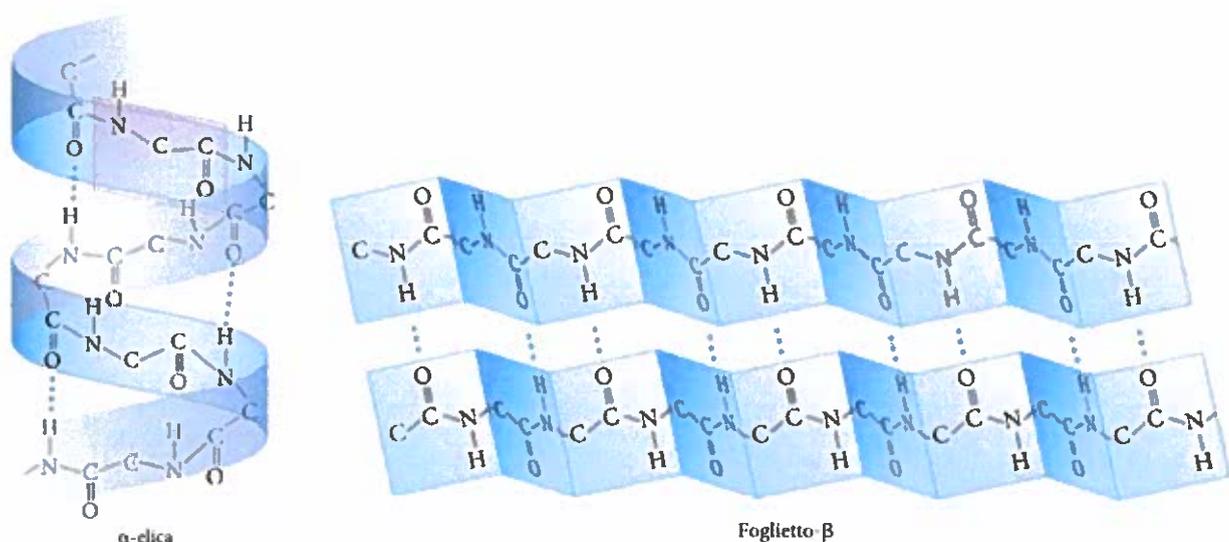


Figura 2 - I due principali tipi di strutture secondarie

3. *Struttura terziaria* (vedi terzo esempio nella Figura 1): la proteina assume una forma tridimensionale più complessa tramite la presenza di interazioni attrattive o repulsive fra le catene laterali degli amminoacidi. Le interazioni che inducono il un polipeptide a ripiegarsi su se stesso, e assumere la propria forma specifica, possono essere forti o deboli, come legami ionici, forze idrofobiche oppure il legame covalente chiamato “ponte disolfuro” che unisce i due atomi di zolfo contenuti nelle catene laterali di due amminoacidi cisteina.

4. *Struttura quaternaria*: si realizza tramite l’associazione di due o più strutture terziarie, che vengono in questo caso chiamate subunità (vedi quarto esempio nella Figura 1). Es.: l’emoglobina è formata da quattro subunità, ciascuna contenente al centro un atomo di ferro a cui si lega l’ossigeno per essere trasportato dai polmoni ai tessuti. Anche gli anticorpi, o immunoglobuline, hanno una struttura quaternaria.

L’elevata temperatura e il pH acido o basico hanno come conseguenza la cosiddetta *denaturazione* delle proteine, cioè la rottura dei legami che tengono insieme le strutture secondarie, terziarie e quaternarie. È ciò che osserviamo quotidianamente durante la cottura dei cibi, che ha come effetto evidente il cambiamento di colore o di consistenza dovuto all’alterazione delle strutture tridimensionali (basti pensare a cosa succede all’albume dell’uovo), ma è anche ciò che accade nello stomaco durante la digestione grazie al pH fortemente acido dei succhi gastrici.

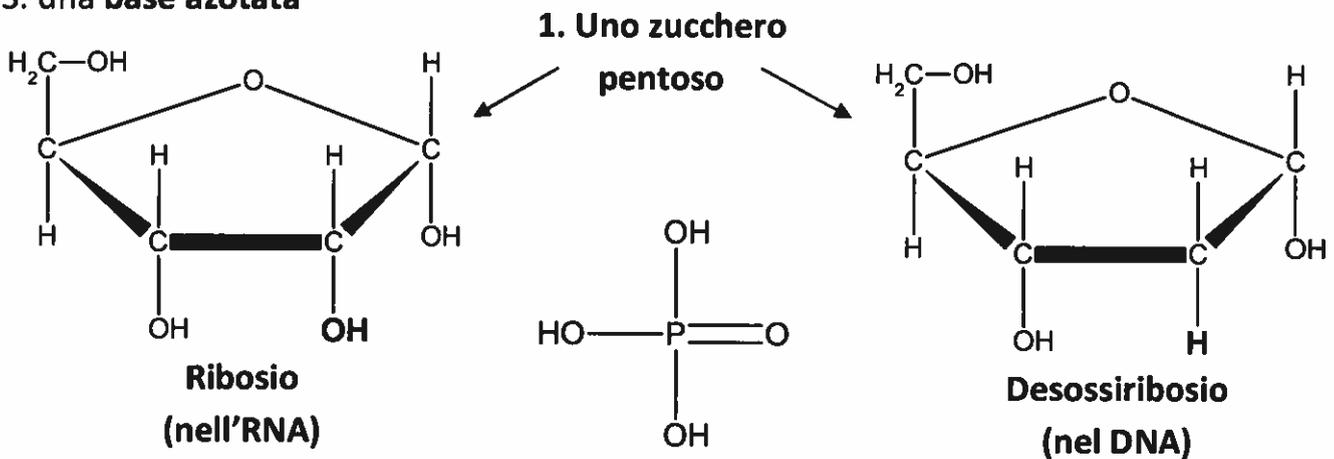
## Dispensa n. 6 - GLI ACIDI NUCLEICI

**Definizione:** gli acidi nucleici sono il DNA e l'RNA, le molecole che contengono le informazioni genetiche ereditarie di ogni essere vivente e dei virus. Strutturalmente, le molecole degli acidi nucleici sono catene di nucleotidi.

### La struttura del nucleotide

La generica struttura della molecola di un nucleotide (vedi figure) è costituita da tre parti:

1. il **ribosio** (nell'RNA) o il desossiribosio (nel DNA), un monosaccaride pentoso nella sua forma ad anello pentagonale
2. un **gruppo fosfato**
3. una **base azotata**



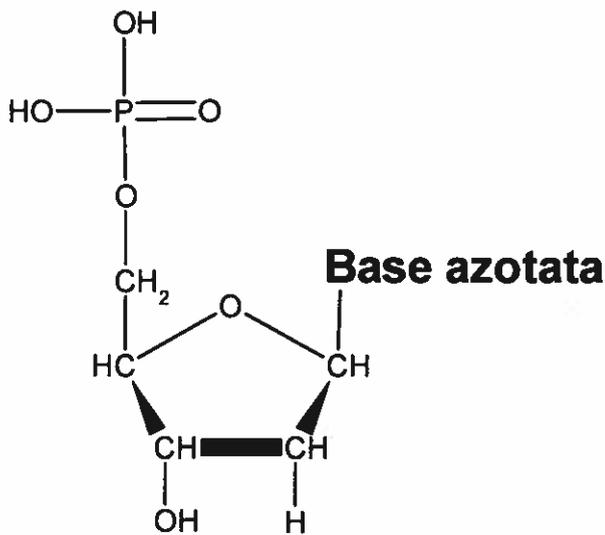
**2. Un gruppo fosfato**  
(acido fosforico)

**3. Una base azotata**

Le basi azotate si dividono in:

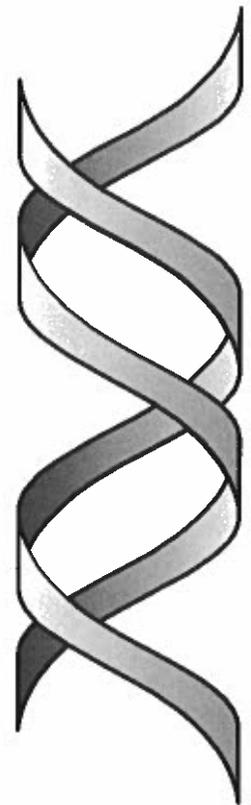
*Purine* (doppio anello) -> Adenina e Guanina

