1

Capitolo K46
procedere della cultura scientifico-tecnologica

Contenuti delle sezioni

a. protostoria e mondo antico p. 3
b. cultura greco-ellenistica p. 5
c. medio evo, indiani, arabi, cinesi, mesoamericani p. 9
d. tipografi, pittori, navigatori e rinascimento p. 11
e. nuova scienza europea e illuminismo p. 13
f. industria e imperialismo nel 1800 p. 16
g. folle e guerre nella prima parte del 1900 p. 19
h. crescita delle tecnologie e dei consumi 1945-1990 p. 21
i. rete globale e accelerazione scientifico-tecnologica p. 23

24 pagine

K46 0.01 Questo capitolo contiene una panoramica degli sviluppi delle nozioni e delle idee guidati dalle aspirazioni che fanno riferimento al **metodo scientifico**.

Questa collezione di informazioni vuole contribuire alla contestualizzazione delle motivazioni che hanno condotto, più o meno direttamente, alle svariate conoscenze riguardanti la matematica applicabile toccate dall'*esposizione* MATeXp.

Naturalmente anche queste pagine intendono solo essere una traccia orientativa nei confronti di un complesso di eventi che possono essere approfonditi solo attraverso una galassia di testi disponibili nelle biblioteche e consultando i siti più affidabili del Web.

Evidentemente queste pagine risentono delle limitazioni dell'autore, soprattutto al di fuori di pochi campi della matematica, dlla fisica e dell'informatica; esse possono aspirare soltanto ad essere migliorate e arricchite di collegamenti.

La loro stesura trova giustificazione nel cercare di presentare una panoramica di eventi conoscitivi e realizzativi che, a mio parere, merita molta più attenzione di quella che si riscontra attualmente.

K46 0.02 Questa panoramica procede tenendo conto principalmente dell'ordine cronologico, ma con parecchie deroghe dovute alla necessità di mettere a fuoco le evoluzioni delle molteplici aree contenutistiche.
Grosso modo ciascuna di queste elle aree occupa una sezione e viene riconosciuta dal corrispondente titolo.

In quasi tutte le sezioni si riconoscono brani dotati di una certa autonomia.

Gran parte di essi prende in considerazione un singolo pensatore o, più raramente, un gruppo di pensatori, accompagnandoli con i corrispondenti più rilevanti e innovativi apporti alle conoscenze scientifiche, tecnologiche ed epistemologiche.

Altri brani riguardano risultati di osservazioni, conclusioni di indagini, realizzazioni di strumenti materiali o concettuali e formazioni di metodi che hanno avuto rilevante influenza sul crescere delle conoscenze con valenze scientifiche o sulla adozione su larga scala di atteggiamenti, di pratiche e di idee che hanno contribuito significativamente a importanti filoni di ricerca.

Molta importanza viene attribuita alle scoperte e alle invenzioni che hanno favorito la circolazione delle idee, delle competenze, delle pratiche sperimentali e delle metodologie.
I campi applicativi coinvolti sono tanti; per grandi linee segnaliamo agricoltura, costruzioni architettonice, infrastrutture, trasporti, pratiche mediche, scrittura, calcolo, telecomunicazioni e complessive visioni epistemologiche e cognitive.

Un buon numero di brani riguarda gli avanzamenti nella fisica, nella chimica, nell'ingegneria, nella biologia e nelle scienze applicate.
Inoltre alcuni brani riguardano eventi storici e naturali importanti per il loro intrecciarsi con gli sviluppi della cultura scientifica e tecnologica.

Occorre aggiungere che si è cercato di non trascurare gli eventi e i movimenti storici negativi, in quanto essi vanno posti in relazione ai non pochi periodi di regressione del patrimonio attivo nelle conoscenze e della vita civile.

K46 a. protostoria e mondo antico

K46 a.01 Molti fanno iniziare la preistoria circa 3,3 milioni di anni fa con l'uso dei primmi attrezzi in pietra documentati e la fanno finire intorno al 3100 a.C. data dei primi documenti scritti giunti fino a noi.
300 000 a.C. circa: in determinate zone dell'Africa orientale tra gli ominidi emerge l'homo sapiens sapiens.
Tra 300 00 e 30 000 a.C. in Europa emerge l'uomo di Neaderthal.
170 000 a.C. circa: vengono adottati i primi vestiti.
I sapiens si evolvono fino a prevalere grazie alle loro maggiori capacità di articolare suoni e quindi di esprimersi e di comunicare tra di loro, in modo da riuscire ad organizzare attività più elaborate e più efficaci.
Si diffonderanno prima nell'attuale Medio Oriente, poi in aree favorevoli dell'Asia e dell'Europa e successivamente . raggiungeranno le Americhe, il Sud est asiatico e da ultima la Poinesia.

Nel 74 000 a.C ca. si è avuta la grande eruzione della caldera ora sutto il lago Toba, in Sumatra, che ha oscurato il sole per circa 100 anni e ha provocato la scomparsa di gran parte dei mammiferi riducendo i sapiens, probabilmente, a poche migliaia.
Da questo segue la grande omogeneità genetica degli abitanti della Terra.

Successivamente i sapiens si sono diffusi in Asia dal 50 00 a.C. e in Europa dal 40 000 a.C.; hanno raggiunto le isole del Sud est asiatico marittimo (Sumatra, Giava, Borneo, Filippine), l'Australia, Micronesie e Melanesia (ca. 1500 a.C.) e la Polinesia (Nuova Zelanda, Tahiti, Isola di Pasqua, Haway) grosso modo intorno all'800 a.C. .

Nell'Oceano Pacifico i polinesiani hanno sviluppata una sofisticata pratica della navigazione su piccole imbarcazioni, riuscendo a colonizzare un gran numero di isole del Pacifico.

K46 a.02 Intorno al 20 000 a.C., mentre si va concludendo l'ultima glaciazione, si diffondono le tribù di raccoglitori-cacciatori.

Nasce poi l'agricoltura nel tricontinente Asia-Europa-Africa.
Agli anni vicini al 10 000 a.C risalgono i primi insediamenti monumentali: Edessa, Ebla, ...

A partire dal 4 000 a.C. si sviluppano le prime entità cittadine e statali nella Mesopotamia con i Sumeri, nelle valli del Nilo, dell'Indo e dei grandi fiumi cinesi; inportante il ruolo della navigazione fluviale e sotto costa.

Prime forme di scrittura; prime registrazioni quantitative e primi calcoli su tavole di argilla e papiri.

K46 a.03 Testi dell'Egitto del XVI secolo a.C. descrivono pratiche mediche corredate da indicazioni quantitative da adottare per guarire ferite e malattie; vengono definiti dettaglatamente esami, diagnosi, trattamenti e prognosi.

Nella Mesopotamia intorno al 1200 a.C. sono redatti ampi cataloghi stellari derivati da studi sumerici della prima età del bronzo; testi datati intorno al 1000 a.C. testimoniano lo sviluppo di una astronomia/astrologia che si avvale di accurati calcoli trigonometrici effettuati con notazione sessagesimale; questi risultati saranno ripresi direttamente nell'epoca greco-ellenistica.

1200 a.C. le civiltà dell'età del bronzo, evolutesi fino a diventare relativamente cooperative, si avviano alla decadenza in seguito ai conflitti attribuiti ai "popoli del mare", forse indotti da carestie dovute

a eventi climatici avversi. Nell'area mediterranea-mesopotamica si apre un periodo nel quale non si riscontrano progressi, forse collegato a eventi naturali catastrofici, che si chiude intorno al 600 a.C. .

I mitici eventi attribuiti ad Omero e a questo periodo non trovano riscontri attendibili, ma avranno grande influenza culturale.

K46 a.04 Nel VI secolo a.C. in Cina Confucio e i suoi seguaci propugnano una conduzione della popolazione e dei governi basata su moralità, competenza e istruzione. Questo atteggiamento, dopo la parentesi associata alla dinastia Qin, molto rigida, sarà recuperato dalla dinastia Han intorno al 200 a.C. e da allora, per opera di varie scuole neo-confuciane influenzerà profondamente la cultura e l'organizzazione statale cinesi.
In particolare riveste importanza la pratica degli impegnativi esami di stato per l'accesso agli influenti organismi amministrativi imperiali.

Intorno al 600 a.C. (o più tardi?) l'indiano Kanada sviluppa una visione dell'universo che si basa su logica e realismo, distingue tra osservatore e realtà osservata e propone una sistematica ontologia che aspira al realismo e che viene impostata sull'atomismo.

Intorno al 500 a.C. (incerto) l'indiano Panini redige i primi stud linguistici sul sanskrito, la lingua sacra dell'induismo; egli in particolare effettua analisi morfologiche rimaste esemplari fin al XX secolo.

