

LA “CITTÀ” DEI FILOSOFI

12/6

Quaderni e Atti pubblicati dal Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca
Dipartimento per lo sviluppo dell'Istruzione
Direzione Generale per gli ordinamenti scolastici

Direttore: S. Criscuoli

Coordinatore scientifico: A. Sgherri

Revisione scientifica ed editing: R. Ansani, L. Bolognini, M. Villani

Il presente volume potrà essere riprodotto per essere utilizzato all'interno delle Scuole in situazioni di formazione del personale direttivo e docente (corsi, collegi, riunioni per materia).

© Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca.

Prima edizione: settembre 2003, Ferrara - Roma.

Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

Dipartimento per lo sviluppo dell'Istruzione
Direzione Generale per gli ordinamenti scolastici

FILOSOFIA E SAPERI SCIENTIFICI

Seminario ministeriale di formazione
per docenti di filosofia

Ferrara, 26 novembre - 1 dicembre 2001

a cura di
ROSANNA ANSANI
MAURIZIO VILLANI

STAFF DI GESTIONE DEL SEMINARIO

Direttore:

GIANCARLO MORI

Coordinatore Scientifico:

ANNA SGHERRI COSTANTINI

Gruppo di coordinamento:

ROSANNA ANSANI (Docente, Liceo Classico "L. Ariosto", Ferrara)

LAURA BOLOGNINI (Docente, Liceo Classico "L. Ariosto", Ferrara)

MAURIZIO VILLANI (Docente, Liceo Classico "L. Ariosto", Ferrara)

Segreteria organizzativa:

MARIA PAOLA TAGLIATI

LINA BARONI

MAURIZIA MARCIALIS

DONATA RAMBALDI

INDICE

Anna Sgherri Costantini <i>Presentazione</i>	»	7
Luigi Malusa <i>Introduzione</i>	»	13
Enrico Bellone <i>Filosofia e scienza in età moderna: i loro rapporti</i>	»	17
Paolo Parrini <i>Dimensione scientifica e filosofica della conoscenza. Una panoramica introduttiva</i>	»	25
Gereon Wolters <i>Finalismo, meccanicismo, funzionalismo</i>	»	35
Italo Barrai <i>Evoluzione e neodarwinismo</i>	»	49
Massimo Mugnai <i>Il concetto di infinito</i>	»	57
Umberto Bottazzini <i>I labirinti dell'infinito</i>	»	67
Luigi Ruggiu <i>Il concetto di tempo. Linee di una evoluzione storica e concettuale</i>	»	71
Giulio Passatore <i>Aspetti del concetto di tempo nella fisica</i>	»	79

LAVORI DI GRUPPO

Gruppo 1

Coordinatore: **Anna Bianchi**

Rapporteur: **Giorgio Luppi**

Filosofia e storia della scienza

» 107

Gruppo 2

Coordinatore: **Francesco Paolo Firrao**

Rapporteur: **Anselmo Grotti**

Filosofia e biologia

» 141

Gruppo 3

Coordinatore: **Antonio Frascani**

Rapporteur: **Fabio Cioffi**

Filosofia e matematica

» 189

Gruppo 4

Coordinatore: **Bianca Maria Ventura**

Rapporteur: **Dario Zucchello**

Filosofia e fisica

» 219

Elenco dei partecipanti

» 253

APPENDICE

» 261

*Protocollo d'intesa fra il Ministero della Pubblica Istruzione
e la Società Filosofica Italiana*

» 263

Manifesto della Città dei filosofi

» 267

Pubblicazioni della Città dei filosofi

» 269

Presentazione

Anna Sgherri

Nel porgere il mio più cordiale saluto e ringraziamento al Dirigente Scolastico, ai colleghi e collaboratori, ai partecipanti ed a tutti i relatori che hanno accettato il nostro invito, sento l'esigenza di esprimere un sentimento di soddisfazione per l'apertura di questo Seminario che rappresenta ormai un abituale e, perciò anche più gradito, appuntamento con la Città dei Filosofi sui problemi dell'insegnamento della Filosofia nella Scuola Secondaria Superiore.

L'iniziativa sviluppa una linea di innovazione che ha avuto il suo "decollo" nelle azioni programmate del Ministero della Pubblica Istruzione a sostegno della sperimentazione dei programmi di Filosofia elaborati dalla commissione costituita dal sottosegretario On. Beniamino Brocca, ma lo stesso impegno di rinnovamento ha prodotto, nel tempo, significative variazioni e imprevedibili riflessioni su altri aspetti che stanno assumendo, attualmente, più rilevanza di quelli da cui si è partiti all'inizio degli anni '90.

Analogamente, il percorso compiuto nell'ambito della collaborazione tra Ministero dell'Istruzione e Associazioni disciplinari, nello specifico la Società Filosofica Italiana, ha fatto emergere ricche potenzialità nella ricerca e nella valorizzazione delle risorse professionali degli insegnanti tanto che gli impegni si sono via via ampliati dando vita, a loro volta, ad ulteriori ambiti di ricerca e di pratiche innovative.

Per questi motivi, il presente incontro vuole essere anche un invito a riflettere sul cammino compiuto sia nella forma di un bilancio, benevolo si spera, dell'esperienza, sia nella prospettiva di offrire ai docenti, all'Amministrazione, a quanti sono interessati ad una scuola degna di corrispondere alle sfide della post-modernità, elementi di orientamento per le scelte future, elementi tanto più validi in quanto frutto del lavoro della scuola reale, di quella che la stampa definisce, seppure con ambiguo significato, scuola militante.

In questo c'è, sicuramente, una certa influenza anche del percorso professionale di chi scrive che nel prossimo anno (2002) concluderà il suo rapporto formale con l'Amministrazione e che, pertanto, spera di vedere altri raccogliere il testimone e proseguire con sempre maggior forza il difficile cammino di quella *speciale ricerca* che partendo dagli esiti della ricerca pura li rende compatibili con le esigenze del mondo della scuola lavorando sul confine dei due mondi, ambedue importanti e ambedue difficili da coniugare.

Il centro della Città dei filosofi, il suo cuore pulsante, è rappresentato da una comune azione (comune a tutti coloro che ne condividono i criteri ed i principi ispiratori) volta al rinnovamento metodologico didattico della Filosofia “insegnata”, nella convinzione che nessuna “direttiva” o decisione assunta in alto, potrà ridare vigore ad una disciplina che ha avuto nobili origini ed una storia dignitosa ma che sta diventando esangue nelle pratiche quotidiane. Nuova identità potrà scaturire pertanto, solo da un attento esame dei bisogni reali delle nuove generazioni, da una intelligente considerazione dei nuovi stili di apprendimento e soprattutto dal coraggio di esplorare nuove vie lasciandosi alle spalle la sicurezza delle rive conosciute.

Le linee di una esplorazione audace e di una ricerca rigorosa sono comunque ben presenti nella documentazione del lavoro fatto.

Da ciò si può vedere che il nodo strategico del progetto è la crescita professionale e la valorizzazione culturale e sociale del docente.

La Città dei Filosofi lavora infatti su un oggetto - la Filosofia come disciplina - e sull’insegnamento della stessa con l’intento di individuare, almeno nei suoi tratti essenziali, un modello di formazione in servizio che possa rispondere alle esigenze dei singoli e della scuola come istituzione in continuo e rapido mutamento.

Il processo riformatore non è solo quello di cui si discute nelle sedi politiche o sindacali dove l’oggetto di negoziazione è prioritariamente l’impianto ordinamentale e, connessi a questo l’organizzazione dei piani di studio e la distribuzione delle discipline, ma anche - e soprattutto - quello che investe la vita quotidiana delle comunità scolastiche per effetto dello sviluppo della tecnologia, della globalizzazione dell’informazione, dei nuovi linguaggi giovanili, delle angosce, delle aspettative dei giovani e del loro orizzonte di senso.

Se il problema della formazione è univocamente considerato il nodo più significativo dei cambiamenti sociali del nostro tempo, la formazione dei docenti, tuttavia, più che in altri settori della Pubblica Amministrazione, è in una situazione ancora di incerto profilo, diviso com’è tra più istituzioni pubbliche e private e con una strategia non ben definita e tatticamente un po’ tortuosa nello sforzo titanico di rispondere ai bisogni di un numero di soggetti molto elevato, fra l’altro molto diversificato nel curriculum universitario, nelle modalità di accesso all’insegnamento, nell’esperienza maturata.

Un ulteriore elemento di complessità deriva, a mio parere, anche dalla permanenza, per pura forza di inerzia, dalla tradizione gentiliana ridotta, purtroppo, a puro simulacro dello spirito di Giovanni Gentile come dimostra il cattivo uso didattico del manuale, spesso proposto come unico “testo” di riferimento.

D’altra parte la ricerca didattica, l’attenzione alla didattica, è recente in Italia e tuttora poco apprezzata a livello accademico. Lo dimostrano le poche cattedre universitarie o, ancor più, lo scarso peso che la didattica ha nella valutazione dei titoli accademici.

Le stesse scuole di specializzazione (SISS) faticano a concordare una linea di azione comune e presentano disomogeneità anche rilevanti nell'approccio ai problemi dell'insegnamento e soprattutto nel rapporto tra contenuti (gerarchia di priorità, criteri di selezione, percorsi alternativi) e metodologie didattiche.

Analogamente è recente, e praticata da pochi con rigore e profondità, la ricerca sull'impatto epistemologico delle nuove tecnologie anche se abbondano i programmi di informatizzazione dei classici e la divulgazione, in verità crescente, di software parzialmente interattivi, che hanno per oggetto opere di Filosofia antica e moderna.

Si tratta comunque di un settore ancora da esplorare seriamente, specie per quanto riguarda l'incidenza delle nuove tecnologie sull'elaborazione concettuale e sulla problematizzazione di tipo filosofico.

Sulla complessità della questione è significativo lo scritto di Clifford Stoll - "Confessioni di un eretico di high-tech" - e l'ancora più interessante articolo di Umberto Galimberti (Repubblica, 24 novembre 2001) che invita gli "addetti ai lavori" ad un momento di riflessione e all'assunzione di un atteggiamento critico rispetto a domande quali: "Che problemi possono risolversi e che problemi possono crearsi dedicando sempre più tempo dello studio a strumenti elettronici?"

E ancora: "Che cosa si perde, che cosa viene emarginato quando si adotta una nuova tecnologia?" "Davvero 50 minuti di lezioni di un buon insegnante possono venir liofilizzati in 15 minuti multimediali?"

Clifford Stoll, a partire da queste domande, traccia una linea di demarcazione assai netta. Compito della scuola non è quello di fornire dati o risposte senza l'indicazione dei processi attraverso cui a quelle risposte si giunge, ma piuttosto è fornire metodi di ricerca e capacità di giudizio, a partire dai quali i dati e le risposte sono facilmente ottenibili.

Non è questa la sede per riferire interamente il pensiero di Galimberti sull'argomento, ma non si può trascurare il suo richiamo alla complessità del processo di formazione per il quale è necessario mobilitare le migliori risorse che vengono dal nostro patrimonio culturale per preparare i giovani a capire i paesaggi articolati della società contemporanea, a discutere, a giudicare e, infine, a discernere in ordine alla massa di informazione che i nuovi media ci forniscono.

Ritornando al centro di interesse della presente iniziativa, il modello di formazione che è stato, ed è, proposto si basa sulla convinzione che i docenti possono essere risorse culturali e professionali essi stessi se sono messi in condizione di condividere con altri le proprie esperienze e riflessioni. Si tratta di costruire una rete di cooperazione professionale all'interno della quale si ragiona insieme sulle pratiche didattiche attuate da ognuno o su ipotesi innovative.

Le opportunità offerte dalle moderne tecnologie in questo settore possono essere risolutive per superare difficoltà pratiche, come la lontananza, le scarse disponibilità finanziarie, la rapidità con cui è possibile dialogare e confrontarsi.

Naturalmente, ragionare sulle *pratiche didattiche* presuppone anche un'analisi non superficiale sul contesto in cui si inserisce l'insegnamento della filosofia, quali competenze specifiche può sviluppare, quali rapporti si devono instaurare con i testi che parlano con le voci stesse dei filosofi antichi e moderni.

E ancora: quali rapporti avviare, proseguire o rafforzare con gli altri saperi secondo quella linea di sviluppo che caratterizza la storia della cultura contemporanea in cui sempre più marcatamente si rintracciano momenti di integrazione.

Negli ultimi anni i temi scelti per i Seminari organizzati d'intesa con la Società Filosofica Italiana hanno privilegiato la Filosofia del '900 sia nella scelta degli autori sia nella rivisitazione degli antichi ad opera di filosofi contemporanei.

Le ragioni della scelta vengono da lontano.

Nella ricerca effettuata dalla S.F.I. nel 1984 sull'insegnamento della filosofia nei corsi di ordinamento, le aree di preparazione più deboli sono risultate quelle della filosofia contemporanea, a conferma delle carenze nei curricula universitari, ed in particolare dei saperi scientifici, anche se docenti volenterosi e percettivi del nuovo già allora avevano tentato forme di collaborazione su alcuni temi fondamentali quali, ad esempio, la crisi delle scienze positivistiche, i fondamenti della matematica, le geometrie non euclidee, la logica formale e simbolica. Negli anni '90, in occasione dell'azione di aggiornamento realizzata dalla Direzione Classica, Scientifica e Magistrale per le scuole che avevano adottato uno degli indirizzi sperimentali "Brocca", la collaborazione è stata esplicitamente sollecitata attraverso esempi di integrazione su argomenti di comune interesse, ma non è diventata comportamento comune all'interno delle scuole, in cui purtroppo si notano ancora separazioni, o addirittura contrapposizione, tra discipline.

Ciò comunque è dovuto al modello organizzativo tradizionale ancora imperante in gran parte delle scuole secondarie superiori, che privilegia l'individualismo piuttosto che la cooperazione, ponendosi fra l'altro in contraddizione con la collegialità formalmente invocata in ogni occasione.

Ebbene, il documento dei Saggi, del 1998, ha rilanciato il problema dell'integrazione tra i saperi nell'ottica di una ristrutturazione complessiva del patrimonio culturale da trasmettere alle nuove generazioni ed il problema è stato affrontato in ogni settore con grande serietà.

Nel seminario di quest'anno si sono voluti affrontare tre percorsi di ricerca su temi tra i più significativi sotto il profilo epistemologico sia per le scienze matematiche e fisiche sia per la filosofia, e precisamente: "Finalismo, meccanicismo, funzionalismo: che cos'è una spiegazione biologica"; "Il concetto di infinito"; "Il concetto di tempo".

I temi sono trattati contestualmente da due esperti del sapere scientifico e del sapere filosofico in modo da consentire un immediato dialogo tra i due esperti. Le problematiche generali sono affidate invece ai Professori Bellone e Parrini come introduzione ai lavori.

Pertanto gli obiettivi del seminario si pongono in un rapporto di continuità con le esperienze precedenti pur aprendosi ad esperienze nuove e, si spera, più avanzate.

Il primo e più importante è comunque quello di offrire ai partecipanti l'opportunità di fare un'esperienza formativa forte, in cui ognuno si senta al centro dei processi, parte essenziale di un cammino che vede la scuola protagonista e propositiva nei confronti della società di cui è componente essenziale.

Sono presenti insieme ai docenti di filosofia alcuni docenti (purtroppo solo una rappresentanza!) di matematica, fisica e scienze, per realizzare concretamente, nei lavori di gruppo, l'incontro tra i saperi in modo che l'esperienza vissuta a Ferrara possa essere riprodotta anche nelle singole scuole o nel territorio di provenienza di ciascuno.

La tradizione della Città dei Filosofi, infatti, vuole che la "comunità" continui a confrontarsi, a dialogare, a "inventare" percorsi nuovi e convincenti da sperimentare con i propri allievi.

Sono intimamente convinta che anche da questo incontro scaturiranno idee e progetti. Perché questa è, amici miei carissimi, la filosofia: un perenne cercare, trovare e ancora cercare il senso di noi stessi e delle cose.

Introduzione

Luigi Malusa

Presidente della Società Filosofica Italiana

Stimatissimi signori docenti, autorità scolastiche, signore e signori, mi accingo ad inaugurare questo Corso ferrarese con il preciso sentimento che esso costituisce un appuntamento molto importante per la Società filosofica italiana nel suo impegno nei confronti dell'insegnamento della Filosofia nella Scuola secondaria, e nei confronti di tutta la generosa e fruttuosa attività di organizzazione e di "monitoraggio" che viene condotta dal Ministero dell'Istruzione. Il protocollo di intesa Ministero-SFI è stato una conquista per l'Associazione, in quanto si configura come un accordo di stretta collaborazione tra un sodalizio dalla vita ormai secolare, che promuove da lungo tempo studi e divulgazione ad ampio raggio intorno alle problematiche della didattica della Filosofia e il centro promotore ed animatore dell'istruzione italiana. Da questo accordo sono già scaturite molte iniziative volte a rendere sempre più incisiva la didattica nelle discipline filosofiche ed a migliorare la consapevolezza e la preparazione degli insegnanti italiani di Filosofia. Il corso che sta per iniziare fa parte integrante di queste iniziative, anzi ne è la punta avanzata. La sua struttura, l'ampiezza degli interventi, la vastità e la profondità delle relazioni testimoniano di un impegno del Ministero e dell'Associazione, che intendono fornire ad un numero sempre maggiore di docenti di Filosofia, giovanissimi, giovani o meno giovani, elementi concreti per impostare la propria azione didattica, e stimoli a migliorare il proprio impegno.

Il corso ferrariense è ormai noto in tutta Italia per la sua serietà, essendo divenuto uno dei corsi più rigorosi per i docenti della secondaria, ed una delle manifestazioni cui la SFI guarda con maggior interesse. La scelta, quest'anno, di un tema così rilevante per i suoi riflessi sull'intero ambito scientifico, di un tema che è per sua definizione interdisciplinare, e che si situa al confine con molte discipline dell'istruzione liceale e pure tecnica, sta a significare che la cura per l'aggiornamento culturale e didattico degli insegnanti va intesa in modo sempre più ampio e ricco. Nelle intenzioni di chi si appresta a riformare la scuola italiana, dopo aver richiamato all'ultimo istante indietro la realizzazione di una riforma da lungo tempo pensata, sicuramente esiste un modo privilegiato per utilizzare il sapere filosofico a vantaggio della formazione delle giovani generazioni, proiettate verso il mondo del lavoro e delle professioni. Credo che, indipendentemente dagli indirizzi politici in senso stretto di chi governerà le trasformazioni della scuola italiana, la filosofia abbia una sua posizione avvantaggiata,

e che essa consista proprio nel suo sapere annodare diversi capi dei discorsi e delle attività scolastiche, ponendo anche raffronti tra metodi diversi di investigazione. L'organizzazione di un corso della portata di quello di quest'anno, legato alle implicazioni del sapere scientifico con le tensioni della ricerca filosofica, indica senza ombra di dubbio che la filosofia deve porsi sempre più in un'ottica interdisciplinare. Il suo rapporto consolidato con le discipline umanistiche, e la sua tradizionale compenetrazione con il sapere storico da un lato e con il sapere psico-socio-pedagogico da un altro, sono diventati ormai emblematici. La filosofia tuttavia deve ora confrontarsi con il sapere scientifico in senso fisico-matematico e tecnico-tecnologico, e deve cercare anche forme di compenetrazione con tale sapere e con le discipline che lo divulgano, che assomiglino sempre più alla compenetrazione già in atto con le discipline storiche e psico-pedagogiche. Non si può sostenere in modo semplificato e semplicistico che i consolidati rapporti della filosofia con l'ambito umanistico debbono avere fine: si deve però in ogni caso rendersi conto che la filosofia saprà svolgere un suo ruolo rilevante soltanto se, in futuro, sarà disciplina di raccordo e di riflessione critica nei confronti di diverse forme di sapere.

La Società filosofica italiana è consapevole che non sarà semplice portare la formazione degli insegnanti della Filosofia dall'alveo umanistico e dalla mentalità storicistica all'ambito scientifico e tecnico. Anzi, debbo dire che la SFI non intende proprio avallare un "trasferimento" puro e semplice dei riferimenti essenziali del sapere filosofico dall'ambito delle discipline dell'uomo all'ambito delle discipline della natura e logico-linguistiche. L'orientamento che pare affermarsi è quello di offrire elementi sempre più raffinati e completi a coloro i quali si formano in ambito di sapere filosofico per poter comprendere in egual modo sia l'universo logico che quello scientifico che quello storico e filologico. Non è un'operazione semplice, perché comporta anche problemi, a livello universitario, di raccordo tra gli studi delle Facoltà umanistiche e quelli delle Facoltà scientifiche, Facoltà che non sempre riescono a procedere in sintonia. Tuttavia sarebbe autolesionistico per chi intende formare i docenti di Filosofia il proseguire nella noncuranza nei confronti dell'orizzonte scientifico.

Con il presente corso la SFI ha inteso dare un segnale sulla necessità di far parlare assieme nelle relazioni sia docenti delle discipline scientifiche che docenti delle discipline filosofiche universitarie, e pure sulla necessità che i docenti della secondaria si abituino ad avere frequenti contatti, nella programmazione didattica, con i loro colleghi di matematica, fisica, scienze. Spesso è avvenuto nella scuola che certe programmazioni hanno nominalmente progettato la compenetrazione degli argomenti trattati dal docente di filosofia con quelli che erano proposti dal docente di matematica, o fisica, o scienze, limitandosi invece a giustapporre certi argomenti, senza effettivo confronto di linguaggi. Il caso più concreto è quello relativo alla "rivoluzione scientifica", che è trattata dal docente di Filosofia con ampi riferimenti a Galilei, Copernico, Keplero e Newton, e dal docente di Fisica con l'inserzione nel programma delle sue

Comprendo benissimo che quanto affermo possa far pensare ad un'esortazione retorica. Però rimango convinto che, se la filosofia un ruolo ancora potrà avere nella scuola e nella società, esso sarà quello che scaturisce dalla sua lunga storia e dalle sue notevoli benemeritenze verso la cultura: il costituire una disciplina *sui generis* che rigorizza le spinte naturali dell'umana ricerca, le indirizza sempre a forme di sapere più universali e raffinate, e che, per sua vocazione, le problematizza nel momento in cui si sforza di comprenderle tutte. Nell'universo dominato dalle sfide tecnologiche più spinte, e nell'attuale disponibilità delle scienze a proporsi come interpreti degli orizzonti più ardui della ricerca, la filosofia può trovare una collocazione solo se riesce a capire tutto questo, e se sa coglierne le più profonde motivazioni.

Consapevole che solo così i docenti di filosofia potranno continuare ad esercitare con efficacia il loro lavoro nella scuola, ringrazio tutti coloro i quali sono intervenuti a questo corso ferrariense, gli organizzatori del Liceo "Ariosto", i docenti universitari di entrambe le "sponde", scientifica e filosofica, siano essi italiani o stranieri. Permettetemi un ringraziamento particolare alla professoressa Anna Sgherri Costantini, che è un po' il centro e l'anima di questa iniziativa, e che profonde molti sforzi per il perfetto funzionamento del rapporto tra la SFI ed il "suo" Ministero, offrendo tra l'altro all'Associazione materiali e sollecitazioni per una sua presenza costante nella scuola italiana. Nell'auspicare che corsi come questo continuino nella loro strada e migliorino in obiettivi, entusiasmo e competenze, auguro un lavoro proficuo ad ognuno in questa settimana.

Filosofia e scienza nell'età moderna: loro rapporti

Enrico Bellone

Mi prenderò un lusso personale e cioè di guardare ad alcuni episodi della storia della cultura precedente, visti però dalla finestrella artigianale dalla quale si scorgono le storie. Questa è una finestra dalla quale si vedono purtroppo, a volte, solo dettagli piuttosto che aspetti globali. Allora cercherò di insinuare un'ipotesi e di difenderla con alcuni esempi ad hoc. L'ipotesi è questa: se guardiamo alla storia dei rapporti tra scienza e filosofia, diciamo dall'epoca rinascimentale fino ai giorni nostri, uno storico forse può cercare di intravedere o avere la presunzione di individuare degli indizi di gruppi di grandezze abbastanza invarianti nel tempo. Cercherò di illustrarne uno che caratterizza in modo non sempre positivo il passato dei rapporti tra le ricerche scientifiche e tecnologiche da un lato e la riflessione filosofica dall'altro. Questo gruppo di credenze abbastanza invariate è arroccato attorno a una sola tesi di fondo: la tesi secondo cui c'è una scissione profonda tra cultura e natura. Da ciò sembrerebbe che il rapporto tra riflessione filosofica e ricerca scientifica e tecnologica sia sempre a un bivio; da una parte ci sono coloro i quali ritengono che la ricerca scientifica e tecnologica abbia il compito di trovare asserti veri, oppure falsi, oppure credenze abbastanza probabili attorno a certi eventi o attorno a certi fenomeni. Siccome verificare o falsificare implica un rapporto con il mondo esterno attraverso macchina o dispositivi di laboratorio, c'è sempre un protagonista in più oltre alla filosofia o alla scienza: la natura.

D'altra parte, però, c'è una forte inclinazione dall'epoca di Copernico in poi (anche prima, ma io non ho alcuna competenza a parlarne) a ritenere che in realtà gli enunciati scientifici e tecnologici non siano né veri né falsi né probabili e vadano quindi giudicati da un altro punto di vista e cioè se essi sono utili, dannosi o abbastanza indifferenti rispetto ai bisogni storicamente determinati. È chiaro che, se si accetta la prima versione del rapporto scienza-filosofia, c'è un forte impegno teoretico del filosofo attorno, per esempio, ai criteri di verità.

Se invece la prassi scientifica è tutta appiattita sulla tecnica, e quindi è valutabile solo in termini di utile, dannoso o indifferente, allora il problema si dissolve quasi completamente, anche se resta una difficoltà.

Cominciamo con alcuni esempi che sono, in parte, anche maliziosi, oltre ad essere certamente ben noti, e che propongono di guardare dalla finestrella dello storico e non da quella né dello scienziato (io non sono uno scienziato) né del filosofo (io non sono un filosofo).

Il primo esempio è un classico: nel 1543 esce uno dei libri più famosi ed importanti che siano mai stati stampati, il *De revolutionibus orbium coelestium* di Copernico. Che cosa capisce il lettore che in quel periodo si cimenta con quelle pagine? Capisce che l'autore del testo ritiene che il proprio modello del sistema solare, cioè del mondo, sia vero, certamente più vero di altri modelli.

Ma questo lettore sa anche che questo libro comincia con poche righe, un'avvertenza a lui indirizzata che non è firmata. Il lettore ovviamente ritiene che sia di Copernico e in questa avvertenza si dice esattamente il contrario; si dice cioè che il lettore, se è teologo o filosofo, non deve spaventarsi per ciò che in questo libro si sostiene perché, in realtà, non spetta alla storia fare ipotesi né vere, né verosimili ma solo ipotesi che ci aiutino a fare calcoli. Quindi all'interno di uno stesso libro troviamo le due posizioni. Si può discutere se queste poche righe di Osiander siano state scritte per salvare il libro da eccessive critiche filosofiche, ma resta comunque un problema. Di fatto se queste cose accadono nel 1543 è molto probabile che nel mondo degli intellettuali ci sia una divaricazione. Questa si costituisce tra l'idea di una scienza utile, dannosa o indifferente e che quindi è atta a soddisfare solo bisogni pratici (in questo caso vedi la riforma del calendario che è un problema molto serio) e dall'altro canto chi ritiene che spetti all'astronomo capire com'è fatto il mondo. Questa seconda ipotesi si rivela irritante per il filosofo e il teologo (così scrive Osiander).

Di fatto la teoria copernicana non viene condannata, tanto è vero che viene insegnata assieme ad altri modelli cosmologici, anche se non ha certamente il consenso del cittadino colto. Alla corte di Francia le principesse annoiate chiamavano i pagliacci i quali recitavano, tra le risate dei poeti letterati e granduchi, il moto dei pianeti.

Non è un caso strano se Galileo, scrivendo a Keplero, dica appunto di essere sostanzialmente copernicano ma di preferire il silenzio, essendoci intorno all'idea della verità del sistema copernicano la derisione di gran parte dei cittadini consapevoli. Egualmente non per caso la sentenza del 1616 porta alla confisca del trattato di Copernico da tutte le biblioteche pubbliche e private - *ut corrigatur* - finché non vengano modificate poche parole. Tale sentenza del 1616 nasce perché, attorno al problema della verità o meno del sistema di Copernico, Galileo e altri sono impegnati con posizioni filosofiche nettissime. Nelle *Lettere sulle macchie solari*, Galileo prende le distanze dalla modellistica cosmologica, dicendo che il filosofo astronomo cerca la verità. Poi noi sappiamo che Galileo scriveva in modo eccellente, è uno dei più grandi prosatori del '600; infatti aggiunge nell'opera considerazioni che fecero colpo sugli intellettuali di quegli anni. Scrive che la costituzione dell'universo è il massimo problema e che l'universo è uno. Aggiunge che dobbiamo cambiare le nostre idee in funzione di come è fatta la natura per trovare la verità. È chiaro che a questo punto entra in discussione l'idea della riflessione filosofica e della teologia come matrici del consenso attorno al potere.

Così come a niente serve il calcolo vettoriale o le geometrie non euclidee (a che servono le geometrie non euclidee?). Diversamente, la medicina può essere utile ma non è una scienza: è una *techne*.

Il riferimento alle geometrie non euclidee è quasi un'eresia da parte mia, ma non dobbiamo dimenticare che autori che oggi ricordano soltanto gli storici nella seconda metà dell'Ottocento esercitarono un'influenza molto profonda nella cultura. Quindi, se guardiamo queste varianti, vediamo che certi episodi della storia della cultura occidentale cominciano a legarsi tra loro. Ci rendiamo conto che è diffusa la convinzione secondo cui la scienza praticamente non pensa, che è solo *techne*. una prassi che deve soddisfare dei bisogni.

L'ultimo episodio che volevo citarvi riguarda il nostro paese. Voi sapete che in Italia, nella prima metà del '900, ci sono storici e scienziati che hanno cercato di provincializzare la cultura diffusa cercando un legame con la scienza, con la prassi scientifica. Uno di questi scienziati era Federigo Enriques, persona che lavorava a livello di grande eccellenza internazionale nel campo delle geometrie. La polemica che ebbe con Croce è interessante ancora oggi, perché quando Croce attacca, lo fa con la stessa argomentazione utilizzata da Simplicio nel dialogo di Copernico, nell'uso anche della terminologia. Affermo ciò essendo una persona che ha un profondo rispetto per la sottigliezza intellettuale del filosofo. Ma nella polemica sulle scienze e sulle tecniche Croce cattura il consenso con una mossa retorica splendida. Ciò va sottolineato anche perché nessuno sapeva che era molto vecchio e chi lo sapeva era una minoranza che ascoltava. La teoria di Croce era la seguente: ci sono in natura menti universali e menti minuscole (lui dice *minute*). Le menti universali si interessano di storia e di filosofia, le menti minute possono interessarsi di botanica e di geometria. Queste tesi venivano argomentate. Croce aveva molti argomenti da utilizzare in tal senso, ma la loro banalizzazione, l'appiattimento della cultura diffusa si tradusse in un'accettazione sostanziale di quella posizione che ha permeato non chi fa ricerca di filosofia ma la filosofia del senso comune, così come essa si manifesta, per esempio, nell'apparato della politica, non visto in termini di consenso elettorale, ma visto come visione del mondo.

In Italia il secolo passato, il '900, ha avuto tre grandi cornici di varie visioni del mondo con alle spalle un apparato filosofico molto ristretto. In tal senso mi riferisco alla cornice cattolica, alla cornice marxiana e a quella liberal-conservatrice. Se ci guardiamo alle spalle, ci rendiamo conto che l'area cattolica ha compiuto molti interventi. Non dico tutti, ma certamente una parte rilevante di essi veniva poi tradotta in una singolare equazione, secondo cui la crescita delle scienze poteva essere dannosa in quanto intesa come matrice di una visione materialistica della società e della natura. Secondo questo modo di vedere, intorno al giudizio sulla scienza e sulla tecnica, venivano a confluire spinte che erano già presenti in questa cultura nell'Ottocento quando, ad esempio, sorse il grande problema delle vaccinazioni di massa e si sostenne che

tato per la bioetica? Se si deve scegliere tra un'assemblea di imbecilli e qualcun altro non fa più nessuna differenza, perché il problema è che la scienza viene concepita come quella che ci dà il vaccino o che crea malvagità per le prossime generazioni. Diventa un problema di politica, come per i piani regolatori.

Allora attenzione: attorno alla metà dell'Ottocento, un uomo che si chiamava Boole scrisse un libro che lessero pochissime persone, nel quale introdusse una forma che era solo un modo di pensare la logica che fece mettere a dormire la matematica. Quali interessi si formarono attorno a quell'opera? Quelli degli specialisti di quel periodo con discussioni appassionanti. Quali bisogni sociali, politici ed economici soddisfava quel libro? Nessuno. Quelli di un gruppo di persone curiose del rapporto tra matematica e logica. Oggi gran parte delle tecnologie informatico-comunicative funzionano perché Boole ha introdotto un nuovo tipo di algebra. Quindi se giudichiamo la validità di una ricerca scientifica secondo la sua utilità, sappiamo subito quali togliere immediatamente perché non possiamo aspettare un secolo e mezzo prima di vedere la reazione pratica. Abbiamo bisogno di cose immediate. E allora si capisce perché i principali quotidiani della nostra Repubblica portano il problema dell'intervento del privato in biologia molecolare negli Stati Uniti che non è clonazione dell'uomo ma è un'altra cosa; portano i titoli sulla clonazione dell'uomo, poi si salvano la coscienza. Il "Corriere della Sera" lascia la parola a Pulcinelli, "La Repubblica" a Dulbecco. Ma le persone non leggono Pulcinelli o Dulbecco, leggono le quattro pagine con titoli su sei colonne di tipo terroristico. Tutto questo si sta facendo in modo sistematico su tutte le scienze: la chimica (Porto Marghera), la biologia (è la nuova scienza dei nazisti), la fisica (le armi nucleari) e la matematica (non serve a niente! I matematici sono gente distratta! Voi sapete che questa non è una battuta. Un intellettuale italiano, arrivato a trent'anni nei salotti disse: "io di matematica non ho mai capito niente". Titolo di elogio!).

