

CAPITOLO PRIMO

LA SCIENZA E LA TECNOLOGIA



*Galileo mostra ai Dogi di Venezia come si usa il telescopio
Affresco di Giuseppe Bertini (1825-1898)*

QUADRO INIZIALE

In questo capitolo ci si propone innanzi tutto di offrire una visione immediata e sintetica delle tematiche afferenti alle scienze e tecnologie applicate, definendo termini quali "scienza", "tecnologia" e "tecnica". Di seguito viene trattato "il metodo scientifico" attraverso il quale le conoscenze sperimentalmente acquisite assumono validità scientifica. Il capitolo poi si sviluppa volendo fornire esempi significativi delle ricadute per la vita dell'uomo che il progresso, collegato alle scienze applicate, ha avuto nel corso dei secoli. Il microscopio è assunto come simbolo dell'evoluzione tecnologica; la storia della medicina e in particolare il progresso in ambito diagnostico e l'ingegneria genetica sono chiari esempi di come l'uomo possa usare le scoperte scientifiche per fini buoni; i principi di automazione e gli strumenti di misura ad alta tecnologia, che hanno rivoluzionato le modalità di lavoro, migliorando le prestazioni in tutti i settori, completano una prospettiva d'insieme che lascia ampi spazi ad approfondimenti personali a trecentosessanta gradi.

1.1 Scienza, tecnica e tecnologia

Gli alunni che si apprestano a studiare la disciplina chiamata "Scienze e Tecnologie Applicate", per comprendere meglio l'oggetto del loro sforzo, devono conoscere il significato stesso delle parole che definiscono l'ambito di studio. Per questo è bene

dire brevemente, prima di ogni altra cosa, cosa è la scienza, cosa è la tecnologia, quale è la differenza tra tecnica e tecnologia e cosa significa *scienza e tecnologia applicata*.

La **scienza** è un *sistema di conoscenze*, acquisite con procedimento *sistematico* e *rigoroso*, per descrivere la realtà fattuale in modo oggettivo attraverso le leggi che governano i fenomeni naturali. Si tratta dunque dell'insieme dei risultati dell'attività di ricerca dell'uomo, prevalentemente organizzata, con lo scopo ultimo di comprendere e modellizzare gli eventi naturali al fine di prevederne i possibili sviluppi.

Tali conoscenze, per assumere validità scientifica, devono essere raggiunte attraverso il **metodo scientifico**. Il metodo scientifico rappresenta la modalità di procedere per indagare sui fenomeni della natura e raggiungere la conoscenza della realtà che sia *oggettiva, affidabile, verificabile* e *condivisibile*. Prevede l'osservazione sperimentale di un evento, la formulazione di un'ipotesi generale e la possibilità di verifica attraverso osservazioni successive.

Le fasi tipiche del metodo scientifico sono le seguenti:

- ✚ **Analisi del problema:** l'indagine inizia da un problema da risolvere in riferimento al quale il ricercatore comincia a raccogliere informazioni per comprenderne la natura.
- ✚ **Formulazione di una ipotesi:** l'ipotesi è un assunto non ancora supportato da verifiche sperimentali. Il ricercatore formula una ipotesi di soluzione al problema.
- ✚ **Definizione del metodo di lavoro:** il ricercatore definisce il metodo di lavoro che seguirà per la sua ricerca.
- ✚ **Raccolta dei dati:** il ricercatore raccoglie dati e informazioni che emergono dalla sperimentazione.
- ✚ **Elaborazione dei dati raccolti:** il ricercatore elabora i dati raccolti per produrre risultati finali e definire uno o più modelli del fenomeno studiato.
- ✚ **Verifica dell'ipotesi:** in questa fase il ricercatore verifica la corrispondenza tra i risultati ottenuti dall'attività di ricerca e le sue ipotesi iniziali.
- ✚ **Comunicazione del risultato:** la comunicazione dei risultati ottenuti rappresenta la fase finale dell'attività di ricerca. Il ricercatore comunica alla comunità scientifica la sua attività di ricerca, il metodo, i dati e i risultati ottenuti, tramite la pubblicazione di apposite relazioni su riviste scientifiche o accademiche. E' una fase che assume rilievo sia perché consente la divulgazione della conoscenza, sia in quanto permette di

avviare successive verifiche da parte di altri ricercatori per confermare i risultati o per verificare eventuali anomalie nell'attività di ricerca. La comunicazione scientifica prevede un linguaggio formalizzato e specifico.

Elementi importanti di ogni indagine scientifica, in relazione alla verificabilità e alla significatività dei risultati ottenuti, sono la *ripetibilità* e la *riproducibilità* dei dati. Per ripetibilità si intende la concordanza tra i dati riscontrati, mantenendo le stesse condizioni ed effettuando le misure nel breve periodo. Per riproducibilità si intende la concordanza dei dati cambiando una o più condizioni.

Dall'attività di ricerca emergono *leggi* e *teorie*. La legge è una generalizzazione del fenomeno che ha valore assoluto nel suo ambito di applicazione.

Esempio: la legge di gravitazione universale di Newton afferma che ogni punto materiale attrae ogni altro punto materiale con una forza che è direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza secondo una costante G (costante di gravitazione universale).

$$F = G \frac{M_1 \times M_2}{r^2}$$

La teoria invece è la spiegazione di un fenomeno che ha solide basi sperimentali. Ogni teoria scientifica sviluppa un *modello*, cioè un'astrazione che permetta la rappresentazione matematica o, più in generale, razionale del fenomeno. Un modello quindi è una descrizione semplificata di un insieme di fenomeni che si basa su osservazioni e leggi sperimentali.

Un modello è utile per fare *previsioni*

Esempio: il modello che, secondo la meccanica quantistica di Newton, descrive come si muovono i corpi per effetto delle forze che agiscono su di essi, permettere di prevedere con precisione quando avvengono le eclissi di sole.

Un modello è utile per *progettare* dispositivi tecnologici

Esempio: nel 1969 è stato possibile inviare un astronave sulla luna grazie ad un modello che, secondo la meccanica quantistica di Newton, descrive il moto della navicella spaziale, della Terra e della Luna.

Quando si parla di metodo scientifico non si può non menzionare Galileo Galilei, al quale si deve la moderna concezione del metodo scientifico. Per primo infatti affermò l'importanza della sperimentazione empirica e della dimostrazione matematica per spiegare qualsiasi fenomeno naturale osservabile. L'affermazione del metodo scientifico demarca il confine inviolabile tra la scienza e la superstizione e segna l'inizio della scienza moderna, storicamente ravvisabile nella rivoluzione scientifica del XVII secolo.

La scienza è strettamente legata alla tecnologia e alla tecnica.

La **tecnologia** studia i materiali, i procedimenti e le attrezzature necessarie alla trasformazione di una materia prima in un prodotto industriale, basandosi sui principi della scienza.

La **tecnica** invece si occupa di tutte le modalità pratiche di lavorazione acquisite empiricamente, basate sulla prassi e/o sull'applicazione di conoscenze scientifiche. L'evoluzione della tecnica indica il grado di sviluppo sociale, in una determinata epoca e in una specifica area geografica, definendone anche la capacità produttiva.

Quando la tecnica viene sistematizzata si ha il passaggio alla tecnologia. Con il progressivo affermarsi di una società industriale e con il successivo evolversi dell'organizzazione aziendale, l'azienda diventa anche la sede per fare ricerca e sempre più la tecnica corrisponde al modo di operare di tipo industriale in tutti i settori della società, investendo quasi tutte le aree di attività.

E' a questo punto agevole definire le "**scienze applicate**" come tutte quelle discipline scientifiche che trasformano i risultati della ricerca pura in tecnologia, impiegando le conoscenze scientifiche per la realizzazione di prodotti e servizi.

La tecnologia ha avuto un'influenza decisiva sul benessere dell'uomo e della collettività. L'utilizzo delle tecnologie per convertire le risorse naturali in oggetti e servizi utili alla vita dell'uomo risale nel tempo. Fin dalla preistoria l'uomo si ingegna: la scoperta del fuoco aumenta le fonti disponibili di cibo e l'invenzione della ruota ha permesso all'uomo di viaggiare coprendo distanze sempre più ampie. Dal telegrafo senza fili di fine ottocento ad internet sembra passato un tempo infinito. In realtà il progresso scientifico e tecnologico procede molto in fretta e permette alle persone di comunicare e interagire in un mondo globalizzato che appare sempre più ristretto. Ma come non ricordare che l'uomo non ha usato le tecnologie sempre a scopo pacifico? Dal tempo in

cui gli strumenti di aggressione reciproca erano i bastoni, si è passati alla bomba atomica e allo sviluppo di armi con un sempre crescente potenziale distruttivo.

Le diverse tecnologie rappresentano lo sbocco pratico di svariati percorsi di studio e formazione, intuizioni e sperimentazioni che si incontrano con le esigenze pratiche dell'uomo di oggi, ma anche con interessi economici spesso non pregevoli.

Chi trascura gli ambiti disciplinari di cui ci stiamo occupando rischia di appartenere a crescenti sacche di nuovo analfabetismo.

Il fascino del sapere scientifico consiste nell'illusione della certezza che ci rende sicuri del proprio agire fino al delirio di onnipotenza. Un'illusione appunto. Osservare, interpretare, verificare e comprendere costituiscono la natura stessa del pensiero critico che pone il dubbio, più che la certezza, al centro del metodo scientifico e della costruzione della conoscenza. Non a caso Einstein consigliava di passare almeno mezz'ora al giorno a pensare il contrario di quello che dicevano i colleghi.

ESPERIENZA DI BIOLOGIA: LE TAPPE DEL METODO SIENTIFICO

Per comprendere il significato del metodo sperimentale viene proposta una semplice esperienza.

MATERIALI OCCORRENTI:

Capsule di Petri, soluzione di Lugol, spatole, amido, latte, farina, carne, pasta.

1. OSSERVAZIONE DEL FENOMENO: porre una goccia di Lugol sull'amido, sul latte, sulla farina. Il Lugol da giallo diventa blu scuro a contatto con l'amido e la farina, resta giallo a contatto con il latte.
2. ANALISI DEL PROBLEMA: Il Lugol reagisce con l'amido e il suo cambiamento di colore è una conferma. Esso si comporta nello stesso modo con la farina e non con il latte, in quanto la farina contiene amido. PROBLEMA: "Quali cibi hanno l'amido?"
3. FORMULAZIONE DI UNA IPOTESI: Poiché la differenza tra la farina e il latte è che la farina è di origine vegetale, mentre il latte è un alimento di origine animale, è possibile ipotizzare: "Poiché la farina contiene amido e la farina è un cibo di origine vegetale, *se l'amido è lo zucchero dei vegetali, allora ogni altro cibo di origine animale non lo contiene*".
4. DEFINIZIONE DEL METODO DI LAVORO: si utilizza come cibo vegetale la pasta e come cibo animale la carne e si osserva il comportamento del Lugol (variabile dipendente) a contatto con i due materiali (variabili manipolate)
5. RACCOLTA DEI DATI e LORO ELABORAZIONE: il Lugol non cambia colore a contatto con la carne, mentre cambia a contatto con la pasta.
6. VERIFICA DELL'IPOTESI: il Lugol a contatto con la carne non cambia colore,

perché essa è un cibo di provenienza animale, come previsto nell'ipotesi (infatti contiene il glicogeno, zucchero di riserva negli animali); il Lugol a contatto con la pasta cambia colore, perché essa è un cibo di provenienza vegetale, come contenuto nell'ipotesi (contiene l'amido, zucchero di riserva nei vegetali).

7. COMUNICAZIONE DEL RISULTATO: *"I cibi animali non contengono amido, ma un altro tipo di zucchero"*.



GALILEO GALILEI

Galileo Galilei (Pisa 1564 – Arcetri 1642), fisico astronomo e filosofo, è chiaro esempio della sintesi naturale e possibile tra le diverse dimensioni del sapere che, unitariamente intese, illuminano il percorso di menti eccelse come la sua, e indicano agli uomini la strada verso la comprensione del mondo.

L'accademico dei Lincei (fu tra i soci fondatori dell'Accademia Nazionale dei Lincei, fondata dal principe Federico Cesi nel 1603, con l'intento di rinnovare il sapere scientifico) è anche l'emblema della integrazione tra la scienza e la tecnologia: il cannocchiale, da lui perfezionato, pone l'accento sulla dimensione tecnologica senza la quale le teorie non potrebbero essere sostenute dall'evidenza scientifica. Con il cannocchiale Galilei cominciò a studiare il cielo e rivoluzionò l'astronomia, costringendo tutti a guardare l'universo mondo con occhi nuovi e critici. Di fronte alla possibilità di ammettere l'errore, le menti oscurate da anni di aristotelismo indiscusso e accolto dalla chiesa come la verità dell' *"ipse dixit"*, preferirono non guardare e perseverare nell'errore. Il Sant'Uffizio imprigionò l'eretico Galileo che fu costretto ad abiurare, ma oggi il mondo lo riconosce come "il padre della scienza moderna" e Giovanni Paolo II nel 1992 ha ufficialmente ritirato la condanna di Galileo, giudicandola una tragica incomprensione tra lo scienziato e l'Inquisizione. Il fatto va letto non solo con riguardo alla vicenda storica, ma soprattutto riflettendo sulla dialettica, ancora estremamente attuale, tra posizioni erroneamente considerate antitetiche. Galileo non ha mai smesso di affermare la conciliabilità delle sue teorie con la verità della Bibbia. I suoi scritti in prosa, celebrati per la chiarezza del linguaggio usato, sono pervasi dalla sua religiosità, dalla consapevolezza della grandezza di Dio, verso cui esprime gratitudine per le infinite possibilità dell'ingegno umano che trova un limite invalicabile in una verità più grande, di fronte alla quale ciascuno deve arrestarsi.

Abile divulgatore scientifico, fu il primo a scrivere di scienza in volgare. Galileo nelle sue opere usa spesso il dialogo tra personaggi, realmente esistenti o di fantasia, per

vivere dialetticamente le sue convinzioni, pur essendone persuaso. L'insegnamento che se ne ricava riguarda il pensiero critico, approccio ineludibile alla scienza, sistema di conoscenze temporanee e rivedibili.

Galileo occupa un posto di rilievo nel pensiero scientifico anche per aver descritto nelle sue opere un modo di procedere che ha innovato il metodo della ricerca. "Il metodo scientifico", sintesi di analisi sperimentale e modelli matematici, è il metodo della scienza moderna. La necessità di convalidare le teorie attraverso la verifica sperimentale è ben spiegata dalle parole di Galilei: *"I discorsi nostri hanno ad essere intorno al mondo sensibile, e non sopra un mondo di carta"*.

1.2 Scienza e tecnologia al servizio dell'uomo

Questo viene detto da un insegnante ai suoi studenti ...

Due mondi a confronto

Perché ora siamo qui e stiamo chiacchierando tranquillamente assieme di futuro, di speranze, del dolce mondo che ci aspetta?

Perché non abbiamo il problema della sopravvivenza. Abbiamo mangiato, siamo piuttosto sani, senza malattie gravi, non abbiamo arti feriti o danneggiati. Voi siete ancora giovanissimi, non avete pensieri e non avete nessuna intenzione di preoccuparvi dei vostri discendenti, i vostri futuri figli. Le vostre previsioni per i prossimi anni sono: molto divertimento ed un po' di studio. Voi avete i vostri genitori ancora giovani e sani che vi garantiscono un futuro tranquillo, io come docente sono vivo e spero di esserlo ancora a lungo.

Questo succede perché ci sono la scienza e la tecnologia che ci consentono e che creano questa vita agiata, che creano uno scudo potente contro la brutalità e le spietate leggi della natura.

Che cosa succederebbe se tecnologia e scienza non ci fossero?

Tanto per cominciare io non ci sarei, sarei già morto perché ho assai più di 30 anni.

La speranza di vita media in una civiltà pretecnologica è di 25/35 anni.

Voi non avreste più i genitori, anche loro probabilmente sono over 35 e sarebbero già morti. Voi sareste a metà della vostra vita, dovrete affrettare i tempi per accoppiarvi e procreare, altrimenti al momento della vostra morte che si approssima, i vostri figli sarebbero ancora troppo piccoli per sopravvivere.

Sareste malati di infezioni cutanee, avreste forse giardiasi, filariosi, sareste pieni di parassiti, ed incredibilmente sporchi, talmente sporchi che il vostro nauseante odore sarebbe un pericoloso richiamo per i predatori ed un avviso di pericolo per le possibili prede: le vostre tattiche di caccia sotto vento acquisite da tempo da voi e dai vostri simili ne sono una conferma. Ma soprattutto siete affamati, una fame costante, una

fame senza speranza di essere mai completamente saziata.

Non avreste tempo da perdere qui a chiacchierare e scherzare con me, e dopo queste leggere e amichevoli ore di scuola non tornereste al caldo nelle vostre accoglienti casette, perché la casa non ci sarebbe, la scuola non ci sarebbe e nulla di ciò che vi è consueto sarebbe attorno a voi. Sareste in giro in una disperata ricerca di cibo, per voi e la vostra compagna che vi aspetta affamata nella tana in qualche modo ricavata in un anfratto naturale. Sareste appena consci, nella visione nebbiosa del vostro futuro, che un incidente o una ferita potrebbero esservi fatali. Ogni caccia sarebbe una partita con la morte, ogni ferita una morte probabile. Vi muovereste in modo circospetto in un ambiente altamente ostile per cercare di evitare incontri pericolosi. Non avreste statistiche sotto mano e dunque non sapreste che la caccia a cui andate incontro si risolve positivamente una volta su dieci e perciò, immaginando il sapore della carne fresca fra i denti, vi dirigereste emozionati e famelici verso l'ennesimo probabile insuccesso che vi lascerebbe ancora più affamati. Vi siete mai rotti una gamba, un piede, una spalla, nella vostra dolce e comoda vita di esseri tecnologici? Bene, probabilmente quello sarebbe stato il punto di svolta della vostra vita in un mondo primitivo. Sarebbe stata l'ultima cosa fatta da voi, ci sarebbe forse voluto un giorno, una settimana, un mese, ma un uomo con un arto gravemente danneggiato, nella vita pretecnologica, è inesorabilmente avviato all'estinzione, non può essere efficiente nella caccia, non può nutrirsi bene ed essere forte e quindi deperisce e si incammina verso la fame più nera. Se la vostra compagna non vi abbandona, anche lei farà la stessa fine e dunque presto sarete solo e per voi ci sarà la fine. Il branco vi aiuterà se è nutrito e florido ed in buone condizioni, ma lo farà per un certo tempo e poi vi abbandonerà, ferite gravi sono un rischio anche per chi vi aiuta. Dunque, l'imperativo è procacciarsi il cibo ma restare integri: ecco perché, nel nostro subconscio, abbiamo tanta paura del nostro sangue e ci sgomentano così le nostre ferite.

