

Capitolo

A1

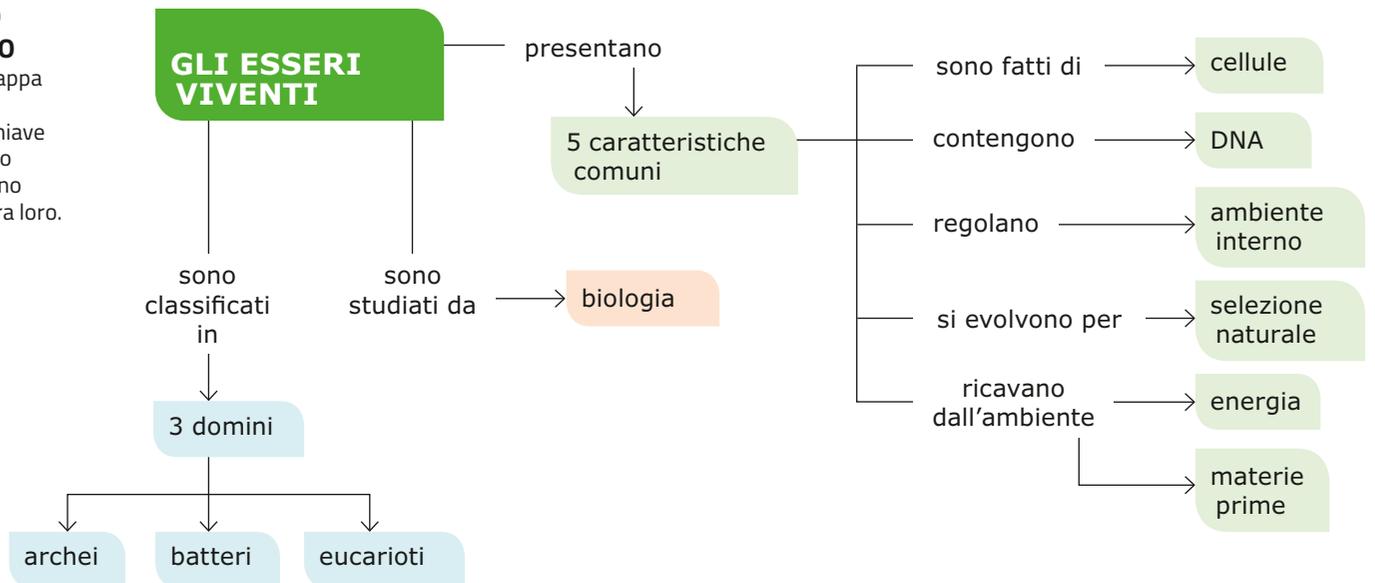
La biologia, lo studio della vita



Le zampe di questi gechi mostrano come la biodiversità si sia sbizzarrita nelle forme e nei colori.

A COLPO D'OCCHIO

Questa mappa mostra i concetti chiave del capitolo e come sono collegati fra loro.



Le caratteristiche di tutti i viventi

1 Gli organismi viventi sono molto diversificati per forma e funzioni

La **biologia** (che deriva dal greco *bios* = vita e *logos* = studio) è la scienza che studia la vita e gli organismi viventi su scala molecolare. Le forme di vita non sono solo diffuse e abbondanti, ma anche estremamente variegata. Questa grande varietà è costellata di strutture e comportamenti davvero sorprendenti, che nel loro insieme costituiscono la **biodiversità** sulla Terra.

Sul nostro pianeta vivono sia esseri piccolissimi e semplici come i batteri sia organismi più complessi, ma costituiti da una sola cellula come i parameci, fino ad arrivare a organismi pluricellulari molto complessi e osservabili a occhio nudo. Ecco alcuni esempi «estremi» di biodiversità: certe rane ingoiano i propri embrioni e, dopo un periodo di sviluppo, li espellono dalla bocca; alcuni fiori di orchidea assomigliano così tanto ad api femmine che le api maschio tentano di accoppiarsi con essi; alcuni batteri vivono soltanto per 15 minuti, mentre il pino *Pinus longaeva*, una specie nordamericana, può superare i 4000 anni di età.

Una delle esigenze primarie della biologia è quella di classificare in modo più ordinato possibile tutta questa varietà in base alle caratteristiche di ciascun vivente (figura 1).

La biodiversità nel mondo ha dei numeri impressionanti: a oggi sono conosciute più di 1 milione e 700 mila specie, ma si pensa che possano esserne oltre 12 milioni. Gli ambienti più ricchi di biodiversità sono proprio quelle parti del pianeta che oggi soffrono dell'**effetto antropico**.

I fenomeni di estinzione delle specie rappresentano una seria minaccia, per questo motivo negli anni Novanta del secolo scorso, le Nazioni Unite e la Comunità Europea hanno stipulato diverse Convenzioni con lo scopo di proteggere la biodiversità. L'aumento degli inquinanti e la riduzione degli habitat continuano però a essere una minaccia per la biodiversità.

RISPONDI

A quale tipo di organismo, tra quelli della figura 1, assomiglia maggiormente l'essere umano?

2 La vita presenta un'unitarietà di base e più livelli di organizzazione

L'unitarietà generale tra tutte le forme viventi si può osservare nel tipo di **organizzazione di base**. La figura 2 illustra ben dodici livelli di organizzazione biologica, ma per il nostro tipo di studio sono importanti in particolare tre di essi: la **cellula**, gli **organismi pluricellulari** e la **biosfera**.

La **cellula** è la struttura funzionale di base di ogni vivente; in altre parole, tutti gli organismi sono fatti di una o più cellule. In una cellula gli **atomi** dei vari elementi chimici sono combinati a formare le **molecole**, che talvolta si aggregano in strutture chiamate **organuli**. Certe cellule, come quelle dei parameci, vivono in modo indipendente, sono quindi organismi unicellulari; altre, come quelle dell'alga verde *Volvox*, si aggregano formando colonie sferiche che possono essere costituite anche da 50 000 cellule.

Un elefante (o qualsiasi altro animale) è un organismo pluricellulare, in cui cellule simili si uniscono a formare un **tessuto**, per esempio il tessuto nervoso che forma il cervello e i nervi. I tessuti formano a loro volta gli **organi**, che si uniscono costituendo i **sistemi di organi**, per esem-



Figura 1 Sulla Terra si trovano forme di vita molto diverse: (A) batteri; (B) protisti; (C) funghi; (D) piante; (E) animali.

pio il cervello funziona insieme al midollo spinale e a una rete di nervi nel sistema nervoso. I sistemi di organi sono uniti a formare un individuo vivente, cioè un **organismo**.

L'insieme dei membri di una data specie che occupa una certa area costituisce una **popolazione**, mentre le popolazioni di piante, animali, ecc. di quell'area formano le **comunità** che interagiscono con l'ambiente fisico,

formando un **ecosistema**. Tutti gli ecosistemi della Terra vanno a disegnare la **biosfera**: è il livello di organizzazione biologica maggiore che comprende tutti gli organismi.

RISPONDI

In quale livello di organizzazione biologica si può inquadrare un membro di una qualsiasi specie vegetale?

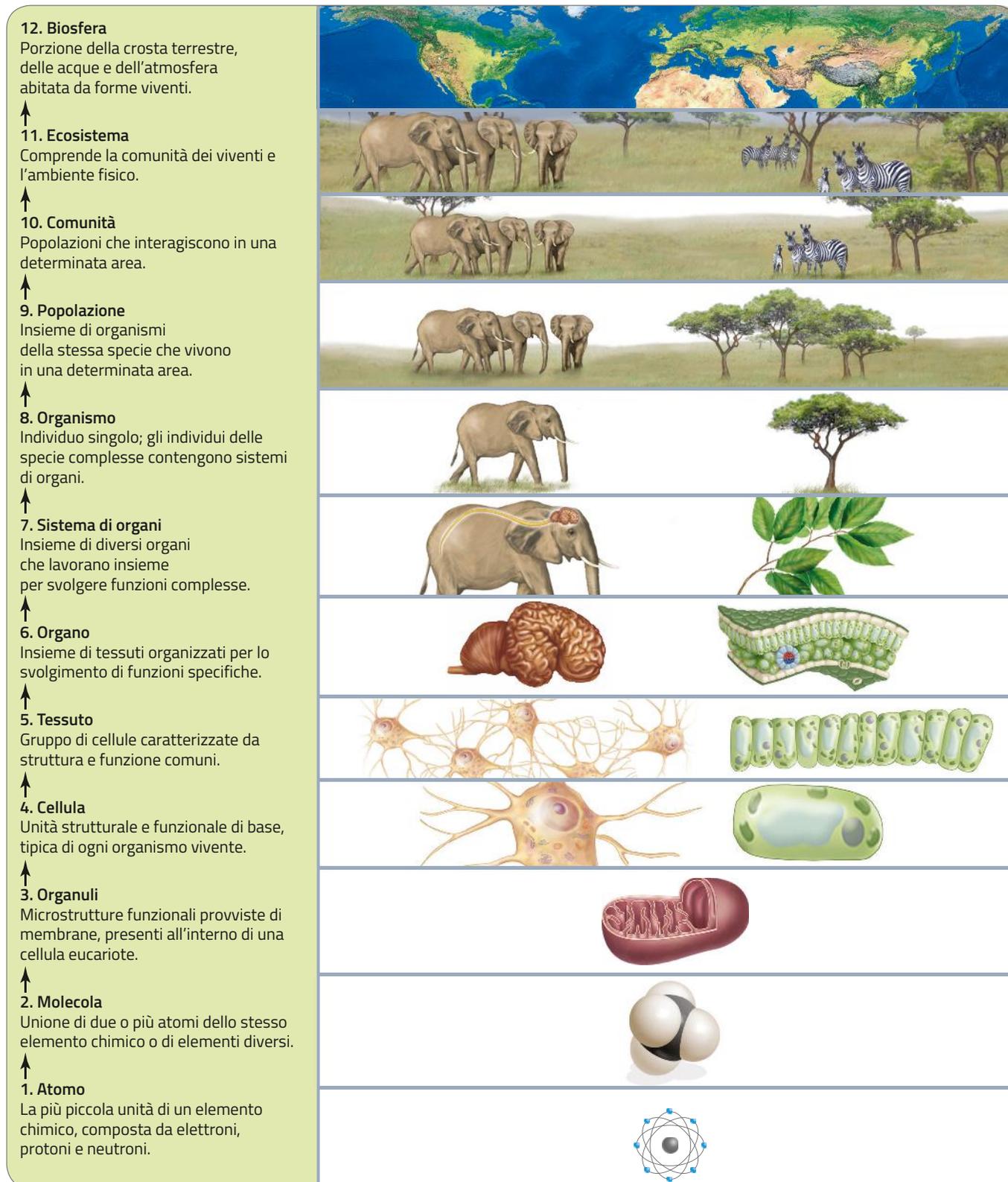


Figura 2 Dodici livelli dell'organizzazione biologica.

3

Alcune caratteristiche sono comuni a tutti i viventi

Per definire che cos'è un organismo vivente esaminiamo le principali caratteristiche condivise da tutte le forme di vita.

ORDINE. Tutti gli organismi viventi, anche i più semplici come batteri e protisti, presentano un ordine strutturale. L'occhio della mosca è un esempio spettacolare di questo ordine (figura 3).

RISPOSTA AGLI STIMOLI. Tutte le forme viventi interagiscono in vario modo sia con l'ambiente sia con altri organismi. Grazie al movimento di microscopiche appendici simili a peli, dette *flagelli*, certi batteri sono in grado di spostarsi verso la luce o sostanze chimiche, oppure di allontanarsene. Gli organismi pluricellulari reagiscono in modi più complessi; per esempio, un avvoltoio può captare la presenza di una carcassa lontana e raggiungerla per cibarsene; una farfalla monarca riesce a percepire l'avvicinarsi

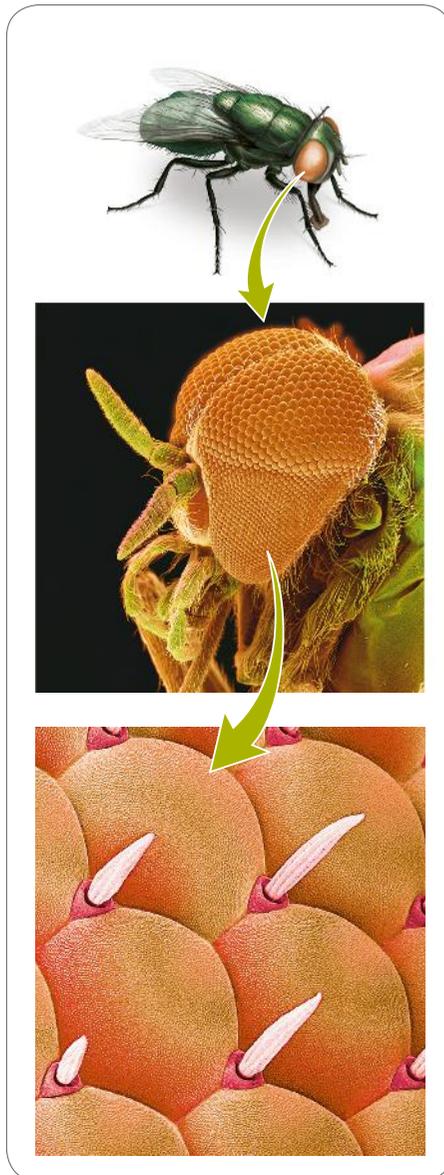


Figura 3
L'occhio di un insetto è un esempio della struttura ordinata dei viventi.

dell'autunno e migra verso Sud. La capacità di rispondere a uno stimolo è propria anche delle piante, ne è un esempio l'abilità a orientarsi verso la luce (*fototropismo*, figura 4). Una risposta appropriata, come allontanarsi da un pericolo, garantisce meglio la sopravvivenza di un organismo.

Considerate nel complesso, tali attività sono definite **comportamento**.

REGOLAZIONE DELL'AMBIENTE INTERNO. Perché un organismo possa sopravvivere è indispensabile che mantenga un certo equilibrio interno; questa proprietà è detta **omeostasi**. Per esempio, la temperatura, il livello di idratazione, l'acidità e altri parametri corporei devono restare nell'intervallo di tolleranza tipico di ciascun organismo. L'omeostasi viene mantenuta da appositi sistemi che controllano le condizioni interne e compiono gli adeguamenti necessari senza che sia implicata alcuna attività consapevole. Se ci dimentichiamo di mangiare perché siamo assorti in una lettura molto coinvolgente, il nostro fegato inizia a demolire il glicogeno immagazzinato per rifornirci di energia, mantenendo il livello di zuccheri nel sangue entro limiti normali. Molti organismi adottano strategie particolari per mantenere l'omeostasi: per esempio, l'iguana marina regola la temperatura esponendosi al Sole (figura 5) o restando all'ombra.

SCAMBIO DI MATERIA ED ENERGIA CON L'AMBIENTE. Nessun essere vivente può mantenere la propria organizzazione interna e svolgere le attività vitali senza usufruire di sostanze nutritive e di energia. Il cibo, infatti, fornisce i nutrienti, che sono usati sia per formare strutture corporee sia per ricavarne energia utile alle funzioni vitali.

L'**energia** è definita in fisica come la capacità di svolgere un lavoro; nei viventi questo lavoro è il mantenimento dell'organizzazione delle cellule e dell'intero organismo. Quando le cellule usano le sostanze nutritive svolgono reazioni chimiche catalizzate da *enzimi*. Nel loro insieme queste reazioni enzimatiche prendono il nome di **metabolismo**, un processo che consente agli organismi di crescere, riprodursi, rispondere agli stimoli provenienti dal mondo esterno e mantenere le proprie strutture.



Figura 4 Le piante rispondono allo stimolo della luce.



Figura 5 Iguane marine delle Galápagos che si scaldano al Sole.

La fonte di energia che rifornisce quasi tutta la vita sulla Terra è il Sole. Infatti, le piante e alcuni altri organismi (batteri e protisti) sono in grado di «catturare» l'energia della luce solare e, attraverso la **fotosintesi**, immagazzinarla come energia chimica sotto forma di molecole organiche. Questi organismi si definiscono *autotrofi*, perché immagazzinano energia in modo autonomo, diversamente dagli *eterotrofi*, che, invece, acquisiscono l'energia di cui hanno bisogno cibandosi di altri organismi. Praticamente tutti i viventi acquisiscono energia metabolizzando le molecole energetiche prodotte con la fotosintesi.

CRESCITA. Tutti i viventi sono soggetti a un processo di crescita che si verifica dalla nascita alla maturità, ma in alcuni organismi come le piante può durare per tutta la vita dell'individuo.

Nell'essere umano la crescita riguarda l'aumento del numero delle cellule dell'organismo, e comporta un aumento delle sue dimensioni in altezza/lunghezza, larghezza e peso.

RIPRODUZIONE E SVILUPPO. Gli organismi viventi derivano esclusivamente da organismi preesistenti. Ogni forma di vita può infatti compiere la riproduzione, cioè produrre (con varie modalità) individui suoi simili (**figura 6**) e in questo modo permette la trasmissione delle informazioni genetiche da una generazione a quella successiva. I batteri, i protisti e altri organismi unicellulari si riproducono per *riproduzione asessuata*, dividendosi in due parti identiche. Nella maggior parte degli organismi pluricellulari, invece, la riproduzione è un processo più complesso che necessita l'unione del gamete maschile di un individuo con la cellula uovo di un individuo femminile (**fecondazione**).

EREDITARIETÀ GENETICA. L'embrione prodotto dalla fecondazione si sviluppa nell'individuo tipico di una specie, che sia una balenottera oppure un tulipano, grazie a precise «istruzioni» ereditate dai genitori. Tali istruzioni, che definiscono nei minimi dettagli l'organizzazione e il me-

tabolismo di un individuo, sono contenute nei suoi geni. I **geni** sono costituiti da lunghe catene di una molecola organica chiamata **DNA** (acido desossiribonucleico), presente in tutti i viventi.