*Pirimidine* (singolo anello) -> Citosina, Timina (nel DNA) e Uracile (nell'RNA)



**Struttura completa di un nucleotide del DNA**

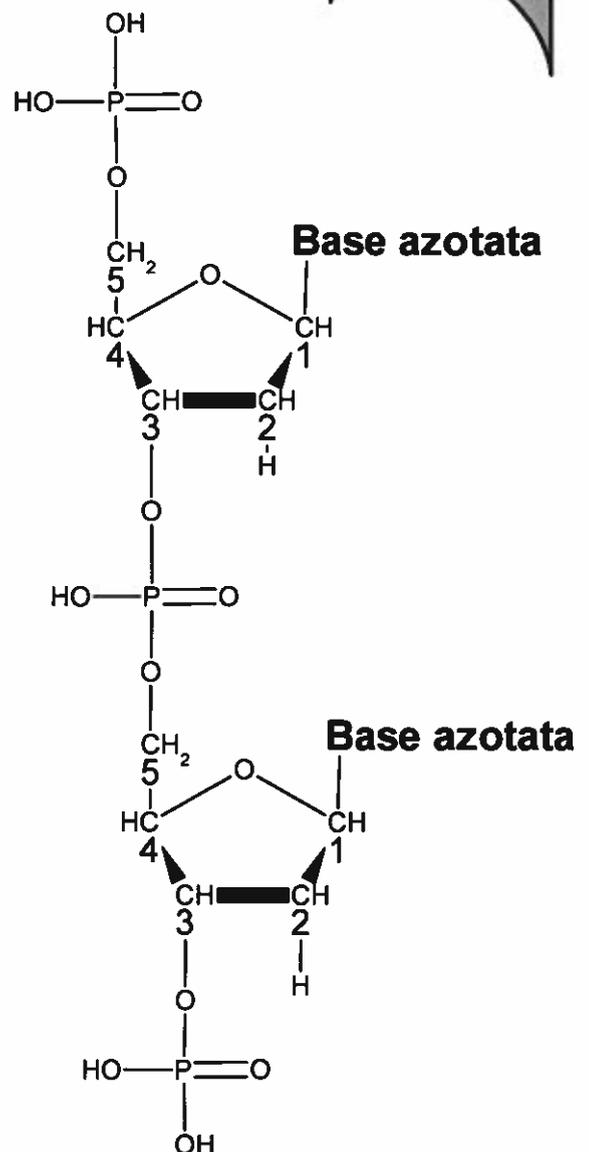
La famosa doppia spirale del DNA, qui a fianco stilizzata, è costituita da una sequenza di nucleotidi, con la loro parte fissa (zucchero + fosfato) che forma l'impalcatura e le basi azotate (la parte variabile) che si appaiano tramite legami a idrogeno tenendo uniti i due filamenti.



**La struttura del filamento: il legame fra i nucleotidi e fra le basi azotate**

Migliaia di nucleotidi si legano a formare i filamenti del DNA e dell'RNA. Nella figura a fianco è illustrato come due nucleotidi sono legati fra loro, ad esempio, nel DNA: il desossiribosio e il gruppo fosfato si alternano costruendo così l'impalcatura fissa del filamento. Il gruppo fosfato è legato al carbonio 5 del carboidrato inferiore e al carbonio 3 del carboidrato superiore. Le 4 basi azotate (A-T, C-G) variano, formando le sequenze che contengono l'informazione genetica.

Le basi azotate si appaiano fra loro in modo univoco: l'Adenina con la Timina (o l'Uracile nell'RNA) e la Citosina con la Guanina. Quindi sempre una purina con una pirimidina. L'appaiamento avviene tramite legami a idrogeno che, nel DNA, tengono insieme i due filamenti complementari formando la doppia "elica". Fra A e T si formano due legami a idrogeno, mentre fra C e G se ne formano tre.



## Differenze fra DNA e RNA

DNA	RNA
Doppio filamento	Singolo filamento*
Desossiribosio	Ribosio
Timina	Uracile

\* in alcuni casi, come il t-RNA, il filamento è ripiegato e presenta l'appaiamento di alcune basi azotate in vari tratti; alcuni virus sono a base di RNA a doppio filamento

## Tipologie di RNA

I principali tipi di RNA sono tre:

1. RNA messaggero o m-RNA: viene creato, tramite la trascrizione, come stampo complementare di un tratto di DNA, con lo scopo di trasferire l'informazione genetica dal DNA (che si trova confinato nel nucleo della cellula) al citoplasma, dove poi avverrà la sintesi delle proteine (o traduzione).
2. RNA transfer o t-RNA: è un breve filamento ripiegato che nei ribosomi (nel citoplasma e nel reticolo endoplasmatico rugoso) trasporta un amminoacido per aggiungerlo agli altri per formare la proteina; all'estremità opposta al sito di legame con l'amminoacido presenta una tripletta (anticodone) che riconosce la tripletta complementare sull'm-RNA (codone) corrispondente a quell'amminoacido.
3. RNA ribosomiale o r-RNA: ha una funzione strutturale e costituisce, insieme ad alcune proteine, la struttura del ribosoma, l'organulo cellulare preposto alla sintesi proteica.

## Dispensa n. 7 - IL METABOLISMO

**Definizione:** il metabolismo è l'insieme delle reazioni chimiche che scompongono o sintetizzano le biomolecole negli esseri viventi, cioè i processi che permettono alle cellule e agli organismi di utilizzare l'energia per formarsi, crescere, riprodursi e svolgere tutte le proprie funzioni vitali. Le reazioni del metabolismo sono catalizzate dagli enzimi.

Il metabolismo si divide in **catabolismo** e **anabolismo**.

**Catabolismo:** è l'insieme delle reazioni - dette cataboliche - che scompongono le biomolecole contenute negli alimenti o nelle riserve dell'organismo (carboidrati, lipidi e proteine), trasformandole in molecole più semplici, per ricavare l'energia contenuta al loro interno e metterla da parte per il suo utilizzo nelle funzioni vitali (es.: la respirazione cellulare).

**Anabolismo:** è l'insieme delle reazioni - dette anaboliche - che sintetizzano (costruiscono) le biomolecole a partire da molecole più semplici utilizzando energia (es.: la sintesi proteica e la fotosintesi clorofilliana).

### Il ruolo degli enzimi

Le reazioni metaboliche non potrebbero avvenire se non ci fosse l'intervento degli **enzimi**, particolari proteine che hanno il ruolo di catalizzare, cioè di facilitare, lo svolgimento di reazioni che altrimenti non avverrebbero spontaneamente (vedi Dispensa n. 5). Fondamentale è, quindi, il ruolo di queste macromolecole, ciascuna specifica per la reazione che deve catalizzare. Gli enzimi si legano al *substrato* (cioè alle molecole che devono essere trasformate) in modo altamente selettivo: anche un solo atomo fuori posto può rendere la molecola del substrato irriconoscibile dall'enzima e quindi inutilizzabile dall'organismo.

## IL CATABOLISMO DEL GLUCOSIO

### Introduzione

Successivamente alla digestione, i monomeri che costituiscono i carboidrati, i lipidi e le proteine vengono assorbiti dalle cellule e trasformati attraverso una serie di reazioni cataboliche in molecole più semplici con l'unico scopo di ricavare energia. Come detto, esistono poi le reazioni anaboliche (di sintesi delle biomolecole), che però non tratteremo in questa dispensa.

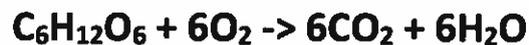
Come esempio di processo catabolico vedremo come si svolge nelle cellule il catabolismo del **glucosio**, il monosaccaride più diffuso negli organismi viventi (vedi Dispensa n. 3), esaminando a grandi linee in che modo le cellule scompongono questa biomolecola per ottenere l'**energia** vitale: questo insieme di processi si chiama **respirazione cellulare**.