In questo scenario duro e spietato siete infelici? No, non avete confronti, queste sono le condizioni del gioco e questo è l'unico modo di giocare che conoscete, il caldo di una compagna alla sera, il cibo in qualche modo rimediato, qualche ora di riposo, sono loro stessi la felicità. Certo non siete meno felici di ora, qui con me. La nostra analisi non ha nulla a che fare con la felicità dell'animo, si occupa solo di benessere materiale e la tecnologia non contribuisce alla felicità, solo al benessere materiale, ma questa è tutta un'altra storia.

Le conoscenze in ambito scientifico e gli strumenti e le tecnologie che da esse derivano servono per risolvere problemi pratici della vita umana ottenendo vantaggi pratici.

Ecco alcuni esempi in diversi settori.

- ✚ Una massa cellulare come un neo o un fibroma sono alterazioni di cellule e tessuti che pregiudicano la sopravvivenza di un individuo? SOLUZIONE: il

chirurgo asporta e l'istologo o il citologo fa un esame istologico o citologico per osservare, con l'uso del microscopio, i caratteri strutturali delle cellule e capire se vi è un'alterazione patologica.

- ✚ Resti umani ritrovati in un canale a chi appartengono? SOLUZIONE: l'antropologo forense compie analisi sull'osso, denti, larve di insetto raccolte per dare un'identità; l'anatomo-patologo esegue un'autopsia per stabilire la causa del decesso. Queste informazioni permetteranno agli organi di investigazione di chiudere un'indagine investigativa.
- ✚ L'inquinamento del mare da fuoriuscita di petrolio si può eliminare? SOLUZIONE: un ingegnere civile ed ambientale applica tecnologie fra cui la biodegradazione delle sostanze organiche con carica batterica aerobia in opportuno ambiente (ossigeno, nutrienti).
- ✚ Come si può risolvere il problema dell'ottenere energia senza produrre inquinamento? SOLUZIONE: l'ingegnere recupera energia dai materiali di scarto utilizzando le tecnologie di un termovalorizzatore (combustione, tecnologie per conversione dell'energia termica a energia elettrica, tecnologie per ridurre le polveri sottili).
- ✚ Quanti incidenti accadevano quando un guidatore era costretto ad una frenata improvvisa in emergenza? SOLUZIONE: un ingegnere meccanico si è inventato un dispositivo che impedisce il bloccaggio delle ruote, causa la diminuzione della capacità frenante e quindi dello spazio di frenata. Le macchine oggi sono più sicure!
- ✚ La Sacra Sindone, lenzuolo che secondo la tradizione ha avvolto il corpo di Gesù nel sepolcro, è autentica o è un falso? SOLUZIONE: i chimici dei laboratori di Oxford, Tucson e Zurigo, indipendentemente l'uno dall'altro, hanno datato il lenzuolo con la tecnica radiometrica del ^{14}C . Questo è un isotopo radioattivo che rimane integro negli organismi viventi. Dopo la morte il ^{14}C decade e la quantità che si ritrova nei reperti archeologici, conoscendo la curva di decadimento radioattiva, permette di risalire al periodo riferibile ad un istante prima della morte. I risultati sulla Sacra Sindone la fanno risalire ad un periodo compreso tra il 1260 e il 1390.

Le conoscenze teoriche e pratiche costituiscono il patrimonio professionale di lavoratori impegnati nei vari settori, come nel campo medico e sanitario, ambientale, chimico-analitico, ingegneristico e tanti altri.

ESERCIZIO

Individuare un problema in ambito sanitario ed uno in ambito ambientale e individuare le tecnologie da applicare per la sua risoluzione, precisando le figure professionali coinvolte.

1.3 Il progresso scientifico nella medicina

Il progresso scientifico nell'ambito della Medicina è un chiaro esempio di come la Scienza e la Tecnologia abbiano contribuito fortemente ad allungare la speranza di vita media del genere umano e a migliorarne la qualità.

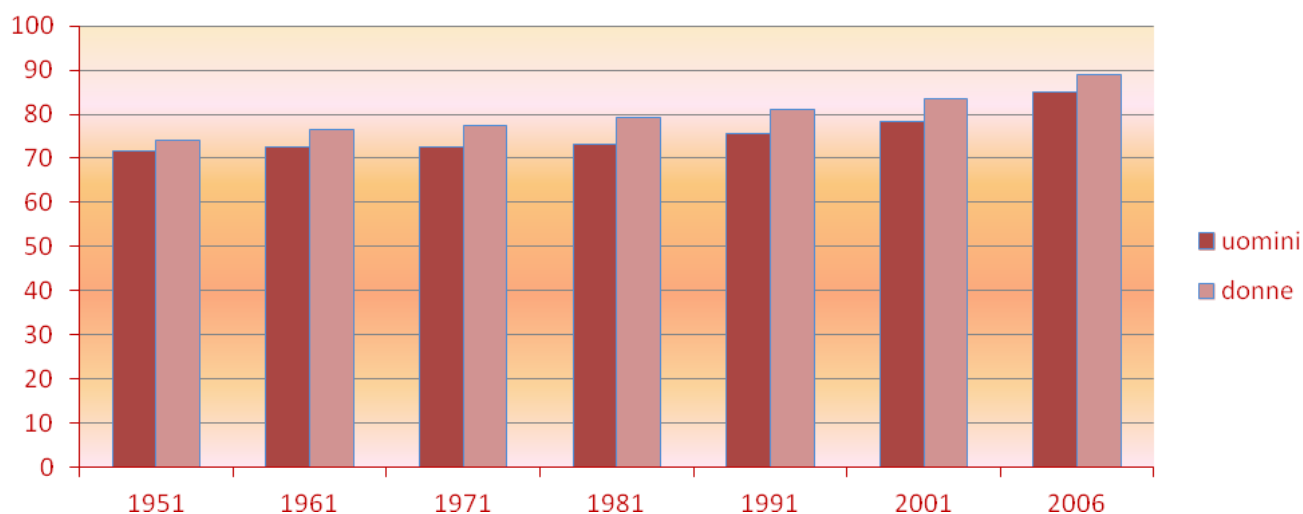
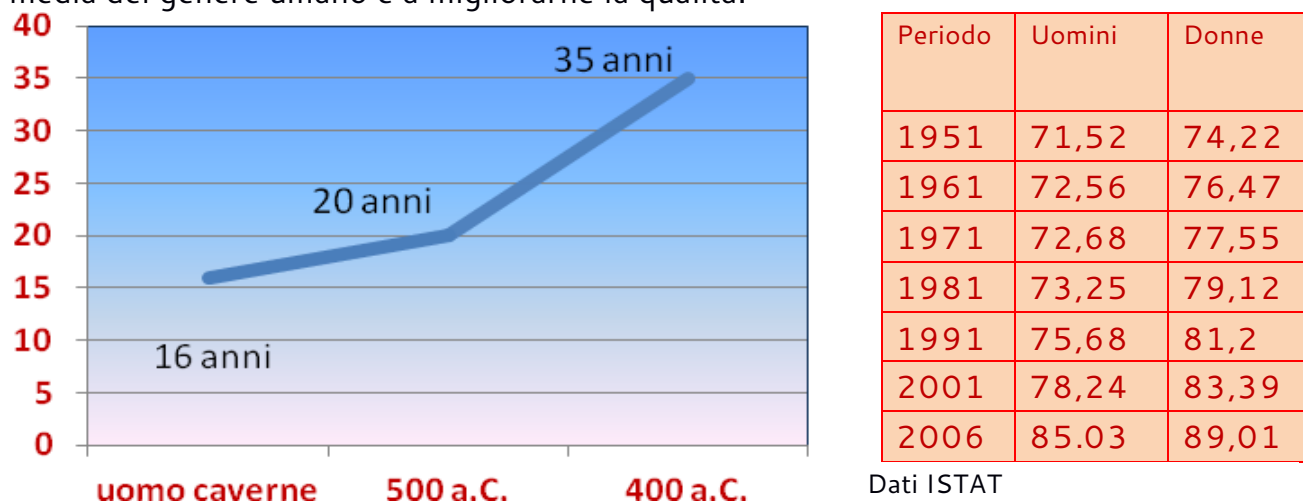


Figura 1.1-Andamento dell'aspettativa di vita media nel tempo

La paleopatologia ha evidenziato che tante malattie, ancora molto attuali, esistevano già nelle più antiche civiltà. La storia della medicina aiuta a capire come nei secoli lo sviluppo di tecniche diagnostiche e di analisi strumentali abbiano aiutato a comprendere la genesi di molte malattie (eziologia) e, di conseguenza, la migliore terapia.

Per esempio, solo in anni recenti, grazie allo studio dei tessuti (istologia), è stato possibile riscontrare una neoplasia rettale in una mummia egiziana mentre a Stetten, in Germania, studi su resti ossei provenienti da fossili dell'Uomo di Neanderthal, risalente

a circa 35000 anni prima di Cristo, hanno permesso di ipotizzare una neoformazione probabilmente riferibile ad un meningioma. Nell'antica Grecia notizie circa l'esistenza del cancro fin dal quindicesimo secolo A.C. sono affidate agli scritti di numerosi autori. Testi più recenti, come lo "Hippocratic Corpus" (dal 410 fino al 360 A.C.), attribuito ad Ippocrate, il padre della medicina, identificano in un eccesso di bile nera la causa di un tumore; ipotesi adottata da Galeno, altro illustre medico, nel Pergamum. Ippocrate usò le parole "carcinosa" e "carcinoma" per descrivere alcune varietà di tumori e rigonfiamenti che per Galeno somigliavano al granchio. Da qui il nome attualmente in uso per identificare alcune patologie tumorali.



Ippocrate: la medicina diventa scienza. Il volto amabile di Ippocrate dà senso al suo aforisma: "Dove c'è amore per il genere umano, c'è amore per l'arte del curare".

Molti altri esempi si potrebbero fare per dimostrare come la scienza medica, grazie allo sviluppo tecnologico, ha realizzato una straordinaria evoluzione in tutte le sue branche, segnando la storia dell'umanità di episodi che si identificano con il progresso stesso del genere umano e sottolineano i grandi passi compiuti dall'uomo grazie alla sua capacità di intuizione, alla sua curiosità, alla sua voglia di conoscenza. Dal primo test diagnostico di gravidanza presso gli antichi egizi nel 1250 A.C. ad oggi, tempo in cui robotica e telematica solo apparentemente si sostituiscono all'umana intelligenza per guidarci verso diagnosi sempre più accurate e precoci, sembra trascorso l'infinito, ma l'unico pensiero che induce a rinnovate speranze è la convinzione che tanto ancora

manca nel puzzle dell'umana conoscenza, vogliosa di intraprendere nuove inimmaginabili strade che ci stupiranno ancora.

Scoperte scientifiche e curiosità

I fatti che seguono vanno letti ricordando sempre che si tratta di scoperte fatte in periodi molto successivi rispetto ai tempi in cui sono accaduti, grazie a tecniche strumentali come quelle spettroscopiche che tanto impulso hanno dato all'evoluzione scientifica in svariati settori. Lo scopo non è solo quello di proporre eventi che suscitino la curiosità del lettore, ma anche quello di far volgere lo sguardo verso mestieri e professioni che della tecnologia si nutrono per fare ricerche volte alla conoscenza, che sempre sviluppa progresso se orientata dalle buone intenzioni dell'intelligenza umana.

Nel periodo del tardo giurassico, circa 80 milioni di anni fa, la terra era popolata di predatori dalle lunghe e possenti zampe posteriori, ma aventi zampe anteriori deboli e con solo tre dita: gli allosauri. Come avremmo potuto immaginare che anche gli allosauri si ammalavano di tumore?

Eppure nel British Museum, a Londra, in un fossile di allosauro sono visibili tracce di un tumore alla coda. In uno scheletro umano di 2 milioni di anni fa sono stati riscontrati quei segni di osteoartrite di cui ancora oggi si lamentano i nostri vecchi. E se dovessimo pensare che l'alcolismo è un problema frutto della nostra decadente società dei consumi, dovremmo ricrederci leggendo un papiro egizio del 2500 A.C. Il termometro per misurare la temperatura del nostro corpo appare a noi uno strumento banale, ma quante volte avrete visto il vostro medico rilevare i battiti del polso per capire se avete la febbre? Bene, i medici cinesi nel 3500 A.C. introdussero la rilevazione del polso rilevandone 200 tipi di cui 21 di esito letale.

Se per medicina si intende qualsiasi atto o procedimento che permetta di allontanare gli agenti patogeni (agenti che generano malattie), possiamo affermare che l'origine di questa scienza coincide con l'origine stessa dell'uomo, strettamente legata a risvolti di carattere religioso, filosofico, etnologico, ma è nel 1800 A.C. che si sviluppa in Egitto l'arte medica coltivata da sacerdoti.



La medicina nell'antico Egitto: la veste linda di lino bianco e la parrucca del medico sono il segno della dignità del suo stato.

Le "tecniche diagnostiche" consistono nella palpazione, nell'ispezione e, probabilmente, nell'auscultazione; l'uroscopia, cioè l'arte di fare diagnosi attraverso l'esame delle urine, che Shakespeare cita almeno due volte nelle sue opere, è il mezzo diagnostico più diffuso. Tutte le risorse del regno vegetale, animale e minerale vengono empiricamente impiegate in medicina, affiancate da immancabili rituali mistico-magico-religiosi. Nel papiro di Ebers del 1500 A.C. compare per la prima volta la parola "cervello".



Nello stesso periodo in Sardegna si definisce il ruolo della levatrice ("*femina acabadora*"), che non solo aiuta i bambini a venire al mondo, ma viene anche chiamata dai familiari dei malati terminali affinché ponga fine alle loro sofferenze in una sorta di occulta eutanasia popolare.

Le formiche e le mosche attratte dall'urina nel vaso e dal corpo di pazienti inducono i medici Indù a fare le prime empiriche diagnosi di diabete.

Figura 1.2-Strumenti chirurgici in un bassorilievo del tempio di Kom Ombo, Egitto

Un papiro conservato nel museo egizio di Berlino ci informa che, intorno al 1250 A.C., in Egitto, i medici per diagnosticare una gravidanza innaffiavano i sacchetti di semi di

grano e di orzo con le urine della donna e, nel caso i semi germogliassero, non dubitavano che la paziente fosse in dolce attesa.

Nello stesso secolo nasce la medicina ebraica connotata fortemente dal concetto teurgico della medicina: Dio è l'unica fonte di malattia o di ritrovato benessere per cui solo il sacerdote, in quanto uomo scelto da Dio, è il depositario dell'arte medica e unico strumento di guarigione.

Il primo esempio di rudimentale doping possiamo farlo risalire alle prime Olimpiadi di Atene (776 A.C.): gli atleti nei trenta giorni che precedevano i giochi venivano alimentati con enormi quantità di carne, che potevano raggiungere i 18 chilogrammi al giorno e, per incrementare i livelli ematici di testosterone arricchivano la loro dieta con testicoli di pecora. Soddisfacenti i risultati ottenuti in gara ma spesso letale l'esito della dieta.

Tanti altri esempi si potrebbero fare per ripercorrere le tappe dello sviluppo della medicina attraverso i secoli, dimostrando come tale cammino sia costellato di nuove scoperte e sia segnato dall'applicazione della scienza alla natura, in una parola dalla tecnologia.

Per questo, dopo aver illustrato alcuni curiosi modi per fare la diagnosi, facciamo un grande salto in avanti per comprendere la nuova concezione delle malattie nell'ottocento e l'impulso che alla medicina moderna è stato dato dalle strumentazioni diagnostiche.

MUSEO DI STORIA DELLA MEDICINA

<http://www.youtube.com/watch?v=D9ihzoLO-aQ>

STORIA E SCOPERTE DELLA MEDICINA

http://www.youtube.com/watch?v=H_bZmDr7ivo

Un nuovo modo per fare le diagnosi

All'inizio dell'ottocento si pensava che la malattia, qualunque fosse, riguardasse l'intero organismo. Nel corso del secolo tale concezione mutò e si cominciò a considerare la malattia come un'affezione riguardante un'area specifica del corpo umano e ogni patologia dovuta ad una determinata causa. Tale rinnovata concezione incoraggiò lo sviluppo di nuove tecniche diagnostiche e di nuove terapie.

Prima i medici seguivano le indicazioni dettate dagli scritti di Ippocrate, il quale riteneva che così come il mondo era costituito dai quattro elementi essenziali, aria terra acqua e fuoco, anche il corpo si componeva di quattro umori fondamentali: sangue, flegma, bile nera e bile gialla. La giusta proporzione tra questi elementi era garanzia di benessere, mentre la malattia era da attribuire allo squilibrio di uno dei quattro umori primari. Gli sforzi del medico per diagnosticare il male si concretizzavano nella identificazione dello

squilibrio e lo strumento diagnostico più efficace era la compilazione della “storia” del paziente, l’attuale anamnesi che, ancora oggi, assume fondamentale rilievo.