Allora, la funzione della filosofia: tanto per incominciare lasciamo i filosofi che fanno ricerca filosofica liberi di fare la loro professione. Non soddisfano altro bisogno se non quello di soddisfare i bisogni dello spirito. Sta a loro cercare il loro rapporto privilegiato con le scienze della natura e della tecnologia, devono essere completamente liberi da ogni forma di potere burocratico, politico, finanziario, secondo uno schema anglosassone: date alla scienza più soldi possibile e lasciate che scienziati e filosofi giochino, perché la loro è attività giocosa, bella, appagante. Ma la filosofia nel sistema educativo nazionale fino al diciottesimo anno di età è un'altra cosa: è quella che forma il cittadino dotato di senso critico. Faccio un esempio: oramai sono passati tanti anni, ma penso che il popolo italiano abbia capito cosa c'era in gioco quando è stato portato democraticamente a referendum, e la gente ha creduto di andare a votare SI o NO, per le centrali nucleari. Non era vero, il *referendum* diceva un'altra cosa: se il cittadino fosse d'accordo o no che lo Stato desse il contributo ai comuni che accettavano sul loro territorio la progettazione di un'ipotetica centrale nucleare. Si può

Dimensioni scientifiche e filosofiche della conoscenza Una panoramica introduttiva

Paolo Parrini

1. LE DUE COSTANTI DEL PROBLEMA DELLA CONOSCENZA

Se guardiamo alla riflessione filosofica sul problema della conoscenza in una prospettiva di lungo periodo, possiamo constatare che essa è stata caratterizzata dall'intricarsi di due costanti di natura assai generale. La prima costante, *A*, è costituita dalle questioni poste in vario modo dalle obiezioni di tipo scettico. La seconda, *B*, è data invece dai problemi nati sul terreno delle cosiddette scienze positive (umane o naturali che siano), sia di quelle tradizionalmente ritenute solo dimostrative e quindi a priori (logica, aritmetica, geometria, algebra, ecc.), sia di quelle tradizionalmente ritenute di natura empirica e quindi a posteriori (fisica, chimica, biologia, psicologia, sociologia, ecc.). In realtà, uno dei maggiori interrogativi gnoseologici di oggi è proprio stabilire se si possa ancora conservare un valore alla distinzione fra conoscenza a priori e conoscenza a posteriori.

È opinione ampiamente diffusa che la costante *A*, ossia la questione dello scetticismo o dell'atteggiamento scettico, costituisca la principale motivazione della riflessione filosofica sulla conoscenza. Lo scettico muove dalla constatazione che talvolta ci sbagliamo per gettare dubbi sulla possibilità stessa del conoscere. Siccome si danno esperienze comuni di inganni dei sensi come le percezioni erronee, le allucinazioni, i sogni, le illusioni, e così via, si deve contemplare la possibilità dell'onnipresenza dell'errore, ossia del carattere sistematicamente fallace delle nostre credenze empiriche. E poiché ci si può ingannare anche nel caso dei ragionamenti e di altre operazioni mentali, la stessa possibilità va ammessa per le pretese conoscenze deduttive, per quelle mnemoniche e così via.

Se spingiamo alle estreme conseguenze questo tipo di atteggiamento, possiamo arrivare a prendere in considerazione forme di dubbio metodologico o iperbolico di tipo cartesiano, caso mai nella versione recente dei cervelli in una vasca. Come si sa, invece che a un genio maligno, Hilary Putnam ci ha invitato a pensare alla possibilità che uno scienziato pazzo, dopo averci asportato il cervello e averlo collocato in una vasca piena di liquidi nutritivi capaci di mantenerlo in vita, lo colleghi con un apparato elettrico a un computer e induca in esso effetti in tutto e per tutto simili a quelli

prodotti dalle comuni esperienze sensibili: che cosa può provarci che non siamo cervelli in una vasca e che le cose che paiono esistere esistono realmente?

Questi dubbi - li si ritenga o no plausibili - pongono la questione del criterio in base a cui distinguiamo fra pretese cognitive valide (ossia vere) e pretese cognitive invalide (ossia false), o, quanto meno, del senso conferibile a tale distinzione. Una risposta ovvia è che sono valide le pretese cognitive (comunque le si chiami: giudizi, proposizioni, asserzioni o enunciati) che corrispondono, o sono conformi, all'oggetto sul quale vertono. L'asserzione "La neve è bianca" (tanto per fare l'esempio reso celebre da Alfred Tarski) è vera se la neve (l'oggetto cui essa si riferisce) ha la proprietà attribuitale, ossia la bianchezza. Ma come stabilire la conformità tra il giudizio e l'oggetto se si dubita dell'affidabilità della percezione sensibile alla quale comunemente si ricorre in casi del genere? Ad ogni modo, la connessione tra la verità di una pretesa cognitiva e l'oggetto corrispondente è importante, perché mostra come la risposta allo scetticismo possa essere impostata attraverso la domanda: che cos'è l'oggetto della conoscenza? Se sapessimo quali sono gli oggetti su cui vertono i giudizi e quali caratteristiche essi hanno, potremmo distinguere fra le pretese cognitive vere e quelle false, vere essendo le pretese che descrivono correttamente l'oggetto cui si riferiscono.

Come risulta dagli argomenti appena citati, il dubbio scettico può porsi già a livello di credenze di senso comune, ossia di credenze che sembrano avere, in molti casi, un così basso grado di problematicità da far apparire il dubbio stesso del tutto infondato, qualcosa che rasenta il limite dell'insensatezza o dell'assurdità. Anzi, alcuni filosofi del Novecento (per esempio, George Edward Moore) hanno proprio sostenuto che un certo dominio di truisimi o di verità lapalissiane di senso comune si sottraggono alla possibilità del dubbio scettico. Ma la questione si complica enormemente quando si faccia intervenire la costante *B* della teoria della conoscenza. Il problema gno-seologico assume uno spessore non solo *strictu sensu* epistemico (come giustificare o garantire la validità delle nostre conoscenze di fronte alla possibilità del dubbio?), ma anche *latu sensu* culturale, quando si consideri che nella nostra civiltà si sono sviluppate forme di sapere privilegiate costituite dalle cosiddette scienze positive.

Lo sviluppo della scienza moderna ha rafforzato l'idea - già intravista fin dall'antichità a livello di pura speculazione filosofica - che vi sia una discrepanza fra ciò che risulta alla percezione e le proprietà attribuibili all'oggetto in sé, indipendentemente dal soggetto percipiente (si pensi alla distinzione fra qualità primarie e qualità secondarie). Inoltre, se il dubbio scettico pone il problema delle ragioni che giustificano pretese cognitive del tipo "La neve è bianca", risulta evidente che tutto diviene più complicato nel caso di affermazioni scientifiche che rinviano a proprietà e ad entità le quali, diversamente dalla neve o dalla bianchezza, non sono direttamente osservabili (per esempio, "I neutrini non hanno massa"), oppure ad asserzioni nomologiche e probabilistiche sotto forma di leggi universali o stocastiche (per esempio, la

Nel caso che il conteggio dia un risultato differente non siamo indotti a rifiutare come erronea l'affermazione aritmetica generale e astratta che sette più cinque fa dodici; saremo piuttosto portati a pensare, per esempio, che ci siamo sbagliati a contare le mele inizialmente nel cesto, oppure quelle aggiunte successivamente, e così via.

Nel suo sviluppo ormai più che millenario, la riflessione gnoseologica si è così trovata di fronte alla necessità di dare una risposta che soddisfacesse ad entrambe le questioni *A* e *B* sopra indicate. Da un lato, si è cercato di mostrare che l'obiezione scettica è infondata, che non è illusoria la nostra pretesa di conoscere come stanno le cose, tanto nella vita di ogni giorno quanto nelle scienze, in molti casi con ragionevole certezza, in altri con un grado più o meno elevato di probabilità. Dall'altro lato, si è per lo più sentita l'esigenza di affermare la possibilità della conoscenza in modo da non entrare in contrasto con ciò che avviene nella scienza, ossia nella forma più sviluppata di impresa *prima facie* conoscitiva escogitata dall'uomo.

Ciò significava innanzitutto rispondere al problema gnoseologico in una maniera compatibile con la distinzione, di primo acchito non problematica, fra pretese cognitive la cui validità (o invalidità) può essere asserita a priori, in modo indipendente dall'esperienza, e pretese cognitive la cui validità (o invalidità) può essere asserita solo a posteriori, andando a vedere come stanno le cose nel mondo. E siccome la distinzione (oggi messa sistematicamente in dubbio) si è presentata e affinata in diretta connessione con lo svolgimento delle scienze positive, ben si comprende come la riflessione filosofica che la riguarda si sia modificata in relazione ai grandiosi sviluppi della scienza avutisi prima nell'antichità classica e poi in epoca moderna e contemporanea fino ai giorni nostri.

Se non si tiene conto del rapporto fra scienza e filosofia diviene impossibile capire alcunché degli sviluppi novecenteschi del problema gnoseologico. In realtà una caratteristica fondamentale di tali sviluppi è stato il tentativo - perseguito soprattutto nelle correnti di 'filosofia scientifica' come il neopositivismo - di eliminare il problema gnoseologico come problema autonomo riconducendolo integralmente nell'alveo di una disciplina specifica come la filosofia della scienza. Si è cioè cercato di ricondurre la *Gnoseologia* (chiamata nella Germania dell'Ottocento *Erkenntnistheorie*, o anche *Allgemeine Erkenntnistheorie* o *Allgemeine Erkenntnislehre*) alla *Filosofia della scienza* (in tedesco *Wissenschaftstheorie* e in inglese *Philosophy of science*). E mi pare significativa la singolarità linguistica che in inglese il termine *Epistemology* indichi la teoria della conoscenza, mentre in italiano, il suo ovvio equivalente fonetico-grafico, il termine *Epistemologia*, venga utilizzato per riferirsi alla filosofia della scienza. Vedremo per altro come un aspetto saliente degli ultimi decenni sia stata la ripresa di una problematica gnoseologica autonoma proprio in quegli ambienti della filosofia analitica in cui maggiormente si era mirato ad eliminarla.

In secondo luogo, la gnoseologia (e *a fortiori* l'epistemologia) hanno costantemente avvertito il bisogno di tener conto dell'effettivo strutturarsi della conoscenza scientifica. Questo aspetto della riflessione filosofica sulla conoscenza è venuto rafforzandosi in corrispondenza al progressivo affermarsi ed estendersi delle conoscenze scientifiche. Per esempio, sappiamo con sempre maggiore chiarezza che poco o nulla è possibile comprendere della filosofia trascendentale della conoscenza se non si tiene conto del modo (assai profondo) in cui Kant aveva interpretato la fisica sviluppata da Galileo e da Newton. Analogamente, non si può capire il pensiero di epistemologi-scienziati quali Mach, Poincaré e Duhem se non si tiene conto degli sviluppi delle scienze matematiche e fisiche nella seconda metà dell'Ottocento.

Lo stesso può dirsi della cosiddetta "Concezione standard delle teorie scientifiche", elaborata dagli empiristi logici (specie da Carnap e da Hempel) nella prima metà del secolo ventesimo, secondo cui le teorie scientifiche andrebbero concepite come sistemi formali parzialmente interpretati su base empirica. Non c'è dubbio che essa sia stata profondamente influenzata dagli sviluppi novecenteschi della logica matematica, e in particolare dalle idee collegate al cosiddetto formalismo hilbertiano. Ma si commetterebbe un grave errore storico se si perdesse di vista che tale concezione, la quale trova una sua prima rudimentale formulazione nell'*Allgemeine Erkenntnislehre* (1918¹, 1925²) di Moritz Schlick, mira in primo luogo a dar conto dell'assetto assiomatico-deduttivo assunto da molte branche della fisica nel corso dell'Ottocento. Si pensi, per esempio, alla meccanica nella famosa opera di Heinrich Hertz, *Die Prinzipien der Mechanik*.

In terzo luogo, infine, gli sviluppi scientifici hanno fortemente condizionato le risposte date dai filosofi ai problemi epistemologici e gnoseologici, incidendo profondamente sugli stessi dati di partenza delle questioni. Ciò appare particolarmente chiaro quando si guardi al problema della conoscenza a priori, che costituisce certamente uno dei capitoli più importanti della gnoseologia. Se per molti secoli si è data pressoché per scontata la certezza apodittica del sapere matematico, e si è di conseguenza teso a considerare inadeguate tutte quelle concezioni filosofiche che per una ragione o per l'altra non prendessero atto dell'esistenza di un tale sapere o non riuscissero a darne conto, dopo la costruzione delle geometrie non-euclidee la riflessione sul sapere scientifico in generale e su quello matematico in particolare ha potuto (e dovuto) imboccare strade nuove e profondamente diverse da quelle tradizionali.

Per esempio, quando alla costruzione delle geometrie non-euclidee si sono aggiunti gli sviluppi della fisica relativistica e della meccanica quantistica, gli empiristi logici hanno potuto riprendere in forme nuove la tesi del carattere empirico della geometria fisica e della problematicità del determinismo causale, senza tema di cadere in forme inadeguate e facilmente criticabili di empirismo ingenuo. È rifacendosi a tali sviluppi scientifici che essi hanno potuto svolgere la loro critica della concezione kantiana dei giudizi sintetici a priori in nome di una teoria della conoscenza che poteva a

3. LA DIMENSIONE FILOSOFICA

Quando si tenga conto di quanto detto nella sezione (2), ossia del sempre più forte condizionamento esercitato dagli sviluppi scientifici sulla riflessione filosofica e della sempre più marcata tendenza della scienza a inoltrarsi nei campi tradizionalmente riservati alla filosofia, si può forse comprendere come fin da dopo Kant e i positivismi ottocenteschi si sia manifestata l'inclinazione a identificare il problema gnoseologico con la giustificazione delle scienze positive e quindi a ricondurre la Filosofia della conoscenza alla Filosofia della scienza alimentando e rafforzando quella tendenza a sovrapporre epistemologia e gnoseologia che ho precedentemente fatto rilevare.

Nella prima metà del nostro secolo, questa tendenza è stata sviluppata con particolare decisione dal Positivismo o Empirismo logico. Ciò è avvenuto per ragioni assai complesse, legate al principio di verifica, al rifiuto della metafisica e alla cosiddetta 'svolta linguistica' della filosofia. Queste ragioni hanno fatto sì che, per alcuni decenni, molti problemi tradizionalmente gnoseologici siano stati delegati ad altri ambiti di ricerca, quali la Filosofia della scienza, la Filosofia del linguaggio e la Filosofia della mente. Soltanto a partire dagli anni sessanta del secolo appena trascorso, soprattutto in seno alla filosofia analitica statunitense, si è assistito alla ripresa di tematiche appartenenti alla *Epistemology* intesa all'inglese come Gnoseologia. E proprio il riaffermarsi della Filosofia della conoscenza come disciplina autonoma ha reso evidente la difficoltà del tentativo, perseguito da alcuni pensatori del Novecento, di riassorbire la riflessione filosofica sulla scienza nella scienza stessa, ossia di vanificare la dimensione specificamente filosofica del problema della conoscenza.

Ciò dipende dal fatto, su cui ho insistito fin dall'inizio, che la Filosofia della conoscenza è caratterizzata non solo dal rapporto che ha intrattenuto e intrattiene con le scienze positive (la costante *B* del problema gnoseologico), ma anche dal tentativo di dare una risposta all'istanza scettica nelle sue varie forme e manifestazioni storiche (la costante *A* di tale problema). Quando si tenga conto di ciò, diviene comprensibile come si possa riconoscere ancor oggi un ruolo alla riflessione epistemologico-gnoseologica. Come già dicevo, infatti, tutte le nostre affermazioni pongono il problema della loro validità, del senso in cui possono essere considerate giustificate e giustificabili rispetto al dubbio scettico. Ciò vale sia per le affermazioni di senso comune sia per quelle di natura scientifica, che sollevano anzi dei problemi filosofici particolarmente numerosi e interessanti.

Questo tipo di affermazioni, infatti, tanto quelle che restano strettamente confinate in tale ambito (per esempio, la formulazione di leggi di natura più o meno complesse e la postulazione di entità non osservabili come i neutrini) quanto quelle che invadono il campo di tradizionale appannaggio della filosofia (per esempio, le ipotesi sull'origine dell'universo) sollevano tutte quante il problema della loro validità cognitiva. Sollevano il problema, cioè, del modo in cui possono distinguersi da asser-

la continuazione come 'filosofare'. Considerazioni più stringenti mostrano che neppure questa separazione è praticabile, e che la *definizione dei concetti è parte integrante del lavoro della scienza unificata*".

Come dicevo nella sezione precedente, il tentativo di assorbire integralmente la filosofia nelle scienze trova la sua principale ragion d'essere negli sviluppi del sapere scientifico nel nostro secolo e nella sempre più marcata tendenza di tali sviluppi ad occupare spazi tradizionalmente riservati alla filosofia. È questa circostanza a rendere più comprensibile l'atteggiamento non solo *antimetafisico*, ma anche *antifilosofico* di un Neurath all'interno del Circolo di Vienna. In realtà, però, sono proprio i recenti sviluppi post-positivistici tanto della Filosofia della scienza quanto della Filosofia della conoscenza, o se si vuole dell'intersezione fra queste due discipline, a consigliare la massima cautela nell'affermare la 'morte' dell'Epistemologia e la possibilità non solo di riasorbirla integralmente nell'ambito delle scienze, ma anche di abbandonarla in favore dell'Ermeneutica, come è stato recentemente proposto da Richard Rorty sulla base della sua critica alle concezioni gnoseologiche di tipo realistico e fondazionalistico.

Almeno per coloro che - come lo scrivente - aspirano a forme più o meno decise di filosofia 'scientifica' (teorica), è ovvio che non si può rispondere a domande come le precedenti prescindendo da una conoscenza delle scienze e dei loro sviluppi. Ma riconoscere questo non significa sostenere che la discussione di tali problemi sia una questione puramente scientifica o che l'epistemologo sulla scienza non abbia alcunché da dire che gli derivi dalle sue competenze specifiche. In realtà, basta seguire certi dibattiti televisivi (per esempio sulle medicine alternative) per rendersi conto di quanto essi risultino insoddisfacenti proprio per la mancanza di vedute epistemologico-gnoseologico aggiornate.

Neurath ha espresso un concetto di grande importanza quando ha detto che, nell'impresa scientifica, noi siamo come marinai costretti a riparare la loro nave in mare aperto, senza poterla mai portare in un cantiere dove smontarla e ricostruirla da capo con parti migliori. Ma forse non è stato all'altezza della sua bella metafora quando ha cercato di eliminare i marinai-filosofi dalla barca. Anche qualora si riconosca che la filosofia non può essere concepita come un'impresa fondante di tipo cartesiano, resta ampio spazio per un lavoro epistemologico che - come buona parte di quello attuale - miri a un'analisi e a una ricostruzione teorica delle nozioni fondamentali caratterizzanti le nostre pratiche conoscitive. Come Aristotele diceva dell'essere, anche della Gnoseologia e dell'Epistemologia si parla in tanti modi e alcuni di essi paiono essere ancora utili e sensati.

PS - Ho sviluppato con maggior ampiezza i temi e le tesi presentate nella relazione in due lavori recenti: 1) *Conoscenza e realtà. Saggio di filosofia positiva*, Laterza, Bari, 1995 (edizione inglese rimaneggiata, con aggiunte bibliografiche, *Knowledge and Reality. An Essay in Positive Philosophy*, Kluwer, Dordrecht, 1998); 2) *Sapere e interpretare. Per una concezione antifondazionalistica della filosofia e dell'oggettività*, Guerini, Milano, 2002.

Finalismo, meccanismo, funzionalismo: che cosa è una spiegazione biologica

Gereon Wolters

I. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI

Negli ultimi decenni i punti indicati nel titolo del mio contributo sono stati trattati più volte, in modo profondo e controverso nell'ambito della filosofia della biologia. Mi sembra però che le controversie tocchino più i dettagli logici che non il cuore della questione. In ogni caso le cose stanno in modo tale che le sottigliezze appena ricordate di una discussione filosofica non siano di alcun interesse per l'insegnamento nel Liceo, mentre il nucleo tematico potrebbe incontrare un grande interesse fra gli alunni.

Per il docente mi sembra sia rilevante un punto ulteriore. Spesso si verifica che, in discussioni scientifico-filosofiche specialistiche, lo *status* delle considerazioni generali sfugga allo sguardo. Per questo mi sono deciso a iniziare il mio contributo con alcune considerazioni di principio su che cosa effettivamente siano delle spiegazioni scientifiche. Questo mi sembra opportuno anche perchè la voce "spiegazione" manca nell'*Enciclopedia Garzanti di Filosofia*. A ciò si collegano proposte, relative al modo in cui si dovrebbero correttamente utilizzare le parole-chiave del titolo, "teleologia", "meccanicismo" e "funzione". Nell'ultima sezione vorrei infine parlare di un campo di possibili esempi applicativi.

II. CHE COSA È UNA SPIEGAZIONE SCIENTIFICA?

I biologi fanno molte cose. Essi osservano e sperimentano, descrivono e calcolano, spiegano e formulano previsioni. I manuali di biologia sono pieni di osservazioni ed esperimenti, descrizioni e calcoli, spiegazioni e previsioni. Niente di tutto questo, però, ci dice cosa effettivamente siano un'osservazione, un esperimento, una descrizione, un calcolo, una spiegazione e una previsione. Non è un caso e dunque non stupisce. Il chiarimento del significato di tali concetti metodologici, infatti, non è compito della *biologia* (o in qualche modo di un'altra scienza naturale), ma della *filosofia*, più esattamente della filosofia della biologia. Non esiste alcuna osservazione, alcun esperimento e così via, a partire dai quali possiamo apprendere cosa significhino le parole "osservazione", "esperimento", "spiegazione" e così via.

A questo punto si potrebbe forse obiettare: noi apprendiamo il significato di una parola, nella misura in cui - con Ludwig Wittgenstein¹ - ne esaminiamo l'uso. In tal caso, dunque, potremmo riuscire a scoprire che cosa significa ad esempio "spiegazione biologica", nella misura in cui analizziamo come i biologi si servono di tale parola. Questo modo di procedere ha i suoi meriti, ma ciononostante è inadeguato. Immaginate, sulla base di una sorta di spedizione nei laboratori biologici, di voler scoprire cosa intende per spiegazione la 'tribù' dei biologi. Presumo che al riguardo riceviate in un laboratorio una risposta, in un altro un'altra, in un terzo infine un'altra ancora. Cosa fate allora? Si danno a questo punto diverse possibilità. Potete in primo luogo ampliare la vostra inchiesta e scegliere infine come appropriata quella risposta alla domanda "che cosa è una spiegazione biologica?", che viene difesa dalla maggioranza degli intervistati. Benché molte cose all'interno della società siano oggi organizzate in questo modo, dalla politica ai programmi televisivi - e in più di un luogo si verifica sempre di più la stessa cosa - una simile soluzione è nondimeno insoddisfacente. C'è un'affermazione del poeta Friedrich Schiller, che era anche un po' filosofo, che dice: "Che cosa è la maggioranza? La maggioranza è il non-senso, la ragione è sempre stato affare di pochi". Si tratta naturalmente di un punto di vista elitario e pre-democratico, nonché in generale contraddetto dai fatti. Sappiamo infatti ad esempio che molti dei grandi disastri del secolo passato in primo luogo non vanno considerati come operazioni fondate sulla ragione e in secondo luogo - a cominciare dalla Prima Guerra Mondiale - non furono legittimati attraverso decisioni democratiche di maggioranza, ma furono espressione del volere delle cosiddette élites. Ciononostante, la parola "intelligenza" in Schiller ci conduce tuttavia sulla pista giusta. Concetti metodologici come "spiegazione" non sono infatti in alcun modo concetti empirici, il cui significato sarebbe in qualche luogo e in qualche modo fissato e potrebbe essere scoperto con i metodi della ricerca sociale empirica. Il significato di tali concetti metodologici, al contrario, non viene stabilito *in modo empirico*, ma viene determinato *in modo normativo*.

Questo conduce naturalmente alla triplice domanda: *chi determina che cosa e in che modo?* La risposta è semplice: con argomenti razionali. ciascuno può determinare il significato delle categorie metodologiche. Tuttavia: voi potete determinare ciò che volete. La questione è se qualcuno presta attenzione alle vostre determinazioni. Questo accadrà solo se le vostre determinazioni riescono convincenti in quanto razionali e adeguate. Ovviamente ciò non potete ottenerlo con la forza; detto in modo diverso, determinazioni di significato a carattere normativo relative a concetti metodologici, come "spiegazione", sono *proposte* sul modo in cui questa parola *dovrebbe* essere intesa. Simili proposte acquisiscono la propria forza persuasiva in virtù dell'adeguatezza e dell'opportunità insite in esse.

Voi chiederete allora: si tratta in questo caso di qualcosa di diverso da una definizione? La risposta è "sì e no". La determinazione del significato di concetti metodo-

logici ha in comune con le definizioni il fatto che in entrambi i casi si tratta di proposte circa il significato di parole (e con ciò, allo stesso tempo, circa l'uso di parole); ovvero, entrambi i procedimenti sono normativi. La differenza consiste nel fatto che di regola le definizioni introducono *nuovi* concetti. Invece i concetti metodologici, di regola, erano e sono utilizzati da lungo tempo. Per questo non possiamo definirli in senso specifico, ma certamente possiamo e dobbiamo *precisare* il loro significato. In riferimento a questa operazione di precisazione concettuale il filosofo della scienza Rudolf Carnap (1891-1970) ha coniato dal canto suo il concetto di "esplicazione"². Affinché l'esplicazione di un concetto metodologico sia appropriata, deve soddisfare precise "condizioni di adeguatezza". Questo vale non solo per concetti metodologici come "spiegazione", "previsione", "esperimento", "legge di natura" e simili, ma anche, su di un piano meta-teorico, per il concetto stesso di esplicazione, in quanto concetto metodologico che regola la precisazione di altri concetti metodologici. Quali condizioni di adeguatezza nel caso di "esplicazione" o - come egli anche dice - di "ricostruzione razionale" Carnap propone quanto segue:

1) il concetto da precisare (*explicandum*, ad esempio "spiegazione") deve essere *simile (in senso estensionale)* alla sua precisazione (ovvero al suo *explicatum*, cioè a quello che esplica). E questo significa che il concetto di spiegazione precisato in modo esplicativo deve abbracciare all'incirca quei casi, in cui si è parlato di "spiegazione" anche prima della precisazione³.

2) L'*explicatum* (ad esempio il concetto della spiegazione sottoposto a precisazione) deve essere *esatto*, nel senso di poter essere accolto in una terminologia scientifica.

3) L'*explicatum* deve rivelarsi *fecondo*, per l'enunciazione di nuove leggi e teoremi.

4) L'*explicatum* deve, nei limiti del possibile, essere *semplice*.

Vi rendete subito conto del fatto che tutte e quattro le condizioni di adeguatezza sono di natura pragmatica. Questo significa che esse dipendono dalle circostanze del momento, nonché in modo particolare dagli scopi e forse un po' dal gusto personale. La natura pragmatica delle condizioni di adeguatezza vuol dire che l'accettazione di una esplicazione non la si può esigere come un calcolo matematico. Da qui si può vedere, che anche la filosofia della scienza in uno dei suoi ambiti fondamentali impiega modalità e procedimenti tutt'altro che esclusivamente logici o matematici. In questo caso ciò implica che soprattutto laddove si tratta di opportunità o adeguatezza si richiede non tanto il calcolo, quanto piuttosto la *facoltà di giudicare*.

In precedenza ho sostenuto che le condizioni di adeguatezza per l'esplicazione di concetti metodologici basilari dipendono fra l'altro da che cosa si ponga come fine della scienza. Ad esempio si può indicare come fine della spiegazione scientifica il fitness psicologico o l'interpretazione metafisica o religiosa oppure anche ciò che qui do per scontato senza ulteriore discussione: la comprensione del mondo.

La natura pragmatica, riferita alla nostra facoltà di giudicare, delle ricostruzioni razionali induce a pensare che non ci si debba attendere l'accordo generale su di una esplicazione che è stata avanzata. E questo vale anche nel caso della ricostruzione razionale relativa alla "spiegazione" in generale e alla "spiegazione biologica" in particolare. Di fatto sono state avanzate esplicazioni diverse in merito alla "spiegazione"⁴.

Due di esse sono a mio avviso di particolare importanza. Da una parte il "modello standard" della spiegazione scientifica, proposto per la prima volta nel 1948 da Hempel e Oppenheim e detto anche "Covering-Law-Model"; dall'altra il modello causale-statistico sviluppato da Wesley Salmon. Caratteristica centrale del modello *Covering-Law* è il fatto che la spiegazione scientifica di un evento, nella deduzione logica del enunciato che rappresenta tale evento, è costituita quanto meno da una legge di natura e dalle concrete condizioni iniziali e limitanti del caso presente. In tale concezione le spiegazioni vengono dunque intese anche come argomentazioni. Ciò rappresenta allo stesso tempo la loro forza e la loro debolezza. Esistono infatti spiegazioni, che secondo questo modello sono perfette, ma non ci spiegano davvero una data cosa. Così ad esempio, secondo il "modello standard", possiamo "spiegare" un temporale in base a un'improvvisa discesa del livello barometrico. Tuttavia, se ci domandiamo "perché" ieri vi è stato un temporale, allora non possiamo davvero considerare l'accento all'improvvisa discesa del livello barometrico come una spiegazione del temporale. La discesa del livello barometrico è infatti solo un *sintomo*, non certo la *causa* del temporale (quest'ultima potrebbe essere, ad esempio, la situazione meteorologica creata da una rapida caduta di pressione). Evidentemente anche l'uso della parola "spiegazione" è intuitivamente collegato al fatto che noi siamo alla ricerca delle *cause* di un evento. Ed è proprio quest'intuizione ad essere soddisfatta dal modello di Salmon.

Nell'esposizione che segue non mi addentrerò tuttavia - come già preannunciavo sin dall'inizio - nei dettagli dei modelli proposti per la spiegazione, poiché essi non sono molto rilevanti ai fini di ciò che vorrei dire sul tema che ho scelto.

III. TELEOLOGIA, FUNZIONE, CAUSA

Riguardo al concetto di teleologia e ancor più riguardo al concetto di spiegazione teleologica c'è abbastanza confusione.

Prima di tutto analizziamo il *concetto* di "teleologia"⁵. Il termine "teleologia" è relativamente recente. Al pari di alcuni altri termini del lessico filosofico fu coniato nel XVIII secolo da Christian Wolff. Diversamente dal termine "teleologia" ciò che noi intendiamo con esso, ovvero il concetto di teleologia in ambito filosofico, è presente sin dalla filosofia greca classica. Secondo il senso etimologico "teleologia" ha a che fare con un "telos", cioè con un fine o con uno scopo.

A questo punto dobbiamo cogliere un'importante differenza, quella fra teleologia *interna* ed *esterna*. Il testo filosofico di riferimento per la teleologia esterna è il *Timeo* di Platone. Qui - in un certo qual modo in analogia filosofica rispetto al dio creatore biblico - si narra di un demiurgo divino, buono e sapiente, il quale avrebbe creato il mondo attuale sulla base del modello dell'ottimo mondo eterno. Ciò significa che il mondo attuale deve all'intervento demiurgico dall'esterno quanto di buono esso possiede. Ciò significa, insomma, che la teleologia del *Timeo* è una teleologia esterna. In una maniera un po' più precisa si può caratterizzare la teleologia esterna in base a due condizioni⁶:

1) Un determinato stato deve essere identificato come "buono" da un essere razionale o quanto meno come migliore rispetto a stati alternativi.

2) L'essere razionale in questione adotta misure sufficienti e verosimilmente anche necessarie, per produrre lo stato corrispondente, *perché* esso è buono.

Nelle epoche successive si rivelano guidate da una teleologia esterna, intesa nel senso appena chiarito, tutte quelle concezioni, che tendono a spiegare una qualche perfezione intramondana mediante un intervento creazionistico dall'esterno. L'epoca d'oro di tali concezioni fu quella della cosiddetta fisico-teologia del XVII e XVIII secolo, di cui gli esempi più insigni sono Immanuel Kant e William Paley.

Il rappresentante classico della teleologia *interna* è Aristotele. In generale, Aristotele è anche il primo vero teorico della scienza. Secondo Aristotele abbiamo una comprensione scientifica di qualcosa, quando ne conosciamo le cause o i principi, quando insomma siamo in grado di rispondere alla domanda sul *perché* c'è l'oggetto o il processo in questione. Come sapete, Aristotele riteneva possibili quattro diversi tipi di risposta alla domanda sul *perché*. Si parla allora di "teleologia", quando con una domanda sul *perché* si mira a stabilire che esistono in natura oggetti e processi, la cui esistenza si lascia spiegare unicamente in virtù del fatto che essi contribuiscono al raggiungimento di uno scopo, del fatto che, in altre parole, essi sono orientati verso un fine. Un esempio classico di tale processo è la capacità che ha il cuore di pompare sangue. Quando ci chiediamo: "perché il cuore pompa sangue?", la risposta comincia con la formula "affinché..." o con un'altra espressione linguistica dal valore finale. Una tale spiegazione con "affinché" o con un'espressione iniziale equivalente, tuttavia, non si riferisce in alcun modo per Aristotele a un'essenza razionale che agisce dall'esterno sull'organismo.

E' questa tradizione aristotelica, quella in cui si muovono oggi le spiegazioni teleologiche, che risalgono alla teoria evuzionistica darwiniana. Indubbiamente nella maggior parte dei casi non viene più usato al riguardo il termine "teleologico". Per evitare confusioni, si parla piuttosto di spiegazione "funzionale"; e in merito alla capacità del cuore di pompare sangue piuttosto che di scopo si parla più volentieri della sua "funzione".

Ho detto in precedenza che il nostro desiderio di spiegare un evento o un processo mira alle *cause* di quell'evento o processo. Una causalità esterna tipo quella del *Timeo* si distingue senz'altro per il fatto che in quel caso l'effetto non segue sul piano temporale la causa - il che rappresenta un'acquisizione metodologica basilare della moderna scienza della natura (il cosiddetto principio della causalità efficiente) - ma piuttosto per il fatto che l'effetto precede la causa. In altre parole: lo stato futuro caratterizzato come fine influenza causalmente gli eventi stessi che lo provocano; e questa si chiama "retro-causazione" (*backward causation*).

A questo punto mi sembra opportuno fornire un esempio. In inverno il mantello della lepre selvatica diventa bianco, perché Dio nella sua saggezza lo ha già disposto al momento della creazione, al fine di proteggere meglio la lepre dai suoi nemici in mezzo ai campi di neve.