Il pensiero di Kanada influenza buona parte delle classiche scuole di pensiero indiane, in particolare la scuola `Nyaya (we)`: essa in un periodo collocabile tra il 300 a.C. e il 150 a.C. definisce una organica epistemologia basata su quattro strumenti: percezione, inferenza, confronto/analogia e testimonianza di esperti del passato e del presente.

K46 a.05 Intorno al 600 a.C. viene consolidata la redazione della Torah ebraica (in particolare con Esdra). Questo testo religioso, anche se composito, avrà una vasta influenza su varie culture successive e in particolare sulle manifestazioni artistiche del cosiddetto Occidente.

Nello stesso periodo si diffonde la conoscenza dei testi dei poemi omerici, Iliade e Odissea, che saranno fondamentali per la cultura della Grecia classica e per tutte le culture da questa influenzate, ma che non trovano riscontri attendibili, nonostante l'ampia letteratura seguita agli scavi e alle affermazioni di Schliemann.

L'origine dei poemi omerici è poco nota. Vi sono anche congetture della loro provenienza nord europea e dal periodo di optimum climatico intorno al 1500 a.C. e il loro trasferimento dal Baltico al Mediterraneo con le emigrazioni provocate dal raffreddamento del clima (secondo Felice Vinci).

K46 b. cultura greco-ellenistica

K46 b.01 Intorno al 600 a.C. Talete di Mileto, richiamandosi a conoscenze mesopotamiche ed egizie, sviluppa un suo studio della natura basandolo su osservazioni empiriche e formula i primi teoremi fondamentali per la geometria greca.

Successivamente Anassimandro, allievo di Talete, propone la formulazione di leggi per la fisica per liberarla da argomentazioni che ricorrono a narrazioni mitologiche e a entità solo desiderate; applicando la geometria egli realizza lo gnomone, traccia una prima mappa del mondo e definisce i primi modelli meccanici di fenomeni naturali adottando una consapevole capacità di astrazione.

Intorno al 530 a.C. fiorisce a Crotone la scuola scientifico religiosa fondata da Pitagora. Nonostante la sua chiusura e sue credenze non verificabili, l'importanza attribuita ai numeri interi e la convinzione dell'armonia geometrica del cosmo contribuiranno a formare la mentalità scientifica dei greci.

K46 b.02 I pochi frammenti degli scritti di Eraclito inducono a considerarlo il padre della filosofia del divenire, riassunta dal motto, postumo, *panta rei*, tutto scorre.
A Eraclito si deve la nozione della interdipendenza delle caratteristiche opposte (amore - odio, fame - sazietà, ...) che lo fanno considerare precursore della logica degli opposti o binaria.
Nel dibattito sul principio primo delle cose Eraclito propone il fuoco, evidente metafora del divenire.
Egli inoltre propone una visione ciclica del cosmo proveniente dal dualismo distruzione - costruzione.

Il quasi contemporaneo Parmenide, all'opposto, assume una posizione di radicale razionalismo e crede in un essere in se immutabile e conoscibile solo attraverso la ragione e non dai sensi che giudica illusori.

Parmenide e i suoi seguaci sono sostenitori del più completo rigore logico e della dialettica. In particolare a Zenone di Elea si esprime per sottili paradossi contrari all'idea di movimento (Achille e la tartaruga) che dovranno essere affrontati da tanti pensatori successivi, fino ai lavori di Cauchy e alla crisi dei fondamenti della matematica emersa alla fine del XIX secolo.
A Zenone la logica deve la concezione della dimostrazione per assurdo.

K46 b.03 Ippocrate (460 a.C. ca - 377 a.C. ca) e i suoi seguaci compongono vari testi sulla pratica medica del tempo contribuendo a trasformarla in una disciplina autonoma, libra da concezioni solo fantasiose, alla quale deve fare riferimento una professione con solide basi naturalistiche.

Nel mondo ellenico del periodo che inizia con il VI secolo a.C. vari saperi con ricadute pratiche, come pratica terapeutica, matematica, architettura, retorica, ...) si avvalgono di testi scritti disponibili a un pubblico relativamente ampio e aperti alla discussione, esercitata tipicamente nell'agorà.
Questi testi, insieme ai letterari e ai teatrali, con la profondità delle indagini alla loro base, alimentano la cultura ellenica classica, clima caratterizzato da ampiezza dei campi di indagine e da discussioni con intenti dimostrativi.

K46 b.04 Intorno al 400 a.C. Democrito, sulle orme di Leucippo, sostiene la visione decisamente materialistica di un mondo reale costituito da particelle indivisibili, gli atomi.
Egli assume una posizione scettica, in quanto si rende conto delle difficoltà della conoscenza dovute alla ampiezza di quanto si dovrebbe comprendere e alla limitativa soggettività delle percezioni.
Democrito quindi propone di adottare il metodo del ragionamento induttivo, procedimento volto a ricavare dall'esame delle percezioni considerazioni dotate di attendibilità sui fenomeni del mondo che ci circonda.

K46 b.05 Sullo sviluppo dell'epistemologia hanno grande influenza le citazioni su Socrate (470aC ca - 399aC) e i numerosi scritti di Platone (427aC - 347aC), il fondatore dell'Accademia di Atene, la prima istituzione culturale del mondo occidentale.

Socrate porta avanti il metodo dell'indagine che dà importanza alla capacità di porre domande critiche e alla dialettica per la discussione dei pareri conseguenti.
Anch'egli pone l'accento sulle difficoltà del conoscere ("so di non sapere"), ribadisce gli atteggiamenti dello scetticismo e l'opportunità di riconoscere le aporie, le situazioni delle indagini nelle quali scarseggiano i dati e gli strumenti conoscitivi validi e permangono i dubbi, giungendo all'opportunità di limitarsi a perseguire una saggezza che possa aiutare nei comportamenti pratici.

Platone porta all'estremo la critica alla indagine empirica negando l'essenzialità della realtà visibile, considerata semplice riflesso di un mondo delle idee esistente al di fuori dello spazio e del tempo che percepiamo, conoscibile solo mediante l'esercizio di una ragione pura.
Egli quindi attribuisce valore solo alla metafisica delle idee, da approcciare come forme. In particolare dà molta importanza alla geometria, sia per il suo valore formativo, sia in quanto studio delle proprietà di forme astratte che vengono solo approssimativamente riscontrate negli oggetti tangibili.

K46 b.06 Aristotele, allievo critico di Platone e fondatore della scuola Peripato o Liceo, amplia i suoi interessi a un ventaglio di discipline trascurate da Platone.
Egli definisce una suddivisione e una classificazione delle conoscenze, propone l'ideale di una scienza derivabile da principi fondamentali e sostiene la possibilità di ottenere le verità dalle esperienze. Egli inoltre formula una prima impostazione sistematica della logica, basata sul sillogismo, iproposta per essere praticabile piuttosto ampiamente.

Intorno al 300 a.C. Epicuro sviluppa una articolata epistemologia: sostiene che i sensi sono le uniche sorgenti della nostra conoscenza del mondo ed è convinto che ogni evento sia dovuto a precise cause, dando origine alla concezione del fisicalismo.

K46 b.07 Mentre la scuola di Pitagora, sviluppata dal VI secolo a.C., consentiva di trattare solo numeri interi e razionali, nel IV secolo a.C. il matematico e astronomo Eudosso di Cnido sviluppa l'esame delle proporzioni giungendo a trattare in modo rigoroso anche i numeri irrazionali e le grandezze continue e quindi di dare basi alquanto solide al metodo di esaustione, il precursore del calcolo infinitesimale.

Con Eudosso si consolida il pensiero matematico greco e in seguito coltivato nel più ampio mondo ellenistico reso praticabile dalle imprese di Alessandro Magno.
In particolare la impostazione di Eudosso dei numeri reali rimarrà sufficiente fino al tardo '800 (Dedekind).

Intorno al 300 a.C. Euclide scrive gli Elementi, un primo sforzo di presentazione assiomatica della geometria e di altre nozioni matematiche che per il suo rigore, influenzerà per secoli lo sviluppo delle conoscenze scientifiche e di tante altre discipline nel mondo arabo e nel mondo europeo.

L'indiano Pingala (330 aC - 200 aC) scrive su prosodia, su quello che sarebbe ragionevole chiamare triangolo di Pingala-Tartaglia-Pascal e sulle notazioni binarie.

K46 b.08

Erofilo intorno al 300 a.C., con Erasistrato, fonda la scuola medica alessandrina e pratica l'anatomia a un livello tale che alcuni lo considerano il padre della scienza medica. In particolare individua nel cervello il centro del sistema nervoso e la sede dell'intelligenza.

