

Storia materiale della scienza – M. Beretta

SCIENZA E NATURA

La scienza è la ricerca dell'ordine su cui si basa la natura, delle sue leggi e sul modo in cui possano essere utilizzate dagli uomini. I fenomeni esterni possono essere classificati e catalogati in un insieme di nozioni.

Prima di Aristotele – Pensiero mitico e magico

In origine però gli eventi venivano studiati in chiave antropocentrica e animistica per cui ogni cosa era la proiezione di timori e aspettative dell'uomo.

IV sec. a.C. – Aristotele

Prende le distanze dalla realtà naturale. Riconosce la differenza tra soggetto e oggetto. Tenta di spiegare logicamente ciò che accade, in modo che sensi e ragione coincidano. P.E. Teoria dei luoghi naturali. Corpi gravi->centro terra. Corpi lievi->cielo. Ricerca di ordine logico basato sulla percezione dei sensi.

Le cose sono dotate di sostanza, per Aristotele movimento è manifestazione di sostanza.

Aristotele distinse tra **artificiale** e **naturale**. La scienza deve indagare gli "enti per natura", che sottostanno a leggi di casualità permanenti, emarginando la scienza ad una attività teoretica.

XIV-XV sec. entra in crisi la concezione aristotelica del mondo.

Si rifiuta la cultura libresco in favore dello studio diretto della natura.

EVENTO TRAUMATICO - La scoperta di nuove terre, nuove specie mettono in crisi la tradizione, che non li conosceva, rivelando la sua incompletezza.

Studiosi cercarono di rivedere i testi classici per restituirli all'originaria chiarezza, attraverso il confronto diretto con la natura.

In questo periodo le nuove scoperte continuarono comunque a basarsi sulla tradizione aristotelica.

XV-XVI sec. – Naturalisti rinascimentali rifiutano insegnamenti libreschi per conoscenza diretta natura.

Per Aristotelici esperienza diretta doveva essere mediata da sistemi filosofici. Invece per naturalisti natura in sé e per sé è sufficiente per il suo studio. La natura non era più un insieme di oggetti separati ma un insieme unico, microcosmo umano e macrocosmo naturale uno specchio dell'altro scardinando la tradizionale separazione delle discipline.

Paracelso, medico e alchimista, è sostenitore di queste tesi.

La nuova scienza deve però riuscire a spiegare i fenomeni in modo verosimile tanto quanto la filosofia aristotelica.

Il naturalista doveva svelare i segni nascosti della natura, dandogli mandato anche negli ambiti della metafisica, non più distinguibile dalla fisica.

La concezione del mondo come organismo riuniva in un tutto animato ciò che Aristotele aveva parcellizzato e classificato in regni differenti.

In questo periodo, dietro la spinta dell'osservazione diretta, nacquero molte credenze e superstizioni.

Riscoperta del platonismo e dell'atomismo, per cui lo studio della natura non passava solo da aspetti qualitativi ma anche quantitativi. Primo passo verso matematizzazione scienza.

Fin qui la ricerca confusa creò innumerevoli sistemi diversi che non riuscirono però a conformarsi come valida alternativa.

XVII sec. – Francesco Bacone e Renato Cartesio

Novum organum (1620) di Bacone – scienziato come ministro e interprete della natura. Si deve abbandonare la passività nello studio della natura in favore della prassi sperimentale. A sistema aristotelico si deve sostituire metodo induttivo e sperimentazione sistematica. Dal particolare si traggono gli assiomi ascendendo gradatamente.

Cambia il ruolo sociale del naturalista. E' l'uomo che manipola i fenomeni della natura, per comprenderli e per sfruttarli nella tecnica.

Discorso sul metodo (1637) di Cartesio – teorizza una fisica basata sul modello matematico. Per Bacone matematica disciplina estranea a mondo materiale. Per Cartesio sensi ingannevoli, è necessario strumento certo -> strumento matematico. Leggi della natura analoghe a leggi della meccanica, per cui si poteva descrivere la natura attraverso l'astrazione dei sensi e l'elaborazione di modelli matematici e meccanici. Analogo, anche Galileo credeva nell'importanza del linguaggio matematico ma, mentre Galileo riprendeva l'assunto platonico e pitagorico per cui la realtà era espressa in forme geometriche, Cartesio cercava solo regole per costituire il riferimento certo per ogni conoscenza. Il mondo per Cartesio non era composto da numeri, ma attraverso i numeri era possibile conoscerlo.

Sia Bacone sia Cartesio credevano nella necessità di nuovi strumenti per lo studio sistematico della natura.

Alla fine del secolo Newton, con la legge di gravitazione universale, riesce a dare ragione a Cartesio, unendo i mondi terreno e celeste (astronomia e fisica che Aristotele aveva sempre tenuto separate). Fisica e matematica diventano discipline guida del sapere umano.

XVIII sec. – Meccanicismo da ipotesi rivoluzionaria a norma della scientificità

Natura come insieme inorganico di enti regolati da leggi meccaniche utilizzabili attraverso la pratica sperimentale al servizio dell'uomo.

Denis Diderot, principale curatore dell'Encyclopedie, voleva descrivere la natura attraverso le pratiche sperimentali, denunciando però l'inutilità della matematica.

TEMPO PRESENTE – Dominio della scienza e della matematica

Atomi e composti non sono enti naturali nel senso aristotelico, ma sillabe di un linguaggio matematico. P.e. Genoma, calcolato attraverso i numeri da computer.

La scienza attraverso un linguaggio quantitativo definisce la natura.

Finisce la distinzione tra naturale e artificiale. Tutto deriva da ciò che esiste in natura, e le molecole prodotte in laboratorio sono identiche a quelle esistenti in natura.

GLI STRUMENTI

Gli strumenti sono elementi centrali nella pratica scientifica, ed hanno creato le condizioni perché il mondo potesse essere studiato tramite parametri quantitativi.

DALLE ORIGINI -

Presenza di utensili meccanici per ampliare la potenza della forza dell'uomo.

XIV-XV sec.

Orologio meccanico per primo consente di quantificare la realtà esterna. La scansione del tempo in intervalli regolari e uguali e non più secondo i cicli naturali e irregolari ha dato all'uomo la possibilità di regolare le proprie attività indipendentemente dal tempo soggettivo e dai cicli naturali. L'orologio era l'effetto di una rivoluzione per cui la dimensione temporale perdeva il suo mistero tramite uno strumento che lo spiegava razionalmente.

Gli utensili meccanici ereditati dall'età classica e medievale non vennero compresi appieno finché con l'approfondimento teorico non si giunse ad un uso scientifico e ad un perfezionamento sistematico.

XV-XVI sec.

Si concretizza l'idea dello strumento scientifico come conseguenza dell'importanza attribuita alla sperimentazione. Strumenti per ampliare le capacità cognitive e i sensi dell'uomo. Il principale senso per lo scienziato rinascimentale era la vista.

In quest'epoca osservare la natura significa ancora comunque soprattutto leggere, il libro era il principale strumento di conoscenza e di standardizzazione delle osservazioni e delle nozioni scientifiche del momento. La stampa fu, difatti, una delle principali scoperte di questo periodo che contribuì al risveglio dell'interesse per le scienze e la natura. Anche i sostenitori della sperimentazione erano assidui lettori, per consentire una riflessione sul metodo scientifico e perché comunque la pratica sperimentale era ancora imprecisa.

Gli alchimisti furono i primi ad utilizzare strumenti scientifici nei loro rudimentali laboratori.

I primi veri e propri strumenti però nacquero nell'ambito dell'astronomia e delle scienze della vita, in correlazione alla diffusione delle lenti (scoperte già nel XIII sec., ma di uso comune solo a partire da ora). Vennero inventati telescopio, microscopio, ... Principali artisti del vetro furono in Italia e nei Paesi Bassi.

XVII sec. – Le prime grandi scoperte attraverso l'uso di strumenti. **Galileo Galilei**

Il **telescopio** divenne vero e proprio strumento scientifico grazie a Galileo Galilei, grazie alle scoperte del 1610. Per la prima volta una rivoluzionaria scoperta scientifica era associata ad uno strumento prodotto da un artigiano. Galileo aveva dimostrato grande abilità nell'associare il perfezionamento di uno strumento con la sua teoria fisica (p.e. bilancia idrostatica, compasso). Superando i limiti dei sensi le osservazioni scuotono le conoscenze classiche.

Sidereus Nuncius (1610) di Galileo – Galileo attraverso il telescopio scoprì le irregolarità della superficie lunare, nuovi satelliti e pianeti, le macchie solari. Con questo testo demolì la cosmologia aristotelica. I cieli e le stelle non più incorruttibili, ma sotto il dominio di fenomeni fisici e composti di materia simile a quella terrestre. Torna sulla questione copernicana, rafforzandola con uno strumento capace di amplificare i sensi.

Analogamente lo strumento fu usato nell'ambito del piccolo, attraverso il **microscopio**. Fu sempre Galileo a intuire le opportunità del nuovo strumento.

Apiarium (1625) di **Federico Cesi** – scoprì dell'esistenza di corpi così piccoli da non essere percepibili e teorizzò dunque l'esistenza di cose ancora più piccole da non essere percepibili con gli strumenti di allora. Con questa tesi Cesi rivalutò l'atomismo di Democrito, rifiutato da Aristotele, dando così un altro colpo al suo sistema filosofico.

La prima scoperta fu lo studio dell'occhio della mosca nel 1644 da **Giambattista Hodierna**.

Marcello Malpighi fece però le prime scoperte di portata teorica, analizzando i tessuti di cui erano composti alcuni organi nonché altra parti minute del mondo umano, animale e vegetale. Malpighi fu criticato dai galenisti per l'inutilità degli studi di cose tanto minute. Viene alla luce la natura meccanica del corpo, le sue strutture e i suoi meccanismi. La **medicina** passò da oggetto di speculazione filosofica a disciplina precisa analogamente alla fisica e all'astronomia. Il modello meccanico del corpo umano fu quello dell'orologio meccanico.