Quando la concezione della malattia cambiò, anche la diagnosi fu intesa come l’identificazione di un’affezione localizzata e, nei grandi ospedali della Francia postrivoluzionaria, si cominciarono ad usare nuovi strumenti diagnostici per individuare specifiche lesioni e confermarle dopo la morte attraverso l’autopsia.

La consapevolezza della necessità di individuare la causa della malattia rende possibile lo sviluppo della medicina preventiva sulla quale ancora oggi è necessario soffermarsi in campagne di sensibilizzazione, vista la fondamentale ricaduta sociale in termini di benessere collettivo e capacità produttiva.

L’uso di strumenti diagnostici venne ritenuto ormai essenziale e lo strumento che più di tutti aprì la strada alla medicina di laboratorio fu, fin dal XVII secolo, il microscopio e poi, nell’ottocento, l’opportunità di migliorare la conoscenza del corpo umano fu affidata a microscopi composti (formato da più lenti).

Il microscopio: esempio di scienza e tecnologia

Il microscopio è lo strumento che consente di ingrandire oggetti di piccole dimensioni permettendone l’osservazione diretta. Galileo Galilei (1564 – 1642), che ne inventò uno e lo mandò al fondatore dell’Accademia dei Lincei, il principe Federico Cesi, lo chiamò “un occhialino per vedere le cose minime”.

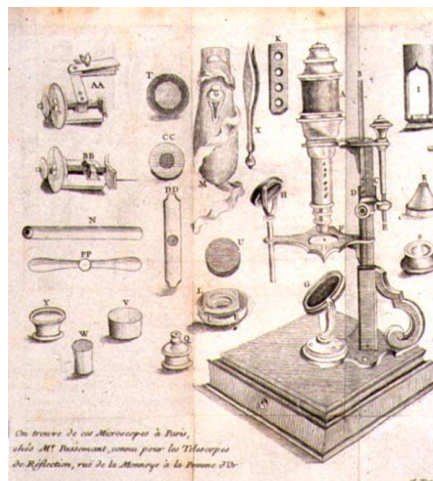


Figura 1.3–Modello di microscopio composto di John Cuff del 1744, con accessori

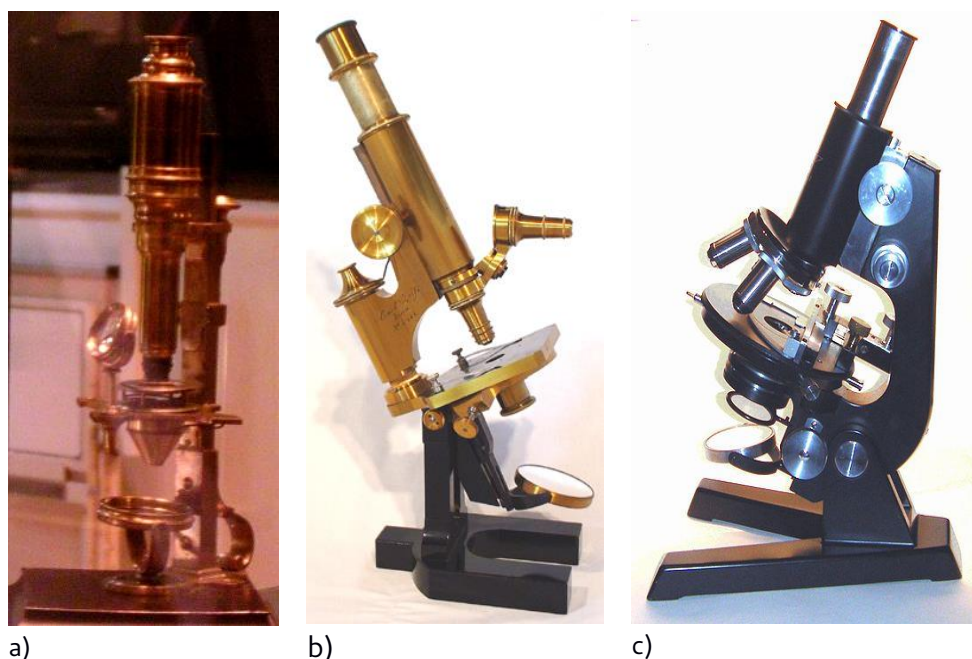


Figura 1.4– *Microscopi di epoche diverse a confronto: a) Microscopio composto di John Cuff del 1750
b) Microscopio Zeiss del 1879; c) Microscopio Reichert degli anni Cinquanta*

BREVISSIMA STORIA DEL MICROSCOPIO

La paternità dell'invenzione vera e propria del microscopio è ancora controversa, ma i primi microscopi ottici furono prodotti in Olanda verso la fine del 1500. Infatti, dopo che le prime lenti furono costruite tra il 1100 e il 1200, e che Leonardo da Vinci nel 1508 pensò alle lenti a contatto per correggere difetti della vista, nel 1674 un commerciante olandese, Anton Van Leeuwenhoek, fabbricò un microscopio costituito da una lente oculare e da una lente obiettivo.

L'importanza del microscopio nel nuovo modo di fare scienza medica fu messa in luce nel 1858 dal patologo tedesco Rudolf Virchow (1821–1902) che descrisse la condizione fisiologica e patologica del corpo umano partendo dalle cellule, nella sua opera *Die Cellularpathologie* (La patologia cellulare).

Il microscopio divenne dunque il simbolo del medico moderno ed aggiornato mentre la medicina tutta cominciò ad apprezzare l'impiego della scienza e della tecnologia.

L'indagine microscopica ha determinato una svolta nella ricerca in ambito medico, biologico e non solo. Lo studio dei tessuti e dei materiali, indagati fin nelle più piccole strutture, ha aperto nuove strade segnando tappe importanti del progresso scientifico. Una breve descrizione di alcune tipologie di microscopio oggi a disposizione servirà per mettere in luce come l'impiego della tecnologia sia stata alla base del progresso.

- Il microscopio ottico

Utile per studiare organismi viventi come i batteri ed altre strutture cellulari, fornisce immagini colorate di campioni in vivo, è economico ma ha risoluzione inferiore rispetto al microscopio elettronico.

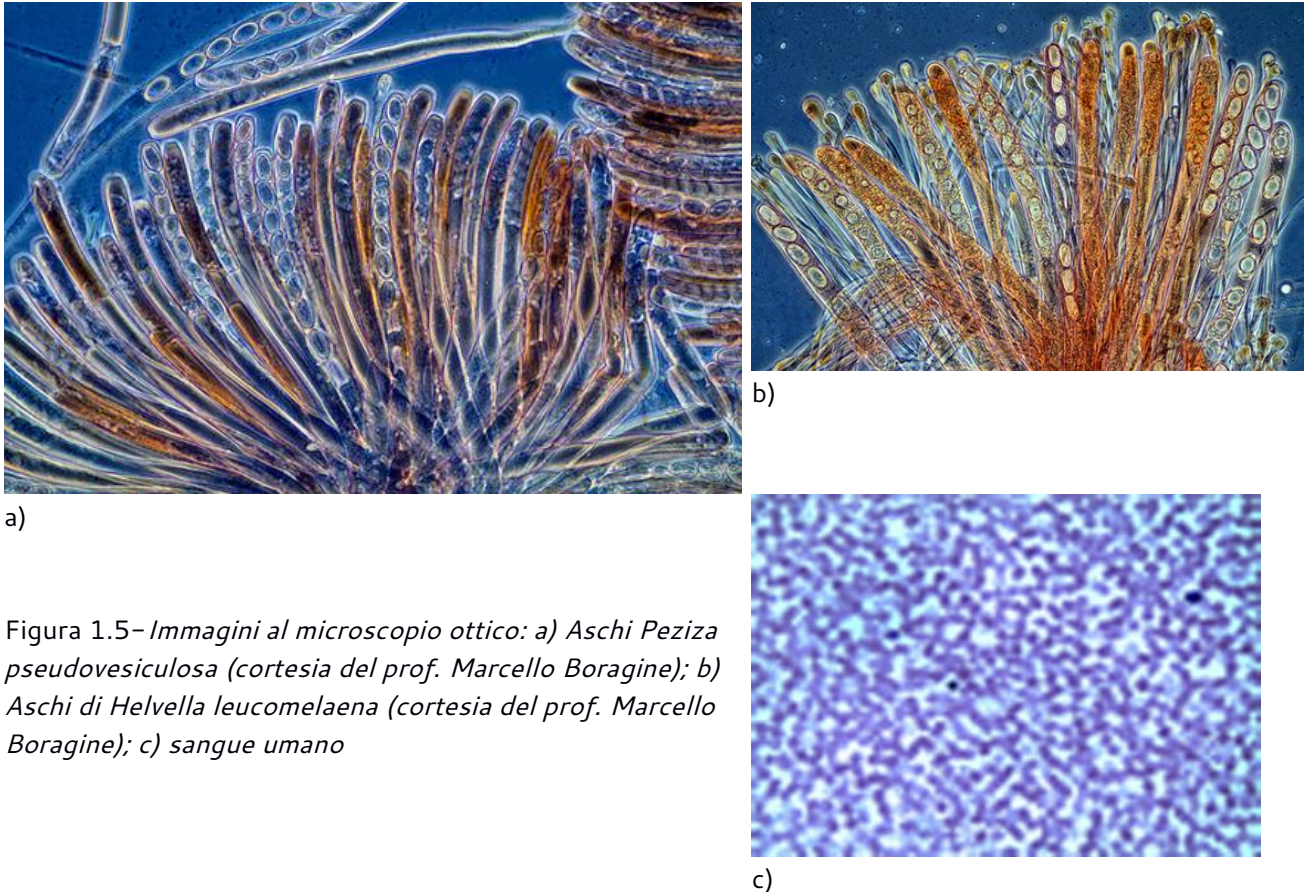


Figura 1.5– Immagini al microscopio ottico: a) Aschi *Peziza pseudovesiculosa* (cortesia del prof. Marcello Boragine); b) Aschi di *Helvella leucomelaena* (cortesia del prof. Marcello Boragine); c) sangue umano

- Il microscopio a raggi X

Le immagini fornite hanno risoluzioni maggiori rispetto a quelle proprie del microscopio ottico e minori rispetto a quelle del microscopio elettronico. Vengono impiegati i raggi X per lo studio delle strutture biologiche.

- Il microscopio elettronico

Con il microscopio elettronico è possibile evidenziare proprietà fisiche del campione non visibili con il microscopio ottico e di distinguere, con maggiori ingrandimenti, gli atomi. E' uno strumento complesso e costoso, deve funzionare in assenza di aria, di vibrazioni e di campi magnetici. Non fornisce immagini in vivo.

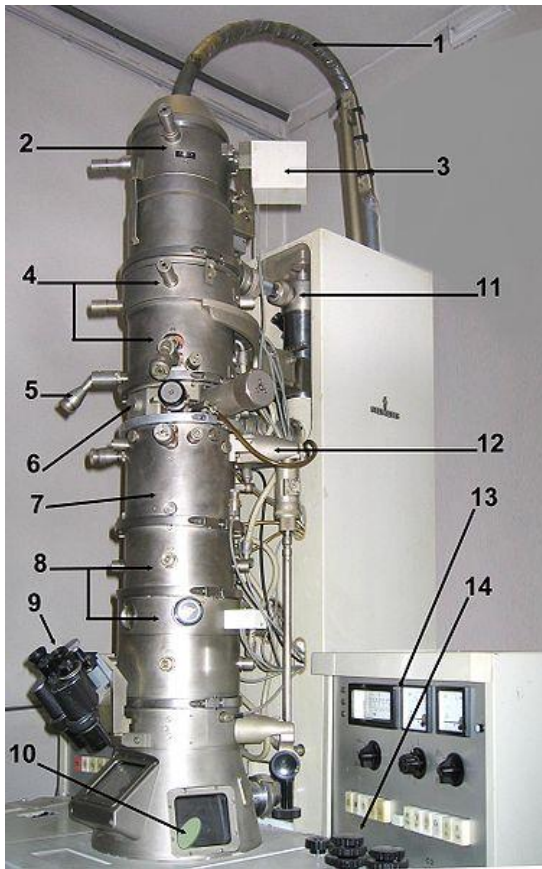
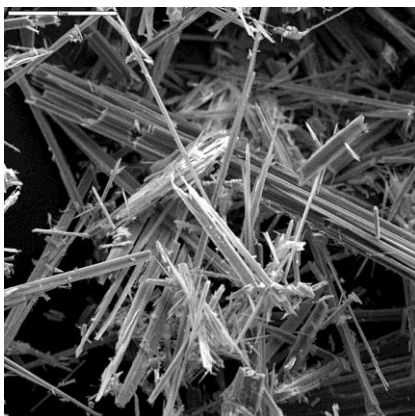


Figura 1.6– *Microscopio elettronico (TEM), Siemens del 1969*

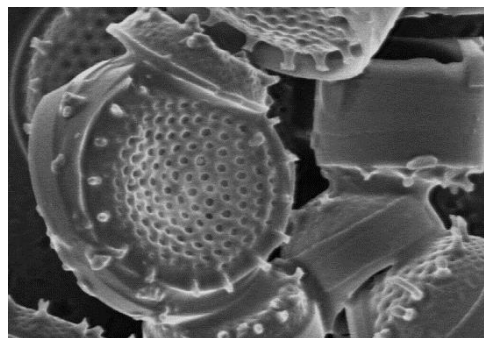
1. Cavo dell'alta tensione;
2. Emissione di elettroni;
3. Motori di centraggio del raggio;
4. Condensatori;
5. Regolazione dei diaframmi;
6. Porta campione;
7. Obiettivo;
8. Proiettori;
9. Microscopio ottico stereoscopico;
10. Schermo fluorescente;
11. Tubi del sistema per produrre il vuoto;
12. Sposta preparati;
13. Controllo del vuoto ed ingrandimenti;
14. Manopole di messa a fuoco

Tra i microscopi elettronici sono da menzionare il [microscopio elettronico a scansione \(SEM\)](#) e il [microscopio elettronico a trasmissione \(TEM\)](#).

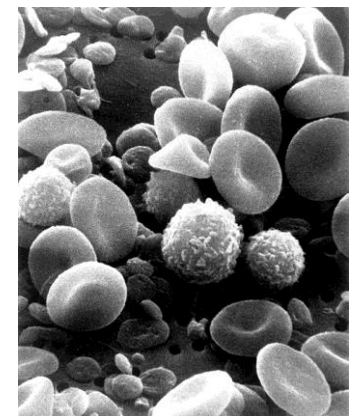
Il primo produce immagini tridimensionali ed è in grado di analizzare solo oggetti conduttori o semiconduttori dei quali fornisce l'immagine della superficie.



a)



b)



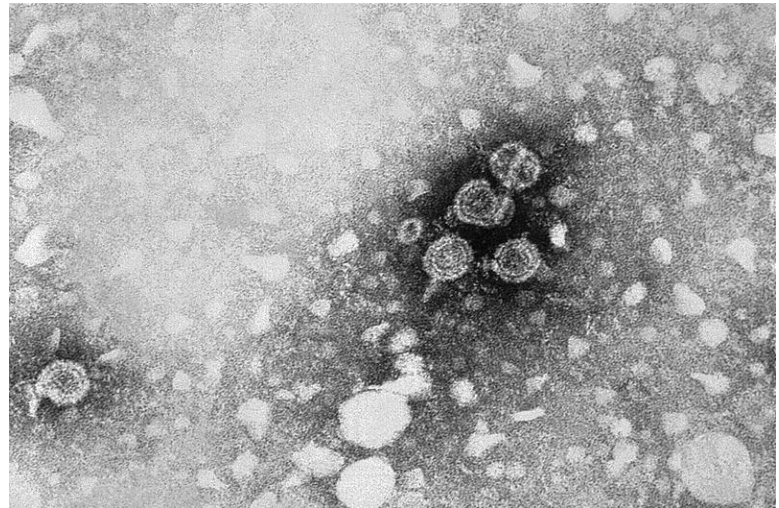
c)

Figura 1.7– *Immagini al microscopio elettronico a scansione: a) fibre di amianto; b) diatomee; c) sangue umano*

L'altro permette di osservare anche le strutture interne del campione in esame ma solo con una immagine 2D. La risoluzione efficiente permette di vedere anche le più piccole molecole.



a)



b)

Figura 1.8- Immagini al microscopio elettronico a trasmissione: a) Virus ebola; b) Virus epatite B

- **Il microscopio ionico**

Sfrutta gli stessi principi teorici del microscopio elettronico ma impiega fasci di ioni al posto di elettroni

- **Il microscopio a scansione di sonda (SPM, Scanning Probe Microscopy)**

Il microscopio a scansione di sonda produce immagini scansionando il campione con una sonda fisica attraverso l'interazione sonda-superficie.

Possono essere registrate più interazioni simultaneamente raggiungendo anche risoluzioni molto elevate.

- **Il microscopio confocale laser (CLSM, Confocal Laser Scanning Microscope)**

Il microscopio confocale laser utilizza come fonte luminosa un laser che, attraverso un sistema di lenti, converge in punti molto piccoli del preparato da analizzare. E' possibile così accrescere la risoluzione tridimensionale del campione e, con tecniche di immunofluorescenza, si possono distinguere con colori diversi le differenti molecole senza fenomeni di aberrazioni e diffrazione tipici di altre fonti luminose. Le immagini sono spettacolari.

L'IMPORTANZA DEL MICROSCOPIO IN BIOLOGIA

Anche nelle scienze biologiche il microscopio semplice ha aperto ampi orizzonti, permettendo a Anton Van Leeuwenhoek (1632–1723) di osservare nell'ambiente acquatico, nel suolo e nel cibo gli "animalcules", microrganismi ingranditi da una sola lente, attualmente classificati nei regni Eubatteri e Protisti.