Ctesibio intorno al 300 a.C. promuove la scuola dei meccanici alessandrini e la pneumatica; in particolare inventa e realizza pompa, organo a canne e orologio ad acqua.

Intorno al 250 a.C., durante il regno di Tolomeo II Filadelfo, viene fondata la biblioteca di Alessandria, grande e ricca raccolta del sapere del mondo ellenistico, facente parte del Museion, un vero centro di studi e di ricerche.

Gli stoici, in particolare Crisippo nel III secolo a.C. riprendono la logica come disciplina autonoma egiungono a definire la logica dei predicati.

K46 b.09 Alla fine del III secolo a.C. ad Alessandria Eratostene e a Siracusa Archimede giungono a risultati scientifici e tecnologici di alto livello (misurazione della circonferenza della Terra, statica, meccanica, nautica, cartografia, datazione, numeri primi, calcolo di aree e volumi, ...).

Al II secolo a.C. si attribuisce la costruzione del meccanismo di Anticitera, dispositivo in grado di prevedere i moti dei pianeti; questo manufatto viene considerato come il primo calcolatore analogico.

Il geometra Apollonio di Perga (II secolo a.C.) studia le coniche e realizza l'astrolabio.

Intorno al 150 a.C. il pensiero scientifico e tecnologico ellenistici toccano l'apice. Successivamente, in gran parte per l'imporsi della potenza dei romani, il Museion viene depotenziato e viene a ridursi drammaticamente la proposta di idee razionali innovatrici.

L'impero romano realizza grandi infrastrutture che facilitano le attività nelle regioni sotto il suo controllo e consolida i ntatti commerciali al suo interno, con la costa atlantica e con gli spazi dell'oceano indiano fino a India, Indocina, Indonesia e Cina.
Tuttavia con l'eliminazione delle potenze concorrenti (in particolare con la distruzione di Cartagine, ma ad esclusione dell'area persiana) impedisce le capacità innovative delle culture limitrofe e riduce la sua stessa resilienza a causa della sua struttura centralistica a schiavista; con la sua crisi economica e il conseguente cedimento nei confronti delle popolazioni nomadi dall'Asia centrale, lascerà l'Europa Occidentale estremamente debole.

Lucrezio (I sec. a.C.) riprende l'epicureismo e l'atomismo, studia l'evoluzione, ritiene che la mente e l'animo emergano dalle combinazione delle particelle che costituiscono la materia. Tuttavia il suo pensiero per lungo tempo incontrerà più detrattori che estimatori.

K46 b.10 Nel periodo dell'esaurirsi dell'impero romano che si dovrà limitare lla sua parte bizantina, le attività scientifiche si riducono a commentari delle opere del passato con poche eccezioni.

Claudio Tolomeo (I sec) compila una summa delle cognizioni astronomiche del suo tempo, riprendendo in particolare molti risultati di Ipparco di Nicea, definendo in tal modo il cosiddetto "sistema tolemaico" riguardante il sistema solare, corpo scientifico che insieme ad altri lasciti ellenistici saranno conservati a Costantinopoli e saranno alla base della successiva scienzia arabo-islamica. Tolomeo tuttavia non riconosce l'eliocentrismo risalente ad Aristarco di Samo.

Nei primi secoli del primomillennio nasce e cresce il cristianesimo, inizialmente lontano dai temi scientifico-tecnologici, ma che in seguito avrà tanta parte nella cultura occidentale successiva.

Un suo importante effetto iniziale fu l'opposizione a gran parte della cultura pagana e il sostenere l'opportunità di non contaminarsi con le scienze.
Dopo l'editto di Teodosio del 392, si sono avute azioni contro opere e persone "pagane": distruzione del tempio di Serapide e di 300 000 manoscritti nel 392, uccisione di Ipazia nel 415, raschiatura di pergamene, fino alla chiusura di tutte le scuole greche da parte di Giustiniano nel 529.

Idee originali di questi secoli si riducono a quelle matematiche dovute a Diofanto, Pappo e Severino Boezio.

Una svolta importante fu la rapida espansione dell'islamismo accompagnato dalla distruzione di libri dopo la conquista della Persia e la completa distruzione della biblioteca di Alessandria nel 642.
Molti studiosi alessandrini si trasferirono a Bisanzio dove, nonostante le perduranti ostilità dei cristiani, hanno conservato gran parte di quanto è sopravvissuto del patrimonio culturale greco ellenistico che dopo il 1453 e sarà ereditato dall'Europa Occidentale, passando soprattutto dall'Italia (Bessarione).

K46 b.11 Occorre a questo punto segnalare alcuni risultati ottenuti in questo periodo al di fuori dell'area mediterranea.

Nel 30 a.C. nelle notazioni numeriche dei Maya viene usato il numero zero, conosciuto dai babilonesi, ma sostanzialmente perduto dal mondo ellenistico e romano.

Nell'ambito della dinastia cinese Han nel II secolo ha inizio la produzione della carta; intorno al 200 d.C. si inventa la xilografia e si amplia la diffusione dei testi dotati di figure.
La carta costituisce un supporto alla comunicazione ben superiore ai papiri degli egizi e alle pergamene; essa ha contribuito in misura notevole a far crescere le capacità conoscitive, organizzative e amministrative della cultura cinese e in seguito di tutte le altre.

Nella mesoamerica dal V secolo a.C. risultano in uso dei calendari che abbracciano periodi lunghi; il più notevole di questi viene definito dalla cultura Maya,capace in particolare di sviluppare una astronomia molto accurata.

K46 c. medio evo, indiani, arabi, cinesi, mesoamericani

K46 c.01 Per il periodo della crisi culturale dei popoli dell'Europa occidentale per trovare progressi scientifico-tecnologici dobbiamo cercare soprattutto in altre aree.

Tra il I e il IV secolo in India si adottano le notazioni posizionali decimali note come indo-arabiche; esse si servono efficientemente dello zero, noto ai Maya ma sconosciuto ai matematici classici; dal IX secolo le notazioni decimali si propagano in tutte le maggiori aree culturali, in particolare per merito dei testi in arabo di al-Khwarizmi e al-Kindi.

Nel IV secolo viene fondata la comunità universitaria di Narana di matrice buddista aperta a tutti gli studiosi. Vivrà fino alla sua distruzione nel XII secolo in seguito dell'invasione islamista.

Va invece segnalata registrata la fondazione a partire dal 786 della Casa della saggezza nella Bagdad del califfo Harun al-Rashid e il successivo periodo aureo della cultura araba (aggettivo talora improprio in quanto riguardante personalità persiane, nestoriane e di altre culture dell'area islamica).

Da quegli anni fino al XIII secolo molti pensatori del mondo arabo e islamico raccolgono l'eredità greco-ellenistica e, anche grazie ai contatti con la tradizione scientifica indiana e di parte di quella cinese, sviluppano una ampia e fiorente cultura scientifica.

Essi sono mossi da una robusto interesse per le applicazioni e ottengono rilevanti progressi soprattutto in astronomia (al-Battani, al-Zarqali, al-Tusi), in matematica (al-Khwarizmi, Avicenna, Omar Khayyam, al-Kashi) e in medicina (al-Biruni, Avicenna, al-Nafis).
Vanno ricordati anche i contributi in cartografia, fisica (al-Haytham), botanica e zoologia.

K46 c.02 Intorno all'anno 1000 Avicenna riprende e prosegue la logica aristotelica; al-Haytham espone una metodologia scientifica che insiste sui dati sperimentali e sulla loro riproducibilità.

L'indiano Bhaskara II nel XII secolo sviluppa vari aspetti della trigonometria e del calcolo differenziale; in particolare formula il teorema poi riscoperto da Rolle.

Dal 1400 al 1600 la scuola del Kerala (India) rappresentata in particolare da Madhava di Sangamagrama e Nilakantha Somayaji, sviluppa vari argomenti di analisi infinitesimale richiesti dagli studi astronomici giungendo in particolare alle serie trigonometriche e anticipando risultati di Kepler.

K46 c.03 Nell'Europa dei secoli VIII e IX, quando la cultura stava riprendendo vita con l'attività degli scriptoria dei conventi benedettini, sotto l'impero di Carlo Magno si riscontra una certa rinascita culturale con la organizzazione di nuove istituzioni scolastiche.

Si riscontra la rinascita dell'anno mille, favorita anche dall'optimum climatico e dalle attività marittime italiane (Amalfi, Pisa, Genova, Venezia) e successivamente catalane).
Molte attività sono stimolate dai contatti con la cultura araba e con la ripresa di testi classici, anche nel corso dei conflitti del periodo che va dalle crociate alla occupazione ottomana di Costantinopoli.

Un importante testo di livello scientifico è dovuto all'imperatore Federico II, *De arti veniandi cum falconi*.
Molti organismi istituzionali sentono la necessità di dotarsi di Università. In particolare Federico II fonda l'Università di Napoli.