Polemica sulla natura del vuoto, protagonisti furono **Evangelista Torricelli** e il **vetro**. Realizzò strumenti per la misurazione della pressione atmosferica ed attraverso questi la connessione tra pressione e cambiamenti meteorologici. A seguito di questi esperimenti si scoprì come utilizzando il vetro fosse possibile utilizzare il vuoto e misurare la temperatura. Nasceva un metodo quantitativo per la misurazione delle temperature, che non venivano più ricondotte alle sensazioni soggettive.

XVIII sec. – La nascita dei primi standard

Il **vetro** durante la prima metà del secolo è la principale componente degli strumenti scientifici.

Nascono gli standard per la misurazione della temperatura. **Anders Celsius** (1740) ancorava la misurazione del calore a criteri osservabili oggettivi (congelazione 0° e ebollizione acqua 100°).

Scoperta della natura dell'**elettricità** e della **composizione dell'aria** spinsero alla costruzione di nuovi apparecchi e all'utilizzo di nuovi materiali.

La presenza di più strumenti veniva giustificata dalla ricerca di maggiori standard di precisione della sperimentazione e per rendere minimi l'influenza esterna e l'arbitrio dello sperimentatore.

Verso la fine del secolo divenne chiara la tendenza a costruire apparecchi sempre più grandi o costosi. Diviene inconcepibile la ricerca scientifica senza strumenti.

Antoine-Laurent Lavoisier, chimico francese, demolì la teoria aristotelica per cui l'universo era composto da quattro elementi (aria, terra, acqua, fuoco). Scoprì che **l'aria era composta da più elementi e l'acqua da due gas**. Costruì il **gasometro**, strumento per condurre l'esperimento di sintesi dell'acqua.

XIX sec. – Inizia l'era della **Big science**

Lo strumento scientifico veniva assorbito dalla tecnologia, giungendo al suo culmine con la fisica nucleare. Si costruirono i primi **acceleratori di particelle**.

La nascita di sistemi di sperimentazione richiedevano finanziamenti enormi e il dispiegamento di ingenti forze umane.

ETA' CONTEMPORANEA – Big science e innovazione tecnologica

La scienza contemporanea dipende in larga misura dall'innovazione tecnologica e da come questa poteva innovare gli strumenti di ricerca.

SCIENZA E COMUNICAZIONE

I mezzi e le tecnologie di comunicazione e lo sviluppo della scienza sono interconnessi. La comunicazione occupa un ruolo centrale nella cultura occidentale dal rinascimento fino ai giorni nostri. Molte delle scoperte effettuate in occidente erano in realtà già note da tempo in oriente, ma in queste culture mancarono le possibilità per svilupparsi attraverso una struttura che desse allo scienziato autonomia e prestigio.

DALLE ORIGINI – Scienza occulta e dei segreti

XV-XVI sec. – L'invenzione della stampa

Fu l'invenzione della stampa la prima spinta verso la divulgazione scientifica, importante per la diffusione di scoperte scientifiche rivoluzionarie come quelle di Galileo. Con la diffusione di questo mezzo ci si trovò di fronte a nuove problematiche, in quanto gli scienziati erano riluttanti ad affidare ad un libro le proprie scoperte, in quanto **non avevano alcuna tutela riguardo alle loro idee**. Fu per questo che molti ancora continuarono a preferire il manoscritto e la comunicazione epistolare, facendo continuare ancora l'epoca della scienza dei segreti.

Altro problema era la necessità di creare un nuovo modello stilistico per la divulgazione scientifica, poiché non vi erano precedenti nella storia.

Paracelso e i suoi seguaci, pur rigettando le opere delle *auctoritas* furono tra i primi a servirsi del potere propagandistico della stampa.

Galileo Galilei riuscì a divulgare le sue scoperte grazie ad un sapiente utilizzo del mezzo stampa.

Isaac Newton, invece, oltre 50 anni dopo fu riluttante nella pubblicazione delle sue opere.

Altre problematiche: difficoltà tecniche e lentezza di produzione, anche per necessità burocratiche quale il visto della censura. Questo contrastava con la necessità di affermare la paternità di una scoperta al più presto possibile.

XVII sec. – Dalla lettera alla stampa periodica come principali mezzi di comunicazione

Le lettere venivano utilizzate per comunicare al più presto l'esito di un lavoro di sperimentazione e ricerca. Destinatario della lettera era spesso un altro scienziato che aveva il compito di divulgare la scoperta. Si creò in questo modo una fitta rete di comunicazione che permetteva di informare un vasto numero di scienziati e di stimolare la competizione.

A partire dalla seconda metà del XVII sec. nacquero anche le prime riviste scientifiche.

Journal des savants (1665), nasce in Francia e dà ampio spazio all'analisi di opere scientifiche portando l'attenzione sulla possibilità del mezzo stampa.

Philosophical transactions (1665), Inghilterra, fu il primo a dare spazio a dibattiti scientifici pubblicando i resoconti degli atti della Royal Society. Inizialmente era la pubblicazione della corrispondenza scientifica annuale.

Memoires sur les sciences et sur les artes (1672), fondato da Jean Baptiste Denis, dedicato interamente alle scienze.

Memoires de l'Academie des Sciences de Paris, analogo a *Philosophical Transactions*

Attraverso queste riviste si riuscì a coniugare la necessità della rivendicazione di paternità alla rapidità di pubblicazione alla creazione di uno stile per la letteratura scientifica.

L'opera a stampa restava fondamentale per l'affermazione di uno scienziato, ma sempre più importanza acquistavano gli articoli.

XVIII sec. – La nascita della stampa specializzata

In questo secolo cominciarono ad esserci scienziati che pubblicavano esclusivamente articoli. Lo sviluppo della scienza portò alla produzione di un elevato numero di articoli che portarono dunque le riviste a

pubblicarli con ritardo anche di anni, alimentati anche dalla mancata specializzazione dei periodici, di cui nacque l'esigenza.

A partire dal 1670 videro la luce i primi periodici specializzati in medicina, per poi proseguire nei primi decenni del XVIII secolo con la nascita di periodici specializzati nelle varie discipline.

Antoine-Laurent Lavoisier pubblica gli *Annales de chimie* nel 1790.

La crescita esponenziale di pubblicazioni periodiche specialistiche diede un impulso alla creazione di nuove discipline scientifiche e alla loro specializzazione

XIX sec. – Con la rivoluzione industriale nasce la problematica dei brevetti

Seppure fin dal rinascimento le **corporazioni** tutelavano i loro segreti, tramandandoli esclusivamente nel loro ambito, ostacolando e punendo ogni tentativo di divulgazione, fu solo in questo secolo, divenendo chiaro il contributo determinante della scienza allo sviluppo industriale ed ai suoi profitti, che la questione del brevetto divenne strategica. Lo scienziato si trovò a dover scegliere tra la libera ricerca universitaria e le enormi risorse messe a disposizione dall'industria per una ricerca mirata. Col tempo si capì però che una ricerca libera dava maggiori risultati, pertanto si passò al finanziamento della ricerca in ambito universitario.

ETA' CONTEMPORANEA – La nascita di nuovi mezzi di comunicazione

L'enorme numero di pubblicazioni portò però ad una situazione di confusione per cui era impossibile seguire tutto, rallentando il processo di comunicazione che inizialmente avevano favorito. Inoltre la ricerca bibliografica divenne in qualche modo più prolifica della ricerca vera e propria. Le discipline tesero sempre più a parcellizzarsi e specializzarsi. La necessità di rivendicare la paternità di una scoperta ha poi portato a pubblicare frettolosamente qualsiasi risultato, abbassando il livello di qualità delle riviste. Nascono altri modi per comunicare, quali congressi. Continua però ad essere diffusa la comunicazione diretta ed epistolare, creando una rete di comunicazione comunque più rapida della pubblicazione.

L'avvento di **Internet**, attraverso la possibilità di selezionare rapidamente le informazioni cercate ha cambiato radicalmente lo scenario, rendendo possibile la pubblicazione immediata su riviste on-line.

Problematica delle **implicazioni economiche**, per cui gli strumenti di tutela sono spesso in contrasto con l'esigenza di rivendicare. Il problema della segretezza si è rivelato con la ricerca militare e strategica.

La necessità di finanziamenti porta gli scienziati all'utilizzo della **retorica**, per una divulgazione delle notizie spettacolarizzata e mirata alla ricerca di finanziamenti. E' così che per coniugare segretezza e divulgazione si pubblicano notizie generiche, tralasciando i dettagli su come si è arrivati ad una determinata scoperta.

SCIENZA E ARTE

DALLE ORIGINI – L'attività manuale vista come secondaria

Tutte le arti e mestieri erano tenute lontane dal mondo intellettuale delle accademie e delle università. La posizione sociale degli artisti era nettamente inferiore a quella di accademici e universitari.

XIV-XV sec. – Comincia il percorso di riaffermazione delle arti.

A partire dal rinascimento, con la crisi della visione aristotelica e la fine della distinzione tra naturale e artificiale e, dunque, della scienza come attività speculativa perdeva senso l'opposizione tra arte e natura. Nelle arti compare con la prospettiva lineare il primo atto di una visione scientifica e naturalistica del mondo per cui la natura doveva essere mediata dalla matematica alla geometria. LA natura era ricostruita secondo le sue reali proporzioni.

In questa stessa epoca abbiamo anche importanti studi ingegneristici, su questioni di carattere meccanico, matematico e di resistenza dei materiali.

Leonardo Da Vinci caso emblematico della questione degli artisti. La sua opera, mai pubblicata quando lui era in vita, rimase difatti per lo più sconosciuta ai suoi contemporanei.

Infatti il compito della divulgazione doveva spettare agli umanisti, che avevano la possibilità di rivendicare per una disciplina lo stato di scienza anziché quello di arte.

Una spinta al cambiamento data dagli artisti fu l'introduzione delle immagini nelle opere scientifiche. Difatti i classici avevano sempre rifiutato le immagini, rendendo necessario per la creazione di un modello il ricorso agli artisti contemporanei.

Studiosi quali **Paracelso**, gli alchimisti nonché coloro quali botanici e alchimisti che erano impegnati nell'osservazione diretta della natura non potevano fare a meno di apprezzare le potenzialità scientifiche della documentazione iconografica.