ADATTAMENTO EVOLUTIVO. Gli adattamenti sono modificazioni che rendono gli organismi idonei allo stile di vita nel proprio ambiente. Per esempio, un uccello rapace che caccia conigli (come il predatore della **figura 6**) è in grado di volare grazie a ossa cave molto leggere, muscoli alari potenti e penne che lo sostengono perfettamente; la grande manovrabilità nel volo permette inoltre le picchiate verso le prede, mentre gli artigli affilati ne consentono la cattura. Gli adattamenti sono acquisiti dagli organismi attraverso l'**evoluzione**: il processo in cui le caratteristiche di una *specie* (un gruppo di individui simili che si riproducono tra loro originando prole fertile) cambiano nel tempo, normalmente in seguito a mutazioni casuali, eventi rari che costituiscono fonte di **variabilità genetica**.

Uno dei principi cardine della teoria dell'evoluzione riconosce che tutte le forme di vita attuali e passate discendono da forme di vita precedenti, il che spiega anche perché tutti gli organismi abbiano le stesse caratteristiche di base.

Gli organismi si evolvono attraverso un processo chiamato **selezione naturale**, termine introdotto per la prima volta nel 1859 da Charles Darwin, il fondatore della teoria dell'evoluzione. La teoria dell'evoluzione, nella sua sintesi moderna, riesce a spiegare la diversità delle forme di vita ed è la chiave per una classificazione degli organismi basata sulle relazioni di discendenza.

RISPONDI

Un vegetale parassita di altre piante può essere considerato un essere vivente?



Figura 6 Per crescere e riprodursi, gli organismi viventi prelevano materia ed energia dall'ambiente, come questo rapace, un predatore.

Classificare i viventi

4 La tassonomia raggruppa gli organismi secondo le parentele evolutive

La **tassonomia** è la disciplina che raggruppa gli organismi secondo la loro storia evolutiva e le correlazioni con altri organismi. È una scienza in continuo cambiamento, dato che le conoscenze sulle specie diventano sempre più ampie e gli strumenti di indagine sempre più sofisticati (per esempio l'analisi del DNA). Le categorie tassonomiche tradizionali, dette **taxa** (*taxon* al singolare), dalla più piccola alla maggiore, sono: la *specie*, il *genere*, la *famiglia*, l'*ordine*, la *classe*, il *phylum*, il *regno* e il *dominio* (tabella 1).

Ciascun *taxon* contiene più specie della categoria precedente: le specie raggruppate all'interno di un genere condividono molte delle caratteristiche specifiche e sono strettamente correlate tra loro, mentre le specie ascritte a un regno condividono con le altre del regno solo caratteristiche più generali. Per esempio, tutte le specie del genere *Phaseolus* si assomigliano molto (piante di fagiolo), ma le specie appartenenti al regno delle piante sono decisamente molto diverse tra loro. Allo stesso modo, la specie umana è attualmente l'unica del genere *Homo* (le altre sono tutte estinte), ma fa parte del regno animale, esattamente come una piccola medusa o un'enorme balena. Le specie di due diversi domini sono ancora meno somiglianti tra loro.

I DOMINI. La categoria più ampia della classificazione dei viventi si chiama dominio.

Categoria	Specie umana	Mais
Dominio	<i>Eukarya</i> (eucarioti)	<i>Eukarya</i> (eucarioti)
Regno	<i>Animalia</i> (animali)	<i>Plantae</i> (piante)
Phylum	<i>Chordata</i> (cordati)	<i>Antophyta</i> (antofite)
Classe	<i>Mammalia</i> (mammiferi)	<i>Monocotyledones</i> (monocotiledoni)
Ordine	<i>Primates</i> (primati)	<i>Commelinales</i>
Famiglia	<i>Hominidae</i> (ominidi)	<i>Poaceae</i> (poacee)
Genere	<i>Homo</i>	<i>Zea</i>
Specie*	<i>H. sapiens</i>	<i>Z. mays</i>

* Per specificare esattamente un organismo si usa la «nomenclatura binomiale» (a due nomi), che indica il genere e la specie, per esempio *Homo sapiens*.

Tabella 1 Le categorie tassonomiche (o taxa).

I tre domini in cui sono classificati tutti gli organismi sono:

- **Bacteria** (batteri);
- **Archaea** (archei);
- **Eukarya** (eucarioti).

Batteri e archei sono **procarioti unicellulari**, cioè organismi formati da una sola cellula con un nucleo non ben delimitato da una membrana; le cellule degli **eucarioti** (sia unicellulari sia pluricellulari) possiedono invece un nucleo definito e delimitato da una membrana.

I procarioti hanno strutture molto semplici ma metabolismo complesso (figura 7). Gli *archei* sono diffusi in ambienti acquatici non ossigenati, molto salini e molto acidi; habitat inadatti per gran parte degli altri organismi. È probabile che ambienti di questo genere siano simili a quelli della Terra primordiale, dove gli archei potrebbero essere stati i primi organismi a evolversi. I *batteri* vivono ovunque: nel terreno e nell'acqua, nell'atmosfera o all'interno di altri esseri viventi. Sebbene alcuni batteri siano agenti di malattie, altri sono utili in svariati campi.

I REGNI. Dopo avere definito le caratteristiche dei tre domini, i tassonomisti sono al lavoro per suddividere anche gli archei e i batteri in regni, così come sono già suddivisi in quattro regni gli eucarioti (figura 8): protisti, funghi, piante e animali.

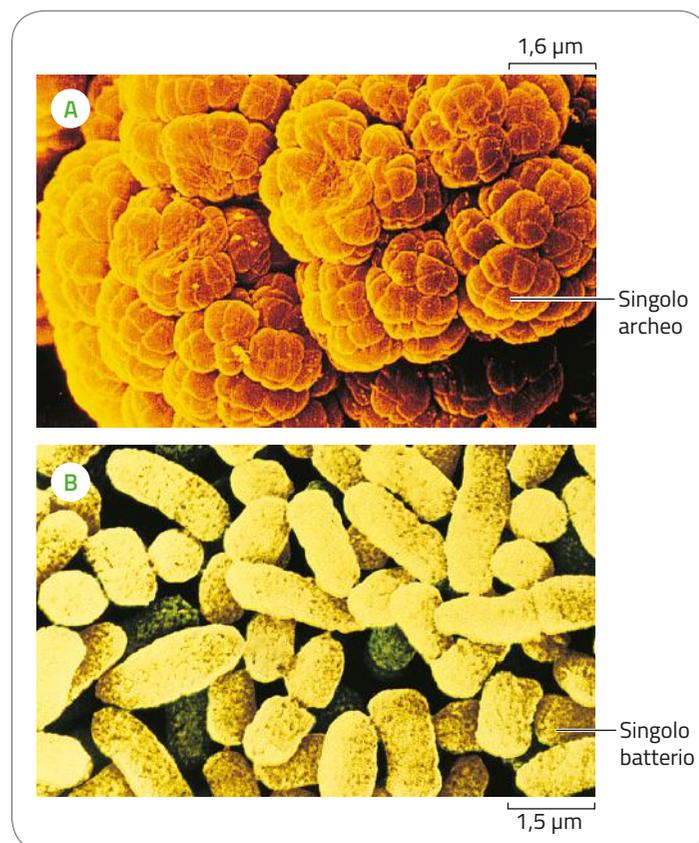


Figura 7 (A) Un organismo del dominio Archaea, *Methanosarcina mazei*. (B) Un organismo del dominio Bacteria, *Escherichia coli*.

- I **protisti** (regno Protista) spaziano da forme unicellulari a forme coloniali e pluricellulari; alcuni sono fotosintetici, altri si procurano energia dal cibo; questo regno include: le alghe, i protozoi e le muffe d'acqua.
- Tra i **funghi** (regno Fungi) si annoverano le muffe, i funghi tipici dei boschi, i lieviti e le molte forme microscopiche che, insieme ai batteri, decompongono gli organismi morti.
- Le **piante** (regno Plantae) sono pluricellulari fotosintetici che comprendono i muschi e le felci, le erbe e gli alberi.
- Infine, gli **animali** (regno Animalia) sono organismi pluricellulari che si nutrono di alimenti ingeriti dall'esterno; includono meduse, coralli, vermi, insetti, pesci e mammiferi.

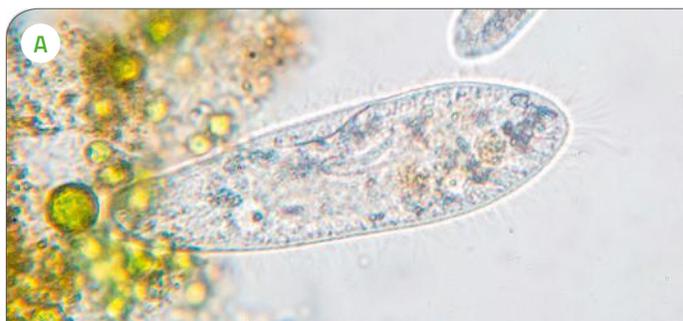
LA NOMENCLATURA DI LINNEO. In biologia, per assegnare il nome scientifico a ciascuna specie si adotta la **nomenclatura binomiale**, cioè un sistema a due nomi riconosciuto in tutto il mondo.

L'uso della nomenclatura binomiale si deve a Linneo, che nel 1735 ne fu l'inventore, riprendendo l'idea di Gaspard Bauhin che 100 anni prima lo aveva adottato per classificare le piante. Per esempio *Phoradendron tomentosum* è il nome scientifico di una pianta chiamata vischio; il primo è il nome del genere, mentre il secondo è il nome specifico, cioè che indica esattamente una delle specie appartenenti a quel genere. Spesso, dopo la prima citazione o per organismi molto noti, si usa il nome del genere abbreviato, come *P. tomentosum*, mentre se non si è certi della specie ma soltanto del genere si indica solo il primo nome seguito da sp., *Phoradendron* sp. I nomi scientifici vanno scritti in corsivo, o comunque sempre indicati con un carattere diverso.

Il nome scientifico, che convenzionalmente è in latino, è utile per definire in varie lingue e in modo inconfondibile l'appartenenza di un organismo a una determinata specie.

RISPONDI

Perché è importante che il nome scientifico di una specie sia lo stesso in tutto il mondo?



Regno Protista

Paramecium caudatum, un organismo unicellulare.

- Alghe, protozoi, muffe mucillaginose e muffe d'acqua
- Unicellulari complessi (talvolta in filamenti, colonie) o anche pluricellulari
- Assorbono o ingeriscono gli alimenti o compiono la fotosintesi



Regno Plantae

Passiflora incarnata, una pianta con fiori.

- Muschi felci, conifere e piante con il fiore
- Pluricellulari con tessuti specializzati costituiti da cellule complesse
- Compiono la fotosintesi



Regno Fungi

Cortinarius cinnamomeus, un fungo.

- Muffe, funghi e lieviti
- Costituiti da filamenti pluricellulari con cellule complesse e specializzate
- Assorbono gli alimenti dall'esterno



Regno Animalia

Vulpes vulpes, (volpe), un mammifero.

- Spugne, insetti, pesci, rane, tartarughe, uccelli e mammiferi
- Pluricellulari con tessuti specializzati costituiti da cellule complesse
- Ingeriscono gli alimenti

Figura 8 I quattro regni del dominio Eukarya.

La biosfera

5 La biosfera è composta dagli ecosistemi

Il nostro pianeta (Geosfera) è suddiviso in sfere in continua interazione tra loro: la *Biosfera* (sfera della vita), l'*Idrosfera* (sfera delle acque), la *Litosfera* (sfera della pietra) e l'*Atmosfera* (sfera del vapore). Ogni sfera ha composizione e struttura fisico-chimica sostanzialmente uniforme.

La **biosfera** è l'insieme delle aree terrestri le cui condizioni ambientali permettono lo sviluppo della vita. I singoli individui di una specie appartengono a una **popolazione**, cioè l'insieme di tutti gli individui di quella specie che vive in una data area. Ciascuna popolazione di una comunità interagisce sia con le popolazioni di altre specie sia con l'ambiente fisico (suolo, atmosfera, nutrienti). Nel complesso, una comunità e il suo ambiente fisico costituiscono un **ecosistema**. Infine, tutti gli ecosistemi della Terra formano l'intera biosfera.

Si possono individuare e studiare gli ecosistemi usando le scale più diverse, da quella degli ecosistemi maggiori della Terra, chiamati *biomi* (praterie, deserti, oceani), ai più piccoli ecosistemi locali, per esempio uno stagno all'interno di un bosco o anche di un giardino. I «confini» degli ecosistemi sono in realtà semplificazioni che ci fanno comodo per individuare un'area di studio che può interessarci. Tali confini raramente sono naturali, proprio perché ciascun ambiente è in connessione con gli ecosistemi che lo circondano. Per esempio, l'ecosistema marino è connesso in modo altamente dinamico all'ecosistema dei fiumi che lo alimentano e alle coste, per passaggio reciproco di materiali, energia e organismi viventi.

La **figura 9** schematizza un ecosistema di prateria, abitato da conigli, topi, serpenti, uccelli rapaci e varie specie di piante. Le interazioni che si stabiliscono tra le popolazioni della comunità portano a un *ciclo di sostanze chimiche* (freccie grigie) e a un *flusso di energia* (freccie gialle e arancioni). Il ciclo di nutrienti e il flusso di energia hanno entrambi inizio quando **1** le piante, le alghe e alcuni batteri attraverso la fotosintesi producono molecole complesse ricche di energia (nutrienti organici). Ciclo e flusso continuano quando **2** conigli e **3** topi si alimentano di materiale vegetale (foglie e semi), **4** i serpenti predano i topi, e **5** gli uccelli rapaci si cibano sia di conigli sia di serpenti.

Nel **ciclo della materia**, **6** con la morte e la decomposizione degli organismi, i materiali semplici (*inorganici*) sono di nuovo resi disponibili per le piante, in un riciclo continuo.

L'**energia**, invece, **scorre** negli ecosistemi senza la possibilità di essere riciclata, poiché a ogni trasferimento (dalle piante agli animali erbivori e da questi ai carnivori), buona parte dell'energia viene dispersa sotto forma di calore (parte arancione delle frecce). Dato che l'energia fluisce, anziché riciclarsi, gli ecosistemi non possono sopravvivere senza un apporto costante di energia solare e senza che avvenga la fotosintesi; questo spiega perché la nostra stessa esistenza dipende da quella delle piante.

RISPONDI

Perché nella biosfera la materia si ricicla, mentre l'energia fluisce e si disperde?

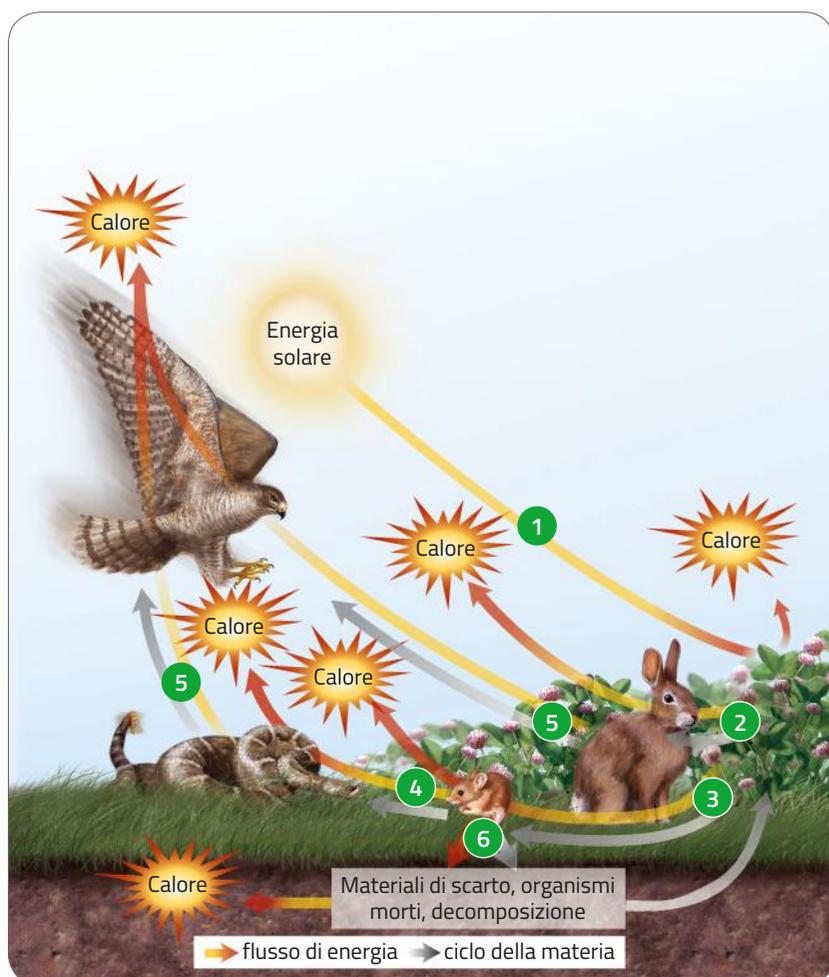


Figura 9 La prateria, uno dei più importanti ecosistemi terrestri.

Il metodo scientifico

6 Con il metodo scientifico si studia il mondo naturale

Il metodo di indagine utilizzato nelle scienze biologiche per aumentare e rafforzare le conoscenze è il **metodo scientifico**, un processo che comprende fasi successive distinte (figura 10).

OSSERVAZIONE E IPOTESI. Gli scienziati compiono delle **osservazioni** preliminari, attraverso i propri sensi o grazie a strumenti, per esempio il microscopio. Un lavoro importante è anche quello di raccogliere i risultati di osservazioni e studi precedenti presso biblioteche e archivi in rete, cioè valutare la «bibliografia» scientifica che riguarda l'oggetto dello studio.

Quindi, gli scienziati sviluppano un'**ipotesi**, cioè una possibile spiegazione del fenomeno che stanno studiando, considerando soltanto quelle spiegazioni che in qualche modo si possono testare, ossia sperimentare, provare.