K46 c.04 Le istituzioni culturali si sviluppano sotto l'egida della Chiesa.

Tommaso d'Aquino (1225-1274), la voce più definitiva della filosofia scolastica, contribuisce al raccordo della teologia cristiana con la filosofia classica. Egli vede la conoscenza come processo che si muove dall'universo immanente e sensibile verso l'universo trascendente incorporeo e intellegibile.

Grosseteste nel 1253 riprende e commenta Aristotele.

Roger Bacon nel 1265, seguendo Grosseteste, propone un metodo per l'indagine scientifica consistente nella sequenza osservazione, ipotesi, esame sperimentale, presentazione chiara del procedimento e verifica indipendente della attendibilità dei risultati attraverso la riproduzione degli esperimenti; sostiene anche che questa sequenza se necessario vada ripetuta ciclicamente.

Guglielmo di Ockham nel 1327 propone il principio del rasoio (o legge della parsimonia): tra le molte ipotesi che possono spiegare un fenomeno va scelta quella che si serve del più ridotto complesso di assunzioni.

K46 c.05 Nella Cina della dinastia Song (960-1279) si sviluppano e si consolidano molti campi della tecnologie e della scienza: stampa a caratteri mobili intorno all'anno 1000, polvere da sparo e armi da fuoco, orologeria, cartografia, astronomia, matematica (equazioni di secondo grado, configurazioni combinatorie), edilizia, nautica e scienze naturali.

A queste acquisizioni ha contibuito in misura notevole il sistema degli esami di stato in grado di produrre una solida classe di amministratori. In particolare si registrano progressi nell'idraulica, nella industria della seta e della maiolica, nella navigazione con il controllo della longitudine; molte di queste acquisizioni hanno raggiunto altri paesi asiatici e l'Europa; in particolare l'industria della seta e il miglioramento dei canali dotati di chiuse.

Dal 1403 al 1408 viene redatta la grande anciclopedia cinese commissionata dal terzo imperatore Ming, Yongle; questi fu anche il solo promotore di una maggiore apertura del suo paese verso gli altri popoli concretatasi con i viaggi nell'oceano Indiano e in parte Pacifico guidati dall'ammiraglio Zheng-He e conclusasi per l'opposizione della burocrazia imperiale.
Contemporanea di questa reazione si riscontra anche un rapido decadimento degli studi matematici caratterizzato dalla carenza di testi.

K46 d. tipografi, pittori, navigatori e rinascimento

K46 d.01 Con la conquista di Costantinopoli da parte degli ottomani (1457) aumenta la pressione sull'Europa Occidentale da parte del mondo islamico.

Nei paesi europei, e in particolare in Italia, giungono profughi dall'ex impero bizantino portando conoscenze e testi.

Negli stessi anni, per opera di Gutemberg (1450) nasce e si sviluppa rapidamente in molte parti dell'Europa la stampa con i caratteri mobili (già praticata con materiali ceramici in Cina nel 1040 e con caratteri metallici in Corea nel 1377).
Questa attività avvia un decisivo ampliamento della diffusione e della elaborazione delle conoscenze contribuendo al successo dell'umanesimo e della sua volontà di superare i risultati dei classici.

K46 d.02 I pittori e gli architetti italiani (Brunelleschi, Alberti, Masaccio, Melozzo) avviano la crescita di attività artistiche con aspetti molto concreti che richiedono conoscenze a carattere scientifico.

Leon Battista Alberti con la sua *de prospectiva pingendi* espone razionalmente le regole della prospettiva.

Luca Pacioli (1447-1517) nella *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita* chiarisce il meccanismo di partita doppia, bilancio e inventario segnando la nascita della ragioneria.

Leonardo da Vinci allarga gli interessi nei confronti della conoscenza della natura tramite visione e pittura.

Albrecht Duerer contribuisce alla trasmissione dall'Italia al mondo germanico e oltre della cultura pittorico-matematica.

K46 d.03 La pressione della potenza ottomana, in particolare nei confronti della rete commerciale della Serenissima Repubblica di Venezia, spinge a guardare alla navigazione oceanica.

Enrico il Navigatore promuove lo sviluppo della navigazione portoghese.

Si giunge alle imprese di Colombo e Vasco da Gama che aprono possibilità commerciali enormi, grandi curiosità e conseguenti maggiori esigenze tecniche e scientifiche.

L'arsenale di Venezia ha per secoli la leadership tecnologica, che si accompagna al sostegno politico nei confronti delle innovazioni.

La ricerca in vari settori viene stimolata dalle attività militari.

K46 d.04

Andreas Vesalius (1514-1564) apre la strada alla moderna anatomia rifiutando la pratica prevalente che si richiamava a Galeno.

Ticho Brahe (1546-1601) esegue una massiccia serie di accurate misurazioni astronomiche che consentiranno a Kepler, tra il 1609 e il 1619, di formulare le sue tre leggi sul moto dei pianeti e di precisare l'ipotesi eliocentrica riproposta da Copernico nel 1543.

Nella prima parte del '500 gli algebristi italiani Scipione del Ferro, Niccolò Tartaglia, Ludovico Ferrari, Girolamo Cardano e Raphael Bombelli ottengono, la soluzione delle equazioni polinomiali di III e IV grado mostrando la possibilità di andare oltre i classici greci (come già in parte fatto da islamici come Omar Khayyam e al-Tusi).

Viete verso la fine del XVI secolo chiarisce le finalità dell'algebra e introduce notazioni concise per le equazioni algebriche.

Machiavelli e Guicciardini contribuiscono alla nascita delle scienze politiche.

Montaigne approfondisce le questioni riguardanti la consapevolezza dei propri limiti, l'introspezione, lo scetticismo, la critica ai comportamenti ipocriti, l'importaza del dubbio, l'importanza etico-culturale dei giudizi relativistici, la difficoltà dell'educazione e della pedagogia.

K46 e. nuova scienza europea e illuminismo

K46 e.01 In Olanda, intorno al 1600 vengono costruiti i primi microscopi e i primi telescopi.

Galileo Galilei (1564-1642) apporta importanti contributi alle pratiche e al metodo sperimentale (termoscopio, bussole militari, uso del telescopio, proprietà del pendolo), sviluppa lo studio del moto dei proiettili e della gravità, con le sue osservazioni descrive con precisione vari fenomeni astronomici, individua l'importanza della matematica per la comprensione dei fenomeni, formula il principio di relatività e di inerzia e sostiene l'eliocentrismo proposto da Copernico. I suoi risultati danno un forte impulso al metodo scientifico e alle attività di ricerca.

Francis Bacon nel Novum Organon (1620) sostiene che la ricerca si deve basare su osservazioni empiriche.

Thomas Hobbes nel Leviatano (1651) concepisce la logica come disciplina delle combinazioni di segni.

A Cartesio (1596-1650) va il merito della maggiore costruzione filosofica che segue il rinascimento e le critiche all'aristotelismo, mosso dal proposito di definire una filosofia basata su basi matematiche e razionali. Egli sostiene che si possano spiegare tutti i fenomeni fisici, biologici e psicologici partendo da principi primi (non derivati dall'esperienza) sui quali applicare procedimenti deduttivi. In particolare egli si serve della geometria analitica, la disciplina da lui stesso fondata che consente di unificare la geometria e l'algebra del suo tempo. Per la conduzione delle indagini richieste dal suo programma Cartesio propone un *Discorso sul metodo* che si basa su quattro meccanismi: evidenza, analisi, sintesi e enumerazione. Punto di partenza delle indagini è il dubbio metodico che riguarda innanzi tutto l'io indagatore, ma che si supera grazie alla constatazione "cogito ergo sum" e porta a servirsi delle idee presenti nell'io pensante. Tra queste reputa indubitabile l'idea di Dio che assume come garante di ogni sapere che potrà essere raggiunto applicando rigorosamente la ragione (razionalismo). Si giunge poi al riconoscimento dei corpi estesi e mobili da intendersi con atteggiamento dualistico come alternative dell'io pensante. Cartesio applica il suo metodo alle sue ricerche sulla geometria, la meccanica e l'ottica nelle quali assume una posizione meccanicistica. Cartesio inoltre, in sintonia con Roger Bacon, dà molta importanza alla possibilità di servirsi dei risultati della ragione per realizzare strumenti di interesse pratico.

Sono istituite l'Accademia dei Lincei (1603) e la Royal Society (1660).

A Christian Huygens (1629-1695) si devono importanti contributi alla meccanica, al calcolo delle probabilità e all'ottica (teoria ondulatoria della luce) che inducono a considerarlo il padre della fisica matematica; a lui si devono anche importanti osservazioni astronomiche e invenzioni, in particolare il telescopio a riflessione e l'orologio a pendolo.