La sola analisi dei testi antichi non poteva più rispondere alle esigenze del naturalista.

XVI sec. – Dalle prime opere illustrate alla rivoluzione scientifica

Attraverso questo percorso le immagini si sostituiscono alle parole. I rapporti tra scienza e arte condizionarono i progressi della tecnica. Le xilografie servivano per consentire a chiunque di comprendere il significato della terminologia, che invece veniva dato per scontato dagli antichi. Attraverso le immagini si poteva anche superare l'ostacolo dell'alfabetizzazione per gli argomenti tecnici, infatti le immagini di macchine erano più familiari a chi vi lavorava di disquisizioni di meccanica riguardo la teoria del loro funzionamento.

L'uso delle immagini unite ad un nuovo linguaggio liberarono la scienza dai vincoli dell'antichità classica, permettendo la nascita di una nuova scienza fondata su basi teoriche autonome.

Otto Brunfels nel 1530 pubblicò *Herbarum vivae eicones*, prima opera illustrata. Dalla collaborazione tra scienziato e artista nasce l'erbario illustrato. L'artista e lo scienziato decidono di aderire ad un totale realismo. In questa occasione l'artista ritrasse piante sconosciute allo scienziato, lasciando come testimonianza la sola immagine, così che l'artista invase il campo dello scienziato.

Leonhart Fuchs, *De historia stirpium*, 1542, in quest'opera si effettua un altro passo avanti, in quanto mentre nell'opera di Brunfels le piante venivano ritratte realisticamente, riportando persino i segni di deterioramento, nell'opera di Fuchs il realismo è mirato alla comunicazione scientifica, attraverso uno stile sintetico che presentava le piante nei loro tratti essenziali.

Andrea Vesalio, *De umani corporis fabrica*, 1543, anche se la medicina aveva una tradizione iconografica più ricca delle altre discipline, l'opera di Vesalio è rivoluzionaria per quanto riguarda l'apparato iconografico. L'abilità di ricostruire realisticamente la struttura anatomica del corpo umano era dovuta all'abilità raggiunta nella pratica dissezionaria. La rappresentazione del corpo non era più condizionata da dottrine e speculazioni, ma dall'esame analitico che avveniva nella sua *fabrica*.

Giorgio Agricola, *De re metallica*, 1556, opera di metallurgia scritta da un medico. L'opera ebbe all'epoca una notevole diffusione.

La rivoluzione scientifica

Niccolò Copernico, *De revolutionibus orbium coelestium*, 1543, rappresenta l'inizio del crollo del sistema tolemaico che aveva retto fino ad allora. Per rappresentare le sue scoperte Copernico adottò però un sistema del tutto simile a quello tramandato, lasciando che le orbite fossero circolari.

Galileo Galilei, *Sidereus Nuncius*, 1610, affiancò ai risultati delle sue ricerche delle immagini di ciò che osservava col telescopio riguardo le irregolarità della superficie della luna. La forza di questa scoperta fu la sua universalità: chiunque poteva rendersi conto della verità di questa scoperta e per questo provocò reazioni molto più profonde nella società, che portarono nel 1616 al dibattito e nel 1633 alla condanna e abiura di Galileo.

SCIENZA E RELIGIONE

Per quanto riguarda i rapporti tra scienza e religione le tesi sono in contrasto tra loro. Difatti, se da una parte i primi progressi scientifici si svilupparono in seno alla tradizione scolastica e alle università medievali, dall'altra la spinta secolarizzatrice e razionalizzatrice della scienza e quindi la naturale opposizione ai dogmi della teologia ponevano i due ambiti in contrasto tra loro. Esiste una terza tesi che da alla nascita e alla diffusione del protestantesimo e alla sua connessione col capitalismo una grande importanza per lo sviluppo delle scienze.

DALLE ORIGINI – Scienza e religione connesse

I rapporti tra scienza e religione sono da analizzarsi nell'ambito di quella separazione di cui fino al XIV sec. nessuno aveva sentito l'esigenza. Infatti fino ad allora l'intervento della chiesa in ambiti scientifici avvenivano comunque nell'ambito della teologia.

La chiesa si era mossa attraverso la censura e l'inquisizione principalmente contro i libri teologici ritenuti eretici, piuttosto che contro i libri scientifici.

Il primo *Index librorum prohibitorum* era stato pubblicato nel 1564 da Pio IV, e consentiva la lettura di libri di autori eretici che non trattavano di religione. Il problema dei naturalisti impegnati nella riforma del sapere aristotelico era un problema di secondaria importanza rispetto al conflitto teologico che insidiava i dogmi della chiesa romana.

La filosofia della natura di Aristotele però era un sostegno anche alla teologia cattolica, per cui criticarla poteva insidiare dogmi e credenze che investivano il fondamento della fede.

Alcune scienze, quali l'alchimia, si occupavano di ambiti estranei a queste problematiche, mentre altre discipline quali l'astronomia si trovarono in diretto conflitto con la teologia, per cui le critiche arrivarono da tutti i fronti (chiesa cattolica, Lutero, Calvino,...).

XVII sec. – Il processo a Galileo e l'inizio del conflitto con la scienza

Galileo Galilei fu il primo scienziato ad entrare in diretto contrasto con le istituzioni ecclesiastiche, stabilendo una nuova gerarchia del sapere che affidava alla scienza il ruolo di guida nell'indagine della natura. A partire dal 1616, con l'ammonizione, fino al 1633, con il processo, l'abiura e la condanna al confino nella villa di Arcetri. La condanna pesò perché da quel momento l'attività scientifica cominciò a essere sorvegliata con attenzione dalle autorità ecclesiastiche tanto che fino al XIX sec. non fu possibile dichiarare l'adesione al copernicanesimo.

Il mercato delle idee si trasferì nei Paesi Bassi, liberi dai vincoli della chiesa. Cominciò a diffondersi l'idea per cui scienza e religione dovessero essere separate. Le opere scientifiche, ponendosi non come verità assolute e differenti filosoficamente dalle opere teologiche tutelava i propri interessi per garantirsi uno spazio di autonomia.

Il caso di Galileo rappresentò più un'eccezione che una regola, poiché i libri di carattere scientifico proibiti furono pochi, ma fece sì che i punti di contatto tra scienza e religione si fecero sempre più rari.

XVIII sec. – Si afferma la distinzione tra scienza e religione

Seppure l'epoca dei conflitti non era ancora finita è in questo secolo che nasce e si diffonde il desiderio di indipendenza tra religione e scienza.

XIX sec. – La teoria evolucionistica

Charles Darwin, *L'origine delle specie*, 1859, sosteneva l'evoluzione delle specie animali come conseguenza di un processo di selezione naturale. Questa tesi era in aperto conflitto con il creazionismo della chiesa, anche perché doveva far rientrare nel progetto divino l'estinzione di milioni di specie animali e vegetali. Fu la prima opera non divulgativa a far discutere a tutti i livelli. La teoria dell'evoluzione venne considerata tendente verso l'ateismo, e venne attaccata dagli ambiti religiosi con i toni di una crociata, che però erano destinati a smorzarsi conseguentemente alla scoperta di reperti, in particolare dalla geologia, che confermavano in modo autorevole questa tesi.

Verso la fine del secolo nacque l'idea secondo cui dio era da vedersi come forza motrice universale, da cui proviene tutto e di cui faceva parte anche l'anima umana. I rapporti tra anima umana e cosmo non venivano più dettate dai testi sacri, ma da quelli scientifici.

ETA' CONTEMPORANEA – Separazione totale

Nella comunità scientifica non si registrano prese di posizione ideologiche contro la chiesa così come la chiesa non interagisce con la ricerca scientifica.

I MUSEI DELLA SCIENZA

Il museo è un edificio destinato alla conservazione di reperti.

CIVILTÀ GRECA – Museo come luogo dedicato alle muse

Museo di Alessandria, fondato nel 280 a.C. fu il prototipo del museo moderno, luogo laico di cultura.

CIVILTA' LATINA – Museo come luogo per conservare collezioni

ETA' MEDIEVALE – Collezionismo religioso

Nell'epoca medievale il collezionismo era concentrato nella ricerca di reliquie e simboli di devozione. Nelle chiese venivano esposti reperti naturalistici esotici per attirare fedeli e offerte, senza però avere alcuno spirito scientifico o tassonomico.

XIV sec. – La riscoperta dei classici e il collezionismo archeologico

In questo periodo si diffonde un interesse per la ricerca di manoscritti e codici classici, e connesso a questo anche di vestigia, epigrafi e reperti archeologici in generale per ricostruire il passato.

In questo periodo luogo predisposto alla collezione e allo studio era lo **studiolo**, che da stanza isolata si trasformò in uno spazio laico dove coltivare gli studi senza interferenze esterne. Questo era il prototipo delle prime istituzioni laiche del sapere.

XVI sec. – La nascita del museo naturalistico

Inspirati dalle nuove scoperte e dall'afflusso di nuove specie nascevano in Italia le prime collezioni naturalistiche. Nacque così il problema di un nuovo metodi e strumenti di classificazione, superando i limiti di quelli di Aristotele. Il museo diventava quindi il luogo della ricerca.

I primi giardini botanici nacquero nel 1544 a Pisa, diretti da collezionisti.

Ulisse Aldrovandi, nel 1561 ricevette l'incarico di prefetto del museo di Bologna, che nel corso degli anni divenne il più grande museo del mondo. All'interno del museo si volle riprodurre la ricchezza del mondo naturale per permetterne lo studio. Si studiarono nuove tecniche di conservazione dei reperti e si richiese l'intervento di pittori qualora la conservazione non fosse stata possibile, i cui disegni venivano catalogati secondo gli stessi criteri dei reperti.

Nel museo acquero i primi esempi di **laboratorio**, in cui il mondo naturale veniva riprodotto artificialmente. L'allestimento e la conservazione della collezione mostravano per la prima volta che la scienza esigeva forme di ricerca collegiali.