Il successivo microscopio composto dotato di due sistemi di lenti, oculare e obiettivo, ha aumentato gli ingrandimenti, che hanno ampliato nel XIX secolo le applicazioni nella *istologia vegetale* (studio dei tessuti vegetali da parte di Matthias Jacob Schleiden 1804–1881) e *animale* (studio dei tessuti animali da parte di Theodor Schwann 1810–1882) e che, grazie agli studi di Rudolf Ludwig Karl Virchow (1821–1902) sulla patologia cellulare, hanno

permesso di elaborare la teoria cellulare, fondamento della BIOLOGIA:

- l'unità dell'organizzazione dei viventi è la cellula (identificata da Robert Hooke 1635–1703 nel sughero);
- gli organismi sono formati da una o più cellule (Schleiden e Schwann)
- ogni cellula deriva da un'altra cellula (Virchow).

Per rendere distinguibili le cellule di tessuti diversi di uno stesso organo, si sono utilizzate tecniche microscopiche quali le colorazioni (applicate in preparati istologici da Paul Ehrlich 1854–1915), mediante l'impiego di coloranti, quali sostanze organiche naturali estratte da animali (carminio da una cocciniglia) o da vegetali (ematossilina dalla corteccia di una leguminosa) e, in seguito, sostanze organiche di sintesi derivate dal catrame. I coloranti presentano affinità chimica diversa a seconda dei differenti componenti cellulari.

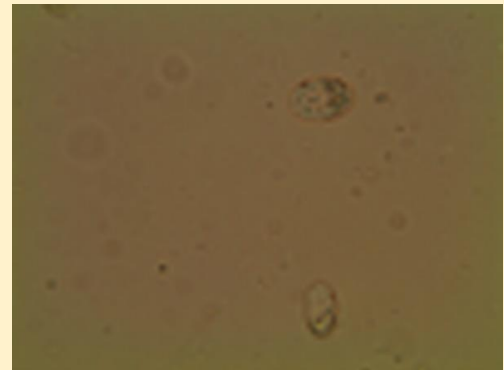


Figura 1.9– Immagine al microscopio ottico di infuso di fieno

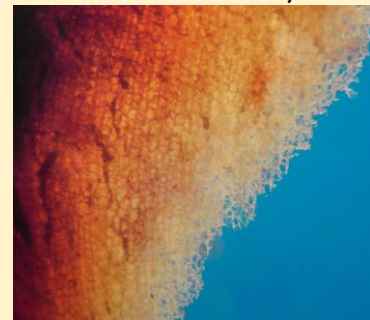


Figura 1.10– Immagine al microscopio del sughero

LE TECNICHE MICROSCOPICHE

Le tecniche microscopiche servono per rendere l'oggetto di studio utilizzabile dal microscopista. Le caratteristiche del preparato microscopico sono:

- essere distinguibile e osservabile;
- avere dimensioni ridotte compreso lo spessore;
- mantenere la sua struttura inalterata.

Le operazioni che hanno questi scopi sono:

1. **DISSEZIONE:** consiste nel togliere dall'organismo l'organo da studiare o dall'organo il tessuto o, più semplicemente, le parti da osservare, con l'uso di forbici, bisturi e/o l'ago da microscopia. La lunghezza dell'oggetto deve essere inferiore al centimetro, per poter essere coperto dal vetrino coprioggetti, che ha un'area di 1 o 2 centimetri. Il volume dell'oggetto deve essere inferiore ai 3 centimetri per permettere le operazioni successive.
2. **DISSOCIAZIONE:** serve ad allontanare dalla porzione di organo un elemento da sottoporre all'osservazione (si opera con la pinza e l'ago)
3. **INCLUSIONE:** rende l'oggetto consistente per poter essere sezionato nell'operazione successiva. Si esegue utilizzando un pezzo di sambuco o di sughero lungo circa 3 cm. Lo si divide longitudinalmente a metà col bisturi, si compie una incisione nella parte centrale delle due metà in modo che l'oggetto da sezionare vi possa stare ben fisso.
4. **SEZIONAMENTO:** permette di ottenere una sezione dallo spessore ridotto, di 5 – 10 μm per l'osservazione al M. Ottico, di 0,2 – 0,01 μm per l'osservazione al M. Elettronico. Si esegue con il bisturi o col "rasoio" a mano, ma per avere sezioni di spessore uniforme si usano degli strumenti chiamati "MICROTOMI"; ci sono microtomi manuali ed elettrici, per i preparati da utilizzare col microscopio elettronico si usa l'"ULTRAMICROTOMO".
5. **COLORAZIONE:** si applica una soluzione colorante avente affinità chimica con la struttura cui si fissa (tessuti o componenti cellulari), che viene resa così più distinguibile e osservabile nei dettagli. La colorazione si rende necessaria nel caso delle cellule animali o vegetali prive di colorazione propria, visto che il loro citoplasma è una soluzione acquosa con l'indice di rifrazione vicino a quello dell'acqua con cui si esegue il successivo montaggio. Senza una colorazione risulterebbero quasi trasparenti. Il colorante biologico è detto vitale se il suo assorbimento da parte delle strutture cellulari non comporta la morte delle

cellule.

6. **MONTAGGIO:** si pone una goccia di acqua sul preparato, che si copre col coprioggetto in modo da ottenere un preparato ad acqua.

Tali operazioni si applicano alla realizzazione di un preparato microscopico a fresco, che consente osservazioni di breve durata per la scarsa conservabilità del campione.

Per rendere il preparato idoneo a una osservazione di maggiore durata mantenendo la sua struttura nel tempo con le stesse caratteristiche del campione in vivo e senza subire l'attacco dei decompositori, è necessario effettuare operazioni nuove o modificate rispetto a quelle applicate al p.m. a fresco per realizzare un preparato permanente:

- **FISSAZIONE:** si esegue dopo la dissezione e la dissociazione. Ha lo scopo di bloccare le attività cellulari, mantenendo inalterate le strutture, mediante una rapida disidratazione cellulare, per favorire le successive operazioni. Si esegue mediante agenti chimici, quali, per esempio, alcool etilico 75°, metanolo, acido acetico, formaldeide scelti sulla base della struttura da osservare e delle caratteristiche del preparato quali la colorazione e lo spessore della sezione; segue lavaggio di solito con acqua per eliminare il fissativo in eccesso. Oppure si usano agenti fisici, (congelamento del campione oppure riscaldamento con bunsen).
- **INCLUSIONE:** si può usare anche la paraffina fusa. A tale scopo si passa sul campione lo xilolo per eliminare gli alcoli utilizzati nel fissaggio; poi si lava con acqua per togliere lo xilolo. Infine si immerge il campione in paraffina fusa e si lascia solidificare.
- **SEZIONAMENTO:** ottenuta la sezione si trasferisce sul vetrino portaoggetti in cui si pone della gliceroalbumina per favorire la sua adesione; poi sul vetrino si posa lo xilolo per eliminare la paraffina; infine si lava con acqua per togliere lo xilolo.
- **COLORAZIONE:** ogni colorante ha un suo tempo di applicazione, l'osservanza di questo tempo impedisce la formazione di precipitati che impedirebbero la visione del campione. Lo si sciacqua con acqua distillata. Quindi si asciuga il preparato con un debole riscaldamento tenendo il vetrino a 20cm dal bunsen o sopra un termosifone.
- **MONTAGGIO:** si può mettere sul preparato gliceroalbumina e acqua distillata, per poi appoggiarvi sopra il vetrino coprioggetti. Oppure si usa sul coprioggetti il balsamo del Canada, una resina prodotta da conifere americane, *Abies canadensis* e *Abies balsamea*, sciolta in xilolo.
- **LUTUAZIONE:** se nel montaggio non si è usato il balsamo del Canada, per sigillare

in modo permanente il preparato microscopico si depone sui bordi del coprioggetti

- una sostanza solidificante come la paraffina o la ceralacca.

LA COLORAZIONE

Il colorante è un composto organico di origine naturale (es: rosso carminio estratto dalla cocciniglia, ematossilina dal legno) o sintetica (sono idrocarburi con anello benzenico di base derivati dal catrame).

Il colorante è formato da 2 gruppi funzionali: il gruppo cromogeno incolore, formato dall'anello benzenico che, qualora presenti un gruppo CH_3 , è un derivato del toluene, qualora abbia un OH è un derivato del fenolo, qualora contenga un NH_2 è un derivato dell'anilina; tale gruppo è legato al gruppo cromoforo costituito da doppi legami $\text{C}=\text{C}$, $\text{C}=\text{N}$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{N}=\text{O}$, che hanno la caratteristica di assorbire tutte le radiazioni del visibile mediante l'eccitazione degli elettroni dei doppi legami, che passano ad un livello energetico superiore, per poi tornare al livello fondamentale liberando energia luminosa corrispondente alla differenza di energia fra i due livelli: il gruppo cromogeno fa assumere al substrato il proprio colore se è unito all'altro gruppo funzionale chiamato auxocromo, che si fissa al substrato da colorare; tale gruppo è rappresentato da: $-\text{OH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{COOH}$, $-\text{NR}_2$, $-\text{OCH}_3$.

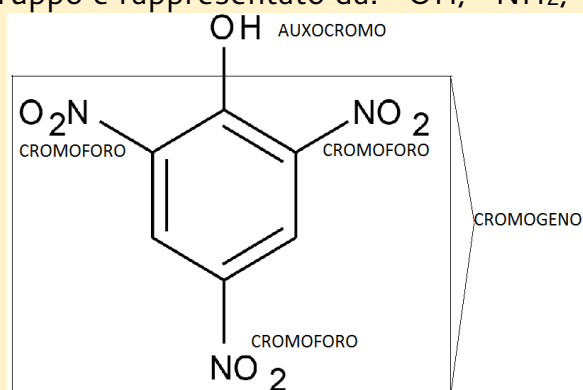


Figura 1.11-Formula di struttura dell'acido picrico

L'acido picrico è un colorante che colora di giallo il substrato per la presenza di tre gruppi cromofori NO_2 che, assorbendo la luce bianca, riflettono quella gialla. I cromofori fanno parte del gruppo cromogeno costituito dall'anello benzenico. Il gruppo cromogeno è unito al gruppo auxocromo OH il quale lega il substrato e lo colora

I gruppi cromogeno e auxocromo hanno carica di segno opposto e il colorante è, dal punto di vista chimico, un sale. Per fissarsi ad un substrato e colorarlo deve essere dissociato in ioni e formare le soluzioni dei due ioni, quello positivo e quello negativo. Poiché il colorante è in polvere, prima si pesano 10 g di colorante e poi si sciolgono in 100g di alcol per ottenere la soluzione madre alcolica, che si mantiene nel tempo senza dissociarsi. Per la colorazione si preparano in genere delle soluzioni idroalcoliche, che non si mantengono nel tempo, ma in cui il sale è dissociato: la soluzione idroalcolica si ottiene mescolando 10 ml di soluzione madre in 90 ml di acqua distillata. L'eccesso di colorante messo in posa sul preparato può essere eliminato con getto di acqua. Qualora il colorante sia formato da un catione colorato

(cromogeno) e da un anione incolore (auxocromo), il colorante è definito cationico o basico in quanto il cromogeno in soluzione acquista H^+ , comportandosi da base e assumendo la carica positiva; l'auxocromo a cui è legato ha carica negativa e si comporta da acido. Il colorante cationico o basico è detto colorante del nucleo in quanto ha affinità chimica per le strutture acide come la cromatina del nucleo, formata da acidi nucleici. Es: Cloruro di blu di metilene, fucsina basica, safranina, violetto di genziana o cristalvioletto, ematossilina. Qualora il colorante sia formato da un anione colorato (cromogeno) e da un catione incolore (auxocromo), il colorante è definito anionico o acido in quanto il cromogeno in soluzione cede H^+ comportandosi da acido e assumendo la carica negativa; l'auxocromo a cui è legato ha carica positiva e si comporta da base. Il colorante anionico o acido è detto colorante protoplasmatico in quanto reagisce con le sostanze basiche come le strutture citoplasmatiche (per es. eosinato di sodio, nigrosina, fucsina acida, acido picrico); il colorante è neutro se è formato da basi e acidi entrambi colorati (per es. eosinato di blu di metilene); il colorante è indifferente se è formato da gruppi non acidi e non basici, è insolubile in acqua ma solubile nei lipidi (per es. sudan III).

I coloranti più usati sono quelli basici in quanto il materiale nucleare da colorare è acido e quindi basofilo (affine per sostanze basiche). I coloranti acidi vengono normalmente impiegati come coloranti di "contrasto" poiché non si legano alle strutture cellulari e costituiscono lo sfondo sul quale evidenziare le cellule.

Le colorazioni possono essere semplici se si usa un solo colorante e si eseguono su preparati microscopici a fresco e permanenti. Le colorazioni sono complesse se si impiegano più coloranti e anche "altre sostanze", come mordenti, decoloranti, intensificatori e si eseguono su preparati microscopici permanenti.

I mordenti favoriscono la reazione tra colorante e substrato (es: Lugol); di solito si impiegano mordenti acidi (Lugol) per fissare i coloranti basici al substrato e mordenti basici (allume) per fissare il colorante acido. I decoloranti sono acidi o alcoli che eliminano l'eccesso di colorante; se l'azione è selettiva (cioè avviene su certe strutture e non su altre) si parla di "differenziatori" (es.: etanolo).

Gli intensificatori sono acidi o basi deboli che, cambiando il pH dell'ambiente, favoriscono la colorazione. Le colorazioni possono essere vitali quando si usano coloranti poco tossici che permettono la sopravvivenza dei tessuti e delle cellule (blu di metilene, rosso neutro, verde iodio, rosso Congo).

Le colorazioni possono essere negative quando si usano coloranti speciali di contrasto e si eseguono su preparati microscopici a fresco e permanenti. Le colorazioni possono essere policromatiche quando si usano più coloranti.

La diagnostica per immagini

La diagnostica per immagini comprende tutte le tecniche connesse alla formazione di immagini, come la radiologia, l'ecografia, la tomografia computerizzata, la risonanza magnetica nucleare. Tali tecniche, che sono un esempio evidentissimo di come le scoperte scientifiche siano state applicate e siano quindi diventate tecnologia impiegata dall'uomo per fini buoni, utilizzano l'interazione tra energia e materia, in questo caso l'organo del corpo umano che si sta esaminando. Quando l'energia emessa da una sorgente si propaga nello spazio sottoforma di radiazione elettromagnetica e incontra l'organo bersaglio, una parte viene assorbita, una parte viene riflessa e una parte viene rifratta. Si tratta di fenomeni fisici che variano al variare del mezzo che attraversano (quindi del tipo di tessuto oggetto di studio) e dell'energia impiegata (quindi della tecnica diagnostica). Lo studio quantitativo dei suddetti fenomeni fisici, possibile grazie a dispositivi quali rivelatori, trasduttori e, in alcuni casi, grazie all'applicazione della tecnologia informatica, rende possibile la formazione di immagini su idonei supporti.

- *Breve storia della diagnostica per immagini*

Le origini della diagnostica per immagini risalgono al 1895, quando W.C. Röntgen, premio Nobel nel 1901, scoprì i raggi X ed eseguì la prima radiografia, il 22 dicembre dello stesso anno, per dimostrare che tali raggi avevano la proprietà fisica di attraversare i corpi solidi permettendo di esplorare l'interno del corpo umano senza sezionarlo.

È solo l'inizio di una lunga storia, ancora non compiuta, che vede la tecnologia segnare tappe inimmaginabili del progresso dell'uomo.

Dopo la scoperta dei raggi X, l'applicazione dell'informatica alle tecniche di elaborazione delle immagini ha introdotto la tomografia computerizzata e, ancora, l'ecografia e la risonanza magnetica permettono oggi la pratica di diagnosi preventive e di tecniche curative che hanno contribuito a migliorare la qualità della vita dell'uomo e la stessa aspettativa di vita.

- *Tecniche radiologiche*

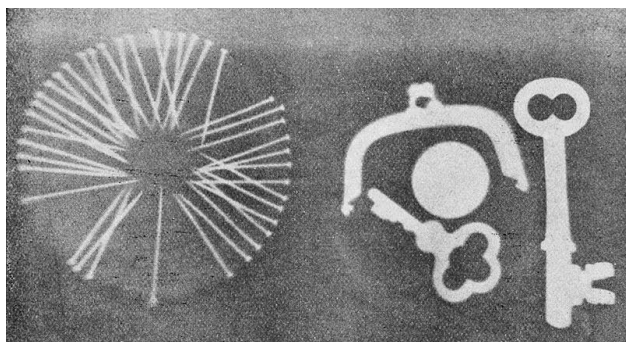


Figura 1.12 - Prime radiografie di prova su oggetti metallici, 1896;

La **radiologia** convenzionale sfrutta un fascio di raggi X, radiazioni elettromagnetiche ionizzanti di lunghezza d'onda compresa tra i 10 e i 10^{-2} nm che, attraversando i tessuti del corpo umano,

raggiungono e impressionano la lastra fotografica con una intensità diversa dipendente dalla densità dei tessuti esaminati.



a)

b)

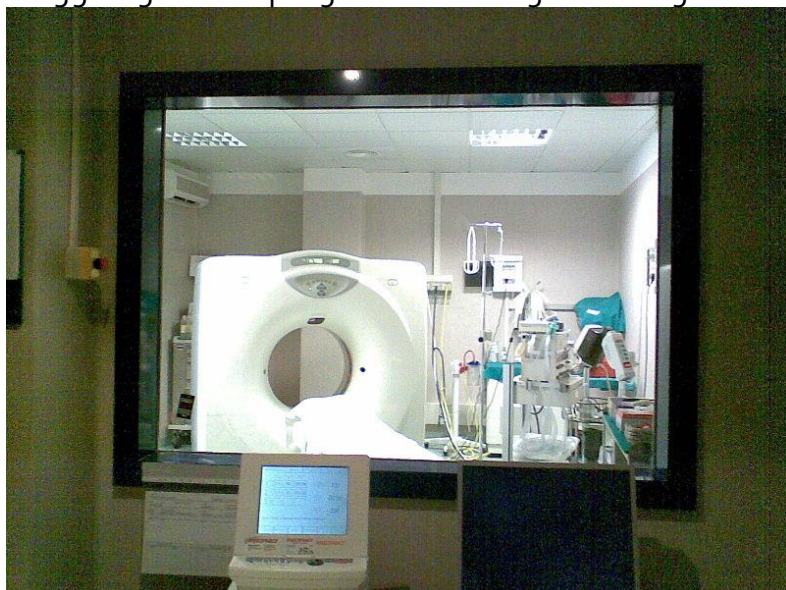
Figura 1.13– Immagini radiografiche: a) Esame radiologica del grosso intestino mediante clisma a doppio contrasto; b) Immagine radiografica di ginocchio

La densità dei tessuti dipende a sua volta dalla struttura chimica degli stessi e dal numero atomico medio degli atomi costituenti.