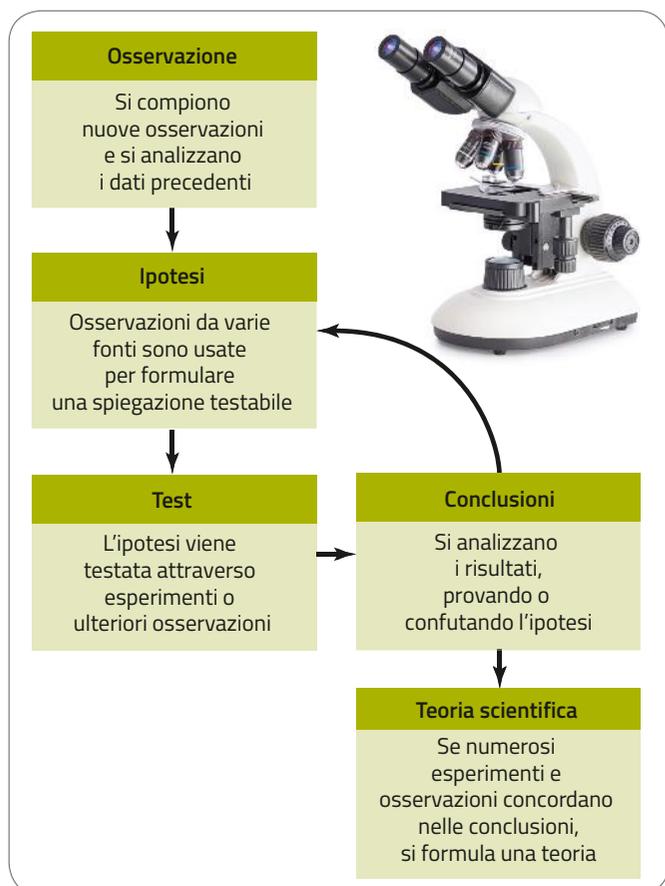


Figura 10 Un diagramma di flusso che illustra il metodo scientifico.

TEST E CONCLUSIONI. Condurre dei test circa un'ipotesi può prevedere sia esperimenti sia nuove osservazioni. Per decidere come testare un'ipotesi, lo scienziato applica il ragionamento deduttivo, che implica la logica del «se succede questo... allora...». Un ricercatore può ragionare in questo modo: «se tutti gli organismi sono fatti di cellule, allora ogni parte di un organismo che esamino al microscopio deve essere composta da cellule». In altre parole, questo scienziato ha previsto che l'ipotesi possa essere testata con osservazioni al microscopio.

I risultati di un esperimento e/o le osservazioni ulteriori, raccolti in modo standardizzato, costituiscono i **dati**, illustrati spesso sotto forma di tabelle e grafici. I dati aiutano gli scienziati a giungere a delle conclusioni, che indicano se i risultati sostengono oppure confutano l'ipotesi iniziale. Se l'ipotesi è provata, le conclusioni possono essere accompagnate da un margine di incertezza; in ogni caso, i dati non provano mai che un'ipotesi sia del tutto vera, poiché la conclusione può sempre essere soggetta a revisione. D'altra parte, è possibile provare che un'ipotesi sia falsa. Se un'ipotesi si dimostra falsa, se ne possono fare di diverse, programmando altri esperimenti, come è indicato dalla freccia bidirezionale della figura 10.

LE TEORIE SCIENTIFICHE. Lo scopo finale delle discipline scientifiche è quello di comprendere il mondo naturale formulando delle teorie scientifiche. Mentre nel linguaggio quotidiano con il termine teoria si intende un'idea ipotetica, nel linguaggio della ricerca una **teoria scientifica** è molto più di un'idea o di una speculazione, essendo sostenuta da molte osservazioni, esperimenti, dati, spesso derivanti da varie discipline. Le teorie scientifiche basilari per lo studio della biologia sono elencate di seguito.

- **Teoria cellulare:** tutti gli organismi sono composti di cellule e nuove cellule derivano solo da cellule preesistenti.
- **Teoria dei geni:** gli organismi contengono informazioni codificate che ne definiscono la forma, la funzione e il comportamento.
- **Teoria dell'evoluzione:** tutte le forme viventi derivano da un antenato comune, ciascuna è adattata a uno stile di vita.
- **Teoria dell'omeostasi:** l'ambiente interno di un organismo viene mantenuto relativamente costante, entro limiti vitali.
- **Teoria dell'ecosistema:** gli organismi sono membri di popolazioni che interagiscono tra loro e con l'ambiente fisico in cui vivono.

RISPONDI

Perché è importante che i risultati delle ricerche siano pubblicati e gli esperimenti siano ripetibili da altri scienziati?

Scopriamo che cos'è uno studio con sistema di controllo

L'uso dei fertilizzanti contenenti azoto è stato molto abbondante fino agli anni Ottanta del secolo scorso; tuttavia si è visto che gran parte del principio nutritivo, se somministrato in maniera eccessiva, viene dilavato dalle acque piovane prima che le piante lo possano utilizzare.

L'eccesso di azoto ha provocato per decenni la contaminazione delle acque dolci e marine, con conseguenze critiche per la salute delle piante marine (che fungono da «incubatrici» per molte forme di vita) e fioriture algali (eccesso di alghe nelle acque) nei laghi, correlate a morie di pesci. Anche le acque dolci usate per il prelievo urbano sono risultate spesso inquinate e non più potabili.

Per cambiare le modalità della concimazione azotata, i ricercatori hanno dovuto verificare se l'uso dei concimi azotati si possa attuare in modo più razionale, sia

per la resa agraria sia per la salvaguardia dell'ambiente.

Si è partiti dall'osservazione che le piante di pisello sono delle leguminose e che le specie di questa famiglia riescono a depositare azoto nel terreno in cui vivono; inoltre, il tipo di azoto che depositano, che è di natura organica (prodotto da esseri viventi), non viene dilavato dalle piogge, come invece accade alla forma inorganica.

PROGETTARE UN ESPERIMENTO

Quando dei ricercatori progettano un esperimento, l'ambiente sperimentale deve essere tenuto sotto condizioni costanti, eccetto per la **variabile sperimentale**, che invece viene appositamente cambiata. Nel caso del nostro esperimento, tutti i vasi usati per le piante devono essere esattamente uguali e le piante di frumento seccate e pesate in modo sistematico per determinarne la resa con il calcolo della **biomassa**, cioè la quantità di massa biologica prodotta (figura 11).

Inoltre, un esperimento controllato prevede che vi sia, oltre al **gruppo sperimentale** sottoposto ai cambiamenti della variabile, anche un **gruppo di controllo** che non sia esposto a quei cambiamenti.

Il gruppo sperimentale deve essere il più numeroso possibile, per ridurre l'influenza di differenze non evidenti tra i soggetti sottoposti al test. L'uso del gruppo di controllo assicura che i dati derivanti dal gruppo sperimentale siano effettivamente dovuti alla variabile che si sta testando e non a influenze esterne sconosciute.

I ricercatori impegnati in questo studio hanno formulato la seguente ipotesi.



Figura 11 Chicchi, o cariossidi di frumento.

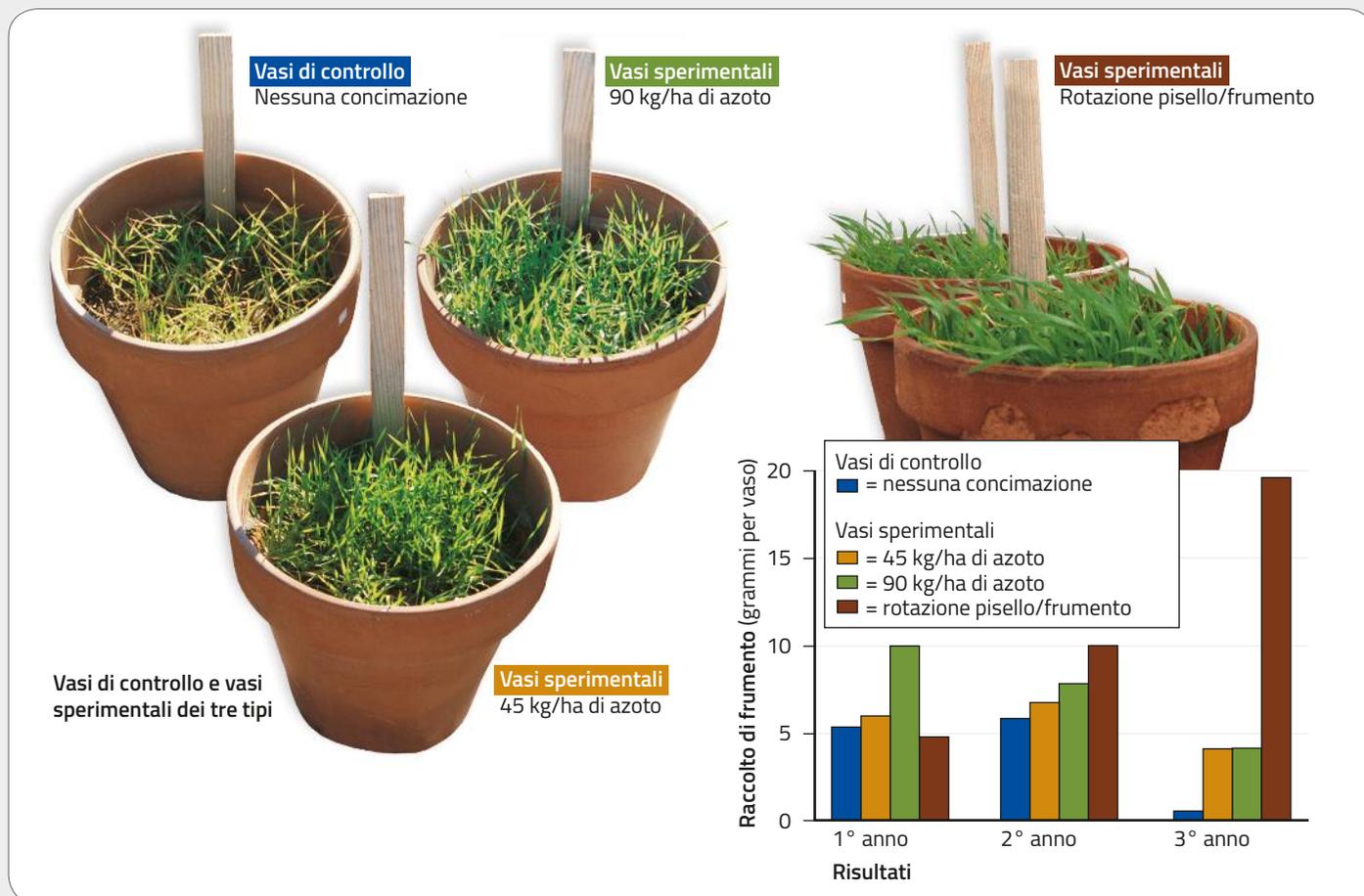


Figura 12 Tipi di vasi sperimentali e di controllo nello studio della rotazione agraria pisello/frumento (tutti i vasi sono di terracotta); ha = ettaro.

Ipotesi. La rotazione di coltura pisello/frumento aumenta la resa del frumento al pari o meglio dei fertilizzanti azotati.

I ricercatori progettano il seguente esperimento, predisponendo un gruppo di vasi di controllo e tre gruppi di vasi sperimentali (figura 12):

- Vasi di controllo:** viene seminato del frumento in vasi con terreno non concimato e senza che vi sia stato seminato in precedenza il pisello.
- Vasi sperimentali fertilizzati 45 kg/ha:** viene seminato del frumento in vasi con terreno trattato con fertilizzante azotato equivalente a 45 kg/ha (ha = ettaro = 10 000 m²).
- Vasi sperimentali fertilizzati 90 kg/ha:** viene seminato del frumento in vasi con terreno trattato con fertilizzante azotato equivalente a 90 kg/ha.
- Vasi con pisello seminato in precedenza:** nell'estate precedente viene seminato in vasi il pisello; a fine stagione le piante vengono interrate e nella stagione successiva viene seminato il frumento negli stessi vasi.

ANALISI DEI RISULTATI PRELIMINARI

Il grafico a barre della figura 12 ci permette di verificare la resa di frumento ottenuta dai vari gruppi di vasi. Dopo il primo anno si vede che la resa è maggiore nei vasi trattati con fertilizzante rispetto ai vasi di controllo, non trattati. Con sorpresa dei ricercatori, la produzione di frumento dopo la piantagione estiva di pisello è minore di quella dei vasi di controllo.

Ipotesi. L'ipotesi iniziale non è verificata; in un anno, le rese di frumento dopo la coltivazione di pisello non risultano maggiori, anzi sono inferiori, a quelle dei vasi di controllo.

ULTERIORI ESPERIMENTI E RISULTATI

I ricercatori decidono di proseguire con gli esperimenti usando lo stesso impianto sperimentale e gli stessi vasi, per verificare se il residuo azotato lasciato dalle piante di pisello può aumentare la resa del frumento negli anni successivi, sempre rispetto alla concimazione. Perciò, si formula una nuova ipotesi.

Ipotesi. Ripetendo la rotazione pisello/frumento può aumentare la resa del frumento.

In sostanza, i ricercatori prevedono che dopo tre anni di rotazione, la resa del frumento superi quella dei vasi trattati con fertilizzanti azotati.

ANALISI DEI RISULTATI FINALI

Dopo due anni, la resa dei vasi trattati con concime si è abbassata rispetto al primo anno, mentre la resa dei vasi soggetti a rotazione con pisello ha mostrato un netto incremento, superando ogni altra situazione. Dopo tre anni, la resa nei vasi concimati era sempre maggiore di quelli non trattati, ma comunque di gran lunga inferiore a quella dei vasi con rotazione. Rispetto al primo anno, la resa è aumentata di almeno quattro volte nei vasi con rotazione.

Conclusione. L'ipotesi è verificata; al termine dei tre anni la resa del frumento è molto aumentata nei vasi con rotazione rispetto a tutti gli altri tipi di vasi, sperimentali e di controllo.

Per spiegare un tale risultato, i ricercatori hanno quindi suggerito che il terreno sia stato arricchito sia dalla stessa materia organica sotterrata (le piante di pisello a fine ciclo) sia dall'azoto prodotto dal pisello. I loro risultati sono stati in seguito pubblicati in una rivista scientifica, mettendo a disposizione della comunità scientifica il metodo sperimentale adottato (che, di fatto, rende ripetibile la ricerca).

IMPORTANZA ECOLOGICA DELLO STUDIO

Questi esperimenti hanno dimostrato come l'uso di una coltura di leguminose, il pisello arboreo (*Cajanus cajan*), per arricchire il terreno agrario, a lungo termine aumenti le rese delle colture successive molto meglio dell'uso di fertilizzanti azotati. Il fatto si spiega grazie alla presenza nelle leguminose

di batteri che convertono l'azoto contenuto nell'atmosfera in una forma utilizzabile dalle piante. Questi batteri vivono in *noduli radicali*, dei piccoli tubercoli che costellano le radici (figura 13). Si tratta di una relazione reciprocamente vantaggiosa per le piante e per i batteri: i prodotti della fotosintesi fogliare raggiungono i noduli radicali facendo prosperare i batteri, mentre i composti azotati prodotti dai batteri possono essere usati dalle piante per sintetizzare le proprie proteine.

Il fatto che le rese agrarie del frumento aumentino notevolmente a partire dal terzo anno si spiega nel modo seguente: quando le piante di pisello vengono interrate, il terreno si arricchisce e la loro decomposizione (specialmente delle radici) fornisce una dose extra di nutrienti, tra i quali una buona quota di azoto, che restano a disposizione della coltura successiva.

La *rotazione delle colture agrarie* è una pratica tradizionale e, mentre è rimasta uno dei cardini della cosiddetta *agricoltura biologica* (anche detta organica), è stata parzialmente abbandonata dall'*agricoltura intensiva*, che fa invece un uso massiccio di fertilizzanti inorganici. Il ritorno, seppure graduale, alla rotazione agraria con leguminose farebbe risparmiare molti fertilizzanti azotati, con benefici economici e ambientali.

RISPONDI

Perché è basilare che in ogni esperimento si predispongano dei gruppi di controllo non sottoposti alla variante sperimentale?



Figura 13 Noduli radicali di batteri azotofissatori.

VERIFICA LE TUE CONOSCENZE



- Gli atomi si combinano a formare**
 - tessuti.
 - molecole.
 - particelle subatomiche.
 - apparat.
- Un insieme di cellule con strutture e funzioni simili è un**
 - organo.
 - tessuto.
 - sistema di organi.
 - organismo.
- Il complesso di tutte le reazioni chimiche che avvengono in una cellula si chiama**
 - lavoro.
 - metabolismo.
 - fotosintesi.
 - respirazione.
- I batteri si riproducono per**
 - biosintesi.
 - fecondazione.
 - riproduzione asessuata.
 - evoluzione.
- Tra le caratteristiche dei viventi, l'adattamento evolutivo è**
 - una forma di riproduzione che dà origine a discendenti adattati al proprio ambiente.
 - una risposta agli stimoli che permette agli organismi di interagire con l'ambiente.
 - un cambiamento che rende gli organismi idonei all'ambiente in cui vivono.
 - una forma di regolazione dell'ambiente interno.
- I seguenti termini descrivono il comune moscerino della frutta; associa ciascun nome alla categoria sistematica corrispondente.**
- Il metodo scientifico comprende quattro fasi, quali tra quelle elencate sono nell'ordine corretto?**
 - Osservazione, teoria, test e conclusioni, ipotesi.
 - Ipotesi, osservazione, teoria, test e conclusioni.
 - Osservazione, ipotesi, test e conclusioni, teoria.
 - Osservazione, ipotesi, teoria, test e conclusioni.
- Una popolazione è un insieme di**
 - organismi di specie qualsiasi che vivono in una determinata area.
 - organismi della stessa specie che vivono in una determinata area.
 - comunità di viventi e l'ambiente fisico.
 - tessuti organizzati per svolgere determinate funzioni.
- Quale sequenza elenca le categorie di classificazione dalla più ristretta alla più ampia?**
 - Regno, phylum, classe, ordine.
 - Phylum, classe, ordine, famiglia.
 - Classe, ordine, famiglia, genere.
 - Genere, famiglia, ordine, classe.
- Per assegnare il nome scientifico a una specie si usa**
 - la nomenclatura dicotomiale.
 - il metodo scientifico.
 - l'albero genealogico.
 - la nomenclatura binomiale.
- In quale regno si trovano più organismi unicellulari?**
 - Protista.
 - Fungi.
 - Plantae.
 - Animalia.
- Che cosa si intende per biosfera?**
 - La comunità dei viventi.
 - La porzione di aria, acqua, suolo in cui si trovano gli organismi viventi.
 - L'insieme delle popolazioni.
 - Le interazioni tra gli organismi viventi.
- Quali componenti immettono energia in un ecosistema?**
 - Funghi e altri decompositori.
 - Bovini e altri erbivori.
 - Animali carnivori.
 - Organismi fotosintetici, come le piante.
- Qual è il nome scientifico corretto della volpe rossa?**
 - vulpes Vulpes.
 - Vulpes vulpes.
 - Vulpes Vulpes.
 - Nessuna delle precedenti.
- Negli ecosistemi**
 - materia ed energia si disperdono.
 - la materia si ricicla e l'energia fluisce.
 - la materia fluisce e l'energia si ricicla.
 - materia ed energia aumentano.
- Quando si progetta un esperimento scientifico, la variabile sperimentale**
 - non viene mai cambiata.
 - viene appositamente cambiata.
 - viene cambiata solo in alcune situazioni.
 - deve essere eliminata.