La rappresentazione del mondo naturale doveva essere capace di produrre un discorso che ne rivelasse la storia nel suo dinamico dispiegarsi. Nasce la **storia naturale**.

Il museo rendeva possibile valicare su base empirica i possibili metodi di classificazione. Il culto del meraviglioso fu subordinato a obiettivi scientifici sempre più precisi e rigorosi.

XVII sec. – Il museo per la didattica

Fu nel 1622 che i gesuiti fondarono il primo museo naturalistico destinato anche alla didattica.

Nel corso del secolo vennero aperti altri musei in tutta Europa. Il museo fu progressivamente inglobato nelle istituzioni che coinvolgevano il pubblico allo studio della natura e promuovevano l'insegnamento della storia naturale.

Durante la seconda metà del secolo le collezioni cominciarono a **specializzarsi**.

Gottfried Wilhelm Leibniz, nel 1675 teorizzò un nuovo tipo di esposizione di reperti scientifici e meccanici. Teorizzò la scienza per intrattenere, una didattica senza tedio per avvicinare tramite lo spettacolo società e scienza. Teorizzò un museo ipotetico che però non realizzò mai, ma che rispecchiava una mentalità diffusa.

Difatti appartengono a quest'epoca le **Wunderkammern**, le **camere delle meraviglie**, destinate a colpire l'immaginazione, anche se furono criticate da molti perché considerate una prosecuzione delle antiche superstizioni. Il collezionismo in quest'epoca era infatti legato all'ostentazione della rarità e dell'esotico.

XVIII sec. – Il museo verso la specializzazione

L'accumularsi di una quantità enorme di reperti sempre più difficile da catalogare fece emergere alcuni dei limiti del museo, poiché il preciso ordinamento era necessario per lo studio. Si giunse perciò alla conclusione che, per essere veramente utile, il museo dovesse dedicarsi alla didattica elementare. Il prevalere di questa funzione non tolse comunque la funzione di ricerca.

Le cattedre di storia naturale aumentarono in tutta Europa e con esse i musei naturali. In questo periodo si registra un vero e proprio boom.

Nell'arco di questo secolo si sviluppò la controversia sui metodi da adottare nell'ordinamento degli enti naturali.

Fino a questo periodo i tre regni della natura erano considerati attigui, per cui minerali, piante e animali venivano posti sullo stesso piano. Da questo momento, invece, ad occuparsi dei minerali saranno discipline altre rispetto alla storia naturale. La chimica, invece, smise di occuparsi di vegetali e animali per dedicare la propria attenzione ai minerali e dimostrò che non potevano trasformarsi o crescere. La materia inorganica poteva solo subire trasformazioni chimiche. La **mineralogia** divenne disciplina autonoma e le collezioni di minerali vennero collocate in edifici specifici, in seguito nacquero anche **geologia** e **paleontologia**. I **fossili** non vennero più considerati minerali, bensì residui delle fasi geologiche della terra.

1793-4, nel periodo della rivoluzione francese, venne fondato il Museum d'histoire naturelle di Parigi, con scopo didattico e, per la prima volta, aperto al pubblico e destinato anche alla divulgazione scientifica.

XIX sec. – La crisi del museo

In questi anni si giunge alla crisi del museo come luogo di ricerca, che si sposta nei laboratori, nelle università e nelle accademie, relegando al museo la funzione didattica e divulgativa.

Ad influire su questa crisi fu l'utilizzo dell'immagine scientifica a colori e la nascita della **fotografia** (1840), oltre che l'enorme mole di materiali che costringeva alla creazione di edifici sempre più grandi per poter contenere tutte le reperti. In questo periodo le collezioni si arricchirono di reperti provenienti dal colonialismo, facendo sì che il museo divenisse strumento di propaganda delle spedizioni coloniali. Altra problematica fu la necessità di una sempre maggiore copertura economica che mandò in crisi i musei che non furono in grado di aggiornarsi, oltre a mutare ideologicamente la struttura, che aveva ora un nuovo obiettivo.

ETA' CONTEMPORANEA – Il museo come vetrina della scienza

La funzione dei musei creati nel XX sec. (quale il **Museo della Scienza e della Tecnica "Leonardo da Vinci"** di Milano, 1939) era di rivendicare il nuovo ruolo della scienza, di creare un'immagine positiva della disciplina e, come effetto collaterale, di celebrare le tradizioni nazionali.

Nasceranno poi istituzioni di educazione scientifica di divulgazione pura, ma che non riusciranno mai ad avere la stessa importanza che ebbero i vecchi musei. I troppi costi per stare al passo coi tempo contrapposti agli scarsi risultati hanno fatto sì che i musei scientifici non trovassero una politica adeguata ai giorni attuali.

LE ACCADEMIE

DALLE ORIGINI – Ricerca individuale

Fino al XVII sec. non abbiamo a che fare con istituzioni che promuovessero la ricerca scientifica, ma solo con singoli individui che ricercavano autonomamente.

XV-XVI sec. – Nascono le accademie

Le prime accademie nacquero in Italia nella seconda metà del XV sec., ma non avevano come obiettivo la ricerca scientifica, erano solo un gruppo di eruditi che si riunivano per discutere di questioni di carattere perlopiù umanistico.

XVII sec. – Nascono le accademie scientifiche

Per lo sviluppo della scienza diviene necessaria una forma di ricerca collegiale, che trovò applicazione nelle accademie.

Accademia dei Lincei, 1603, fondata da **Federico Cesi**, fu la prima accademia scientifica, seppure nel suo ambito non avvenisse la ricerca ma solo una discussione ed i suoi membri (tra cui **Galileo Galilei**) continuassero nella ricerca autonomamente. Il ruolo dell'accademia a questo punto era quello di promuovere la diffusione e pubblicazione delle scoperte.

Accademia del Cimento, Firenze, 1657, fu la prima accademia organizzata in modo analogo alle accademie moderne. A seguito di questa nell'arco di un decennio vennero fondate la **Royal Society** di Londra e l'**Academie des Sciences** di Parigi con criteri che s'ispiravano a quelli degli scienziati fiorentini.

Nell'ambito delle accademie si delineò una visione sperimentale della scienza. La **collaborazione** tra scienziati unita alla **sperimentazione pubblica** vennero usati come mezzo di persuasione dell'oggettività e utilità delle scoperte. Si sottolineò l'importanza degli strumenti e dei laboratori.

La scienza acquisì importanza grazie alla sua crescente utilità operativa. Nonostante il primato lo detenessero ancora gli umanisti la scelta politica dei Medici di promuovere la scienza rappresentò una svolta nella politica culturale.

Tra i vantaggi della ricerca collegiale ci furono: maggiori possibilità di ricerca, possibilità di sostegno statale e la nascita di standard.

XVIII sec. – Primi dubbi su accademie

Molti scienziati, tra cui **Denis Diderot** e **Jean-Jacques Rousseau**, ritenevano che l'estro non poteva essere regolato ed erano scettici nei confronti delle associazioni aventi scopo di riunire in un unico corpo di principi comuni la scienza. **Jean-Paul Marat** aggiunse altresì che nell'accademia si creava una corporazione di uomini gelosi dei privilegi acquisiti. Pur convinti del ruolo guida della nuova filosofia erano critici sul rapporto di dipendenza tra intellettuale e committenti. Oltre a ciò il prestigio e il potere che andavano assumendo gli accademici faceva sì che in quegli ambienti dilagasse la corruzione e gli istituti si riempissero di personalità mediocri. Fondamentale alla base di queste critiche l'idea secondo cui il progresso scientifico non era lineare e prevedibile, bensì frutto della combinazione di genio individuale e caso.

Fu alla fine del secolo che il dibattito sulla riforma delle accademie si intensificò.

Antoine-Laurent Lavoisier, 1785, divenuto direttore tentò una riforma dell'Academie des Sciences che fallì in parte proprio per la natura corporativa dell'accademia e per l'istituzione monarchica che non facilitava la diffusione dei lumi.

8 agosto 1793, la convenzione ordina la chiusura di tutte le accademie francesi. Gli scienziati francesi si trovarono a dover ripensare al loro ruolo nella nuova società repubblicana. Anche se dopo il periodo rivoluzionario l'Academie fu ristabilita la ricerca si spostò di fatto nei laboratori e nelle università.

Dal XIX sec. – Il declino definitivo delle accademie

Le accademie divennero solo un luogo di incontro per la presentazione di risultati di ricerche finanziate e condotte altrove.

LE SCIENZE E L'UNIVERSITA'

Fino al XVII sec. – Università basate sulla cultura classica

Nonostante nel mondo universitario riuscirono a circolare alcune idee innovative, quali quelle di Cartesio o Vesalio o l'istituzione dei giardini botanici, comunque la lezione tipica era basata sulla *lectio*, cioè la presentazione e iterazione delle dottrine aristoteliche.

Lo studio delle scienze naturali era relegato nelle facoltà di arti liberali, mentre le scuole cattedrali propedeutiche agli studi superiori di teologia, giurisprudenza e medicina insegnavano il trivium (grammatica latina, retorica e dialettica) e il quadrivium (aritmetica, geometria, astronomia e musica) con l'utilizzo pressoché esclusivo di testi classici o loro commentari.

Le scienze avevano un ruolo subalterno e la lezione frontale non dava modo di verificare attraverso la sperimentazione.

XVIII sec. – La riforma universitaria

In diversi stati europei si riformò lo statuto delle università. Le prime università ad essere riformate non furono però le grandi e prestigiose università, proprio per questo restie e ostacolate nella riforma, bensì i piccoli centri. Il manuale non doveva più essere il testo classico ma si doveva adeguare alle nuove scoperte e conoscenze.

Punto di partenza della spinta riformatrice fu la piccola Università di Leida. Prima disciplina a riformarsi fu la medicina, grazie al contributo del **dott. Herman Boerhaave**, che combinò i riferimenti alla tradizione con moderno senso della pratica e della sperimentazione. La verifica sperimentale della diagnosi e l'analisi chimica del rimedio spinsero così anche la chimica a svilupparsi come disciplina e a dar vita a corsi autonomia nell'università.