I limiti della radiologia convenzionale sono legati all' impossibilità di esplorare tutti i tessuti in quanto la maggior parte di loro sono, dal punto di vista della composizione chimica, molto simili e soprattutto costituiti da acqua.

Proprio la volontà di superare i limiti appena descritti ha dato impulso a nuove conoscenze e a nuove applicazioni: lo sviluppo della contrastografia che utilizza sostanze (MDC, *mezzi di contrasto*) che permettono di studiare indirettamente gli spazi cavi del corpo umano.

Gli anni '70 vedono lo sviluppo delle tecniche di diagnostica per immagini che sfruttano i raggi X grazie ai progressi tecnologici conseguiti nel campo dell'elettronica.



Su questi presupposti si basa la **tomografia computerizzata** proposta da G.N. Hounsfield che, nel 1971, inventò la prima apparecchiatura utile. Lo scienziato per la sua invenzione fu insignito del premio Nobel nel 1979 insieme ad A. Cormack che, con i suoi studi teorici e sperimentali, aveva posto le basi per l'invenzione di Hounsfield.

Figura 1.14– Una TAC di pronto soccorso (Ospedale di Ancona Torrette)

Splendida sinergia tra menti eccelse, paradigma della imprescindibile dialettica tra scienza e tecnologia.

Gli esami diventavano sempre più veloci e validi dal punto di vista diagnostico, meno invasivi e più tollerati dai pazienti.

L'altro problema collegato all'uso dei raggi X ionizzanti deriva dai possibili effetti collaterali di tali tecniche diagnostiche.

Metodiche che non sfruttano i raggi X e che si basano su diversi principi teorici, come l'ecografia e la risonanza magnetica nucleare, sono prive di effetti biologici e possono essere impiegate senza il timore di effetti collaterali anche in pazienti molto giovani e in donne in gravidanza.

- **L'ecografia**

L'ecografia, che sfrutta il principio della riflessione (eco) delle onde ultrasonore generata dall'interazione tra ultrasuoni e strutture corporee, è nata negli anni '70.

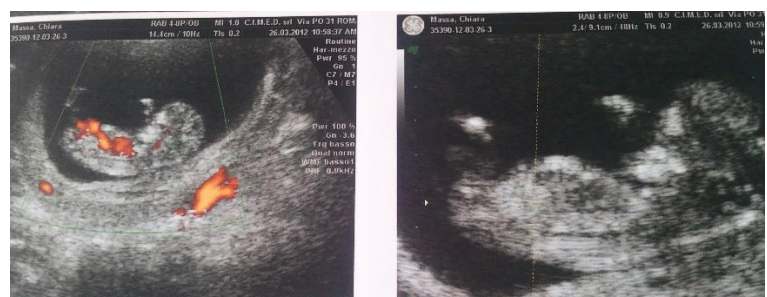
Strumenti sempre più sofisticati hanno permesso di affinare l'indagine associando all'informazione ecografica di tipo morfologico anche quella di natura funzionale collegata alla perfusione di organi e lesioni (eco-color-doppler).

ECOGRAFIA OSTETRICA

<http://www.youtube.com/watch?v=F7QnYfoeVhE>



a)

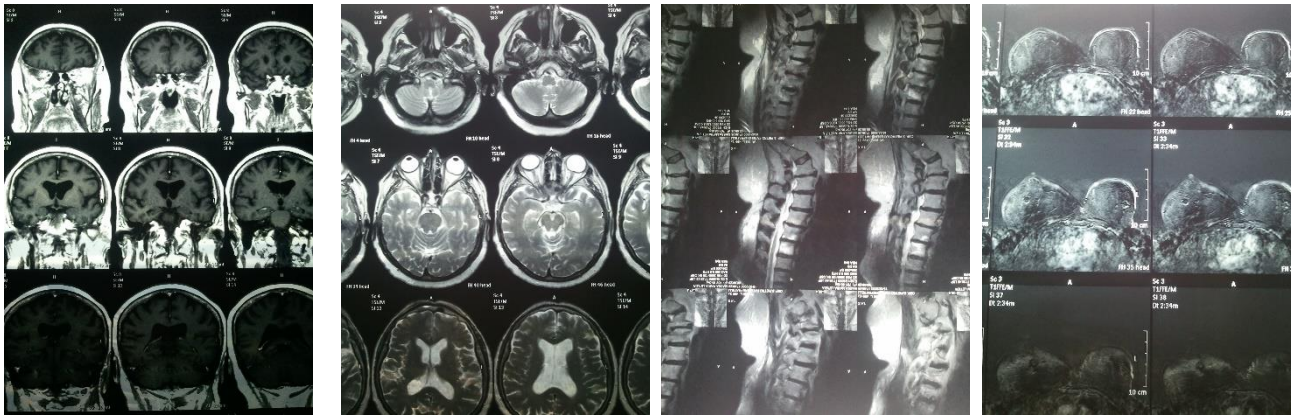


b)

c)

Figura 1.15– Ecografia ostetrica: in b) si osserva anche la perfusione degli organi (cortesia della sign.ra Chiara Massa)

- La risonanza *magnetica nucleare*



a) b) c) d)
 Figura 1.16–*Immagini di Risonanza Magnetica Nucleare: a) e b) RMN dell'encefalo; c) RMN del tratto dorsale del rachide; d) RMN mammaria bilaterale*

La risonanza magnetica nucleare ha avuto applicazione a partire dagli anni Ottanta, anche se il fenomeno fisico che rappresenta la base teorica della tecnica in questione fu scoperto indipendentemente da E.M. Purcell e da F. Bloch, i quali furono di conseguenza insigniti del premio Nobel per la fisica nel 1952. Il metodo sfrutta le proprietà magnetiche della materia per fornire immagini la cui qualità supera quelle ottenute con altre tecniche.

LA RISONANZA MAGNETICA NUCLEARE

<http://www.federica.unina.it/medicina-e-chirurgia/corso-integrato-di-diagnostica-per-immagini/risonanza-magnetica-nucleare/>

ESERCIZI

Rispondi alle seguenti domande:

1. Cos'è il potere di risoluzione del microscopio? Quanto vale per il microscopio ottico?
2. Quali sono le cellule più piccole osservabili al microscopio ottico? E quali quelle più grandi?
3. Su quale parte del microscopio ottico si posiziona il preparato microscopico? In che modo lo si sposta durante l'osservazione?
4. Qual è la funzione delle viti macrometrica e micrometrica?

5. Come si ottiene l'ingrandimento totale del preparato?
6. Quali sono le caratteristiche dell'immagine ottenuta col microscopio?
7. Descrivi l'inclusione e il sezionamento nel preparato a fresco
8. Descrivi le componenti della molecola di un colorante e le sue caratteristiche chimiche
9. Come si classificano i coloranti sulla base delle loro caratteristiche chimiche?
10. Descrivi le caratteristiche del blu di metilene
11. Descrivi la funzione delle sostanze che compongono una colorazione complessa
12. Descrivi le fasi che distinguono il preparato permanente dal preparato a Fresco
13. Nella tua vita quotidiana ti imbatti ogni giorno con oggetti tecnologici. Individuane almeno tre e descrivine il funzionamento tentando di risalire, in base alle tue conoscenze, alla scoperta scientifica che ne è il fondamento.

1.4 Le biotecnologie

L'ingegneria genetica

Le nuove frontiere delle biotecnologie moderne hanno aperto ampi spazi alla manipolazione del patrimonio genetico degli organismi, perché acquisiscano nuove caratteristiche derivate da specie diverse: gli OGM, organismi geneticamente modificati, che vengono utilizzati direttamente, o per i prodotti che da essi si ottengono, o per studiare modelli e future possibili applicazioni.

In campo farmacologico e medico, da quando nel 1982 si commercializzò l'insulina, ottenuta con un batterio *Escherichia coli*, ingegnerizzato mediante l'inserimento del gene umano dell'insulina, molti biofarmaci (anticoagulanti, coagulanti, antivirali e antitumorali, stimolanti la produzione di globuli rossi) sono stati prodotti dal latte di mammiferi transgenici.

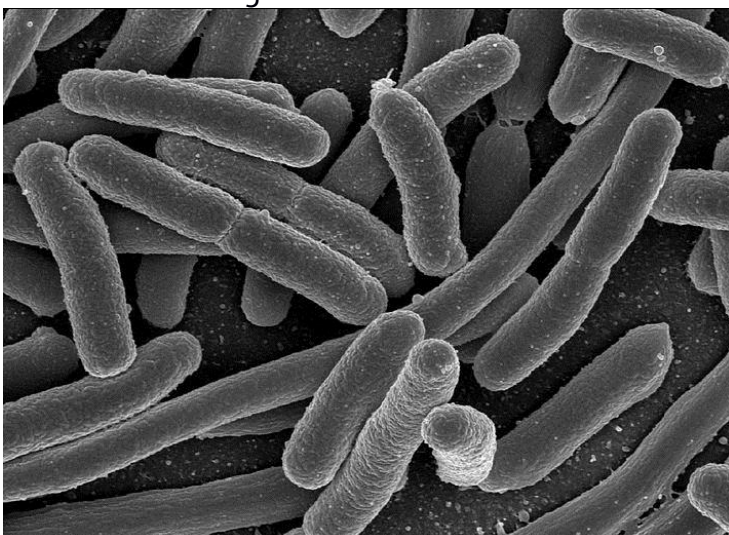


Figura 1.17–Immagine al microscopio elettronico a scansione di *E. Coli*, il primo batterio ad essere modificato attraverso tecniche di ingegneria genetica

L'immunologia moderna ha tratto vantaggio dalla manipolazione genetica di batteri e di lieviti per la produzione di vaccini ricombinanti,

come quello dell'epatite B.

Vari sono i vantaggi dei biofarmaci, come la disponibilità illimitata, i costi ridotti, la maggiore sicurezza dal rischio di infezioni e di allergie.

In zootecnia la sperimentazione sul miglioramento di animali da allevamento, quali pesci, conigli, pecore, capre, maiali e bovini transgenici per l'ormone della crescita, ha permesso di ottenere ovini che producono più latte e lana e dalle carni più magre, suini con carni più magre e crescita maggiore, bovini che forniscono un latte più proteico. I mammiferi transgenici dai caratteri migliori, quali buoi, capre, topi, gatti, maiali, cavalli e cani, sono stati clonati per trasferimento del nucleo di una cellula adulta in un uovo privato del proprio nucleo, in modo da ottenere tanti mammiferi transgenici identici.

Al momento la clonazione ha dei limiti: un sistema immunitario più debole e una durata di vita più breve. Interessante è la possibile applicazione alla salvaguardia delle specie in estinzione.

In campo medico gli animali mosaico che hanno una parte di cellule transgeniche, sono utilizzati per lo studio del differenziamento cellulare; i topi knockout, con una parte di cellule transgeniche per la predisposizione alle malattie genetiche, sono impiegati per la sperimentazione di farmaci.

Altri esperimenti si eseguono per ottenere organi per gli xenotrapianti, come è avvenuto per cuore e rene di maiali ingegnerizzati trapiantati su babbuini, anche se problemi di rigetto o di trasmissione di agenti infettivi fino ad oggi bloccano l'utilizzo della tecnica sull'uomo.

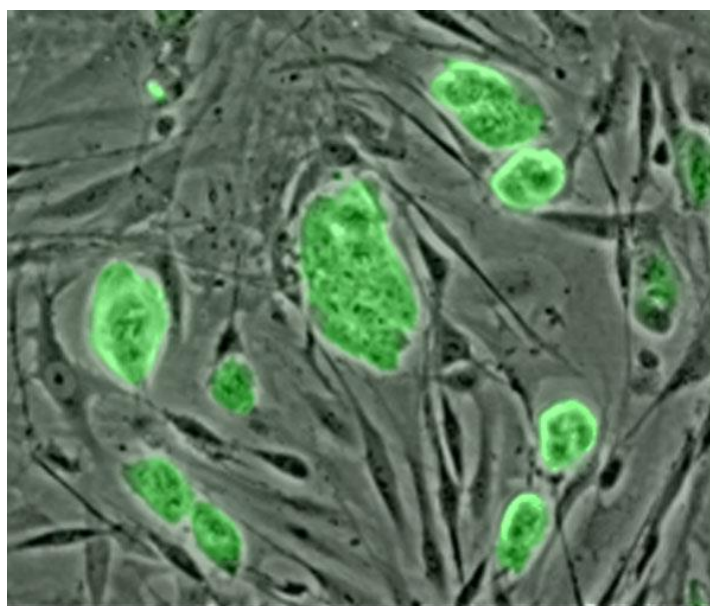


Figura 1.18- *Cellule staminali embrionali di topo in coltura*

L'ingegneria genetica ha aperto nuove frontiere nella ricerca di più efficaci cure per combattere tumori e alcune malattie genetiche. La terapia genica sperimentale prevede l'inserimento di geni "sani", con o senza vettori virali, in cellule di tessuti e organi malati. L'inserimento di geni "sani" in cellule Embrionali Staminali adulte ha permesso di combattere alcune malattie genetiche; ad esempio è possibile introdurre geni "corretti" nelle cellule di midollo osseo, che così possono differenziarsi in cellule del sangue e in cellule del sistema nervoso centrale perfettamente funzionanti. Anche l'agricoltura ha tratto vantaggio dagli OGM con la produzione di mais, cotone, colza, soia, lino e riso resistenti ad erbicidi, con l'introduzione su larga scala di mais, pomodoro, cotone e patata resistenti agli insetti nocivi, con il controllo della maturazione dei frutti per l'inattivazione di geni che avviano la marcescenza dei vegetali. La possibilità di preservare i prodotti agricoli è importante, come anche migliorare l'aspetto estetico di frutti e fiori con altri metodi, che si aggiungono alla più tradizionale selezione artificiale. Per i Paesi con climi estremamente aridi o gelidi, con terreni salati o poveri di nutrienti, si possono impiegare le tecniche dell'ingegneria genetica per ottenere piante più resistenti e migliorare il raccolto.

L'industria alimentare si è servita degli OGM per potenziare il valore nutrizionale degli alimenti con la produzione di pomodori, le cui antocianine fungono da antiossidanti protettivi contro i tumori, di riso della varietà "Golden", che contiene i precursori della vitamina A, di soia e colza ricchi di acidi grassi essenziali. Tutto questo ha permesso l'arricchimento delle multinazionali dei Paesi più ricchi, ma lascia sperare in possibilità di miglioramento nella produzione agricola di Paesi con problemi di sottoalimentazione.

L'utilizzo delle piante transgeniche presenta alcuni vantaggi rispetto ai prodotti ricavati da animali transgenici: maggior sicurezza dal rischio di infezioni da parte di virus animali che potrebbero trasmettersi all'uomo, una produzione maggiore e a costi ridotti anche se è più difficile ottenere il prodotto transgenico dal tessuto vegetale.

In campo farmacologico vi sono studi sperimentali per l'allestimento di vaccini a costo ridotto somministrabili direttamente con gli alimenti: sarebbe più piacevole per i bambini assumere un vaccino mangiando una banana!

Per la salvaguardia dell'ambiente, cavoli OGM sono impiegati nella produzione di biopolimeri da cui si ricavano plastiche biodegradabili. Altre piante transgeniche sono utilizzate per il biorisanamento di ambienti contaminati da metalli pesanti, in quanto concentrano nei loro tessuti una buona quantità degli stessi, offrendo anche la possibilità di recuperarne di utili come il nichel. Microrganismi transgenici "mangia petrolio" sono adoperati per la bonifica delle aree inquinate, altri per la depurazione delle acque e dei reflui. E cosa accade di questi OGM una volta terminata la bonifica? I ricercatori hanno pensato di regolare il loro orologio biologico introducendo geni killer che ne provocano la fine.

Parallelamente agli esperimenti e alle realizzazioni dell'ingegneria genetica, si è sviluppato lo studio dei genomi di molti organismi appartenenti a tutti i cinque regni, che è culminato nel "Progetto Genoma Umano" (1990-2003).

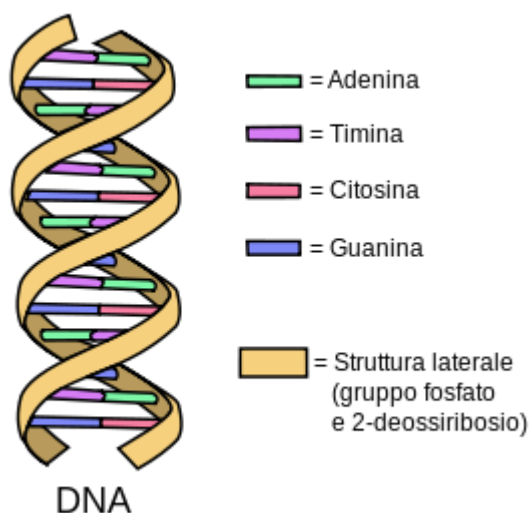


Figura 1.19- *Struttura a doppia elica del DNA: sono messi in evidenza gli accoppiamenti delle quattro basi nucleiche*

Nel caso dell'uomo questo studio è stato utile per l'identificazione di geni difettosi: l'allestimento di test genetici ha permesso di scoprire quei genitori portatori di alleli che causano malattie genetiche quali la fibrosi cistica e le persone predisposte all'insorgenza di tumori al seno, ovaio, colon, tiroide.