### **La respirazione cellulare**

Il principale combustibile della vita è il **glucosio**, la cui formula bruta è - ricordiamo -  $C_6H_{12}O_6$ . Questa molecola viene degradata e trasformata in molecole più semplici (ossidate) attraverso un insieme di reazioni. Ogni reazione è catalizzata da un rispettivo enzima e consiste nella trasformazione di un composto in un altro, che a sua volta sarà trasformato in un altro nella reazione successiva.

La molecola di glucosio può essere scomposta in presenza o in assenza di ossigeno: **in presenza di ossigeno** (condizioni *aerobiche*) si ha la **respirazione cellulare**, mentre in assenza di ossigeno (condizioni *anaerobiche*) si hanno invece le *fermentazioni*, processi più semplici e molto meno efficienti che sono caratteristici di organismi unicellulari e che sono illustrati nell'ultima pagina.

In generale, la formula che riassume la respirazione cellulare è la seguente, considerando però che essa rappresenta sinteticamente il bilancio complessivo di una serie di numerose reazioni intermedie:



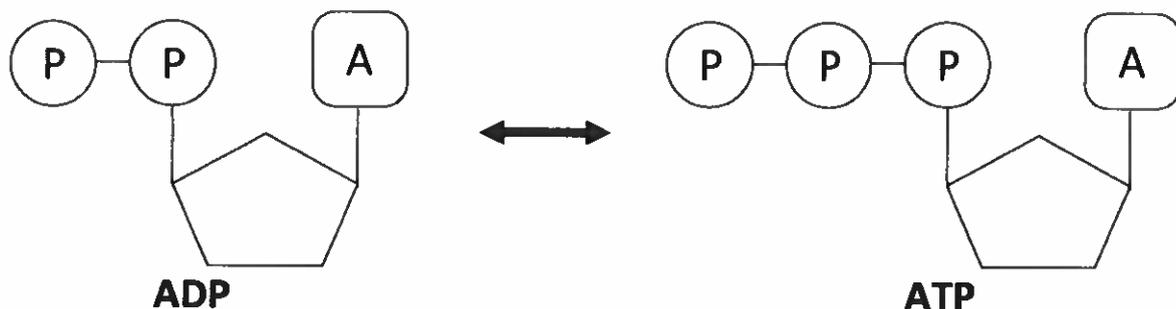
Cioè: *una molecola di glucosio e sei molecole di ossigeno sono trasformate in sei molecole di anidride carbonica e sei molecole d'acqua*. A livello macroscopico, questo bilancio corrisponde a ciò che facciamo durante la respirazione polmonare: inspiriamo ossigeno ed espiriamo anidride carbonica e vapore acqueo. Nella respirazione cellulare è quindi fondamentale il ruolo dell'ossigeno gassoso ( $O_2$ ): quello presente nell'aria, per gli organismi terrestri, e quello disciolto nell'acqua, per quelli acquatici.

Se vediamo la reazione in senso inverso ci riferiamo al processo opposto, cioè alla **fotosintesi clorofilliana**, il meccanismo che consente alle piante di catturare la luce solare (tramite la clorofilla e altri pigmenti) utilizzandola come fonte di energia per sintetizzare molecole di glucosio a partire da  $CO_2$  e  $H_2O$ , producendo allo stesso tempo ossigeno come scarto.

Prima di procedere con la descrizione delle fasi della respirazione cellulare è necessario conoscere due tipi di molecole che svolgono un ruolo fondamentale in questo sofisticato processo che è alla base della vita: l'**ATP** e i coenzimi **NAD** e **FAD**.

### L'ATP

L'energia ricavata dalle biomolecole viene trasferita e immagazzinata in una molecola chiamata **ATP** (adenosin trifosfato), che contiene **TRE gruppi fosfato** (indicati come **P** nelle figure). L'ATP costituisce la scorta di energia dell'organismo, che può essere utilizzata quando si deve svolgere un lavoro, come la contrazione muscolare o per sintetizzare una biomolecola. L'ATP si crea a partire dall'**ADP** (adenosin difosfato), che contiene **DUE gruppi fosfato**. Dopo numerose reazioni, il risultato finale del catabolismo di una biomolecola è l'aggiunta del terzo fosfato a una molecola di ADP. In questo modo, con l'**aggiunta del terzo fosfato**, la molecola di ADP "scarica" di energia diventa una molecola di ATP "carica" di energia. Quando serve energia per svolgere una funzione vitale, le molecole di ATP vengono "spese" perdendo il terzo fosfato e riconvertendosi nuovamente in ADP.



### Il NAD e il FAD

Dopo aver visto il ruolo dell'ATP vediamo altre due molecole molto importanti nello svolgimento di tutto il processo: il **NAD** e il **FAD**. La demolizione del glucosio (così come delle altre molecole) è sostanzialmente un processo di *ossidazione*, ovvero sia la sottrazione di elettroni a una molecola da parte di un'altra. Il **NAD<sup>+</sup>** e il **FAD** hanno il ruolo di **accettare gli elettroni** sottratti al glucosio (attraverso i diversi composti prodotti dalla sua scomposizione) nelle diverse reazioni della respirazione cellulare. Le forme *ridotte* di queste molecole, cioè dopo che hanno accettato gli elettroni, sono il **NADH** e il **FADH<sub>2</sub>** (ricordiamo che una molecola "ridotta" ha ricevuto elettroni, mentre la forma "ossidata" li ha ceduti). Il **NADH** e il **FADH<sub>2</sub>** dovranno in una fase successiva essere riconvertiti nella forma originaria (**NAD<sup>+</sup>** e **FAD**) per essere riutilizzati.

Dopo aver conosciuto l'ATP possiamo aggiungere la componente energetica alla reazione complessiva, riscrivendo l'equazione in questo modo:



Quindi, dopo una serie di numerosi passaggi che vedremo nelle fasi principali, da una molecola di glucosio si riescono a produrre mediamente **32 molecole di ATP**.

## Le fasi della respirazione cellulare

La respirazione cellulare si divide in tre fasi principali:

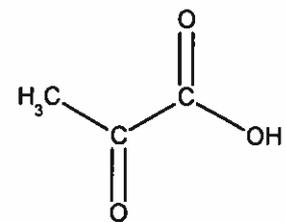
1. **Glicolisi** (nel citoplasma della cellula)
2. **Ciclo di Krebs** (nel mitocondrio)
3. **Catena di trasporto degli elettroni e sintesi dell'ATP** (nel mitocondrio)

### 1. La glicolisi (vedi anche figure alle pagg. B77-B79 del libro di testo)

Si tratta in totale di dieci reazioni, con le quali si ottengono due molecole a 3 atomi di carbonio (**piruvato** o **acido piruvico**) a partire da una molecola a 6 atomi di carbonio (il glucosio).

La glicolisi si può dividere in due sottofasi:

1. *Fase preparatoria* (che consuma di 2 molecole di ATP)
2. *Fase di recupero energetico* (che produce 4 molecole di ATP)



Acido piruvico

A livello energetico, quindi, nella glicolisi si guadagnano complessivamente solo 2 delle 32 molecole di ATP che abbiamo visto sopra nella reazione generale. In presenza di ossigeno, le rimanenti saranno prodotte nelle due fasi successive. Nella glicolisi, inoltre, due molecole di  $NAD^+$  vengono trasformate in due di  $NADH$ .

Alla fine della glicolisi, il piruvato entra nel **mitocondrio**, dove viene decarbossilato (cioè perde uno dei tre atomi di carbonio sottoforma di una molecola di  $CO_2$ ) e viene trasformato in un'altra molecola chiamata **Acetil-Coenzima A** (Acetil-CoA). Quest'ultimo entra poi a far parte di una sequenza circolare di reazioni chiamata **Ciclo di Krebs**.