	Dominio	Regno	Classe	Ordine	Famiglia	Genere	Specie
Insetti							
<i>melanogaster</i>							
Animali							
Eukarya							
<i>Drosophila</i>							
<i>Drosophilidae</i>							
Diptera							

VERIFICA LE TUE ABILITÀ

17. Scegli i due completamenti corretti. La nomenclatura binomiale è

- A un sistema a tre nomi formulato da Carlo Linneo.
- B un sistema a due nomi di cui il primo è il genere e il secondo la specie.
- C un sistema in cui il nome scientifico è scritto in italiano.
- D una convenzione standard per dare il nome a una specie.
- E la teoria dell'evoluzione prima di Darwin.

18. Un insieme di organismi della stessa specie è definito più interagiscono in una certa area formando una

- A popolazione/popolazioni/comunità
- B popolazioni/popolazione/ecosistema
- C ecosistema/popolazioni/biosfera
- D comunità/biosfera/popolazione

19. Stabilisci se le seguenti affermazioni sono vere (V) o false (F).

- a. L'omeostasi è un meccanismo che permette all'organismo di mantenere un equilibrio interno. V F
- b. Nella fotosintesi vengono prodotte molecole inorganiche. V F
- c. La tendenza di una pianta a orientarsi verso la luce è una risposta agli stimoli. V F
- d. La biosfera è l'insieme degli ecosistemi. V F
- e. Gli organismi si evolvono attraverso un processo definito selezione naturale. V F
- f. L'evoluzione descrive i meccanismi di accrescimento dei viventi. V F
- g. L'ipotesi, tappa del metodo scientifico, corrisponde alla teoria scientifica. V F
- h. Un esperimento controllato prevede solo un gruppo di controllo. V F
- i. Alcuni batteri e i protisti fanno la fotosintesi. V F

20. Scegli tra i termini in grassetto quelli che ritieni corretti, barrando quelli errati.

- a. Il metodo **scientifico / scolastico** si basa su quattro punti fondamentali; uno è la formulazione di una **ipotesi / tesi**, cioè una possibile spiegazione del fenomeno che è **soggetta a revisione / universale**.
- b. La **tassonomia / tassidermia** è la disciplina che raggruppa tutti i **viventi / animali** secondo la teoria evolutiva e le correlazioni con altri **generi / organismi**.
- c. Il **dominio / genere** è la categoria più ampia della classificazione e gli organismi viventi sono classificati in: **procarioti / Bacteria, Archaea e pluricellulari / Eukarya**.
- d. Il **metabolismo / catabolismo** è un insieme di reazioni **fisiche / chimiche** in cui le cellule usano le molecole nutritive per produrre **energia / acqua**.
- e. La **respirazione / riproduzione** è un processo che possono compiere tutti i viventi e che permette di dare origine a dei discendenti; nella maggior parte degli organismi **pluricellulari / unicellulari** la riproduzione necessita l'unione di due cellule, lo spermatozoo e la cellula uovo.

21. Inserisci il termine che corrisponde alla definizione proposta.

- a. Una delle categorie tassonomiche (o taxa) usata per raggruppare le specie; si tratta del livello superiore alla classe e inferiore al regno:
- b. In un organismo, modificazioni ereditabili nella struttura, nella funzione o nel comportamento che lo rendono più competitivo nel suo ambiente:
- c. Denominazione di un organismo riconosciuta in tutto il mondo, composta da due nomi, in cui il primo indica il genere e il secondo la specie:
- d. Organismo privo di nucleo e organuli cellulari, racchiuso da una membrana:
- e. Nel metodo scientifico, supposizione che viene formulata dopo una o più osservazioni; può essere testata per ottenere più dati, spesso tramite esperimenti:

22. Completa le frasi inserendo i termini mancanti.

- a. Batteri e sono procarioti, organismi le cui cellule non hanno un delimitato da nucleare.
- b. Gli archei sono diffusi in ambienti, non ossigenati e inadatti a ospitare altri organismi, che possono essere anche molto o acidi.
- c. Le categorie tassonomiche sono dette e comprendono, dalla più ristretta alla più ampia:, genere, famiglia, ordine, classe, phylum, e
- d. La risposta agli, la regolazione dell'..... interno, la riproduzione, lo e l'adattamento sono alcune delle caratteristiche di base dei

VERSO L'UNIVERSITÀ

Preparati ai test di ingresso con altri quiz sul sito **UNITUTOR**.

23. Quando si parla di «omeostasi» ci si riferisce

- A alla capacità degli esseri viventi di autoalimentarsi.
- B alla facoltà di autoregolazione degli organismi viventi.
- C a una particolare forma di riproduzione asessuata.
- D alla facoltà degli organismi viventi di autodistruzione dei tessuti morti
- E nessuna delle altre alternative è corretta.

[dal test di ingresso a
Medicina veterinaria 2016-17]

VERSO L'ESAME: VERIFICA LE TUE COMPETENZE

24. RICERCA

La nomenclatura binomiale è uno strumento scientifico molto importante, ma prima del sistema proposto da Linneo sono stati usati diversi criteri di classificazione.

Fai una ricerca per documentare questi sistemi e descrivili in una presentazione alla classe.

25. CLASSIFICA

Durante una spedizione scientifica è stato ritrovato un animale terrestre vivo, simile a un aye-aye, ma che non sembra essere mai stato classificato.

Quali caratteristiche prenderesti in considerazione per classificarlo? Quali ipotesi formuleresti per verificare la sua alimentazione e le sue abitudini?

26. LEGGI E RISPONDI

Dare un nome agli esseri viventi è fondamentale nelle discipline biologiche. Con un sistema di nomenclatura e classificazione condiviso, gli scienziati riescono infatti a comunicare efficacemente tra loro, identificando non solo i diversi gruppi di organismi ma anche le più elementari relazioni evolutive che intercorrono tra di essi. Questo sistema è ancora basato sulla nomenclatura binomia introdotta da Linneo che risale al 1735. Con la genomica, tuttavia, la nomenclatura binomia spesso non basta a comunicare efficacemente la diversità, specialmente sotto il rango di specie.

Un team di biologi e informatici ha presentato sulla rivista *Plos ONE* i risultati di uno studio su un nuovo metodo di nomenclatura e classificazione, se non alternativo almeno complementare a quello attuale.

Secondo i ricercatori tutti gli organismi, siano essi animali, piante, funghi o procarioti possono, assieme ai virus (che però non sono viventi), essere «ordinati» assegnando un codice di 24 cifre basato sulle similarità tra i loro genomi.

Grazie a una banca dati condivisa sarebbe possibile, mano a mano che un nuovo organismo viene sequenziato, ottenere automaticamente il suo codice, univoco e universale.

Secondo gli autori è cruciale definire bene le soglie di similarità tra le sequenze che le cifre nelle 24 posizioni del codice devono rispecchiare, in modo che il sistema riesca a evidenziare le differenze più significative. Questo sistema, se implementato, potrebbe affiancare quello tradizionale, riempiendo efficacemente il sostanziale «vuoto normativo» che interessa i livelli inferiori alla specie. I vantaggi sarebbero evidenti in particolare per il mondo dei procarioti, dove in assenza di una vera classificazione condivisa, le migliaia di nuovi ceppi scoperti vengono oggi nominati in maniera pressoché arbitraria, senza che dai nomi emerga alcuna informazione sulla diversità all'interno di ogni gruppo.

Adattato da: *Linneo, fai un po' di spazio...* di Stefano Dalla Casa (Aula di Scienze, 2014)

- Per quale motivo è importante il sistema di nomenclatura e classificazione?
- Perché, nell'articolo, si esprime la preoccupazione che la nomenclatura binomia non sia sufficiente a gestire le informazioni sotto il rango di specie?
- Per quale motivo si ritiene importante la creazione di una banca dati?
- Come mai l'autore sostiene che i vantaggi sarebbero maggiori nel mondo dei procarioti?

27. DEFINISCI E COLLEGA

Dopo aver dato la definizione dei seguenti termini (massimo 5 righe ciascuno), stabilisci dei collegamenti logici tra loro:

- evoluzione
- adattamento
- specie
- selezione naturale

28. CACCIA ALL'ERRORE

Leggi il brano, trova e correggi i 10 errori presenti.

Gli atomi sono organizzati a formare ioni che costituiscono, nel loro insieme, la cellula. Negli organismi unicellulari, organi simili si organizzano a formare tessuti che, a loro volta, formano gli apparati che costituiscono i sistemi di organi che, insieme, formano una popolazione. La fonte di energia che rifornisce quasi tutti i viventi sulla Terra è l'energia geotermica. Le piante, organismi eterotrofi, sono in grado di catturare l'energia attraverso la chemiosintesi per produrre molecole inorganiche. L'energia prodotta viene messa a disposizione degli altri organismi viventi e utilizzata per compiere tutti i processi vitali, uno tra questi è la riproduzione, un processo in cui cellule e organismi conservano il loro stato di equilibrio interno.

Termini errati	Termini corretti

29. HANDS ON GLOSSARY ✨

Fill in the table matching each term (letters) with its definition (numbers).

- eukaryote
 - prokaryote
 - autotroph
 - heterotroph
- any organism that uses inorganic materials as a source of nutrients and photosynthesis as a source of energy
 - an organism that needs organic compounds for its principal source of food
 - a single-celled organism without a membrane around its nucleus or any other organelle
 - any organism whose cells contain a nucleus and other organelles enclosed within membranes

A	B	C	D

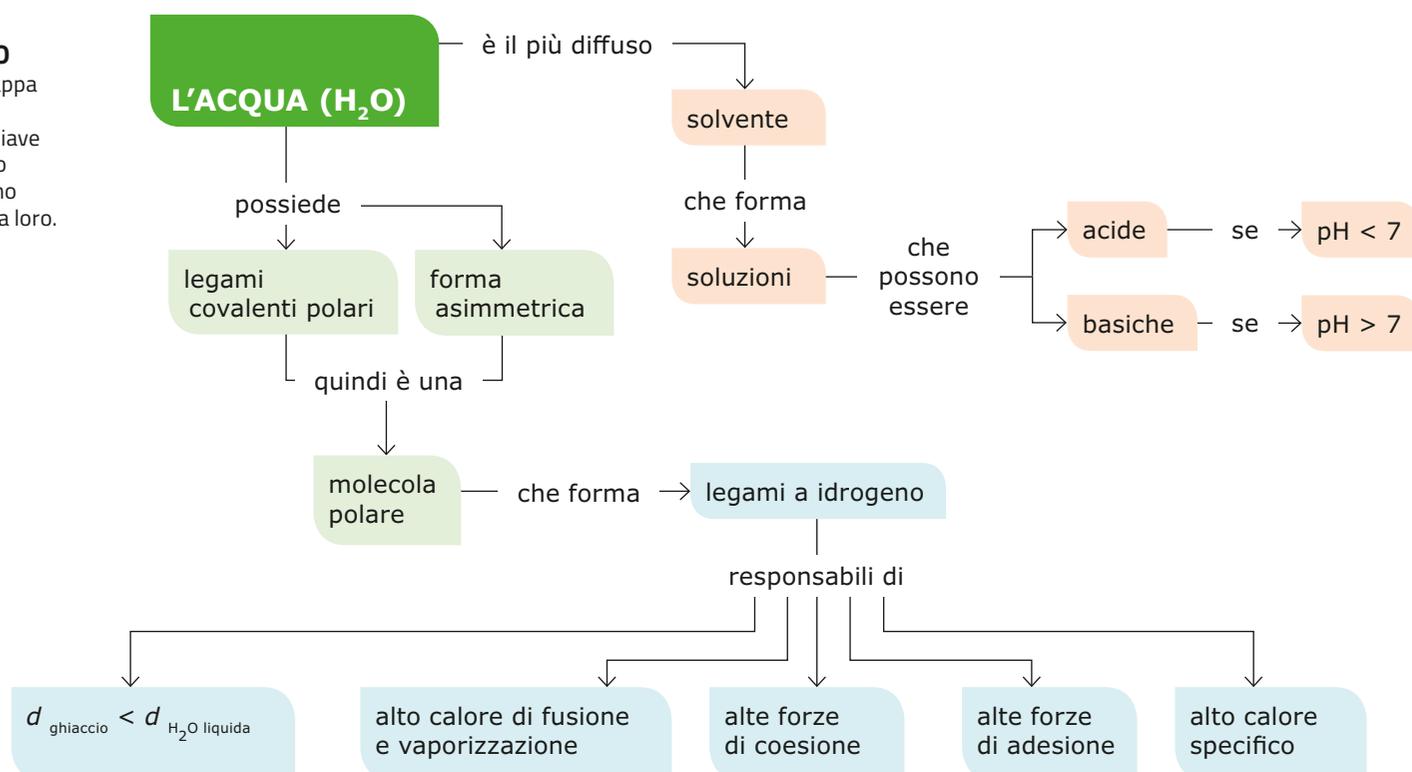
La chimica della vita

Le bolle di sapone esistono grazie a una delle proprietà dell'acqua: la tensione superficiale. Una bolla di sola acqua non è stabile, è necessario scioglierle il sapone per stabilizzarla.



A COLPO D'OCCHIO

Questa mappa mostra i concetti chiave del capitolo e come sono collegati fra loro.



Gli elementi chimici della materia

1 Alcuni elementi chimici sono predominanti nei viventi

Qualsiasi oggetto che ci circonda, dall'acqua che beviamo all'aria che respiriamo, è composto da materia. È **materia** qualsiasi cosa che occupi dello spazio e che abbia una massa. Sebbene possa assumere le più svariate forme, dalla lava di un vulcano a un getto di vapore (figura 1), la materia esiste soltanto in tre stati fisici distinti, denominati anche **stati di aggregazione** della materia: *solido*, *liquido* e *aeriforme*.

GLI STATI DI AGGREGAZIONE DELLA MATERIA. La materia si presenta in stati fisici differenti in base a: composizione, temperatura e pressione. L'acqua, per esempio, è una sostanza che esiste in natura in tutti e tre gli stati di aggregazione, a seconda delle condizioni in cui si trova; allo stato solido, cioè il ghiaccio, rimane tale solo se la temperatura si mantiene sotto 0 °C e alla pressione di 1 atmosfera (in simbolo, atm).

I corpi solidi hanno forma, massa e volume definiti e inoltre risultano incompressibili; i liquidi hanno solo massa e volume propri, ma assumono la forma del recipiente che li contiene e anche essi sono perlopiù incompressibili; infine gli aeriformi hanno solo una massa propria, ma si espandono fino a occupare tutto il volume disponibile e



Figura 1 Il getto di vapore, la lava incandescente, l'acqua e la roccia sono solo alcune delle forme in cui si presenta la materia.

si possono comprimere (tabella 1). Una sostanza, inoltre, può passare da uno stato di aggregazione all'altro per effetto delle variazioni di temperatura: queste trasformazioni sono denominate **passaggi di stato**.

	Solido	Liquido	Aeriforme
Volume	proprio	proprio	occupa tutto il volume disponibile
Forma	propria	assume la forma del recipiente	assume la forma del recipiente
Densità	alta	media	bassa
Effetto della pressione	incompressibile	incompressibile	compressibile

Tabella 1 Le proprietà dei tre stati di aggregazione della materia.

GLI ELEMENTI CHIMICI. Tutta la materia, vivente e non vivente, è composta da un certo numero di sostanze di base, chiamate elementi chimici. Un **elemento** è una sostanza che non può essere suddivisa chimicamente senza perdere le proprietà tipiche. Gli elementi presenti in natura sono 92, mentre quelli prodotti artificialmente in laboratorio sono una ventina, ma non sono importanti dal punto di vista biologico. Sia la crosta terrestre sia tutti gli organismi sono costituiti da elementi chimici, ma in proporzioni molto diverse. Per i viventi sono predominanti solo sei elementi: carbonio (C), idrogeno (H), azoto (N), ossigeno (O), fosforo (P) e zolfo (S); essi formano oltre il 95% in peso della materia vivente (figura 2). Ogni elemento è contraddistinto da un nome e da un simbolo, che deriva dal nome comune o, molto spesso, dal nome antico. Per memorizzare i simboli dei sei elementi fondamentali della vita può esserti utile l'acronimo: CHNOPS.

GLI ATOMI. Un atomo è la più piccola unità di un elemento che mantiene le proprietà chimiche e fisiche (il nome di un atomo e quello dell'elemento che rappresenta è identico). Nel resto del capitolo ci occuperemo degli atomi, poiché le reazioni chimiche avvengono a questo livello.

RISPONDI

L'acqua è composta dagli elementi idrogeno e ossigeno. Quali altri elementi sono tipici della materia vivente?

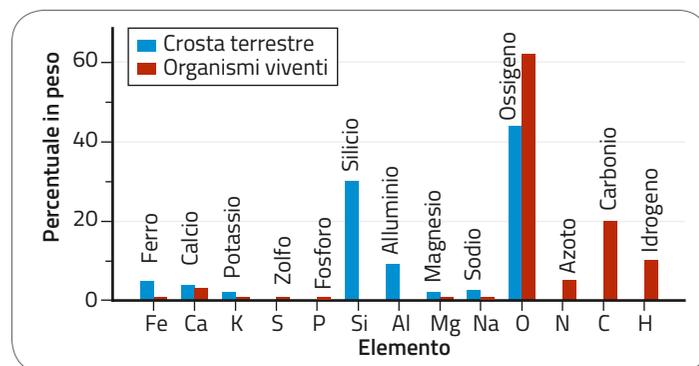


Figura 2 I principali elementi chimici che formano la crosta terrestre e gli organismi viventi.