Le indagini forensi hanno approfittato della tecnologia fornita dagli studi sulla manipolazione del DNA per l'identificazione dei sospetti di attività criminali: ogni individuo possiede tratti del DNA ben identificabili che costituiscono le cosiddette "impronte genetiche".

Il ritrovamento di queste impronte sul luogo del crimine è ora considerata una prova inconfutabile. La stessa tecnologia si applica nei test di paternità, permettendo di stabilire le reali relazioni biologiche di parentela tra genitori e figli.

LE FRONTIERE DELLA VITA

[http://www.treccani.it/enciclopedia/piante-transgeniche-e-loro-applicazioni-nelle-agrobiotecnologie_\(Frontiere-della-Vita\)/](http://www.treccani.it/enciclopedia/piante-transgeniche-e-loro-applicazioni-nelle-agrobiotecnologie_(Frontiere-della-Vita)/)

Limiti e problemi della biotecnologia

Nel corso della storia il miglioramento della qualità della vita dell'uomo si è basato principalmente sulla sperimentazione di nuove tecnologie e sulla loro applicazione. E questo vale anche per le biotecnologie moderne.

Altre scienze, quali la fisica nucleare e la chimica industriale, nel periodo storico in cui si sono affermate, ossia nella seconda metà del secolo scorso, hanno incontrato nella pubblica opinione maggiori ostacoli per affermarsi. Gli aspetti negativi dell'uso degli elementi radioattivi, dei metalli pesanti, dei prodotti aromatici legati allo sfruttamento del petrolio, degli antiparassitari, dei detersivi, dei fertilizzanti artificiali hanno

determinato pesanti effetti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo. Di conseguenza, anche le scelte politiche degli Stati industrializzati e l'atteggiamento delle loro popolazioni nei confronti delle nuove frontiere del progresso si è fatto più cauto.

Oggi le applicazioni delle biotecnologie nell'agricoltura, in zootecnia, nell'industria chimica farmaceutica, nella medicina, in tutti gli Stati industrializzati non sono praticate liberamente, ma sono regolamentate da leggi. In Italia le piante OGM non possono essere coltivate, perché non si vuole compromettere la biodiversità delle varietà locali delle specie coltivate, il cui patrimonio genetico esalta peculiarità uniche: ne sono esempi prodotti mediterranei, quali i pomodori, le zucchine, l'uva, ma anche prodotti cerealicoli come il riso, il mais, il grano.

In altri Stati, in cui gli OGM sono stati introdotti, le coltivazioni transgeniche sono separate dalle altre coltivazioni per evitare che ne modifichino il patrimonio genetico e per impedirne l'attacco da parte degli insetti dannosi che, negli OGM, per le modifiche introdotte, trovano la morte. Inoltre, non è da sottovalutare il rischio che le tossine prodotte dagli OGM uccidano anche gli insetti utili all'impollinazione. È difficile ottenere una separazione così netta e invalicabile tra terreni in cui si coltivano OGM e non, in quanto il polline è trasportato da insetti e dal vento e può fecondare piante affini trasmettendo alle infestanti la resistenza agli erbicidi.

L'introduzione di specie alloctone da parte dell'uomo ha spesso danneggiato l'integrità degli ecosistemi. La robinia che ha soppiantato l'olmo e i lecci nel bosco della pianura padana, così come il pino che ha sostituito i lecci e le roverelle del bosco mediterraneo litoraneo sono esempi di piante che in natura hanno acquisito una maggiore resistenza, che ha permesso loro di soppiantare specie autoctone in un tempo relativamente lungo. Molto più rapida è la diffusione degli OGM, che hanno caratteri già predisposti ad un adattamento più ampio ed efficace rispetto alle tradizionali specie coltivate, in quanto portatori di un successo evolutivo maggiore non solo nei confronti delle specie con cui competono, ma anche nei confronti dei propri parassiti. Ma il rischio è di diminuire la biodiversità e permettere l'evoluzione di parassiti resistenti e maggiormente aggressivi, di monoculture sempre meno vigorose, di qualità dei prodotti agricoli limitata, perché dipendente da poche varietà anche se frutto di manipolazioni tra specie diverse.

Altri problemi legati all'utilizzo degli OGM sono dovuti ai nuovi geni acquisiti nelle specie di uso alimentare, che si esprimono con proteine e altre sostanze che possono dar luogo a reazioni allergiche in persone predisposte. Vi è poi il rischio da parte dei batteri patogeni di acquisire geni per la resistenza agli antibiotici, che si aggiunge alla multi resistenza che i batteri patogeni hanno acquisito a causa dell'uso eccessivo degli stessi.

Per coloro che si sottopongono ai test genetici, è utile diagnosticare la probabilità del futuro insorgere di un tumore al colon o al seno, perché è data loro la possibilità di intervenire sul proprio "stile di vita" per prevenire la malattia. Ma test eseguiti non per

necessità (oggi è possibile inviare per posta a siti internet specializzati campioni biologici e ottenere test genetici relativamente alla possibilità di insorgenza di alcune malattie) e soprattutto non correttamente interpretati da personale medico preparato, possono mettere a rischio la serenità dei pazienti e delle loro famiglie.

I test genetici pre-impianto possono anche determinare la scelta degli ovuli da fecondare nei procedimenti di fecondazione assistita, cosa che potrebbe porre problemi di carattere etico, sia quando si devono eliminare embrioni con sospette malattie genetiche, sia per quanto riguarda la possibile discriminazione per altre caratteristiche meno importanti come il sesso.

Altri problemi di carattere economico ed etico intervengono quando le applicazioni biotecnologiche, relative a farmaci o sementi o altri prodotti, sono coperte da brevetti in mano a poche multinazionali, che offrono questi loro prodotti a prezzo elevato. Le innovazioni che potrebbero portare a incrementi di raccolti o del valore dietetico di prodotti alimentari nei paesi poveri, si traducono in un ulteriore aumento del gap tra paesi ricchi e poveri. Certe piante ottenute da sementi OGM sono state rese sterili proprio per impedire che l'agricoltore possa continuare a coltivarle senza acquistare ogni anno nuove sementi.

Anche la decodifica del DNA di alcuni microrganismi è soggetta a brevetti. Le grandi imprese farmaceutiche che impegnano risorse per arrivare a determinate scoperte, intendono ovviamente ricavare successivamente vantaggi economici; alcune Associazioni internazionali di difesa dei diritti dell'uomo si chiedono però se possa essere consentito, quando la scoperta riguarda la salute dell'uomo e la possibile cura di malattie fortemente invalidanti.

Non tutti i ricercatori e gli studiosi sono d'accordo su una interpretazione privatistica del loro lavoro: Ilaria Capua dell'Istituto Zooprofilattico delle Venezie nel 2006 rese pubblica e accessibile a tutta la comunità scientifica la sequenza genetica del virus dell'influenza aviaria, per consentire a tutti i laboratori del mondo di portare avanti le ricerche sui vaccini e le prevenzioni possibili.

L'IMPORTANZA DEI TEST GENETICI PER LA DIAGNOSI PREVENTIVA DEL TUMORE

<http://www.airc.it/diagnosi-del-tumore/test-genetici.asp>

ESERCIZI

Rispondi alle seguenti domande:

1. La sperimentazione di nuove tecnologie ha sempre rappresentato un miglioramento per la vita dell'uomo?

2. Quali sono gli aspetti positivi e negativi degli OGM in agricoltura?
3. Quali sono gli aspetti positivi e negativi dei test genetici?
4. Quali sono gli aspetti positivi e negativi degli OGM nell'industria chimica?

1.5 Le nanotecnologie



La Scienza applicata alla Tecnologia ha permesso l'esplorazione di mondi finora sconosciuti. Immaginiamo di ribaltare il concetto di universo come spazio infinitamente grande: l'ultraminuscolo è un universo infinitamente piccolo che rappresenta, da un certo punto di vista, l'altra faccia dello Spazio intergalattico! Fino a qualche decennio fa, lo scienziato era in grado di esplorare un "mondo" microscopico, i cui abitanti erano corpuscoli con dimensioni molto piccole; con il microscopio elettronico si arriva a risolvere particelle di dimensioni dell'ordine di pochi micrometri ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{m}$): in pratica, lo scienziato poteva osservare al microscopio corpuscoli di millesimi di millimetro. Anche se il risultato poteva essere buono, il progresso scientifico impone il raggiungimento di nuove frontiere per poter migliorare le condizioni di vita dell'uomo.

Oggi grazie ad una tecnologia sofisticata è possibile osservare corpuscoli aventi dimensioni estremamente ridotte. Con il **nanoscopio**, ad esempio, lo scienziato riesce a studiare particelle le cui dimensioni tendono all'universo "infinitamente piccolo": un miliardesimo di metro ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{ m}$). Con parole più semplici diremmo che lo scienziato dei nostri tempi riesce a studiare corpuscoli 1000 volte più piccoli di quelli che osservava il suo collega più anziano di qualche decennio! Grazie alle **nanotecnologie** il progresso scientifico permetterà di raggiungere un equilibrio migliore tra sviluppo e sostenibilità, migliorando di molto la qualità della vita dell'Uomo in settori molto importanti che vanno dall'energia, alla salute e ai trasporti fino ad arrivare alla realizzazione di materiali sempre più rispondenti ai bisogni dell'uomo. Per questo, spesso le nanotecnologie si ispirano alla natura (**nanomeccanica bioispirata**). La tenacità della ragnatela che potrebbe resistere all'impatto di un boeing 747, la capacità del gecko di aderire sulle pareti lisce sei volte più fortemente di una ventosa e tanti altri esempi che la natura ci regala ispirano gli scienziati nella ricerca di soluzioni tecnologicamente avanzate come il **grafene** o il **vetro autopulente e idrorepellente**.

LE NANOTECNOLOGIE

<http://www.youtube.com/watch?v=AMDZp5G7cU>

Fondamentali per la vita dell'uomo anche soluzioni nuove in **ambito medico**. Per esempio le nanotecnologie hanno permesso di inventare un peptide capace di "ingannare" il sistema immunitario. Senza essere riconosciuto come corpo estraneo dall'organismo, tale peptide è in grado di trasportare farmaci e presidi terapeutici verso organi mirati, riducendo gli effetti collaterali dei farmaci non selettivi ed evitando fenomeni di rigetto quando vengono impiantate protesi o dispositivi come il pacemaker.

1.6 Automazione e robotica

Sin dall'antichità l'uomo ha cercato di non compiere personalmente lavori pesanti e/o pericolosi e ha quindi cercato di inventare e realizzare strumenti in grado di svolgere i lavori più pesanti, lasciando a se stesso il compito di controllare. Con l'evoluzione tecnologica e quindi con l'utilizzo di macchine in grado non solo di svolgere azioni materiali, ma anche di "rispondere" a determinate situazioni (computer, ma non solo) anche l'azione del controllo può essere demandata a una macchina: si parla allora di controllo automatico.

Di seguito si cercherà di rendere più chiaro questo concetto, facendo riferimento a situazioni di vita reale.

Alla base dei sistemi di controllo automatici c'è il confronto continuo tra il comportamento della macchina controllata e il comportamento che si vuole ottenere (il comportamento "ideale") o, più precisamente, il confronto è effettuato tra i valori dei parametri che sono oggetto del controllo e i valori che si vogliono (o devono) ottenere. Questo principio è detto **retroazione** e di fatto è un fenomeno che si osserva nell'agire quotidiano degli esseri umani.

Un esempio: Luca sta ascoltando la radio, ma è disturbato dal volume troppo alto. Interviene sulla manopola (o sul telecomando) per portare l'audio ad un livello per lui gradevole.

Si esamini con attenzione quanto descritto, cercando di suddividere il fatto in una serie di azioni, individuando le varie fasi, dall'inizio alla fine: il processo inizia con la rilevazione da parte dell'orecchio di Luca di suoni percepiti come troppo alti, il cervello (sempre di Luca) riceve questo impulso e decide di far muovere braccio e mano per modificare la posizione della manopola da quella attuale a quella corrispondente al volume desiderato. Probabilmente Luca non riuscirà ad ottenere il risultato voluto dopo il primo aggiustamento, ma dovrà procedere per tentativi avvicinandosi sempre di più al risultato atteso fino a centrarlo completamente.

Se la regolazione del volume di un'apparecchiatura radiofonica verrà svolta non dall'uomo, ma da un'altra macchina, ebbene, si è in presenza di un controllo automatico o, meglio, di un **processo automatizzato**. Ma quali caratteristiche deve avere la macchina che controlla? Sicuramente deve possedere dei sensori in grado di rilevare il suono (**acquisizione di informazioni**), poi deve avere un organo di controllo ed elaborazione che, ricevuti in input dei valori, li elabora (**elaborazione delle informazioni**), in questo caso li confronta con i valori di riferimento, prende delle decisioni in base alle quali genera comandi (**generazione di comandi**).

Una macchina in grado di fare questo è chiamata **automa**, il processo di controllo effettuato da una macchina è detto **automazione**, termine coniato nell'immediato dopoguerra negli Stati Uniti nel campo automobilistico.

Le definizioni precedenti sono tutt'altro che rigorose; tralasciando la definizione di automa per la quale si rimanda ad altri testi, ci si sofferma su automazione.

Con il termine **automazione** si intende *"l'insieme dei sistemi e delle operazioni atte a rendere completamente automatico un processo produttivo, eliminando in tutto o in parte l'opera dell'uomo"* (Hoeply.it). È importante non confondere l'Automazione con la Meccanizzazione, termine con il quale si indica il processo di *"sostituzione del lavoro manuale con una macchina in una o più fasi di un processo produttivo allo scopo di incrementare la produttività del lavoro"* (<http://it.wiktionary.org/wiki>). Più semplicemente: nell'era della meccanizzazione, dispositivi meccanici sostituiscono sì il lavoro dell'uomo, ma sono macchine che comunque hanno bisogno della presenza

umana perché possano funzionare; nell'era dell'automazione, il compito di azionare le macchine è affidato ad altre macchine. Il "regolatore centrifugo di Watt" è considerato uno dei primi esempi di macchina automatizzata.

Se lo sviluppo della rete elettrica ha rappresentato il punto di svolta per il diffondersi dell'automazione su larga scala, l'elettronica ha permesso l'espandersi dell'automatizzazione nel settore dei servizi, grazie al trattamento elettronico dei dati e quindi all'informatizzazione di diversi settori. Si può sintetizzare il processo che ha portato all'automazione nell'accezione attuale del termine, pensandolo come la sintesi tra la tecnologia impiegata in campo industriale e la tecnologia informatica. Dal punto di vista dell'implementazione, l'automazione può essere realizzata progettando il circuito e collegando elettricamente i dispositivi secondo uno schema funzionale. Si parla di

Tecnica a logica cablata: qualsiasi modifica comporta la variazione del progetto e del cablaggio, risultando inevitabilmente costosa in termini di tempo e denaro.



Figura 1.20- Esempio di scheda cablata

L'automazione **a logica programmata** permette la realizzazione del controllo mediante programmi implementati in opportuni sistemi di elaborazione, che sostituiscono i circuiti cablati. Ciò consente di modificare la funzionalità del controllo velocemente ed in modo semplice, agendo sulle istruzioni del programma senza modificare nessun collegamento.



Figura 1.21- Esempi di dispositivi a logica programmata

La logica programmata, favorita dall'introduzione del microprocessore e dalla diffusione dei PLC (Controllori Logici Programmabili), ha di fatto consentito una vera e propria rivoluzione nell'ambito dell'automazione e dei controlli elettronici.

Un vantaggio fondamentale è costituito dalla flessibilità di utilizzo, che permette di impiegare lo stesso dispositivo per il controllo di diversi cicli produttivi, cambiando le funzionalità con una semplice modifica del programma.

Per automatismi di limitata complessità si stanno ormai affermando i **microcontrollori**, nell'ambito dei quali hanno assunto un rilievo fondamentale i sistemi basati sulla piattaforma "open source" Arduino.

Le principali applicazioni dell'automazione, che hanno ormai una grande ripercussione

nella società moderna sono:

- ✚ Ambito industriale (in particolare manifatturiero), con l'utilizzo di sistemi CAM-CAD, dei robot nelle catene di montaggio e delle Macchine a Controllo Numerico.
- ✚ Ambito biomedico: diagnostica, ausilio alla chirurgia, protesi.
- ✚ Qualità della vita e sicurezza: domotica (building automation)

Automazione industriale

Il settore industriale è certamente quello che maggiormente ha tratto vantaggio dall'applicazione di sistemi automatizzati, in particolare nell'ambito della produzione.

Il sistema più rilevante è quello della produzione assistita da calcolatore, il cosiddetto **CAM** (*Computer Aided Manufacturing*). Grazie all'integrazione con il **CAD** (*Computer Aided Design*), questo sistema riesce a progettare e quantificare le varie fasi di lavorazione, determinando anche quali devono essere le linee di produzione, dove e come installare le macchine operatrici e quale tipo impiegare. Integrandolo con l'automazione d'ufficio, permette anche di provvedere alla gestione degli approvvigionamenti, alla programmazione delle risorse produttive e al controllo dei costi di produzione. Il CAM è un sistema molto diffuso nelle piccole e medie aziende del settore manifatturiero, nelle quali la produzione non deve cambiare tipologia di frequente, e nelle industrie caratterizzate da cicli standardizzati di produzione, con impianti di produzione dal costo elevato.

Il software di un sistema CAM analizza un modello geometrico bidimensionale o tridimensionale, e genera le istruzioni per una macchina utensile a controllo numerico computerizzato (CNC), la quale riesce a fabbricare il prodotto nella forma specificata nel modello.

Le **macchine CNC** (*Computer Numerical Control*) sono oggi molto diffuse e rappresentano uno dei fondamentali sviluppi della **meccatronica**. La tecnologia delle macchine CNC copre tutti i rami della meccanica industriale, le più comuni sono: presse, piegatrici, punzonatrici, torni, fresatrici, saldatrici e macchine di taglio lamiera. Questo tipo di macchine presentano i seguenti vantaggi: riduzione dei tempi e dei costi, maggiore flessibilità, grazie alla possibilità di usare la macchina con gli stessi utensili per eseguire rapidamente lavorazioni diverse cambiando solo il programma.