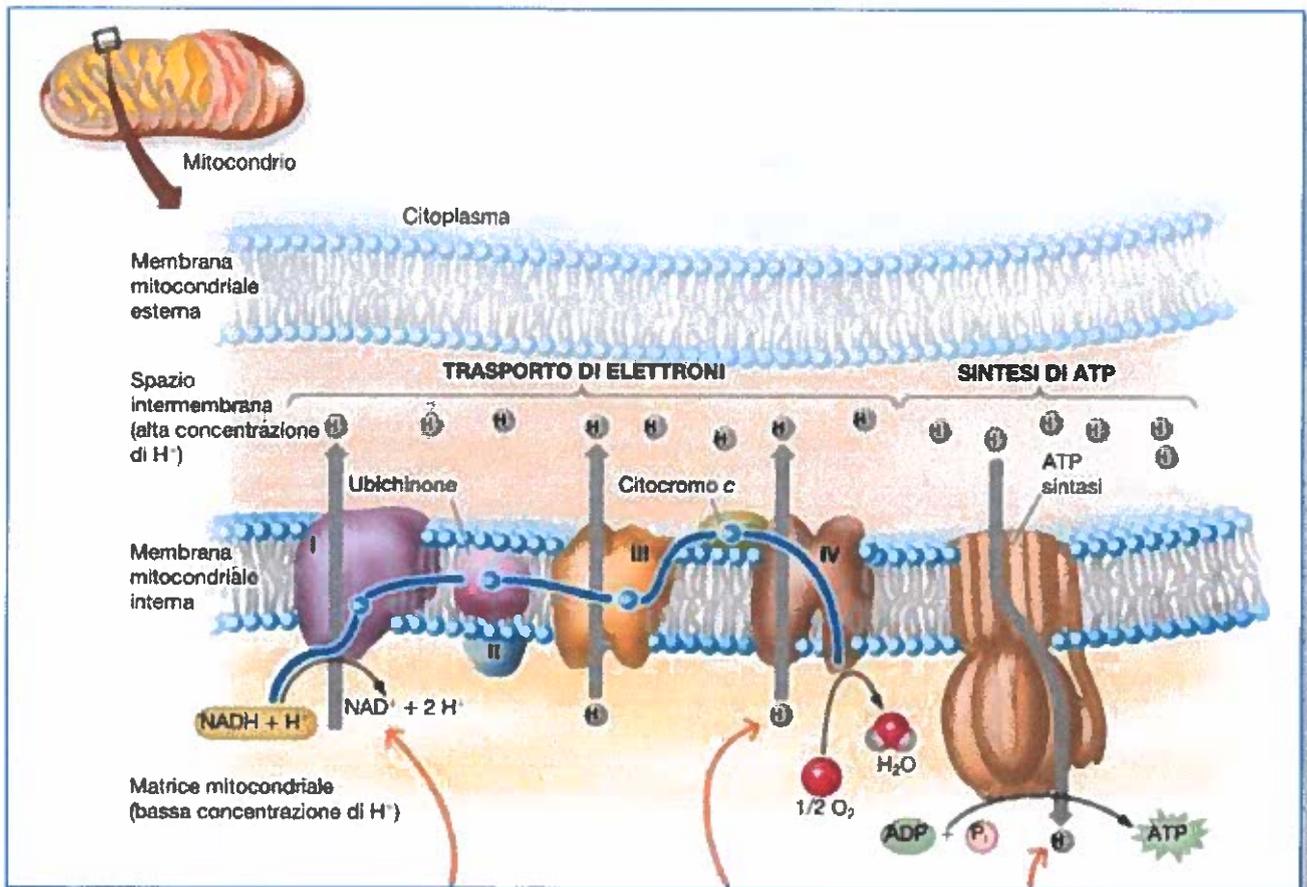
### 2. Il Ciclo di Krebs (vedi anche figura a pag. B85 del libro di testo)

Anche chiamato ciclo dell'acido citrico, è una serie di reazioni che trasformano diversi composti in altri, per lo più acidi bi- e tricarbossilici. Durante questa fase, 3 molecole di  $NAD^+$  sono trasformate in 3 di  $NADH$ , una molecola di  $FAD$  è trasformata in una di  $FADH_2$  e si producono una molecola di ATP e 2 molecole di  $CO_2$ . Questi numeri si ottengono per ognuna delle due molecole di piruvato.

### 3. La catena di trasporto degli elettroni e la sintesi dell'ATP

La fase finale, detta anche *fosforilazione ossidativa*, è finalizzata alla sintesi della maggior parte delle molecole di ATP di tutto il processo e inizia con la cosiddetta **catena di trasporto degli elettroni**: questo processo avviene a ridosso della membrana interna del mitocondrio grazie agli elettroni carichi di energia trasportati dal NADH e dal FADH<sub>2</sub>, che vengono qui ceduti a 4 complessi proteici inseriti nella membrana. Insieme agli elettroni vengono ceduti i protoni (H<sup>+</sup>), che attraversano la membrana interna passando dall'interno del mitocondrio (la matrice mitocondriale) allo spazio intermembrana (compreso fra la membrana interna e quella esterna). Da qui i protoni tornano nella matrice passivamente, per gradiente di concentrazione, attraverso l'unico canale aperto: l'enzima ATP-sintasi. Nel passaggio, i protoni attivano l'enzima fornendogli l'energia necessaria per la **sintesi dell'ATP**.

Cedendo elettroni e protoni (quindi ossidandosi), il NADH e il FADH<sub>2</sub> si ritrasformano in NAD<sup>+</sup> e FAD pronti per essere riutilizzati nelle fasi precedenti. È qui che entra in gioco l'**ossigeno**: nel rigenerarsi, il NADH e il FADH<sub>2</sub> trasferiscono elettroni all'ossigeno (O<sub>2</sub>), che viene così ridotto trasformandosi in acqua (H<sub>2</sub>O).



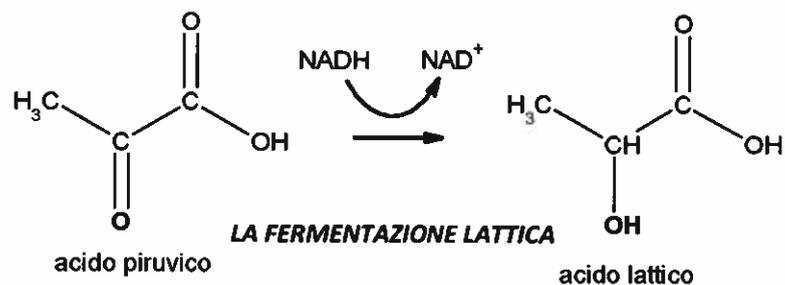
## LE FERMENTAZIONI

In assenza di ossigeno, il piruvato prodotto con la glicolisi non entra nel mitocondrio (e nel Ciclo di Krebs), ma prende una via alternativa molto più semplice chiamata **fermentazione**. La fermentazione non produce ATP, quindi le uniche molecole di ATP ottenute in queste condizioni sono le 2 prodotte con la glicolisi. La fermentazione serve a rigenerare il  $\text{NAD}^+$  che nella glicolisi si era trasformato in NADH. Molti microrganismi (detti *anaerobi* perché possono vivere appunto in assenza di ossigeno) sfruttano esclusivamente questo processo per la propria sopravvivenza. Le due fermentazioni più comuni sono di due tipi:

### 1. La fermentazione lattica

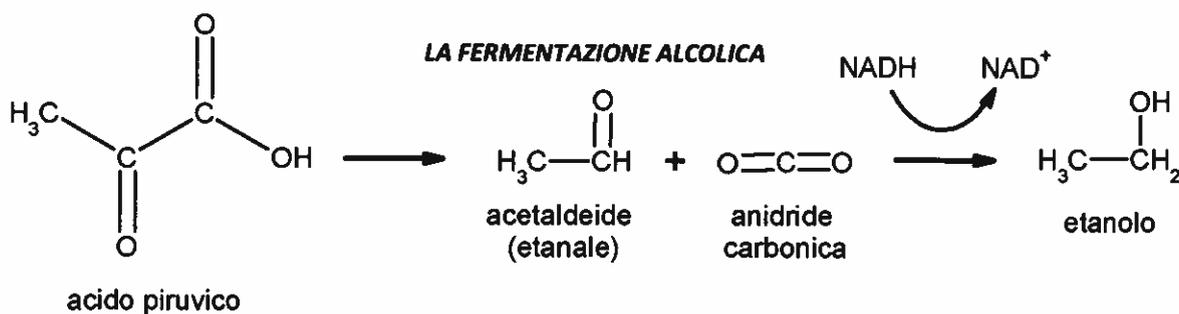
La fermentazione lattica è il processo con cui alcuni batteri, i lattobacilli, trasformano in una sola reazione il piruvato in **acido lattico** (entrambe molecole a 3 atomi di carbonio): questo processo naturale viene sfruttato dall'uomo nella produzione dello yogurt e dei formaggi e si verifica anche nei nostri muscoli quando in seguito a uno sforzo prolungato non arriva abbastanza ossigeno alle cellule.