2

Gli atomi sono costituiti da varie particelle subatomiche

I fisici hanno identificato alcune *particelle subatomiche*, cioè i costituenti degli atomi: i **protoni**, che hanno carica elettrica positiva, i **neutroni**, che sono privi di carica elettrica, e gli **elettroni**, che hanno carica elettrica negativa (**tabella 2**).

Particella	Carica elettrica	Massa atomica	Localizzazione
Protone	+1	1	Nucleo
Neutrone	0	1	Nucleo
Elettrone	-1	0	Livelli elettronici

Tabella 2 Le principali particelle subatomiche.

I protoni e i neutroni sono localizzati nella parte più interna dell'atomo, nel *nucleo*. L'area punteggiata della **figura 3A** mostra la probabile localizzazione degli elettroni di un atomo che ne possiede 10. Nel modello rappresentato nella **figura 3B**, i cerchi concentrici rappresentano i **livelli elettronici**, cioè i percorsi degli elettroni immaginati come se orbitassero intorno al nucleo. In questo caso il livello più interno ha energia minore e può ospitare due elettroni, mentre il livello più esterno, che ha energia maggiore, può ospitare fino a otto elettroni. Quando il livello elettronico (o guscio) più esterno di un atomo è occupato al completo da otto elettroni, l'atomo è più stabile.

IL NUMERO ATOMICO. Il numero di protoni di un certo elemento si chiama **numero atomico** e definisce l'identità di un atomo: tutti gli atomi di quell'elemento hanno quindi

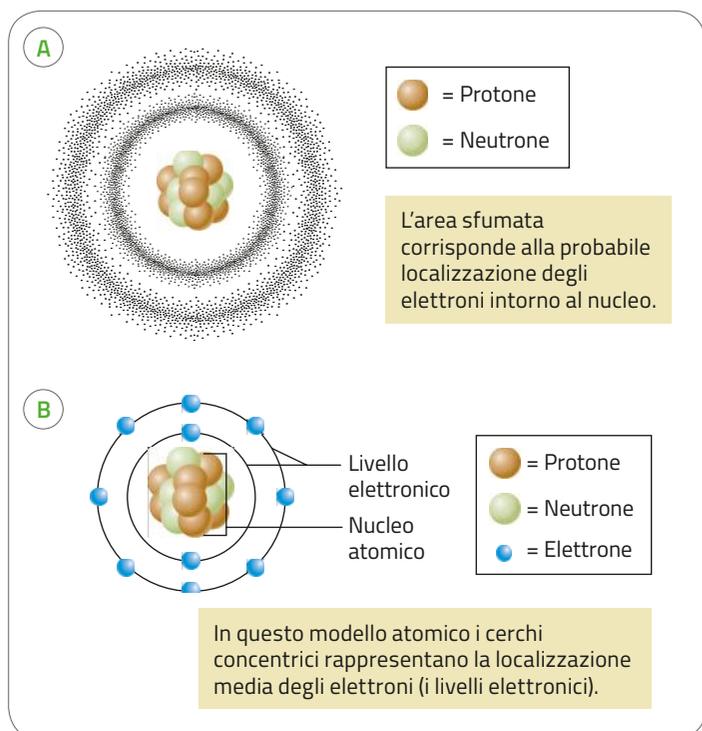
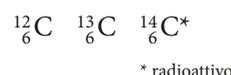


Figura 3 Modelli atomici di un atomo con 10 elettroni.

lo stesso numero atomico. Per esempio, il numero atomico del carbonio è 6, quello del magnesio è 12. Questo numero, ci dice anche il numero di elettroni, identico a quello dei protoni, almeno nel caso in cui l'atomo sia elettricamente neutro (le cariche positive dei protoni sono pareggiate dalle cariche negative degli elettroni).

LA MASSA ATOMICA. Ciascun atomo ha una propria **massa atomica**, che risulta dalla somma della massa dei protoni e dei neutroni, ognuno dei quali ha convenzionalmente massa uguale a un'unità di massa atomica (*vedi la tabella 2*). Gli elettroni, invece, sono così piccoli che nella maggior parte dei calcoli vengono considerati privi di massa. La massa atomica del carbonio è 12 (con alcune eccezioni che vedremo tra breve). Nella scrittura dei chimici, il *numero di massa* è indicato come un apice alla sinistra del simbolo atomico, mentre il numero atomico (numero di protoni), è indicato in pedice alla sinistra del simbolo atomico, come puoi vedere nella **figura 4**.

GLI ISÒTOPI. Gli **isòtopi** sono atomi di uno stesso elemento che differiscono tra loro per il numero di *neutroni*. In altre parole, gli isotopi di un elemento hanno lo stesso numero di protoni ma masse atomiche diverse. Per esempio, il carbonio si trova in natura sotto forma di tre isotopi:



Il carbonio-12 ha sei neutroni (il 12 è dato dalla somma dei protoni e dei neutroni), il carbonio-13 ha sette neutroni e il carbonio-14 ha otto neutroni. A differenza degli altri due isotopi, il carbonio-14 è chimicamente instabile, poiché subisce un processo, chiamato *decadimento radioattivo*, durante il quale emette radiazioni sotto forma di particelle radioattive (o energia radiante). Per questo motivo, il carbonio-14 è un **isotopo radioattivo**.

RISPONDI

L'acqua contiene gli atomi idrogeno (${}^1_1\text{H}$) e ossigeno (${}^{16}_8\text{O}$). Come disegneresti un modello di ciascuno di questi atomi?

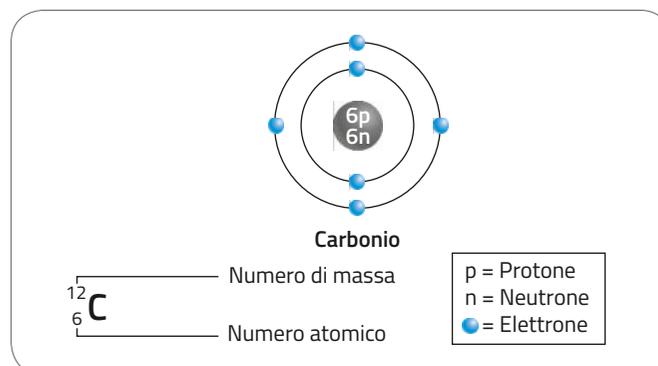


Figura 4 In questo modello atomico è rappresentato l'atomo di carbonio.



RICORDA
Il simbolo atomico del sodio è Na, e deriva dal latino *natrium*.

Atomi e legami chimici

3

Gli atomi reagiscono per raggiungere la stabilità chimica

Dopo aver scoperto un certo numero di elementi, i chimici hanno cominciato a notare che le caratteristiche chimiche e fisiche dei diversi elementi sono in parte prevedibili (e ricorrenti) a seconda della disposizione dei loro elettroni. Nel 1869, il chimico russo Dmitrij Ivanovič Mendeleev (1834-1907) mise a punto la **tavola periodica**, lo schema che contiene tutti gli elementi disposti in modo ordinato secondo il numero atomico; vi si possono riconoscere degli insiemi di elementi che presentano caratteristiche di reattività simili.

La **figura 5** riporta una piccola porzione della tavola periodica: i *periodi* (le righe orizzontali contraddistinte da un numero arabo) indicano quanti livelli elettronici hanno gli elementi che vi compaiono, mentre i *gruppi* (contraddistinti dai numeri romani) indicano quanti sono gli elettroni presenti nel guscio più esterno (quello da cui dipende la reattività). Per esempio, il carbonio è inquadrato nel secondo periodo (in violetto), quindi ha due livelli elettronici, appartiene al gruppo IV, e ha quattro elettroni nel suo livello più esterno.

Ogni singolo elemento della tavola può essere rappresentato da un modello atomico: la **figura 6** mostra i modelli dei sei elementi più frequenti negli organismi. Il primo livello può contenere due elettroni, il secondo otto e il ter-

zo diciotto. Gli elettroni si posizionano sui livelli a partire da quelli più vicini al nucleo e, mano a mano, vanno a riempire quelli più esterni. Ne consegue che, se un atomo possiede due elettroni questi occupano il primo livello; se ne possiede tre, i primi due occupano il primo livello e il terzo elettrone si sistema sul terzo. Se un atomo possiede più di dodici elettroni (risulta pieno sia il primo sia il secondo livello) inizia a occupare il terzo livello e così via.

Se un atomo ha un solo livello, come l'idrogeno e l'elio, esso è al completo con i suoi due elettroni. Negli altri casi, il livello più esterno è più stabile quando ospita otto elettroni; questa è detta **regola dell'ottetto**. Gli elementi del gruppo VIII della tavola periodica (che hanno il livello esterno completo) sono chiamati *gas nobili*, poiché normalmente *non* sono reattivi. Gli elementi che nel livello esterno hanno meno di otto elettroni sono invece reattivi, cioè tendono in vario grado a completare l'ottetto attraverso reazioni chimiche. Per completare l'ottetto, gli atomi possono cedere, acquistare o condividere elettroni con altri atomi: il numero di elettroni presenti nel livello esterno determina direttamente la **reattività** di un elemento, ossia la capacità di un atomo di legarsi con uno o più atomi di un elemento diverso (*valenza*).

Gli atomi possono reagire con atomi dello stesso elemento o di elementi diversi. L'ossigeno in natura non esiste come atomo singolo, ma come molecola di O_2 (due atomi di ossigeno), un gas; altre molecole simili sono l'idrogeno (H_2) e l'azoto (N_2), anch'esse gassose. Quando atomi diversi si uniscono tra loro formano un **composto**. A seconda del legame che si stabilisce fra gli atomi che formano il composto si parla di *composti molecolari* (per esempio H_2O) oppure *composti ionici* (NaCl). I composti molecolari vengono chiamati anche **molecole**.

RISPONDI

Quando l'idrogeno si lega con l'ossigeno per formare l'acqua, quanti elettroni deve acquistare ciascun idrogeno per completare il suo livello elettronico?

Tavola periodica interattiva

	I							VIII
	1 H 1,008							2 He 4,003
	3 Li 6,941	4 Be 9,012	5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18
Gruppi	11 Na 22,99	12 Mg 24,31	13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,07	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
	19 K 39,10	20 Ca 40,08	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,90	36 Kr 83,60
	Periodi							

Figura 5 Piccola parte della tavola periodica degli elementi, con i loro simboli, numero atomico (in alto) e massa media (in basso).

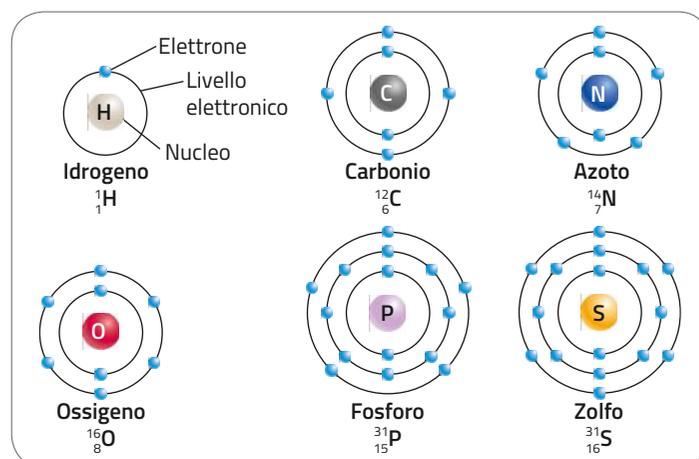


Figura 6 Modelli atomici dei sei elementi predominanti negli organismi viventi.

4

Nel legame ionico gli elettroni vengono trasferiti da un atomo all'altro

Quando gli elettroni vengono trasferiti da un atomo all'altro si formano gli **ioni** e, di conseguenza, i **composti ionici**. Per esempio, il sodio (Na), che dispone di un unico elettrone nel terzo livello elettronico, tende a cederlo, ossia a essere un *donatore di elettroni*. Una volta ceduto questo elettrone spaiato, il secondo livello completo del suo otetto diventa quello più esterno. D'altra parte, il cloro (Cl) tende ad acquistare un elettrone, ossia a essere un *accettore di elettroni*. Infatti, il suo livello più esterno possiede sette elettroni, quindi acquistandone uno completa l'ottetto. Perciò, quando un atomo di sodio e uno di cloro si incontrano, avviene il trasferimento di un elettrone dal sodio al cloro, e ciascuno di essi completa il proprio livello elettronico esterno (**figura 7**).

Tuttavia, un tale trasferimento comporta uno sbilanciamento elettrico in ciascun atomo coinvolto: il sodio ha un protone in più rispetto agli elettroni, perciò assume una carica positiva, +1 (prende quindi il simbolo: Na^+); il cloro ha invece un elettrone in più rispetto ai suoi protoni, perciò assume una carica negativa, -1 (simbolo: Cl^-). Particelle atomiche caricate elettricamente si chiamano **ioni**.

Na^+ e Cl^- sono ioni particolarmente importanti negli esseri viventi, così come il potassio (K^+); ioni formati in seguito al trasferimento di due elettroni e sempre coinvolti in processi biologici sono il calcio (Ca^{2+}) e il magnesio (Mg^{2+}).

Nei composti ionici gli ioni sono tenuti uniti proprio grazie all'attrazione elettrica tra cariche negative e positive, che prende il nome di **legame ionico**. Quando il sodio

reagisce con il cloro si forma il composto ionico *cloruro di sodio* (NaCl), il sale da cucina (**figura 8**). Il cloruro di sodio è un esempio di sale solido e secco che, una volta posto in acqua, si scioglie separandosi nuovamente in Na^+ e Cl^- . Negli organismi viventi i composti ionici si trovano nella maggior parte dei casi in questa forma dissociata, dato che i sistemi biologici sono composti dal 70-90% di acqua.

Alcuni ioni importanti per il funzionamento del corpo umano sono elencati nella **tabella 3**. Il bilancio di questi ioni nel corpo è basilare per mantenerci in salute. Per esempio, un eccesso di sodio può causare l'ipertensione (pressione sanguigna troppo alta), un eccesso o una carenza di potassio provocano irregolarità del battito cardiaco.

RISPONDI

Perché gli ioni non sono atomi neutri, ma hanno una o più cariche elettriche, positive o negative?

Nome	Simbolo	Ruolo
Sodio	Na^+	Presente nei fluidi corporei; importante nella contrazione muscolare e per la conduzione nervosa
Cloro	Cl^-	Presente nei fluidi corporei
Potassio	K^+	Presente soprattutto all'interno delle cellule; importante nella contrazione muscolare e nella conduzione nervosa
Fosfato	PO_4^{3-}	Presente nelle ossa e nei denti; componente della molecola ad alta energia ATP
Calcio	Ca^{2+}	Presente nelle ossa e nei denti; importante nella contrazione muscolare e nella conduzione nervosa
Bicarbonato	HCO_3^-	Importante nel bilancio acido-base

Tabella 3 Ioni fondamentali nel corpo umano.

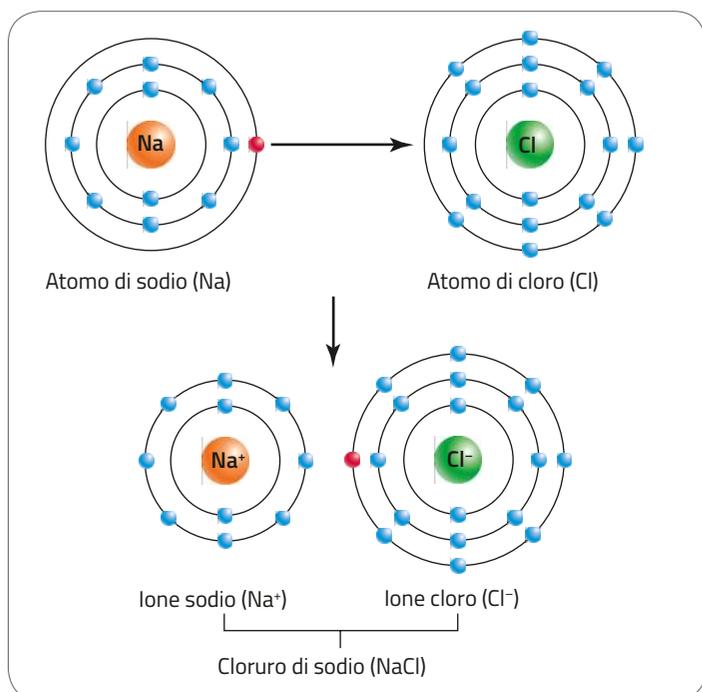


Figura 7 La formazione del cloruro di sodio.

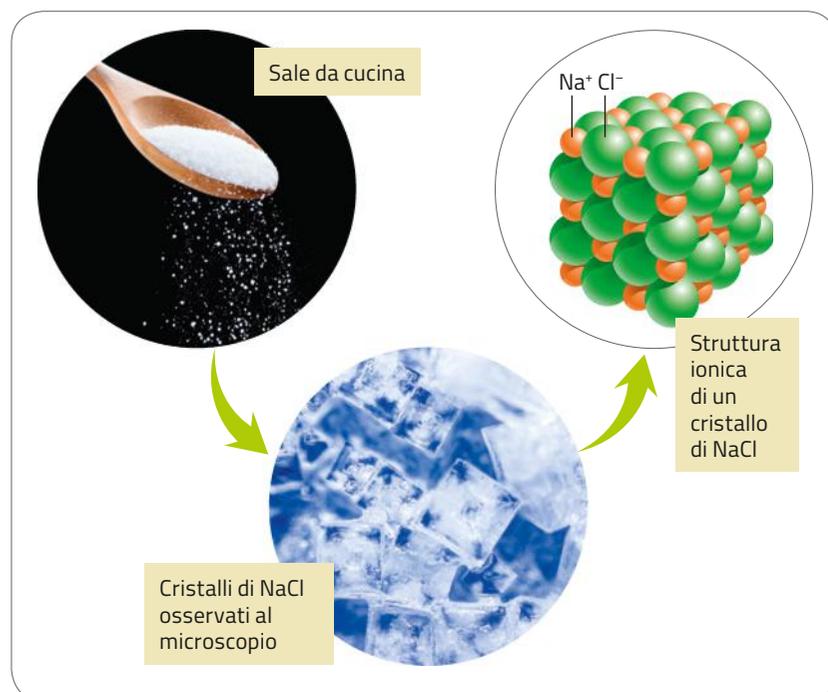


Figura 8 La struttura del cloruro di sodio (sale da cucina).