Robert Boyle intorno al 1665 scrive sul metodo scientifico sostenendo che prima della esecuzione di accurati esperimenti vanno precisate le conoscenze sopra il loro obiettivo, che occorre evidenziare i risultati in contrasto con le precedenti teorie, che gli esperimenti vanno considerati perfettibili e che si deve mostrare la loro ripetibilità.

Nel 1665 nascono le prime riviste accademiche in Francia e Gran Bretagna.

Henry Oldenburg nel 1675 propone che le relazioni sulle ricerche scientifiche vengano segnalate agli esperti del settore per una loro revisione peer to peer.

Blaise Pascal (1623-1662), oltre a dare importanti contributi alla geometria proiettiva, al calcolo delle probabilità e alla dinamica dei fluidi, delinea una filosofia della matematica nella quale introduce l'idea

della riduzione illimitata a ragioni precedenti e analizza le definizioni distinguendo le convenzionali definite dall'autore di un testo matematico da quelle ampiamente comprensibili nell'ambito di un linguaggio naturale. Inoltre Pascal costruisce la prima calcolatrice meccanica concretamente utilizzata.

Il medico James Lind, pioniere della importanza delle nutrizione per la salute e della medicina preventiva, nell'anno 1753 effettua la prima indagine statistica sullo scorbuto; per combattere questa malattia propone l'assunzione di agrumi; inoltre propugna la disinfezione delle navi con fumi di zolfo e arsenico.

Gottfried Leibniz (1646-1716) propone sue basi al calcolo differenziale e integrale servendosi di notazioni di notevole successo; egli concepisce una calcolatrice meccanica in grado di effettuare moltiplicazioni che anticipa la realizzazione dell'Aritmometro diThomas de Colmar, precisa le nozioni sulle notazioni binarie che saranno adottate da Babbage e dalle apparecchiature digitali. In filosofia sostiene posizioni moniste e razionaliste e sul piano metodologico sostiene che le conclusioni sopra un problema si devono ottenere applicando la ragione a principi primi e a definizioni a priori, piuttosto che l'evidenza empirica. Altri suoi scritti toccano clcolo delle probabilità, fisica (con posizioni relativiste opposte alla posizione sostantivista di Newton), biologia, filologia, storia, etica, diritto, ...

Isaac Newton nel 1687 pubblica *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* nel quale formula i fondamenti della meccanica classica; egli inoltre ottiene risultati fondamentali in ottica e, in alternativa di Leibniz, pone proprie basi del calcolo infinitesimale. Egli si occupa anche di datazioni storiche ed effettua numerosi esperimenti alchemici.
Si ritiene che Newton, insieme a Robert Boyle abbiano dato i maggiori contributi al passaggio dalla alchimia alla chimica.

Nella prima parte del 1700 gli studiosi della metallurgia svedesi fanno nascere la mineralogia.

Bayes nel 1763 introduce l'inferenza bayesiana come metodo per aumentare la probabilità di una ipotesi in seguito all'acquisizione di una evidenza aggiuntiva.

John Locke (1632-1704) continua l'empirismo di Francis Bacon e avrà grande influenza sull'illuminismo e sul liberalismo. Sviluppa una teoria della mente nella quale ha un ruolo centrale la coscienza di se, da intendersi come la continua consapevolezza della propria esistenza. In opposizione al razionalismoo di Cartesio, ritiene che nasciamo senza idee innate e che le nostre conoscenze discendono solo dalle esperienze derivanti dalle percezioni sensoriali. Sostiene l'importanza di saper rigettare convincimenti precedenti che siano smentiti da successivi più accurati esperimenti; egli attribuisce molto peso al metodico esercizio dell'introspezione, ossia nella osservazione delle proprie emozioni e dei propri comportamenti.

David Hume con il suo *Trattato della natura umana* (1739-1740) si propone di fondare una scienza naturalistica dell'uomo; sulla scia di Locke nega l'esistenza di idee innate, ma assume un atteggiamento scettico, convinto che il ragionamento induttivo e la causalità non possono essere giustificati razionalmente. Contro i razionalisti ritiene che le passioni più della ragione influiscono sui sui comportamenti umani e propone una etica basata su emozioni e sentimenti; queste posizioni influenzeranno Kant e successivamente la filosofia della scienza e le scienze cognitive.

Leonard Euler (1707-1783), matematico, fisico e ingegnere molto prolifico, ottiene numerosi importanti risultati in una quantità di campi; egli è anche il primo ad organizzare ricerche matematiche collettive. I suoi maggiori risultati riguardano l'analisi infinitesimale nella quale, in particolare, introduce nuovi termini e notazioni e chiarisce la nozione di funzione. È pioniere di molti campi della matematica: teoria dei grafi, topologia, teoria analitica dei numeri. Nelle applicazioni della matematica dà importanti

contributi a fluidodinamica, ottica, astronomia e teoria musicale. Occorre aggiungere che molti risultati chiarificanti e influenti sono ottenuti con procedimenti poco rigorosi che dovranno essere riformulati successivamente, in particolare da Cauchy e Weierstrass.

Pierre-Simon Laplace (1749-1827) ottiene risultati basati sull'analisi infinitesimale molto influenti per matematica, meccanica celeste, statistica, fisica e ingegneria. Egli, riprendendo idee espresse da Rudier Boscovich nel 1763, sostiene il determinismo scientifico e nel 1814 afferma che l'evoluzione dell'universo sarebbe prevedibile attraverso la soluzione di equazioni evolutive da parte di un intelletto che viene chiamato diavolo (o superman) di Laplace.

Antoine Lavoisier (1743-1794) è il maggiore promotore del superamento della chimica qualitativa (e dell'alchimia) con la formulazione della legge della conservazione della massa e con la fondazione della chimica quantitativa. Egli distingue chiaramente gli elementi dai composti, con Claude Louis Berthollet propone una prima lista degli elementi chimici e avvia l'attività della nomenclatura chimica. Inoltre contribuisce alla definizione del sistema metrico decimale. Va ricordato anche il supporto al suo lavoro da parte della moglie Marie-Anne.

Luigi Galvani scopre l'elettricità animale e **Alessandro Volta** costruisce la pila sovrapponendo dischi di rame e zinco alternati avviando il controllo della corrente elettrica e la nascita dell'elettrochimica.

Adam Smith (1776) avvia gli studi sull'economia esaminando la produttività del lavoro, i guadagni dei commerci e la allocazione delle risorse e la concorrenza e giungendo a propugnare il libero mercato.

L'influentissimo filosofo Immanuel Kant (1724-1804) sostiene che spazio e tempo siano forme di intuizione che strutturano tutte le esperienze. Egli si propone di giustificare il metodo scientifico, opponendosi allo scetticismo di Hume; pensa che le cose in se esistano e contribuiscano alle esperienze, ma siano ben distinte dagli oggetti dell'esperienza. Nella sua *Critica della ragione pura* sostiene che esiste una conoscenza sintetica a priori e che gli oggetti percepiti dai sensi si devono conformare alle forme spaziali e temporali della intuizione. Egli introduce una logica trascendentale che considera superiore alla logica formale parlando di proposizioni sintetiche a priori.

K46 f. industria e imperialismo nel 1800

K46 f.01 Joreph Marie Jacquard (1752-1834) costruisce un telaio per tessuti anche molto compositi e ornati i cui disegni sono controllati da schede perforate.

Hegel (1770-1831), il filosofo più influente del suo tempo, riprende i temi dell'illuminismo e di Kant con l'intenzione di giungere a una visione filosofica unitaria che abbracci molteplici discipline; egli in effetti si occupò direttamente di diritto, estetica, storia, religione, politica e scienza. Egli sostenne, contro l'empirismo, che intelletto e riflessione possono raggiungere verità profonde e comprensive ricorrendo ad una fenomenologia che costituisca la scienza dell'esperienza della coscienza e attraverso procedimenti intrinsecamente dialettici. Con questi mezzi sviluppa una sua logica (diversa dalla logica classica e dalla logica trascendentale di Kant) volta alla determinazione delle idee in quanto fini di una filosofia dello spirito assoluto.

K46 f.02 Carl Friedrich Gauss (1777-1855), considerato tra i più influenti matematici di tutti i tempi, dà fondamentali contributi alla matematica e alle sue applicazioni: algebra, teoria dei numeri, geometria, calcolo delle probabilità, elettromagnetismo, geodesia; porta molto avanti la fisica matematica.
A Gauss, Janos Bolyai e Lobachevsky va attribuita la scoperta delle geometrie noneuclidee, scoperta che cambia la concezione dello spazio geometrico e uno spostamento di paradigma scientifico e che avrà influenza anche sulla teorie relativistiche.