L'acido lattico accumulato nei muscoli viene smaltito dal fegato nelle ore successive alla sua produzione.



### 2. La fermentazione alcolica

La fermentazione alcolica è il processo con cui alcuni lieviti (funghi unicellulari) trasformano in due reazioni il piruvato (molecola a 3 atomi di carbonio) in **etanolo** (molecola a 2 atomi di carbonio) più una molecola di anidride carbonica. Il processo viene sfruttato dall'uomo per la produzione delle bevande alcoliche e del pane: l'anidride carbonica è responsabile della formazione della schiuma della birra, delle bolle sulla superficie del mosto durante la produzione del vino e di quelle che si formano nel pane consentendo la lievitazione (in questo caso, l'alcol prodotto si disperde con la cottura).





STORIE PNEUMATICI

ABOUT SOSTENIBILITÀ GOVERNANCE INVESTITORI MEDIA CARRIERE CHANNELS

( ROAD )

# IDROGENO COME COMBUSTIBILE: I PRO E I CONTRO

Home > Road > **Idrogeno come combustibile: i pro e i contro**



**Idrogeno come combustibile: i pro e i contro**



**D**a anni si sente parlare di idrogeno come combustibile non inquinante per le auto, ma quali sono i vantaggi e gli svantaggi nella sua produzione? E perché viene poco usato? “Potrebbe essere una svolta per il pianeta in quanto lo scarto prodotto dal suo utilizzo per produrre energia è **vapore acqueo**, ma oggi oltre il 96% della produzione di idrogeno deriva ancora da fonti non rinnovabili vanificandone le proprietà green”, spiega il professore **Alessandro Abbotto**, docente di Chimica Organica del dipartimento di Scienza dei Materiali dell’Università di Milano-Bicocca, autore di **“Idrogeno: tutti i colori dell’energia”**, un libro pubblicato nel 2021 da Edizioni Dedalo che ne tratta tutte le applicazioni e ne analizza il relativo dibattito politico, economico e sociale.

## HYDROGEN AS A FUEL: THE PROS AND CONS



► [Iscriviti al canale di Youtube](#)

## I tre vantaggi di utilizzare l'idrogeno come carburante

### 1. È un combustibile pulito

L'idrogeno è un combustibile perfettamente pulito, perché l'unico scarto che produce è il vapore acqueo. Allo stato libero è formato da due atomi ( $H_2$ ) che combinandosi con l'ossigeno (O) durante il suo utilizzo

(combustione o, più comunemente, in una cella a combustibile) formano l'**acqua** ( $H_2O$ ). "Sono condizioni - spiega il professor Abbotto - sufficienti per andare incontro all'**emergenza ambientale** che non è più rimandabile". Gli idrocarburi, invece, sono formati da carbonio ed idrogeno e durante la combustione combinandosi con l'ossigeno producono **anidride carbonica** ( $CO_2$ ) e altri scarti dannosi per l'ambiente e la salute umana (ossidi di azoto e zolfo).

L'idrogeno si ottiene dall'**elettrolisi** dell'acqua, un metodo semplice in cui una corrente a basso voltaggio attraversa l'acqua formando ossigeno ed idrogeno gassoso. L'**idrogeno** definito **verde** è l'unico sostenibile perché viene ottenuto dall'elettrolisi dell'acqua alimentata da elettricità prodotta da fonti rinnovabili. L'**idrogeno grigio**, al contrario, utilizza fonti fossili, principalmente gas naturale, che producono emissioni di gas serra vanificando il suo impatto zero sull'ambiente.

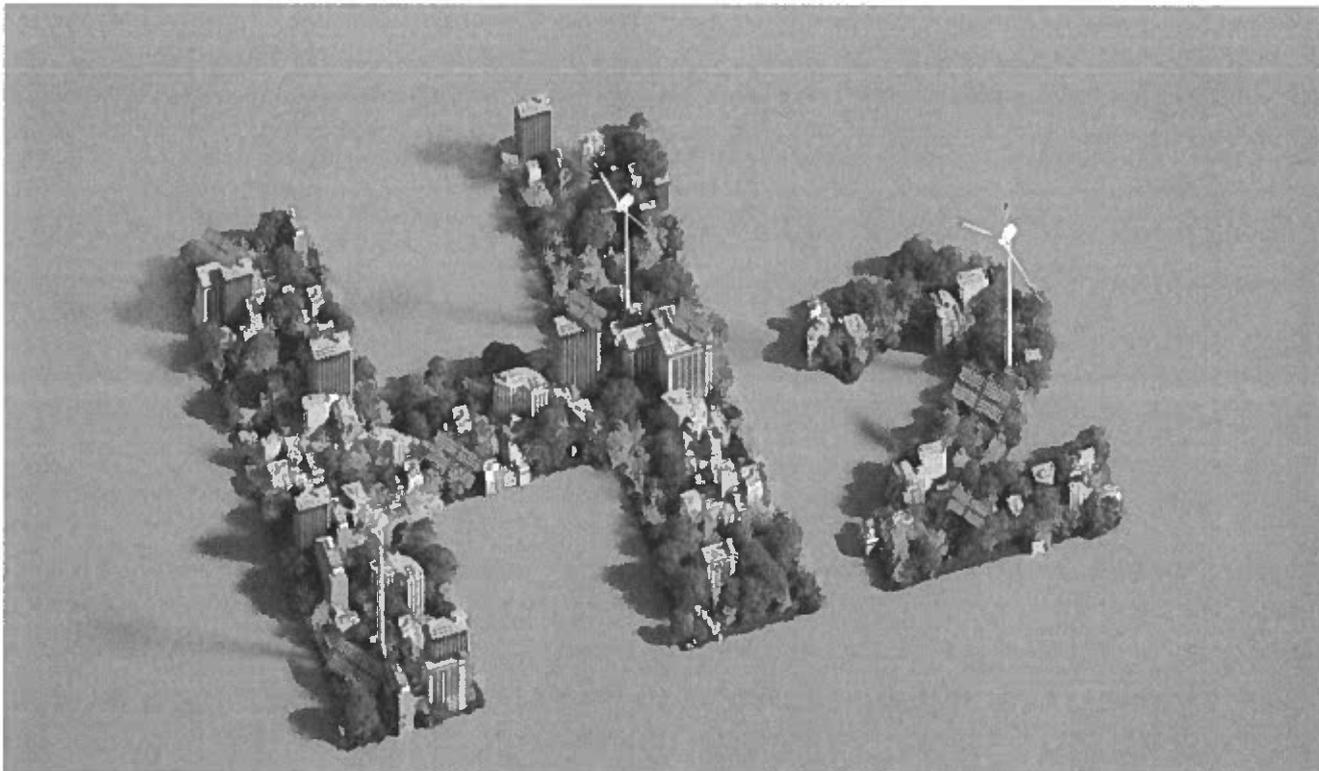


## 2. Utilizza una tecnologia più efficiente

Il **motore termico**, nato a metà dell'800 e da allora mai abbandonato, permette alla macchina di muoversi grazie alla combustione tra carburante e aria che viene convertita in energia termica e a sua volta in energia meccanica. In più di 200 anni questo motore ha raggiunto la sua massima prestazione e ottimizzazione e oggi a causa del forte impatto

ambientale degli scarti è poco sostenibile. Al contrario il motore termico a idrogeno è una tecnologia che si caratterizza per la mancanza di emissioni nocive. Il suo utilizzo principale non è però nel motore termico ma in una cella a combustibile, sviluppata per la conquista dello spazio fin dagli anni Sessanta, dove un processo elettrochimico combina idrogeno e ossigeno generando energia elettrica, che a sua volta alimenta un efficiente motore elettrico.