In **Germania** e **Svezia** furono i governi stessi a spingere per una riforma delle università, convinti di come la ricerca potesse portare benefici alla nazione. Nacquero così i primi corsi di arti e mestieri all'Università di Uppsala, che la resero così un centro per la nascita di nuove professioni legate agli sviluppi della scienza.

In **Italia** invece le università avevano già da tempo accolto la ricerca al loro interno. Una possibile causa è la frammentazione degli stati italiani che portava ad una maggiore competizione tra le università.

In **Francia** fu la rivoluzione francese ad innescare il processo di rinnovamento del sistema educativo. Sotto Napoleone infatti si assistette ad una laicizzazione della cultura, per cui le università dovettero provvedere un curriculum più consono al progresso scientifico di quei tempi. Venne altresì creato un diploma di abilitazione che regolava con criteri legislativi il curriculum degli aspiranti ricercatori.

XIX sec. – Il processo di riforma continua

In **Germania**, acquisita la consapevolezza dell'importanza delle scienze, le riforme si susseguirono in modo casuale. In alcune università tedesche si rese necessaria un'abilitazione all'insegnamento ottenuta attraverso la presentazione di ricerche originali. Questo sanciva un passo decisivo per la valorizzazione del sapere universitario. La possibilità di spostarsi tra gli atenei favorì la competizione tra le università alla ricerca dei migliori professori. Per attirare i migliori professori si offrirono così oltre alla cattedra anche le migliori condizioni per la ricerca. Questo rese possibile una carriera in ambito universitario e il riconoscimento istituzionale, con la professionalizzazione dello scienziato.

Nel resto d'Europa, le università furono restie ad evolversi facendo sì che la scienza tedesca dominasse nell'arco di tutto il XIX secolo.

ETA' CONTEMPORANEA – Un nuovo modello d'istituzionalizzazione della ricerca

Negli **Stati Uniti** molte università avevano adottato il modello tedesco, però le università tedesche erano gestite direttamente dallo stato e non avevano un contatto diretto con il mondo dell'industria. Negli USA, invece, la legislazione sui brevetti aveva posto le condizioni per lo sviluppo della ricerca industriale. La politica delle università fu molto pragmatica nella ricerca di fondi e ci si rivolse ad altri enti quali associazioni filantropiche e industrie.

Fu il declino della centralità della cattedra che invece caratterizzava il modello tedesco: lo scienziato diviene manager, in quanto deve essere in grado di reperire il sostegno di risorse. Gruppi molto numerosi iniziarono a collaborare e le università fornirono le menti per la ricerca.

Questo modello se da una parte risulta essere migliore come testimonia la fuga di cervelli e promuove un forte sviluppo, è altresì limitante per la libertà del ricercatore che è spinto nella ricerca di risultati a breve e medio termine.

SPECIALIZZAZIONE E DISCIPLINE

Fino al XVI sec. – Poche discipline scientifiche riconosciute a carattere istituzionale

Medicina, suddivisa in anatomia e chirurgia, botanica, matematica e astronomia. Fisica, chimica e meccanica erano riunite nella **filosofia naturale**.

Lo sviluppo delle scienze occulte quali alchimia e astrologia nascevano in risposta alle rinnovate esigenze di spiegazione di fenomeni naturali.

XVI sec. – Nasce la filosofia naturale

Per quanto riguarda la botanica, l'espandersi delle conoscenze non la limita più, com'era stato fino ad allora, alla ricerca di rimedi. **Ulisse Aldrovandi** fondò difatti una nuova disciplina detta philosophia naturalis ordinaria de fossilibus, plantis et animalis.

La filosofia naturale non era più guidata dal puro ragionamento ma dall'osservazione e accumulazione empirica dei reperti. Altri fattori che portarono alla nascita della nuova disciplina furono la ricerca di prestigio del docente e dell'affermazione del suo museo.

XVII-XVIII sec. – La questione della specializzazione delle discipline diviene un tema importante

Bacone sostenne la necessità di suddividere le discipline secondo gli oggetti studiati, poiché l'osservazione esaustiva di un campo circoscritto avrebbe permesso allo scienziato di conoscerne tutti gli aspetti particolari.

Cartesio in contrapposizione voleva unificare il pensiero scientifico con un metodo onnicomprensivo, con una scienza basata sul modello meccanico.

Obiettivo comune dei due scienziati era la creazione di uno spazio istituzionale libero per la ricerca.

Alla fine del secolo all'Académie des Sciences di Parigi erano state istituite diverse classi, per favorire e orientare progetti di ricerca specifici. Erano stati altresì creati un osservatorio astronomico, un laboratorio di chimica, un gabinetto sperimentale per la fisica e un teatro anatomico.

Nel 1699 le classi previste erano sei, nel 1785 otto, suddivise in sottoclassi.

XIX sec. – Le università riformate accettano le nuove discipline

La specializzazione delle discipline proseguì in questo periodo in maniera rapidissima anche in connessione con l'aumento della stampa specializzata. A questo si collega la professionalizzazione della figura dello scienziato, la specializzazione diventava un obbligo professionale e la carriera universitaria doveva avere un percorso coerente con l'orientamento specialistico.

La specializzazione allontanò però il pubblico dalla scienza, che vi ci si poteva avvicinare solo tramite la divulgazione, le esposizioni e i musei. Questa mediazione fece sì che la scienza non incidesse più sulla cultura come nei secoli precedenti.

Altri fattori che contribuirono allo sviluppo di nuove discipline furono le esigenze economiche, come per la **mineralogia** (per l'estrazione di minerali) o la **chimica agricola**.

ETA' CONTEMPORANEA – La specializzazione porta alla collaborazione interdisciplinare

Con l'ausilio di nuovi mezzi di comunicazione e database elettronici portarono ad uno sviluppo della collaborazione interdisciplinare. I confini delle discipline erano labili e spesso era necessario che più discipline interagissero tra di loro. Una caratteristica del modello universitario moderno è, difatti, la flessibilità con cui le discipline si articolano e si sviluppano.

La specializzazione porta anche alcune discipline all'esaurimento, come la storia naturale che, con la separazione del regno minerale dai regni vegetale e animale, si è estinta.

SCIENZA E POLITICA

Fondamentale per l'affermazione della scienza è stato il riconoscimento del suo valore strategico da parte dell'autorità politica.

Fase I - Rinascimento-Rivoluzione Francese – La scienza compie il suo percorso di affermazione

E' in questo periodo che l'investigazione di fenomeni naturali diventa un'attività autonoma. In questo periodo gli scienziati dovettero convincere i sovrani dell'utilità della loro attività per poter ricevere sovvenzioni e aiuti, in un fenomeno che viene definito patrocinio.

Si attuarono due strategie fondamentali: la prima, mostrando come una concezione pragmatica della scienza fosse foriera di novità e spettacolari invenzioni, la seconda dimostrando come un approccio laico del sapere emancipasse lo stato dalla secolare dominazione della teologia.

XVI sec. – Paracelso proclama effetti della manipolazione dei fenomeni e nelle corti d'Europa cominciano a comparire i primi laboratori alchemici, seguiti da quelli di altre discipline.

L'ambiguità degli stati che da una parte favorivano la scienza occulta e dall'altra le discipline accademiche era dovuta al fatto che non si comprendeva quali potessero essere realmente utili per lo stato. P.e. **Franz Mesmer**, scopritore del fluido magnetico. 1772, questi difatti sosteneva che il magnetismo fosse utile alla cura di malattie, in quanto causate da un eccesso o un difetto di fluido

magnetico. Solo dopo diversi esperimenti venne confutata questa tesi, che però nel frattempo aveva incontrato i favori della società. Egli di fatto aveva voluto allontanare la scienza dai laboratori per renderla misticamente più vicina alla gente comune. Nonostante le sue tesi venissero confutate dalla scienza accademica continuarono comunque a circolare per diverso tempo negli ambienti che contano.

Fase II – 1789, Rivoluzione Francese-1815, Napoleone – Rivoluzione Francese mette fine ad ambiguità. La scienza divenne il sostegno più efficace del patriottismo e della rivoluzione. Infatti con la rivoluzione furono molti gli scienziati che ricoprirono cariche di prestigio. La chiave del cambiamento risiedeva difatti nel controllo delle cariche politiche.

Venne scoperta l'utilità della scienza per la nazione, anche in campo militare. Venne creata nel 1794 una scuola di aerostazione a Medoun, per sfruttare i palloni aerostatici dei fratelli Montgolfier, che vennero poi utilizzati nella battaglia di Fleurus nello stesso anno. Anche altre invenzioni, come il telegrafo ottico, vennero poi sfruttate in ambito militare. Si evolvse anche la **medicina**, nella quale venivano introdotte l'insegnamento e l'osservazione al letto del paziente. Il malato diventava oggetto di scienza, modernizzando la professione medica ed avviando il processo di de-personalizzazione dell'essere umano. In questo senso vanno anche le prime ricerche sull'alienazione mentale e la follia, vista non più come punizione divina. Era mutata la funzione sociale della scienza.

Charles-Maurice de Talleyrand, si impegnò a partire dal 1790 a stilare la prima proposta di riforma della pubblica istruzione, poiché la scuola come era fino allora era atta “allo scopo di produrre preti, suore, teologi”. Propose la creazione di un Institut National a Parigi per coordinare a livello nazionale l'insegnamento e la diffusione delle scienze. Il rapporto di Talleyrand non poté essere discusso per ragioni contingenti.

Condorcet, segretario dell'Academie des Sciences, 1792, fece una seconda proposta di riforma dell'istruzione per cui questa doveva abbattere l'ignoranza e preservare l'uomo dall'errore. La scienza diventava il fondamento dell'istruzione e affermava la sua superiorità sulle altre discipline in difesa contro la superstizione e la metafisica. Anche questa proposta non venne approvata, anche se le sue idee influenzarono l'evolversi della situazione.

