

Le vicende della biologia: una cronistoria essenziale

✓ Da Aristotele al Rinascimento

Abbiamo già incontrato la figura di **Aristotele** che, oltre a essere stato un filosofo tra i più insigni dell'antica Grecia, viene anche considerato il fondatore delle scienze biologiche su base empirica. Aristotele (*fig. 1*) studiò circa 540 specie di animali e piante e arrivò a elaborare una classificazione del mondo vivente basata su criteri razionali; compì anche notevoli osservazioni sui fenomeni riproduttivi e sullo sviluppo embrionale (famoso sono le sue ricerche sullo sviluppo del pulcino).



Fig. 1. Aristotele (322-384 a.C.), ritratto da Raffaello (particolare da *La Scuola di Atene*, Roma, Palazzi Vaticani, Stanza della Segnatura).

Trattando della natura della vita, affermò che i corpi viventi, a differenza di quelli inanimati, hanno "la capacità di nutrirsi, di crescere e decadere autonomamente". La vita, comunque, per Aristotele può essere spiegata facendo appello a un **principio**, ciò che viene chiamato "anima" (traducendo così il termine *psiche* usato dal filosofo): l'anima è ciò che dà la forma o l'attualità alle cose viventi e opera sempre in vista di un fine.

Aristotele riteneva che le varie specie di organismi formassero una *sca-la continua* di creature in ordine crescente di perfezione dalle piante, che possiedono solo un'*anima vegetativa*, agli animali che possiedono anche

un'*anima sensitiva*, all'uomo che possiede, oltre a un'*anima vegetativa* e un'*anima sensitiva*, anche un'*anima razionale*, che ha sede nel cuore.

Questa concezione di Aristotele segue una corrente di pensiero nota come *vitalismo*, secondo la quale l'esistenza di un certo peculiare "principio" è essenziale per il manifestarsi di qualsiasi fenomeno vitale. Ciò era in opposizione a un'altra corrente di pensiero, nota come *meccanicismo* sostenuta dai filosofi atomisti che ebbero come caposcuola Democrito di Abdera (460-370 a.C.): essi pensavano che tutto ciò che riguardava le cose viventi fosse il risultato delle interazioni degli "atomi" che le componevano.

La contrapposizione tra vitalismo e meccanicismo si prolungherà per tutta la storia della scienza e solo nel XX secolo ha smesso di dividere gli studiosi di biologia.

Pur riconoscendo ad Aristotele meriti eccezionali per come cercò di organizzare in una visione unificante i fatti e le conoscenze acquisite intorno al mondo vivente, va anche precisato che incorse in alcuni errori: per esempio, era convinto che gli organismi inferiori nascessero per *generazione spontanea* dalla materia inanimata o che le sensazioni e i sentimenti avessero sede nel cuore (riteneva il cervello un semplice organo di raffreddamento del calore corporeo). Inoltre, la scienza moderna respinge l'opinione aristotelica secondo la quale i fenomeni biologici verrebbero diretti da uno scopo o finalità ("causa finale") immanente.

Tra gli studiosi dei fenomeni vitali dell'antichità, il personaggio forse più eminente, vissuto alcuni secoli dopo Aristotele, fu il medico e filosofo **Galeno** (130-200 d.C.) di Pergamo, che operò a lungo a Roma e praticò accurati esperimenti di dissezione di numerosi animali per effettuare indagini di carattere anatomico e fisiologico.

In particolare Galeno, di cui ci sono pervenute varie opere, cercò di spiegare le attività del cuore, delle arterie e delle vene in relazione al trasporto del sangue, ma partendo da presup-

posti erronei, come per esempio la convinzione che il sangue sia prodotto in continuo dal fegato (non prese in considerazione l'idea di *circolazione del sangue* che si affermerà solo nel XVII secolo).

Per molti secoli le opere di Aristotele e Galeno costituirono indiscussi punti di riferimento della biologia e della medicina.

Durante il Medioevo si registra un generale declino della scienza in Europa, mentre si afferma la civiltà araba che raccoglie l'eredità scientifica e filosofica del mondo greco. Si mantiene comunque vivo l'interesse per la medicina, segnalato dalla fioritura di alcune importanti scuole mediche, come quella di Salerno (XI sec.), di Montpellier e di Bologna (XII-XIII sec.).