Esattamente a questo punto entra in gioco la teoria dell'evoluzione, ovvero la teoria darwiniana della selezione naturale. La teoria della selezione naturale si pronuncia contro una forma di teleologia esterna in quanto essa sarebbe un'ipotesi non giustificata e superflua dal punto di vista della scienza della natura. Per il mantello invernale bianco della lepre esiste infatti una spiegazione "meccanicistica" o causal-efficiente, che ricorre alla teoria della selezione naturale. Tale spiegazione si articola nei seguenti punti:

- 1) In ogni popolazione naturale di lepri esistono differenze di colore.
- 2) Quanto più chiaro è il mantello della lepre in inverno, tanto più grandi sono le possibilità di sopravvivenza di chi è dotato di tale caratteristica.
- 3) Quanto più alte sono le possibilità di sopravvivenza, tanto più grandi sono quelle di procreazione.
- 4) Per questo mediamente le lepri con un mantello invernale più chiaro avranno più figli rispetto a quelle che lo hanno più scuro. Nella biologia evoluzionistica questo fatto viene indicato come il maggior "fitness" delle lepri con mantello invernale più scuro.
- 5) Il colore del mantello invernale è una caratteristica ereditaria.
- 6) Dunque: nella generazione successiva vi sarà un numero più alto di lepri con il mantello invernale bianco.
- 7) Dopo molte generazioni esistono ormai solo lepri con il mantello invernale bianco.

Questo è uno schizzo esplicativo meccanicistico di un fenomeno, che fino a Darwin poteva essere spiegato solo in virtù di una teleologia esterna. Dopo Darwin possiamo senz'altro utilizzare il modo di esprimersi teleologico, secondo cui il mantello invernale della lepre è bianco, *affinché* essa sia protetta dai predatori, ma sap-

priamo che in questo caso non è in gioco alcuna mano che guida dall'esterno il processo, bensì unicamente l'attività causal-efficiente della selezione naturale.

È ora tempo di introdurre una distinzione, che è stata formulata dal biologo evolutivista Ernst Mayr. Nell'ambito delle cause efficienti Mayr ne distingue due tipi⁷: cause prossime e cause ultime; al riguardo si potrebbe anche dire: cause dirette e indirette. Che cosa si intenda con ciò, lo si può chiarire al meglio servendosi dello stesso esempio fornito da Mayr e da lui osservato presso la sua residenza estiva nel New Hampshire: quello della capinera, che il 25 agosto vola via verso il Sud. Alla domanda "perché lo fa?" si danno le più disparate risposte di natura causale:

1) per motivi ecologici: d'inverno nel New Hampshire la capinera morirebbe di fame, in quanto si nutre di insetti.

2) per motivi genetici, che la capinera ha acquisito nel corso dell'evoluzione e che la dispongono in modo tale da reagire a determinati stimoli ambientali mediante la migrazione.

3) per un motivo fisiologico interno, secondo cui la sua disposizione a migrare sarebbe correlata alla durata del giorno.

4) per un motivo fisiologico esterno: un improvviso abbassamento di temperatura metterebbe in atto una disposizione già esistente.

I motivi fisiologici 3 e 4 appartengono al tipo delle cause prossime, laddove invece i due primi motivi causali rappresentano delle cause ultime. Come si può notare, le cause ultime sono cause di tipo evolutivo. Si sono aggregate in intervalli di tempo geologici e si sono poi materializzate nel DNA dell'organismo.

L'esempio di Mayr mostra come le cause prossime e quelle ultime possano agire insieme nelle spiegazioni biologiche.

Ciò vale anche e soprattutto per la spiegazione di processi funzionali come la capacità del cuore di pompare sangue. Anche in questo caso, cause prossime e cause ultime si intrecciano reciprocamente. In aggiunta abbiamo l'organizzazione gerarchica del sistema vivente. Anche qui, come nel caso di altre spiegazioni funzionali, non si fa ricorso a una mano che dall'esterno guida i processi. Anche qui le cose stanno in modo tale che la conformità allo scopo di una funzione è il risultato della selezione naturale. La selezione naturale premia quelle funzioni, che contribuiscono a un fitness più ampio, cioè a una riproduzione potenzialmente più ampia.

Per motivi di tempo non posso qui ulteriormente addentrarmi in un insieme di altre questioni legate all'ambito delle spiegazioni funzionali.

IV. L'ESEMPIO DELL'*HOMO SAPIENS*

Invece di proseguire su questa strada, preferisco prendere in considerazione una classe ben determinata di funzioni, per l'esattezza le funzioni comportamentali. Nel regno animale il comportamento di un organismo non è meno importante per la sua sopravvivenza delle funzioni fisiologiche. Un gallo cedrone, che non controlla la modalità di accoppiamento specificamente naturale, non genererà prole e la disposizione genetica responsabile di tale difetto scomparirà presto dalla popolazione. La stessa cosa vale per altre forme di comportamento, come il comportamento di fuga, il comportamento di cooperazione ecc. Non esiste alcun dubbio sul fatto che il comportamento nell'ambito del regno animale possieda *anche* cause ultime o evolutivistiche - pensate all'esempio della capinera!

Tuttavia, come stanno le cose nel caso dell'animale *homo sapiens sapiens*? La risposta è facile: *in linea di principio* esattamente allo stesso modo. L'uomo è un animale nell'ordine dei primati. Nelle sue strutture anatomiche, nelle sue funzioni fisiologiche e nel suo comportamento è un prodotto dell'evoluzione di questo ordine. Egli è simile soprattutto ai suoi parenti più prossimi del gruppo delle grandi scimmie antropomorfe, cioè l'orango-tango, il gorilla e lo scimpanzè. Questa era la risposta più semplice. La sua semplicità vale tuttavia solo per l'anatomia e per la fisiologia dell'uomo.

La questione diventa però difficile, quando si deve dire *con esattezza* che cosa significa che anche il comportamento *umano* ha cause ultime, cioè legate all'evoluzione. Detto in modo diverso, è difficile determinare esattamente, se e fino a che punto nel singolo caso abbia cause ultime, cioè se e fino a che punto si dia una disposizione comportamentale genetica o innata.

Innanzitutto quattro considerazioni di carattere generale.

In primo luogo si dovrebbe distinguere fra una *modalità* di comportamento generale o uno *schema* di comportamento e un comportamento concreto ben definito in termini di spazio e tempo, ovvero si dovrebbe distinguere fra ciò che in inglese si dice *action type* e il concreto, spazio-temporalmente determinato presentarsi di certi comportamenti, ciò che in inglese si chiama *action token*.

In secondo luogo nel caso dell'evoluzione del comportamento umano o più precisamente dell'evoluzione delle modalità di comportamento umano non si tratta mai di *determinazione* genetica, nel senso che l'uomo attraverso i suoi geni sarebbe "predestinato" ad un determinato comportamento. Un determinismo come quello che conosce la meccanica classica non esiste nel mondo animale e nell'uomo non si ritrova affatto⁸. Certamente però vi sono disposizioni geneticamente fissate in una determinata situazione x a mostrare una modalità di comportamento y piuttosto che modalità di comportamento z_1, \dots, z_n . In casi ideali una tale disposizione si può quantificare *statisticamente*. Se poi una tale disposizione si attualizza nel caso concreto

è un'altra questione e dipende da un'intera serie di fattori non-evoluzionistici, come l'educazione, la riflessione personale, le circostanze sociali, la condizione fisiologica globale, ecc.

In terzo luogo si deve osservare che le disposizioni comportamentali umane esistono solo per questo motivo: perché sul piano biologico esse erano conformi allo scopo nell'ambito della formazione della costituzione genetica (*make up*) dell'uomo moderno, cioè perché rappresentano un vantaggio selettivo. Quegli uomini che mostravano una disposizione genetica ad un comportamento opportuno, ottennero un fitness maggiore, cioè una capacità a produrre una prole più numerosa rispetto a quelli che non possedevano la disposizione corrispondente. Ora si deve notare che "fitness" è un predicato 'ternario'⁹. Un organismo x non è assolutamente in uno stato di fitness, ma x è in uno stato di fitness migliore rispetto a y all'interno di un determinato ambiente z. Per "ambiente" si deve qui intendere tanto l'ambiente fisico quanto quello socio-culturale.

L'evoluzione biologica dell'uomo moderno fu portata a termine circa 10.000-15.000 anni fa, con la comparsa dell'agricoltura. Ora è evidente che non tutte le condizioni ambientali di allora - siamo nell'età della pietra - corrispondono a quelle odierne. Tendiamo anzi a dire, che decisamente molto è cambiato. D'altro canto le nostre disposizioni comportamentali genetiche sono tali, quali quelle che favorirono il fitness nell'ambiente e nelle condizioni dell'età della pietra. Ciò d'altra parte significa che le nostre disposizioni genetiche comportamentali possono essere inadeguate sotto un duplice aspetto: *in primo luogo* noi non viviamo più, sotto molti rispetti, nelle condizioni dell'età della pietra e *in secondo luogo* il fitness, ovvero la capacità di generare prole al massimo livello, non è più, nel mondo odierno, una disposizione desiderabile sul piano culturale.

Abbiamo quindi lo spiacevole risultato per cui il nostro corredo comportamentale genetico in parte non è più finalizzato (come ancora era nell'età della pietra), quanto piuttosto inadeguato e nocivo. In tale valutazione si è naturalmente modificato il concetto di "finalità". Nelle condizioni dell'età della pietra e anche nel regno animale non-umano "finalità" è un concetto puramente biologico ed è sinonimo di più elevato fitness. Nelle condizioni della modernità, al contrario, un comportamento finalizzato è un concetto con connotazioni culturali e morali molto forti.

In quarto luogo, rispetto alle concezioni difese nel nostro contesto, si tratta di ipotesi, che di regola presentano un grado di conferma notevolmente più basso rispetto a quanto fanno le ipotesi della fisica, della chimica e di altre parti della biologia. Molto costituisce purtroppo soltanto speculazione, che neppure merita il nome di "ipotesi".

Dopo questi preliminari, passiamo ad alcuni campi di applicazione della riflessione evoluzionistica sul comportamento. Li si ritrova nelle seguenti discipline, che talvolta si sovrappongono: la sociobiologia, la psicologia evoluzionistica, la teoria della conoscenza evoluzionistica e l'etica evoluzionistica¹⁰.

La *sociobiologia* è la teoria evuzionistica del comportamento sociale e, nella misura in cui si limita al regno animale, rappresenta una delle teorie biologiche a mio avviso più affascinanti ed eccellentemente confermata in molti casi applicativi¹¹. Ad esempio essa è in grado di spiegare, in che modo si possa conseguire geneticamente il cosiddetto altruismo, cioè un comportamento che sembra danneggiare il proprio fitness. Quel comportamento può ad esempio consistere in grida d'allarme, che espongono al pericolo colui che lancia l'allarme o nella rinuncia alla procreazione, come accade nel caso delle "api operaie" in un alveare. Le modalità di approccio sociobiologico diventano tuttavia problematiche, quando vengono applicate al comportamento umano. In questo caso, infatti, si pone in primo luogo il problema, per cui gli uomini hanno la libertà di non seguire le disposizioni genetiche. In secondo luogo vanno prese in considerazione le trasformazioni culturali delle disposizioni comportamentali umane. Un ulteriore problema è di natura metodologica. Mentre un comportamento che si verifica universalmente in una specie animale può essere considerato prova di un fondamento genetico, ciò non è così chiaro nell'uomo. Modalità di comportamento universali possono rappresentare anche semplicemente l'espressione di un'intelligenza più generale. Esse possono rivelarsi importune, in quanto soluzioni di problemi "costrittive" (*forced moves*¹²) per esseri intelligenti.

Un'intera serie di componenti del comportamento sociale degli uomini è stato indagato con i metodi della sociobiologia. Menzionare i temi, per i quali sono state proposte spiegazioni evuzionistiche, significa già mettere in risalto il loro carattere controverso: il ruolo della donna nella famiglia (o "bambini e cucina"), la religione come fenomeno soggetto ad evoluzione, l'omosessualità, lo stupro, ecc. Io stesso mi sono occupato criticamente della spiegazione evuzionistica della religione di Edward O. Wilson¹³.

La *psicologia evuzionistica* riposa sulla supposizione, secondo cui la psiche umana dispone di una serie di meccanismi - nel senso di moduli di comportamento - innati, finalizzati e di portata specifica, i quali conducono quasi automaticamente all'azione, nel momento in cui si dia nell'ambiente circostante uno stimolo corrispondente. Questa concezione, elaborata da Leda Cosmides e John Tooby all'Università della California di Santa Barbara, mi sembra essere un programma di ricerca molto interessante e gravido di sviluppi futuri¹⁴. Anche in questo caso, però, il problema si presenta nei dettagli. In questo contesto un progetto di ricerca molto interessante è quello relativo alla nostra capacità di smascherare con grande facilità i "truffatori sociali" sulla base del connettivo "se-allora" (*cheater detection*). Mentre nel caso di questo esempio dell'imbroglione gli uomini possono con facilità analizzare il connettivo "se-allora", ciò riesce loro di gran lunga più difficile in altri casi relativi al connettivo "se-allora" nella vita di ogni giorno, per non parlare dell'analisi astratta della implicazione logica. Cosmides e Tooby spiegano queste notevoli differenze con il fatto che la capacità di smascherare imbroglioni, vista da un punto di vista evuzionistico, è

uno dei presupposti basilari dello scambio sociale. Per la sopravvivenza era fondamentale badare alla reciprocità e per questo si è sviluppato il meccanismo di *cheater detection*.

Un campo ulteriore è *la teoria della conoscenza evoluzionistica*, che fu fondata dal biologo austriaco Konrad Lorenz¹⁵. Si ha a che fare in questo caso con disposizioni *cognitive*. E anche qui il problema si presenta nei dettagli. Le ingenue pretese di alcuni teorici dell'epistemologia evoluzionistica di aver reso superflua la teoria della conoscenza di stampo filosofico o quanto meno di averla radicalmente ridimensionata, non sono completamente giustificate¹⁶. Vi sono al riguardo soprattutto due considerazioni critiche di un certo peso. *In primo luogo* le disposizioni conoscitive evoluzionistiche sono disposizioni, che offrono rappresentazioni del mondo, le quali erano in grado di incrementare il fitness nelle condizioni dell'età della pietra. Incremento del fitness e verità sono tuttavia due cose diverse. Una conoscenza del mondo che incrementa il fitness non è *di per sé* anche vera. Una tale conoscenza dà una rappresentazione del mondo che aiuta ad avere più figli. Non è contemporaneamente anche necessariamente una conoscenza vera. Così, ad esempio, possediamo quale *homo sapiens* una rappresentazione dello spazio anisotropa e non omogenea, quella cioè in base alla quale nella nostra percezione dello spazio sono rilevanti le posizioni spaziali vicine (non-omogeneità) e le direzioni spaziali che partono dal nostro corpo (anisotropia), che è sicuramente in grado di incrementare il fitness. Possiamo in tal modo valutare appropriatamente i pericoli. Così un leone che vuole divorarci è più pericoloso alla distanza di 5 metri che a quella di 500 metri; ed è meglio per me giudicare lo spazio che mi circonda a partire dalla mia posizione. Lo spazio euclideo stesso, però, diversamente dalla forma della nostra percezione di esso, è omogeneo e isotropo.

In secondo luogo una parte importante della epistemologia di stampo filosofico è di natura *normativa*. Un'epistemologia evoluzionistica, in quanto disciplina scientifico-naturalistica, nel migliore dei casi può invece offrirci fatti, cioè risultati *descrittivi*. Ci può tutt'al più dire, *in che modo* noi conosciamo, ma non in che modo noi conosciamo *correttamente* o come afferriamo *la verità*.

Lo stesso vale *mutatis mutandis* per *l'etica evoluzionistica*¹⁷. Un'analisi evoluzionistica del comportamento sociale umano moralmente rilevante ci può nel migliore dei casi mostrare delle disposizioni comportamentali spiegabili in senso evoluzionistico. Una riflessione scientifico-naturalistica, però, nulla ci può dire sul loro statuto morale. "Buono", "cattivo", "ammissibile" e simili sono concetti normativi e in quanto tali non sono affatto in linea di principio elementi costitutivi delle scienze naturali.

Con questi accenni a quattro discipline, in cui il comportamento umano viene spiegato biologicamente, intendevo indicare campi tematici di un insegnamento, che potesse interessare gli studenti di un liceo. Sui temi specifici, che in questo contesto potrebbero essere trattati, ho detto qualcosa solo allusivamente. Dovrebbe essere com-

pito dei colleghi liceali, competenti nelle varie materie e didatticamente preparati, delineare programmi concreti. Da una lezione corrispondente a questi temi mi riprometterei la realizzazione dei seguenti scopi:

- 1) una migliore comprensione dell'evoluzione biologica in generale;
- 2) una comprensione delle potenzialità specifiche e ancor più dei limiti della spiegazione evolucionistica del comportamento umano e in collegamento con questo una sana diffidenza nei confronti di pretese ciarlatanesche avanzate da parte di qualche biologo, soprattutto americano.
- 3) una migliore comprensione di noi stessi come primati e come prodotti e insieme costruttori di una cultura sotto molteplici aspetti diversa dall'eredità dei primati¹⁸.

BIBLIOGRAFIA

CARNAP, RUDOLF (1959): *Induktive Logik und Wahrscheinlichkeit*, bearbeitet von Wolfgang Stegmüller, Wien (Springer)

CAMPBELL, NEIL A (1997): *Biologie*, Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag)

DENNETT, DANIEL C. (1995): *Darwin's Dangerous Idea. Evolution and the Meanings of Life*, New York (Simon & Schuster)

KATZ, LEONARD D. (ed.) (2000): *Evolutionary Origins of Morality. Cross-Disciplinary Perspectives*, Thorverton (GB) (Imprint Academic)

LENNOX, JAMES G. (1992): "Teleology", in: Evelyn Fox Keller/Elisabeth A. Lloyd (eds.), *Keywords in Evolutionary Biology*, Cambridge Mass. (Harvard University Press), pp. 323-333

MAYR, ERNST (1988): *Toward a New Philosophy of Biology*, Cambridge Mass. (Harvard University Press)

NITECKI, MATHEW H./NITECKI DORIS V. (eds.) (1993): *Evolutionary Ethics*, Albany N.Y. (State University of New York Press)

PICARDI, EVA (1999): *Le teorie del significato*, Roma-Bari (Laterza)

SALMON, WESLEY C. (1990): *Four Decades of Scientific Explanation*, Minneapolis MN (University of Minnesota Press)

VOLLMER, GERHARD (1998): *Evolutionäre Erkenntnistheorie*, 7^a edizione, Stuttgart (Hirzel)

WILSON, EDWARD O. (1975): *Sociobiology. The New Synthesis*, Cambridge Mass. (Harvard University Press)

WITTGENSTEIN, LUDWIG (1960): *Tractatus logico-philosophicus - Tagebücher 1916-1918 - Philosophische Untersuchungen*, Frankfurt (Suhrkamp)

WITTGENSTEIN, LUDWIG (1967), *Ricerche filosofiche*, ed. ital. a cura di M. Trinchero, Torino (Einaudi)

WOLTERS, GEREON (1991): "Die Natur der Erkenntnis: Ein Thema der Philosophie oder der Biologie?", in: Ernst Peter Fischer (ed.), *Glanz und Elend der zwei Kulturen. über die Verträglichkeit der Natur- und Geisteswissenschaften*, Konstanz (Universitätsverlag), 141-155

WOLTERS, GEREON (1998): "Evoluzione come religione?", in: Michele Di Francesco/Diego Marconi/Paolo Parrini (eds.): *Filosofia analitica 1996-1998: Prospettive teoriche e revisioni storiografiche*, Milano (Guerini) 1998, 362-380

WOLTERS, GEREON (1999): "Darwinistische Menschenbilder", in: Anna Katharina Reichardt/Eric Kubli (eds.): *Menschenbilder*, Bern (Lang) 1999, 95-115

WRIGHT, ROBERT (1994): *The Moral Animal*, New York (Pantheon).

NOTE

¹ “Per una *grande* classe di casi - anche se non per *tutti* i casi - in cui ce ne serviamo, la parola ‘significato’ si può definire così: Il significato di una parola è il suo uso nel linguaggio” (Wittgenstein, *Philosophische Untersuchungen*, § 43, trad. in Wittgenstein (1967), p. 33). Per un’istruttiva raffigurazione delle moderne teorie sul significato cfr. PICARDI (1999).

² CARNAP (1959), pp. 12ss.

³ Condizioni di adeguatezza, quali quelle che richiedono una vicinanza dell’*explicatum* all’uso linguistico finora adottato, motivano la denominazione di “ricostruzione razionale” in luogo di “esplicazione”.

⁴ Un ottimo schizzo è offerto al riguardo da Salmon (1990).

⁵ L’articolo di LENNOX (1992), che qui seguo, fornisce un’eccellente, sintetica presentazione in proposito.

⁶ Cfr. LENNOX (1992), p. 325.

⁷ Cfr. ad esempio MAYR (1988), cap. 3.

⁸ Cfr. al riguardo CAMPBELL (1996), p. 1284.

⁹ Mi limito qui al concetto di fitness inclusivo (*inclusive fitness*) e lascio da parte la riflessione sul fitness delle singole caratteristiche.

¹⁰ Per una buona presentazione a carattere divulgativo di temi collegati a quasi tutti questi campi di studio cfr. Wright (1994).

¹¹ Cfr. WILSON (1975), il primo manuale su questa disciplina.

¹² Cfr. DENNET (1995), in riferimento alla psicologia evolutivista.

¹³ Cfr. WOLTERS (1998).

¹⁴ Un’eccellente, breve informazione fornisce il sito “Fibel” (*primer*), che i due fondatori della psicologia evolutivista hanno messo in rete; l’indirizzo è:
<http://www.psych.ucsb.edu/research/cep/primer.html>

¹⁵ Su questa disciplina cfr. il manuale di VOLLMER (1998).

¹⁶ Me ne sono occupato in Wolters (1991).

¹⁷ Un buon panorama offrono NITECKI/NITECKI (eds.) (1993) e KATZ (ed.) 2000.

¹⁸ Mi sono occupato di questo tema in Wolters (1999).

Evoluzione e neodarwinismo

Italo Barrai

1. L'EVOLUZIONE COME CONCETTO GENERALE

Il passaggio da una forma ad un'altra in un qualsiasi regno della natura viene di norma chiamato evoluzione. Così, si parla di evoluzione delle galassie, delle stelle, dei pianeti. Il cambiamento degli stati di aggregazione sulla superficie dei pianeti è una forma di evoluzione molto limitata, a livello locale, ed impegna una quantità di materiale sovente trascurabile non solo per l'ambiente dello spazio totale esterno al pianeta, ma anche per il pianeta stesso.

2. L'EVOLUZIONE DELLA TERRA

Nel caso specifico di Sol3, la Terra su cui viviamo, le condizioni di esistenza della geometria del pianeta, quali la distanza dalla stella madre, il tempo di rotazione attorno ad essa ed al proprio asse, l'inclinazione di questo, hanno come conseguenza caratteristiche di superficie specifiche. La superficie è coperta dall'acqua per larga parte, e dal momento della solidificazione del pianeta e della discesa della temperatura sotto i 100 gradi centigradi, l'acqua è presente in modo continuo, e nelle coordinate tempo attuali è in fase di ampio equilibrio. L'intervallo di variazione della temperatura del liquido è modesto, da -3 gradi nei mari polari in inverno ai +30 gradi e oltre nelle acque basse tropicali in estate. La presenza dell'acqua come componente principale in fase liquida della crosta terrestre ha avuto come conseguenza l'origine di una chimica specifica, che si è evoluta fino alla generazione di molecole informazionali, capaci di governare polimerizzazioni aperiodiche di sostanze semplici. In particolare, la comparsa di sequenze di acidi nucleici quali l'RNA ed il DNA ha influito sulla polimerizzazione degli aminoacidi in polipeptidi. Nel corso del tempo, la relazione tra acidi nucleici e polipeptidi si è perfezionata, ed è divenuta una relazione di governo reciproco della sintesi dei due tipi di polimeri. Di conseguenza, la chimica in fase acqua ha raggiunto livelli di complessità molto elevati (Crick 1968; Brack and Orgel 1975). È anche possibile che il governo reciproco della sintesi abbia sostituito un più fragile sistema preesistente, basato unicamente sull'RNA (Benner et al 1987).

3. IL GOVERNO DELLE POLIMERIZZAZIONI APERIODICHE

Il processo di governo delle polimerizzazioni aperiodiche è, almeno come lo vediamo oggi, un processo autocatalitico, e, una volta originato, tende a restare costante nel tempo (Eigen et al 1981; Eigen 1987). Ha così origine la funzione di produzione delle proteine da parte del DNA a basi azotate, proteine che catalizzano la sintesi del DNA che catalizza la sintesi delle proteine e così via. Nasce quindi un processo funzionale che presenta un vantaggio per se stesso, e che è, nell'ambiente acquoso primitivo, limitato dalla concentrazione e dalla distanza tra le molecole che interagiscono (Orgel 1968; Fitch 1973; Gilbert 1986).

Il momento di guadagno successivo nella polimerizzazione delle due unità, le basi azotate e gli aminoacidi, è la delimitazione nell'ambiente dei composti che partecipano alla reazione di polimerizzazione, ossia la comparsa di elementi corpuscolati dotati di membrana che racchiudono i componenti della reazione.

In altre parole, quando è comparsa la prima struttura che porta insieme e vicini i componenti della reazione, si è verificato un guadagno, un vantaggio per la funzione, che pertanto è aumentata ed è divenuta tanto diffusa quanto gli elementi corpuscolari nei quali essa avviene.

4. LA COMPARSA DEI MICRORGANISMI

Nascono quindi ulteriori possibilità di guadagno non appena si generano condizioni di vantaggio: la delimitazione del controllo della reazione nella parte centrale dei corpuscoli, e la loro riproduzione. Questo scenario è quindi quello della comparsa dei microrganismi nel sistema acquoso del pianeta, e della reazione di catalisi al loro interno, reazione fino a questo momento soggetta alla dispersione e diffusione nell'ambiente ed alle forze fisiche prevalenti nel sistema (Cavalier-Smith 1987).

I due passi successivi che portano all'acquisto di funzioni di estremo vantaggio sono la possibilità di stoccaggio e utilizzazione di energia per il controllo della reazione, e la possibilità di scegliere la posizione in cui la reazione può avvenire.

5. GLI ORGANISMI COMPLESSI

Il primo passo è la funzione clorofilliana, ossia l'immagazzinamento sotto forma di energia chimica potenziale dell'energia solare che giunge direttamente dalla stella madre. Questo passo è strettamente congiunto con la respirazione da parte del corpuscolo, che ora è una cellula a tutti gli effetti. La respirazione a ossigeno a sua volta è nata quando la cellula ha acquistato, si ritiene per simbiosi, la strumentazione chimica dei mito-

7. L'ADATTAMENTO ALL'AMBIENTE

Conviene lasciare, almeno pro tempore, l'ipotesi lamarckiana di trasmissione alla progenie dei caratteri acquisiti. È invece non facilmente rinunciabile l'ipotesi di adattamento all'ambiente per selezione naturale di varianti preesistenti dei caratteri come proposto da Charles Darwin (1859). A livello dell'evoluzione biochimica la distinzione non è così netta, se un carattere viene acquisito, come ad esempio la respirazione aerobica, questo viene immediatamente trasmesso alla progenie e permane nella popolazione. Ma ad un livello differente, la trasmissione dei caratteri acquisiti non è sostenibile. Già alla fine dell'800

Weismann ha dimostrato che il soma è separato dal genoma, le variazioni somatiche non vengono incorporate nel genoma, non sono trasmissibili. Tuttavia, per chiarire come la giraffa abbia ora un collo così lungo e sia adattata a brucare i germogli delle acacie nella savana a tre metri di altezza ed oltre, ci viene in aiuto l'ipotesi darwiniana: è ragionevole ritenere che gli animali preesistenti che già avevano un collo più lungo abbiano raggiunto il cibo meglio e più di frequente degli animali a collo più corto, onde hanno potuto riprodursi in maggior numero trasmettendo il carattere alla progenie. Questa, nel susseguirsi delle generazioni, ha completamente sostituito gli animali meno adattati.

8. I MECCANISMI EVOLUTIVI

L'ipotesi darwiniana è molto forte, possiede la circolarità che contraddistingue l'evoluzione biochimica, il collo più lungo permette di mangiare di più, di fare altre giraffe col collo più lungo che possono raggiungere anche i rami più alti delle acacie, e così via, almeno fino al limite di crescita della chioma delle acacie e delle vertebre cervicali. Tuttavia, fino agli inizi del 900, l'obiezione forte era come fosse possibile la presenza di varianti trasmissibili in seno ad una stessa popolazione. Alla fine dell'800, vi fu una diatriba assai amara tra Weismann (1895) e Spencer (1894) su come fosse possibile che la balena avesse perduto le zampe posteriori. Il lavoro di Mendel (1866) aveva già trent'anni, ma ne dovevano passare ancora cinque prima che venisse riscoperto a rendere il mondo più chiaro.

9. LA GENETICA E IL NEODARWINISMO

La dimostrazione che la trasmissione ereditaria è particellare, la dimostrazione dell'esistenza dei geni ed in seguito la dimostrazione che i geni possono mutare, spontaneamente o per azione indotta, diede una nuova forza all'ipotesi darwiniana. Nelle popolazioni, si presentano spontaneamente delle varianti dovute alla mutazione di ge-

leologia. Nessun animale diverso dall'uomo adotta il quadrifarmaco epicureo, nessun animale sceglie un male che permetta di evitare un male maggiore, sceglie un male che porti ad un bene, evita un bene che porta ad un male, evita un bene che impedisce un bene maggiore. E l'uomo è il prodotto della teleonomia, su questo non v'è dialettica possibile. Ma l'uomo non abbandona i propri simili, se sono malati li cura, ha creato società e governi, se un uomo adopera la teleonomia per il proprio vantaggio, per esempio se uccide un altro uomo, egli viene punito. Nascono i corpi di leggi, Hammurabi, Mosè, le Dodici Tavole, la teleologia diviene generale. La tendenza è verso un vantaggio generale e comune, il vantaggio individuale non è compiutamente perseguito. L'uomo è un animale teleologico, non corre necessariamente verso il massimo del vantaggio qui e ora come è imposto dalla selezione naturale, può prevedere e quindi raggiungere successivamente un vantaggio ancora maggiore.

Nel contempo, permette che altri uomini, che in regime teleonomico scomparirebbero subito, gli emofilici, i diabetici, i distrofici, sopravvivano assieme agli altri. Ne segue che la teleonomia, inventando la teleologia, ha reso se stessa obsoleta: la selezione naturale è pressochè annullata nel caso dell'uomo, e l'evoluzione di questo organismo è ora soggetta a regole diverse, che tuttavia possono e devono ancora essere chiaramente codificate (Elster 1978). Tale compito di enunciazione e di codifica delle regole di evoluzione umana è compito specifico della filosofia, non deve essere lasciato alle ideologie, per loro natura incapaci di visione universale.

Il concetto di infinito

Massimo Mugnai

Il problema dell'infinito si pone prima di Aristotele in varie forme. Si pone con i cosiddetti pre-socratici. Forse propriamente non va chiamato infinito, loro parlano di apeiron che potrebbe significare indefinito, indeterminato e cose del genere. Platone parla di infinito, ma non ha un grande ruolo la riflessione sull'infinito di Platone salvo che, in qualche modo, Platone fissa un problema che è costituito dal rapporto tra un esemplare, l'idea, e le sue concretizzazioni: per esempio una idea di distanza e le molteplici distanze. La molteplicità e l'infinito hanno un ingresso nella filosofia platonica a questo livello.

Altro discorso per Democrito e Leucippo, i quali ammettono un infinito attuale, cioè ammettono un'infinità di atomi. Il mondo è fatto da una infinità di atomi e quindi ammettono una pluralità infinita. Poi c'è Anassagora. Insomma: il problema dell'infinito è vivo prima ancora di Aristotele, ma è solo con Aristotele che nella tradizione occidentale, relativamente al problema dell'infinito, si fissano un canone ed una soluzione rimasti fondamentali.

Già Platone si era occupato di problemi in qualche modo relativi all'infinito (*Ti-meo* 33-34; *Filebo* 15b, *Parmenide* 132); ma questi sono i punti di riferimento molto generali. È però con Aristotele che lo studio del problema dell'infinito assume un impianto sistematico.

Dice Aristotele, nella *Fisica* (Aristot. *Phys*, III, 4, 203b 30-204a 7), che “l'indagine che riguarda l'infinito presenta difficoltà, infatti sia a porre che esista, sia a porre che non esista, ci si imbatte in numerose contraddizioni (...) si pone inoltre la questione di cosa sia: se è sostanza o attributo a una qualche natura”.

Qui c'è una dicotomia importante. Aristotele accenna all'ipotesi che l'infinito sia una sostanza; il mondo di Aristotele si divide in sostanza e attributi, e lui prende in considerazione che sia un attributo essenziale o una qualche natura oppure se non è né l'una né l'altra quindi se è un attributo accidentale: “oppure se non è né l'una né l'altra cosa, ma nondimeno esiste un infinito o cose infinite in numero”.

Questo è il problema che si pone Aristotele.

“In primo luogo bisogna, dunque, definire in quanti modi si dice infinito”. L'osservazione di Aristotele è che, innanzi tutto, l'infinito è ciò che in natura non può essere percorso. E questo significa che per natura non si può percorrere un tutto come

la voce è invisibile. Inoltre ciò che non si può percorrere è senza fine. Inoltre “tutto ciò che è infinito lo è o mediante composizione o mediante divisione o mediante entrambe”. L’idea in qualche modo è che l’infinito lo si raggiunga per composizione, per aggiunta di parti oppure per scomposizione di parti, togliendole via, o per entrambe.

E allora qui definisce che cosa intende per infinito mediante composizione, e dice:

“L’infinito mediante composizione è in certo modo il medesimo dell’infinito mediante divisione; nella cosa limitata infatti l’infinito mediante composizione si produce all’inverso dell’altro. Nella misura in cui, infatti, ciò che viene diviso viene diviso all’infinito, in tale misura l’aggiungere successivamente sembra ricostituire la cosa limitata” (Aristot. *Phys*, III, 6. 206b, 3-6).

L’idea di Aristotele è che io ho un oggetto naturale, un pezzo di legno, allora io posso, per composizione, estenderlo all’infinito. Partendo dal finito, per aggiunta di parti finite, posso arrivare all’infinito.

Qualunque pezzo finito io abbia, se scelgo l’unità è certo che in un numero finito di giustapposizioni di questa unità arrivo ad esaurire l’oggetto che sto considerando. Però potrei prima sommarne la metà e poi dalla metà al tutto sommare sempre parti però minori della metà che dovrei aggiungere. In questa maniera ho un processo all’infinito e arrivo a non esaurire mai il pezzo che ho davanti.

Analogamente per divisione: io ho una pagina, la divido a metà, poi considero una delle due metà, divido a metà quella metà lì, poi la metà dell’altra metà e così via, per quella che Aristotele chiama dicotomia.. In questa maniera lo stesso arrivo ad un processo di divisione infinito. Quindi Aristotele prevede due possibilità: la ricomposizione e la infinità mediante somma o mediante divisione.

Dice: “ad un certo punto sono uguali”, perché si rende conto che al momento della aggiunta, se io non aggiungo continuamente la stessa unità, posso arrivare ad approssimazioni al limite dell’oggetto intero che sto considerando senza raggiungerlo mai. E quindi coglie che l’aggiunzione e la divisione in senso tecnico sono complementari l’una all’altra (in un qualche modo).