Napoleone fu il primo sovrano a comprendere l'utilità politica delle scienze. Sotto Napoleone, lui stesso membro della prima classe di matematica dell'Institut National, scienziati importanti diventarono i rappresentanti di una nuova classe dirigente. Si voleva diffondere l'idea secondo cui gli scienziati avrebbero abbandonato qualsiasi velleità filosofica e ideologica. Nel 1803 Napoleone fece chiudere la classe di Scienze filosofiche morali dell'Institut rivelò però l'orientamento censorio del consolato. Finiva così l'alleanza tra scienza e filosofia. In quest'ottica lo scienziato era un tecnocrate che, applicando il metodo scientifico alla politica, garantiva efficienza allo stato restando ideologicamente neutrale nel metodo analogamente al metodo delle scienze esatte e della matematica.

XIX sec. – Dopo Napoleone il potere politico appoggiò gli scienziati senza seguire il suo modello

I governi e i movimenti continuarono ad assegnare agli scienziati incarichi di primo piano, lasciando grande prestigio attorno alle loro figure, senza però assegnare loro il controllo del potere come invece fece Napoleone. Gli scienziati venivano apprezzati per la loro fedeltà e neutralità, venendo per questo ricompensati dal potere politico. Gli scienziati in questo modo scalzarono letterati e filosofi dai gradini più alti della cultura europea.

Auguste Comte, fondatore del positivismo, fu entusiasta di questo cambiamento nelle gerarchie del sapere, tanto da volervi affidare il compito di trasformare la società. Tentò di diffondere fra gli scienziati la coscienza politica del loro ruolo, sapendo comunque delle difficoltà che si incontravano proprio perché successivo a Napoleone. Egli sosteneva che allo sgretolamento del sistema ideologico pre-rivoluzionario e teologico non era corrisposto un nuovo sistema politico capace di soddisfare l'inclinazione umana per l'ordine e la società organizzata poiché ad un'ideologia di contrasto non si era poi sostituita un'ideologia costruttiva. La caratteristica della nuova forma di potere temporale era quella di piegare la natura a vantaggio dell'uomo. Queste tesi non vennero però prese sul serio dagli scienziati dell'epoca, che non volevano rischiare i privilegi acquisiti. Comunque molti scienziati continuarono a voler influire sul corso degli eventi politici.

ETA' CONTEMPORANEA – Connubio tra scienza e politica e loro interdipendenza

La politica degli stati occidentali non può più fare a meno della scienza. Le scienze della vita e la **medicina** sono essenziali per la salute pubblica. L'alleanza tra scienza, tecnica e industria non poteva non aumentare l'importanza della scienza nella società. Con le **guerre**, in particolare durante la prima e la seconda guerra mondiale, gli scienziati diedero prova di essere la chiave per vincere. Per questi motivi il sostegno politico alla scienza si fece sempre più deciso. La nascita di istituti di ricerca nazionali rappresentarono atti politici importanti che davano alla scienza una funzione unica e insostituibile.

Con la **bomba atomica** si erano però creati una serie di problemi di difficile soluzione, in quanto sembrava che non ci fosse più la possibilità di controllare la scienza e che questa avrebbe travalicato i limiti della natura umana. La scienza progrediva senza possibilità di essere fermata, in quanto ogni restrizione avrebbe portato gli scienziati a migrare in luoghi dove sarebbero stati liberi di svolgere le proprie ricerche. Insieme alla bomba atomica nascono però anche le problematiche **etiche**, in quanto gli scienziati apparentemente neutrali e dotati di un metodo conoscitivo oggettivo rappresentavano una minaccia per chi doveva rispondere all'opinione pubblica delle loro scoperte.

I dibattiti attuali sulla legittimità della **clonazione** e di altre **biotecnologie** sono da ricondursi alla frattura tra ricerca scientifica e cultura politica e sociale.

SCIENZA E TECNOLOGIE

XV sec.-1750, Rivoluzione Industriale – Si sviluppa il rapporto di collaborazione tra artisti e scienziati. Se in questo periodo si pone la base per quella che sarà la tecnologia, bisogna sottolineare che il termine, di derivazione dal più antico "tecnica" è un'acquisizione del XIX sec. ed era utilizzato per indicare i congegni per la produzione industriale. Fino ad allora difatti le tecniche saranno appannaggio delle corporazioni delle arti e dei mestieri, che solo raramente interagivano con il mondo accademico e universitario.

Una spinta verso il cambiamento fu data dal genio di **Leonardo, Brunelleschi**, e altri ingegneri rinascimentali geniali, poi dalla crescita dell'importanza della pratica sperimentale e degli strumenti.

Bacone e Cartesio, nel XVII sec. avevano criticato i loro contemporanei che si attenevano alle speculazioni filosofiche secondo gli schemi della logica aristotelica, sostenendo la necessità dell'applicazione della ragione per migliorare la vita attraverso le tecniche. Per far sì che questo fosse possibile il ruolo dell'inventore doveva cambiare così come dovevano nascere tutele che liberassero gli scienziati dai vincoli di segretezza che ostacolavano il progresso. Nel 1648 Cartesio concepì le Scuole delle Arti e dei Mestieri, anche se non ebbero seguito nel corso del secolo.

XVIII sec. – Si affermano le tecniche nel panorama scientifico, scoppia la Rivoluzione Industriale. Fondamentale *L'encyclopedie des arts, des sciences et des metiers* (1751-1765), di **Diderot e d'Alembert**, incentrata sulla rivalutazione delle arti e dei mestieri, e l'incarico dato dall'allora ministro delle finanze **Colbert** all'Academie Royale des Sciences per la produzione di una descrizione delle arti e dei mestieri, che non riscosse un gran seguito ma fa capire come un importante uomo politico avesse individuato nella tecnologia un perno strategico da far evolvere.

Diderot propose anche una nuova classificazione delle scienze per cui si sarebbe dovuto separare le scienze astratte da quelle pratiche che manipolavano la materia facendo sistematico ricorso alla tecnica.

Fu in quest'epoca che la connessione tra sviluppo tecnologico e benessere si fece sempre più chiara, riconoscendo allo scienziato un nuovo ruolo professionale che prevedeva il contatto diretto con le tecniche e il suo apporto al loro perfezionamento.

Fu **Lavoisier**, nel 1793, a fondare una *Société centrale des arts*, realizzando ciò che Cartesio aveva teorizzato il secolo prima, cioè un luogo di collaborazione tra scienziati e artisti. Egli, attraverso il suo **gasometro**, riuscì a dimostrare come era possibile tradurre un problema teorico in una macchina con cui era possibile metterlo alla prova. Esisteva differenza tra scienziato e artista secondo Lavoisier: il primo lavorava esclusivamente per la gloria e la fama, garantendosi la proprietà intellettuale della scoperta, il secondo invece voleva applicare le sue scoperte per un beneficio economico e quindi evitava di pubblicare le scoperte.

In **Inghilterra** lo sviluppo della tecnica aveva dato un forte impulso all'imprenditoria privata. A partire dal 1750 gli industriali utilizzarono con profitto le novità offerte dalla tecnologia. Lo *spinning jenny*, il

primo filatoio macchinizzato che realizzava da solo il lavoro di diversi operai specializzati, fu inventato nel 1765 da **Hargreeves**. Con questa innovazione però l'operaio perdeva la sua importanza e poteva essere sostituito da manodopera meno costosa come donne e bambini.

Fu l'introduzione della **macchina a vapore** a rappresentare un punto di svolta, perché per la prima volta era stata prodotta una macchina motrice capace di sostituire la forza naturale. Prima fu la macchina di **Thomas Newcomen**, 1712, che utilizzò la forza del vapore per produrre una pompa aspirante per il drenaggio delle acque nelle miniere. Fu poi perfezionata da **James Watt** nella seconda metà del secolo che la rese un macchinario universale oltre che migliorandola in quanto a prestazioni e consumi.

XIX sec. – L'elettricità e l'inizio della Big Science

Fu a questo punto che l'esigenza di una tutela economica rese necessaria l'istituzione dei brevetti. La prima nazione a legiferare sui brevetti fu la **Francia**, 1810.

Il **ferro** diviene la materia prima del progresso tecnico, utilizzato per la costruzione di industrie, mezzi di trasporto e infrastrutture.

L'applicazione industriale dell'**elettricità** era auspicabile per una seconda rivoluzione industriale. **Antonio Pacinotti** nel 1859 costruì la prima macchina elettromagnetica che produceva una forza elettromotrice continua, anche se era solo un oggetto sperimentale che metteva in gioco piccole quantità di energia. Fu **Werner von Siemens** che nel 1856 brevettò il **motore elettrico a corrente continua** e nel 1865 costruì una **dinamo**, cioè un generatore elettrico di corrente continua, di grandi dimensioni. 1879, primo **locomotore a trazione elettrica**, 1884 **trasformatore elettrico**, 1885 **Galileo Ferraris** inventa il **motore elettrico a campo rotante**, negli anni 80 in **Germania** compaiono le prime **centrali idroelettriche**.

Il valore delle scoperte veniva sempre più misurato con la sua applicabilità su larga scala e dalla possibilità di profitto.

Guglielmo Marconi, il primo inventore a vincere il Nobel, fu un autodidatta che coinvolse la fisica delle onde elettromagnetiche e il mondo delle telecomunicazioni con la **radio**.

ETA' CONTEMPORANEA – La Big Science trova il suo compimento

La crescita esponenziale dei costi dovuta alla connessione della tecnologia portò allo sviluppo della Big Science, che raggiunse il suo culmine nel Manhattan Project negli anni '40, in cui collaborarono quasi 250000 uomini di cui oltre 30000 scienziati e ingegneri.

I principali istituti di ricerca oggi sono enormi sistemi tecnologici dove lavorano migliaia di ricercatori specializzati (come il CERN di Ginevra). Al giorno d'oggi è impossibile concepire la ricerca senza l'ausilio della tecnologia.

SCIENZA E INDUSTRIA

XVIII sec. – Alcuni scienziati iniziano a collaborare con l'industria.