Il fisico danese Oersted nel 1812 propone l'idea di discutere criticamente esperimenti soltanto pensati.

John Dalton nel 1803 formula la legge delle pressioni parziali dei componenti di una miscela di gas. Egli inolte propone la forma moderna della teoria atomica della materia che sarà successivamente rafforzata nel 1811 da Amedeo Avogadro con l'attribuzione di un peso melecolare ai gas. Essa sarà ampiamente dibattuta, incontrando ad esempio l'opposizione di Wilhelm Ostwald ed Ernst Mach e il sostegno di Berzelius; verrà poi efficacemente approfondita da Ludwig Boltzmann, ma si imporrà solo agli inizi del 1900 dopo gli esperimenti di Jean Baptiste Perrin a conferma della interpretazione di Einstein del moto browniano.

Il geometra e logico francese Gergonne nel 1815 propone che in statistica si adottino il metodo del disegno ottimale degli esperimenti e la regressione polinomiale.

K46 f.03 Berzelius, allievo di Dalton, porta avanti un programma sistematico di esperimenti sulle sostanze chimiche, determina numerosi pesi atomici in forma di numeri interi, identifica i radicali chimici e stabilisce i simboli di una o due lettere per gli elementi allora conosciuti.

Stanislao Cannizzaro intorno al 1858 porta importanti chiarimenti sui composti chimici, distinguendo gas monoatomici e diatomici e proponendo nuove categorie per vari elementi come i metalli alcalini e i metalli alcalino-ferrosi.

Dmitri Mendeleev nel 1869 propone la tavola periodica degli elementi che successivamente contribuisce ad ampliare con la scoperta di scandio, gallio e germanio; la tavola riuscirà ad imporsi a partire dal 1886.

August Kekulè nel 1867 sostiene la necessità di spiegare fenomeni chimici attraverso procedimenti matematico-meccanici di componenti corpuscolari.

Negli anni 1830 nasce la telegrafia elettrica, in particolare grazie al il contributo di Samuel Morse (1791-1872) e questa tecnica rimpiazza rapidamente le precedenti pratiche della telegrafia ottica.

Lo studio della termodinamica iniziato da Otto von Guericke, Robert Boyle e Robert Hooke con la formulazione della prima legge della termodinamica, viene ripreso in relazione ai problemi posti dalla adozione delle macchine a vapore come motori della prima rivoluzione industriale.
Si tratta dalla comprensione dei fenomeni riguardanti calore, lavoro meccanico e loro descrizione in termini di aggregati di particelle di piccolissime dimensioni.
La seconda legge della termodinamica viene chiarita da Sadi Carnot, Lord Kelvin, Clausius, James Watt,...) e successivamente si è estesa allo studio alle reazioni chimiche (Josiah Willard Gibbs), si è costituita la visione corpuscolare dei fenomeni termici (Maxwell), si sono chiarite le definizioni dell'energia e dell'entropia fino alla sintesi diLudwig Boltzmann; più recentemente (1909) si giunge alla assiomatizzazione delle leggi da parte di Constantin Carathéodory (termodinamica geometrica).

K46 f.04 Dopo alcuni lavori pionieristici (Manzetti, Bourseuil, Reis) per opera di Meucci (1871) e Alexander Bell (1875) nasce e si sviluppa la telefonia elettrica, antesignana della telefonia digitale.

Dopo le prime produzioni massiccie di tavole numeriche di de Prony, Charles Babbage concepisce il computer digitale programmabile e cerca di costruire la difference engine e la analytical engine programmabile attraverso schede perforate per la quali redige dettagliati progetti. Egli inoltre si occupa di economia delle attività industriali (1832) anticipando temi della ricerca operativa.

Il matematico Bernhard Riemann (1826-1866) ottiene importanti risultati in analisi infinitesimale, teoria dei numeri e geometria differenziale; questi hanno portato a una maggiore comprensione delle geometrie noneuclidee e hanno costituito un ampliamento della concezione dello spazio che ha consentito fondamentali progressi anche per la fisica del XX secolo.

L'economista John Stuart Mill sviluppa l'utilitarismo (1848) come pensiero etico che giudica le azioni tanto più positive quanto più in grado di promuovere la felicità degli uomini. Egli inolte esprime preoccupazione per le attività che conducono al degrado dell'ambiente.

Tocqueville con le sue opere, pubblicate negli anni 1835, 1840 e 1856, fornisce importanti contributi al pensiero politico e alla sociologia.

Auguste Comte elabora il positivismo (1848) considerandolo il terzo stadio della sua visione dell'evoluzionismo sociale, dopo lo stadio teologico del passato e lo stadio metafisico che ha portato ai diritti umani come prodotto dell'illuminismo. Egli contribuisce alla nascita della sociologia e propone di dare inizio alla filosofia della scienza con la classificazione gerarchica delle discipline basata sul crescere della complessità dei fenomeni esaminati e proponendo la progressione: matematica, astronomia, fisica, chimica, biologia e sociologia.

Karl Marx (1818-1883), uno dei pensatori più influenti e discussi, sviluppa, sopratutto con *Il capitale* (1867-1883), teorie critiche sulla società, sull'economia e sulla politica; queste teorie rivedono in chiave materialistica tutte le maggiori precedenti posizioni sulla storia e sull'economia (Adam Smith, Tocqueville, Hegel, Feuerbach, socialisti francesi, ...) e portano a considerare Marx uno dei maggiori architetti delle scienze sociali.

K46 f.05 George Boole (1815-1864) con il suo *le leggi del pensiero* (1854) avviato una ripresa degli studi di logica e prepara le basi delle discipline dell'informazione.

Charles Darwin nel 1859 con la sua opera *Sull'origine delle specie* introduce nello studio della natura il paradigma dell'evoluzionismo.
A questa idea ha contribuito anche Alfred Russel Wallace.

James Clerk Maxwell (1831-1879) con la enunciazione delle equazioni note con il suo nome (1865) in grado di unificare i fenomeni elettrici, magnetici e luminosi ha ottenuto la cosiddetta seconda grande unificazione della fisica (la prima essendo qualla conseguita da Newton) e, con la predizione delle onde radio, ha aperto la strada per l'ingegneria elettrica. Con i suoi studi sulla termodinamica definisce la teoria cinetica dei gas e con lo schema dell'attività del suo "diavoletto" pone in collegamento le nozioni di energia e di informazione.

Charles Sanders Peirce (1839-1914) dà inizio alla semiologia e al pragmatismo, oltre a dare contributi importanti ma al suo tempo poco notati, ai fondamenti della matematica.

Ludwig Boltzmann (1844-1906) raccogliendo le idee di Maxwell, approfondisce la teoria cinetica dei gas e la termodinamica giungendo a spiegare molti fenomeni macroscopici con i comportamenti statistici di sistemi schematizzati in termini atomistici; formula inoltre l'equazione che porta il suo nome che regge i comportamenti di sistemi in stato di non equilibrio termodinamico, in particolare in relazione a fenomeni di trasporto, giungendo a spiegare la non reversibilità dell'evoluzione dei sistemi macroscopici non in equilibrio.

K46 f.06 Peirce e Joseph Jastrow nel 1885 definiscono i disegni di esperimenti randomizzati ciechi, iniziative in grado di eliminare o ridurre le distorsioni indotte dalle aspettative degli interpellati.

Giuseppe Peano (1858-1932) dà importanti contributi alla matematica e alla logica (assiomi dell'insieme dei numeri naturali) e partecipa al dibattito sui fondamenti della matematica; presta costante attenzione alla efficacia e alla semplificazione della comunicazione in genere e della matematica in particolare: definisce il linguaggio artificiale *latino sine flexione*, propone simboli che saranno ampiamente adottati come $\in$ e $\exists$ e compilò un *Formulatio Mathematico* contenente 4000 teoremi e formule.

Frege sostiene che la sorgente maggiore della conoscenza sia la ragione umana e si impegna a costruire una visione razionalista della scienza.

Il geologo americano Chamberlin nel 1897 propugna l'uso di ipotesi multiple per il disegno degli esperimenti.

Henry Poincaré (1854-1912) raggiunge importanti risultati in matematica, fisica e ingegneria, discipline sulle quali ha esercitato grande influenza sui contemporanei. In particolare viene considerato uno dei fondatori della topologia, i suoi lavori in meccanica celeste lo portano a introdurre la nozione di sistema deterministico caotico; inoltre ottiene l'invarianza delle equazioni di Maxwell rispetto alle trasformazioni di Lorentz e introduce le onde gravitazionali, aprendo la strada alle teorie relativistiche. In epistemologia assume atteggiamenti che possono essere considerati antidogmatici e convenzionalistici; in contrasto con Frege e Russell, sostiene che la matematica non discende dalla logica, ma che in concreto si avvale principalmente della intuizione; sostiene che l'aritmetica è sintetica a priori, non analitica a causa della circolarità del principio di induzione; si oppone alla teoria degli insiemi di Cantor accusandola di servirsi di definizioni autoreferenziali.