E Aristotele considera il numero infinito rispetto all’addizione: cioè dato un numero, posso sempre, aggiungendo un numero, spostarmi all’infinito; mentre l’infinito rispetto alla divisione è lo spazio (cioè dividendo lo spazio io posso continuare all’infinito a dividerlo); l’infinito rispetto all’addizione e alla divisione è il tempo.

Queste sono le tre dimensioni a cui pensa Aristotele.

Qui ci si muove considerando un pezzo finito (relativamente allo spazio): un pezzo finito che si divide. La divisione è protraibile all’infinito: rispetto al numero si può sommare e aggiungere un numero e si va avanti.

Il tempo è infinito sia rispetto all’addizione che alla sottrazione.

Naturalmente abbiamo un problema in Aristotele: come si fa a vivere il tempo dopo che una certa parte di tempo è passata? Qui egli descrive un meccanismo un po’

complicato: cioè associa il tempo allo spazio. Aristotele fissa qui le categorie concettuali della riflessione futura sull'infinito, distingue infinito in potenza ed infinito in atto. Dove "in potenza" non va inteso nel senso di implicare una attualità in potenza, cioè in potenza non è inteso come "nel marmo c'è in potenza la statua". L'infinito in potenza non diviene mai in atto. Cioè non c'è mai un istante in cui l'infinito è tutto presente; questo è il punto importante.

Inoltre le parti dello spazio sussistono, anche se distaccate, mentre le parti del tempo non permangono.

Il numero non ammette massimo (in quanto può essere accresciuto al di là di ogni limite - è infinito rispetto alla somma) sebbene ammetta minimo (è infinito rispetto alla divisione; ha un primo elemento).

Lo spazio ha un massimo (è infinito rispetto alla somma delle parti). Aristotele pensa al fondo come finito dal punto di vista dell'estensione, ma non ha minimo (è infinito rispetto alla divisione).

Il tempo non ha massimo rispetto all'addizione.

Queste sono delle semplici conseguenze che derivano dalla posizione di Aristotele.

Con Aristotele si pone il problema di quale sia la natura ontologica dell'infinito. (Aristotele ne discute nei capitoli 5 "Inattualità dell'infinito" e 6 "Potenzialità dell'infinito" del Libro III della *Fisica*).

"Ora è impossibile che l'infinito sia separabile dalle cose sensibili, essendo una cosa in sé infinita.

È chiaro d'altra parte che l'infinito non può esistere come essere in atto e come sostanza, poiché una qualsiasi delle sue parti, presa a parte, sarà infinita se si può dividerlo".

Ecco, qui rivela che se è una sostanza, le parti della sostanza sono sostanza e quindi l'infinito sarebbe infinito, una parte di infinito sarebbe infinito.

"Infatti essere infinito e l'infinito in sé sono la medesima cosa, se l'infinito è sostanza e non qualcosa in un soggetto. Di conseguenza sarà o divisibile o indivisibile in infiniti, ma è impossibile che la medesima cosa sia una pluralità di infiniti".

Perciò l'idea è questa: se una cosa fosse una pluralità di infiniti si condizionerebbero l'un l'altro e quindi sarebbero finiti.

"Ora allo stesso modo a che la parte dell'aria è aria, anche quella dell'infinito sarà infinita se si suppone sia sostanza e principio".

Quindi questo esclude che sia sostanza.

Dunque è indivisibile in parti. "Ciò però è impossibile per un infinito in atto. Necessariamente dunque sarà una quantità" cioè sarà una proprietà che rientra in una delle categorie diverse dalla sostanza. "L'infinito, dunque esiste mediante attribuzione", cioè è un attributo. "Ma come detto sopra non sarà lui stesso che potrà essere detto principio".

Aristotele qui si contrappone a tutti quelli, compresi i pitagorici, che considerano l'infinito come un principio della realtà.

“Non può essere un principio, lo è bensì ciò al quale viene attribuito. L'aria per esempio”; se l'infinito non è una sostanza, sarà infinito l'oggetto al quale questa proprietà si riferisce; “in generale, infatti, l'infinito consiste nel fatto che ciò che si prende è sempre nuovo, dal momento che ciò che si prende è certamente sempre limitato ma differente”.

Anche se io fisso un'unità e concretamente all'unità di misura aggiungo un pezzo a un pezzo, il pezzo che aggiungo è sempre nuovo perché se aggiungo lo stesso pezzo a se stesso non ho nessun progresso.

“Di conseguenza, non bisogna prendere l'infinito come un individuo particolare, per esempio un uomo o una casa, ma allo stesso modo in cui si parla di una giornata o di una lotta, le quali hanno l'essere non come qualche sostanza particolare” (Aristot. *Phys*, III, 206a, 27-32).

Questo sarà un passo che verrà commentato da Tommaso e da tutti i medievali, quindi l'infinito ha un carattere di tipo modale, una lotta, oppure un evento, una giornata; non sono qualcosa di sostanziale, di fissabile. L'infinito ha lo stesso tipo di natura; quello che poi Locke per esempio chiamerà “natura modale”.

“Togliendo l'infinito che esisterebbe in atto nel senso dell'accrescimento, considerato come qualcosa che non può essere attraversato, l'argomento non sopprime la concezione dei matematici”.

E qui c'è un punto molto importante perché Aristotele distingue la nozione di infinito attuale. L'osservazione è questa: se io tolgo l'infinito, cioè non prendo in considerazione l'infinito che esiste in atto nel senso di accrescimento, qui considerato come qualcosa che non può essere attraversato, l'argomento, la mia soluzione non sopprime la concezione dei matematici. In realtà, questi non hanno bisogno e non fanno uso dell'infinito, bensì soltanto di grandezze tanto grandi quanto vogliamo ma limitate (qui emerge l'idiosincrasia, un po' l'ostilità che i matematici greci hanno verso l'infinito, anche se poi altri autori come Archimede hanno trattato l'argomento).

Questa è l'idea: si ha sempre a che fare con grandezze grandi quanto si vuole ma sempre limitate e questo vuole dire che per qualunque grandezza io consideri, è sempre possibile trovarne una più grande, andare oltre.

I matematici non hanno bisogno di fare considerazioni sull'infinito in sé, su oggetti di per sé infiniti, ma su oggetti esemplari, per esempio una certa linea, un certo spazio e così via.

“Ora la divisione effettuata su una grandezza molto grande va applicata ad un'altra grandezza a piacere - per la dimostrazione, infatti, sono poco importanti le grandezze reali. Quindi c'è un riferimento a un procedimento astratto tipico del matematico. Per esempio il matematico fa una riflessione su una linea di una certa grandezza e poi dice: “Questa riflessione può essere applicata a qualsiasi altra grandezza a pia-

cere in quanto gli enunciati matematici hanno valore generale; anche se si ragiona su un esempio, c'è una forte generalizzazione e si dice che questo qui vale per tutti i casi. Quindi diciamo in qualche modo che la generalizzazione è implicita all'interno del ragionamento matematico.

Quindi, per ricapitolare le considerazioni svolte fin qui, è evidente che per Aristotele non esiste l'infinito in atto. La materia non è divisa in un'infinità di parti. Il che significa che, se io prendo un pezzo di legno e lo divido in dieci pezzi, l'atto che segue ogni mia decisione è un atto limitante. Mi trovo davanti a 10 pezzi, non a infiniti pezzi.

Ma dalla mia locuzione si comprende che potenzialmente posso dividere all'infinito. Di fatto realmente posso dare una configurazione di un certo tipo o di un altro tipo.

Le parti in cui è divisa sono un numero grande, ma finito in ogni istante, la materia è infinitamente divisibile, nel senso che può sottostare nel tempo a un numero infinito di divisioni.

C'è un paragone molto interessante: si pensi a una campana che suoni in ogni istante. In ciascun istante il suono è attuale, ma soltanto potenzialmente infinito. Non c'è un momento per poter ascoltare tutti i suoni contemporaneamente. La divisione è attuale in ogni istante ma solo potenzialmente infinita.

Questa cosa è importante perché, vedremo, Leibniz rovescia completamente questa situazione, assumerà che in ogni istante la materia è divisa all'infinito, negando appunto questo assunto fondamentale aristotelico.

Perché questa distinzione tra infinito in atto ed infinito in potenza? Per evitare i paradossi di Zenone, rappresentati da Aristotele sempre nella fisica.

Si veda, ad esempio, il secondo paradosso di Zenone, quello detto di Achille: il più lento nella corsa non sarà mai raggiunto, poiché quello che segue deve sempre cominciare a raggiungere il punto dal quale è partito quello che fugge, in modo che il più lento ha sempre qualche vantaggio.

Come conclusione del ragionamento si ricava che il più lento non verrà raggiunto dal più veloce.

Di conseguenza la soluzione sarà la medesima: si ha una conclusione tra divisibilità in potenza e divisibilità in atto. Quanto a pensare che colui che è davanti non sarà mai raggiunto, è falso. In realtà, nella misura in cui è davanti non è raggiunto, ciò quando parte, ma sarà raggiunto non appena si conceda che il percorso è una linea finita (ecco l'osservazione che fa Aristotele).

Successivamente il concetto di infinito in autori posteriori ad Aristotele, come Plotino, assume una curvatura diversa. Plotino è importante perché ha recuperato l'idea di infinito metafisico che si salda a un impianto sostanzialmente aristotelico, dando luogo a una prospettiva che si ritroverà nei medievali.

Plotino si appropria del concetto di infinito definito come principio, che Aristotele aveva rifiutato, e lo salda in una problematica aristotelica fondata sulla nozione che quello che riguarda le cose del mondo è diviso tra infinito in atto e in potenza.

Plotino fa una identificazione tra l'uno e l'infinito. L'infinito è una proprietà dell'uno. "L'uno non è limitato, ma neppure infinito come grandezza, poiché dove avrebbe dovuto avanzare o perché qualcosa giungesse a lui che non ha bisogno di nulla?".

L'uno non è esteso, perché, se fosse esteso, implicherebbe l'andare da qualche parte, cioè una relazione spaziale.

Ha l'infinità in quanto potenza non è mai in modo diverso. L'infinità gli appartiene perché non è più di uno e non allude ad un rapporto che limita qualcuna delle cose che gli appartengono. Quindi qui si recupera il senso dell'infinito come indeterminato.

L'infinito è, in questo senso, privo di determinazioni in quanto è uno, non è misurato né è numerabile. Non trova il suo limite né in altro né in se stesso perché altrimenti sarebbe due cose.

Non ha figura, non è rappresentabile, non gli appartengono le forme. Idea di uno come indifferenziato, primigenio e come principio: quello che Aristotele aveva cercato di eliminare.

L'idea dell'infinito è come negazione della privazione. L'uno è privo di qualsiasi determinazione. In questo senso è infinito.

Viene fatta per la prima volta una equazione: "l'Uno non è altro che Dio e quindi è infinito".

Plotino combina la concezione con un punto di vista aristotelico per ciò che concerne il mondo sensibile e già qui parte un problema, che è quello dell'eternità del mondo, che vedremo sarà determinante per la tradizione medievale.

Aristotele crede che il mondo sia eterno e questo per i filosofi medievali e cristiani costituisce un grosso problema, perché se è eterno non può essere creato.

Tommaso d'Aquino sviluppa questo argomento contro l'infinità del mondo nella *Summa teologica*: è contrario alla ragione che ciò che è creato sia infinito; infatti sarebbe una contraddizione che l'essere creato possa essere infinito.

Il problema che riguarda l'infinito si trova trattato in molti filosofi medievali. Si veda, ad esempio, il ragionamento di Giovanni Duns Scoto sul paradosso dei cerchi, risultante dall'assunzione della concezione della retta come costituita da parti. Si hanno due cerchi concentrici: se dal centro traccio i raggi del cerchio più grande, intercutto tutti i punti della circonferenza, ma così facendo intercutto anche tutti i punti della circonferenza più piccola e quindi metto in corrispondenza tutti i punti della circonferenza più piccola con quelli della circonferenza più grande. La circonferenza più grande è fatta dallo stesso numero di punti della circonferenza più piccola. E ciò è contrario alla nostra intuizione della nozione tutto-parte.

I medievali mettono in relazione la nozione classica aristotelica di infinito in atto e infinito in potenza con due altri concetti che sono due concetti chiave della tradizione occidentale riguardo all'infinito: infinito categorematico e infinito sincategorematico.

L'infinito categorematico è quello che ha significato di per sé, quindi è l'infini-

to in atto. Dal punto di vista logico è un'espressione linguistica che individua una classe di oggetti, come "cane" o "cavallo".

L'infinito sincategorematico è potenziale, si perfeziona sempre. È relativo ad elementi linguistici che assumono significati compiuti solo se si applicano a termini categorematici. Il significato di "e" risulta evidente solo se connette due posizioni.

La relazione tra i due significati si può vedere riflettendo su questo esempio: "uomini infiniti corrono" equivale a dire "una infinità di uomini presi collettivamente corrono".

Nell'uso sincategorematico il termine di infinito è preso distributivamente.

Alcuni uomini corrono ma non tanti che non sia possibile che corrano di più. Questo è il significato.

Inteso in un modo categorematico, è un termine comune e significa "la quantità della cosa soggetta a predicato"; come quando si dice "il mondo è infinito". In un altro modo lo si intende sincategorematicamente: il modo in cui il soggetto si rapporta al predicato: è segno distributivo come se dico "alcuni uomini corrono". Qui si sovrappone il concetto di infinito categorematico a quello di infinito in potenza. Quindi il primo diviene attuale ed equivale a tutti i termini messi insieme mentre l'infinito sincategorematico è riferito sempre in senso potenziale.

Con il Rinascimento si ha il recupero della nozione di infinito come principio (avversato da Aristotele).

I rappresentanti principali sono Nicolò Da Cusa e Giordano Bruno.

Il primo scrive "siccome qualsiasi parte dell'infinito è infinita, implica contraddizione trovare un punto in cui si arriverebbe all'infinito (...) Nel numero infinito il 2 non sarebbe minore del 100 se si potesse arrivare all'infinito in atto nel processo ascensionale (come la linea infinita). Solo il massimo assoluto è infinito in senso negativo".

Giordano Bruno realizza un recupero interessante dell'infinito, che viene a far parte dell'esistente contro la prospettiva antica del mondo finito.

"Io dico l'universo tutto infinito perché non ha margine, termine, né superficie. Ma ciascuna parte di esso è finita".

Qui c'è la comparazione di Dio all'infinito. C'è l'ingresso dell'infinito a livello naturale.

Galileo elabora un paradosso interessante: dato l'insieme dei numeri naturali, possono essere messi ciascuno in corrispondenza del suo quadrato; per esempio 1 con 1, 2 con 4. Così mettiamo in corrispondenza un infinito con la sua parte propria. I quadrati sono tanti quanti i numeri di cui sono quadrati. È paradossale: abbiamo 2 infiniti in cui uno sta dentro l'altro.

L'infinito diviene poi un importante concetto fisico con Cartesio, il quale ritiene che la realtà naturale è costituita da un pieno di materia su cui Dio applica il movimento e comincia a muoversi in maniera vorticoso, generando frammentazioni di questa materia complessa, di questo aggregato materiale.

Nei *Principi*, al paragrafo 34, arriva a questa idea: “tuttavia bisogna ammettere che in questo moto c’è qualcosa che la nostra anima concepisce esser vero, ma che nondimeno non è in grado di comprendere”.

La materia è un blocco unico come un fluido che si sposta distribuendosi nello spazio; in dipendenza di diverse velocità ci saranno zone più o meno rarefatte. Allora, per riempire le zone più piccole, c’è bisogno che la materia si frammenti in una polvere finissima. Una divisione indefinita che avviene in tante parti che non potremo determinare con il pensiero, alcune tanto piccole da non pensare che possano essere divise in altre ancora più piccole.

Bisogna riempire tutte le grandezze di questi spazi che sono differenti.

C’è una divisione all’infinito in atto della materia. Non dobbiamo dubitare di questa divisione. Noi non siamo in grado di comprenderla ma dobbiamo accettarla per ragioni fisiche.

Nella visione della fisica di Leibniz, la materia aristotelica è identica alla materia sottile di Cartesio. Entrambe sono divisibili all’infinito. Entrambe sono prive di per sé di forma e di moto, entrambe ricevono la forma mediante il moto. La materia è fluido originario, cui si applica il moto; questo è come far bollire nella pentola della pentola. L’effetto del calore genera il movimento della materia.

Le figure sono l’effetto dell’applicazione del moto a questa materia, che è infinita.

Leibniz ha un’altra intuizione: se una persona fosse dotata di sguardo penetrante come una linca, scorgerebbe nelle cose più piccole in proporzione la maggior parte delle cose che conosciamo nelle cose grandi. E se le cose più piccole si spingono fino all’infinito, un qualsiasi atomo sarà come un mondo.

Si apre una porta su un panorama strano: l’infinito entra a far parte dell’esperienza quotidiana. Gli oggetti sono fatti di parti infinite e sono divisibili.

La definizione di Leibniz è data in relazione al concetto di Aristotele: bisogna concepire lo spazio come pieno di una materia originariamente fluida, suscettibile di tutte le divisioni e soggetta anche attualmente a divisioni e suddivisioni all’infinito; ma con questa differenza però: che essa è divisibile e divisa inegualmente in punti diversi a causa dei movimenti che sono già in essa, più o meno cospiranti tra loro.

Essa ha perciò ovunque un certo grado di rigidità, così come di fluidità; non c’è alcun corpo che sia duro al massimo grado tale che ci si trovi un atomo di durezza insormontabile o qualche massa del tutto indifferente alla divisione.

Per Leibniz la struttura materiale del mondo è divisibile all’infinito in un modo determinato. Egli accetta l’infinito attuale, in ogni istante la materia è divisa in una infinità di parti. “Per quanto paradossale ciò possa sembrare, è impossibile avere la conoscenza degli individui e trovare il modo di determinare esattamente l’individualità di una qualunque cosa, a meno di conservarla inalterata; poiché tutte le circostanze possono ripetersi, le più piccole differenze ci sono insensibili e il luogo o il tempo,

ben lungi dal determinarle di per sé, hanno bisogno anch'essi di essere determinati dalle cose che contengono. Ciò che vi è di più considerevole in questo fatto è che l'individuo racchiude l'infinito e solo colui che è capace di comprenderlo può avere la conoscenza del principio di individuazione di questa o quella cosa". Leibniz riafferma, a proposito della dimensione reale della materia e in polemica con Aristotele, che "attualmente la materia è divisa in parti e per qualunque parte piccola a piacere è possibile trovarne sempre una più piccola".

Un albero, un uovo, una pianta sono fatti di una infinità di parti, sono oggetti aggregati non compiuti. Leibniz arriva all'idea che la realtà è divisa in infinito in ogni momento. In ogni momento è possibile andare oltre le parti e però gli oggetti che compongono la realtà sono semplicemente degli aggregati, gli individui non esistono né hanno cittadinanza né nelle considerazioni della fisica, né in quelle della matematica. Sono semplici modi per concepire, strumenti di analisi per il calcolo, ma non sono reali. Le monadi non sono atomi che compongono la realtà; sono condizioni dell'apparire, sono al di là della realtà dell'esperienza.

L'infinito matematico è potenziale (sincategorematico). Qualunque grandezza io do, è sempre possibile spingersi oltre. In Leibniz c'è sempre una prospettiva di tipo interno-esterno: da una parte fissa dei limiti alla nostra conoscenza (no agli infinitesimi), dall'altra fa speculazioni metafisiche impegnandosi a dire come sono le cose.

La relazione di Massimo Mugnai è stata trascritta dalla registrazione magnetica a cura di Giulia Villani; il testo non è stato rivisto dall'Autore.

I labirinti dell'infinito

Umberto Bottazzini

“Senza l'infinito non c'è matematica” (opinione di un matematico del secolo scorso). Questa definizione è interessante per i seguenti aspetti:

I concetti matematici derivano dall'osservazione del mondo esterno (vedi egizi che contavano e distinguevano i numeri). Se è vera la definizione, noi non abbiamo idea dell'infinito nella realtà, ma solo di qualcosa di molto grande. Il concetto di infinito è creazione della nostra mente ed è concetto fondamentale anche per sviluppare concetti matematici che non nascono dentro di noi, ma ci sono suggeriti dalla pratica e dal mondo esterno. Incidentalmente oggi questo modo di pensare è messo in discussione per esperienze fatte in campo biologico su neonati di pochissimi giorni.

Un esempio di come non si fa matematica senza idea di infinito: pensate a tutti i numeri. Pensate ai primi 100 numeri e pensate di fare la somma dei 100 numeri. La soluzione è che la somma è $(100 \times 101)/2 = 50 \times 101$. In generale la somma dei primi n numeri è $(n \times n+1)/2$. Questa formula contiene una infinità di formule per ogni valore di n . È un condensato.

Oltre a Zenone, vi vorrei ricordare la freccia scagliata che, prima di arrivare all'obiettivo, deve raggiungere la metà e la metà della metà e così via: di fatto la freccia sta ferma.

L'argomento è paradossale se paragonato ai nostri dati di esperienza.

Analoga al ragionamento paradossale è la suddivisione del segmento: essa pose ai matematici di 400 anni fa molti problemi sulla natura della composizione del continuo e sul problema della continuità in relazione all'infinito potenziale ed attuale. Sono due problemi legati, ma distinti.

Uno dei termini con cui inizialmente era stato indicato l'infinito è “illimitato”, con qualche oscillazione di significato: prima dei presocratici e di Aristotele, il senso da attribuire a questo termine era tutt'altro che definito. Nel libro di Semeraro, *Infinito equivoco millenario*, si richiama l'attenzione sul significato da dare ad *apeiron* prima di Aristotele.

Dal punto di vista matematico il riferimento è agli *Elementi* di Euclide, dove ci sono molte cose istruttive. Per cominciare non si parla mai di infinito e, contrariamente a quello che si dice, anche la retta per Euclide non è infinita ma semplicemente il concetto di segmento che si può prolungare quanto ci pare (assioma di Archimede). Non

c'è l'infinità della retta. È un mondo chiuso e anche la geometria è formata in modo da evitare di fare riferimento a quel concetto.

Tipicamente il quinto postulato delle parallele non è citato da Euclide, da lui è formulato da rette che si incontrano, non che non si incontrano. È concetto positivo e non per caso. Questo è importante dal punto di vista filosofico: è una specifica scelta.

Oltre all'attenzione di evitare argomenti di infinito in atto, in Euclide c'è un teorema importante e semplice che riguarda i numeri primi: "esistono infiniti numeri primi"; Euclide dice che "sono più di una qualsiasi moltitudine assegnata di numeri primi".

Il ragionamento illustrativo fatto per assurdo è molto semplice: supponiamo che questi numeri primi siano un numero finito p^1, p^2, p^n ; facciamo il loro prodotto e aggiungiamo 1. Se il risultato è primo abbiamo una contraddizione; se non è primo vuole dire che è divisibile per un altro numero primo.

Ragionamento semplice, ma che mi dice che i numeri sono infiniti; altro problema è la loro distribuzione.

Nell'antichità, quando parla di parabola, Archimede parla di un segmento di parabola. Ma ci sono nell'antichità teoremi in cui l'infinito emerge come luogo geometrico (esempio, la retta impropria). Si veda l'esempio del teorema di Pappo.

Pensate a tre punti allineati A, B, C, che stanno su una retta. Pensiamo ad un'altra retta con punti A1, B1, C1. Se noi congiungiamo i punti, le rette si intersecano in tre punti che sono loro stessi allineati. Qui non c'entrano le misure, per dimostrare l'enunciato dobbiamo assumere la retta impropria.

Un discorso di geometria proiettiva ha un'esemplificazione data dai pittori del rinascimento (ad esempio la *Flagellazione* di Piero della Francesca). Troviamo il punto di fuga che è l'infinito. Rappresenta lo spazio al di là di quello che possiamo vedere.

La geometria proiettiva diviene parte della pratica di avere a che fare con l'infinito in modo intuitivo ma anche matematico. Nel '500 la *compositio continui* era un problema molto dibattuto. Se pensiamo a cosa può essere continuo ci viene in mente lo scorrere del tempo o lo spazio intorno a noi.

"L'infinito è intrigante ma l'intelletto umano non può che girarci intorno" (Galileo, *Dialogo*).

Prendiamo due cerchi messi su un piano, poi appoggiati su una retta (in modo che sembrino due ruote). Immaginiamo che queste scorrano sulla retta, facciamo fare un giro completo. La circonferenza del cerchio maggiore sarà uguale a quella del cerchio minore.

In relazione al tema della continuità, Galileo prova a dare una spiegazione: è quella cosa che ottengo quando considero un poligono di mille lati. Ho ruote di poligoni che fanno salti perché non ruotano. Così per spiegare che facendo ruotare un esagono tra un segmento e l'altro ci sono spazi vuoti. Con un poligono di mille lati avrò mille spazi vuoti, avrò una retta bucherellata. Anche ciò è contraddittorio. A questo punto Galileo li definisce concetti intriganti.

senza punti in comune; allora significa che la retta è continua (necessita di quel punto tolto). In questo articolo l'autore pone anche un altro problema: se prendo una funzione, una curva nel piano, è possibile approssimare questa curva con un'altra curva? Con somme di funzioni periodiche? Con seni e coseni? La risposta è sì, a certe condizioni: la curva non deve avere troppe discontinuità. Allora ecco il problema della continuità in successione dei numeri reali.

La cosa interessante è che è un articolo che ha a che fare con le premesse del teorema della discontinuità rispetto al teorema stesso.

Gli insiemi che l'autore analizza hanno tra loro caratteristiche diverse. Così si generano crescenti infinite concettualmente distinte. L'autore ha in mente di costruire gerarchie di infiniti che trovano corrispondenza nella matematica dove ci sono infiniti diversi.

La prima scoperta è che i numeri algebrici e trascendenti sono molti di più dei numeri razionali che già sono una infinite densa. Questi insiemi di numeri sono molti di più: i numeri algebrici sono tanti quanti i numeri naturali e invece i numeri reali hanno la potenza del continuo. Se gli algebrici sono numerabili e costituiscono l'insieme di tutti i numeri reali, allora i trascendenti sono continui.

Da qui cominciano le ricerche sulla costituzione dagli infiniti, come si possa costruire l'aritmetica dei numeri trasfiniti.

La relazione di Umberto Bottazzini è stata trascritta dalla registrazione magnetica a cura di Giulia Villani; il testo non è stato rivisto dall'Autore.

Il concetto di tempo. Linee di una evoluzione storica e concettuale La questione del tempo tra filosofia e scienze

Luigi Ruggiu

La lezione assume come prospettiva di lettura la concezione del tempo che la filosofia e le scienze hanno effettuato nel corso della storia occidentale del concetto.

L'evidenza che il tempo riveste nell'esperienza comune costituisce il punto di partenza dell'analisi filosofica. Tuttavia non appena si passa alla traduzione concettuale di quella realtà che pure appare essere punto di riferimento centrale nella costruzione della nostra esperienza e insieme del senso della nostra esistenza, immediatamente emerge la difficoltà di tradurre in concetti il nostro vissuto temporale.

È l'imbarazzo che mostra Agostino: "Eppure vi è una nozione più familiare e nota, nei nostri discorsi, del tempo? [...] Che cos'è dunque il tempo? Se nessuno me lo chiede lo so; se voglio spiegarlo a chi me lo chiede, non lo so"¹.

Ma questo imbarazzo traduce in realtà una condizione aporetica del tempo, come bene aveva chiarito Aristotele²: il tempo si pone come qualcosa che è distinguibile in parti e quindi divisibile: presente, passato e futuro. Ma queste parti del tempo, che costituiscono l'orizzonte della nostra vita, quando vengono analizzate, diventano prima inafferrabili per poi quasi dissolversi: passato e futuro infatti sembrano appartenere piuttosto al nulla che all'essere, sono varianti per così dire del nulla: giacché l'uno non è più l'altro non è ancora. E tuttavia l'uno costituisce il distendersi e l'accumularsi nella nostra memoria dell'esperienza del nostro trascorrere cioè vivere, l'altro si pone come l'apertura dell'orizzonte del nostro agire, cioè del nostra rapportarci al mondo secondo i nostri bisogni, paure e speranze. Lo stesso presente, nella sua riduzione al puro punto senza estensione, mostra di non poter avere nessun carattere di permanenza e di stabilità come pure sembra richiedere la nostra ingenua concezione del presente.

L'aporeticità del tempo, a partire dal pensiero del "venerando e insieme terribile" Parmenide, coinvolge innanzitutto il carattere di "essere" del tempo e insieme la possibilità che si possa legittimamente parlare della natura temporale o meno degli enti che sono nell'essere.

L'essere non è tempo. Con questo asserto Parmenide rompe con l'esperienza greca quale si esprime nell'orizzonte del linguaggio. Con Parmenide, invece, la realtà, ormai espressa nella riduzione a sostantivo neutro del participio presente del verbo essere, cioè *to eon*, ammette o è compatibile solo con il presente. L'essere è l'«è»: *esti*

gar einai (D.K. 2). “L’essere non era né sarà, giacché esso è ora, tutto insieme, uno e continuo” (Parmenide, D.K. 8, v. 5).

Il tempo, messo in questione da Parmenide in nome dell’essere, semplicemente non è, oppure esiste un senso dell’essere che legittima il tempo nel suo essere?

Ma anche Aristotele, per il quale il divenire e quindi anche il tempo che ne costituisce la struttura essenziale, sono posti come indubitabilmente essenti, come tali per cui la loro negazione non è neppure in grado di costituirsi, deve ammettere che il tempo nella sua immediatezza si pone come aporetico.

L’aporetica assume, nella maggior parte delle considerazioni del tempo, il carattere di una trattazione preliminare ineliminabile. La sanzione di ciò si ha con il cap. 10 del IV libro della *Fisica* di Aristotele, che costituisce l’incunabolo più o meno nascosto di ogni ulteriore trattazione del tempo.

Questa impostazione si prolunga fino ai giorni nostri.

È importante sottolineare il fatto che la semantizzazione dell’essere del tempo si costituisce solo in quanto in esso diviene costitutiva una “tensione” verso il non-essere. Questa “tensione” in termini di fisica si traduce come irreversibilità - la freccia del tempo - e nel secondo principio della termodinamica sulla dissipazione dell’energia. Ma in termini filosofici questa considerazione del tempo introduce il non essere, cioè quanto non può né essere né essere detto e pensato, secondo l’ingiunzione parmenidea. L’aporetica coinvolge quindi insieme l’esistenza e l’essenza.

IL DOMANDARE FILOSOFICO SUL TEMPO

La filosofia si apre dunque con la domanda sul tempo: a) se esiste; b) come esiste; c) qual è la sua natura.

Un tale domandare ha una caratteristica peculiare: esso coinvolge insieme colui che domanda, in quanto essenzialmente contrassegnato nel proprio essere dal tempo. Si interroga sul tempo colui che è per essenza un “essere nel tempo”. Come osserva Seneca: *Reliqua nobis aliena sunt, tempus tamen nostrum est.*

L’essere dunque viene concepito a partire dal tempo.

In questo modo la questione “del” tempo ha valore insieme soggettivo e oggettivo. Attraverso il tempo, è problematizzato l’essere dell’uomo e infine l’essere *tout-court*.

LE SCIENZE E IL TEMPO

E tuttavia non si può assolutamente dimenticare che nella tradizione filosofica occidentale la questione del tempo ha insieme valenza filosofica e scientifica.

Questo legame permane anche nel filone di riflessione platonica e neo-platonica

COME SI INTERROGANO LE SCIENZE SUL TEMPO?

Il tempo è in generale presupposto come orizzonte primario delle scienze. Oggetto d'indagine è quindi solamente il "come" del suo essere, cioè quale è il ruolo che il tempo giuoca in ciascuna scienza.

Sotto quest'aspetto, i due approcci, quello della filosofia e quello delle scienze, dovrebbero procedere paralleli, senza alcuna reciproca interferenza.

Ma tutto questo è vero solo in parte: per certi versi, infatti, gli esiti della fisica di stampo einsteiniano sembrano intrecciare e sovrapporre discorso filosofico e discorso scientifico, mettendo in crisi sia la tradizionale delimitazione del campo della fisica come scienza particolare, sia le peculiari valenze di tipo metodologico.

Così P. Coveney e R. Higfield⁶ si domandano, sia pure a partire dalla fisica, in che modo sia possibile riportare ad unità "il tempo come movimento, oggetto di studio della dinamica; il tempo associato all'irreversibilità, che è alla base della termodinamica; il tempo come storia, che troviamo in biologia e in sociologia".

Un tentativo di risposta a questa domanda è data da Prigogine: "Chiaramente non è cosa facile. Eppure viviamo in un unico universo. Se vogliamo ottenere una visione coerente del mondo in cui siamo inseriti, dobbiamo trovare qualche strada per passare da una descrizione all'altra"⁷ e, aggiungiamo, da un livello all'altro del discorso.

Rimane comunque la constatazione che è paradossale che proprio nel momento in cui i punti di contatto e di sovrapposizione tra le diverse scienze e tra queste e la filosofia divengono costanti, il reciproco scambio tra esse risulti invece ancora insufficiente.

Tutte queste descrizioni fenomenologiche del presente spesso mancano di ogni approfondimento filosoficamente significativo. Ma anche le riprese filosofiche del problema della temporalità sembrano del tutto prive di spessore fenomenologico.

La ricerca scientifica spesso ignora - o sembra ignorare - la ricerca filosofica. E anche quando i suoi risultati vengono ripresi, nell'uno come nell'altro ambito disciplinare, essi sono piuttosto accostati e sovrapposti che rielaborati.

IL TEMPO DELLA RELATIVITÀ E LA ROTTURA CON L'ESPERIENZA COMUNE. IL TEMPO COME OSTINATA ILLUSIONE

Questa unità di esperienza comune e di mondo della scienza è invece venuta meno con la rivoluzione einsteiniana.

In essa, infatti, il "come" del tempo che costituiva il punto di partenza della scienza tradizionale retroagisce non solo sulla determinazione concreta della forma di esistenza, ma anche sulla sua natura e quindi sullo stesso significato dell'esistenza. L'esito della fisica einsteiniana pone in questione, infatti, a partire dal "come" del tempo - simmetria contro asimmetria - anche il suo essere.

LA FRECCIA DEL TEMPO E L'IRREVERSIBILITÀ

Come si colloca il problema della irreversibilità nella nuova scienza?

“Tutte le equazioni della fisica, confermate da successi spesso secolari sono simmetriche rispetto al tempo. Esse, cioè, possono essere usate altrettanto bene in una direzione nel tempo quanto nell'altra. Il futuro e il passato sembrano essere fisicamente su un piede di completa parità. Le leggi di Newton, le equazioni di Hamilton, quelle di Maxwell, la relatività generale di Einstein, l'equazione di Dirac, l'equazione di Schrödinger: tutto questo rimane inalterato se invertiamo la direzione del tempo” L'intera meccanica classica è reversibile nel tempo¹¹.