Durante il Rinascimento (XV-XVI sec.) si manifesta un rinnovato interesse per lo studio dell'anatomia, anche grazie all'attività degli artisti spinti dall'esigenza di comprendere la precisa struttura del corpo umano per meglio rappresentarne la forma e il movimento.

Tra questi sventa **Leonardo da Vinci** (1452-1519), che nei suoi disegni (*fig. 2*) ci ha lasciato una ricca documentazione della sua indagine anatomica sull'uomo, spesso compiuta mediante accurate dissezioni.

Nel 1543 il medico fiammingo **Andrea Vesalio** (1514-1564) fondatore della scuola di anatomia di Padova, pubblica il trattato *De humani corporis fabrica* ("Sulla struttura del corpo umano") le cui illustrazioni, di grande accuratezza, costituiscono una completa e aggiornata rassegna dell'anatomia umana (*fig. 3*), dove vengono anche corretti numerosi errori risalenti a Galeno. Il libro di Vesalio segna la nascita dell'*anatomia moderna*.

Curiosamente nello stesso anno l'astronomo polacco **Niccolò Copernico** (1473-1543) presenta la sua nuova teoria dei movimenti dei corpi celesti (*De revolutionibus orbium coelestium*), preparando la strada alla rivoluzione scientifica che nel secolo successivo troverà in Galileo e Newton i suoi più illustri esponenti.

2

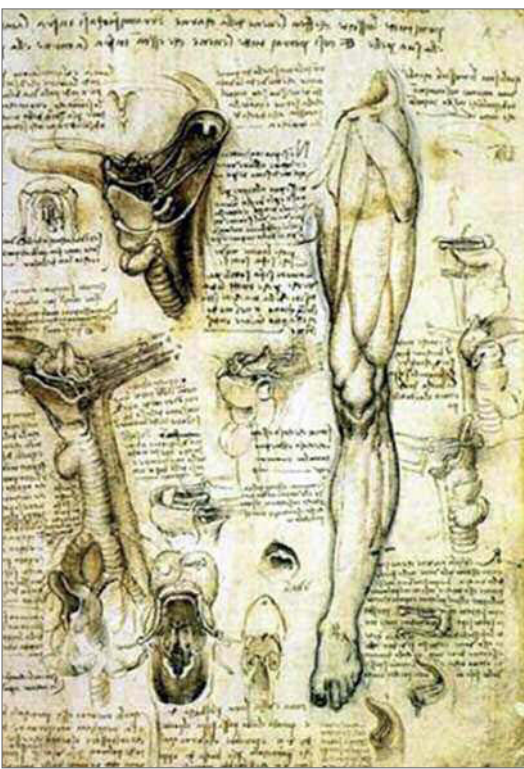


Fig. 2. Leonardo da Vinci (1510 circa): i muscoli della gamba e vari dettagli della trachea e della laringe (Biblioteca Reale del Castello di Windsor).

✓ Dal Seicento ai giorni nostri

Agli inizi del XVII secolo Galileo impone una storica svolta al modo di fare scienza, mostrando come solo l'esperimento basato su dati quantitativi può convalidare ogni spiegazione proposta intorno ai fenomeni naturali.

Sono così gettate le fondamenta della scienza come l'intendiamo oggi.

Anche nel campo delle scienze della vita si sviluppa presto la tendenza a studiare le funzioni degli organi effettuando esperimenti su base quantitativa: il primo importante risultato è la dimostrazione della **circolazione sanguigna** (vedi oltre) che segna simbolicamente la nascita della **biologia come scienza sperimentale**.

In seguito, con l'introduzione del microscopio e i suoi perfezionamenti e l'affinamento delle tecniche di indagine, le conoscenze biologiche si ampliano progressivamente, preparando il terreno per gli sviluppi che si realizzeranno in questi ultimi due secoli.

Di seguito sono tratteggiati alcuni fatti e personaggi significativi della storia delle scienze biologiche negli ultimi quattro secoli.

