

1



Fig. 1.
La Terra nel suo insieme si può considerare un sistema chiuso, poiché scambia con l'ambiente esterno solo energia.

1. Sistemi chiusi e sistemi aperti

Parlando di sistemi, è utile fare una distinzione tra due tipi fondamentali: i *sistemi chiusi* e i *sistemi aperti*.

- Un **sistema chiuso** scambia con lo spazio esterno, o **ambiente**, solo **energia** e **non materia**.

Per esempio il pianeta Terra nel suo complesso, se si esclude l'apporto trascurabile di materia fornito dalle meteoriti, scambia con l'ambiente al di fuori dell'atmosfera solo energia, che costantemente riceve dal Sole come energia radiante (soprattutto radiazioni luminose e infrarosse) e alla fine restituisce allo spazio cosmico come calore. Può essere perciò considerato un sistema chiuso (fig. 1). Un altro esempio di sistema chiuso è la lampadina: essa scambia con l'ambiente circostante energia ricevendola come elettricità e restituendola come energia luminosa e calore, mentre l'ampolla di vetro sigillata impedisce ogni scambio di materia con l'esterno.

- Un **sistema aperto** scambia con l'ambiente esterno sia **energia** sia **materia**.

Tutti i sistemi viventi sono sistemi aperti.

Pensate semplicemente a una pianta in un vaso di terra collocata sotto una campana di vetro ed esposta al sole: la pianta in questo modo diventa parte di un sistema chiuso. Per un po' riuscirà a sopravvivere utilizzando l'acqua rimasta nel terriccio e il diossido di carbonio (CO_2) presente nell'aria della campana per compiere la fotosintesi e produrre una piccola quantità di zuccheri per nutrirsi; l'energia solare non le manca, ma tuttavia le scorte di acqua e di CO_2 saranno presto esaurite e la pianta non potendo ricevere queste sostanze dall'ambiente esterno è destinata inevitabilmente a morire.

Esempi di sistemi aperti sono gli *ecosistemi*, costituiti da organismi di specie differenti, che vivono in stretta relazione tra loro e con un determinato ambiente (fig. 2).

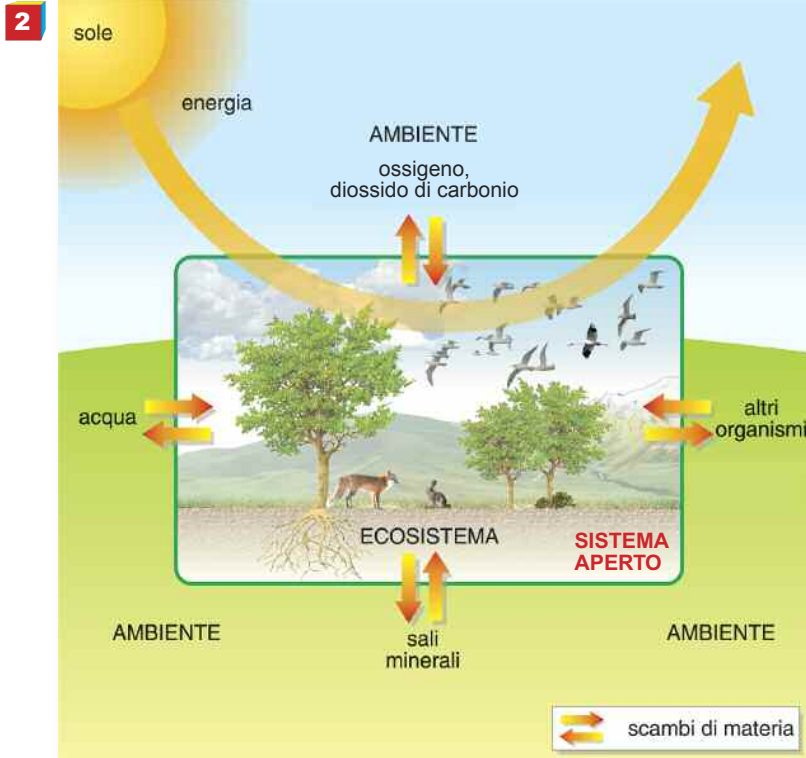


Fig. 2.
Un ecosistema è considerato un sistema aperto, in quanto scambia con l'ambiente circostante sia materia sia energia.

Pensiamo a un bosco, formato da varietà di piante, animali, funghi e microrganismi e da un certo tipo di suolo.