Quali sono gli aspetti principali di questa rottura?

LA RICERCA DI UNA ARMONIZZAZIONE DI SCIENZA E ESPERIENZA: PRIGOGINE

Questi esiti della fisica contemporanea sono stati messi in discussione da Ilya Prigogine e da Isabelle Stengers¹². Partendo dalle strutture interne della stessa scienza, questi ricercatori intendono capovolgerne le prospettive, introducendo in essa l'irreversibilità e quindi ridando significazione essenziale a quella freccia del tempo che la fisica classica negava.

Si tratta quindi di sanare la frattura posta tra scienza ed esperienza, tra mondo oggettivo della fisica e mondo dell'uomo. Questo richiede che venga tracciata una linea di continuità tra essere e divenire, tra eternità e tempo, tra teorie fondamentali e descrizioni fenomenologiche.

E ancora: occorre riunificare, a partire dalla centralità della freccia del tempo, mondo oggettivo e esperienza, fisica e filosofia. Prigogine può così concludere: “L'oggettività scientifica non ha senso se essa finisce con il rendere illusori i rapporti che intratteniamo con il mondo, per condannare come soltanto “soggettivi”, soltanto empirici, o “soltanto strumentali” i saperi che ci permettono di rendere intelligibili i fenomeni che indagiamo”¹³.

Una critica radicale alle pretese di predominio del tempo della fisica viene avanzata sul terreno sociologico, in particolare da N. Elias. Contro una concezione naturalistica e oggettivistica del tempo, del tutto separato e sganciato dalla società,

E Helga Nowotny osserva che “la quotidianità sociale si presenta in modo differente da quella della fisica”, dove “vengono utilizzate scale temporali adeguate al comportamento ed alla percezione degli uomini”¹⁴. La stessa abitudine alle macchine si mescola così ai ritmi biologici e sociali¹⁵.

A questo punto occorre formulare alcune domande di ordine generale sia alla fisica sia alla filosofia, mirando a tentare di porre in evidenza su quali basi può avvenire.

Come e quale portata hanno le leggi e le ipotesi sviluppate nell'ambito della fisi-

NOTE

¹ Conf. XI, XIV, 17 (la traduzione utilizzata è: S. AGOSTINO, *Confessioni*, vol. IV, libri X-XI, a cura di M. Cristiani, M. Simonetti, A. Solignac, traduzione di G. Chiarini).

² ARISTOTELE, *Phys.* IV, 10, 218 a 3 ss. Usiamo la traduzione della *Fisica*, a cura di L. Ruggiu, Milano 1995.

³ W. BEIERWALTES, *Plotin. Über Ewigkeit und Zeit*, cit., p. 247 ss.

⁴ *Timeo* 40 c.

⁵ M. HEIDEGGER, *I problemi fondamentali della fenomenologia*, tr. it. a c. di A. Fabris, Genova 1988, pp. 249 ss.

⁶ *La freccia del tempo*, Milano 1991, p. 313.

⁷ I. PRIGOGINE, *Dall'essere al divenire*, tr. it., p. 4.

⁸ Cfr. P. DAVIES, *I misteri del tempo. L'universo dopo Einstein*, Milano 1997², pp. 20 ss.

⁹ Cfr. *KrV*, tr. it. *Critica della ragion pura*, a c. di G. Gentile e G. Lombardo-Radice, rev. di V. Mathieu, Bari 1966, p. 78.

¹⁰ Cfr. H. BERGSON, *Quid Aristoteles de loco senserit*, (tr. it. *L'idea di luogo in Aristotele*, in *Opere* 1889-1896, Milano 1986).

¹¹ R. PENROSE, *La mente nuova dell'imperatore*, Milano 1992, p. 387.

¹² I. PRIGOGINE, I. STENGERS, *Dall'essere al divenire. Tempo e complessità nelle scienze fisiche*, Torino 1986; Id., *La nuova alleanza, metamorfosi della scienza*, Torino 1981; Id., *Tra il tempo e l'eternità*, Torino 1989.

¹³ I. PRIGOGINE, I. STENGERS, *Tra il tempo e l'eternità*, p. 41.

¹⁴ H. NOWOTNY, *Eigenzeit. Entstehung und Strukturierung eines Zeitgefühl*, Frankfurt a. M. 1989 (tr. it. di G. panziera, *Tempo privato. Origine e struttura del concetto di tempo*, Bologna 1993, p. 18).

¹⁵ Cfr. M. C. BELLONI (a cura), *L'aporia del tempo. Soggettività e oggettività del tempo nella ricerca sociologica*, pref. di F. Barbano, Milano 1986; S. Tabboni (a cura), *Tempo e società*, Milano 1985.

Aspetti del concetto di tempo nella fisica

Giulio Passatore

Questa relazione risponde a un invito per un intervento al Seminario ministeriale di formazione per docenti di filosofia “*Filosofia e saperi scientifici*” presso il Liceo Ludovico Ariosto di Ferrara. Il tema concerne aspetti del concetto di tempo nella fisica: esso investe le varie teorie fisiche appropriate alle diverse scale di ordini di grandezza che la fenomenologia presenta.

Dato che la professionalità prevalente degli ascoltatori non concerne il settore strettamente fisico, ho cercato di presentare gli aspetti concettuali senza ricorrere a tecnicismo e formule. Ciò rende ad un tempo più difficile e più facile la comunicazione delle idee: più difficile perché senza le formule e il linguaggio tecnico viene a mancare un comodo sostegno all’esposizione; più facile perché non si incorre nel pericolo di nascondere concetti, sovente complessi, entro l’automatismo formale.

Il testo è corredato da note, dalle quali è indipendente, che possono recare precisazioni e chiarimenti.

INTRODUZIONE: FENOMENOLOGIA E TEORIE FISICHE

I concetti della fisica si costruiscono attraverso un complesso processo di analisi critica a partire dai dati dei sensi. Questi sono confusi e qualitativi e portano a immagini intuitive e vaghe. La confusione si supera distinguendo, con il pensiero e con l’esperimento, gli aspetti essenziali da quelli concomitanti e il carattere qualitativo si trasforma in quantitativo definendo procedimenti di misura riproducibili e universali.

Così, in particolare, per il concetto di tempo. Una prima intuizione lo collega al concetto di *evento*, ossia di qualche fatto che si percepisce qui o là e prima o dopo qualche altro. Questa percezione impone una definizione precisa di *durata*, ossia di *intervallo temporale* tra eventi. Ne segue il problema della *reversibilità* della durata, ossia dell’invertibilità degli eventi, espresso anche come il problema dell’esistenza della *freccia* del tempo.

I concetti su cui si articolerà questo incontro sono dunque quelli di durata e di reversibilità che tratterò in questo ordine. Dato che entrambi si presentano con aspetti

diversi a seconda degli ambiti della conoscenza fisica, ossia a seconda delle scale della fenomenologia osservata, può essere opportuno dare preliminarmente un quadro di queste.

La tabella indica, molto schematicamente, in termini di lunghezze (l), masse (m) e di velocità (v), le scale che caratterizzano le teorie fisiche. Le lunghezze sono espresse come potenze di 10 metri, le masse in kilogrammi e le velocità sono confrontate con quella della luce ($c = 3 \cdot 10^8$ metri al secondo, velocità limite nella natura).

	$v \ll c$	$v \approx c$
$l < 10^{-15}$		fisica quantistica+relatività ristretta (fisica particelle)
$l \approx 10^{-14}$		fisica quantistica+relatività ristretta (fisica nucleare)
$l \approx 10^{-10}$	fisica quantistica non relativistica (fisica atomica)	
$l \approx 1, m \approx 1$	esperienza quotidiana (fisica classica)	
$l > 10^{15}, m > 10^{20}$	relatività generale	relatività generale (cosmologia)

La regione caratterizzata da lunghezze dell'ordine del metro, da masse dell'ordine del kilogrammo (e loro prossimi multipli e sottomultipli) e da velocità trascurabili rispetto a quella della luce è quella dell'esperienza quotidiana: è in essa che è avvenuta quella complessa elaborazione che ha portato dalle immagini del senso comune ai concetti rigorosi della fisica classica. Questa ha saputo costruire tecniche che hanno ampliato i sensi dell'uomo aprendogli mondi caratterizzati da altre scale di ordini di grandezza: la lunghezza di 10^{-10} metri (un decimiliardesimo di metro) è l'ordine di grandezza del raggio dell'atomo, 10^{-14} metri quello del raggio del nucleo atomico e 10^{20} metri (cento miliardi di miliardi di metri) quello del diametro della nostra galassia.

Ciò ha portato alla scoperta di leggi della natura prima ignote le quali hanno richiesto la riformulazione di concetti fondamentali. Appaiono così le caratteristiche dell'evoluzione della fisica: un ambito fenomenologico più vasto richiede una riformulazione della teoria tale da essere

più generale, nel senso di contenere come caso limite quella già formulata nell'ambito più ristretto;

più profonda, nel senso di cogliere aspetti e collegamenti che prima sfuggivano;
più astratta, dato che l'esplorazione della fenomenologia è sempre più mediata da strumentazioni che la allontanano da un'immagine diretta.

A. LA DURATA

1. Definizione operativa di durata

Già nell'ambito dell'esperienza quotidiana il cammino che porta dalla sensazione intuitiva di intervallo tra due eventi, ossia di durata, al corrispondente concetto fisico non è banale. Per convincersene, si rifletta sulla differenza tra misure di tempo e di lunghezza. Per controllare se due regoli hanno la stessa lunghezza basta affiancarli. È impossibile, invece, affiancare due intervalli di tempo che si succedono. È questa la difficoltà insita nella definizione di un campione di tempo, ossia di un'unità di misura. Per superarla si può procedere come segue.

Si pensi a un fenomeno *ricorrente*, ossia tale che continui a ripetersi: esso è fornito da un qualsiasi sistema che riassume la stessa configurazione. Si pensi ora a due fenomeni ricorrenti tra loro indipendenti. Diciamo che essi sono *sincroni tra loro* se tutte le volte che avvengono m cicli del primo avvengono anche n cicli del secondo (o loro frazioni costanti). La natura fornisce un insieme di fenomeni che risultano sincroni tra loro. Ciò consente la definizione operativa di *durata costante*: hanno durata costante gli intervalli temporali scanditi da due successive ripetizioni di uno qualsiasi dei fenomeni appartenenti a tale insieme. Un sistema che fornisce un tale fenomeno costituisce un *orologio*.

Si può così definire un'unità di misura per gli intervalli di tempo. Il secondo fu dapprima definito in termini della rotazione terrestre; oggi è definito, con precisione di gran lunga maggiore, in termini del periodo di una radiazione emessa dall'atomo di cesio.

Poniamo due domande:

L'intervallo di tempo tra due eventi ha sempre lo stesso valore per due osservatori

a) se essi sono in quiete tra loro?

b) se essi si muovono l'uno rispetto all'altro?

Fino ai primi anni del Novecento la risposta della fisica ad entrambe le domande è stata affermativa. Anzi, è stata *implicitamente* affermativa, dato che tali domande non si ponevano neppure.

Oggi le risposte sono diverse. La *relatività ristretta* risponde ancora affermativamente alla prima domanda, ma negativamente alla seconda: la valutazione dell'intervallo di tempo tra due eventi è diversa a seconda della velocità relativa tra gli osservatori. La *relatività generale* risponde negativamente anche alla prima domanda: la

valutazione dell'intervallo di tempo tra due eventi dipende anche da come l'orologio è collocato rispetto alle masse presenti.

Non si tratterà qui del processo storico e dell'elaborazione concettuale che hanno portato a queste risposte; ci si limiterà ad accennarne le motivazioni di fondo, mentre si concentrerà l'attenzione su come queste risposte hanno radicalmente mutato il concetto intuitivo di tempo.

2. La durata nella fisica classica e nella relatività ristretta

Un'idea guida della ricerca fisica, oggi più che mai vitale, è quella di simmetrie della natura, ossia di proprietà di invarianza della fisica rispetto a certe operazioni. Consideriamo qui l'operazione che consiste nella trasformazione tra i sistemi di riferimento di due osservatori in moto relativo rettilineo uniforme. Pensiamo al famoso passo contenuto nella *Giornata seconda del Dialogo dei Massimi Sistemi*: un osservatore sta sulla costa e l'altro è “nella maggiore stanza che sia sotto coverta” di una nave che viaggia uniformemente in acque tranquille. Ciò che Galileo afferma è che tutte le leggi della meccanica appaiono le stesse ai due osservatori. È questo il *principio di relatività di Galileo* che, in termini generali, si enuncia dicendo che le leggi della meccanica sono invarianti rispetto a trasformazioni tra osservatori inerziali (per osservatore inerziale si intende osservatore per il quale sussiste la legge di inerzia e ogni osservatore in moto rettilineo uniforme rispetto ad esso è anch'esso inerziale). In altri termini, tutti gli osservatori inerziali sono equivalenti, nessuno di essi può accorgersi del proprio moto con esperimenti di meccanica compiuti al suo interno.

L'idea di Galileo, pur così semplice in apparenza, ha un'enorme portata concettuale: essa distrugge il “fermo assoluto” quale era la Terra di Aristotele. Tuttavia la trasformazione tra i sistemi di riferimento di due osservatori inerziali appropriata alla fenomenologia nota al tempo di Galileo e chiamata *trasformazione di Galileo*¹ muta, istantaneamente, le sole coordinate spaziali mentre la coordinata temporale resta la stessa per entrambi gli osservatori. Il tempo mantiene così il carattere assoluto conforme al senso comune quale sarà più tardi formalizzato da Newton. Tutta la meccanica sviluppata nel corso dei secoli XVIII e XIX risulta invariante per tali trasformazioni.

Alla fine dell'Ottocento, disponendo della teoria maxwelliana dell'elettromagnetismo, si dovette constatare che per essa tale invarianza non sussiste. Allora l'alternativa:

– per l'elettromagnetismo non sussiste il principio di relatività di Galileo,

oppure

– il principio di relatività di Galileo sussiste anche per l'elettromagnetismo e di conseguenza la trasformazione tra osservatori inerziali nota al tempo di Galileo deve essere modificata.

La strada scelta da Einstein è stata la seconda². Nacque così la teoria della *relatività ristretta* (“ristretta” perché il principio di relatività è limitato ai soli osservatori inerziali). In particolare, siccome le leggi dell’elettromagnetismo prevedono un ben determinato valore per la velocità della luce nel vuoto, *questo valore deve essere lo stesso per tutti gli osservatori inerziali qualunque sia il loro stato di moto rispetto a un segnale luminoso: sia che gli vadano incontro, sia che si muovano trasversalmente ad esso, sia che se ne allontanino*. Questo requisito determina la nuova legge di trasformazione tra i sistemi di riferimento di osservatori inerziali. Questa legge è nota come *trasformazione di Lorentz*³. A seguito di essa le coordinate spaziali e temporale si “mescolano” e, conseguentemente, due diversi osservatori inerziali valutano diversamente sia la distanza spaziale sia l’intervallo temporale tra due eventi. Precisamente, l’intervallo di tempo tra due successive indicazioni di un orologio è valutato, da un osservatore in moto rispetto ad esso, più lungo di come lo valuta un osservatore con esso in quiete (*dilatazione degli intervalli di tempo*)⁴ e la lunghezza di un regolo è valutata da un osservatore in moto rispetto ad esso più corta di quanto la valuti un osservatore con essa in quiete (*contrazione delle lunghezze*). Inoltre la velocità della luce risulta essere la velocità limite nella natura: di qui l’impossibilità di trasmettere istantaneamente alcun segnale.

Va notato che alle velocità che intervengono nell’esperienza quotidiana la dilatazione relativistica degli intervalli di tempo è del tutto irrilevante. Ma nell’ambito della fisica delle particelle cosiddette elementari sono ordinariamente in gioco sistemi di riferimento, costituiti dalle particelle stesse, la cui velocità relativa al laboratorio è dell’ordine di quella della luce o di pochi ordini di grandezza inferiore. È abituale, in queste situazioni, la constatazione diretta del fenomeno della dilatazione degli intervalli di tempo⁵.

I mutamenti che la relatività ristretta ha portato alla nozione di durata sono rilevanti. La durata, come la distanza, è divenuta dipendente dallo stato di moto di ciascun osservatore inerziale: distanza e durata diventano concetti subordinati a quello di movimento. Non si può più parlare di durata nel senso assoluto affermato da Newton nel famoso scolio dei *Principia*. Si usa talvolta l’espressione di “elasticizzazione” degli intervalli di tempo. Distanze spaziali e durate si trasformano tra loro nel passare da un osservatore inerziale a un altro. Non si parla quindi più di spazio e di tempo, come realtà indipendenti dall’osservatore, bensì di *spazio-tempo*.

Tuttavia questo, come nella fisica del passato, resta un *contenitore* della materia e dei fenomeni i quali lo occupano, ma non ne determinano la *struttura*. Per ogni singolo osservatore le misure delle distanze e degli intervalli di tempo restano separate e indipendenti: un regolo mantiene la sua lunghezza dovunque e in qualunque istante lo si collochi e pertanto la struttura dello spazio resta caratterizzata dalla geometria euclidea. Similmente un orologio mantiene lo stesso ritmo sempre e dovunque. Queste proprietà vengono radicalmente mutate dalla teoria della relatività generale.

3. La durata nella relatività generale

La motivazione che portò Einstein a costruire la teoria della relatività generale è duplice:

- *estendere il principio di relatività a qualunque osservatore, anche non inerziale*⁶;
- *interpretare il fatto che tutti i corpi, nel vuoto, cadono con la stessa accelerazione*⁷.

Le due motivazioni sono collegate: infatti per un osservatore in moto accelerato rispetto a un osservatore inerziale tutti i corpi presentano la stessa accelerazione, come se fossero soggetti a un fittizio, opportuno campo gravitazionale. Di qui l'idea di interpretare gli effetti riscontrati in un campo gravitazionale come dovuti non ad una forza, bensì al trovarsi in un sistema di riferimento accelerato. È questa l'idea base del *principio di equivalenza* di Einstein.⁸

Per un osservatore in un sistema di riferimento accelerato lo spazio e il tempo non sono più uniformi come lo sono, invece, per un osservatore inerziale. Con questo intendo che distanze che per l'osservatore inerziale sono uguali non sono tali per l'osservatore non inerziale e così le durate. Infatti l'osservatore che si muove di moto accelerato ha in ogni istante e in ogni posizione una velocità diversa (rispetto all'osservatore inerziale) e perciò, in base alla relatività ristretta, percepisce come differenti distanze e durate che l'osservatore inerziale percepisce come uguali. Ma l'osservatore accelerato ignora il proprio moto e perciò, anziché riscontrare diversi valori della propria velocità nei diversi punti dello spazio-tempo per cui transita, vede questo deformato rispetto a come lo vede l'osservatore inerziale.

Se ora si introduce il principio di equivalenza di Einstein per il quale gli effetti in un campo gravitazionale sono quelli stessi osservati in un opportuno sistema di riferimento accelerato, si conclude che l'effetto di una distribuzione di masse può essere descritto, anziché come generazione di una forza gravitazionale, come una distorsione dell'uniformità dello spazio-tempo, ossia come un fatto puramente geometrico. Dato che un campo gravitazionale, in generale, non è uniforme, la distorsione dall'uniformità dello spazio-tempo sarà, in generale, diversa da punto a punto. Questa distorsione è esprimibile come l'acquisizione di una curvatura intrinseca dello spazio-tempo il quale, dunque, in prossimità delle masse, non soddisfa alla geometria euclidea.⁹

In sintesi, le conclusioni cui si perviene sono:

- *Le masse dei corpi determinano la struttura dello spazio-tempo che perde il suo carattere euclideo: gli effetti gravitazionali sono ridotti a effetti dovuti alla sua curvatura;*
- *Le leggi della fisica sono invarianti nel passare da un osservatore a un altro, qualunque sia il loro stato di moto relativo.*

Gli effetti dinamici che nella teoria newtoniana sono attribuiti alla forza gravi-

tazionale derivano, nella relatività generale, dalla struttura non euclidea dello spazio-tempo quale risulta dalla distribuzione delle masse presenti: la dinamica gravitazionale di Newton è trasformata in pura geometria. Il problema del moto è quello di conoscere come la distribuzione delle masse determini la curvatura dello spazio-tempo. La relatività generale è dunque, essenzialmente, una teoria della gravitazione le cui previsioni che vanno oltre la teoria di Newton sono rilevanti ove sono in gioco grandi masse e grandi distanze. In particolare, essa ha un ruolo fondamentale nella cosmologia.

Il cambiamento della nozione dello spazio-tempo recato dalla relatività generale è profondo. Lo spazio-tempo non è più il semplice contenitore della materia e dei fenomeni, ma questi ne determinano la struttura. Spazio, tempo e materia costituiscono dunque un tutto unico: nessuno di questi tre concetti può essere pensato indipendentemente dagli altri due. In particolare, due orologi identici diversamente collocati rispetto a una distribuzione di masse mostrano a uno stesso osservatore ritmi diversi ritmi diversi¹⁰.

4. La durata nella fisica quantistica

Finora non si è toccato il problema della *risolubilità* degli intervalli temporali, cioè se, per qualche legge della natura, esista un limite inferiore agli intervalli di tempo tra due eventi. Ciò è implicitamente negato dalla meccanica newtoniana. Anzi, è grande merito di Newton l'aver dotato la meccanica di quello strumento matematico potente che è il calcolo differenziale che implica intervalli di tempo infinitesimi. Per affrontare il problema posto sopra occorre rivolgersi al mondo caratterizzato da fenomeni su scala temporale viepiù piccola, quali sono i fenomeni atomici e subatomici. È questo il dominio della fisica quantistica che è fondata sulle *relazioni di indeterminazione* di Heisenberg. Queste concernono grandezze che nella meccanica classica si chiamano *canonicamente coniugate*: sono tali, ad esempio, la componente della posizione su un asse e la corrispondente componente della quantità di moto ed anche il tempo e l'energia. L'*uniformità* rispetto al primo partner di ciascuna coppia implica la *conservazione* del secondo: così l'uniformità dello spazio lungo un asse implica la conservazione della quantità di moto lungo esso e l'uniformità del tempo implica la conservazione dell'energia. Le relazioni di indeterminazione¹¹ affermano che, per legge della natura, esiste un limite inferiore invalicabile, espresso dal valore della costante di Planck, alla precisione nelle misure simultanee di due grandezze canonicamente coniugate. In particolare la relazione di indeterminazione concernente tempo e energia implica che se si pretendesse di misurare l'energia di un corpo con un'accuratezza arbitraria occorrerebbe un intervallo di tempo infinito; disponendo, invece, di un intervallo di tempo finito il valore dell'energia è definibile soltanto entro un'indeterminazione inversamente proporzionale all'intervallo di tempo e il fattore di proporziona-

lità è la costante di Planck. La fisica quantistica, dunque, stabilisce una relazione tra *accuratezza della conoscenza dell'energia e durata della sua misurazione*: fissata tale accuratezza, la durata della misurazione non può scendere al disotto di un certo valore e, reciprocamente, se è data la durata disponibile per la misurazione, l'indeterminazione del risultato supera necessariamente un certo valore.

Le relazioni di indeterminazione, sconosciute alla fisica classica, sono irrilevanti nella scala dell'esperienza quotidiana, ma essenziali su scala atomica e subatomica. Esse non hanno solo portata negativa, ma consentono possibilità logiche nuove dalle quali nasce la fisica quantistica. In particolare la relazione tempo-energia sta alla base del meccanismo delle interazioni tra le particelle cosiddette elementari come viene trattato dalla *fisica quantistica relativistica* (che è la fisica quantistica che incorpora la relatività ristretta). Già nella fisica classica l'idea base nella descrizione dell'interazione tra due corpi, quali due particelle, è che essa avvenga mediante una modificazione delle proprietà fisiche dello spazio che diventa un campo il quale trasporta, punto per punto, energia e quantità di moto tra i corpi interagenti¹². Secondo la fisica classica questo trasporto avviene con continuità, mentre secondo la fisica quantistica esso avviene mediante particelle, *quanti del campo*, prodotti grazie alla trasformabilità tra energia e massa prevista dalla relatività ristretta e viaggianti tra le particelle interagenti. Nella fisica classica un processo di questo tipo è impossibile, perché una particella non può emetterne o assorbirne un'altra senza violare la conservazione dell'energia e della quantità di moto. Nella fisica quantistica, invece, il processo è, concettualmente, compatibile con la conservazione dell'energia, purché lo si pensi avvenire in un intervallo di tempo così breve che l'energia del sistema abbia un'indeterminazione tale da includere l'equivalente energetico della massa del quanto scambiato. L'energia deve essere dunque abbastanza elevata da consentire tale indeterminazione. L'intervallo temporale di cui sopra può essere interpretato come la durata e la distanza percorsa dal quanto in tale intervallo come raggio di azione dell'interazione. Le interazioni rilevanti tra le particelle sono quella *forte* (che tiene uniti protoni e neutroni nei nuclei atomici), *debole* (responsabile di certi processi di decadimento, in particolare il decadimento β) e *elettromagnetica*. La quarta interazione conosciuta nella natura, quella *gravitazionale*, è assai meno rilevante nella fisica delle particelle, dati i valori delle loro masse. Al crescere dell'energia si esplorano le caratteristiche di queste tre interazioni a distanze sempre più corte. La fisica delle particelle indica che le loro intensità variano con la distanza e al diminuire di questa tendono a uguagliarsi: dapprima l'interazione elettromagnetica si unifica con la debole e poi queste con la forte. La fisica teorica descrive queste *unificazioni* come acquisizioni di certe proprietà di *simmetria* di carattere puramente matematico. Queste proprietà, dunque, dovrebbero manifestarsi solo dopo che l'energia delle particelle interagenti ha superato certi valori. Si vedrà più avanti che tale meccanismo concernente l'unificazione delle interazioni ha un ruolo fondamentale nel collegamento tra la fisica delle particelle e le più remote fasi dell'evoluzione cosmica.

B. LA FRECCIA

Per affrontare il problema se esista un verso del tempo è necessario rispondere a una domanda preliminare: l'ordine in cui si succedono due eventi è lo stesso per qualunque osservatore?

La fisica non relativistica neppure si pone la domanda e pertanto la risposta è implicitamente affermativa.

La fisica relativistica risponde affermativamente se gli eventi sono *fisicamente connettabili*. Con "fisicamente connettabili" intendo eventi tra i quali possa essere scambiato un segnale, ossia tali che la loro separazione temporale sia abbastanza lunga da consentire che la distanza spaziale tra di essi sia percorribile con velocità non superiore a quella della luce. Solo eventi di questo tipo possono essere collegati causalmente. Nella fisica relativistica l'ordine temporale tra eventi non fisicamente connettabili può apparire diverso ai diversi osservatori: ciò consegue dalle trasformazioni di Lorentz. Questo risultato, ovviamente, non invalida la causalità, dato che, nella fisica relativistica, tra tali eventi non può sussistere alcuna relazione causale.

Dunque, qualunque sia la scala fenomenologica, la fisica rispetta la causalità tanto da incorporarla nei suoi principi fondamentali.

Il problema della *freccia del tempo*, nell'ambito della fisica, consiste nell'individuare, se esiste, qualche grandezza fisica che, al passare del tempo, possa variare solo in un verso. Il problema si pone in termini diversi a seconda dell'ambito fenomenologico considerato: quello dell'esperienza quotidiana, quello delle particelle elementari e quello cosmico.

1. La freccia del tempo nella termodinamica

Nell'ambito dell'esperienza quotidiana solo nella seconda metà dell'Ottocento l'idea di un verso temporale dei processi della natura ha preso forma esplicita. Ciò è avvenuto in due settori che allora sembravano lontani tra loro e affrontati con metodologie assai diverse: la biologia con la teoria darwiniana dell'evoluzione e la fisica con lo sviluppo della termodinamica.

Il secondo principio nella forma enunciata da R.Clausius (1865) esprime l'impossibilità del passaggio spontaneo di calore da un corpo più freddo a uno più caldo. Una volta che esso sia passato da un corpo caldo a uno freddo non potrà mai darsi spontaneamente il processo inverso.

È questo un esempio di un insieme di processi *irreversibili* di cui l'esperienza quotidiana fornisce grande varietà: smorzamento di un moto per attrito, mescolamento di liquidi o di aeriformi, livellamento delle temperature di corpi posti in contatto termico... Aspetto comune a tutti questi processi è la *diffusione*: qualche proprietà fisica i cui valori erano inizialmente localizzati in posti diversi viene ad assumere una distri-

buzione uniforme. Valori diversi in posti diversi significa *ordine*; uniformizzazione significa *disordine*. Dunque si tratta di passaggi da ordine a disordine. Ma quale ne è la motivazione in termini dei costituenti microscopici della materia quali sono le molecole e gli atomi?

La dinamica dei costituenti atomici e molecolari della materia, sia nella trattazione classica sia in quella quantistica, non indica una freccia del tempo. Nel caso della fisica classica, se si pensa di svolgere all'indietro il film del moto di un punto materiale si ottiene ancora un possibile moto fisico. Nella fisica quantistica la questione si pone in termini alquanto diversi, ma la conclusione è simile: per ogni stato se ne può definire quello temporalmente invertito e risulta che, se si assume come stato iniziale il temporalmente invertito di quello finale, lo stato finale è il temporalmente invertito di quello iniziale. Ma allora perché sulla scala dei corpi dell'esperienza quotidiana, i cui costituenti microscopici non mostrano la freccia del tempo, si osserva l'irreversibilità dei fenomeni? Perché il film di ogni processo naturale, proiettato all'indietro, produce ilarità agli spettatori?

La risposta è stata data da L. Boltzmann nel 1872 con un fondamentale lavoro che collega la descrizione termodinamica dello stato un corpo con la sua realizzazione in termini dei costituenti microscopici. Ci si riferisca, anzitutto, a un sistema *isolato*, cioè tale che non possa scambiare né energia, né materia con l'esterno come, ad esempio, un gas contenuto in un recipiente con pareti rigide e impenetrabili a materia e calore. Si possono pensare infinite diverse situazioni a seconda di come densità e temperatura siano distribuite entro il recipiente. Lo stato di equilibrio termodinamico si ha quando queste sono uniformi e costanti. Il punto essenziale è che tale stato è caratterizzato dal fatto che esso è realizzabile nel massimo numero di modi microscopici¹³. Ad esso compete dunque la massima probabilità: se il sistema ne viene scostato, la casualità dei moti microscopici fa sì che esso tenda a tornarvi. Dunque la tendenza verso l'equilibrio termodinamico, ossia l'irreversibilità di un processo, viene motivata, microscopicamente, *in modo statistico*. Si tratta pertanto di irreversibilità dovuta non a leggi concernenti interazioni elementari tra i costituenti microscopici, bensì al grandissimo numero di questi. Si ha dunque una corrispondenza tra stato di equilibrio termodinamico e massimo numero di modi microscopici. Questo numero è una proprietà di ogni stato di equilibrio termodinamico: in linguaggio più tecnico si dice che esso è una funzione di stato. Si usa considerare, anziché questo numero, una grandezza proporzionale al suo logaritmo e tale grandezza è chiamata *entropia*.

Le condizioni in cui si trova un sistema isolato possono venir mutate mantenendolo sempre isolato, cioè senza scambi di energia e di materia con l'esterno. Si pensi al gas dell'esempio precedente posto in un recipiente rigido separato mediante un setto da un altro recipiente vuoto. Se si toglie il setto il gas resta ancora isolato, ma i vincoli cui era soggetto sono mutati: esso ha a disposizione un volume maggiore: l'equilibrio precedente è stato rotto e il gas assume un nuovo stato di equilibrio occupando

uniformemente tutto il nuovo volume disponibile. In termini microscopici ciò avviene perché il nuovo stato è realizzabile con un numero di modi microscopici assai maggiore del precedente. Alla irreversibilità del processo corrisponde dunque un aumento dell'entropia del gas. Questa legge governa ogni processo diffusivo di un sistema isolato: come altro esempio si pensi alla diffusione di due gas inizialmente separati o a quanto accade in una tazza di latte in cui si versi un cucchiaino di caffè.

Si è così individuata una grandezza fisica il cui valore, per un sistema isolato, non può mai diminuire al passare del tempo e con ciò si è risposto affermativamente alla domanda sull'esistenza di una freccia del tempo. Va sottolineato che questa risposta è motivata da considerazioni statistiche, non da proprietà di interazioni fondamentali.

La legge della non diminuibilità dell'entropia espressa sopra sussiste solo per un sistema isolato. Si chiamano, invece, *aperti* i sistemi che possono scambiare energia e materia con l'esterno. Per un sistema aperto l'entropia può diminuire, dato che esso può scambiarne con l'ambiente con cui interagisce. Pertanto, al crescere del tempo, il sistema può evolvere da situazioni di maggior uniformità verso altre in cui l'uniformità delle sue proprietà fisiche sia minore: è un'evoluzione da disordine ad ordine. Pertanto non vi è alcuna contraddizione tra la legge di accrescimento dell'entropia di un sistema isolato con l'evoluzione di sistemi aperti, e in particolare i sistemi biologici, verso strutture più articolate. Ma si può dire di più: secondo I. Prigogine tale evoluzione non solo è compatibile con la termodinamica dei sistemi isolati, ma è prevedibile nell'ambito della termodinamica dei processi irreversibili dei sistemi aperti. L'idea base è di scindere la variazione dell'entropia subita da un sistema aperto nella somma di due termini: l'entropia scambiata con l'ambiente, termine che può essere positivo o negativo, e l'entropia prodotta entro il sistema da processi diffusivi che avvengono in esso. L'irreversibilità è espressa dal fatto che questo secondo termine è necessariamente non negativo, ossia che si può avere soltanto produzione, mai distruzione, di entropia per processi interni al sistema. È su questo concetto di produzione di entropia all'interno di un sistema che si sviluppa la moderna termodinamica dei processi irreversibili e si perviene alla conclusione che per sistemi aperti inizialmente lontani dall'equilibrio si generano fluttuazioni che, amplificandosi, portano a strutture di maggior ordine rispetto a quelle iniziali. È in processi di questo tipo che Prigogine vede l'alta probabilità di meccanismi che, per un sistema aperto, portino a strutture ordinate e articolate tipiche dei sistemi biologici.

2. La freccia del tempo nella fisica delle particelle

La scala della fisica delle particelle è caratterizzata da ordini di grandezza di distanze al di sotto di 10^{-15} metri e da energie delle particelle interagenti dell'ordine di quelle prodotte dagli attuali acceleratori. Lo strumento teorico su questa scala è la

fisica quantistica relativistica. I suoi concetti fondamentali sono il principio di relatività nel senso della relatività ristretta, l'indeterminazione nel senso delle relazioni di Heisenberg e la causalità. La fisica quanto-relativistica implica che a ogni particella corrisponda un' *antiparticella* avente la stessa massa della particella e carica opposta.