3

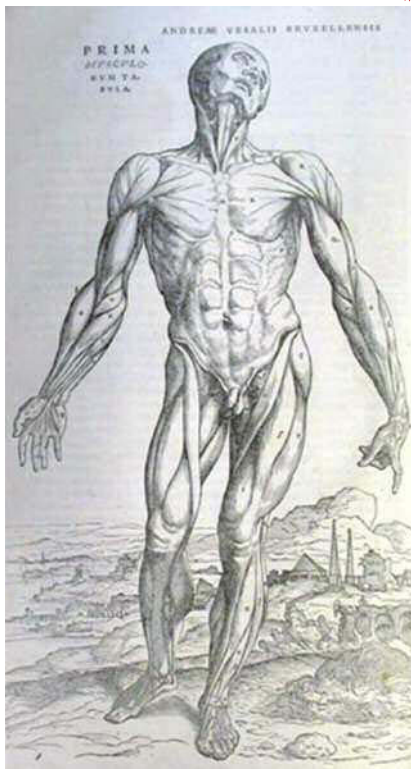


Fig. 3. Illustrazione tratta da *De hominis corporis fabrica* di Andrea Vesalio.

■ IL SEICENTO E IL SETTECENTO

• Il medico e anatomista inglese **William Harvey** (1578-1657) nel 1628 pubblica il *De motu cordis* ("Sul movimento del cuore"), che è forse la prima opera biologica moderna (fig. 4). In questo libro si dimostra la **circolazione sanguigna** e una delle prove fondamentali a suo sostegno consiste nel calcolo della quantità di sangue che il cuore spinge nell'aorta nell'unità di

tempo attraverso il ventricolo sinistro, tenendo conto della capacità del ventricolo, del ritmo delle pulsazioni e della velocità di scorrimento del sangue: Harvey constatò che in un'ora passa attraverso l'arteria aorta una quantità di sangue pari a tre volte il peso corporeo! Che tutto questo sangue potesse essere fornito dal fegato grazie alla trasformazione del cibo, come sosteneva Galeno, appariva del tutto assurdo. L'idea più ragionevole era che fosse sempre lo stesso sangue a scorrere in circolo nell'organismo spinto di continuo dalla pompa del cuore. Si manifesta una nuova concezione in cui il corpo viene visto come una macchina idraulica.

• Pochi anni dopo il filosofo francese **Cartesio** (1596-1650), rompendo con la tradizione aristotelica, interpreta l'intero organismo come una macchina negando ogni forma di finalismo.

Nella seconda metà del Seicento sono conseguiti importanti risultati attraverso ricerche condotte con il microscopio.

• Il medico e biologo bolognese **Marcello Malpighi** (1628-1694), scopritore dei vasi sanguigni, dei globuli rossi e di molte altre microstrutture del corpo umano, scrive una serie di monografie scientifiche fondando l'*anatomia microscopica*.

• L'olandese **Anton van Leeuwenhoek** (1632-1723) con un microscopio di sua invenzione, dotato di una singola lente in grado di arrivare a ben 200 ingrandimenti, scopre piccolissimi "animaletti" nell'infuso di fieno e nell'acqua stagnante (si trattava di protozoi) ed è anche il primo a osservare gli spermatozoi (fig. 5).

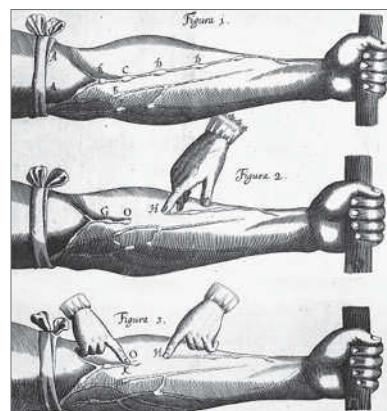


Fig. 4. Il disegno tratto da *De motu cordis* di Harvey illustra con precisione uno dei suoi esperimenti sulla circolazione del sangue.

4

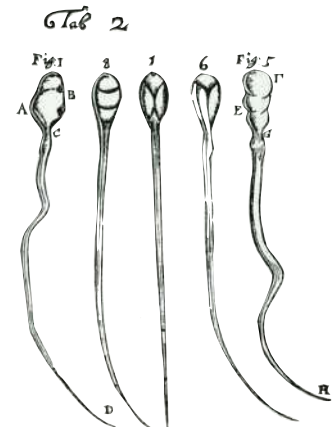


Fig. 5. Disegni di spermatozoi di cane e di coniglio eseguiti da Anton van Leeuwenhoek (1678).

5

- Nel 1665 il fisico e botanico inglese **Robert Hooke** (1635-1703), osservando al microscopio sottili sezioni di sughero, scopre che constano di minuscole concamerazioni che chiama "cellule", ma senza attribuire a questa parola il significato che avrebbe assunto oltre un secolo e mezzo più tardi.