Un livello di automazione più avanzato si ottiene realizzando un sistema flessibile di produzione o **FMS** (*Flexible Manufacturing System*), integrando cioè anche sistemi automatizzati per la movimentazione dei pezzi, per il loro trasporto e per l'immagazzinamento dei materiali e dei prodotti finiti. In tale contesto si sono realizzati i sistemi di produzione computerizzata integrata, o **CIM**.

L'introduzione dei sistemi CIM, con la diffusione di robot sempre più perfezionati e di computer e software ad elevate prestazioni, ha favorito la realizzazione della fabbrica

completamente automatizzata, nella quale la presenza dell'uomo è limitata ad alcune funzioni di progettazione, supervisione e manutenzione, oltre a quelle di ideazione e decisione.

Robotica

E' forse nella robotica che l'automazione trova la sua massima espressione.

Il termine robot, che deriva dal ceco ROBOTA (lavoratore), è stato utilizzato per la prima volta dallo scrittore di fantascienza Karel Capek in una sua opera teatrale nel 1920, ma deve la sua diffusione allo scrittore statunitense di origine russa Isaac Asimov che, con le sue tre leggi, ha di fatto dato l'input alla nascita della robotica.

Leggi della Robotica di Isaac Asimov in "Io, Robot" (1950)

1. Un robot non deve danneggiare un essere umano, né direttamente né per inazione
2. Un robot deve obbedire agli ordini degli umani, tranne quando ciò contrasta con la prima legge
3. Un robot deve preservare la sua esistenza, tranne quando ciò contrasta con la prima o con la seconda legge

Secondo quanto definito dal R.I.A. (Robotic Industries Association) il robot è un *"manipolatore programmabile multiscopo per la movimentazione di materiali, di attrezzi ed altri mezzi di produzione, capace di interagire con l'ambiente nel quale si svolge il ciclo tecnologico di trasformazione relativo all'attività produttiva"*.

Ma questa definizione, datata 1985, appare limitativa rispetto all'impiego che si fa dei robot al giorno d'oggi; ecco perché si può affermare che la robotica è attualmente quella disciplina che progetta e realizza robot in grado di sostituire l'uomo nei contesti più disparati, dai robot militari ai robot antropomorfi (solo per fare un esempio: il cane AIDO della Sony), dai robot spaziali ai robot medici. La robotica che, per sua natura, è interdisciplinare poiché in essa ci sono elementi di meccanica, informatica, elettronica, elettrotecnica, automazione, fisica, matematica, medicina etc., ha avuto un grande sviluppo nell'automazione industriale grazie alle caratteristiche di programmabilità e flessibilità che offre.

In ambito industriale, le principali aree dove i robot trovano applicazione sono tutte quelle caratterizzate da compiti ripetitivi e/o nocivi quali, per esempio, le lavorazioni ad alta temperatura (fusioni, stampaggio, forgiatura), la saldatura, la verniciatura e in tutti quei trattamenti che hanno bisogno di prodotti tossici per essere realizzati.

In generale si dice che è auspicabile impiegare i robot in tutti quegli ambienti o per tutti quei compiti che possono essere etichettati come "4D":

1. Dangerous = pericoloso
2. Difficult = difficile
3. Dirty = sporco
4. Dull = stupido

Restando nell'ambito dei compiti pericolosi si pensi al ruolo svolto dai robot artificieri, che svolgono sempre più frequentemente l'azione di supporto ai tecnici impegnati nelle operazioni di disinnesco di ordigni inesplosi e nella ricerca di eventuali ordigni innescati per attentati.

Altro settore della robotica in forte evoluzione è quello dei **droni**, cioè gli aeromobili a pilotaggio remoto. Un drone è un velivolo senza pilota umano a bordo, che vola controllato dal computer a bordo del velivolo, gestito dal navigatore o pilota, sul terreno o in un altro veicolo.

Il loro utilizzo è ormai consolidato per usi militari (i famosi aerei spia) e sta crescendo anche nelle applicazioni civili: per usi di sicurezza non militari (ad esempio in operazioni di prevenzione e intervento in caso di incendi), per sorveglianza di siti strategici, in ambiti di telerilevamento e ricerca. La loro opera si presta ai casi in cui possano eseguire missioni "noiose, sporche e pericolose", spesso con costi minori rispetto ai velivoli tradizionali.

- *La robotica nella medicina*

I robot per applicazioni medicali sono in genere definiti come "*robotic medical assistant*", quindi assistenti che generalmente amplificano l'efficacia dell'intervento umano consentendo enormi progressi soprattutto nei seguenti campi:

- ✚ **attività diagnostica** diversamente non attuabile, grazie a sistemi robotizzati che possono inserirsi all'interno del corpo umano con telecamera miniaturizzata e sensori, attraverso orifizi naturali o limitate incisioni; tali sistemi sono controllati da remoto dal medico;
- ✚ **chirurgia**, con interventi che rendano più precisa l'azione del chirurgo e che comportino poche e fisicamente limitate incisioni; la *telerobotica* consente inoltre di effettuare degli interventi mediante controllo remoto degli strumenti chirurgici;
- ✚ **ausilio alle disabilità**, con la realizzazione di protesi che dispongono di tecnologie sensoriali per il coordinamento percezione-azione e sistemi avanzati di controllo, con lo scopo di restituire capacità perdute di interazione con l'ambiente a soggetti che hanno subito amputazioni o che sono affetti da forti limitazioni percettive e motorie.

Quando si pensa ai robot l'immaginario collettivo va nella direzione di dispositivi con sembianze umane, i cosiddetti *androidi*, o *umanoidi*, possibilmente dotati di una qualche forma di *intelligenza artificiale*. Molti progressi sono stati realizzati in questo settore, ma si è comunque ancora lontani da quelle realizzazioni presenti nell'immaginario fantascientifico, alimentate dalla visione di alcuni film come "A. I. – *Intelligenza Artificiale*" di Spielberg, che ci ha emozionato e commosso con la storia del bambino robot.

LA ROBOTICA NELLA DIDATTICA

La robotica nella didattica contribuisce ad avvicinare i giovani allo studio delle materie scientifiche e tecnologiche.

La robotica educativa sta assumendo un ruolo sempre più rilevante nello scenario dei più moderni ed efficaci strumenti didattici.

La Direttiva del MIUR n. 93 del dicembre 2009, in tema di ampliamento dell'offerta formativa, indica la robotica educativa come strumento per lo sviluppo di progetti "finalizzati alla risoluzione di problematiche di tipo costruttivo e di programmazione".

La robotica non serve soltanto per imparare a costruire o usare i robot, ma anche per acquisire un metodo di ragionamento e sperimentazione del mondo; essa può essere introdotta come complemento ad attività di Problem Solving e rappresenta un ottimo strumento soprattutto per specializzazioni quali "informatica e telecomunicazioni" ed "elettronica e elettrotecnica".

Si tratta infatti di sistemi complessi e completi in cui è possibile vedere i vari aspetti delle tecnologie applicate.

Si potranno considerare prevalentemente le componenti elettroniche enfatizzando le capacità di interazione sensoriale con il mondo esterno e la parte circuitale della macchina.

Chi si occupa di informatica affronterà invece il robot dal punto di vista della intelligenza artificiale lavorando principalmente sulla programmazione.

Ma si può affrontare la robotica anche in un indirizzo mecatronico, considerando prevalentemente gli aspetti meccanici, per cui si tenderà a vedere i Robot come macchine automatiche in cui prevalgono le problematiche di movimento e di componentistica.

Sono ormai tante le scuole che sperimentano con successo l'impiego dei robot nella didattica, con un'impostazione che favorisce:

le attitudini creative degli studenti, nonché la loro capacità di comunicazione, cooperazione e lavoro di gruppo;

un atteggiamento di interesse e di apertura verso le materie scientifiche con

conseguente recupero motivazionale degli studenti, portando a significativi miglioramenti nell'apprendimento.

Se poi si pone come obiettivo la partecipazione a competizioni, gli alunni manifestano una motivazione in più per impegnarsi.

Tra le competizioni che si svolgono in ambito nazionale ed internazionale si segnala Rome Cup, che si svolge annualmente a Roma nel mese di marzo e che prevede competizioni nelle seguenti categorie robotiche:

- ✚ Soccer (primary e secondary)
- ✚ Rescue (primary e secondary)
- ✚ Dance (primary e secondary)
- ✚ Explorer (junior e senior)

Qualità della vita e sicurezza - Domotica

La domotica, da "domus (casa)" + "robotica", si occupa dello studio della tecnologia che migliora la qualità della vita domestica.

Oggi giorno ogni individuo guarda alla propria abitazione in un'ottica molto più esigente rispetto al passato. Essa diventa sempre più uno spazio sociale dove si fondono nuove necessità legate alla qualità della vita ed ai bisogni proposti da una società in costante trasformazione.

Anche in questo settore la tecnologia digitale è in grado di offrire risposte e mette a disposizione soluzioni adeguate per quanto riguarda il relax, il comfort e la sicurezza domestica.

L'**automazione domotica** permette di controllare efficacemente la funzionalità degli accessi, la climatizzazione degli ambienti, l'illuminazione. Si riesce inoltre ad ottimizzare i tempi di utilizzo dei dispositivi elettrici, in modo da ottenere anche un importante obiettivo legato al risparmio energetico.

Si può personalizzare il proprio impianto in modo estremamente flessibile e vario, realizzando dei veri e propri *scenari*.

Alcuni esempi:

- ✚ All'uscita di casa, premendo un pulsante, può essere programmato lo spegnimento di tutte le luci e degli altri apparecchi elettrici, la chiusura delle tapparelle e lo spegnimento dell'impianto di climatizzazione. Le azioni opposte possono avvenire al rientro.
- ✚ Luci, tapparelle ed altri utilizzatori potrebbero anche essere controllati da sensori che ne determinano l'accensione o lo spegnimento solo quando necessario (magari le luci non le accendiamo di giorno e le tapparelle le lasciamo abbassate al rientro di sera).
- ✚ Un altro pulsante potrebbe comandare la predisposizione di un impianto audio-

video per la visione di un film, attivando contemporaneamente l'illuminazione più idonea.

La sicurezza rappresenta un aspetto molto importante della casa domotica. Si possono integrare sistemi in grado di rilevare fughe di gas, incendi, allagamenti, oltre a sofisticati sistemi d'allarme ed antintrusione.

La maggiore efficacia si ottiene se l'abitazione viene pensata e progettata in ottica domotica, prevedendo già in fase costruttiva le soluzioni più idonee a soddisfare le esigenze dell'inquilino in termini di comfort e sicurezza.

1.7 Strumenti di misura ad alta tecnologia



Ogni qualvolta l'uomo decida di effettuare una misura commette sempre alcuni errori! Di fatto il valore numerico espresso dalla **misura** non corrisponde mai al valore effettivo (valore vero). Questo scostamento tra il **valore vero** (dato certo e caratteristico del corpo materiale) e il **valore misurato** (dato incerto determinato dall'uomo) ci dice che l'operazione del misurare presenta sempre un certo grado di **incertezza**. Un conto è misurare l'altezza di un tronco con una vecchia fettuccia sfibrata dal tempo, ben altro sarebbe avere la possibilità di effettuare la stessa misura con un **distanziometro laser**! La misura di un tronco effettuata utilizzando come strumento una comune riga di plastica, come quelle che normalmente si utilizzano a scuola, avrà un margine di incertezza (errore) intorno allo **0,1 %** in quanto sulla riga

sono visibili le "tacchette" relative ai millimetri. La stessa misura eseguita con il raggio laser garantisce un valore molto, ma molto più **preciso**, avendo un margine di incertezza dello **0,00001 %** (prossimo al valore vero, quindi con bassissimo grado di incertezza)! Inoltre la velocità dell'operazione relativa alla misura di un tronco richiede qualche minuto nel caso si utilizzi come strumento la riga, pochissimi secondi quando si impiega come strumento di misura il raggio laser. **L'incertezza della misura**, (differenza tra valore vero e valore trovato) o errore, dipende anche dalla abilità ed esperienza dell'operatore. Un tecnico distratto o maldestro può commettere un errore che fa aumentare l'incertezza della misura. Gli errori determinati per difetti propri degli strumenti di misura vengono definiti **errori strumentali**. Gli errori di misura che dipendono invece dalla scarsa abilità dell'operatore, oppure da cause non collegate al funzionamento normale dello strumento, prendono il nome tecnico di **errori accidentali**. Generalmente gli errori strumentali possono considerarsi meno gravi in quanto possono essere evitati mediante operazioni di **taratura** e messa a punto degli strumenti prima di effettuare qualsiasi misura. Gli errori umani possono essere corretti mediante l'effettuazione di più misure facendo poi un calcolo statistico dei dati ottenuti. In questo modo possiamo ottenere misure con grado di incertezza relativamente accettabile. Se invece vogliamo un grado di precisione molto elevato allora dobbiamo affidarci alla **tecnologia**!

Il laser ovvero come misurare oggetti e distanze con precisione quasi assoluta!

Immaginiamo di dover misurare la nostra aula scolastica con una normalissima cordella metrica da 20 metri (doppio decametro), quella che si arrotola e che di solito, alcuni anni fa, veniva impiegata dal capomastro sui cantieri. Quanto tempo ci occorrerebbe per sapere la superficie dell'aula? Inoltre, che errore commetteremo impiegando una simile tecnica? Le risposte sono naturalmente legate alla abilità, alla nostra perizia, nel compiere in modo corretto l'azione del misurare, vale a dire in pratica, contare quante volte l'unità rappresentativa della grandezza fisica, in questo esempio il metro, si ripete fino a coprire l'intera lunghezza che si intende, per l'appunto, misurare. La prima volta impiegheremo molto tempo poiché saremo incerti sulla tecnica e la manualità si acquista con il tempo e l'esperienza. Anche l'errore di misura sarà considerevole: la fettuccia non è rigida, tende ad attorcigliarsi e se la tiriamo troppo si allunga, pertanto la misura risultante sarà molto imprecisa, viziata da errori considerevoli. Per verificare ciò basta fare una prova pratica. Prendiamo ad esempio cinque coppie di alunni della classe che a turno misureranno le dimensioni dell'aula: lunghezza, larghezza, altezza e che, dopo la rilevazione di queste **grandezze fondamentali**, calcoleranno rispettivamente superficie e volume (**grandezze derivate**) della nostra aula. Basterà confrontare i risultati per renderci conto di cosa significhi parlare di **"incertezza della misura**. **La tecnologia** ci aiuta molto nell'operazione del misurare. Oggetti

piccolissimi o distanze considerevoli possono essere facilmente misurabili con il raggio LASER, proprio quello che alcuni tifosi molto scorrettamente ed illegalmente utilizzano allo stadio per disturbare i calciatori durante l'esecuzione dei calci di rigore, inducendoli a sbagliare!

- *Come funziona un calibro laser?*

Immaginiamo di voler misurare il diametro di una sferetta di acciaio di pochi millimetri. Utilizzando un calibro comune, quello a disposizione dei meccanici, avremo un risultato abbastanza preciso ma se volessimo migliorare la precisione allora il LASER ci permetterà di ottenere un risultato sorprendente, in termini di precisione e velocità di misura.

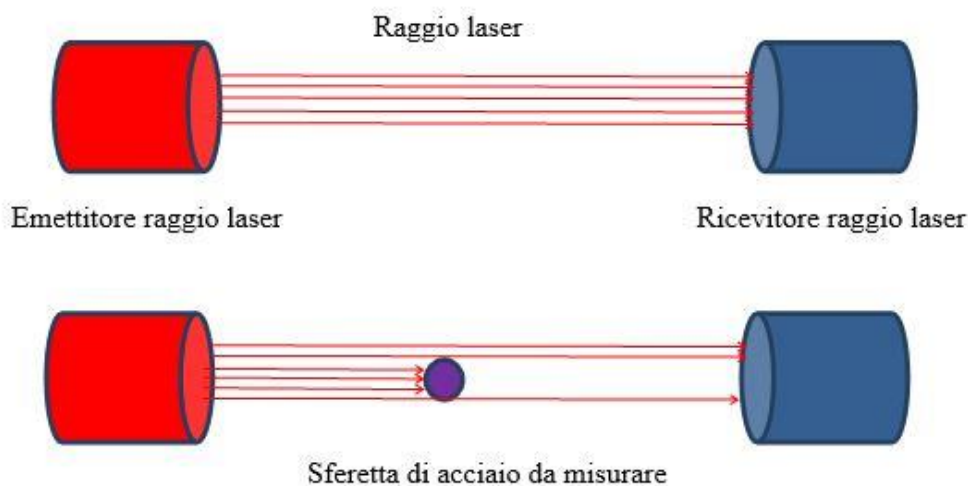


Figura 1.22–Schema di funzionamento del raggio laser come strumento di misura

Il raggio laser viene emesso da un dispositivo particolare spostandosi continuamente dall'alto verso il basso e viceversa. Quando non incontra ostacoli, il raggio viene registrato da un ricevitore. Se interponiamo tra il ricevitore e l'emettitore un ostacolo, ad esempio la sferetta di acciaio di cui vogliamo conoscere esattamente il diametro, allora il raggio laser nello spostarsi rapidamente dall'alto verso il basso, lungo il suo percorso, incontrando l'ostacolo verrà bloccato e sul ricevitore si creerà una zona d'ombra, nel senso che per un certo tempo non arriverà più il raggio. La zona d'ombra rilevata dal ricevitore corrisponde al diametro della sferetta d'acciaio che vogliamo misurare con assoluta precisione! Un particolare software collegato al ricevitore fornirà i dati relativi alla misura effettuata arrivando alla precisione di 1/1000 di millimetro. L'operazione avviene in pochissimi secondi, visto che il raggio laser viaggia

alla velocità della luce (circa 300000 Km/s nel vuoto). Con la **tecnologia laser** basata, come descritto precedentemente, sull'analisi luce-ombra, sarà possibile ottenere informazioni sulla qualità del materiale di cui è fatta la sferetta. L'estrema precisione della misura permette infatti di rilevare eventuali difetti nella struttura dei materiali, come microfratture, piccolissimi difetti, rugosità e ancora altro che ad occhio nudo non riusciremmo a vedere. Oltre ad ottenere misure ad elevatissima precisione ed estremamente rapide, la tecnologia laser ci permette di effettuare anche un rapido controllo sulla qualità dei materiali. Un idoneo software collegato al ricevitore completa il quadro delle analisi possibili sui materiali. Il report finale potrà essere direttamente visualizzato su monitor, stampato su carta, memorizzato su supporto magnetico. Questo nuovo modo di "misurare" che collega la grandezza fisica determinata ad una analisi sulla qualità del materiale prende il nome tecnico di "controllo dedicato".