Il problema della freccia del tempo si formula, come in generale, chiedendosi se a seguito dell'inversione dell'ordine temporale di qualsiasi processo fisico si ottenga un processo che sia anch'esso fisico e con le stesse proprietà quantitative. Nel caso affermativo si dice che sussiste l'invarianza rispetto all'operazione dell' *inversione del tempo* (simbolo T); nel caso negativo si sarebbe individuata la freccia del tempo sulla scala delle interazioni elementari.

La fisica quanto-relativistica collega il problema dell'invarianza per l'inversione temporale a quelle dell'invarianza per altre due trasformazioni.

Una di queste è la trasformazione per riflessione dello spazio (chiamata tecnicamente *trasformazione di parità* e denotata con il simbolo P): essa consiste nel trasformare qualunque processo nella propria immagine speculare. Il problema dell'invarianza rispetto alla trasformazione di parità consiste nel chiedersi se l'immagine speculare di un qualsiasi processo fisico sia anch'essa un processo fisico con le stesse proprietà quantitative.

L'altra trasformazione consiste nella sostituzione di ciascuna particella con la rispettiva antiparticella (tecnicamente denominata *coniugazione di carica* e denotata con il simbolo C). L'invarianza rispetto a C consiste nel chiedersi se tutte le interazioni tra le antiparticelle siano le stesse di quelle tra le corrispondenti particelle.

La teoria quanto-relativistica, sulla base dei suoi concetti fondamentali, dimostra un teorema secondo il quale la fisica è invariante per l'insieme delle operazioni C, P e T (il cosiddetto teorema CPT). Non esiste, però, alcun teorema che concerna l'invarianza rispetto a ciascuna di queste operazioni separatamente. La risposta può solo essere data dalla fenomenologia analizzando i vari processi determinati dalle interazioni rilevanti alla scala delle particelle elementari, ossia quella elettromagnetica, quella forte e quella debole.

Non è possibile un'indagine sperimentale diretta su violazioni dell'invarianza per l'operazione T, ossia un'osservazione diretta dell'eventuale freccia del tempo. Ma questa può risultare indirettamente dall'osservazione di violazioni dell'invarianza rispetto alle operazioni P e C.

Quanto a P, la violazione è stata prevista teoricamente e subito dopo confermata sperimentalmente (anni 1956-57) nell'interazione debole. Diviene allora cruciale lo studio di eventuali violazioni di CP, ossia violazioni dell'invarianza rispetto alla trasformazione costituita, insieme, dalle trasformazioni di parità e di coniugazione di carica. Tale violazione (dell'ordine dell'uno per mille) è stata constatata per la prima volta nel 1964 e risulta confermata (e presumibilmente più rilevante) da esperimenti tuttora in corso.

Lo stato attuale della conoscenza del microcosmo sembra dunque indicare la freccia del tempo a livello dei processi elementari. L'indicazione è indiretta, dato che segue dalle misure della violazione dell'invarianza rispetto all'insieme delle trasformazioni di parità e di coniugazione di carica attraverso il teorema CPT. Essa è dunque dipendente da questo teorema la cui invalidazione, peraltro, significherebbe la crisi dei concetti fondamentali della fisica quanto-relativistica.

3. *La freccia del tempo su scala cosmica.*

Fino al secondo decennio del Novecento era ritenuto ovvio il modello di universo statico, ossia immutabile nel tempo, e spazialmente illimitato e infinito, malgrado paradossi derivanti da queste concezioni¹⁴ e l'intuizione precorritrice di Giordano Bruno di universo senza centro e in evoluzione, da lui espressa con profonda convinzione, anche se in modo qualitativo e fantasioso, e pagata con il rogo.

Con la relatività generale, grazie alla nozione di curvatura della spazio-tempo, sorsero la possibilità di modelli di universo illimitati, ma finiti (si pensi agli analoghi bidimensionali costituiti dalla superficie di un piano, che è illimitata e infinita, e dalla superficie di una sfera, che è illimitata, ma finita). Tuttavia l'idea di universo statico era così radicata che lo stesso Einstein, avendo notato che un modello statico era incompatibile con le equazioni della relatività generale, preferì introdurre in queste una modifica ad hoc (la cosiddetta costante cosmologica) piuttosto che pensare a un modello evolutivo. Fu un giovane matematico russo, A. Friedmann, nel 1922 a trovare una soluzione evolutiva delle equazioni di Einstein, che restò tuttavia priva di supporto fenomenologico finché sette anni dopo (1929) l'astronomo americano E. Hubble fece una delle più rilevanti scoperte avvenute nel Novecento: l'allontanamento delle galassie con velocità che crescono proporzionalmente alla distanza¹⁵. Questa scoperta segna l'inizio della cosmologia moderna che non può essere statica, ma evolutiva. Con un'espressione felice L. A. Radicati intitola il penultimo capitolo del suo bel libro *Pensare la natura* con "Il tempo riprende possesso dell'universo".

È necessario anzitutto chiarire come si possa parlare di tempo riferito all'intero universo, dopo aver constatato, con la relatività ristretta, che le durate sono diverse per i diversi osservatori inerziali e, con la relatività generale, che esse dipendono anche dalla distribuzione delle masse. Il problema non si porrebbe se si potesse trattare l'universo come un giocattolo visto da un osservatore esterno, ma ovviamente ciò non è possibile.

La soluzione del problema non è banale: essa riposa su un postulato di natura fenomenologica, il cosiddetto *principio cosmologico*. Secondo questo, su grande scala (tale da includere molti ammassi galattici) l'universo è omogeneo e isotropo. Ciò consente una definizione di simultaneità: se i risultati di misure fatte da diversi osservatori su tale scala (distanza media tra galassie, composizione chimica, temperatura)

risultassero identici, si dirà, per definizione, che tali misurazioni sono simultanee. Si costruisce così, concettualmente, un tempo comune a tali osservatori che si chiama *tempo cosmico*. Questo deve risultare equivalente al *tempo locale*, che è quello misurato, ad esempio, con un orologio elettromagnetico in quiete rispetto alle masse vicine e non soggetto a campi gravitazionali intensi. Si supponga che due osservatori di questo tipo abbiano trovato lo stesso valore del tempo cosmico, cioè le loro misurazioni delle varie grandezze abbiano dato gli stessi risultati. Si supponga inoltre che essi lascino passare lo stesso intervallo di tempo locale e ripetano le misurazioni. Se i loro risultati discordassero, ciò invaliderebbe il principio cosmologico: l'uniformità da esso richiesta sarebbe alterata dall'evoluzione. È nel negare, assiomaticamente, questa possibilità che il tempo cosmico può essere definito.

È ovvio che la definibilità di un tempo cosmico non costituisce affatto un ritorno a un tempo assoluto: la possibilità di pensarlo è consentita da misurazioni effettuabili da diversi osservatori, anche se l'uguaglianza dei loro risultati è un assioma (il principio cosmologico) peraltro motivato dalla fenomenologia.

L'allontanamento delle galassie suggerisce un modello evolutivo dell'universo proposto nel 1948 da G. Gamow e noto come modello del *big bang* secondo il quale l'universo avrebbe avuto origine da una grande esplosione contestualmente alla quale si sarebbero originati lo spazio e il tempo. Il modello nei suoi aspetti essenziali gode di inequivocabili sostegni fenomenologici. Di esso sono state elaborate varianti e tuttora sussistono problemi irrisolti. In ogni caso, dato che l'espansione comporta raffreddamento, esso *fornisce una scala di tempi correlata ai valori dell'energia* delle particelle prodotte e successivamente trasformate a partire dalla grande esplosione. In questa scala si distinguono due periodi: uno che copre un decimilardesimo di secondo da big bang e il successivo, della durata dell'ordine della decina di miliardi di anni che porta al presente. Il motivo che distingue questi periodi è la diversa caratterizzazione delle interazioni della natura. Nel secondo periodo le tre interazioni *elettromagnetica, debole e forte* appaiono tra loro diversificate quali oggi le constatiamo, mentre si ritiene che nel primo periodo esse fossero unificate (parzialmente o completamente). Ciò perché nel primo periodo le energie per particella sarebbero state tali da dar luogo a quelle situazioni in cui la fisica delle particelle prevede l'unificazione. Un po' più precisamente, a tempi precedenti 10^{-35} secondi (un centomilionesimo di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo) le tre interazioni sarebbero state unificate; a quel tempo si sarebbe diversificata l'interazione forte dalle altre due e successivamente, al tempo dell'ordine di 10^{-10} secondi (un decimilardesimo di secondo), si sarebbero differenziate tra loro le interazioni elettromagnetica e debole. Dato che una diversificazione tra le interazioni è descritta come la rottura di una simmetria preesistente, si pensa che entro un decimilardesimo di secondo l'universo, nella sua espansione e conseguente "raffreddamento", abbia attraversato successive *rotture di simmetria*, dette anche *transizioni di fase* similmente a come per fluido che si raffredda e

solidifica allo stato cristallino si diversificano le direzioni dello spazio e si perde così la simmetria rispetto alle rotazioni. Si nota qui una convergenza tra la fisica delle particelle e la cosmologia: entro il primo decimiliardesimo di secondo l'universo avrebbe attraversato, nel verso delle energie decrescenti, quelle situazioni che la fisica delle particelle ritiene che si attraversino, per energie crescenti, nel passare dalle proprietà delle interazioni che attualmente constatiamo alla loro unificazione. Una di queste situazioni, quella che concerne l'unificazione dell'interazione elettromagnetica con l'interazione debole, è stata effettivamente prodotta negli acceleratori di particelle; l'altra non sarà mai producibile, almeno con le tecniche di cui disponiamo (occorrerebbero acceleratori di dimensioni galattiche!).

La successiva evoluzione dell'universo, nelle tappe fondamentali, viene descritta dall'astrofisica in modo soddisfacente in termini delle quattro interazioni della natura, quali oggi ci appaiono.

Uno schema globale è mostrato nella tabella nella quale si è assunta per la vita dell'universo la stima di 15 miliardi di anni. Questa stima è assai incerta a causa dall'incertezza sui parametri osservati dell'espansione dell'universo, ma comunque può collocarsi tra i 10 e i 20 miliardi di anni.

TEMPO COSMICO DAL BIG BANG	EVENTI
10^{-43} secondi	l'interazione gravitazionale si diversifica dalle altre che restano unificate
10^{-35} secondi	l'interazione forte si diversifica
10^{-10} secondi	le interazioni elettromagnetica e debole si diversificano tra loro
1 minuto	nuclei di elio e di deuterio
300.000 anni	atomi
$1-2 \cdot 10^9$ anni	prime galassie
$4 \cdot 10^9$ anni	prime stelle
$11-12 \cdot 10^9$ anni	vita microscopica
$15 \cdot 10^9$ anni	homo sapiens

Quanto al futuro, la domanda cruciale è se l'espansione proseguirà indefinitamente o se l'universo oscilla tra espansione e contrazione. La relatività generale collega questi esiti alla geometria dello spazio: nel primo caso spazio curvo illimitato e infinito (la cosiddetta *metrica iperbolica*), nel secondo caso spazio curvo illimitato e finito (*metrica ellittica*). La separazione tra le due situazioni è costituita dallo spazio piatto (*metrica euclidea*): in questo caso l'espansione proseguirebbe sempre più lenta annullandosi a tempo infinito.

Insieme con la legge di Hubble, la relatività generale collega le possibili geometrie dello spazio alla densità di materia dell'universo. Se questa è minore di un certo valore critico l'universo è iperbolico, se ne è maggiore è ellittico, se lo uguaglia è euclideo. Il valore della *densità critica* corrisponde a circa 4 atomi di idrogeno per 1000 litri.

Esistono motivazioni per un universo euclideo, ovviamente corrugato dalla presenza delle masse, come richiesto dalla relatività generale. Tuttavia la stima che oggi si ha sulla materia visibile non arriva al decimo della densità critica: nasce il problema dell'esistenza di forme di materia sconosciuta su cui l'astrofisica e la fisica delle particelle sono oggi fortemente impegnate.

Nell'affrontare i problemi cosmologici vengono coinvolti due edifici concettuali profondamente diversi: quello della meccanica quantistica che incorpora la relatività ristretta e concerne la fisica delle particelle ove le interazioni dominanti sono l'elettromagnetica, la debole e la forte che vengono descritte in termini di scambio di quanti, e quello della relatività generale che formula l'interazione gravitazionale in termini di un continuo spazio-temporale. La loro sintesi è indispensabile se si vuole acquisire un quadro unitario della natura. La fisica teorica attuale è fortemente impegnata nella ricerca di questa sintesi che presumibilmente porterà, come già avvenuto nel passato, a profonde revisioni di concetti fondamentali, quali quelle che sia la fisica quantistica sia la relatività nelle sue due forme, hanno imposto ai concetti di spazio e di tempo. Per un fisico c'è una certezza, quella già espressa da Lucrezio: *Tempus item per se non est, sed rebus ab ipsis consequitur sensus.*

NOTE

¹ *Trasformazione di Galileo*

Se un osservatore O' è in moto rispetto a un osservatore O con velocità u lungo un asse x , le coordinate x', y', z' misurate da O' sono legate, al tempo t , a quelle (x, y, z) misurate da O dalla relazione:

$x' = x - ut, y' = y, z' = z$ e la coordinata temporale t è la stessa per i due osservatori.

Se v è la velocità di un corpo lungo l'asse x rispetto ad O, quella rispetto ad O' vale $v' = v - u$ (composizione delle velocità).

² *L'esperimento di Michelson-Morley*

Per quanto oggi possa sembrare strano, i fisici degli ultimi decenni dell'Ottocento non si posero neppure questa alternativa. Ciò avvenne perché era convinzione generale che le leggi dell'elettromagnetismo sussistessero solo in un sistema di riferimento privilegiato fornito dalla natura stessa.

Si pensava infatti che le azioni elettromagnetiche non si propagassero nel vuoto, bensì in un mezzo impalpabile come un gas molto rarefatto, l'etere, che costituiva il riferimento privilegiato. Questa convinzione aveva radici remote: le onde meccaniche, le sole conosciute dall'antichità, richiedono un mezzo per propagarsi, e questa condizione fu implicitamente estesa alle onde elettromagnetiche. Va aggiunto inoltre che una coltre di silenzio aveva avvolto il principio di relatività dopo la sua enunciazione da parte di Galileo: la sua profondità e la sua portata non erano state comprese dai successivi costruttori della meccanica, neppure da Newton.

In un certo senso l'idea dell'etere dei fisici dell'Ottocento ha costituito un ritorno ad Aristotele. Questi affermava il "fermo assoluto": il corpo fermo in assoluto era la Terra rispetto alla quale lo "stato naturale" degli altri corpi era quello di quiete. Galileo aveva demolito il concetto di fermo assoluto e con esso la fisica di Aristotele.

Ma il fermo assoluto risorse presto nel pensiero scientifico: non più la Terra, ma l'etere. Una delle principali premesse da cui è nata la fisica contemporanea fu appunto la seconda demolizione del fermo assoluto operata questa volta da Einstein.

A provocare la riscoperta di Galileo fu un fatto sperimentale. Nella convinzione che l'etere costituisse un sistema di riferimento assoluto, nel 1887, a Chicago, A. A. Michelson e E. W. Morley cercarono di misurare la velocità della Terra rispetto all'etere. A tal fine ricorsero a misure assai delicate di tipo ottico per misurare la velocità della luce rispetto alla Terra in diverse situazioni del moto della Terra rispetto a un raggio di luce proveniente da una stella. Ad esempio, sulla base della regola di composizione delle velocità allora ritenuta valida (vedasi *nota 1*) doveva risultare:

quando la Terra si avvicina alla stella: $v'_{luce-Terra} = v_{luce-etere} + v_{Terra-etere}$

quando la Terra si allontana dalla stella: $v''_{luce-terra} = v_{luce-etere} - v_{Terra-etere}$

e quindi: $v_{Terra-etere} = \frac{v'_{luce-Terra} - v''_{luce-Terra}}{2}$.

L'esito della misura fu sconvolgente perché risultò per la velocità della luce rispetto alla

Terra lo stesso valore nelle diverse situazioni di moto relativo e, conseguentemente, la velocità della Terra rispetto all'etere risultava nulla. Einstein superò questi problemi interpretando l'esperimento di Michelson-Morley nel modo seguente:

- l'etere non esiste: di conseguenza non esiste alcun sistema di riferimento privilegiato e le leggi della fisica sono le stesse per tutti gli osservatori inerziali;
- la velocità della luce è la stessa qualunque sia lo stato di moto dell'osservatore rispetto alla sorgente luminosa.

Queste proposizioni costituiscono i due *postulati della relatività ristretta*.

³ *Trasformazione di Lorentz*

Nella stessa situazione presentata nella *nota 1*,

$$x' = \gamma(x - ut), \quad y' = y, \quad z' = z, \quad t' = \gamma\left(t - \frac{u}{c^2}x\right) \quad \text{ove} \quad \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad \text{e } c \text{ è la velocità della luce.}$$

La legge di composizione delle velocità risulta: $v' = \frac{v - u}{1 - \frac{uv}{c^2}}$ e ne segue che se $v=c$ anche $v'=c$.

In particolare dalla trasformazione di Lorentz segue che se l'intervallo tra due eventi in quiete rispetto ad O vale Δt , per l'osservatore O' in moto rispetto ad O con velocità u esso vale $\Delta t' = \gamma \Delta t$. Essendo $u < c$ è sempre $\gamma > 1$ e perciò $\Delta t' > \Delta t$.

⁴ *La relatività degli intervalli di tempo*

Un semplice esempio della diversa valutazione di intervalli di tempo da parte di due diversi osservatori inerziali è la constatazione che eventi simultanei rispetto a un osservatore non lo sono per un altro osservatore in moto rispetto al primo (*relatività della simultaneità*). Si immagini infatti la seguente situazione: un osservatore è fermo rispetto al suolo ed un altro al centro di un vagone che si muove di moto rettilineo uniforme. Un segnale luminoso viene lanciato dal centro del vagone. Domandiamo ai due osservatori ciò che essi si attendono di accertare, basandosi unicamente sui due postulati della relatività ristretta. Ecco le loro risposte:

Osservatore interno: Il segnale luminoso che si propaga dal centro del vagone raggiungerà simultaneamente le pareti, poiché queste sono ugualmente distanti dalla sorgente luminosa e poiché la velocità della luce è la stessa in tutte le direzioni:

Osservatore esterno: Nel mio sistema di riferimento la velocità della luce è esattamente la stessa come nel sistema dell'osservatore in moto con la stanza. Per me non ha importanza sapere se la sorgente luminosa si muove o no nel mio sistema di riferimento, poiché il suo moto non influisce per nulla sulla velocità della luce. Ciò che vedo è un segnale luminoso che si propaga con velocità normale e sempre uguale in tutte le direzioni. Una delle pareti si allontana davanti al raggio luminoso, mentre la parete opposta gli viene incontro e perciò la prima riceverà il segnale luminoso un po' dopo la seconda. La differenza sarà lievissima qualora la velocità del vagone sia piccola a paragone di quella della luce. Tuttavia il segnale luminoso non raggiungerà simultaneamente le due pareti in questione, le quali sono perpendicolari alla direzione del moto (da: A.Einstein, L.Infeld, *L'evoluzione della fisica*, Torino, Einaudi, 1953). Dunque eventi simultanei per un osservatore non lo sono per un altro osservatore in moto rispetto ad esso.

Dato che, per il principio di relatività, tutti gli osservatori inerziali sono equivalenti, non è possibile parlare di simultaneità in senso assoluto.

Sulla diversa valutazione dell'intervallo temporale tra due eventi si incorre talvolta in qualche confusione. Può essere utile un esempio.

Sia O un osservatore munito di un suo orologio e si considerino gli eventi:

- a) posizionamento della lancetta dei minuti sul segno $12^h0'$ del quadrante;
- b) posizionamento della lancetta dei minuti sul segno $12^h5'$ del quadrante.

Sia O' un altro osservatore in moto rispetto ad O. Secondo O l'intervallo temporale tra gli eventi vale $\Delta t=5'$ e dalle trasformazioni di Lorentz risulta che secondo O' esso vale $\Delta t'>5'$. (Ad esempio, se la velocità di O' rispetto ad O fosse 0,56 volte quella della luce, l'intervallo di tempo visto da O' risulterebbe $\Delta t'=6'$). Ma da quale lettura fatta da O' risulta tale valore? Anche O' possiede un suo orologio che supponiamo sincronizzato con quello di O quando questo segnava $12^h0'$. Il valore $\Delta t'$ è quello che O' legge sul suo orologio nell'istante in cui vede l'orologio di O nella posizione $12^h5'$. Dunque O', che è in moto rispetto all'orologio di O, vede temporalmente separati di 6' gli eventi che O vede separati di 5'.

⁵ *Le particelle elementari come orologi relativistici: il mesone μ*

Il mesone μ è una particella con le stesse proprietà dell'elettrone, ma con massa circa 200 volte maggiore e instabile: esso decade in altre particelle in un tempo con valore medio ben definito. Tali mesoni vengono continuamente prodotti a ritmo costante nell'alta atmosfera da parte dei raggi cosmici. Essi piovono continuamente verso la superficie della Terra con velocità anche prossima a quella della luce. Negli anni '940 Bruno Rossi (fisico di grande rilievo, particolarmente esperto di raggi cosmici, di ottica e di fisica spaziale) condusse il seguente esperimento. In alta montagna, a oltre 4000 metri di altitudine (monte Rosa) selezionò mesoni aventi velocità superiori al 95% di quella della luce e li rallentò fino a ridurli praticamente in quiete. Misurò quindi l'intervallo di tempo intercorrente tra l'evento di cattura del mesone e l'evento del suo decadimento. Questo intervallo di tempo risultò, in media, dell'ordine di 10^{-6} secondi.

Se non si conoscesse la relatività un tale risultato lascerebbe prevedere che mesoni con queste caratteristiche non potrebbero raggiungere il livello del mare: infatti, anche se viaggiassero alla velocità della luce, il tempo di percorrenza da una quota di 4000 metri fino al livello del mare varrebbe:

$$\frac{\text{lunghezza del percorso}}{\text{velocità della luce}} = \frac{4 \cdot 10^3 \text{ metri}}{3 \cdot 10^8 \text{ metri/secondo}} \cong 10^{-5} \text{ secondi,}$$

ossia 10 volte maggiore dell'intervallo di tempo tra la cattura e il decadimento del mesone misurata sopra.

Ma si osserva che la quantità di mesoni che arrivano al livello del mare con velocità non inferiore al 95% di quella della luce è pressoché la stessa di quella constatata a 4000 metri di quota. Se non si conoscesse la relatività questo risultato sarebbe incomprensibile: esso mostrebbe che un mesone viaggerebbe per un tempo (10^{-5} secondi) dieci volte più lungo del tempo che in media ha a disposizione (10^{-6} secondi) prima di decadere.

Il risultato è invece quanto ci si aspetta in base alla relatività. Quello che si è misurato sul monte Rosa è un intervallo di tempo (10^{-6} secondi) nella condizione di quiete tra mesone e osservatore. Ma la durata del viaggio (10^{-5} secondi) è valutata, invece, da un osservatore rispetto

al quale il mesone è in moto (con velocità pari al 95% di quella della luce), ossia da un osservatore in moto rispetto al mesone con velocità opposta. La relatività mostra che per un osservatore solidale con il mesone la durata del viaggio è assai più breve di 10^{-6} secondi e pertanto non sussiste alcuna difficoltà nell'interpretazione dei risultati.

⁶ Critica al concetto di sistema inerziale

Si è definito *inerziale* un sistema di riferimento rispetto al quale sussista la legge di inerzia, ossia un sistema di riferimento rispetto al quale un corpo non soggetto a forze sia in quiete o in moto rettilineo uniforme. Un esempio di sistema di riferimento non inerziale è fornito da un vagone che stia frenando. Un osservatore entro il vagone constata che ogni corpo (non vincolato al vagone) subisce, rispetto al vagone, un'accelerazione senza che si constati su di esso alcuna forza: la legge di inerzia, nel sistema di riferimento del vagone, non sussiste. Nella presentazione elementare della meccanica si dice che il vagone che sta frenando non costituisce un buon sistema di riferimento per formulare le leggi della fisica. Ma in base a quale criterio l'osservatore nel vagone afferma che sui corpi che vede soggetti ad accelerazione non agiscono forze? La risposta che si dà nella presentazione elementare della meccanica è che non si constata su tali corpi alcuna azione fisica, o, in altri termini, alcuna interazione con altri corpi. Ma questa risposta è elusiva: come essere certi che corpi anche molto lontani, addirittura tutte le masse dell'universo, non siano responsabili delle accelerazioni osservate? Questa critica costituisce sostanzialmente il punto di vista sviluppato da Ernst Mach che ebbe notevole influenza su Einstein. Secondo questo punto di vista non sussiste alcun motivo concettuale per privilegiare i sistemi inerziali rispetto a qualsiasi altro: tutti i sistemi di riferimento, qualunque sia il loro stato di moto relativo, sono ugualmente idonei alla formulazione delle leggi della fisica.

⁷ Massa inerziale e massa gravitazionale

Il fatto che nel vuoto tutti i corpi cadano con la stessa accelerazione porta a identificare due diverse e indipendenti definizioni che la fisica classica fornisce per la massa di un corpo, quella *gravitazionale* e quella *inerziale*. La prima è definita dalla relazione $p = m_{grav}g$ ove p è il peso del corpo e g l'accelerazione di gravità; la seconda è definita dalla relazione $f = m_{iner}a$ ove a è l'accelerazione impressa dalla forza f ed esprime l'inerzia del corpo all'azione della forza applicata. Se questa è la stessa forza peso deve aversi $m_{grav}g = m_{iner}a$. Dato che tutti corpi, nel vuoto e soggetti alla sola gravità, cadono con la stessa accelerazione $a = g$, risulta $m_{grav} = m_{iner}$, ma l'interpretazione di questa uguaglianza, verificata oggi con ben 11 cifre significative, è sconosciuta alla fisica classica. Essa è fornita in modo diretto dalla relatività generale.

La constatazione che tutti i corpi, fatti cadere nel vuoto a partire dalla stessa quota, arrivano al suolo nello stesso tempo e con la stessa velocità, qualunque sia il loro peso, è tutt'altro che banale: l'osservazione della caduta di una pietra e di una piuma sembra smentirla, ma ciò avviene perché, nell'esperienza comune, ogni caduta non è mai osservata nel vuoto. Tuttavia di questa proprietà si trova menzione già nell'antichità classica: in un passo del *De Rerum Natura* (Libro II, 230-239) Lucrezio afferma che, in assenza di mezzi che ritardino il moto, corpi con pesi diversi devono cadere allo stesso modo. Fu l'analisi critica del fiammingo Simon Stevin (1584-1620) e, poco più tardi, quella di Galileo (presentata nella *Giornata terza dei Discorsi intorno a due nuove scienze*) a far luce sulla questione ancor prima che si potesse produrre il

vuoto in laboratorio. La verifica sperimentale fu poi effettuata da Newton che poté estrarre l'aria da un tubo di vetro grazie all'invenzione della pompa a vuoto compiuta da Otto von Guericke nel 1650. L'esperimento di Newton costituisce la perfetta realizzazione della descrizione data da Lucrezio diciassette secoli prima.

⁸ *Il principio di equivalenza*

Se nel vagone che sta frenando considerato nella *nota* 6 l'osservatore volesse usare la seconda legge della dinamica di Newton dovrebbe pensare che sui corpi che sta osservando agisca una forza pari al prodotto della loro massa *inerziale* per l'accelerazione osservata. Ma siccome il valore della massa inerziale coincide con quello massa gravitazionale, l'osservatore può pensare che l'accelerazione da lui osservata sia dovuta a un campo gravitazionale opportuno. In questo consiste l'idea del *principio di equivalenza di Einstein* che descrive gli effetti gravitazionali in termini di un'opportuna accelerazione del sistema di riferimento.

Dunque è proprio l'uguaglianza tra massa inerziale e massa gravitazionale a suggerire il principio di equivalenza il quale, a sua volta, ne costituisce l'interpretazione. Va osservato che il principio di equivalenza deve essere formulato *localmente*. Ciò perché la forza gravitazionale non è uniforme (nel caso della gravità terrestre l'uniformità è un'ottima approssimazione in zone di dimensioni lineari piccole rispetto al raggio della Terra) e pertanto l'accelerazione del sistema di riferimento ove si riscontrino gli stessi effetti gravitazionali prodotti da una data distribuzione di masse deve essere diversa da punto a punto.

⁹ *La curvatura dello spazio-tempo*

La curvatura dello spazio-tempo non è, ovviamente, riconducibile ad alcuna immagine intuitiva, come non lo è neppure la curvatura di uno spazio tridimensionale. È d'uso ricorrere ad immagini concernenti spazi a due dimensioni: il piano è uno spazio bidimensionale piatto, illimitato e infinito, la superficie di una sfera è uno spazio bidimensionale curvo "positivamente" illimitato e finito e la superficie di una sella uno spazio bidimensionale curvo "negativamente" illimitato e infinito. Queste visualizzazioni sono possibili perché viviamo in uno spazio a tre dimensioni ove gli spazi bidimensionali citati sopra sono immersi.

Tuttavia è possibile decidere del carattere piatto o curvo (e del segno della curvatura) di tali spazi senza ricorrere allo spazio tridimensionale, ma soltanto sulla base delle loro proprietà intrinseche. Su un piano sussiste la geometria euclidea, non sulla superficie di una sfera o su quella di una sella: sulla prima la somma degli angoli interni di un triangolo è maggiore di 180° , sulla seconda è minore. In modo del tutto simile si può caratterizzare uno spazio curvo a tre o più dimensioni. Nel caso dello spazio-tempo, pensarlo come curvo significa pensare che in esso non sussista la geometria euclidea per quanto concerne le proprietà spaziali e che per quanto concerne il tempo non sussista l'uniformità, nel senso che orologi identici, anche in quiete tra loro, ma osservati in zone e in tempi diversi non hanno lo stesso ritmo.

Le geometrie non euclidee si distinguono in *ellittica* come quella sulla superficie sferica e *iperbolica* come quella sulla superficie di una sella. Esse furono formulate compiutamente nell'Ottocento e Einstein, che le ignorava, le riscoprì faticosamente nella costruzione della relatività generale.

¹⁰ *Il rallentamento degli orologi in un campo gravitazionale*

Si consideri un osservatore O' in moto accelerato con accelerazione a rispetto a un osservatore inerziale O lungo un asse x . Nel momento in cui l'osservatore in moto accelerato transita per il punto di ascissa x , la sua velocità vale $u = \sqrt{2ax}$ (si sono usate le formule del moto uniformemente accelerato). Se durante il tempo Δt in cui per l'osservatore O avviene nell'origine delle coordinate ($x = 0$) un certo fenomeno, si approssima la velocità di O' come costante, ne segue che la durata del fenomeno valutata da O' può essere espressa nel modo seguente, ricorrendo alla relatività ristretta (si veda la nota 2):

$$\Delta t' = \gamma \Delta t = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{2ax}{c^2}}}$$

Questa relazione è approssimata perché si è supposta costante la velocità di O' nell'intervallo di tempo Δt . L'approssimazione è tanto migliore quanto più breve è questo intervallo e la relazione diviene esatta quando esso tende a zero. Essa esprime che per l'osservatore O' il tempo non è uniforme nel senso che intervalli di tempo uguali per l'osservatore O sono valutati da O' tanto più lunghi quanto più remoto nel futuro è l'istante in cui sono misurati (per O' la dilatazione degli intervalli di tempo cresce con il tempo).

Si supponga ora che l'osservatore O', anziché essere accelerato rispetto a O, si trovi in un campo gravitazionale ove l'accelerazione di gravità (che assumiamo diretta lungo l'asse x) valga g . Usando il postulato di equivalenza si può applicare il risultato precedente sostituendo a con g ottenendo così:

$$\Delta t' = \frac{\Delta t}{\sqrt{1 - \frac{2gx}{c^2}}}$$

Questa relazione esprime che un intervallo di tempo Δt tra eventi solidali con O è valutato da O' diversamente a seconda di dove egli collochi il suo orologio: per O' il tempo non è uniforme. A differenza della relazione precedente, che è approssimata, questa è esatta qualunque sia la durata Δt . La ragione è che, mentre nella relazione precedente la coordinata x varia con il tempo, e ciò costringe a considerare intervalli Δt tendenti a zero, nella situazione qui considerata la coordinata x è fissa.

La prima verifica sperimentale del rallentamento di un orologio in un campo gravitazionale fu compiuta nel 1960 da R.V.Pound e G.A.Rebka ricorrendo a fenomeni periodici di tipo atomico (orologio a maser). Essi confrontarono i valori di $\Delta t'$ a due diverse quote x_1 e x_2 nel campo gravitazionale terrestre che nelle condizioni dell'esperimento ($x_2 - x_1 = 22,5$ metri) può trattarsi come uniforme. La quantità misurata è la variazione relativa di $\Delta t'$ ossia $\frac{(\Delta t')_1 - (\Delta t')_2}{(\Delta t')_1}$

Questa quantità, dato che è $\frac{2gx}{c^2} < 1$ si può esprimere semplicemente come $\frac{g}{c^2}(x_2 - x_1)$ che vale $2,45 \cdot 10^{-15}$.

Il risultato sperimentale è stato di $(2,56 \pm 0,25) \cdot 10^{-15}$ che, entro l'errore di misura, conferma in modo inequivocabile la teoria einsteiniana della relatività generale.

Sono stati successivamente effettuati diversi esperimenti analoghi. Uno di questi fu condotto dalla NASA in collaborazione con l'università di Harvard nel 1976. Un orologio maser all'idrogeno fu lanciato su un razzo fino all'altezza di 10.000 chilometri e la sua frequenza fu

confrontata con quella di un identico orologio a terra. I cambiamenti relativi della frequenza venivano rilevati in funzione dell'altezza e si teneva accuratamente conto dell'effetto della dilatazione temporale implicato dalla relatività ristretta. I risultati confermarono la previsione della relatività generale con un'accuratezza di 7 parti su centomila.

Questo effetto ha un ruolo anche in situazioni che stanno diventando familiari. Ad esempio di esso si deve tener conto nei sistemi di navigazione satellitare se si vuole ottenere l'accuratezza richiesta, che è di pochi metri nello spazio e di pochi nanosecondi nel tempo.