Emile Durkheim (1858-1917) con le sue opere e la sua azione accademica fornisce contributi decisivi allo sviluppo della sociologia.

K46 g. folle e guerre nella prima parte del 1900

K46 g.01 L'antinomia di Russel e Zermelo (1899) pongono in crisi la visione di Frege della teoria degli insiemi; si apre quindi la discussione sui fondamenti della matematica.

Hilbert delinea il logicismo come programma a fondamento delle matematica e si giunge alla impostazione assiomatica della teoria degli insiemi dovuta a Zermelo e Fraenkel (1901) e successivamete approfondita in particolare da Skolem e Alfred Tarski.

In seguito della osservazione della invarianza della velocità della luce rispetto a osservatori inerziali, nel 1905 Einstein abbandona la tradizionale concezione del tempo assoluto sostenuta in particolare da Kant e pone le basi delle teorie relativistiche.

Pierre Curie e Marie Sklodovska Curie sviluppano le osservazioni sulla radioattività.

In seguito alle sperimentazioni sulla scarica elettrica nei gas, Rutherford e YaMillikan indagano la natura degli atomi e degli elettroni.

K46 g.02 Sigmund Freud (1856-1939) pone le basi della psicanalisi.

Husserl (1859-1938) propone una fenomenologia che intende essere una scienza rigorosa e autonoma. Egli si oppone alle spiegazioni naturalistiche e storicistiche e distinge una intuizione empirica rivolta ad oggetti individuali dalla intuizione categoriale che dall'oggetto empirico raggiunge l'universale o forma in sé.

A Martin Heidegger (1889-1976) si devono contributi di notevole originalità alla fenomenologia (come continuatore critico di Husserl), all'ermeneutica e all'esistenzialismo; contributi che hanno esercitato grande influenza e lo fanno considerare tra i maggiori esponenti della cosiddetta filosofia continentale, ma che hanno anche sollevato critiche. Sul piano epistemologico vanno segnalati i suoi prevalenti interessi ontologici concernenti in particolare i vari aspetti dell'essere e del tempo, mentre gli vengono contestati gli scarsi interessi verso lo spazio, il corpo e l'etica.

K46 g.03 Tra il 1924 e il 1930, in conseguenza delle molteplici osservazioni di fenomeni al livello corpuscolare, nasce la meccanica quantistica per opera di Bohr, Heisemberg, Schroedinger, de Broglie, Dirac e altri.
Questa teoria fisico-matematica si è imposta in quanto ha consentito di fornire spiegazioni accurate e convincenti di un'ampia gamma di fenomeni che attengono alla fisica atomica, alla fisica della materia, alla chimica molecolare e, successivamente, alla biologia molecolare; inoltre combinata con le teorie relativiste costituisce la base formale e quantitativa per lo studio delle particelle elementari, dell'astrofisica e della cosmologia quantitativa.

L'interpretazione prevalente, ma dibattuta, di questa teoria fisico-matematica porta a una visione probabilistica della realtà fisica basata sull'associare a ogni particella di una distribuzione di probabilità per posizione e quantità di moto.

Bachelard, in contapposizione con i positivisti, sostiene che il compito dell'epistemologo sia lo studio della fenomenologia della ricerca scientifica effettuata dalla comunità degli scienziati per cogliere la genesi (anche psicologica) dei risultati. Più che alla ricerca della struttura logica delle scienze sostenuta dai neopositivisti e alla problematica dei fondamenti, Bachelard sostiene che il filosofo deve dare peso alla storia della scienza; da questa egli, attento soprattutto alla fisica matematica, ricava l'importanza

crescente della matematizzazione delle scienze e constata (in accordo con lo storico Alexandre Koiré che la ricerca procede anche attraverso rotture.

K46 g.04 Il Circolo di Vienna guidato da Moritz Schlick, tra il 1924 e il 1936 raccoglie filosofi e cultori di logica, matematica e scienze sociali (tra i quali Carnap, Goedel, von Mises e in modo più lato Van Orman Quine, Morgenstern, Wittgenstein e Popper). Il Wiener Kreis, pur nel suo pluralismo, ha costituito il movimento di idee chiamato empirismo logico o neopositivismo caratterizzato da opposizione alla metafisica e dalla rinnovazione dell'empirismo con apporti dalla logica matematica. Il Circolo ha avuto forte influenza sulla filosofia della scienza.

Kurt Goedel nel 1931 dimostra i teoremi di incompletezza interpretabili come limiti per la matematica e contro le prospettive del logicismo sostenuto in primis da Hilbert.

Alan Turing concepisce la macchina che porta il suo nome, in particolare nella versione universale utilizzata per dimostrare l'impossibilità di decidere in generale sul proprio arresto; questo risultato rende tangibili e comprensibili i limiti di quello che è calcolabile.

Turing e Alonzo Church enunciano la congettura che ogni algoritmo sia simulabile da macchine equivalenti a quella proposta dallo stesso Turing e al λ-calcolo, congettura che delimita la portata di tutti gli algoritmi proponibili.

Claude Shannon (1916-2001) pone i fondamenti per la progettazione dei circuiti digitali (1937) e per la teoria dell'informazione con la sua *Mathematical theory of communication* (1948); contribuisce anche alla criptanalisi e alla sperimentazione mediante il gioco degli scacchi.

K46 g.05 Vannevar Bush (1890-1974), costruttore di un computer analogico per risolvere equazioni differenziali e progettatore di "memex", antesignano dei sistemi ipertestuali, a partire dal suo ruolo nel periodo bellico si fa promotore, anche mediante iniziative governative e accademiche (fondazione della National Science Foundation), dell'importanza per uno stato moderno di un vigoroso sostegno agli sviluppi della ricerca scientifico-tecnologica.

Tra il 1937 e il 1950 sono costruiti i primi elaboratori elettronici Atanasoff, Stibitz, (Konrad Zuse, Howard Aiken, John Mauchly con J. Presper Eckert; questi vengono inizialmente utilizzati per scopi scientifici, bellici (Enigma e Colossus presso l'inglese Bletchley Park) e per censimenti.
Alla definizione delle loro potenzialità contribuiscono, in particolare, von Neumann (macchine a programmazione interna) e Turing (progettazione del sistema ACE e prospettive dell'intelligenza artificiale).

Intorno al 1949 Willard Libby apporta decisivi miglioramenti alla datazione mediante carbonio radioattivo aprendo la strada a un essenziale miglioramento delle indagini storiche e archeologiche.

K46 h. crescita delle tecnologie e dei consumi 1945-1990

K46 h.01 Nel 1957 viene lanciato dalla URSS il primo satellite artificiale, Sputnik1.
Negli anni 1960 vengono definiti i primi linguaggi di programmazione e i cosiddetti mainframes cominciano ad essere utilizzati sempre più ampiamente nell'ingegneria (perfezionamento della progettazione) e nelle amministrazioni (avvio della gestione delle grandi quantità di dati di interesse socio-economico).

Richard Feynmann sostiene l'importanza della ricerca di nuovi sistemi miniaturizzati e lo sviluppo delle nonotecnologie (1959) in quanto elementi determinanti per la crescita della società la quale con questi sistemi potrà accrescere la propria strumentazione per affrontare una ampia gamma di problemi.
Feynmann inoltre critica i tentativi di spiegazione mediante schemi deterministici (in particolare da parte di Einstein) dei fenomeni che hanno portato alla meccanica quantistica.

Hugh Everett nel 1956 propone la interpretazione della meccanica quantistica.attraverso i cosiddetti multimondi.

K46 h.02 Fin dai primi anni 1950 si sviluppa la matematica computazionale in molteplici direzioni: analisi numerica e metodi numerici, metodi stocastici per la rappresentazione di situazioni di incertezza, ingegneria computazionale, simulazione con il computer come alternativa della soluzione analitica dei problemi, studio della complessità computazionale e della teoria dell'informazione algoritmica, sistemi per la computer algebra (CAS) e il calcolo simbolico, dimostratori e verificatori automatici di teoremi.
In questo ambito va ricordato in particolare Donald Knuth, autore di *The art of computer programming* (1968, 1969,1973), testo ha contribuito in modo determinante allo studio rigoroso ed efficace degli algoritmi; a Knuth si deve anche TEX, il sistema tipografico per contenuti matematici che ha contribuito alla crescita dei testi aperti in linea.
A questi campi di indagine vanno affiancate le attività di ricerca assistita dal computer in settori quali: la matematica discreta, la combinatoria, la teoria dei numeri, la teoria dei gruppi, la geometria computazionale, la geometria algebrica, la topologia e in particolare la topologia algebrica, la statistica, la linguistica, la teoria dei giochi, l'economia e la finanza.
Questi studi si accompagnano agli sviluppi dei sistemi software che consentono sia i calcoli numerici, sia i calcoli simbolici, sia le rappresentazioni grafiche, sia le animazioni (sistemi utilizzati anche per la didattica) e dei sistemi per la gestione di grandi masse di dati, anche distribuite.