- *L'autovelox a pistola laser*

Un esempio meno "simpatico" della tecnologia LASER è la misura della velocità di una automobile effettuata dalla Polizia per controllare i limiti di velocità. Come funziona un **autovelox laser**? La tecnologia applicata per questo tipo particolare di misura della velocità, "poco simpatica" ma utile, si basa sul fatto che il raggio laser quando colpisce la carrozzeria della nostra macchina emette una radiazione infrarossa (invisibile ad occhio nudo) ma rilevabile da particolari cannocchiali. Il fittizio agente di Polizia "spara due colpi" con la pistola laser contro una macchina che sta transitando. La carrozzeria colpita dal raggio Laser emette immediatamente una radiazione infrarossa. Il secondo "colpo sparato" dall'agente serve a misurare lo spazio percorso dalla macchina in un certo tempo e quindi lo strumento fornirà, nel giro di qualche secondo, informazioni sulla velocità dell'autovettura in transito. Nel caso in cui l'autovelox laser rilevi una velocità superiore a quella stabilita nel tratto di strada percorsa, allora il conducente della macchina sarà sanzionato con una multa salata e con detrazione di punti sulla patente di guida!

- *Come si genera un raggio laser?*

La parola **Laser** deriva da un acronimo inglese (L=Light; A=Amplification; S=Stimulated; E=Emission; R=Radiation) traducendo si tratta di una Radiazione Luminosa Amplificata.

Quando un normale raggio luminoso attraversa un corpo, parte dell'energia luminosa viene assorbita dal corpo stesso, in quanto parte dell'energia viene ceduta agli atomi incontrati eccitandoli, in pratica portandoli ad uno stato energetico più alto. Se però la luce che attraversa il materiale incontra atomi già eccitati, perché stimolati in precedenza da una fonte di energia esterna, allora gli atomi che costituiscono il corpo

attraversato dal raggio di luce, forniranno l'energia in eccesso al raggio luminoso che vedrà **amplificata la propria energia** man mano che attraversa il corpo. L'effetto finale sarà la fuoriuscita dal corpo di un raggio luminoso ad energia concentrata.

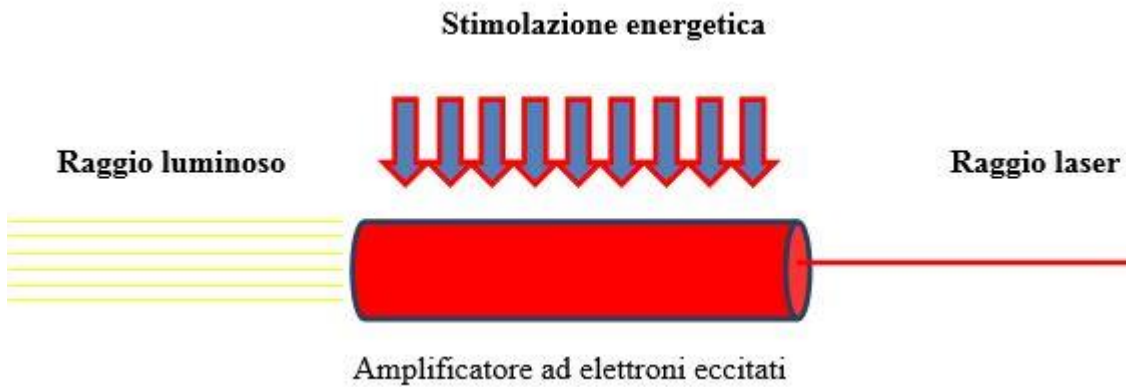
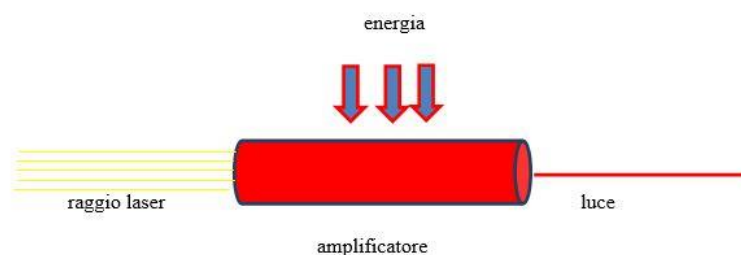


Figura 1.23– Schema del dispositivo che produce un raggio laser

Un raggio di luce entra nel dispositivo laser in cui gli atomi sono stati portati ad un livello energetico alto mediante stimolazione energetica esterna. Il raggio luminoso, nell'attraversare il dispositivo, acquista energia dagli **elettroni eccitati**. L'effetto **amplificazione** dell'energia all'interno del dispositivo laser è dato dagli **elettroni eccitati**. In uscita dal dispositivo si avrà un fascio molto luminoso coerente, monocromatico e concentrato in un raggio che si mantiene rettilineo. L'elevata capacità di concentrare una grande potenza in un'area molto piccola permette al laser alcune prestazioni particolari quali: il taglio, l'incisione e la saldatura di metalli. L'elevata coerenza (la radiazione in uscita ha la stessa frequenza e la stessa fase di quella in entrata) rende il raggio laser un ottimo strumento per misurare distanze con elevatissima precisione. La monocromaticità (cioè la capacità di emettere radiazioni di un'unica frequenza) rende il laser adatto a trasportare informazioni tramite fibre ottiche e nello spazio libero anche a grande distanza.

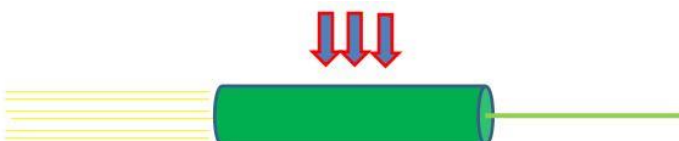
- La potenza dei diversi raggi laser ed effetti sull'uomo



I CLASSE (radiazione perfettamente innocua) POTENZA DEL RAGGIO LASER < 0,04 mW



II CLASSE (radiazione che non arreca danni alla vista) POTENZA DEL RAGGIO LASER < 1mW



III CLASSE A (radiazione arreca danni vista) POTENZA DEL RAGGIO LASER da 1 a 5 mW



III CLASSE B (radiazione arreca seri danni vista) POTENZA DEL RAGGIO LASER da 5 a 500 mW



IV CLASSE (radiazione molto pericolosa) POTENZA DEL RAGGIO LASER > 500 mW

Il sistema GPS, ovvero: ogni cosa ha il suo posto

In una celebre scena di un film del 1956, Totò e Peppino, in visita a Milano, chiedono ad un vigile urbano: "...Per andare dove dobbiamo andare, per dove dobbiamo andare?"

"TOTO' PEPPINO E...LA MALAFEMMINA"

<http://www.youtube.com/watch?v=pChKzWHiBEw>



Figura 1.24–Scena del film "Totò, Peppino e...la malafemmina"

Ovviamente è una scena paradossale, nata per esaltare la comicità del grande attore, ma, quante volte ci capita di chiedere a qualcuno, per strada "Scusi, saprebbe dirmi dove è ...", oppure "La stazione?" Oppure, quante volte ci è stata chiesta un'informazione ed abbiamo dovuto rispondere "Mi spiace, non so".

Tutto questo, però, va scomparendo e scene esilaranti come quella di Totò e Peppino diventano sempre più rare, sia per le domande rivolte ai passanti, sia per le risposte che vengono fornite (spesso altrettanto esilaranti). Il motivo?

Da alcuni anni a questa parte si sta diffondendo, in maniera sempre più capillare, l'uso di uno strumento di derivazione militare, detto **GPS** o, più comunemente: "navigatore satellitare".

- *La tecnologia del GPS*

La sigla GPS è l'acronimo di "Global Positioning System" che indica un sistema, ad alta tecnologia, composto da un dispositivo digitale, a terra, capace di ricevere una serie di onde elettromagnetiche ad alta frequenza (onde radio) emesse da satelliti in orbita geostazionaria, e di rappresentare su una mappa che rappresenta, in modo opportuno, il territorio, la posizione in cui si trova l'apparecchiatura.



Figura 1.25–Satellite GPS in orbita



Figura 1.26–Rilevatori GPS

Il sistema GPS si compone di tre segmenti: il segmento spaziale, il segmento di controllo ed il segmento utente.

I primi due sistemi sono sviluppati e gestiti dall'aeronautica militare degli Stati Uniti,

mentre il terzo segmento viene sviluppato e gestito, secondo le esigenze e le applicazioni, da ditte specializzate e software-house.

Figura 1.27 – Operatrice dell'aeronautica statunitense in un centro di controllo

Attualmente sono in orbita, nella cosiddetta "costellazione GPS" 31 satelliti attivi, più alcuni satelliti dismessi, alcuni dei quali riattivabili in caso di necessità). Il maggior numero dei satelliti visibili da un rilevatore migliora la precisione del sistema di rilevamento



Figura 1.28 – stazione di controllo a terra

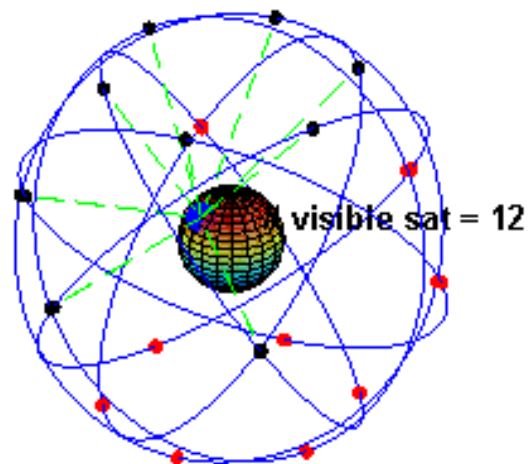


Figura 1.29 – Esempio di costellazione GPS

- *Principio di funzionamento*

Il principio di funzionamento si basa su un metodo di posizionamento sferico, detto trilaterazione, che parte dalla misura del tempo impiegato da un'onda radio a percorrere la distanza tra il satellite ed il ricevitore.

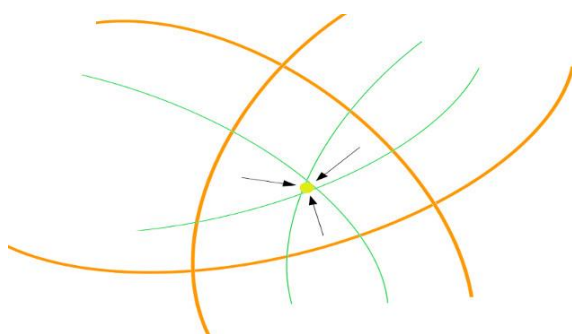


Figura 1.30 – Esempio di trilaterazione

Intersecando tre sfere il cui raggio è la distanza dal satellite, nota, trattandosi di orbite geostazionarie, con la superficie terrestre, si può individuare un punto su di essa, mediante tre coordinate: la longitudine, la latitudine e l'altezza.

La distanza viene misurata mediante il tempo necessario all'onda elettromagnetica, a raggiungere il ricevitore.

Affinché il sistema funzioni, è necessario che un ricevitore sia collegato, contemporaneamente, ad almeno 4 satelliti ed il motivo è molto semplice.

Infatti, il ricevitore non conosce il momento in cui è stato trasmesso, dal satellite, il segnale radio. Per questo motivo, il segnale inviato è del tipo orario; ovvero: un classico segnale orario.

Il calcolo della differenza dei tempi, orario di trasmissione – orario di ricezione (di qualche milionesimo di secondo), in funzione della velocità di propagazione dell'onda elettromagnetica (velocità della luce) consente di determinare la distanza tra il satellite ed il ricevitore. Sembra semplice, ma....



Figura 1.31 – Orologio atomico

Ma sul satellite l'orario è scandito da un orologio atomico, molto preciso, mentre sui ricevitori GPS viene montato un orologio molto meno sofisticato di quello a bordo dei satelliti e che deve essere corretto frequentemente non essendo preciso sul lungo periodo.

Per questo motivo, occorre sincronizzare i due orologi e la sincronizzazione dell'orologio del ricevitore avviene all'accensione del dispositivo ricevente, utilizzando l'informazione che arriva dal quarto satellite venendo così continuamente aggiornata.



Figura 1.32 – Satellite GPS esposto al museo dell'aeronautica di San Diego (USA)

Per una maggior precisione nella misurazione, dell'ordine di pochissimi centimetri, ciascun satellite emette il proprio segnale su due canali: L1 ed L2. La maggior parte dei sistemi GPS per uso civile riceve solamente il segnale L1; mentre il segnale L2 è ricevuto, unitamente al primo, dai sistemi di rilevamento per usi militari.

Lo scopo della doppia frequenza è quello di eliminare l'errore dovuto alla rifrazione causata dall'attraversamento dei vari strati, di diversa densità, dell'atmosfera terrestre.



Negli ultimi anni, però, alcuni modelli di ricevitori GPS per uso civile hanno la possibilità di usufruire del secondo canale L2, permettendo così di raggiungere un margine di precisione maggiore.



Tali sistemi trovano applicazione soprattutto in campo topografico, rendendo possibili rilievi di zone poco accessibili.

Figura 1.33 – Operatori topografici in azione

- *Applicazioni del sistema GPS*

In campo civile, il GPS ha numerosi impieghi e si utilizza ogni volta si debba determinare, con la precisione consentita, la posizione e la velocità di un corpo nello spazio atmosferico.

Per l'aviazione è stato dato l'avvio alla realizzazione di un sistema, connesso al GPS, per l'atterraggio anche in aeroporti privi di ogni assistenza a terra: grazie a questo sistema, sarà quindi possibile atterrare senza l'ausilio di infrastrutture aeroportuali. Anche il traffico automobilistico beneficia del GPS grazie alla possibilità offerta dal sistema di mostrare la posizione del veicolo sovrapposta a cartine topografiche; perfino in caso di furto è possibile conoscere la posizione dell'auto.



Figura 1.34– Modelli di smartphone

Alcuni moderni smartphone, come Apple o Samsung, presentano un'antenna in grado di ricevere sia i segnali GPS sia i segnali GLONASS, con la possibilità di abbinare i segnali ad applicazioni di diverse utilità.

- *Sistemi alternativi*

Oltre al sistema statunitense, denominato GPS, attualmente sono in uso o in fase di sviluppo altri sistemi satellitari; primo fra tutti, il sistema russo, denominato **GLONASS** (Global Navigation Satellite System).

Il sistema è stato impiegato, fino al 2007, solamente per scopi militari, nell'Unione Sovietica e nella Russia. Anche in questo caso, a partire da tale data, il sistema è stato reso pienamente disponibile anche ai civili.

Anche la Cina ha realizzato un proprio sistema di posizionamento, denominato **BEIDOU**, per uso civile esteso a tutta l'Asia, ed è prevista per i prossimi anni la messa a punto di un sistema di navigazione, denominato **COMPASS**.

Infine, l'Unione Europea ha in progetto il completamento di una propria rete di satelliti, al fine di creare un suo sistema di posizionamento, denominato **GALILEO**, da impiegare sia per scopi civili che militari.

Questo progetto ha un'evidente valenza strategica in quanto la rete statunitense è proprietà degli Stati Uniti d'America ed è gestita da autorità militari che, in particolari condizioni, potrebbero decidere discrezionalmente e unilateralmente di ridurre la precisione o bloccare selettivamente l'accesso al sistema: la condivisione dell'investimento e della proprietà da parte degli stati utilizzatori garantisce continuità, accessibilità e interoperabilità del servizio europeo.

NESSI E COLLEGAMENTI

Il sistema di conoscenze acquisito attraverso il rigore del metodo scientifico, quando viene sfruttato per realizzare nuovi prodotti, nuovi materiali (cfr. cap. IV) e nuovi mezzi, produce un binomio indissolubile tra scienza e tecnologia che, insieme alla tecnica, sintesi di sapere teorico, pratica empirica e creatività, genera quel progresso che, usato per fini positivi, migliora la qualità della vita in tutti i contesti, anche lavorativi (cfr. cap. VII) e la qualità del lavoro in tutti i settori produttivi e dei servizi (cfr. cap. III). La storia di Galileo Galilei stimola riflessioni in relazione al contesto storico

sociale che sempre condiziona l'agire umano, dando impulso o frenando la voglia di ricercare e fare nuove scoperte, e alle possibilità di comunicare la scienza affinché sia patrimonio dell'umanità (cfr. cap.II). La scienza e la tecnologia al servizio dell'uomo hanno contribuito ad aumentare le aspettative di vita anche offrendo nuove possibilità in medicina, per esempio attraverso l'invenzione di nuovi e più sicuri strumenti diagnostici. L'informatizzazione di diversi settori ha rappresentato un ulteriore passo avanti nell'ambito dei servizi. L'ingegneria genetica è una branca della scienza che apre prospettive nuove in farmacologia, agricoltura, biotecnologia e in tanti altri ambiti anche in riferimento alla difesa dell'ambiente (cfr. cap.V).

NESSI E COLLEGAMENTI