L'esistenza dell'ecosistema bosco dipende non solo dall'energia che riceve dal Sole e che mantiene in vita le piante, ma anche dalla materia che riceve dall'ambiente esterno, come per esempio l'acqua portata dalle piogge e dai fiumi e l'aria contenente ossigeno e diossido di carbonio, i materiali e i residui apportati da altri animali di passaggio.

Nello stesso tempo il bosco esporta materia negli altri ambienti, per esempio l'ossigeno prodotto dalle piante, i semi delle stesse piante trascinati dalla pioggia o dal vento o disseminati da uccelli.

Un sistema aperto è quindi in comunicazione con altri sistemi aperti e i vari sistemi possono influenzarsi a vicenda.

Così, l'ecosistema bosco viene influenzato dagli ecosistemi circostanti, che possono essere una prateria, un lago, un tratto di mare o una città, e li influenza a sua volta.

Un ecosistema è a sua volta formato da una fitta rete di sistemi aperti ancora minori, costituiti da ciascun singolo organismo: ogni filo d'erba, ogni albero, ogni animale. Scendendo

ancora più in dettaglio, ciascuna cellula di ogni organismo è essa stessa un sistema aperto in miniatura.

Infine, si possono considerare sistemi aperti anche realtà come una città, una casa, un'automobile.

Un sistema aperto, come può essere un organismo vivente o un ecosistema, è sottoposto a un continuo flusso di energia e a un incessante “andirivieni” di materia che coinvolgono ogni suo singolo componente, chiamato a svolgere una ben precisa attività seppur interagendo in modo coordinato con gli altri componenti.

Come si può intuire, un'organizzazione così complessa è inevitabilmente esposta a molteplici rischi di disfunzione che potrebbero logorarla e farla rapidamente precipitare in una situazione di disordine. In realtà, i sistemi viventi riescono a ridurre al minimo questi rischi e a conservarsi relativamente stabili nel tempo grazie a una prerogativa di cui abbiamo già parlato: l'**omeostasi**, cioè la capacità di **autoregolazione**.

Questa è basata su una serie di meccanismi detti di **retroazione** che agiscono quando qualcosa rischia di modificare le condizioni di stabilità del sistema, riportandolo in una situazione di equilibrio (per questo si parla di **equilibrio dinamico**).

I meccanismi di autoregolazione

Pensiamo a una stanza che riceve calore da un termosifone in cui circola acqua riscaldata da una caldaia, per esempio un bruciatore a metano.

Come si fa a mantenere la temperatura della stanza intorno a un valore ottimale prefissato, per esempio di 20 °C?

Si usa un semplice termostato, un dispositivo di regolazione che funge da “sensore” in quanto è in grado di rilevare variazioni di temperatura e di intervenire quindi sul funzionamento del bruciatore: se la temperatura aumenta, il termostato agisce sulla valvola di ingresso del combustibile riducendone l'afflusso, per cui l'acqua del circuito riceve meno calore e la temperatura della stanza si abbassa; quando la stanza sarà ritornata a 20 °C circa, il termostato entrerà di nuovo in azione aumentando un poco l'afflusso di combustibile e così via.

Attraverso una serie di continui aggiustamenti automatici, viene attuato il controllo dell'*equilibrio termico* del “sistema” stanza (fig. 3).

In base allo stesso principio, si regola il funzionamento di un impianto di condizionamento.

Meccanismi autoregolativi come questo si chiamano **meccanismi di retroazione** (al posto di “retroazione” viene generalmente impiegato il corrispondente termine inglese *feedback*).

In particolare, si parlerà di **retroazione negativa** quando una modificazione nelle condizioni iniziali determina una “risposta” che tende a opporsi a quella modificazione in modo tale da ristabilire lo stato iniziale.

La retroazione negativa, nel nostro esempio, è la variazione dell'afflusso di metano in grado di riequilibrare, automaticamente, le variazioni termiche.

Fig. 3.

L'autoregolazione del sistema di riscaldamento domestico è basata su un meccanismo di retroazione negativa. Un termostato (sensore) rileva una eventuale variazione della temperatura rispetto a un certo valore di riferimento (per esempio, 20 °C): se la temperatura della stanza si abbassa rispetto a tale valore, invia un segnale alla caldaia che si mette a bruciare più combustibile e a produrre più calore fino a ristabilire la temperatura prefissata.