5

Nel legame covalente gli elettroni vengono condivisi tra gli atomi

Il legame covalente è un altro modo con cui gli atomi possono unirsi. In questo caso però non vi è cessione o acquisto di elettroni, ma **condivisione**. Per esempio, l'idrogeno necessita di un solo elettrone per completare il suo livello energetico, anziché cederlo o acquistarlo può condividere questo elettrone con un altro idrogeno. I due elettroni condivisi, non girano più attorno a uno solo dei due nuclei, ma a entrambi. Il risultato di un legame covalente è una **molecola**.

Nel caso dell'acqua, la molecola è formata da un atomo di ossigeno e due di idrogeno, H_2O . Questa piccola particella ha in sé tutte le proprietà dell'acqua e dunque la molecola è proprio la parte più piccola di un composto che ne mantiene tutte le proprietà chimico-fisiche. Alcuni esempi di condivisione tipici del legame covalente sono illustrati sotto forma di *modelli elettronici* nella **figura 9**.

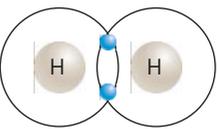
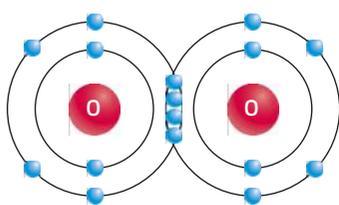
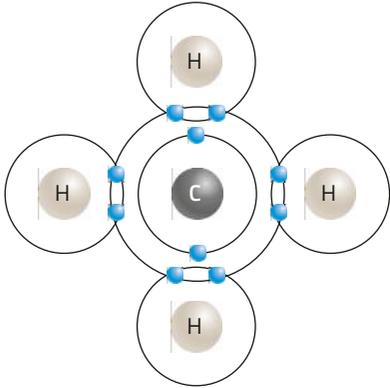
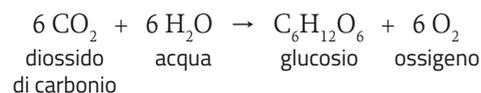
Modello elettronico	Formula di struttura	Formula molecolare
	H—H	H ₂
Idrogeno gassoso		
	O=O	O ₂
Ossigeno gassoso		
	$\begin{array}{c} H \\ \\ H-C-H \\ \\ H \end{array}$	CH ₄
Metano		

Figura 9 Modelli elettronici e formule (di struttura e molecolare) di molecole con legami covalenti.

FORMULE E MODELLI CHIMICI. Un modo comune per indicare con dei simboli la condivisione di elettroni è quello di collegare i due atomi coinvolti con una lineetta, come nella *formula di struttura* H—H. Nella *formula molecolare* di uso comune la lineetta non compare, per esempio H₂. Talvolta, gli atomi condividono più di un paio di elettroni per completare gli ottetti, formando *legami doppi* o *tripli*. Per sottolineare che l'ossigeno gassoso (O₂) contiene un doppio legame, la molecola può essere scritta come O=O, oppure, per indicare il triplo legame dell'azoto gassoso (N₂), si scrive N≡N. I legami covalenti singoli sono abbastanza forti, ma quelli doppi e tripli sono ancora più forti.

La molecola del metano (CH₄) si forma quando un atomo di carbonio si lega a quattro atomi di idrogeno: i quattro legami covalenti si dispongono come a formare i vertici di un tetraedro. Un *modello a sfere e bastoncini* è il modo più chiaro per rappresentare la struttura interna, mentre un *modello spaziale* è più utile per apprezzare la forma complessiva della molecola (**figura 10**).

REAZIONI CHIMICHE. Tra le reazioni chimiche più importanti c'è la *fotosintesi clorofilliana*, che può essere sintetizzata nella seguente reazione:



Questa reazione ci dice che 6 molecole di diossido di carbonio reagiscono con 6 molecole di acqua formando una molecola di glucosio e 6 molecole di ossigeno. In queste notazioni, i **reagenti** sono indicati a sinistra della freccia, mentre i **prodotti** sono posti alla sua destra. Prestiamo attenzione al fatto che la reazione è «bilanciata», cioè il numero di atomi di ciascun elemento è uguale a destra e a sinistra, anche se la posizione degli atomi nelle molecole è cambiata. La molecola del glucosio, C₆H₁₂O₆, ha quindi 6 atomi di carbonio, 12 di idrogeno e 6 di ossigeno.

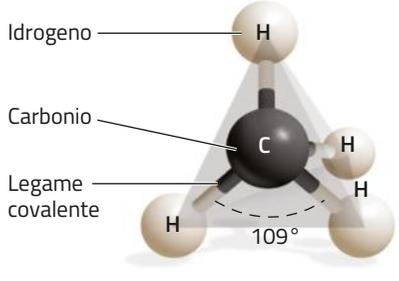
Modello a sfere e bastoncini	Modello spaziale
 <p>Idrogeno — H</p> <p>Carbonio — C</p> <p>Legame covalente</p> <p>109°</p>	

Figura 10 Modelli molecolari che rappresentano la molecola del metano (CH₄).

IL LEGAME COVALENTE PUÒ ESSERE APOLARE O POLARE.

Quando la condivisione degli elettroni tra atomi è all'incirca bilanciata, il legame si dice **legame covalente apolare** (o non polare). Tutte le molecole viste nella **figura 9** sono apolari. In una molecola d'acqua (H_2O), invece, la condivisione degli elettroni tra l'ossigeno e ciascun idrogeno non è completamente paritaria perché l'ossigeno attira a sé gli elettroni più di quanto non faccia l'idrogeno.

In un legame covalente, l'attrazione di un atomo per gli elettroni è una proprietà detta **elettronegatività**. L'atomo di ossigeno, più grosso per il maggiore numero di protoni, è più elettronegativo dell'atomo di idrogeno, cioè attrae maggiormente gli elettroni rispetto a quanto faccia l'idrogeno. Questa condivisione non equa, unita alla forma distorta della molecola d'acqua, genera delle parziali cariche positive (in prossimità degli idrogeni) e negative (in prossimità dell'ossigeno) che rendono l'acqua una molecola polare. La **figura 11** mostra il modello elettronico, quello a sfere e bastoncini, e quello spaziale, dell'acqua.

RISPONDI

Quali tipi di legami si trovano nell'acqua?
E come puoi rappresentare la molecola con un modello elettronico?

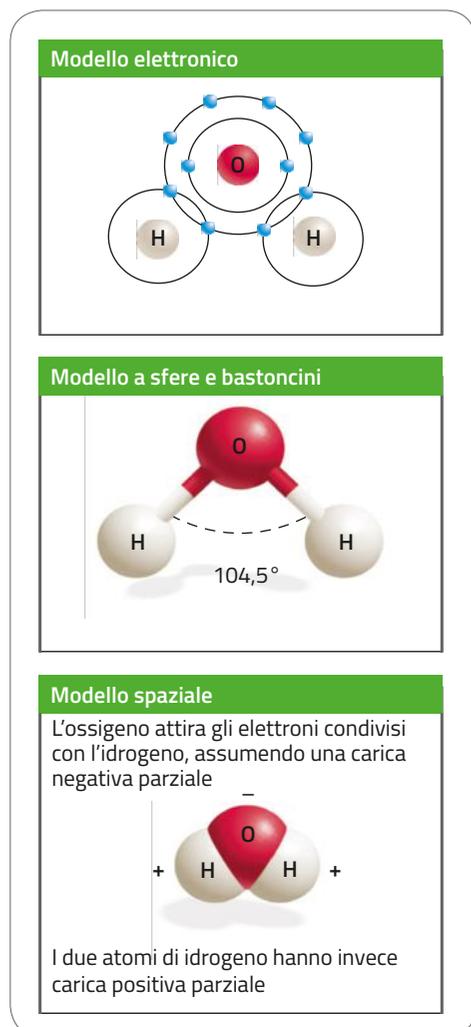


Figura 11
Tre rappresentazioni della molecola dell'acqua, H_2O .

6**Il legame a idrogeno si forma tra molecole polari**

L'acqua è dunque una molecola polare in cui è presente una parziale carica negativa in prossimità dell'atomo di ossigeno e una parziale carica positiva in prossimità dei due idrogeni. Tale polarità fa in modo che gli atomi di idrogeno di una molecola vengano attratti dagli atomi di ossigeno di altre molecole d'acqua. Questo tipo di attrazione tra le molecole d'acqua è chiamata **legame a idrogeno**. Poiché si può spezzare facilmente, il legame a idrogeno viene rappresentato con una linea punteggiata (**figura 12**).

I legami a idrogeno funzionano un po' come il velcro: ogni piccolo uncino da solo fornisce un legame debole, ma quando centinaia di piccoli uncini si legano all'altro lato della striscia, l'unione diventa forte. Continuando con l'analogia, così come è rapido aprire delle fettucce di velcro, così i legami a idrogeno possono spezzarsi facilmente.

Oltre all'acqua, molte molecole biologiche hanno legami covalenti polari in cui sono coinvolti l'idrogeno (poco elettronegativo) e spesso atomi molto elettronegativi come l'ossigeno o l'azoto. In questi casi, i legami a idrogeno possono instaurarsi sia tra molecole uguali sia tra molecole diverse tra loro, ma va ricordato che è un legame di tipo *intermolecolare* (tra molecole).

I legami a idrogeno tra le molecole biologiche contribuiscono a mantenere integre le strutture cellulari e sono indispensabili per lo svolgimento di numerose reazioni. Per esempio, essi tengono insieme fermamente i filamenti del DNA, una molecola formata da due lunghissimi filamenti uniti da legami a idrogeno in modo simile a una cerniera lampo; quando è necessario, la «cerniera» di legami a idrogeno si apre. Molte delle proprietà dell'acqua sono dovute proprio alla presenza dei legami a idrogeno.

RISPONDI

Come l'acqua, l'ammoniaca (NH_3) è una molecola polare. Ti aspetti che vi siano dei legami a idrogeno tra le molecole di ammoniaca? E tra l'acqua e l'ammoniaca?

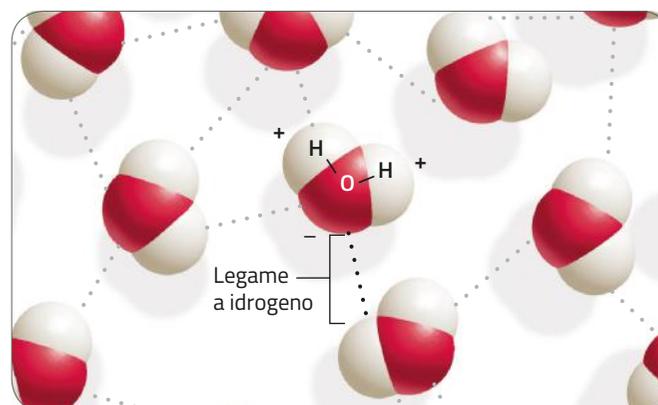


Figura 12 Legami a idrogeno tra molecole di acqua; il legame si forma tra l'ossigeno di una molecola e uno degli atomi di idrogeno dell'altra.

Le proprietà dell'acqua

7

L'acqua tiene unite le sue molecole grazie alla coesione

I legami a idrogeno spiegano molte delle proprietà che fanno dell'acqua un composto indissolubilmente legato alle forme viventi. Per esempio, senza questo genere di legami, l'acqua ghiacciata fonderebbe a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (anziché a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$), mentre bollirebbe a $-91\text{ }^{\circ}\text{C}$ (anziché a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$); invece, grazie ai legami a idrogeno, l'acqua resta allo stato liquido alle temperature che caratterizzano la gran parte della superficie terrestre e la nostra temperatura corporea.

I legami a idrogeno sono responsabili della proprietà chiamata **coesione**, cioè la tendenza delle molecole a tenersi strette le une alle altre. Per questo motivo l'acqua è un eccellente mezzo di trasporto, sia all'interno sia all'esterno degli organismi viventi. Gli organismi unicellulari si affidano all'acqua presente nell'ambiente per il trasporto dei nutrienti e delle sostanze di rifiuto, mentre gli organismi pluricellulari (formati da molte cellule) spesso contengono tubi (o vasi) interni in cui l'acqua svolge analoghe funzioni di trasporto. Per esempio, la parte liquida del nostro sangue, che trasporta disciolte o in sospensione le sostanze in tutto il corpo, è costituita per il 90% da ac-

qua; quando beviamo, infatti, l'acqua entra nel circolo sanguigno (figura 13). La coesione tra le molecole permette al sangue di fluire lungo i vasi (soprattutto quelli più piccoli, i capillari) in una sola direzione ed evitare il reflusso.

La coesione è utile anche per il trasporto dell'acqua nelle piante: le radici assorbono acqua dal terreno, mentre le foglie sono disposte in superficie ed esposte alla luce solare. Radici e foglie sono collegate da un efficiente sistema di vasi (vedi la figura 13); dato che nelle foglie l'acqua evapora, si crea una sorta di «risucchio» che attira verso l'alto l'acqua dalle radici; ogni molecola che evapora viene immediatamente sostituita da una che sopraggiunge attraverso i vasi.

Un'altra proprietà dell'acqua, chiamata **adesione**, fa in modo che le molecole aderiscano alle pareti dei vasi e quindi assicura che la colonna d'acqua in risalita non si interrompa mai.

In chimica, più è intensa la forza che tiene unite le molecole, maggiore è la **tensione superficiale**. Nell'acqua sono gli stessi legami a idrogeno, causa della coesione, che conferiscono al composto anche un'elevata tensione superficiale, quella caratteristica per cui le molecole alla superficie tendono a restare unite formando una pellicola. La tensione superficiale viene per esempio sfruttata dagli insetti acquatici chiamati idrometre, che riescono a galleggiare sulla superficie di stagni e pozze appoggiandosi solo alle estremità delle zampe.

RISPONDI

In che modo la coesione dell'acqua è legata alla presenza di legami a idrogeno tra le sue molecole?

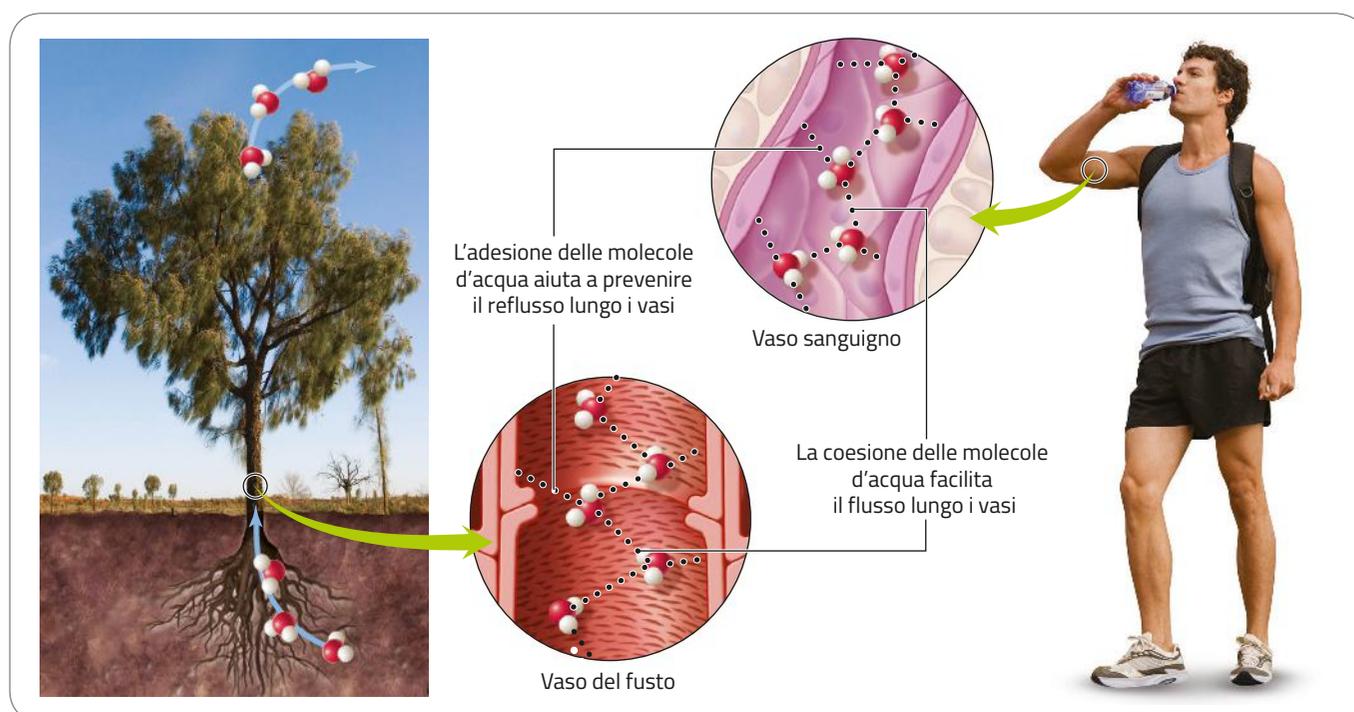


Figura 13
Negli animali e nelle piante, l'acqua è il veicolo di trasporto per i nutrienti.

8

L'acqua possiede elevata capacità termica

Una **caloria** (cal) è la quantità di energia termica necessaria per innalzare di 1 °C la temperatura di 1 g di acqua. Per confronto, altri composti uniti da legami covalenti richiedono l'apporto di circa mezza caloria per lo stesso risultato. Per variare la temperatura dell'acqua anche di pochi gradi è necessario fornire o sottrarre molto calore, al fine di spezzare o ricomporre i numerosi legami a idrogeno tra le sue molecole.

Convertire 1 g di acqua gelata, ancora liquida, in ghiaccio corrisponde a una perdita di energia termica di 80 cal. L'acqua mostra quindi una netta tendenza a mantenere il proprio calore e la sua temperatura diminuisce o si innalza molto meno velocemente rispetto ad altri liquidi: si dice perciò che l'acqua ha un'elevata **capacità termica**. Si tratta di una proprietà molto importante nei viventi. Infatti, la tendenza dell'acqua a ridurre gli sbalzi termici aiuta gli organismi a mantenere la propria temperatura interna entro i limiti vitali e li protegge da cambiamenti termici repentini.