- Nel 1668, l'aretino **Francesco Redi**, medico e poeta, dimostra con un famoso esperimento che i vermi della carne non nascono dalla materia inerte per *generazione spontanea*, ma da uova deposte da insetti. Va rammentato che fino a oltre metà del Seicento era convinzione generale che taluni animali potessero originarsi direttamente dalla materia inanimata, come aveva già anticamente affermato Aristotele. Per esempio, si riteneva che le anguille nascessero dal fango e le mosche dalla carne in putrefazione.

Redi era di parere opposto avendo sposato l'idea, formulata in precedenza da Harvey, che esistessero semi e uova troppo piccoli per poter essere osservati a occhio nudo e si propose di demolire sperimentalmente la teoria della generazione spontanea.

Procedette in questo modo: espose all'aperto due pezzi di carne, uno avvolto da una fitta reticella e l'altro no (fig. 6). Dopo alcuni giorni la carne non protetta risultò piena di "vermi", cioè di larve di mosche, mentre il pezzo avvolto nella rete era privo di animali. Da questo esperimento Redi concluse correttamente che i "vermi" non nascono dalla carne in putrefazione, ma soltanto da uova deposte dagli insetti adulti.

I sostenitori della teoria della generazione spontanea non si diedero per vinti e, nelle epoche successive, sostennero le loro idee in riferimento a organismi sempre più piccoli osservati al microscopio: poiché non si riusciva a determinare l'origine di queste forme di vita, molti scienziati ritenevano che essi derivassero per generazione spontanea dall'acqua o dal terreno in cui vivevano. Ma alla fine, nella seconda metà dell'Ottocento, essi vennero confutati definitivamente da Louis Pasteur (vedi oltre).

Il **Settecento** è dominato da due avvenimenti di grande portata per la storia economico-sociale e culturale dell'umanità: la *Rivoluzione industriale*, accompagnata dallo sviluppo di nuove macchine e tecnologie e l'*Illuminismo*, un movimento di pensiero

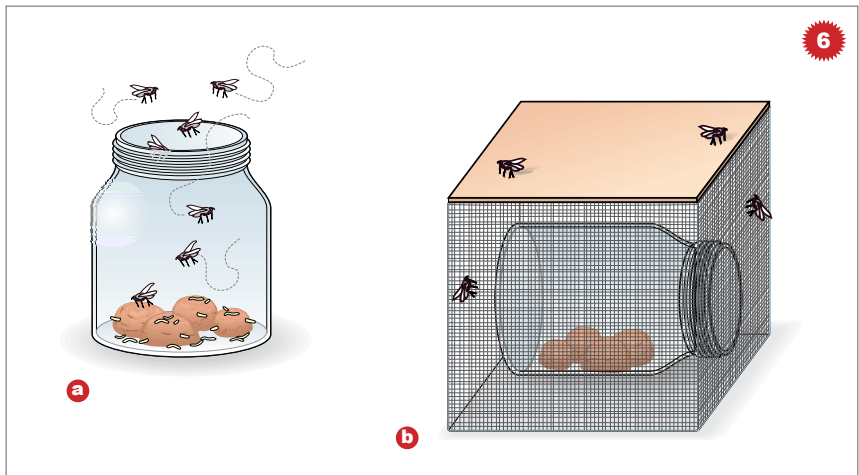


Fig. 6.

Schema dell'esperimento di Redi per confutare la teoria della generazione spontanea: lo sviluppo di larve (o "vermi") dalla carne in putrefazione si verifica solo quando questa può venire in contatto con le mosche che vi depongono le uova (a); se tale contatto è impedito (b), non compare alcuna larva.

fortemente orientato a un esame critico, "alla luce della ragione" (*razionalismo*), di convinzioni filosofiche e scientifiche ancorate alla fede nella religione e nell'autorità di pensatori "classici".

- Il naturalista inglese **John Ray** (1627-1705) intorno al 1700 introduce il moderno concetto di specie, descrive oltre 18 000 piante e si applica allo studio degli animali.

- Verso la metà del Settecento il naturalista svedese **Carl von Linné** (Linneo) (1707-1778) pubblica studi fondamentali riguardanti la classificazione delle piante e degli animali. Con lui nasce la *sistematica moderna*.

- Nella seconda metà del secolo si segnala l'opera del biologo emiliano **Lazzaro Spallanzani** (1729-1799) che dimostra con esperimenti molto rigorosi (1767) l'infondatezza della teoria della generazione spontanea che ancora godeva di largo credito (nonostante ciò la teoria continuò a lungo ad avere sostenitori).