L'effetto ha pure notevole importanza nella cosmologia. Supponiamo che un osservatore non soggetto a un campo gravitazionale o soggetto a un campo gravitazionale poco intenso riceva un segnale elettromagnetico dovuto a una certa emissione atomica avvenuta ove è presente un forte campo gravitazionale. L'osservatore che riceve il segnale non è soggetto a tale campo e pertanto è come se si trovasse in moto accelerato rispetto all'emettitore del segnale. Percepisce quindi il periodo dell'onda elettromagnetica come più lungo di quanto lo percepirebbe se essa fosse stata emessa nel suo sistema di riferimento. Questo è il fenomeno *dello spostamento verso il rosso* delle righe spettrali dovute all'emissione da parte di corpi cosmici massivi.

¹¹ *Le relazioni di indeterminazione*

Che un processo osservativo interagisca con l'oggetto osservato disturbandone lo stato preesistente è un fatto ovvio, ma nella fisica classica tale disturbo non ha alcuna rilevanza, dato che si ritiene, implicitamente, che esso, almeno concettualmente, sia riducibile tanto quanto si voglia. Il fatto nuovo che si incontra andando su scala atomica è che, per legge di natura, esiste un limite inferiore invalicabile all'entità di tale disturbo, limite espresso dalla costante di Planck h (dell'ordine di grandezza di 10^{-34} Joule secondo). Esso è irrilevante sulla scala dell'esperienza quotidiana, ma non se ne può prescindere su scala atomica, tanto da rendere priva di senso la nozione di traiettoria di un elettrone in un atomo.

La relazione di indeterminazione tra posizione e quantità di moto è stata introdotta da W. Heisenberg nel 1927 a seguito dell'analisi di esperimenti concettuali concernenti la misura della posizione su scala atomica. Essa esprime che la coordinata x di una particella lungo un asse x può essere conosciuta solo entro un'indeterminazione Δx non inferiore a $h/\Delta p_x$ ove Δp_x è l'indeterminazione sulla componente della quantità di moto sullo stesso asse. Ne segue che non ha significato fisico l'attribuzione simultanea, con precisione arbitraria, di posizione e quantità di moto a una particella, la quale, conseguentemente, non può essere trattata come un punto materiale della meccanica newtoniana.

Similmente se l'operazione di misura dell'energia di un sistema viene effettuata in un intervallo di tempo Δt il risultato è affetto da un'indeterminazione ΔE non inferiore a $h/\Delta t$.

Le relazioni di indeterminazione furono soggette a una serrata critica da parte di Einstein che rifiutò per tutta la vita l'impostazione probabilistica della meccanica quantistica che da esse deriva. In particolare, nel Congresso Solvay (Bruxelles, 1927) Einstein presentò una confutazione della relazione di indeterminazione tra tempo e energia, confutazione che, il mattino successivo, fu demolita da Niels Bohr con una sottile analisi di cui un punto essenziale è costituito dal rallentamento degli orologi previsto dalla relatività generale einsteiniana. I particolari di questa vicenda si trovano in un articolo di N. Bohr contenuto nel volume di P. A. Schilpp, *Albert Einstein scienziato e filosofo*, Torino, Einaudi, 1958.

¹² *Azione a distanza e azione a contatto*

Prima della relatività ristretta l'interazione tra due corpi poteva venir descritta come *azione a distanza*, ossia come lo scambio di un segnale tra i corpi, oppure come *azione a contatto*, ossia come una modificazione, punto per punto, delle proprietà fisiche dello spazio il quale diviene la sede di un *campo*, come ad esempio il campo elettromagnetico di Faraday e di Maxwell. L'azione a distanza implica lo scambio istantaneo di un segnale: infatti ogni variazione della quantità di moto e dell'energia del primo corpo dovrebbe ripercuotersi immediatamente sul secondo per rispettare le leggi di conservazione.

Non così per l'azione a contatto: ogni variazione dell'energia e della quantità di moto di un corpo si trasmetterebbe all'altro tramite il campo con velocità finita. La relatività ristretta, che nega la possibilità di trasmissione immediata di segnali, nega pertanto la possibilità dell'azione a distanza. Il concetto di campo diviene così obbligatorio.

Sussiste una differenza fondamentale tra i concetti di campo nella fisica classica e in quella quantistica relativistica. Nella prima la trasmissione di energia e quantità di moto tra corpi interagenti avviene con continuità attraverso il campo; nella seconda avviene in modo discreto, mediante particelle prodotte dal campo stesso, chiamate *quanti del campo*. Qui interviene ancora una volta la relatività ristretta, secondo la quale l'energia può convertirsi in massa, e reciprocamente, secondo la relazione (resa famosa dalla produzione di energia nucleare!) $E=mc^2$. È poi la relazione tra le indeterminazioni Δt di un intervallo di tempo e ΔE dell'energia ($\Delta E \approx h$ ove h è la costante di Planck), fatto esclusivamente quantistico, a permettere la conservazione dell'energia nei processi di emissione e assorbimento dei quanti da parte dei corpi interagenti.

¹³ *Configurazioni e modi microscopici*

Si pensi a un sistema costituito da 4 palline bianche e 4 nere disposte su due strati. Chiamiamo "configurazione" del sistema una situazione caratterizzata dalla presenza di un dato numero di palline di un tipo in uno strato. Le configurazioni di massimo ordine sono quelle in cui tutte le palline di un tipo occupano uno stesso strato. In quella di massimo disordine, invece, due palline di un tipo stanno su ciascuno strato. I numeri di modi in cui sono realizzabili le configurazioni caratterizzate da un dato numero di palline bianche nello strato superiore sono facilmente calcolabili e mostrati nella tabella.

CONFIGURAZIONE	N. DI MODI	PROBABILITÀ
4	1	1/70
3	16	16/70
2	36	36/70
1	16	16/70
0	1	1/70

totale 70

Il numero dei modi cresce enormemente al crescere del numero degli oggetti che compongono il sistema. La tabella seguente mostra il numero dei modi con cui si realizzano le varie configurazioni con un dato numero di palline bianche nello strato superiore nel caso di 50 palline bianche e 50 nere.

CONFIGURAZIONE	N. DI MODI
NESSUNA O TUTTE	1
5 oppure 45	$4,5 \cdot 10^{12}$
10 oppure 40	$1,05 \cdot 10^{20}$
15 oppure 35	$5 \cdot 10^{24}$
20 oppure 30	$2,22 \cdot 10^{27}$
25	$1,6 \cdot 10^{28}$

Si può intuire cosa accade quando gli oggetti in esame diventano numerosissimi, come nel caso di un numero di molecole dell'ordine del numero di Avogadro ($6,02 \cdot 10^{23}$) con i quali si ha a che fare allorché si considerano i corpi macroscopici.

¹⁴ *Il paradosso di Olbers*

Già Newton, sulla base della legge di gravitazione universale, concluse che l'universo non può essere al contempo statico, ossia con le stelle in posizioni immobili, e finito. Infatti un sistema finito di masse ferme non è in equilibrio: a causa della reciproca attrazione le masse tenderebbero ad unirsi. Nacque così la prima immagine cosmologica della scienza moderna: quella di un universo statico e infinito, popolato in media in modo uniforme da stelle immobili ed eterne. Questo modello fu messo in crisi nel 1826 da H. Olbers con un'osservazione banale (che risale all'astronomo svizzero De Cheseaux): se fosse vero che l'universo è statico e infinito, non dovrebbe mai esservi buio; il cielo, sia diurno che notturno, sarebbe molto più luminoso di quanto ci appare in pieno giorno. Il ragionamento di Olbers è il seguente. Immaginiamo di suddividere lo spazio in cortecce concentriche con centro nella posizione occupata dalla Terra. Ammessa un'uniforme distribuzione di stelle (ciascuna emittente in media la stessa energia), in ogni corteccia ve ne sarà un numero proporzionale al quadrato del suo raggio (perché tale è il volume della corteccia stessa). L'energia inviataci da ciascuna stella è proporzionale all'inverso del quadrato di questo raggio (perché l'energia si distribuisce ugualmente in tutte le direzioni). Pertanto l'energia inviataci da una corteccia non dipende dal suo raggio, ossia è la stessa per tutte le cortecce. Se queste sono in numero infinito, l'energia totale inviataci è essa pure infinita. Il ragionamento di Olbers si può ripetere anche oggi parlando di galassie anziché di stelle.

¹⁵ *Spostamento verso il rosso e espansione dell'universo*

L'allontanarsi delle galassie fu constatato in base all'osservazione che le frequenze di tipiche radiazioni elettromagnetiche dovute a transizioni atomiche nelle galassie appaiono minori del loro valore constatato in laboratorio. Questo effetto fu interpretato come effetto Doppler secondo il quale la frequenza di un'onda emessa da un sorgente che si allontana dall'osservatore risulta a questi minore di quella che percepirebbe se la sorgente fosse in quiete. Questa diminuzione del valore delle frequenze si chiama *spostamento verso il rosso* (perché al rosso corrisponde la frequenza più bassa nel visibile). Dall'entità di questo spostamento è possibile risalire alla velocità di allontanamento di ciascuna galassia e si constata che tale velocità è proporzionale alla sua distanza. Non va confuso questo spostamento Doppler con quello dovuto alla presenza di campi gravitazionali considerato nella *nota 10*.

La legge di Hubble si esprime con la semplice relazione $v=Hd$ ove v è la velocità con cui è vista allontanarsi una galassia la cui distanza dall'osservatore è d e H è un fattore di proporzionalità chiamato *costante di Hubble*. Il suo valore numerico si ottiene da misure indipendenti delle grandezze v e d . Mentre la prima si ottiene dalla misura dello spostamento verso il rosso, la seconda è meno semplice e reca largo margine di incertezza. La legge di Hubble mostra che l'inverso di H ha la dimensione di un tempo e dalle misure sopra citate ne risulta un valore compreso tra 10 miliardi e 20 miliardi di anni. Ammesso che l'espansione dell'universo sia avvenuta, per la maggior parte del tempo, con velocità costante, questi valori forniscono una stima dell'intervallo di tempo trascorso dal big bang ad oggi, ossia dell'età dell'universo.

Lavori di gruppo

Filosofia e Storia della scienza

Coordinatore: Anna Bianchi

Rapporteur: Giorgio Luppi

Partecipanti:

Anna Aversa, Ignazia M. Bartholini, Stefania Buccioli, Piero Castellano

Ignazia Crocè, Paolo Guidera, Alberto Manchi, Francesco Mazziotta

Sonia Pastorino, Maria Pastrello, Patrizia Salvatore, Francesco Sircana

Chiara Tamanini, Maria Grazia Vitali, Michele Zannini

PREMESSA

Il percorso proposto affronta il tema del rapporto tra la riflessione filosofica e i saperi scientifici unendo l'approccio storico all'approccio problematico. L'intreccio dei due approcci consente, infatti, di condurre gli studenti sia alla comprensione della storicità del sapere scientifico e filosofico sia alla messa in discussione della concezione di scienza comunemente accolta. Il percorso, pertanto, si sviluppa assumendo come orizzonte problematico gli interrogativi relativi alla definizione della nozione di scientificità, al valore di verità e/o all'utilità del sapere scientifico, alla definizione dell'oggetto della scienza nel suo rapporto con il soggetto.

Tali interrogativi vengono fatti emergere attraverso la trattazione di due tematiche, affrontate in prospettiva storica, così da consentire l'aggancio con momenti decisivi dello sviluppo delle scienze: 1) la definizione e il confronto di modelli di razionalità filosofica e scientifica; 2) il metodo scientifico: la genesi del sapere scientifico (congetture o induzione?) e il controllo della sua validità (verifica/conferma/falsificazione?).

NODI PROBLEMATICI	TEMI AFFRONTATI IN PROSPETTIVA STORICA		
	Filosofia e scienze	Il metodo scientifico	
		congetture o induzione?	verifica/conferma/ falsificazione?
<i>La definizione della nozione di "scientifico"</i>			
<i>Il valore di verità e/o l'utilità del sapere scientifico</i>			
<i>L'oggetto della scienza nel suo rapporto con il soggetto</i>			

Poiché gli insegnanti – destinatari della proposta – sono chiamati a inserire la programmazione della propria attività nel quadro di curricoli differenziati e, quindi, con possibilità diverse di raccordo con le discipline scientifiche, si è scelto di costruire il percorso ipotizzandone un duplice possibile utilizzo e lasciando al docente il compito di collegare il proprio lavoro con le tematiche affrontate nello studio delle materie scientifiche.

Assumendo l'attuale collocazione dell'insegnamento della filosofia nella scuola secondaria, si è articolato il lavoro in tre "nuclei", seguendo la tradizionale scansione cronologica dei programmi.

– ***Dialettica e scienza nell'antichità.*** Il primo nucleo considera la nascita della matematica e della medicina nel mondo antico. Il sapere matematico antico e il *corpus hippocraticum* consentono di far emergere due modi differenti di intendere il rapporto tra esperienza e ragione. Attraverso l'analisi dei testi di Platone e di Aristotele il "Nucleo 1" mostra la funzione assegnata al filosofo nella definizione dello statuto dei saperi.

– ***La scienza in età moderna: riflessione filosofica e metodologica.*** In rapporto alla rivoluzione scientifica il secondo nucleo affronta i problemi della fondazione filosofica del sapere scientifico, dell'individuazione dell'oggetto e della metodologia della scienza, delle condizioni di controllo dei risultati, con particolare riferimento al pensiero di Galileo Galilei e di René Descartes e agli sviluppi del sapere scientifico e filosofico con Isaac Newton e Immanuel Kant.

– ***Filosofia e scienza nell'età contemporanea.*** In relazione allo sviluppo del sapere scientifico tra Ottocento e Novecento il terzo nucleo tratta la definizione del rapporto tra filosofia e scienza nel Positivismo, nelle correnti antipositivistiche, nel Neoempirismo, nel pensiero di Karl Popper e di Thomas Kuhn (rapporto tra teorie e fatti, critica alla metafisica, verifica e falsificazione, rivoluzione scientifica e con-

chetto di “paradigma”). Indica una possibile direzione di approfondimento accostando allo sviluppo della riflessione epistemologica il tentativo husserliano di rifondazione filosofica della razionalità scientifica di fronte alla “crisi” della cultura europea.

Questi tre nuclei possono essere svolti uno per ogni anno di corso, con un progressivo approfondimento delle questioni proposte, o possono essere ricomposti in un unico modulo da affrontare nell’anno conclusivo. In questo secondo caso è affidato all’insegnante il compito di prevedere, in rapporto alla sua programmazione, un’eventuale selezione degli autori e dei testi proposti nel primo e nel secondo nucleo.

Il tempo previsto per lo svolgimento del primo nucleo del percorso è di 13 ore; del secondo nucleo di 16 ore; del terzo nucleo di 16 ore.

IPOTESI GUIDA

Il percorso presenta alcune tappe della riflessione filosofica sulla scienza, ripercorrendo la storia del pensiero dall’Antichità al Novecento: mostra come - nel complesso itinerario della cultura occidentale - l’orizzonte scientifico sia stato strettamente connesso all’orizzonte filosofico; assume, “mettendola alla prova”, l’indicazione proposta nella relazione “*Dimensioni scientifiche e filosofiche della conoscenza*” del prof. Paolo Parrini riguardo agli influssi dello sviluppo delle scienze sull’individuazione dei problemi epistemologici.

Evidenzia, d’altra parte, la necessità di definire la specificità della filosofia in rapporto agli altri ambiti del sapere e di porre in discussione sia la prospettiva di una filosofia come disciplina ausiliaria delle scienze sperimentali - sotto forma di teoria della conoscenza, logica, epistemologia – sia la possibilità di ritenere le scienze sperimentali modello esclusivo di razionalità, oggettività e verità.

OBIETTIVI FINALI (in termini di conoscenze, competenze, capacità)

1. definire e storicizzare i concetti essenziali della riflessione epistemologica (scienza, ipotesi, esperienza, ...);
2. individuare e ricostruire gli interrogativi della riflessione filosofica sui saperi scientifici;
3. contestualizzare gli interrogativi e le diverse concezioni epistemologiche presentate, evidenziandone i nessi con la storia delle scienze e della filosofia;
4. analizzare / interpretare testi di diversa tipologia, individuando le tesi sostenute e le risposte ai nodi problematici sottesi al percorso e identificando le finalità delle argomentazioni in rapporto al tema trattato;
5. porre a confronto i diversi contesti e i diversi modelli di razionalità scientifica e filosofica affrontati;

6. argomentare le proprie posizioni sia nei momenti di dialogo in classe sia nella produzione di testi scritti;

7. utilizzare le categorie cognitive acquisite in altri ambiti problematici e disciplinari.

PREREQUISITI

I prerequisiti vengono indicati nel primo nucleo del percorso, con riferimento esclusivamente alle abilità logiche. Come prerequisiti del secondo e del terzo nucleo si assumono gli obiettivi conseguiti nelle fasi di lavoro precedenti.

METODI

[Le indicazioni proposte si riferiscono a tutte le fasi nelle quali è articolato il percorso. Eventuali ulteriori indicazioni vengono riportate nelle specifiche fasi di lavoro alla voce: “tipologia di attività”]

L'impostazione didattica del percorso privilegia l'approccio diretto ai testi. Prevede, quindi, uno sviluppo del lavoro in classe attraverso operazioni di lettura, analisi, contestualizzazione e confronto di passi significativi sia per studiare l'evoluzione del pensiero filosofico e scientifico sia per mostrare le strategie argomentative utilizzate dagli autori.

L'incontro con i temi trattati e l'emergere delle convinzioni personali degli studenti è facilitato dalla scelta di avviare i nuclei del percorso con un momento introduttivo, organizzato nella forma della riflessione / discussione guidata partendo da testo (filosofico, letterario, filmico).

Per la rielaborazione e la sistemazione dei contenuti proposti è opportuno che l'insegnante adotti come criteri-guida i “nodi problematici” e i “temi” riportati nello schema iniziale.

Al fine di favorire il coinvolgimento degli studenti, si suggerisce di impostare le fasi di lavoro secondo la seguente articolazione: 1) proposta di domande-stimolo agli alunni: è opportuno far emergere tali domande dal dibattito epistemologico contemporaneo, ma anche legarle a interessi, conoscenze e peculiarità dei codici comunicativi degli allievi, da cui spesso scaturiscono i loro pregiudizi e stereotipi culturali; 2) raccolta e sintesi delle proposte di risposta da parte dell'insegnante o – in particolare nell'ultimo anno di corso – da parte di uno studente; 3) riformulazione delle domande e lettura del testo, introdotta e guidata dal docente, con un movimento che dall'analisi del testo conduce alla sintesi concettuale, per ritornare al testo verificando sia la comprensione degli alunni sia la validità della sintesi elaborata; 4) breve ricostruzione dell'itinerario svolto da parte degli studenti.

NUCLEO 1: DIALETTICA E SCIENZA NELL'ANTICHITÀ

NOTA INTRODUTTIVA

Il “Nucleo 1” costituisce una sorta di introduzione all’articolazione successiva del percorso. Presentando la nascita di un approccio non mitico alla conoscenza del mondo naturale, evidenzia – fin dal costituirsi della domanda di verità nella filosofia antica – il bisogno di assegnare uno statuto “scientifico” ad alcune forme peculiari di conoscenza. Consente, quindi, di sottolineare la storicità di ogni sapere e di mettere a tema – attraverso l’incontro con il *corpus hippocraticum* e gli albori del sapere matematico antico – l’esistenza di differenti concezioni del rapporto tra esperienza e ragione. Fornisce, quindi, l’opportunità per una prima definizione dei “nodi problematici” e dei “temi” che costituiscono le linee guida del percorso.

PREREQUISITI (con riferimento alle sole abilità logiche)

1. definire concetti non filosofici;
2. individuare connessioni tra i concetti;
3. stabilire / riconoscere nessi logici;
4. individuare le idee centrali in un testo;
5. esporre in forma chiara e ordinata le proprie tesi.

OBIETTIVI SPECIFICI

1. definire il concetto di “scienza” nel pensiero antico;
2. comprendere la concezione di filosofia nel pensiero platonico e aristotelico;
3. interpretare il nesso tra esperienza e ragione” nel configurarsi del pensiero scientifico e filosofico;
4. riflettere sull’interrogativo relativo alla utilità / verità del sapere;
5. cogliere la dimensione storica nella costituzione dei saperi scientifici;
6. analizzare testi di diversi autori e tipologie, individuando i temi trattati e i nodi problematici relativi alla definizione del rapporto tra riflessione filosofica e altri saperi.

TEMPO: 13 ORE

CONTENUTI

[I contenuti vengono proposti suddivisi in fasi di lavoro. Per motivi editoriali non è possibile riportare integralmente i testi indicati: ci si limita a proporre brevi citazioni per richiamare i brani alla mente del lettore]

Fase di lavoro n. 1 (1 ora): La nascita della riflessione filosofica

– Testo: Aristotele, *Metafisica*, Libro I (A), 2, 982b11-982b28

Il testo consente di introdurre gli studenti ai “nodi problematici” affrontati nel percorso partendo dagli interrogativi sulla definizione della filosofia e sul suo rapporto con gli altri saperi.

*“[...] se è vero che gli uomini si diedero a filosofare con lo scopo di sfuggire all’ignoranza, è evidente che essi perseguivano la scienza col puro scopo di sapere e non per qualche bisogno pratico. E ne è testimonianza anche il corso degli eventi, giacché solo quando furono a loro disposizione tutti i mezzi indispensabili alla vita e <quelli> che procurano benessere e agiatezza, gli uomini incominciarono a darsi ad una tale sorta di indagine scientifica” (ARISTOTELE, *Metafisica*, Libro I (A), 2, 982b19-982b24).*

Tipologia di attività: il testo può essere introdotto immediatamente, riducendo al minimo le informazioni per contestualizzarlo. Come si è anticipato, alla lettura del passo si ritiene opportuno far seguire una discussione guidata dal docente, finalizzata a una prima presentazione del percorso didattico.

Fase di lavoro n. 2 (1 ora): Il sapere matematico

→ Tema 1: *La nascita del sapere matematico. I problemi della matematica pre-platonica*

La matematica ellenica. Il metodo dimostrativo. Il concetto di numero. Il concetto di quantità continua. Le grandezze incommensurabili.

Tipologia di attività: lezione frontale.

→ Tema 2: *La scoperta degli irrazionali*

– Testo: Platone, *Menone*, 82b-85b

Il testo porta a ripercorrere la soluzione data dallo schiavo - guidato da Socrate - al problema della costruzione di un quadrato doppio di un altro quadrato dato. Dalla dimostrazione condotta è possibile ricavare l’incommensurabilità tra il lato e la diagonale del quadrato.

*“SOCRATE. E quante di queste metà vi sono all’interno di questo quadrato [BDON]? SERVO. Quattro. SOCR. E in quest’altro quadrato [ABCD]? SERVO. Due. SOCR. E che cos’è il quattro in rapporto al due? SERVO. Il doppio. SOCR. Quanti sono, dunque, i piedi di questo quadrato [BDON]? SERVO. Otto. SOCR. E su quale linea è costruito? SERVO. Su questa [DB]. SOCR. Cioè su quella che va dall’uno all’altro lato del quadrato di quattro piedi [ABCD]? SERVO. Sì. SOCR. Codesta linea i sofisti la chiamano diametro. E, se tale è il suo nome, diremo, o servitorello di Menone, che come tu sostieni, è sulla diagonale che si costruisce la superficie doppia” (PLATONE, *Menone*, 85b).*

Fase di lavoro n. 3 (1 ora): Il rapporto tra matematica e dialettica

– Testo: Platone, *Repubblica*, VI, 509d - 511e

Il testo - attraverso la teoria della linea - presenta i quattro tipi di oggetti della conoscenza e le quattro forme di attività conoscitiva. Pone a confronto *diànoia* e dialettica filosofica, affermando la superiorità di quest'ultima.

“E, a mio avviso, tu chiami pensiero dianoetico, ma non intelletto, la condizione degli studiosi di geometria e di simili doti, come se il pensiero dianoetico venisse a essere qualcosa di intermedio tra l'opinione e l'intelletto” (PLATONE, *Repubblica*, VI, 511d).

Fase di lavoro n. 4 (2 ore): Dialettica e mondo empirico negli ultimi dialoghi platonici

– Testo: Platone, *Sofista*, 253c-259d

Il testo consente di evidenziare il tentativo platonico di superare le aporie derivanti dal dualismo tra il mondo delle idee e il mondo sensibile. Mette a tema lo sviluppo della riflessione sulla “scienza della dialettica” come metodo filosofico e la ridefinizione del “non essere” come “diverso”.

“LO STRANIERO. Lo sai che noi abbiamo abbandonato Parmenide e siamo andati assai al di là del suo divieto? [...] non solo abbiamo dimostrato che sono le cose che non sono, ma siamo giunti persino a scoprire quel genere che è proprio di ciò che non è” (PLATONE, *Sofista*, 258c-d).

Fase di lavoro n. 5 (1 ora): Cosmologia e dialettica

– Testo 1: Platone, *Leggi*, VII, 821a - 822c

Il testo afferma la necessità di eliminare dall'educazione dei giovani la menzogna dell'irregolarità del moto degli astri, sostenendo l'ordine del cosmo. In tal modo si pone il problema di spiegare i movimenti apparenti degli astri “erranti” senza contravvenire alle regole della dialettica.

“E infatti, miei cari, non è corretta questa dottrina e cioè che qualche volta la luna, il sole e gli altri astri sono erranti, è vero tutto il contrario di questo – ognuno di essi infatti percorre la stessa via, non molte, ma una sempre in cerchio e sembra muoversi per molte [...]” (PLATONE, *Leggi*, VII, 822a).

– Testo 2: Platone, *Timeo*, 29b-30b, 33b-34b

Nei passi indicati Platone definisce lo statuto del sapere sul cosmo: il mondo del divenire non può essere oggetto di un sapere definitivo, ma di una narrazione verosimile. Propone, inoltre, un'astronomia conforme alle sue esigenze di ordine, grazie alla sfericità del mondo e alla circolarità del moto degli astri.

“[...] e fece un corpo liscio e uniforme ed eguale dal centro in ogni direzione e

intero e perfetto e composto di corpi perfetti. [...] e così fece un cielo circolare, che si muove circolarmente, unico e solitario, ma atto per sua virtù ad accompagnarsi seco stesso e di nessun altro bisognoso e bastevolmente conoscitore e amante di se stesso” (PLATONE, *Timeo*, 34b).

Fase di lavoro n. 6 (1 ora): verifica formativa (vd. “Verifiche del Nucleo 1”)

Fase di lavoro n. 7 (2 ore): Dialettica e scienza dimostrativa nel pensiero aristotelico

– Testo 1: Aristotele, *Secondi analitici*, I (A), 2-3, 71b9-72b22

Nelle prime pagine degli *Analitici secondi* Aristotele distingue tra scienza e sillogismo dimostrativi e scienza e sillogismo dialettici. La diversa natura dei sillogismi e delle scienze dipende dalla natura dell’oggetto studiato e, quindi, dalle premesse.

“*Dal canto suo, la premessa costituisce l’una o l’altra parte della contraddizione, ed esprime il riferimento di una sola determinazione ad un solo oggetto: essa è dialettica, quando assume indifferentemente una qualsiasi delle due parti suddette, e invece dimostrativa, quando stabilisce in modo determinato come vera una delle due*” (ARISTOTELE, *Secondi analitici*, I (A), 2, 72a7-11).

– Testo 2: Aristotele, *Topici*, I (A), 1, 100a18-100b25; I (A), 2, 101a25-101b4

Lo stesso tema è ripreso nei *Topici*, trattato che “si propone di trovare un metodo, onde poter costituire [...] dei sillogismi che partano da elementi fondati sull’opinione”.

“*Si ha così da un lato una dimostrazione, quando il sillogismo è costituito e deriva da elementi veri e primi, oppure da elementi siffatti che assumano il principio della conoscenza che li riguarda attraverso certi elementi veri e primi. Dialettico è d’altro lato il sillogismo che conclude da elementi fondati sull’opinione*” (ARISTOTELE, *Topici*, I (A), 1, 100a26-30).

Sempre nei *Topici* Aristotele chiarisce i possibili usi della dialettica “per le scienze connesse alla filosofia”.

“*Ciò che è stato detto deve essere ora seguito da un accenno a quante e quali cose sia utile questo trattato. Propriamente esso lo è sotto tre rispetti, per esercizio, per le conversazioni, per le scienze connesse alla filosofia. [...] È infine utile per le scienze connesse alla filosofia poiché potendo sollevare delle difficoltà riguardo a entrambi gli aspetti della questione, scorgeremo più facilmente in ogni oggetto il vero e il falso. [Il trattato sulla dialettica] è utile altresì rispetto ai primi tra gli elementi riguardanti ciascuna scienza. Partendo infatti dai principi propri della scienza in esame, è impossibile dire alcunché intorno ai principi stessi, poiché essi sono i primi tra tutti gli elementi, ed è così necessario penetrarli attraverso gli elementi fondati sul-*

*l'opinione, che riguardano ciascun oggetto. Questa per altro è l'attività propria della dialettica, o comunque quella che più le si addice: essendo infatti impegnata nell'indagine, essa indirizza verso i principi di tutte le scienze” (ARISTOTELE, *Topici*, I (A), 2, 101a25-101b4).*

Tipologia di attività: si suggerisce di introdurre il lavoro richiamando – attraverso domande – le nozioni proposte nella Fase n. 1 riguardo alla concezione aristotelica del sapere.

Fase di lavoro n. 8 (1 ora): Demarcazione tra filosofia prima, fisica e matematica

I due testi mostrano come Aristotele faccia dipendere il diverso statuto epistemologico delle discipline dal differente potenziale ontologico degli oggetti trattati. Permettono di proporre un'anticipazione: l'abbandono di tale impostazione aristotelica consentirà a Galileo Galilei di matematizzare la fisica e di unificare la scienza del mondo sovralunare e sublunare.

– Testo 1: Aristotele, *Metafisica*, XII (L), 1, 1069a30-1069b2
Aristotele distingue la fisica dalla filosofia prima.

*“Le sostanze sono tre. Una è sensibile – e, di questa sostanza, esiste una specie eterna, e una seconda corruttibile, che tutti ammettono (come, poniamo, gli alberi e gli animali) –. [...] L'altra sostanza è, invece, immobile; e questa alcuni filosofi affermano che è trascendente [...]. Le prime due sostanze costituiscono l'oggetto della fisica (sono, infatti, dotate di movimento); la terza invece è oggetto di un'altra scienza, dal momento che non c'è alcun principio comune ad essa ed alle altre due” (ARISTOTELE, *Metafisica*, XII (L), 1, 1069a 30-b2).*

– Testo 2: Aristotele, *Metafisica*, XII (L), 8, 1073a23-1073b8
Aristotele distingue l'astronomia dall'aritmetica e dalla geometria.

*“[...] che ci siano queste sostanze, e che, di queste, l'una venga prima e l'altra segua nello stesso ordine gerarchico dei movimenti degli astri, è evidente. Il numero dei movimenti, poi, deve essere stabilito in base alle indagini della scienza matematica che più è affine alla filosofia, ossia dell'astronomia: infatti questa dirige la sua indagine intorno ad una sostanza che è, sì, sensibile, ma eterna, mentre le altre, come l'aritmetica e la geometria, non hanno alcuna sostanza come oggetto di indagine” (ARISTOTELE, *Metafisica*, XII, (L), 8, 1073b8).*

Fase di lavoro n. 9 (1 ora): Un sapere scientifico non assiomatico

– Testo 1: Ippocrate, *Antica medicina*, 1-3, in: Idem, *Antica medicina. Giuramento del medico*, Rusconi, Milano 1998, pp. 28-39

Il primo testo mostra il configurarsi del rapporto tra ragione ed esperienza nell'ambito di un sapere prevalentemente osservativo e pratico, fornendo un termine di confronto rispetto alle visioni della scienza precedentemente analizzate.

“Quanti hanno intrapreso a parlare o a scrivere di medicina, fondando il proprio discorso su un'ipotesi, il caldo o il freddo o l'umido o il secco o quale altro abbiano scelto, [...] costoro sono palesemente in errore su molti aspetti delle loro affermazioni; ma soprattutto sono da biasimare perché sbagliano intorno a un'arte di fatto esistente, della quale tutti fruiscono nelle circostanze più gravi e molto ne onorano i buoni praticanti e professionisti” (IPPOCRATE, *op. cit.*, 1, p. 29).

– Testo 2: Ippocrate, *Giuramento*, in: Idem, *op. cit.*, pp. 128-131

Il breve testo del *Giuramento* permette di avviare una riflessione sui problemi etici posti dall'arte medica fin dalla sua origine.

“Riterrò chi mi ha insegnato quest'arte pari ai miei stessi genitori [...]. Preserverò pura e santa la mia vita e la mia arte. [...] In quante case entrerò, andrò per aiutare i malati, astenendomi dal recar volontariamente ingiustizia e danno” (IPPOCRATE, *op. cit.*, pp. 129, 131).

Fase di lavoro n. 10 (1 ora): Verifica finale (vd. “Verifiche del Nucleo 1”)

VERIFICHE DEL NUCLEO 1

Oltre alla verifica continua dell'apprendimento - effettuata attraverso l'analisi dei testi e attraverso momenti di lavoro a piccoli gruppi, volto alla formulazione di domande all'insegnante - si prevede lo svolgimento di due prove: una verifica formativa, della durata di un'ora, da svolgersi dopo la fase di lavoro n. 5 e una verifica finale, sempre della durata di un'ora.

Per la verifica formativa - finalizzata a un primo controllo parziale delle conoscenze e delle competenze raggiunte - si suggerisce la tipologia della discussione organizzata. Nella discussione la guida dell'insegnante garantisce la sistemazione e la rielaborazione delle nozioni acquisite in rapporto allo schema fornito dalla griglia presentata nella *Premessa*.

Per la verifica finale si propone lo svolgimento di una prova scritta con domande delle tipologie: “quesito a risposta singola” e “trattazione sintetica”. Esempi:

1. Riferendoti al pensiero platonico definisci i seguenti concetti ed esplicita i nessi che li legano: Idee – dialettica – *episteme*.

2. Indica i quattro “gradi del conoscere” individuati da Platone nella *Repubblica* e i quattro “piani dell’essere” corrispondenti.
3. Esponi la visione dei cieli proposta da Platone nel *Timeo*, utilizzando i seguenti concetti presenti nel testo platonico: artefice, ordine, intelligenza, materia, anima del mondo, astri erranti.
4. Definisci la nozione di dialettica nel pensiero platonico e aristotelico.
5. Presenta la distinzione posta da Aristotele tra filosofia prima, fisica, matematica.