Convertire 1 g di acqua bollente in forma gassosa richiede invece un apporto di ben 540 cal, necessarie a spezzare i legami a idrogeno che tengono le molecole unite nel liquido, le quali vengono liberate come vapore acqueo. Questo **calore di vaporizzazione** così elevato permette agli animali di ambienti caldi di perdere calore attraverso la sudorazione o il bagno in acqua: in questi casi, infatti, il corpo impiega il proprio calore per vaporizzare l'acqua, rinfrescandosi (**figura 14**).

Grazie all'elevata capacità termica e al grande calore di vaporizzazione dell'acqua, le temperature lungo gli ambienti costieri si mantengono moderate. Durante l'estate, infatti, gli oceani o i mari assorbono il calore solare che poi rilasciano durante l'inverno.

RISPONDI

Nei climi secchi, gli impianti di condizionamento funzionano con una ventola che convoglia aria attraverso un pannello di fibre impregnate di acqua. Qual è lo scopo di questo accorgimento?



Figura 14
Il corpo di un animale si raffredda quando parte del suo calore viene spesa per far evaporare acqua dalla cute.

9

L'acqua scioglie altre sostanze polari

A causa della sua polarità, l'acqua facilita lo svolgimento delle reazioni chimiche, sia al di fuori sia all'interno dei sistemi viventi. L'acqua scioglie infatti un gran numero di sostanze, formando delle soluzioni. Una **soluzione** contiene delle sostanze disciolte, chiamate **soluti**, mentre il liquido che le scioglie si chiama **solvente**. Quando dei sali ionici, per esempio il cloruro di sodio (NaCl) sono posti in acqua, i poli negativi dell'acqua sono attratti dagli ioni Na^+ , mentre i poli positivi sono attratti dagli ioni Cl^- . A causa di questi effetti, il cloruro di sodio in acqua si dissocia negli ioni Na^+ e Cl^- (**figura 15**).

L'acqua agisce da solvente anche per le molecole più grandi, che contengano atomi ionizzati o che siano polari. Quando ioni o molecole si dissociano in acqua, spostandosi possono collidere, innescando reazioni chimiche.

Le molecole che attirano l'acqua, come quelle appena viste, sono dette **idrofile**, quelle che non la attraggono sono dette **idrofobiche** e sono non ioniche e apolari. Per esempio, la benzina contiene molecole apolari e quindi non si mischia con l'acqua ed è idrofobica.

RISPONDI

I lipidi sono molecole apolari, ma possono essere fisicamente dispersi in acqua se si combinano con molecole chiamate emulsionanti. Quali proprietà hanno gli emulsionanti?

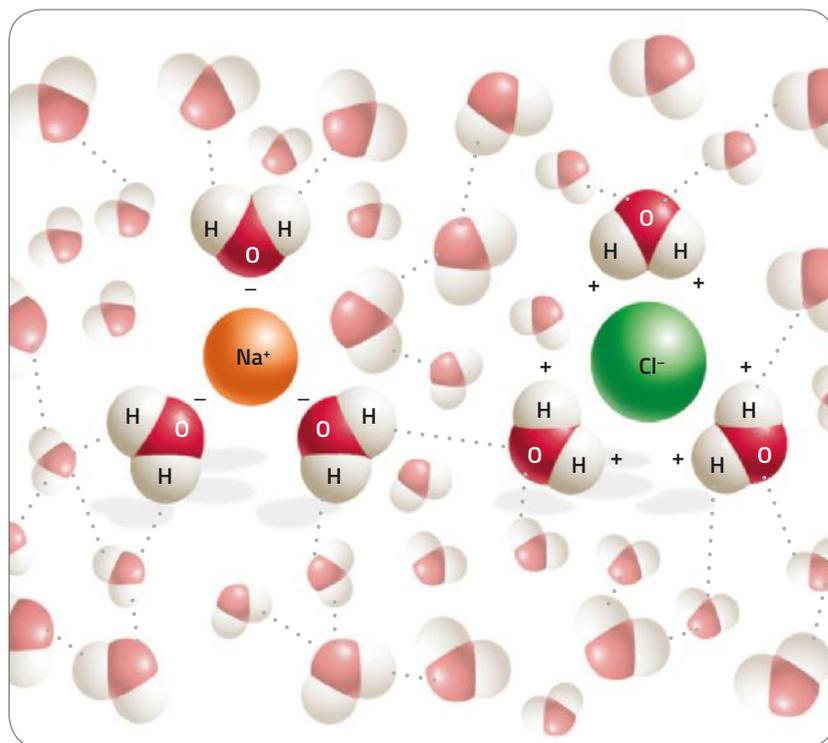


Figura 15 Il cloruro di sodio in soluzione acquosa si scioglie (le linee punteggiate indicano i legami a idrogeno).

10

L'acqua solida è meno densa di quella liquida

Una proprietà notevole dell'acqua è che a 4 °C risulta più densa di quando è a 0 °C, cioè occupa più volume in forma solida. Questo fenomeno si spiega perché nel ghiaccio le molecole formano un reticolo cristallino esagonale in cui ogni molecola è circondata da altre quattro, e in cui sono presenti degli spazi vuoti. Quando il ghiaccio fonde, alcuni di questi legami si rompono aumentando la possibilità delle molecole di avvicinarsi e, di conseguenza, la **densità** dell'acqua. La maggior parte delle sostanze, invece, quando solidifica si contrae e ha densità maggiore.

Il ghiaccio, per la sua minore densità, galleggia sull'acqua (figura 16A). Se, per assurdo, questo non accadesse, vasche, pozze, laghi e persino gli oceani in caso di basse temperature ghiaccerebbero completamente, rendendo di fatto impossibile la vita, sia quella acquatica sia quella terrestre. Nella realtà, le riserve idriche ghiacciano a partire dalla superficie verso il fondo, ma le lastre superficiali agiscono come pannelli isolanti e impediscono all'acqua liquida sottostante di perdere ulteriore calore. In questo modo, in una pozza d'acqua, i protisti, le piante e gli animali possono sopravvivere all'inverno (figura 16B).

Eccezion fatta per la lontra dell'illustrazione, tutti questi animali sono *ectotermi*, cioè la loro temperatura interna dipende da quella dell'ambiente circostante (la lontra, invece, è *endoterma*, perché mantiene la temperatura interna costante, come tutti i mammiferi). Essi sopravvivono nelle condizioni invernali sia grazie alla protezione del ghiaccio sovrastante sia per l'elevata capacità termica dell'acqua, che la mantiene abbastanza calda. Durante l'inverno, rane e tartarughe si ibernano, abbassando il proprio fabbisogno di ossigeno, mentre molti insetti sopravvivono all'interno di bolle d'aria. I pesci, che respirano l'ossigeno disciolto nell'acqua, hanno meno bisogno di ossigeno rispetto alla lontra, la quale per mantenere costante la sua temperatura si affida all'attività muscolare, che consuma ossigeno.

RISPONDI

Il popolo eschimese usa gli igloo, costruiti con blocchi di ghiaccio, come riparo dal gelo. In che modo funziona questo sistema, secondo te?

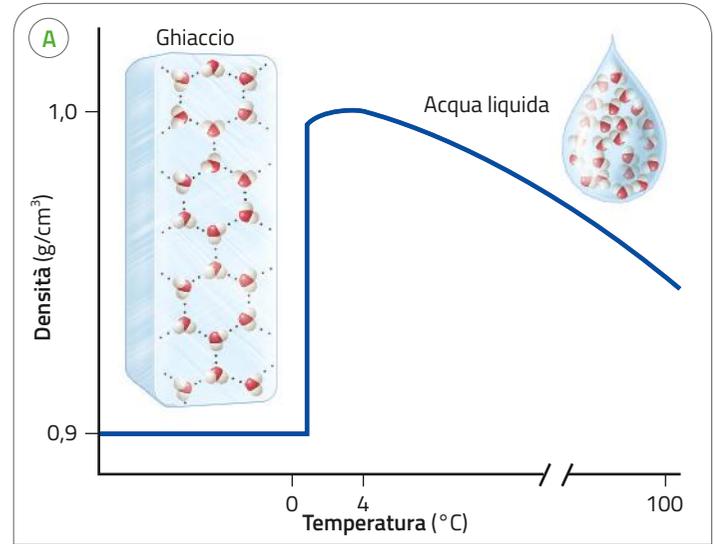
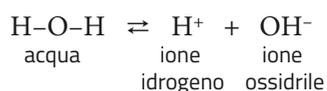


Figura 16 (A) Il ghiaccio è meno denso dell'acqua liquida; per questo motivo, la forma solida dell'acqua galleggia su quella liquida. (B) Uno stagno con la superficie ghiacciata.

I limiti di pH entro cui è possibile la vita

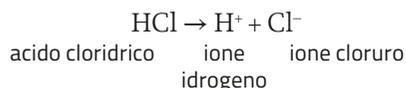
11 Gli organismi sono influenzati dall'acidità e dalla basicità

La molecola d'acqua, sottoposta a una scarica elettrica, si dissocia in ione idrogeno H^+ e ione ossidrile OH^- :



La concentrazione degli ioni H^+ è uguale a quella degli ioni OH^- (figura 17A).

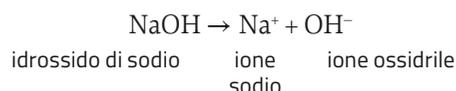
L'ACIDITÀ È UN ECCESSO DI IONI IDROGENO. Gli acidi sono quelle sostanze che, dissociandosi in acqua, rilasciano ioni idrogeno. Per esempio, l'acido cloridrico (HCl) è un acido inorganico (cioè non contiene atomi di carbonio) che si dissocia nel modo seguente:



La sua dissociazione è quasi completa, quindi l'acido cloridrico è classificato tra gli *acidi forti*; se viene versato in acqua,

il numero di ioni idrogeno aumenta parecchio (figura 17B). L'acido cloridrico viene anche prodotto dal nostro stomaco per la digestione delle proteine degli alimenti. È così corrosivo da intaccare la maggior parte dei metalli, è molto tossico e provoca bruciore al contatto (la parete dello stomaco è protetta da uno spesso strato di muco che impedisce la corrosione delle cellule gastriche). Esempi di alimenti acidi sono il succo di limone, il caffè e i pomodori.

LA BASICITÀ È UN ECCESSO DI IONI OSSIDRILE. Le basi sono quelle sostanze che, dissociandosi in acqua, rilasciano ioni ossidrile, oppure che sottraggono ioni idrogeno alla soluzione. Per esempio, l'idrossido di sodio (NaOH) è una base inorganica che si dissocia nel modo seguente:



La sua dissociazione è quasi completa, quindi l'idrossido di sodio è classificato tra le *basi forti*; se viene versato in acqua, il numero di ioni ossidrile aumenta (figura 17C). L'idrossido di sodio è noto anche con il nome di *soda caustica*; è pericoloso e corrosivo al pari degli acidi forti, tanto che si usa anche per incidere l'alluminio. Quando assumiamo sostanze basiche (o alcaline), il sangue diventa più basico. Esempi di sostanze basiche sono la magnesia effervescente, usata come bevanda, e l'ammoniaca, usata come detergente nelle pulizie domestiche.

RISPONDI

L'acqua pura contiene un ugual numero di H^+ e OH^- . Quale tra questi ioni aumenta con l'aggiunta di acidi? E con l'aggiunta di basi?

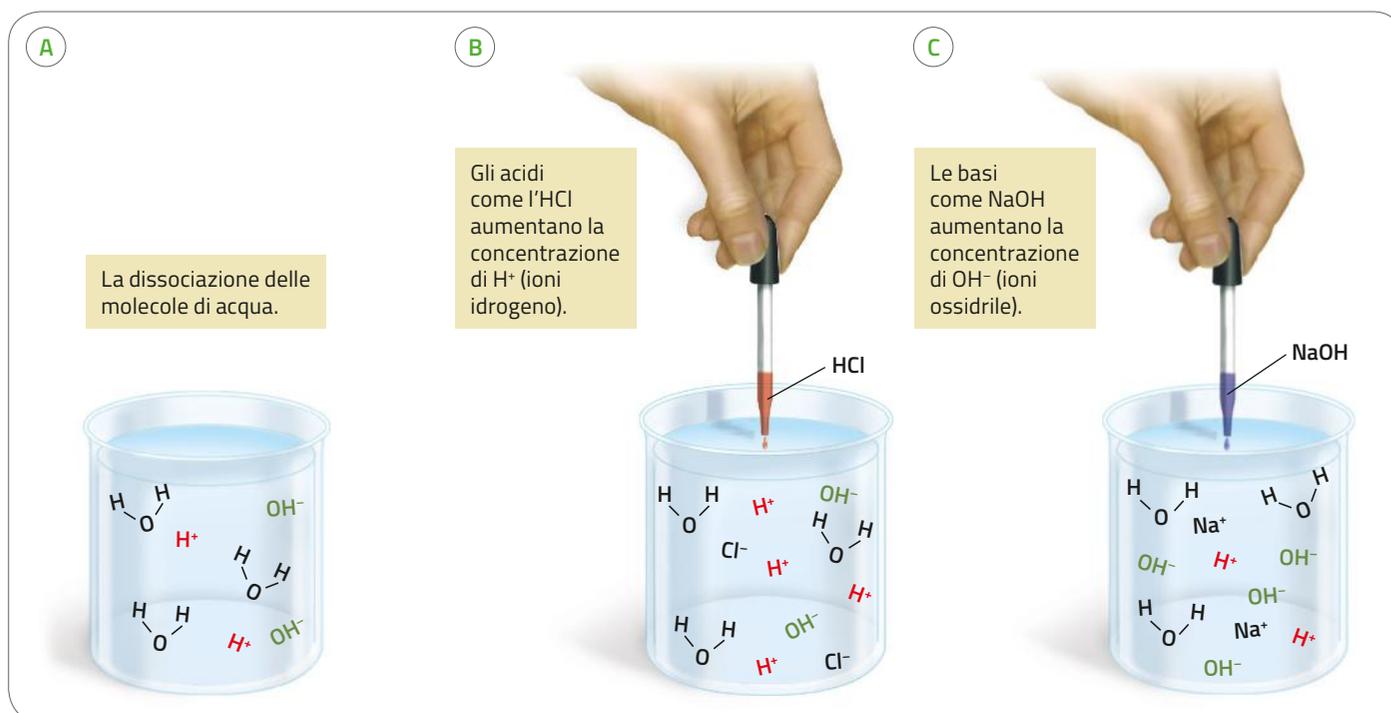


Figura 17 Acidità e basicità delle sostanze in acqua.

12

La scala del pH misura il grado di acidità o di basicità

La scala del pH, illustrata graficamente nella **figura 18**, si usa per indicare l'acidità o la basicità di una soluzione; essa ha valori che partono da 0 e arrivano a 14:

- il valore pH 7 rappresenta lo *stato neutro*, in cui le concentrazioni di H^+ e OH^- sono pari;
- un pH *inferiore a 7* indica una soluzione *acida*, cioè con una concentrazione di H^+ superiore a quella degli OH^- ;
- un pH *superiore a 7* indica una soluzione *basica* (o alcalina), cioè una concentrazione di OH^- superiore a quella degli H^+ .

A partire da 14, ogni unità di pH in meno corrisponde a una concentrazione di H^+ 10 volte maggiore (sempre più acido) rispetto all'unità precedente; a partire da 0, ogni unità di pH in più corrisponde a una concentrazione di OH^- 10 volte maggiore (sempre più basico) rispetto all'unità precedente.

Quale dei valori di pH appena presi come esempio indicano una maggiore concentrazione di H^+ rispetto al valore 7, e, quindi, indicano una soluzione acida? Devi ricordare che un numero con esponente negativo minore indica una maggiore quantità di ioni idrogeno; quindi, una soluzione a pH 6 è acida, mentre una soluzione a pH 8 è basica.

RISPONDI

L'acqua pura ha pH uguale a 7, mentre l'acqua piovana ha pH 5,6. L'acqua piovana è acida o basica? L'acqua piovana ha una concentrazione di H^+ diversa rispetto all'acqua pura?

SPERIMENTANDO

1 Il sapone allenta la tensione superficiale

Materiale necessario:

- un contenitore piatto dai bordi rialzati
- acqua
- 4 stuzzicadenti
- qualche goccia di sapone liquido

Procedimento:

Versiamo un leggero strato di acqua nel contenitore e disponiamo gli stuzzicadenti formando un quadrato che galleggia. Osserviamo che versando delicatamente il sapone al centro del quadrato gli stuzzicadenti si allontaneranno in disordine.

Il sapone, un tensioattivo, ha disturbato la tensione superficiale creando dei «moti vorticosi» nelle molecole d'acqua.

2 La capillarità dell'acqua

Materiale necessario:

- 2 contenitori alti (becher)
- colorante alimentare blu e rosso
- 2 gambe di sedano bianco oppure due garofani bianchi
- un cucchiaino

Procedimento:

Riempiamo d'acqua per circa i due terzi i due becher, aggiungiamo un cucchiaino di colorante alimentare a ciascuno di essi, e mescoliamo bene. Inseriamo verticalmente i vegetali nei becher e attendiamo per almeno 24 ore. L'acqua risalirà lungo il gambo del vegetale e lo colorerà insieme alle foglie (e ai fiori nel caso del garofano).

La capillarità permette all'acqua di risalire lungo il gambo del vegetale.