Spallanzani effettua anche fondamentali studi sul processo della digestione e nel campo dell'embriologia.

- La seconda metà del Settecento è dominata dall'opera del naturalista francese **Georges Buffon** (1707-1788) che esercita grande influenza sulla cultura europea con i 36 volumi della sua *Histoire naturelle* ("Storia naturale") (fig. 7). Buffon, pur non essendo evoluzionista, non accetta la cronologia biblica che attribuiva alla Terra un'età di circa 4000 anni, ma ipotizza



Fig. 7.

Una delle numerose tavole illustrate presenti nell'*Histoire naturelle* di Buffon.

75 000 anni (oggi si attribuisce al nostro pianeta un'età di 4,5 miliardi di anni).

- Il periodo finale del Settecento è caratterizzato dalla nascita della *chimica moderna*, il cui fondatore è il francese **A. L. Lavoisier** (1743-1794), che tra gli altri fondamentali contributi definì la natura chimica della *respirazione*, considerandola una reazione di lenta combustione con l'intervento dell'ossigeno dell'aria, accompagnata dalla produzione di diossido di carbonio. Ciò costituì la base di tutte le successive indagini sulla fisiologia del processo respiratorio.

■ L'OTTOCENTO E IL NOVECENTO

Il XIX secolo è caratterizzato da rilevanti trasformazioni teoriche e svolte concettuali: tra le varie conseguenze di questi cambiamenti si determina un modo nuovo di indagare i fenomeni della vita.

La biologia diventa una scienza autonoma: il termine "biologia" fa la sua comparsa all'inizio del secolo e il suo campo di interesse viene ben delineato da Lamarck (1801) come ricerca "sulla natura, le facoltà, gli sviluppi e l'origine dei corpi viventi", in cui si intravedono le idee di trasformazione e di evoluzione.

Importanti furono anche i progressi registrati dalla chimica a cavallo fra Settecento e Ottocento, per le loro ripercussioni sullo studio della materia vivente. Si prende atto che i cambiamenti che si osservano nelle sostanze chimiche nel corso delle reazioni effettuate in laboratorio sono del tutto analoghi ai processi che intervengono nelle sostanze organiche che si trovano all'interno degli organismi viventi.

La chimica della vita si può quindi studiare sperimentalmente: da qui il forte impulso alla ricerca nel campo dei processi fisiologici (respirazione, digestione, escrezione) che si basano su trasformazioni chimiche.

A partire da questo periodo vengono poste le moderne basi scientifiche che porteranno via via alla definizione dei grandi principi su cui si fonda l'attuale biologia, che si possono riassumere nelle seguenti teorie di base:

- **teoria cellulare (1838-1858);**
- **teoria dell'evoluzione (1859);**
- **teoria dell'omeostasi (1932);**
- **teoria molecolare del codice genetico (1953-1966).**

• Il pensiero biologico di **Jean Baptiste de Lamarck** (1744-1829), botanico francese dedicatosi poi alla zoologia, parte da una concezione molto antica: la "grande scala degli esseri". Secondo questo modo di vedere, tutti gli esseri (minerali, vegetali, animali) sono disposti secondo una (o poche) serie di modificazioni, o miglioramenti, successivi. Per esempio, le specie animali formano una continuità ascendente che va dalle forme più semplici a quelle più complesse.

Oggi non si accetta più il concetto della "grande scala" degli esseri; tuttavia, Lamarck cerca di rendere conto delle trasformazioni delle specie degli organismi viventi avanzando l'ipotesi "del-

l'uso e del disuso" di certi organi come risposta ai cambiamenti ambientali: gli organi subirebbero in tal modo modificazioni che si trasmetterebbero alla discendenza; anche se questa ipotesi si rivelerà infondata, Lamarck è considerato come il primo evolucionista scientifico.

• Altri importanti biologi francesi tra il Settecento e l'Ottocento sono **Geoffroy Saint-Hilaire** (1772-1844) (fig. 51) e **Georges Cuvier** (1769-1832), ambedue studiosi di teoria delle forme animali, sia viventi sia fossili (Cuvier è anche considerato il fondatore dell'*anatomia comparata*).



Fig. 8.
Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844).