Il motore a benzina impiega solo il 20/25 % dell'energia introdotta e di conseguenza il 75/80% del carburante viene disperso producendo calore. È il motivo, per esempio, per cui non è possibile toccare un motore senza scottarsi. Sono numeri poco noti, ma che lasciano intendere quanto il motore termico alimentato a benzina o diesel risulti inefficiente. "Avevamo tanta energia da permetterci il lusso di sprecarla e costava poco estrarre petrolio, ma ora che comincia a scarseggiare e che tutte le questioni ambientali non possono essere più accantonate questo dovrà cambiare", spiega il professor Abbotto. Nel motore elettrico le percentuali sono completamente rovesciate. L'80% corrisponde all'energia utilizzata e solo il 20% a quella dispersa. L'idrogeno, però, all'interno del motore dell'automobile non viene sfruttato in modo immediato e diretto perché prima deve essere trasformato in energia elettrica per alimentare il motore. "Questo passaggio consuma il 50% dell'energia e dunque l'80% si dimezza portando al **40% l'energia utilizzata** che è, comunque, il doppio rispetto al motore a benzina. Con gli studi e gli esperimenti già in atto si ipotizza di poter aumentare sensibilmente questa percentuale, mentre quella del motore a benzina/diesel è ormai non più ottimizzabile", aggiunge Abbotto.



### 3. È conveniente per il trasporto pesante e i treni

La propulsione a idrogeno oggi non è ancora molto diffusa e uno dei settori per il quale potrebbe risultare da subito conveniente è quello del trasporto pesante o dei treni. Si tratta di mezzi che se dovessero essere alimentati con batterie elettriche in alternativa al motore termico necessiterebbero di batterie enormi, pesanti e lunghe da ricaricare. Al contrario l'idrogeno offre i vantaggi di un sistema di propulsione più compatto, con tempi di rifornimento rapidi e lunghe autonomie di percorrenza, possibile da alimentare con stazioni di ricarica poste lungo le autostrade più battute dalle flotte di Tir, senza la creazione di una rete di distribuzione capillare, oppure lungo le tratte delle linee ferroviarie in coincidenza delle principali stazioni.

In Asia (Corea del Sud) alcune case produttrici di veicoli industriali offrono un "servizio chiavi in mano" mettendo a disposizione tir per il trasporto di merci e garantendo la rete di distribuzione di idrogeno verde. "Risulta più facile effettuare questa operazione per le case produttrici di mezzi pesanti rispetto a quelle di auto perché i tir compiono delle **tratte standardizzate** ed è molto simile a ciò che accade con le ferrovie", spiega Abbotto.

Quasi il 50% delle linee ferroviarie è ad oggi non elettrificato. In Europa ci sono molte tratte in cui non è possibile avere la linea elettrica aerea e

dunque i treni vengono alimentati con il diesel, un combustibile altamente inquinante. **L'idrogeno risolverebbe sia il problema della mancanza di elettricità che l'emissione delle sostanze inquinanti.** In Valcamonica, per esempio, la linea ferroviaria Brescia-Iseo-Edolo verrà percorsa da treni a idrogeno a partire dai primi mesi del 2024, mentre in Germania già dal 2018 esiste una linea a idrogeno a impatto zero.

## **Gli svantaggi di utilizzare l'idrogeno come combustibile**

### **1. Se è "grigio", è inquinante**

Se non viene prodotto da fonti rinnovabili, produrre idrogeno inquina. Ad oggi oltre il 96% dell'idrogeno utilizzato è grigio. Il suo costo è minore, ma l'impatto sull'ambiente è enorme tanto che per ogni chilo di idrogeno ricavato ne vengono prodotti 10 di anidride carbonica. La produzione mondiale di idrogeno è di circa 70/75 milioni di tonnellate con uno scarto di quasi 1 miliardo di tonnellate di anidride carbonica. "La sfida più grande è produrre idrogeno pulito a un costo accessibile", sostiene Abbotto.

La diffusione dell'idrogeno verde può andare di pari passo con l'incremento della produzione di energia elettrica da fonti pulite. "E la buona notizia è che entro il 2030 la produzione di energia elettrica dovrà derivare per il 70% da fonti rinnovabili", spiega Abbotto.

### **2. È un gas difficile da maneggiare**

Mettere la benzina nel serbatoio è semplice e veloce, come lo è agganciare il cavo per ricaricare la batteria di un'auto elettrica. L'idrogeno invece è un gas difficile da maneggiare perché, avendo una bassa densità energetica, deve essere molto compresso ad alte pressioni (da 350 a 700 bar) per essere stipato in un serbatoio in quantità sufficienti per alimentare una vettura. Per percorrere circa 600 km sono necessari 5/6 kg di idrogeno. Nel serbatoio di un'auto, se non fosse compresso, ci starebbe idrogeno sufficiente a percorrere solo 5 km.

Un'altra difficoltà consiste nel trasporto, ovvero di come portare l'idrogeno alle stazioni di rifornimento per approvvigionare le vetture in movimento. Qui un primo problema consiste nel fatto che per essere distribuito sono necessari gasdotti appositi perché quelli destinati al

metano e al gas naturale non risultano compatibili, a meno di non usare miscele gas naturale-idrogeno a basso contenuto di idrogeno.

L'alternativa sarebbe trasportarlo allo stato liquido, come i derivati del petrolio, ma lo stato liquido dell'idrogeno si raggiunge a una temperatura di -253 gradi centigradi, ovvero con forte dispendio energetico per trasformarlo e poi mantenerlo in forma liquida. "Attualmente e nella maggior parte dei casi di uso industriale, l'idrogeno viene prodotto nello stesso posto in cui viene utilizzato", spiega Abbotto.

Esistono degli idrogenodotti ma sono estesi per pochi migliaia di chilometri in tutto il mondo. Costruire un'intera rete di distributori di idrogeno per autotrazione comporta grandi costi e ritardi. La Germania ha il primato per la distribuzione contando quasi 100 stazioni, in continua crescita e dislocate lungo le arterie autostradali rendendo possibili i viaggi all'interno della nazione. A Parigi l'idrogeno viene prodotto localmente permettendo di predisporre una rete per i taxi con l'obiettivo, entro il 2024, di averne la metà alimentati a idrogeno. In Italia è presente una sola stazione per le auto sull'autostrada del Brennero a Bolzano Sud. Qui l'idrogeno è a km zero derivando dall'energia idroelettrica prodotta dalle montagne.