XIX sec. – Il miglioramento tecnologico chiave della rivoluzione industriale

Punto di forza della rivoluzione industriale inglese fu l'investimento dei capitali per l'innovazione tecnologica. Questo processo portò alla facilitazione del lavoro per la classe operaia, che però si vide privata della sua forza contrattuale e del riconoscimento delle proprie abilità. Fu questo a dar vita al marxismo. La scienza e la tecnica sembrava infatti fossero all'esclusivo servizio del capitalista, che utilizzava le sue applicazioni solo per ricavarne un maggior utile. Ad accrescere questo conflitto la necessità per i capitalisti dello sviluppo tecnologico e la necessità per la scienza di ricevere finanziamenti. In questa situazione con forte necessità di innovazione si realizzano straordinarie carriere da parte degli inventori. P.e. **Thomas Edison**, che produsse i suoi primi brevetti per la compagnia Western Union e grazie a questi riuscì a fondare, nel 1876, la sua "*industria delle invenzioni*", un laboratorio di ricerca in cui vennero prodotte il fonografo, la lampadina e il telefono. Lui era però ben consapevole dell'inutilità delle sue scoperte se queste non fossero state recepite dall'industria. Era necessario che l'innovazione tecnologica si alleasse con il sistema della produzione e le tecniche di marketing.

Caso emblematico fu **Antonio Meucci**, che nel 1871 scoprì il brevetto ma che per le cattive condizioni economiche non riuscì a brevettare, facendo sì che la **Bell** nel 1876 se ne appropriasse per uno sviluppo industriale senza dovere alcunché a Meucci.

La casualità della scoperta non poteva essere regolata così cometa genialità dello scopritore, situazione incompatibile con le esigenze industriali, che esigevano ritorni certi dagli investimenti. Negli **Stati Uniti**, verso la fine del secolo, vennero creati dei laboratori di ricerca, favoriti dalla riforma del sistema universitario, che sostituirono all'inventore geniale un team di scienziati che potevano vantare una maggiore capacità di previsione e precisione. Lo scienziato da consulente diveniva protagonista del processo produttivo.

Questa politica portò numerosi successi in campo **farmaceutico**, la cui industria stava nascendo in quel periodo. Importantissima la scoperta delle proprietà terapeutiche **dell'acido acetilsalicilico (aspirina)** nel 1899 da parte della Bayer, cui fecero seguito altri farmaci. Numerose furono le case farmaceutiche ad investire nella ricerca pura.

XX sec. – La chimica porta numerose scoperte

La prima industria chimica americana, la **dupont**, decise di affidare a **Fallace H. Carothers** e ai suoi collaboratori il laboratorio di ricerca, lasciandogli come unico vincolo la pubblicazione dei risultati di modo che gli scienziati, in un'ottica rinnovata, fossero liberi di ricercare. La ricerca portò alla scoperta di diverse nuove fibre sintetiche. Questa politica subì un capovolgimento con il cambio di direzione aziendale, che impose vincoli di rapidità alla ricerca, che comunque portò Carothers alla scoperta del nylon nel 1937.

Gli scienziati in generale preferirono la carriera accademica, libera e senza vincoli, ai laboratori industriali.

ETA' CONTEMPORANEA – Panorama variopinto

E' impossibile delineare un quadro dei rapporti tra scienza e industria. Per quanto riguarda la ricerca informatica e farmaceutica si svolge prevalentemente nei laboratori industriali, mentre in altri settori si preferisce il finanziamento alle università. Il problema della crescita dei costi ha difatti reso difficile alle industrie di sopperire da sole alla ricerca, rivelando che l'acquisto di brevetti prodotti da laboratori universitari era una soluzione ottimale.

PROFESSIONE SCIENZIATO

XVI-XVII sec. – La rivoluzione scientifica non dà ancora il prestigio agli scienziati

Nonostante le idee nascenti stavano dandoli via a quella che sarà definita la rivoluzione industriale, nella società gli scienziati non sono ancora considerati e occupano una posizione subalterna persino ad artisti e mercanti. Non vi è la coscienza di appartenere a una comunità di intellettuali né la possibilità di uno sbocco professionale. Non esiste nemmeno un termine per definire lo scienziato. Nel XVII sec. comincia ad apparire l'appellativo *philosophus naturalis*, cioè colui che studia la natura, mentre in Francia si fa strada il termine *savant*, mentre in Inghilterra *natural philosopher*. I filosofi naturali vivevano di committenze.

Nel XVII sec. **Blaise Pascal** teorizzò una separazione di compiti tra *auctoritas* e scienziati, affidando ai primi discipline quali la storia e la teologia e ai secondi lo studio della natura.

Le **accademie** ebbero l'importante compito di contribuire alla creazione di un nuovo linguaggio, duttile e neutro, per la letteratura scientifica. La lingua doveva essere oggettiva per precisione e potenza espressiva, tale da non lasciare spazio all'immaginazione. L'**Accademia del Cimento** rimaneva di fatto ancorata alla sola descrizione dei fatti. I *Saggi* pubblicati dall'accademia erano opere non firmate, per non distogliere il lettore dalla scoperta in sé e per sé e non ingannarlo per la celebrità dell'autore, ed erano una serie di trattati autonomi e indipendenti.

XVIII sec. – Il curriculum scientifico riesce completamente ad affermarsi

All'inizio del secolo le scienze naturali non garantivano ancora alcun introito, non facendo parte neppure dei curricula universitari. Era ancora diffusa la pratica della committenza, legata alla volubilità di principi e sovrani ancora lontani dal comprendere l'utilità della scienza. Furono l'**obiettività** e l'**utilità** la chiave

di volta per consentire il riconoscimento allo scienziato del proprio ruolo. Nella seconda metà del secolo avvenne il riconoscimento a livello accademico per poi arrivare in seguito alla rivoluzione francese a considerare l'insegnamento delle scienze naturali fondamentale.

XIX sec. – L'affermazione è completa

Il nuovo ruolo politico acquisito con la rivoluzione francese aveva creato opportunità di carriera senza precedenti, a cui vanno aggiunte a partire dalla metà del secolo quelle offerte dai laboratori industriali. E' in questo epoca che si prende coscienza della totale distinzione dello scienziato da letterati e filosofi, definendo la figura dell'*autore scientifico*.

I CONGRESSI

Il congresso fu uno degli strumenti più efficaci per favorire il rafforzamento dell'identità politica degli scienziati. Questi incontri volevano sottolineare lo spirito cosmopolita e collaborativi della pratica scientifica e costituiva un'occasione per stabilire i confini di un ambito disciplinare. Il congresso è una manifestazione dell'oggettività della scienza, che veniva discussa secondo il linguaggio matematico universale. Favorirono il sorgere di una rete internazionale che permettesse di creare una comunità scientifica omogenea. Questa forma democratica di associazione favoriva la comunicazione delle nuove scoperte nonché il dialogo interno alla comunità e la creazione di una identità politica.

XVIII sec. – Si hanno i primi congressi

Il primo congresso internazionale si tenne a **Parigi** nel 1798 per discutere degli standard dei pesi e delle misure. Già nel 1793 la Francia aveva adottato il sistema metrico decimale, facendo una cosa senza precedenti, dato che nel resto d'Europa ogni regione aveva i suoi sistemi di misura. La volontà era quella di aggrappare il sistema a dati osservabili scientificamente che ne garantivano l'universalità: il metro era la quarta parte del meridiano terrestre diviso in 10 milioni di parti. Il sistema metrico-decimale venne adottato e i delegati stranieri furono invitati a far pressione sui governi. Il congresso si manifesta subito come strumento politico.

A **Monaco** nel 1822 si tenne il primo congresso della Società dei naturalisti e medici tedeschi, senza tema di discussione ma solo come ritrovo di tutti gli studiosi delle scienze naturali. Caratteristico dei congressi tedeschi era l'interdisciplinarietà.

In **Italia** si diffuse l'idea di sostituire i congressi alle accademie, idea che si rivelò impraticabile per la diversità fondamentale delle due istituzioni.

La scienza cominciò in questo modo a interessare anche i non addetti ai lavori: giornali e gazzette cominciarono a pubblicare i resoconti dei congressi e delle invenzioni presentate. Ai congressi cominciarono a prendere parte anche politici, industriali, inventori e autorità locali.

In **Inghilterra** la **British Association for the Advancement of Science**, fondata nel 1831, riuscì più volte a influenzare il parlamento inglese.

Si creò una distinzione nei congressi tra l'aspetto propagandistico e culturale e le conferenze prettamente scientifiche e specialistiche. I congressi per una singola disciplina servirono per favorire la formazione di standard unitari a livello concettuale e terminologico.

Primo caso il congresso di **Karlsruhe**, dove i chimici si riunirono per fare il punto su controversie riguardo l'identità chimica dell'atomo e la nomenclatura e notazione da adottare. La difficoltà dell'impresa fece sì che il primo congresso non portò a una soluzione di sintesi ma diede il via ad un processo fruttifero.

A partire dalla seconda metà del secolo l'organizzazione di congressi divenne una consuetudine, che divennero frequenti anche per questioni di carattere sempre più specialistico.

ETA' CONTEMPORANEA – I grandi congressi

Nel corso del ventesimo secolo furono le stesse autorità governative a promuovere l'organizzazione di congressi di proporzioni gigantesche. Scopo delle iniziative era di carattere propagandistico. Pur costituendo un luogo privilegiato di comunicazione e di scambio di idee rimasero sempre fondamentali per l'influenza sul potere politico.

Oggi è difficile che un giovane scienziato possa affermarsi senza avere presentato le proprie scoperte ad un congresso, che si presenta in questo modo anche come finestra sul mondo.

SCIENZA E GUERRA

XIII-XVI sec. – Dalla scoperta all'utilizzo della polvere da sparo

Furono le armi da fuoco a segnare per prime un passaggio nella storia europea. La polvere da sparo rimase però in una specie di limbo fino a quando non si arrivò alle condizioni tecnologiche per poterla utilizzare, con l'introduzione del cannone e dell'archibugio che spinsero allo sviluppo massiccio dell'estrazione e produzione metallifera e ad un'innovazione tecnologica e della lavorazione dei materiali per renderli più resistenti al calore. Fu proprio il progresso della metallurgia, materia che cessava di essere di competenza di tecnici analfabeti per divenire oggetto d'interesse per gli uomini di scienza, e della chimica piuttosto che quello delle macchine militari in sé e per sé a segnare l'arte della guerra rinascimentale.