• Nel 1828 il chimico tedesco **Friedrich Wöhler** (1800-1882) (fig. 9) sintetizza, per la prima volta in laboratorio, una molecola organica (l'*urea*). Viene così dimostrata la continuità tra la materia inorganica (ritenuta minerale e inerte) e la materia organica (ritenuta frutto di una forza vitale, *vis vitalis*, operante negli organismi).



Fig. 9.
Friedrich Wöhler (1800-1882).

• Nel 1838 il botanico tedesco **Mathias Schleiden** (1804-1881), giunge alla conclusione che tutte le piante sono costituite da unità viventi, le "cellule" e attribuisce al nucleo cellulare, scoperto nel 1831 dal botanico inglese **Robert Brown** (1773-1858), un ruolo nella formazione di nuove cellule.

Nel 1839 il biologo tedesco **Theodor Schwann** (1810-1882) stabilisce che *tutti gli esseri viventi sono fatti di cellule*, compresi l'uovo (la cellula uovo) e le fibre muscolari, e designa questa concezione come **teoria cellulare**. Questa viene in seguito completata (1856) dal patologo tedesco **Rudolf Virchow** (1831-1902) che stabilisce che le cellule non si formano da sostanza amorfa, ma derivano dalla divisione di altre cellule preesistenti; in altre parole *ogni cellula deriva da una cellula*. Da questo momento in poi le cellule vengono considerate come le più piccole unità viventi e come la base stessa della struttura e del funzionamento di ogni organismo.

• Nel 1847 **Hermann Helmholtz** (1821-1894) (fig. 10), fisico e fisiologo tedesco, dimostra che gli esseri viventi non vengono mossi da un'ipotetica forza vitale, perché anche per essi vale il principio fisico di conservazione dell'energia (*primo principio della termodinamica*).



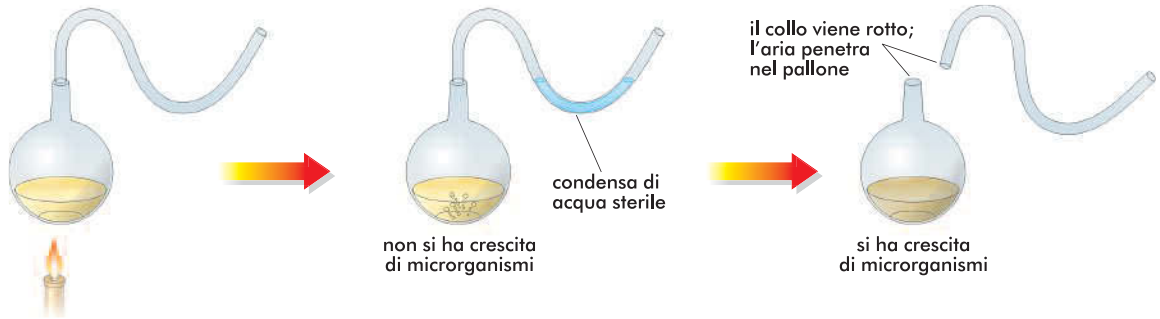
Fig. 10.
Hermann Helmholtz (1821-1894).

• Altri progressi in fisiologia si devono al fisiologo francese **Claude Bernard** (1813-1878) che, tra l'altro, dimostra che non solo le piante, ma anche gli animali sono capaci di sintetizzare gli zuccheri (per esempio, il glicogeno nel fegato); Bernard inoltre, intorno al 1850, avanza l'idea che le attività dell'organismo siano soggette a meccanismi di autoregolazione, delineando il concetto che in seguito sarà chiamato "omeostasi".



Fig. 11. L'esperimento con cui Pasteur (qui ritratto in un dipinto nel suo laboratorio), provò definitivamente che, nelle condizioni attualmente esistenti sulla Terra, non vi è generazione spontanea.

11



a. Un pallone è riempito di brodo e al suo collo viene fatta assumere una forma a S; il brodo viene bollito per uccidere ogni microrganismo presente

b. Mentre il brodo si raffredda, nella curva del collo del pallone condensa del vapore e l'acqua che si forma blocca l'aria; nel brodo non si ha crescita di microrganismi

c. Se, in seguito, il collo del pallone viene spezzato, l'aria che penetra dall'esterno reca spore di microrganismi; ben presto il brodo pullula di microrganismi

- Nel 1857 il chimico e biologo francese **Louis Pasteur** (1822-1895) getta le basi della *microbiologia*. Dimostra che la fermentazione, alcolica e lattica, non è un fenomeno esclusivamente chimico, essendo dovuto all'opera di microrganismi. Inoltre, dimostra che i microrganismi (batteri) possono nascere solo da altri microrganismi (*fig. 11*) confutando definitivamente la teoria della generazione spontanea e pone le premesse per la lotta contro le infezioni e le malattie infettive.