### **3. È meno vantaggioso dell'elettrico per le auto**

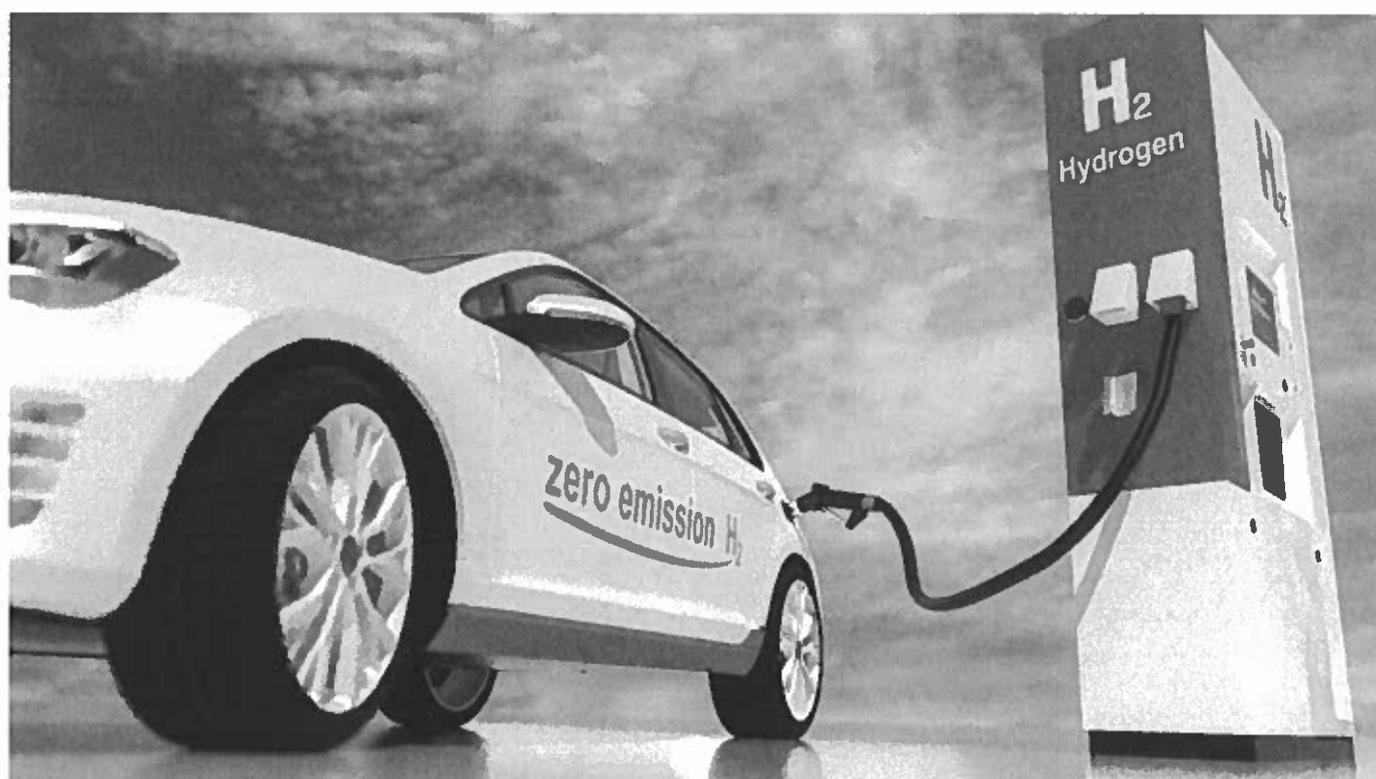
Il motore elettrico a batteria è oggi il sistema più efficiente perché converte in energia l'80% dell'elettricità presente nella batteria. Inoltre per le autovetture ad oggi è più conveniente una ricarica elettrica di un rifornimento a idrogeno. "L'idrogeno grigio costa 1-2 dollari al kg, mentre l'idrogeno verde ben 5-7 dollari" spiega Abbotto. Se non si vuole vanificare il vantaggio "green" dell'uso dell'idrogeno, il rifornimento di un'autovettura deve comportare esclusivamente idrogeno verde. E i fornitori vendono idrogeno verde a un prezzo di circa 15 euro al kg che può scendere a 9 euro al kg laddove l'infrastruttura è più sviluppata come in Germania.

Ma il motore a idrogeno rimane comunque molto più efficiente di un motore tradizionale a benzina/diesel. Il diesel offre un piccolo vantaggio economico rispetto all'idrogeno, ma gli enormi benefici che ci sarebbero sull'ambiente compenserebbero la maggiore spesa. Di certo rispetto ad una alimentazione elettrica da fonti rinnovabili, l'idrogeno è meno vantaggioso per il trasporto leggero su strada. I benefici ambientali sono gli stessi, ma il costo di rifornimento e la disponibilità di una rete per la ricarica sono migliori.

ABBONATI  
ALLA RIVISTA

## Energia L'idrogeno verde potrebbe essere il combustibile del futuro. Cosa manca?

**L'idrogeno verde è la scelta più ecologica per alimentare i nostri veicoli a motore? Ecco, secondo i sostenitori di questa ipotesi, cosa manca in Europa per completare la transizione.**



ADV

grigio (derivante da fonti fossili). Secondo François Paquet, direttore della Coalizione per l'Idrogeno Rinnovabile (Renewable Hydrogen Coalition, RHC), in Europa ci sono tuttavia almeno cinque fattori che frenano la diffusione di questo tipo di combustibile: ne ha parlato durante una conferenza tenuta ad Amburgo nell'ambito del Recharge Hydrogen Summit.

## Scienza

### Idrogeno: e se la soluzione fosse conservarlo in polvere?



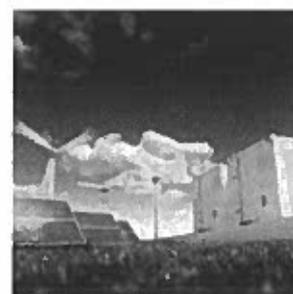
**PERMESSI.** Il primo ostacolo da superare è quello che riguarda le procedure burocratiche necessarie per produrre idrogeno verde. L'attuale normativa europea che regola la costruzione di impianti solari ed eolici prevede un'attesa che va dai sei ai nove anni: «Abbiamo bisogno di procedure più rapide e semplici», afferma Pasquet: «Non possiamo accettare che ci vogliano dieci anni per costruire un impianto eolico: possiamo aspettare due anni al massimo».



Le automobili a idrogeno, come la Toyota Mirai (in foto), immagazzinano il gas in bombole ad alta pressione e lo immettono poi in una pila a combustibile (*fuel cell*). Qui avviene una reazione elettrochimica che genera elettricità che alimenta l'automobile: ecco perché i veicoli a idrogeno sono a tutti gli effetti elettrici. © Mike Mareen | Shutterstock

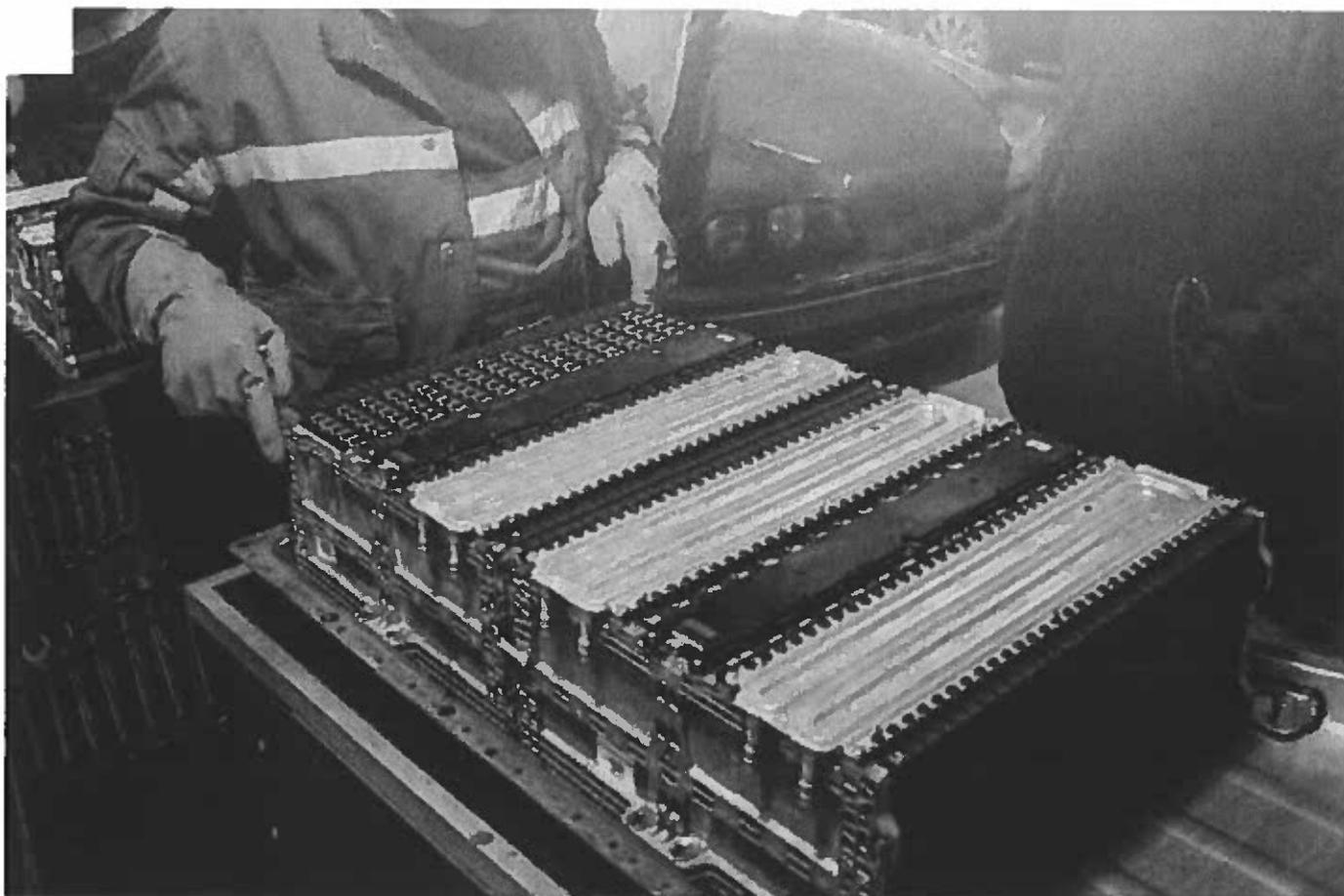
**CATENA DI PRODUZIONE.** Il secondo aspetto da affrontare è la creazione di una catena di produzione più vasta ed efficiente, capace di trasportare gli enormi volumi di idrogeno che saranno necessari a soddisfare la domanda: «Dobbiamo imparare dalla covid e dalle carenze di materia prima che abbiamo avuto», spiega, sottolineando la necessità di garantire un accesso senza restrizioni ai componenti fondamentali e alle materie prime necessarie. Negli ultimi mesi l'Unione Europea ha approvato due progetti per lo sviluppo del settore, chiamati Hy2Tech e Hy2Use, per i quali ha stanziato diversi miliardi di euro.