Niccolò Tartaglia, *Nova scientia*, 1537, opera relativa ai fenomeni della balistica che rivelava la scoperta della massima gittata con l'angolazione a 45°. Nacque la squadra per artiglieri, per calibrare la canna dei cannoni.

Già alla fine del secolo numerosi scienziati lavoravano nel campo della ricerca militare, tra cui Galileo Galilei, cui si deve la scoperta del *compasso geometrico e militare*.

XVIII-XIX sec. – Dalla Rivoluzione francese una nuova spinta all'evoluzione tecnologica

In questo periodo infatti, dopo un lungo periodo di stasi, l'opinione pubblica cominciò a considerare decisivo il contributo della scienza e della tecnica per la vittoria sui paesi avversari. Fu così che in questo campo avvennero numerose innovazioni, tra cui la **mongolfiera**. Le spettacolari vittorie dell'armata francese furono la base della riforma dell'istruzione in senso tecnico.

Fu con Napoleone, generale interessato alle scienze esatte e desideroso di una politica culturale di ampio respiro, che scienza e guerra cominciarono a “viaggiare insieme”. La scienza diventava inoltre un moderno mezzo di proselitismo, così come era stata la religione secoli addietro.

XX sec. – Le due guerre mondiali

Dopo Napoleone la ricerca militare non fece grandi progressi fino alla prima guerra mondiale, in cui si fece largo uso dell'innovazione tecnologica. La guerra divenne un laboratorio di verifica delle acquisizioni scientifiche più avanzate. Uso di **sottomarini**, dello **Zeppelin** e i **gas asfissianti** (1915, battaglia di Ypres, dove 6000 bombe al gas asfissiante uccisero 15000 persone) erano i risultati più evidenti della ricerca. L'introduzione della guerra chimica fu senz'altro una delle più terrificanti. L'applicazione della ricerca alla guerra non generava più ripercussioni morali, ma lo scienziato si limitava a risolvere tecnicamente qualunque problema strategico sottopostogli.

Negli anni che intercorsero tra la prima e la seconda guerra mondiale la ricerca scientifica, spinta dagli Stati Uniti e dagli stati europei, fece passi da gigante e proprio per questo non si trovò impreparata al nuovo conflitto. Erano nate macchine come il radar, la macchina di Turino per decrittografare, gli aerei da bombardamento, i razzi, ...

La costruzione della **bomba atomica** costituì un passaggio cruciale per cui la scienza acquisì un'importanza strategica e politica mai avuta in precedenza. Nel 1939 **Enrico Fermi** aveva ipotizzato che la fissione di un nucleo e la conseguente liberazione di neutroni poteva provocare una reazione a catena e da lì si ipotizzò la creazione di un ordigno che, partendo dall'uranio, potesse avere un potenziale distruttivo inimmaginabile. 16 luglio 1945, collaudo della bomba atomica nel deserto del New Mexico. 6 Agosto 1945, Enola Gay sganciata su Hiroshima. 9 agosto 1945, bomba su Nagasaki. Le 200mila vittime dei bombardamenti furono definite dalla Casa Bianca “la più grande realizzazione della scienza organizzata della storia”. Di fatto la caduta del Giappone era a quel punto inevitabile e l'uso delle bombe non fu altro che un tragico esperimento. Con la bomba avevano frantumato l'immagine della scienza

come sapere naturale impegnato nella ricerca della vita, dando vita alla minaccia per cui nuove e più terribili invenzioni avrebbero potuto distruggere l'umanità.

I LABORATORI

In origine il laboratorio era un'officina, derivando da *labor*, "fatica, sforzo", poi genericamente lavoro o attività pratica. Il laboratorio è l'unico luogo di scienza a non avere radici classiche o umanistiche. Al laboratorio si collega anche l'introduzione del termine *esperimento*, che cambiò radicalmente l'attività scientifica tradizionale.

II.-XVII sec. – L'alchimia e le origini del laboratorio

L'origine del laboratorio risale all'attività alchemica, che furono i primi a postulare la necessità di ottenere risultati attraverso la sperimentazione. L'alchimia ha origini antiche, nacque infatti nel II secolo d.C., ma fu solo durante il Rinascimento che tali pratiche vennero collocate in un laboratorio. Gli antecedenti dei laboratori alchemici erano le botteghe degli *speziali*.

Nel laboratorio non ci si inchinava più agli *auctores*, ma si analizzava direttamente la natura senza pesanti mediazioni culturali. Il laboratorio divenne simbolo di una nuova concezione della pratica che elevava il sapere tecnico al rango di quello filosofico e religioso. La documentazione iconografica ci riporta all'immagine diffusa che legava alchimia e pratica sperimentale.

Bacone vedeva con favore la pratica alchemica, anche se riteneva che i loro esperimenti venissero condotti in maniera caotica e con impazienza.

XVIII sec. – La chimica sperimentale cambia i laboratori alchemici

Nel corso del Settecento vengono introdotte diverse innovazioni nei laboratori, con l'aumento della complessità delle attrezzature e l'introduzione di nuovi strumenti.

Antoine-Laurent Lavoisier, su impulso di **Nollet**, suo insegnante di fisica sperimentale, e **Macquer**, scienziato che sosteneva il lavoro di équipe, diede vita ad un rinnovamento della pratica di laboratorio con un'attenzione particolare agli strumenti nonché luogo di incontro e collaborazione di équipe. Lavoisier si avvale dell'aiuto sia di giovani assistenti che di scienziati più esperti affiancati anche da ospiti stranieri che apportarono modifiche anche importanti ai programmi di Lavoisier.

Di fondamentale importanza per conoscere l'attività di laboratorio dell'epoca i disegni dell'attività in laboratorio di **Madame Lavoisier**, anch'essa collaboratrice, che si ritrae intenta a registrare quanto avviene durante la pratica sperimentale. La registrazione dei dati è affidata ad una persona deputata esclusivamente a questa mansione. Venivano annotate data, ora, condizioni ambientali, strumenti e sostanze. Gli strumenti venivano calibrati e le sostanze pesate. Il registro, una volta ultimato, costituiva un canovaccio da cui elaborare una sintesi da presentare al pubblico.

Era necessario che per essere valido un esperimento tutte le condizioni necessarie venissero rispettate e il procedimento venisse eseguito con la massima precisione, pena la mancata affidabilità dei risultati. Nel laboratorio abbiamo una rigida divisione dei ruoli.

Il laboratorio di Lavoisier era anche un luogo di didattica, in cui ricerca e didattica si confondevano nella divisione dei ruoli. Inoltre Lavoisier incitava i suoi allievi a pubblicare con i propri nomi i risultati delle proprie scoperte. L'insegnamento non veniva più impartito dalla cattedra ma in uno spazio orizzontale.

XIX sec. – Il laboratorio diviene lo spazio privilegiato per la ricerca

Abbiamo, nonostante la crescita, poche testimonianze dirette.

Un'eccezione è il laboratorio istituito da **Justus von Liebig** presso l'*Università di Giessen*. L'abilità di Liebig, che venne introdotto nell'università nel 1825 da Gay-Lussac, gli valse l'ammirazione di chimici parigini che lo portarono alla pubblicazione sugli *Annales de chimie et de physique*. Egli in seguito fece del laboratorio il luogo dell'apprendistato scientifico e del lavoro d'équipe. Importante il riconoscimento pubblico del contributo degli assistenti di laboratorio, giustamente ritenuto stimolante e gratificante, che però non era ancora diffuso ovunque. Il fatto che la Francia non riconoscesse l'attività pratica di laboratorio fece però sì che fu impossibile dare sbocco e regolarità istituzionale alla ricerca di laboratorio per gli studenti. Liebig si trasferì allora a *Giessen*, dove, con maggiore libertà, diede vita ad un laboratorio punto di riferimento per gli studenti di tutta Europa. Gli studenti nel laboratorio erano liberi di

proporre e seguire programmi di ricerca di loro interesse. Fondò una rivista di chimica internazionale, cassa di risonanza del suo laboratorio.

XX sec. – Laboratori iper tecnologici

Il laboratorio divenne sempre più il nucleo di ricerca sperimentale, anche se è impossibile identificarne un nucleo uniforme. Scienza e tecnologia trovarono nei governi un sostegno sempre maggiore per ricerche sempre più costose.

La possibilità di trasformare la materia in energia postulata da **Albert Einstein** suscitò un grande interesse per la fisica delle particelle, divenendo il principale oggetto di ricerca della comunità mondiale di fisici e chimici.

Lo sviluppo di nuove tecniche per bombardare gli atomi nonché la necessità di generare sempre maggiori quantità di energie per quella pratica portarono alla creazione di generatori elettrostatici di potenza superiore al milione di volt.

1930, **Ernest Orlando Lawrence**, all'*Università della California*, ottiene i finanziamenti per la realizzazione di una macchina per il bombardamento dei nuclei atomici, il ciclotrone, che accelerando le particelle attraverso un campo magnetico riduceva la necessità di energia. Il suo laboratorio divenne il paradigma di altri laboratori scientifici, dimostrando che la ricerca nucleare doveva forzatamente passare dalla tecnologizzazione della ricerca.

Nei primi anni cinquanta venne fondato il primo laboratorio di fisica europeo, il CERN di Ginevra, e la successiva realizzazione del più grande acceleratore di particelle.

ETA' CONTEMPORANEA

In laboratorio oggi si realizza la sintesi di tutte le condizioni materiali alla pratica scientifica. L'uso sistematico degli strumenti ha convinto gli scienziati che la natura sia regolata da leggi meccaniche e riconducibile a modelli riproducibili. Un esperimento riesce quando lo scienziato è convinto di poter riprodurre il risultato con una certezza inequivocabile.

La comunicazione è centrale nel laboratorio, sia informale tra i membri che col mondo esterno. Le tre fasi della sperimentazione, dell'acquisizione dei dati e il loro ordinamento dimostrano come la produzione di un articolo sia frutto di un lavoro complesso. Nel laboratorio la creatività si manifesta in maniera collettiva.