- Nel 1859 il naturalista inglese **Charles Darwin** (1809-1882) pubblica *L'origine delle specie*, dove espone la **teoria dell'evoluzione**. L'impatto di questo libro sul pensiero scientifico e sull'opinione pubblica fu enorme.

- Nel 1866 l'abate boemo **Gregor Mendel** (1822-1884) pubblica il frutto di lunghe ricerche condotte sugli ibridi delle piante di pisello. Getta così le basi della *genetica*, ma il suo lavoro, in anticipo sui tempi, non viene preso in considerazione dalla comunità scientifica. Soltanto nel Novecento le leggi dell'ereditarietà verranno "riscoperte" da altri scienziati.

- Il 1875 è un anno importante per la biologia perché in Germania il botanico **Eduard Strasburger** (1844-1922) e lo zoologo **Otto Bütschli** (1848-1920) scoprono, rispettivamente nelle piante e negli animali, che il nucleo di ogni cellula deriva dalla divisione di un altro nucleo (mitosi).

Nello stesso anno lo zoologo tedesco **Oskar Hertwig** (1849-1922) stabilisce che la fecondazione si basa sulla fusione dei nuclei cellulari dell'uovo e dello spermatozoo. Sette anni dopo il biologo tedesco **Walther Flemming** (1843-1905) scopre che nel nucleo vi sono corpiccioli allungati (cromosomi) che, durante la divisione cellulare, si dividono longitudinalmente.

- Nel 1898 il medico italiano **Camillo Golgi** (1844-1926), colorando le cellule con nitrato d'argento, scopre l'apparato cellulare che da lui prende il nome. Tale tecnica permette a lui, e all'istologo spagnolo **Santiago Ramón y Cajal** (1852-1934), di descrivere con precisione la struttura delle cellule nervose.

- Nel 1910 il biologo statunitense **Thomas H. Morgan** (1866-1945) stabilisce che l'unità ereditaria (gene) è una

parte materiale del cromosoma, convalidando la *teoria cromosomica dell'ereditarietà* (avanzata nel 1903 dal biologo statunitense Walter Sutton).

- Negli anni 1920-1930 l'idea di evoluzione biologica va in crisi e il darwinismo viene sottoposto a critiche. Ma negli anni successivi i progressi della genetica e le nuove acquisizioni scientifiche confermano le idee evoluzioniste. Nasce così il *neodarwinismo*.

- Nel 1932 il medico statunitense **Walter Cannon** (1871-1945), ricollegendosi all'idea di Claude Bernard, definisce i capisaldi della **teoria dell'omeostasi**.

- Nel 1944 il fisico austriaco **Erwin Schrödinger** (1887-1961) pubblica il libro *The secret of life (Che cos'è la vita?)* dove pone le basi teoriche della struttura del gene: il materiale ereditario porta un messaggio in codice.

Nello stesso anno il medico canadese **Oswald Avery** (1877-1955) e collaboratori, negli Stati Uniti, forniscono la prima dimostrazione che la molecola contenente l'informazione genetica è il **DNA**.

- Nel 1952 il biologo inglese **Hugh E. Huxley** (n. 1924) descrive l'ultrastruttura della fibra muscolare al microscopio elettronico, confermando la teoria della contrazione muscolare come "scorrimento di filamenti". Negli anni successivi molte altre strutture cellulari vengono scoperte, o ride-scritte, per mezzo della microscopia elettronica.

- Nel 1953 il biologo statunitense **James Watson** (n. 1920) e il chimico e biologo inglese **Francis Crick** (1916-2004), studiando le immagini prodotte dalla diffrazione a raggi X, arrivano a descrivere la molecola del DNA come una doppia elica (fig. 12). Affermano inoltre che tale struttura suggerisce l'esistenza di un meccanismo di copiatura del materiale genetico.