**Scienza**  
**L'Italia, hub europeo dell'idrogeno**



che lavorino nel settore delle energie rinnovabili entro il 2030: è questa la forza lavoro che servirà per raggiungere la neutralità carbonica (*net zero*).

**LEGGI.** Un altro problema è la mancanza di un quadro normativo che regoli il settore: l'industria si trova «in un limbo» e il rischio è che, in mancanza di leggi chiare e definite, si continui a importare idrogeno verde da Paesi extraeuropei invece di favorire la produzione interna. «Non possiamo aspettare altri due anni e mezzo, ma nemmeno sei mesi: ne abbiamo bisogno ora», afferma Paquet, riferendosi al tempo che bisognerà probabilmente ancora attendere per la revisione del Renewable Energy Directive II (REDII), la direttiva sulle energie rinnovabili.



Secondo il World Economic Forum non riusciremo mai a produrre entro il 2050 due miliardi di veicoli elettrici a batteria, la quantità necessaria a raggiungere il *net zero*: questo perché stiamo ormai esaurendo le fonti di litio, cobalto e altre terre rare che servono per produrre le batterie. E non dimentichiamoci delle implicazioni etiche dell'estrazione e il recupero di questi metalli rari, che spesso causano guerre, violenze e sfruttamenti delle popolazioni più povere (per approfondire). © Roman Zaiets | Shutterstock

«Parliamo di produzione sostenibile, standard sociali e ambientali», spiega Paquet. «Qui in Europa abbiamo una manifattura di alta qualità: dobbiamo assicurarci che le regole siano le stesse anche per i concorrenti del resto del mondo».

## Scienza

**Automobili elettriche: siamo pronti alla svolta green?**



**IL RISCHIO DI RIMANERE INDIETRO.** In questo quadro, c'è una cosa che non manca: è la richiesta di idrogeno, che attualmente in Europa è pari a 8,4 milioni di tonnellate. Ed è proprio per soddisfare questa domanda che dobbiamo accelerare, ed evitare di rimanere indietro rispetto al resto del mondo.

La Cina conta di far correre sulle strade un milione di veicoli a idrogeno entro il 2035, il Giappone 800.000 per il 2030, e gli USA cinque milioni entro il 2050 (anche se nel 2021 erano fermi a quota 4000). In Europa ci si aspetta che i veicoli saranno 4,3 milioni nel 2030 – ma l'obiettivo sembra un po' troppo ambizioso, visto che nel 2021 ne sono stati registrati meno di 4.000 e che, attualmente, le stazioni di rifornimento in tutta Europa sono appena 228.

## Tecnologia

**Per il net-zero servono ingenti quantità di metalli**



18 ottobre 2022 Chiara Guzzonato

**Tag** scienza - energia - idrogeno - idrogeno verde - rinnovabili - auto elettrica - motori elettrici - h2 - emissioni nette zero - inquinamento

# Aula di Scienze

*Persone, storie e dati per capire il mondo*

SCIENCE NEWS

## Verso un'economia all'idrogeno?

Si fa presto a dire idrogeno. Prima di sognare di guidare automobili che producono vapore acqueo dal tubo di scappamento, bisogna risolvere un problema non da poco: come trasportare un elemento estremamente infiammabile e volatile senza rischi e in modo economicamente accettabile?

1 dicembre 2011  
di Stefano Dalla Casa

*Si fa presto a dire idrogeno. Prima di sognare di guidare automobili che producono vapore acqueo dal tubo di scappamento, bisogna risolvere un problema non da poco: come trasportare un elemento estremamente infiammabile e volatile senza rischi e in modo economicamente accettabile? L'idrogeno è un ottimo mezzo per immagazzinare energia (come ben sanno gli astronauti che usano le celle a combustibile nei loro viaggi), ma la sua applicazione a livello industriale e commerciale non sarà possibile su larga scala fino a che non si riuscirà a trovare un modo economicamente abbordabile di conservarlo e trasportarlo senza rischi. L'idrogeno è infatti altamente infiammabile e sarebbe pertanto impensabile trasportarlo come un comune combustibile. Almeno fino ad ora. Da tempo i chimici si chiedono come stipare l'idrogeno in sicurezza facendolo «assorbire» da una sostanza, ma finora quasi tutte le soluzioni proposte erano basate su materiali solidi (ad esempio idruri metallici). I ricercatori della*

University of Oregon (USA) hanno invece da poco messo a punto un nuovo composto, della classe dei borani, che è liquido a temperatura ambiente. BN-metilciclopentano, questo il nome della molecola, è riciclabile (cioè in grado di assorbire nuovo idrogeno dopo averlo rilasciato) e permette di liberare l'idrogeno in modo controllato. Per arrivare a questo risultato il professor Shih-Yuan Liu, assieme ai dottorandi Wei Luo e Patrick G. Campbell e al dottor Lev N. Zakharov del Center for Advanced Materials Characterization in Oregon (CAMCOR) ha modificato ad arte la struttura di un particolare ammino borano in modo tale da ottenere un liquido (che mantiene le sue proprietà anche dopo aver rilasciato l'idrogeno) a bassa pressione di vapore.



**Perché liquido e non solido?** Immaginando un futuro nel quale si sia in grado di stoccare enormi quantità di energia sotto forma di idrogeno, bisogna anche pensare a una infrastruttura che permetta di trasportarlo efficientemente dai luoghi di produzione a quelli di impiego. Al momento la nostra economia verte in gran parte sui combustibili fossili, e le nostre infrastrutture sono quindi plasmate su questi che, in massima parte, sono allo stato liquido. Quando, banalmente, facciamo benzina nell'automobile, una pompa preleva da una cisterna sotterranea il carburante, e quel carburante è stato a sua volta pompato nella cisterna da un'autobotte dopo un viaggio su strada. A sua volta il carburante sarà stato prodotto in una raffineria di petrolio prima di essere messo in viaggio, dove è arrivato sotto forma di greggio viaggiando dentro i tubi di un oleodotto o nel serbatoio di una petroliera. In ogni caso abbiamo sempre a che fare con liquidi. Con una tecnologia basata su qualcosa di simile al BN-metilciclopentano si potrebbe utilizzare, con le inevitabili modifiche del caso, gran parte delle infrastrutture esistenti, senza doverne inventare *ex novo* e quindi abbattendo drasticamente i tempi di implementazioni a livello globale. La ricerca (ora pubblicata on line sul Journal of American Chemical Society) è infatti stata finanziata dal U.S. Department of Energy, che mira allo sviluppo di una forma di stoccaggio per l'idrogeno che sia effettivamente utilizzabile a partire dal 2017. Intanto gli autori assicurano che è già possibile usare il BN-metilciclopentano nelle normali pile a combustibile. *Per approfondire: a questo link il nostro esperto di chimica parla del diborano: La struttura del diborano Vincenzo Balzani ci spiega come la chimica può aiutarci a guidare in modo sostenibile lo sviluppo del nostro pianeta proprio a partire dalle necessità energetiche*

#### CATEGORIE

Fisica

#### PAROLE CHIAVE

borani, cella a combustibile, energia, idrogeno