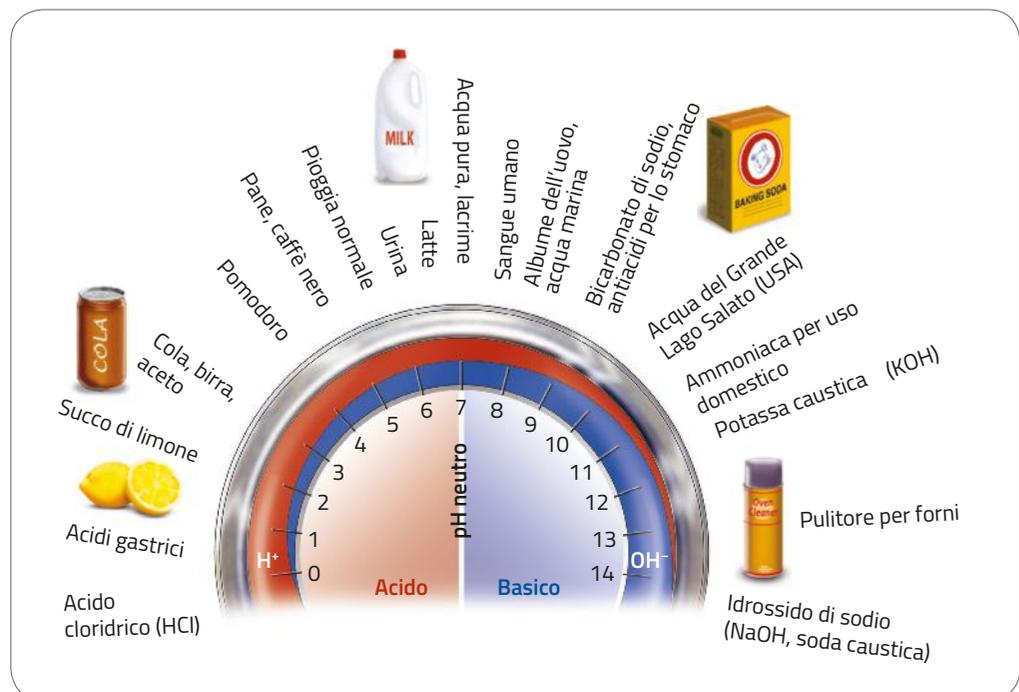


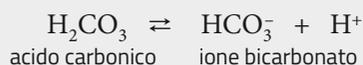
Figura 18
La scala del pH con alcuni esempi.

1

BIOLOGIA QUOTIDIANA

Le piogge acide hanno molti effetti dannosi

Di norma la pioggia ha un pH di circa 5,6 perché il diossido di carbonio dell'aria si combina con l'acqua producendo acido carbonico (H_2CO_3). L'acido carbonico è un acido debole che, dissociandosi, rilascia bicarbonato e H^+ secondo la reazione:



Le **piogge acide** includono pioggia o neve con un pH inferiore a 5.

Quando bruciamo **combustibili fossili** come carbone, petrolio e gasolio, si liberano nell'aria diossidi di zolfo (SO_x) e ossidi di azoto (NO_x), che combinandosi con l'acqua formano acido solforico e acido nitrico. Queste due sostanze inquinanti vengono poi trascinate oltre i luoghi d'origine a causa dell'azione dei venti. Le ciminiere delle raffinerie, per esempio, contribuiscono al trasporto degli inquinanti anche a grandi distanze dal luogo d'origine (figura 19A).



IMPATTO SUI LAGHI

Le piogge acide compromettono gravemente l'ecosistema dei laghi (figura 19B), soprattutto in quei casi dove la granulosità del terreno è fine ed è carente l'azione tampone del calcare (o carbonato di calcio, CaCO_3). Ricorda che un *tampone* è una sostanza che resiste ai cambiamenti del pH.

Il deposito acido lascia nel terreno tracce di alluminio e converte il mercurio depositato nei sedimenti dei laghi in una sostanza tossica: il *metilmercurio*, di formula $(\text{CH}_3\text{Hg})^+$. Il metilmercurio viene poi ingoiato dai pesci che lo accumulano nei tessuti adiposi del corpo.

La popolazione che abita vicino alla zona dei Grandi Laghi (tra gli Stati Uniti e il Canada) è allertata sul pericolo di mangiare pesce contaminato, ricco di mercurio tossico. Nel Nord America ci sono centinaia di laghi in cui è vietata la pesca a causa dell'inquinamento da piogge acide.

IMPATTO SULLE FORESTE

Le foglie delle piante danneggiate dalle piogge acide non sono più in grado di svolgere la fotosintesi come dovrebbero e quindi sono più soggette a malattie e all'attacco dei parassiti.

Le foreste che si trovano ad altitudini elevate sono più danneggiate dall'inquinamento, perché su di esse cade un quantitativo maggiore di pioggia. Anche l'inquinamento da alluminio del suolo, dovuto al dilavamento, causa danni alla vegetazione, in quanto distrugge i funghi che vivono in simbiosi con le radici aiutando le piante a estrarre i nutrienti di cui necessitano.

RISPONDI

La «biomagnificazione» è il processo per cui l'accumulo di sostanze tossiche negli esseri viventi aumenta di concentrazione mano a mano che si sale al livello trofico successivo. Sapresti spiegare come l'accumulo di mercurio nei pesci comprometta anche la salute dell'essere umano?



Figura 19 Gli effetti ambientali delle piogge acide si ripercuotono su tutto il pianeta, cioè compromettono (A) l'aria, (B) l'acqua, il suolo e anche la biosfera.

VERIFICA LE TUE CONOSCENZE



- C, H, N, O, P e S sono i simboli chimici**
 - degli unici elementi che si trovano nella materia vivente e non vivente.
 - degli unici elementi che si trovano negli organismi viventi.
 - degli elementi predominanti nei viventi.
 - degli elementi predominanti nelle rocce.
- La massa atomica indica**
 - il numero dei neutroni presenti nel nucleo.
 - la somma dei protoni e dei neutroni presenti nel nucleo.
 - il numero degli elettroni e dei neutroni.
 - il numero degli elettroni del livello energetico più esterno.
- Gli isotopi di un elemento differiscono per il numero**
 - di elettroni sul livello energetico più esterno.
 - di neutroni nel nucleo.
 - di protoni nel nucleo.
 - atomico.
- Nello stato liquido la materia**
 - è incompressibile e ha un volume proprio.
 - assume la forma del recipiente che la contiene e ha un'alta densità.
 - ha densità media e un volume proprio.
 - ha forma propria ed è comprimibile per effetto della pressione.
- Gli atomi tendono a completare il livello elettronico più esterno per raggiungere la stabilità secondo la regola**
 - della stabilità.
 - atomica.
 - dell'ottetto.
 - del livello elettronico.
- Un atomo con due elettroni nel suo livello più esterno tende più facilmente a**
 - acquistare elettroni per completare l'ottetto.
 - perdere i due elettroni diventando uno ione a carica negativa.
 - perdere i due elettroni diventando uno ione a carica positiva.
 - legarsi ad atomi di carbonio per mezzo di legami a idrogeno.
- Uno ione ha carica negativa quando**
 - l'atomo acquista elettroni.
 - l'atomo perde elettroni.
 - forma legami a idrogeno.
 - l'atomo acquista neutroni.
- Le particelle subatomiche sono**
 - neutrini, fotoni, elettroni.
 - protoni, neutroni, elettroni.
 - gli elettroni.
 - i protoni del nucleo.
- Gli elementi chimici sono**
 - molecole di cui è composta la materia.
 - le sostanze che non possono essere suddivise senza perdere le loro proprietà tipiche.
 - solo gli elementi presenti nei viventi, come C, H, O, N, P, S.
 - solo gli isotopi radioattivi.
- Il legame a idrogeno che si forma tra molecole polari dell'acqua è responsabile**
 - della tendenza che hanno le molecole a tenersi unite le une alle altre.
 - della adesione delle molecole alle pareti dei vasi.
 - della sua elevata capacità termica.
 - tutte le risposte sono corrette.
- In un legame covalente due atomi condividono gli elettroni in modo che**
 - solo un atomo completi l'ottetto.
 - entrambi completino l'ottetto.
 - un atomo completi l'ottetto e l'altro diventi negativo.
 - una volta completato l'ottetto, i due atomi si separino.
- Quando l'acqua si trova in forma dissociata rilascia**
 - un numero uguale di H^+ e OH^- .
 - più H^+ che OH^- .
 - più OH^- che H^+ .
 - soltanto H^+ .

5. Associa a ciascuna delle seguenti molecole una o più delle caratteristiche elencate in colonna.

	Acido cloridrico (HCl)	Acido carbonico / ione bicarbonato	Acqua (H ₂ O)	Idrossido di sodio (NaOH)	Metano (CH ₄)	Cloruro di sodio (NaCl)	Ossigeno (O ₂)
Composto ionico							
Composto covalente polare							
Composto covalente apolare							
Acido forte							
Base forte							
Componente del sistema tampone sanguigno							
Legame covalente doppio							
Legame a idrogeno							

VERIFICA LE TUE ABILITÀ

14. Scegli i due completamenti corretti. Nel ghiaccio

- A le molecole di acqua formano un reticolo cristallino esagonale.
- B durante la fusione i legami tra le molecole d'acqua si fanno più stretti e non si rompono.
- C si ha una densità minore di quella dell'acqua, pertanto il ghiaccio galleggia su di essa.
- D le molecole di acqua sono talmente vicine che non esistono spazi vuoti tra loro.
- E le molecole di acqua formano un reticolo cristallino tetragonale.

15. Le basi sono sostanze che, dissociandosi in acqua, rilasciano mentre gli acidi sono sostanze che rilasciano Se la dissociazione delle basi e degli acidi è completa, essi sono definiti basi e acidi

- A ossidrilioni/ioni K⁺/deboli
- B ossidrilioni/ioni H⁺/forti
- C ioni Na⁺/ioni H⁺/forti
- D ossidrilioni/ioni H⁺/deboli

16. Stabilisci se le seguenti affermazioni sono vere (V) o false (F).

- a. Nel legame covalente, due atomi condividono gli elettroni in modo che entrambi completino l'ottetto. V F
- b. Nel legame ionico, il trasferimento degli elettroni viene indicato con un trattino. V F
- c. I composti ionici sono molecole. V F
- d. Un elemento che ha tre elettroni sul livello elettronico più esterno ha raggiunto l'ottetto. V F
- e. Il legame a idrogeno si spezza facilmente. V F
- f. In una reazione chimica si distinguono i reagenti, a sinistra della freccia, e i prodotti, alla destra della stessa. V F
- g. La scala del pH si usa solo per indicare l'acidità di una soluzione. V F
- h. Una soluzione è costituita da soluto e solvente. V F
- i. Gli acidi sono sostanze che dissociandosi in acqua rilasciano ioni ossidrilioni. V F

17. Scegli tra i termini in grassetto quelli che ritieni corretti, barrando quelli errati.

- a. Il **pH / tampone** indica l'acidità o la basicità di una soluzione. I suoi valori sono collegati alla concentrazione degli ioni H⁺ che sono compresi tra zero, che indica la **minima / massima** acidità, e quattordici, che indica la **minima / massima** basicità.
- b. L'acqua è una molecola **polare / apolare** ed è considerata un **soluto / solvente** per alcune sostanze inorganiche, ma agisce da solvente anche per molecole grandi che siano polari o ioniche. Le molecole che attirano l'acqua sono dette **idrofobiche / idrofile**.
- c. Il legame **covalente / a idrogeno** è responsabile delle proprietà **coesive / attrattive** che tengono **unite / separate** tra loro le molecole dell'acqua.
- d. Gli isotopi **radiologici / radioattivi** sono chimicamente **instabili / stabili** poiché subiscono un processo di **decadimento / deterioramento** radioattivo, durante il quale emettono particelle.
- e. Nella scrittura dei simboli atomici, il numero **atomico / di massa** è in alto a sinistra del simbolo atomico, mentre il numero dei **protoni / neutroni** è indicato a pedice alla sinistra del simbolo.

18. Inserisci il termine che corrisponde alla definizione proposta.

- a. Sostanza che non può essere suddivisa chimicamente senza perdere le proprietà tipiche:
- b. Elettroni che si trovano nel livello energetico più esterno di un atomo e che tendono a reagire:
- c. Proprietà caratteristica di ciascun elemento che ne indica la propensione a reagire chimicamente per raggiungere una maggiore stabilità:
- d. Stato chimico in cui i valori degli ioni idrogeno e degli ioni ossidrilioni si compensano (pH 7):
- e. In una soluzione, il componente in cui è disciolto il soluto:
- f. Proprietà tipica dell'acqua data dai legami a idrogeno per cui le molecole tendono a rimanere unite in superficie formando una pellicola:
- g. Risulta dall'unione di due o più atomi di elementi diversi; può essere molecolare o ionico:

19. Completa le frasi inserendo i termini mancanti.

- a. L'acqua a °C risulta più densa di quando è a °C, occupando un volume in forma solida.
- b. La è la tendenza delle molecole di a stare vicine le une alle altre; questa proprietà è utile nel trasporto dell'acqua nelle piante, poiché le radici assorbono l'acqua dal
- c. Viene definita la quantità di energia termica necessaria per innalzare di °C la temperatura di un grammo di acqua; i numerosi legami a presenti nell'acqua aiutano ad assorbire
- d. In un legame l'elettronegatività è l'attrazione di un atomo per gli elettroni. Nella molecola d'acqua, l'atomo di è più elettronegativo rispetto all'atomo di e attrae maggiormente gli rispetto all'idrogeno.

VERSO L'UNIVERSITÀ

Preparati ai test di ingresso con altri quiz sul sito **UNITUTOR**.

20. Il legame ionico è un legame

- A apolare.
- B che si instaura tra atomi metallici.
- C in cui gli elettroni vengono condivisi tra due atomi uguali.
- D di natura elettrostatica che si instaura tra ioni di segno opposto.
- E intermolecolare.

[dal test di ingresso a Medicina veterinaria 2016-17]

VERSO L'ESAME: VERIFICA LE TUE COMPETENZE

21. CONFRONTA

Metti a confronto il legame covalente con il legame ionico costruendo una tabella che tenga conto dei seguenti parametri: definizione, atomi coinvolti, polarità, forma della molecola, risultato del legame.

22. SPIEGA

Spiega le seguenti proprietà dell'acqua, fornendo per ciascuna un esempio tratto dalla vita quotidiana: coesione, adesione, tensione superficiale.

23. CALCOLA

Il silicio è uno degli elementi chimici più abbondanti sulla crosta terrestre e ha un numero di massa pari a 28.

Aiutandoti con una tavola periodica, calcola il numero di neutroni che ha un atomo di silicio. Quanti livelli energetici possiede? Quanti elettroni mancano per completare l'ottetto?

24. LEGGI E RISPONDI

Come si formano le nuvole? Il riscaldamento solare provoca l'evaporazione dell'acqua sulla superficie terrestre e contemporaneamente il riscaldamento dell'aria a contatto con essa. L'aria più calda, seguendo dei moti convettivi, sale portando con sé il vapore acqueo. Il raffreddamento che avviene durante la salita porta alla condensazione del vapore acqueo in goccioline minuscole che accumulandosi formano una nuvola. Dalla dimensione delle goccioline che compongono le nuvole dipende il potere di riflessione delle nuvole e quindi il raffreddamento del clima terrestre.

Affinché si formino le goccioline (di 20-50 millesimi di millimetro), sono necessari i «nuclei di condensazione», microparticelle fortemente igroscopiche, che fungono da «supporto» fisico per dare il via alla condensazione del vapore acqueo. I nuclei possono essere di varia natura: sostanze organiche e inorganiche, sali e inquinanti. Gli scienziati ritengono che siano proprio i nuclei di condensazione a determinare caratteristiche importanti delle nuvole, come la dimensione delle gocce che le compongono.

Sono stati condotti esperimenti per capire che cosa succede a livello microscopico quando il vapore acqueo si condensa intorno ai nuclei di condensazione. Nuvole formate da gocce piccole e numerose corrispondono a una maggior riflessività delle stesse e, quindi, a un effetto di raffreddamento maggiore della superficie terrestre. Al contrario, nuvole formate da gocce più grandi riflettono meno i raggi solari e inducono un riscaldamento terrestre maggiore. I ricercatori hanno trovato all'interno della nuvola «artificiale» costruita in laboratorio gocce di dimensioni del 50-60% più grandi rispetto a quelle attese. Secondo gli scienziati, la risposta si trova in un altro parametro importante, la tensione superficiale delle goccioline. Le gocce più grandi si formano quando le molecole organiche si trovano sulla superficie e non all'interno della goccia, creando delle condizioni di tensione superficiale che permettono un'espansione maggiore.

Considerare la tensione superficiale nei modelli di previsione della formazione delle nuvole permetterà di avere modelli climatici più attendibili.

Adattato da: *Come una goccia può influenzare il clima* di Silvia Reginato (Aula di Scienze, 2016)

- Perché sono così importanti i nuclei di condensazione?
- Come è stata spiegata la presenza di gocce più grandi?
- Dove sono i nuclei di condensazione delle gocce più piccole?
- Per quali motivi questa ricerca può rivelarsi importante nello studio del clima?

25. CACCIA ALL'ERRORE

Leggi il brano, trova e correggi i 10 errori presenti.

Il legame in cui due atomi condividono elettroni del proprio livello elettronico più interno è detto ionico. Quando la condivisione di elettroni tra atomi è bilanciata, il legame si dice polare. La molecola dell'acqua è apolare, poiché l'atomo di ossigeno è più piccolo e meno elettronegativo rispetto all'atomo di idrogeno e attrae maggiormente gli elettroni di legame. Un atomo si definisce stabile quando ospita sei elettroni nel livello più esterno ed esso è reattivo. Gli elementi dell'ottavo gruppo della tavola degli elementi hanno l'ottetto completo e sono chiamati gas radioattivi. Gli isotopi sono atomi di uno stesso elemento che differiscono tra loro per il numero di protoni presenti nel nucleo; gli isotopi di un elemento posseggono lo stesso numero atomico ma diversa massa atomica.

Termini errati	Termini corretti

26. PROBLEM SOLVING

Hai notato che anche quest'anno tua zia ha conservato l'eccesso di verdure del suo orto sotto sale e sottaceto. Sei curioso di sapere perché si usa aceto e sale nelle conserve tradizionali e quali altri metodi venivano (e vengono) usati per mantenere i cibi commestibili.

Dopo aver studiato il pH e i legami ionici e intermolecolari, ora metti a frutto le tue conoscenze per ottenere le risposte.

27. HANDS ON GLOSSARY ✨

Fill in the table matching each term (*letters*) with its definition (*numbers*).

- | | |
|------------------|------------------------|
| A. atom | D. ionic bond |
| B. molecule | E. covalent bond |
| C. hydrogen bond | F. polar covalent bond |
- also called molecular bond, is the one that involves the sharing of electron pairs between atoms
 - a type of chemical bond that involves the electrostatic attraction between oppositely charged ions
 - the smallest possible amount of a particular substance that has all the characteristics of that substance
 - a weak chemical bond between an electronegative atom (such as fluorine, oxygen, or nitrogen) and a hydrogen atom bound to another electronegative atom
 - the smallest particle of a substance that can exist by itself or be combined with others
 - a bond in which one or more electrons are unequally shared between two nuclei

A	B	C	D	E	F