Nel 1961 i biochimici francesi **François Jacob** (n. 1920) e **Jacques Monod** (1910-1976) descrivono il meccanismo di regolazione, a livello del DNA, della sintesi proteica. Entro il 1966 i biochimici statunitensi **Marshall Nirenberg** (n. 1927) e **Gobinda Khorana** (n. 1922) arrivano a decifrare completamente il codice genetico: esistono ora tutti gli elementi che permettono di enunciare la **teoria molecolare del codice genetico**.

- Nel 1972 il biochimico statunitense **Paul Berg** (n. 1926) realizza la prima molecola di DNA ibrida, ottenuta con frammenti di DNA di specie diverse (*DNA ricombinante*).

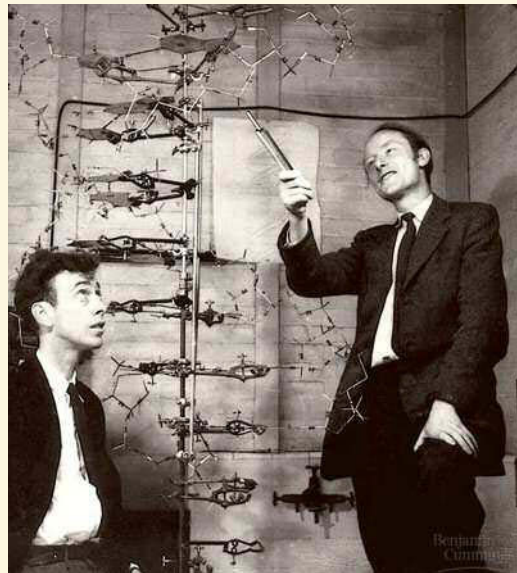
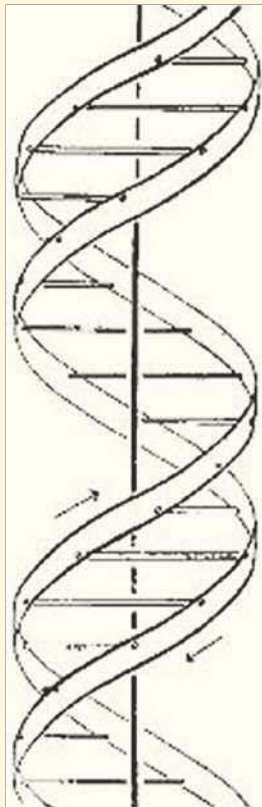


Fig. 12. A lato, la struttura molecolare del DNA presentata da Watson e Crick e pubblicata nel 1953 in un articolo dalla rivista *Nature* in cui ne annunciavano la scoperta. Nell'immagine i due scienziati accanto a un modello della struttura a elica del DNA.

- Nel 1975 nasce l'*ingegneria genetica*, con la realizzazione della prima proteina ricombinante prodotta da un DNA (gene) artificiale: si tratta della somatostatina, proteina che regola la crescita del corpo umano. Da allora sono state prodotte, con il DNA ricombinante, molte altre molecole utili quali la so-

matotropina, l'insulina, i fattori di crescita, gli antibiotici e altre ancora.

- Nel 2003 viene completato lo studio che ha portato alla descrizione del *genoma umano*, con l'identificazione dei circa 25 000 geni che lo costituiscono (fig. 13).

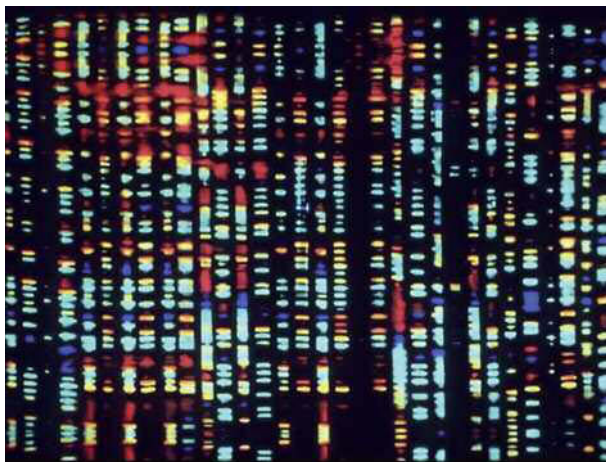


Fig. 13.

A sinistra, mappatura del DNA che ha permesso di completare la descrizione del genoma umano.

A destra, una macchina di recente ideazione, che permette di decifrare il genoma umano di un individuo in poche ore. L'utilizzo di questa macchina potrebbe sia rivoluzionare la cura dei pazienti, sia favorire la ricerca scientifica.