Karl Popper (1902-1994) nel 1934, critica l'induttivismo (l'atteggiamento di attribuire grande importanza alla induzione da successi parziali alla affermazione di conoscenze attendibili); per il problema della demarcazione dei confini tra scienza e nonscienza propone la falsificabilità, ossia la possibilità che una congettura o una affermazione circostanziata possa essere contraddetta da esami accurati. Questa caratteristica delle affermazioni scientifiche viene proposta come alternativa della caratteristica della verificabilità, spesso ben più impegnativa da accertare.

Gadamer (1900-2002), riprendendo i temi di Husserl e Heidegger, sostiene il ruolo filosofico centrale dell'ermeneutica, cioè dell'importanza della interpretazione nei confronti di ogni forma di pensiero. Alla dialettica, in opposizione a Hegel, attribuisce solo la possibilità di contribuire alle conoscenze entro orizzonti storico-linguistici.

Hilary Putnam e Riched Rorty riprendono e sviluppano i temi del pragmatismo. Rorty in particolare sostiene che i valori sono storicamente contingenti, in relazione alla loro utilità nei confronti delle necessità dei tempi correnti.

Le loro opinioni si possono far confluire nel **neopragmatismo**, il movimento al quale si può considerare vicino anche Jurgen Habermas.

Claude Bernard intorno al 1860 propone di condurre indagini statistiche che seguono lo schema del doppio cieco consistente nel nascondere a persone sottoposte a questionari i fatti che possono condurre a distorsioni causate da aspettative.

Thomas Kuhn (1922-1996) con *The Structure of Scientific Revolutions* (1962) introduce la nozione "spostamento di paradigma" per significare il cambiamento di assunzioni basilari e di pratiche sperimentali che si riscontrano in una disciplina scientifica in conseguenza di eventi conoscitivi (scoperte, osservazioni, strumenti e risorse disponibili) che conducono da un canone da considerare precedente visione normale ad un nuovo assetto teorico e sperimentale da considerare rivoluzionario.
Successivamente molti epistemologhi, e lo stesso Kuhn, mitigano questa visione attribuendo rilevante importanza ai graduali progressi che in genere precedono e influenzano i cambiamenti scientifici che accade di essere giudicati rivoluzionari.

Paul Feyerabend, figura di rilievo per la sociologia della conoscienza scientifica, rifiuta l'importanza di regole metodologiche generali e propone invece una visione anarchica della scienza [*Against Method (1975)*].

John Rader Platt nel 1964 introduce la interferenza forte come modello dell'indagine scientifica che assegna il ruolo primario all'esame statistico delle ipotesi alternative.

K46 h.03 James Watson e Francis Crick, sulla base delle figure di diffrazione ai raggi X ottenute da Rosalind Franklin, nel 1953 individuano la struttura a doppia elica del DNA.

A partire dal 1970 con John Pople si amplia la chimica computazionale in particolare riuscendo a chiarire varie reazioni complesse e a controllare reazioni e produzioni sintetiche basate sulle nanotecnologie.

Stephen Hawking dal 1972 affronta lo studio della struttura dei buchi neri; con Roger Penrose si occupa delle singolarità gravitazionali; per primo affronta una teoria della cosmologia basata su meccanica quantistica e relatività generale. Egli si schiera con la interpretazione della meccanica quantistica dei molti mondi.

K46 h.04 Paul Baran e Donald Davies intorno al 1965 definiscono la modalità di trasmissione chiamata commutazione di pacchetto `Packet Switching (we)`.

Nel 1969 viene resa disponibile ARPANET, la prima rete di comunicazione basata sulla commutazione di pacchetto a largo raggio. Successivamente vengono sviluppati protocolli di trasmissione che consentono accesso da remoto e posta elettronica.

K46 i. rete globale e accelerazione scientifico-tecnologica

K46 i.01 Tim Berners-Lee (1990) mette a punto il World Wide Web, la rete globale per la comunicazione ipertestuale mediante browsers in grado di servirsi di linguaggi ipertestuali come HTML.

Michael Dummett (1925-2011) sulla scia di Goedel sviluppa la cosiddetta logica intermedia e sul piano epistemologico propone l'antirealismo semantico, sostenendo che la nozione di verità nell'ambito della teoria del significato deve essere sostituita dalla nozione di verificabilità.

Richard Dawkins contribuisce al raffinamento della teoria della evoluzione biologica, in particolare con le idee del replicatore e del meme da associare con l'importanza del problem solving sostenuta da Karl Popper.

Carlo Rovelli, Lee Smolin e Abhay Ashtekar tra il 1988 e il 1997 introducono la teoria della gravitazione quantistica a loop che porta alla quantizzazione di aree e volumi.

K46 i.02 Dal 1989 si sviluppa il dibattito sui rapporti tra fisica e coscienza che vede su posizioni opposte, in particolare, Roger Penrose e Marvin Minski; in questo dibattito vengono richiamati i teoremi di incompletezza di Goedel, la concezione forte dell'intelligenza artificiale, l'attribuzione della coscienza ad effetti di gravitazione quantistica sui filamenti delle cellule cerebrali chiamati microtubuli.

Nel 2007 Apple commercializza iPhone, il primo smartphone ampiamente usato e dà inizio alla ampia diffusione delle comunicazioni interpersonali globali e della conseguente interconnessione potenzialmente planetaria.

Juan Martin Maldacena e Leonard Susskind portano avanti la congettura della corrispondenza AdS/CFT concernente l'equivalenza tra teoria delle stringhe sopra lo spazio Anti-de Sitter e la teoria di campo conforme.

David Deutsch nel 2012 propone la teoria dei costruttori.

K46 i.03 Le costellazioni satellitari, iniziate già nel 1993 con la realizzazione del sistema GPS, intorno al 2015, anche in seguito a uno studio della Samsung, raccolgono crescenti aspettative come supporti per comunicazioni in banda larga utilizzabili per affrontare una quantità di problemi globalmente condivisibili.

Con il potenziamento delle prestazioni computazionali (tra 1970 e 2020 crescita di un fattore 100 000 della velocità e riduzione di un fattore 10^7 dei costi delle memorie digitali) e con la sofisticazione degli algoritmi si riscontrano importanti successi dal settore della AI, l'intelligenza artificiale (in particolare del machine learning o apprendimento automatico e realizzazioni della robotica).

Si propone la concezione della AI come azione retta da un'ampia visione probabilistica delle ciscostanze e degli obiettivi; quindi AI come metodologia avanzata della riproduzione e del potenziamento di attività tradizionalmente umane. Si evidenziano le opportunità e i pericoli come possibili conseguenze da studiare attentamente.

Luciano Floridi (1964-) sviluppa l'indagine sulla filosofia e l'etica dell'informazione e sostiene che in seguito alla recente svolta computazionale/informazionale emerge la necessità di sviluppare una filosofia costruzionista. Egli contribuisce anche alla precisazione di principi etici per il controllo delle conseguenze della AI.

K46 i.04 Nel 2020 si sviluppa e si espande nel mondo intero la pandemia da coronavirus; essa impone ricerche di soluzioni globali e viene efficacemete contrastata dalla realizzazione di vaccini efficienti in tempi brevi consentiti dalla disponibilità di una strumentazione efficiente e dalla condivisione globale di molteplici informazioni.
La pandemia Covid-19 viene contrastata efficacemente a partire dal 2021 con nuovi vaccini.

Il 24 febbraio 2022 la Russia avvia l'invasione della Ucraina, provocando una forte spaccatura delle relazioni internazionali, già tenute costantemente in condizioni precarie, in particolare dalla contrapposizione tra USA e Cina per l'egemonia tecnologico-economica.

K46 i.05 Si amplia la discussione sulle azioni di contrasto al degrado ambientale attraverso progetti di miglioramento dei comportamenti degli organismi con potere decisionali e degli individui.

Continua tuttavia il peggioramento climatico, particolarmente evidente nella torrida estate 2022 e negli eventi naturali estremi.

Cresce quindi la necessità di affrontare i gravi problemi anche, forse soprattutto, attraverso la ricerca di soluzioni innovative.

`Testo fruibile in https://www.mi.imati.cnr.it/alberto/ e https://arm.mi.imati.cnr.it/Matexp/matexp_main.php`