NUCLEO 2:

LA SCIENZA IN ETÀ MODERNA: RIFLESSIONE FILOSOFICA E METODOLOGICA

NOTA INTRODUTTIVA

Nell'epoca moderna la riflessione filosofica sulla scienza si confronta con nuove prassi tecnico-scientifiche di cui spesso gli stessi filosofi sono fautori. In tal modo, emergono la necessità di "superare" la visione tradizionale del mondo e il relativo modello scientifico (qualitativo, finalistico, animistico, ecc.) e la specifica esigenza storica di individuare e costruire un sapere capace di intervenire direttamente ed operativamente sulla realtà. Si delinea, in tal modo, il senso dell'utilità della scienza. Per raggiungere questo obiettivo si assume come modello di interpretazione della realtà quello matematico-geometrico: la realtà diventa oggetto di conoscenza scientifica nei suoi caratteri fenomenico-quantitativi, nelle sue proprietà matematizzabili.

Il metodo di ricerca si fonda sulla osservazione, sulla formulazione di ipotesi e sulla verifica sperimentale, all'interno del quadro teorico matematico-geometrico. In questo contesto occupano una posizione di rilievo filosofi-scienziati come gli autori ai quali sono dedicate le tre sezioni del Nucleo 2: "Scienza e filosofia nell'opera di Galileo Galilei"; "Scienza e filosofia nell'opera di René Descartes", "Isaac Newton e Immanuel Kant: *il cielo stellato sopra di me*".

PREREQUISITI

Si assumono gli obiettivi conseguiti nel primo nucleo del percorso.

OBIETTIVI SPECIFICI

1. padroneggiare il linguaggio filosofico relativo alla "rivoluzione scientifica" (secoli XVI - XVIII);
2. identificare e definire problemi e concetti relativi al rapporto tra filosofia e scienza nell'età moderna;
3. saper confrontare criticamente i diversi modelli di razionalità scientifica e filosofica delle età moderna (Nucleo 2) e antica (Nucleo 1), inquadrandoli nei rispettivi periodi storici;
4. analizzare testi di diversi autori e diverse tipologie, individuando i temi trattati e nodi problematici relativi alla definizione del rapporto tra filosofia e sapere scientifico;
5. accrescere – tramite il confronto con la razionalità scientifica – il rigore logico e argomentativo nell'esposizione orale e scritta;
6. utilizzare le categorie cognitive acquisite in altri ambiti disciplinari.

TEMPO: 16 ore

– SEZIONE 1: SCIENZA E FILOSOFIA NELL’OPERA DI GALILEO GALILEI

Il sapere della filosofia naturale nel XVII secolo trova un momento di forte accelerazione e mutamento nella figura di Galileo Galilei. Nelle opere del pisano non esistono trattazioni complete e articolate in merito alla metodologia scientifica, tuttavia in molti passaggi emergono indicazioni, accorgimenti e usi di tecniche specifiche (logiche, matematico-geometriche, meccaniche, strumentali, ecc.) che concorrono a un quadro coerente di impostazione metodologica; la dimensione problematica della questione è sintomatica delle novità poste dall’emergere del sapere scientifico - nella sua accezione moderna - dall’alveo del generale sapere filosofico.

Fase di lavoro n. 1 (1 ora): La rivoluzione scientifica

– Testo 1: Robert Musil, *L’uomo senza qualità*, Einaudi, Torino 1972, vol. I, cap. 72, pp.291-292

Il testo ha lo scopo di presentare agli alunni il tema generale della rivoluzione scientifica e delle sue conseguenze sulla cultura occidentale. In questo processo è centrale la figura di Galilei che sposta radicalmente l’asse della riflessione filosofica naturale dal “perché” dei fenomeni al “come” essi avvengono. Tale spostamento secondo Musil rappresenta un approccio nuovo e laico alla conoscenza, approccio fonte tra l’altro di scontro con la cultura religiosa e denso di conseguenze notevolissime per il mondo della tecnica.

“Secondo tradizioni attendibili s’è cominciato nel sedicesimo secolo, un periodo di fortissimo movimento spirituale, a non più sforzarsi di penetrare i segreti della natura, com’era successo fino allora in due millenni di speculazione religiosa e filosofica, bensì ad accontentarsi di esplorarne la superficie, in un modo che non si può fare a meno di definire superficiale. Il grande Galileo Galilei ad esempio, il primo nome che sempre si cita a questo proposito, tolse di mezzo il problema [...]. Ma se ci si chiede come mai fosse venuto in mente all’umanità di cambiare così, ecco la risposta: l’umanità fece semplicemente quello che fanno tutti i bambini di buon senso che si son provati troppo presto a camminare; si sedette per terra, e la toccò con una parte del corpo non molto nobile ma sicura, diciamolo pure: con quella parte su cui ci si siede. Lo strano è che la terra si sia mostrata così sensibile a quel contatto, sì da lasciarsi strappare cognizioni, scoperte e comodità in un’abbondanza che ha del miracoloso” (ROBERT MUSIL, op. cit., pp. 291-292).

– Testo 2: *Vita di Galileo* di Liliana Cavani (scena del teatro anatomico)

La sequenza del testo filmico mostra l’approccio al sapere di Galileo Galilei, tutto intento a estrarre le informazioni dall’osservazione diretta piuttosto che dalla tradizione libresco. Questo approccio, di estrema importanza per lo studio della natura, ha luogo per il sapere medico nel teatro anatomico.

Tipologia di attività: la lettura del testo letterario e la visione del testo filmico sono proposti come stimoli per una discussione guidata, attraverso la quale far emergere informazioni utili alla definizione del metodo scientifico.

Fase di lavoro n. 2 (1 ora): Aspetti del metodo galileiano

→ Tema 1: *Lo studio dei corpi negli aspetti quantitativi*

– Testo: Galileo Galilei, *Terza Lettera a Markus Welsler - Delle macchie del Sole*, in: *Opere*, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze 1968, vol. V, pp. 187-188

Partendo dall'alternativa tra lo studio delle essenze e l'indagine su alcune affezioni dei corpi, il testo permette di differenziare la scienza dalla filosofia: la scienza rifiuta la spiegazione qualitativa dei fenomeni a favore di quella quantitativa, utilizzando quindi la matematica.

“[...] o noi vogliamo specolando tentar di penetrar l'essenza vera ed intrinseca delle sustanze naturali; o noi vogliamo contentarci di venir in notizia d'alcune loro affezioni. Il tentar l'essenza, l'ho per impresa non meno impossibile e per fatica non men vana nelle prossime sustanze elementari che nelle remotissime e celesti [...]. Ma se vorremo fermarci nell'apprensione di alcune affezioni, non mi par che sia da desperar di poter conseguirle anco ne i corpi lontanissimi da noi, non meno che ne i prossimi [...]. Voglio per tanto inferire, che se bene indarno si tenterebbe l'investigazione della sustanza delle macchie solari, non resta però che alcune loro affezioni, come il luogo, il moto, la figura, la grandezza, l'opacità, la mutabilità, la produzione ed il dissolvimento, non possino da noi esser apprese [...]” (G. GALILEI, *Terza Lettera a Markus Welsler - Delle macchie del Sole*, cit., pp. 187-188).

→ Tema 2: *L'osservazione e la formulazione di ipotesi*

– Testo: Galileo Galilei, *Il Saggiatore*, 21, in: *Opere*, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze 1968, vol. VI, pp. 279-281

Il testo riconduce l'avvio del discorso scientifico all'osservazione. L'osservazione deve essere opportunamente selezionata e organizzata in vista della formulazione di ipotesi. Tuttavia, Galileo è convinto che - considerata la complessità della natura - nessuna ipotesi possa esaurire la ricchezza dell'esperienza.

“Parmi d'aver per lunghe esperienze osservato, tale esser la condizione umana intorno alle cose intellettuali, che quanto altri meno ne intende e ne sa, tanto più risolutamente voglia discorrerne; e che, all'incontro, la moltitudine delle cose conosciute ed intese renda più lento ed irresoluto al sentenziare circa qualche novità. Nacque già in un luogo assai solitario un uomo dotato da natura d'uno ingegno perspicacissimo e d'una curiosità straordinaria; e per suo trastullo allevandosi diversi uccelli, gustava molto del lor canto, e con grandissima meraviglia andava osservando con che bell'artificio, colla stess'aria con la quale respiravano, ad arbitrio loro

formavano canti diversi, e tutti soavissimi. Accadde che una notte vicino a casa sua sentì un delicato suono [...]. [...] onde si ridusse a tanta diffidenza del suo sapere, che domandato come si generavano i suoni, generosamente rispondeva di sapere alcuni modi, ma che teneva per fermo potervene essere cento altri incogniti ed inopinabili” (G. GALILEI, *Il Saggiatore*, cit., pp. 279-281).

Fase di lavoro n. 3 (1 ora): La verifica sperimentale

– Testo 1: Bertolt Brecht, *Vita di Galileo*, Einaudi, Torino, 1963, pp. 36-47

Attraverso la presentazione della “*Scena III - 10 gennaio 1610: Galileo servendosi del telescopio scopre fenomeni celesti che confermano il sistema copernicano*” gli studenti possono immediatamente comprendere la nozione di verifica sperimentale.

“GALILEO: [...] Così come la luna appare a noi, noi appariamo alla luna. Dalla luna, la terra si vede a volte in forma di falce, a volte di emisfero, a volte di sfera intera, e a volte, infine, non si vede affatto. SAGREDO: Dunque, fra la terra e la luna non ci sarebbe nessuna differenza? GALILEO: Evidentemente no. SAGREDO: Meno di dieci anni fa, a Roma, un uomo salì sul rogo. Si chiamava Giordano Bruno ed aveva affermato esattamente la stessa cosa. GALILEO: Certo. E ora noi lo vediamo. Non staccare l’occhio dal telescopio, Sagredo. Quello che stai vedendo è che non esiste differenza tra il cielo e la terra” (B. BRECHT, *op. cit.*, p. 37).

– Testo 2: Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Giornata seconda*, in: *Opere*, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze 1968, vol. VII, pp. 233-234

Di fronte al problema dell’effettiva corrispondenza tra le conclusioni della matematica e i fenomeni naturali, Salviati afferma che il fisico matematico deve “differenziare gli impedimenti della materia”. Il testo consente, quindi, di approfondire il tema della verifica sperimentale nella scienza galileiana, riflettendo sui rapporti tra esperienza sensibile e ragione e tra teorizzazione e applicazione del metodo.

“[...] quando il filosofo geometra vuol riconoscere in concreto gli effetti dimostrati in astratto, bisogna che difalchi gli impedimenti della materia; che se ciò saprà fare, io vi assicuro che le cose si riscontreranno non meno aggiustatamente che i computi aritmetici. Gli errori dunque non consistono né nell’astratto né nel concreto, né nella geometria o nella fisica, ma nel calcolatore che non sa fare i conti giusti” (G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, cit., p. 234).

Fase di lavoro n. 4 (1 ora): Il ruolo della logica e della matematica

Logica e matematica sono associate da Galileo sulla base del nesso necessario tra premesse e conseguenze. La matematica è - secondo l’autore - la perfetta attuazione del rigore logico.

– Testo 1: Galileo Galilei, *Il Saggiatore*, 45, in: *Opere*, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze 1968, vol. VI, p. 340

Il brano mostra la struttura e la logica del procedimento sperimentale, in termini di analisi delle variabili concomitanti e di identificazione della variabile necessaria alla spiegazione dell'ipotesi e in termini di distinzione tra gruppo sperimentale e gruppo di controllo.

“Se il Sarsi vuole ch'io creda a Suida che i Babilonii cocesser l'uova col girarle velocemente nella fionda, io lo crederò; ma dirò bene, la cagione di tal effetto esser lontanissima da quella che gli viene attribuita, e per trovar la vera io discorrerò così: “Se a noi non succede un effetto che ad altri altra volta è riuscito, è necessario che noi nel nostro operare manchiamo di quello che fu causa della riuscita d'esso effetto, e che non mancando a noi altro che una cosa sola, questa sola cosa sia la vera causa: ora, a noi non mancano uova, né fionde, né uomini robusti che le girino, e pur non si cuociono, anzi, se fusser calde, si raffreddano più presto; e perché non ci manca altro che l'esser di Babilonia, adunque l'esser Babiloni è causa dell'indurirsi l'uova, e non l'attrizion dell'aria”, ch'è quello ch'io volevo provare” (G. GALILEI, *Il Saggiatore*, cit., p. 340).

– Testo 2: Galileo Galilei, *Il Saggiatore*, 6, in: *Opere*, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze 1968, vol. VI, pp. 231-232

Il testo giustifica l'uso del linguaggio matematico nello studio della natura, affermando la struttura matematica del reale, garanzia di verità degli asserti scientifici.

“La filosofia è scritta in questo grandissimo libro che continuamente ci sta aperto innanzi a gli occhi (io dico l'universo), ma non si può intendere se prima non s'impara a intender la lingua, e conoscer i caratteri, ne' quali è scritto. Egli è scritto in lingua matematica, e i caratteri son triangoli, cerchi, ed altre figure geometriche, senza i quali mezzi è impossibile a intenderne umanamente parola; senza questi è un aggirarsi vanamente per un oscuro laberinto” (G. GALILEI, *Il Saggiatore*, cit. p. 232).

– Testo 3: Galileo Galilei, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, Giornata prima*, in: *Opere*, Edizione Nazionale, Firenze, Barbera, 1968, vol. VII, pp. 128-129)

Il brano ribadisce la verità della scienza: la perfezione del sapere matematico, infatti, consente alla scienza di eguagliare la conoscenza divina, anche se solo “intensive” e non “extensive”.

“Convien ricorrere a una distinzione filosofica dicendo che l'intendere si può pigliare in due modi, cioè intensive, ovvero extensive, cioè quanto alla moltitudine degl'intelligibili, che sono infiniti, l'intendere umano è come nullo, [...]; ma pigliando l'intendere intensive, in quanto cotal termine importa intensivamente, cioè perfetta-

mente alcuna proposizione, dico che l'intelletto umano ne intende alcune così perfettamente e ne ha così assoluta certezza, quanto se n'abbia l'istessa natura; e tali sono le scienze matematiche pure: delle quali l'intelletto divino ne sa bene infinite definizioni di più, perché le sa tutte; ma di quelle poche intese dall'intelletto umano credo, che la cognizione agguagli la divina nella certezza obiettiva [...]” (G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, cit., pp. 128-129).

Fase di lavoro n. 5 (1 ora): Verifica formativa (vd. “Verifiche del Nucleo 2”)

– **SEZIONE 2: SCIENZA E FILOSOFIA NELL'OPERA DI RENÉ DESCARTES**

Nello studio dei rapporti tra filosofia e scienza è significativo considerare l'intenzione cartesiana di fornire alla nuova scienza, nata dalla rivoluzione scientifica, una base metafisica sicura. Il progetto di ricostruzione dell'“albero” del sapere implica, per Cartesio, la ricerca di un metodo. Il metodo - elaborato assumendo, in particolare, il modello dei procedimenti matematici - non deve solo consentire di distinguere il vero dal falso, ma anche orientare nella vita; deve condurre a una filosofia non puramente “speculativa”, ma anche “pratica”, grazie alla quale gli uomini possano rendersi “padroni e possessori della natura”.

Fase di lavoro n. 6 (1 ora): La legittimazione filosofica della conoscenza scientifica

– Testo: René Descartes, *Discorso sul metodo*, Parte II, in: *Opere filosofiche*, vol. I, Laterza, Roma-Bari 1994, pp. 298-305

Il testo mette in rilievo la scelta cartesiana di assumere il sapere matematico-geometrico come modello di conoscenza. La rifondazione del sapere progettata da Descartes si presenta, quindi, come *mathesis* universale.

“Quelle lunghe catene di ragioni, affatto semplici e facili, di cui i geometri si servono abitualmente per portare in fondo le loro dimostrazioni più difficili, mi avevano fatto immaginare che tutte le cose suscettibili di cadere sotto la conoscenza umana si susseguano allo stesso modo e che, se solo ci si astenga dall'accoglierne per vera qualcosa che non lo sia, e si mantenga sempre il debito ordine nel dedurre le une dalle altre, non possono esservene di tanto lontane da non essere alla fine raggiunte, né di tanto riposte da non essere scoperte” (R. Descartes, *Discorso sul metodo*, cit., p. 303).

La corretta applicazione delle regole del metodo conduce a risultati chiari ed evidenti e, dunque, veri.

“La prima era di non accogliere mai come vera nessuna cosa che non conoscessi evidentemente per tale; ossia evitare con cura la precipitazione e la prevenzione, giudicando esclusivamente di ciò che si presentasse alla mia mente in modo così chiaro e distinto da non offrire alcuna occasione di essere revocato in dubbio” (R. DESCARTES, *Discorso sul metodo*, cit., p. 303).

Fase di lavoro n. 7 (1 ora): La fisica cartesiana

– Testo 1: René Descartes, *Discorso sul metodo*, Parte V, in: *Opere filosofiche*, vol. I, Laterza, Roma-Bari 1994, pp. 317-320

Nella Parte V del *Discorso sul metodo* Cartesio applica le regole allo studio della “*res extensa*”. Il testo evidenzia la riduzione del mondo a estensione e movimento, creati da Dio: la fisica - fondata metafisicamente - è così riconducibile al modello matematico-geometrico.

“[...] decisi [...] di parlare soltanto di ciò che accadrebbe in un mondo nuovo, se Dio creasse ora in qualche luogo degli spazi immaginari abbastanza materia per la sua composizione, e agitasse variamente e senza un ordine le diverse parti di questa materia, sì da farne un caos tanto confuso quanto possono raffigurarselo i poeti, e, in seguito, si limitasse a offrire alla natura il suo ordinario concorso, lasciandola operare secondo le leggi che ha stabilito. Così, in primo luogo, descrissi questa materia e cercai di rappresentarla in modo tale che, mi pare, non vi è nulla al mondo di più chiaro e intelligibile, eccetto ciò che è stato detto or ora di Dio e dell'anima: infatti, addirittura supponevo espressamente che non vi fosse in essa nessuna di quelle forme o qualità di cui si disputa nelle scuole [...]. Inoltre feci vedere quali erano le leggi della natura [...] senza fondare le mie ragioni su alcun altro principio che sulle infinite perfezioni di Dio” (R. DESCARTES, *Discorso sul metodo*, cit., pp. 318-319).

– Testo 2: René Descartes, *I principi della filosofia*, in: *Opere filosofiche*, vol. III, Laterza, Roma-Bari 1986, pp. 360-365

Il brano conferma lo statuto della fisica cartesiana: Descartes affida all'intelletto e al suo potere intuitivo il compito di formulare le ipotesi e di individuare i principi che permettono di giungere alla elaborazione di leggi rigorosamente valide per la spiegazione dei fenomeni naturali.

“Al che io rispondo che ho, innanzitutto, considerato in generale tutte le nozioni chiare e distinte che possono essere nel nostro intelletto riguardo alle cose materiali, e che, non avendone trovate altre, se non quelle che abbiamo delle figure, delle grandezze e dei movimenti e delle regole, secondo le quali queste tre cose possono essere diversificate l'una dall'altra, le quali regole sono i principi della geometria e delle meccaniche, ho giudicato che necessariamente bisognava che tutta la conoscenza che gli uomini possono avere della natura fosse tratta solo da quello; poiché tutte le altre nozioni che abbiamo delle cose sensibili, essendo confuse ed oscure, non possono servire a darci la conoscenza di nessuna cosa fuori di noi, ma piuttosto possono impedirli” (R. DESCARTES, *I principi della filosofia*, cit., p. 360).

Fase di lavoro n. 8 (1 ora): Il modello meccanicistico

– Testo: René Descartes, *I principi della filosofia*, in: *Opere filosofiche*, vol. III, Laterza, Roma-Bari 1986, pp. 360-365

La lettura degli ultimi paragrafi dell'opera: *I principi della filosofia* fornisce un quadro della ricerca cartesiana sulla natura. Il mondo – letto secondo il modello matematico-geometrico e meccanicistico – si presenta come una macchina, come “un orologio”: corrisponde alla descrizione elaborata dalla ragione partendo dalle idee assunte come vere in base al criterio della chiarezza e distinzione.

“Al che l'esempio di molti corpi composti dall'artificio degli uomini mi ha molto servito: poiché non riconosco alcuna differenza che fanno gli artigiani e i diversi corpi che la natura sola compone, se non che gli effetti delle macchine non dipendono che dall'azione di certi tubi o molle o altri strumenti, che, dovendo avere qualche proporzione con le mani di quelli che li fanno, sono sempre sì grandi che le loro figure e i movimenti si possono vedere, mentre che i tubi o molle che cagionano gli effetti dei corpi naturali sono ordinariamente troppo piccoli per essere percepiti dai nostri sensi. Ed è certo che tutte le regole delle meccaniche appartengono alla fisica, in modo che tutte le cose che sono artificiali sono con questo naturali. Poiché, per esempio, quando un orologio segna le ore per mezzo delle ruote di cui è fatto, questo non gli è meno naturale che ad un albero di produrre i suoi frutti” (R. DESCARTES, *I principi della filosofia*, cit., p. 361).

Fase di lavoro n. 9 (1 ora): Padroni e possessori della natura

– Testo: René Descartes, *Discorso sul metodo*, Parte VI, in: *Opere filosofiche*, vol. I, Laterza, Roma-Bari 1994, pp. 330-333

La riduzione del mondo fisico alle due coordinate fondamentali di materia e movimento è condizione per l'intervento tecnico sulla natura: all'affermazione dell'idea dell'uomo come “soggetto” si accompagna la pretesa di dominio sulla natura “oggetto”. L'efficacia dell'intervento tecnico per il progresso umano costituisce, al tempo stesso, la condizione per la verifica o la falsificazione dei risultati a cui perviene la ricerca scientifica.

“Ma non appena ebbi acquistato alcune nozioni generali d'ordine fisico [...] ho creduto di non poterle tenere nascoste senza peccare gravemente contro quella legge che ci impone di promuovere, per quanto sta in noi, il bene generale di tutti gli uomini. [...] conoscendo la forza e le azioni del fuoco, dell'acqua, dell'aria, degli astri, dei cieli e di tutti gli altri corpi che ci circondano, così distintamente come conosciamo le tecniche dei nostri artigiani, noi potremmo servircene nello stesso modo per tutti gli usi a cui si adattano, rendendoci così quasi signori e padroni della natura” (R. DESCARTES, *Discorso sul metodo*, cit., p. 331).

Fase di lavoro n. 10 (1 ora): Verifica formativa (vd. “Verifiche del Nucleo 2”)

– SEZIONE 3: ISAAC NEWTON E IMMANUEL KANT: “IL CIELO STELLATO SOPRA DI ME”

Per completare lo studio del nuovo modello scientifico, affermatosi nel XVII secolo, è opportuno soffermarsi sui *Principia mathematica* di Isaac Newton. La “rivoluzione copernicana” di Immanuel Kant, a sua volta, costituisce una tappa imprescindibile della riflessione epistemologica nell’Età moderna.

Fase di lavoro n. 11 (1 ora): Le regole del metodo newtoniano

– Testo: Isaac Newton, *Principi matematici della filosofia naturale*, Libro III, in: *Principi matematici della filosofia naturale*, Utet, Torino 1965, pp. 601-607

L’opera *Principia mathematica* di Newton presenta una concezione della scienza differente rispetto ai *Principia philosophiae* di Cartesio. La lettura delle regole newtoniane è occasione per tematizzare tale differenza: nel metodo di Newton è prevalente - in termini critici rispetto a Cartesio - l’aspetto induttivo e sperimentale, tanto nella formulazione delle ipotesi quanto nella loro verifica o falsificazione. Pur ponendosi in continuità con la scienza galileiana, inoltre, Newton accentua il carattere strumentale della matematica che non coincide con la “lingua” del “libro” dell’universo.

“*Nella filosofia sperimentale, le proposizioni ricavate per induzione dai fenomeni, nonostante le ipotesi contrarie devono essere ritenute vere o rigorosamente o con un alto grado di approssimazione finché non compariranno altri fenomeni, mediante i quali o sono rese più rigorose o vengono sottoposte ad eccezioni. Ciò deve essere fatto affinché l’argomento dell’induzione non sia eliminato mediante ipotesi*” (I. NEWTON, *op. cit.*, p. 607).

Fase di lavoro n. 12 (2 ore): La “rivoluzione copernicana” del criticismo

– Testo: Immanuel Kant, *Critica della ragion pura*, Prefazione alla seconda edizione, Einaudi, Torino 1957, pp. 17-22

Il paragone tra l’impostazione della filosofia trascendentale e la rivoluzione copernicana può costituire l’introduzione al pensiero kantiano. Oggetto della conoscenza scientifica sono i fenomeni, ordinati dalle forme a priori della sensibilità e dell’intelletto secondo modalità matematico-geometriche e meccanicistiche: il modello scientifico galileiano-newtoniano viene, dunque, fondato sulla struttura trascendentale del soggetto conoscitivo.

“*[Galilei, Torricelli e Stahl] compresero che la ragione scorge soltanto ciò che essa stessa produce secondo il suo disegno, e capirono che essa deve [...] costringere la natura a rispondere alle sue domande, senza lasciarsi guidare da essa sola, per così dire con le dande. In caso contrario difatti le osservazioni casuali, fatte senza alcun piano tracciato in precedenza, non sono affatto tenute assieme da una sola legge necessa-*

ria, mentre proprio questo è ciò che la ragione cerca e di cui ha bisogno. Tenendo in una mano i suoi principi, sulla cui sola base delle apparenze concordanti possono valere come leggi, e con l'altra mano l'esperimento, che essa ha escogitato seguendo tali principi, la ragione deve accostarsi alla natura [...]" (I. KANT, *op. cit.*, p. 21).

Fase di lavoro n. 13 (2 ore): I principi dell'intelletto puro

– Testo: Immanuel Kant, *Rappresentazione sistematica di tutte le proposizioni fondamentali sintetiche dell'intelletto puro, Osservazione generale sul sistema delle proposizioni fondamentali*, in: *Critica della ragion pura, Analitica trascendentale*, Libro II, Capitolo II, Sezione III, pp. 234-237, 306-310

Nell'*Analitica delle proposizioni fondamentali* Kant individua i principi che regolano l'applicazione delle categorie al molteplice spazio-temporale che si configura, così, come mondo ordinato e regolato meccanicisticamente nell'ambito dell'esperienza sensibile. La dottrina dei principi è connessa alla concezione dell'io come "legislatore della natura", espressione che riassume il senso della "rivoluzione copernicana".

"Tutte le leggi di natura, senza distinzione, sono però soggette a più alte proposizioni fondamentali dell'intelletto, in quanto si limitano ad applicare tali proposizioni a casi particolari dell'apparenza. Soltanto tali proposizioni fondamentali danno quindi il concetto, che contiene la condizione e, per così dire, l'esponente di una regola in generale, mentre l'esperienza fornisce il caso che è sottomesso alla regola. [...] La tavola delle categorie ci istruisce in modo del tutto naturale, avviandoci alla tavola delle proposizioni fondamentali: in effetti queste ultime non sono altro che regole dell'uso oggettivo delle categorie" (I. KANT, *op. cit.*, p. 234, p. 236).

Fase di lavoro n. 14 (1 ora): Verifica finale (vd. "Verifiche del Nucleo 2")

VERIFICHE DEL NUCLEO 2

Così come per il Nucleo 1, accanto alla verifica continua dell'apprendimento, sono previste specifiche prove in rapporto alle tre sezioni presentate.

Al termine della sezione *"Scienza e filosofia nell'opera di Galileo Galilei"* si propone di svolgere una verifica formativa scritta, della durata di un'ora, con domande delle tipologie: "quesiti a risposta singola" e "analisi del testo". Esempi:

1. In relazione al testo tratto da *Il Saggiatore*, concernente la ricerca sull'origine dei suoni, indica quale ruolo svolgono nella ricerca scientifica lo stupore e la curiosità.
2. In relazione al testo sui "Babilonii", tratto da *Il Saggiatore*, identifica la situazione sperimentale descritta e la necessità logica di attribuire a "l'esser di Babilonia" la causa della cottura delle uova.

3. Perché la lettura matematica del mondo garantisce la verità della ricerca scientifica?

4. Leggi il seguente brano, tratto da *Il Saggiatore*: “*Per tanto io dico che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, a concepire insieme ch’ella è terminata e figurata di questa o di quella figura, ch’ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch’ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch’ella si muove o sta ferma, ch’ella tocca o non tocca un altro corpo, ch’ella è una, poche o molte, né per veruna imaginazione posso separarla da queste condizioni; ma ch’ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata: anzi, se i sensi non ci fussero scorta, forse il discorso o l’immaginazione per se stessa non v’arriverebbe già mai. Per lo che vo io pensando che questi sapori, odori, colori, etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente lor residenza nel corpo sensitivo, sì che rimosso l’animale, sieno levate ed annichilate tutte queste qualità; tuttavolta però che noi, sì come gli abbiamo imposti nomi particolari e differenti da quelli de gli altri primi e reali accidenti, volessimo credere ch’esse ancora fussero veramente e realmente da quelli diverse” (G. GALILEI, *Il Saggiatore*, cit., p. 348).*

Rispondi alle seguenti domande: a) Quale atteggiamento assume lo scienziato nei confronti delle qualità sensibili? b) Per quale motivo?

Al termine della sezione “Scienza e filosofia nell’opera di René Descartes” si propone una seconda verifica formativa, della tipologia della discussione organizzata, finalizzata alla rielaborazione e al confronto delle conoscenze acquisite attraverso lo studio delle concezioni della scienza aristotelica, galileiana, cartesiana. Per lo svolgimento di tale attività è opportuno che gli studenti si riferiscano - autonomamente - allo schema fornito dalla griglia presentata nella *Premessa*.

Al termine del Nucleo 2 - per la verifica finale - si prevedono quesiti a risposta aperta, in forma scritta e orale, ed esercizi di analisi del testo. Esempi:

1. Leggi il seguente testo di Galileo Galilei:

“*SALVIATI: Avete voi forse dubbio che quando Aristotile vedesse le novità scoperte in cielo, e’ non fusse per mutar opinione e per emendar i suoi libri e per accostarsi alle più sensate dottrine, discacciando da sé quei così poveretti di cervello che troppo pusillanamente s’inducono a voler sostenere ogni suo detto, senza intendere che quando Aristotile fusse tale quale essi se lo figurano, sarebbe un cervello indocile, una mente ostinata, un animo pieno di barbarie, un voler tirannico, che reputando, tutti gli altri come pecore stolide, volesse che i suoi decreti fussero anteposti a*

i sensi, alle esperienze, alla natura istessa? Sono i suoi seguaci che hanno data l'autorità ad Aristotile, e non esso che se la sia usurpata o presa".

Rispondi alle seguenti domande:

- a) Da quale testo è tratto il passo riportato?
- b) Chi sono i "poveretti di cervello"? Come viene distinta dal loro atteggiamento la posizione di Aristotele?
- c) Quali indicazioni relative al metodo della nuova scienza fornisce Galileo in questo passo?

2. Presenta la concezione cartesiana della fisica come scienza, affrontando i seguenti punti: a) il rapporto tra la fisica e la metafisica; b) il metodo di ricerca della fisica. Indica, inoltre, le differenze rispetto alla concezione galileiana della nuova scienza.

3. Nella spiegazione della terza regola del metodo Newton precisa: "*non affermo affatto che la gravità sia essenziale ai corpi. Con forza insita intendo solo la forza di inerzia*". Chiarisci il senso e il motivo di tale precisazione.

4. Indica la funzione dell'"Io penso" nella filosofia kantiana e chiariscine la relazione con le leggi formulate dalle scienze della natura.

NUCLEO 3: FILOSOFIA E SCIENZA NELL'ETÀ CONTEMPORANEA

NOTA INTRODUTTIVA

Questo Nucleo si propone di individuare “gli snodi cruciali” sottesi al percorso, in relazione allo sviluppo dei saperi scientifici nell'Ottocento e nel Novecento. Tale periodo inizia con il mito di una scienza incontrovertibile e perviene alla dissoluzione di questo stesso mito. Tra questi due estremi la riflessione sul rapporto tra filosofia e scienza è stata analizzata con passione di verità dal Positivismo, dalle correnti antipositivistiche, dal Neoempirismo, da Karl Popper e da Thomas Kuhn. Alla presentazione degli sviluppi della riflessione epistemologica viene accostato – come proposta di approfondimento – il tentativo husserliano di rifondazione filosofica della razionalità scientifica di fronte alla crisi della cultura europea.

PREREQUISITI

Si assumono gli obiettivi conseguiti nel primo e nel secondo nucleo del percorso.

OBIETTIVI SPECIFICI

1. definire e storicizzare i concetti essenziali della riflessione epistemologica contemporanea (scienza, ipotesi, paradigma, induzione, verificabilità, falsificabilità);
2. individuare e ricostruire i nuclei fondamentali del dibattito contemporaneo intorno a: a) il valore di verità della scienza, b) oggetto, metodi, fondamenti dei saperi scientifici;
3. contestualizzare gli interrogativi e le concezioni epistemologiche studiate - dal Positivismo al dibattito post-popperiano - evidenziandone i nessi con la storia delle scienze e della filosofia contemporanee;
4. analizzare e interpretare testi di diversa tipologia, individuando le tesi sostenute e cercando di chiarire le finalità dell'argomentazione in rapporto al tema affrontato;
5. porre a confronto i diversi “paradigmi” che orientano la ricerca scientifica e le diverse prospettive filosofiche di riflessione (concezione positivista, neopositivista, verificazionista, falsificazionista, fenomenologica);
6. ricostruire il percorso svolto, attraverso il confronto tra i diversi modelli di razionalità scientifica e filosofica studiati nei tre nuclei, sulla base dei nodi problematici e dei temi indicati nella *Premessa*;
7. argomentare le proprie posizioni nell'esposizione sia scritta sia orale;
8. utilizzare le categorie cognitive acquisite in altri ambiti problematici e disciplinari.

TEMPO: 16 ore

– **SEZIONE 1: GLI SVILUPPI DELLA RIFLESSIONE EPISTEMOLOGICA NELL’OTTOCENTO E NEL NOVECENTO**

Nell’ipotesi di uno svolgimento del percorso “Filosofia e storia della scienza” suddiviso nei tre anni di studio all’inizio del Nucleo 3 è opportuno richiamare i temi e i nodi problematici affrontati nei primi due nuclei. Si suggerisce di riservare il momento iniziale della Fase di lavoro n. 1 ad attività di ripasso delle conoscenze acquisite e di stimolo a nuovi apprendimenti.

Per questo è possibile prendere spunto sia dal testo tratto dalla *Lezione I del Corso di filosofia positiva* di Auguste Comte, di seguito indicato, sia da altri testi. Si propone, come esempio, la lettura di alcuni passi tratti dalla lettera inviata da Max Born ad Albert Einstein il 15 luglio 1944, lettera che pone il problema della responsabilità etica degli scienziati in tempo di guerra, “in aggiunta al dovere d’insegnare la serietà e l’amore del vero nelle osservazioni e nei calcoli” (A. EINSTEIN - M. BORN, *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, Einaudi, Torino 1973, pp. 170-173).

Fase di lavoro 1 (2 ore): La concezione positivista della scienza

– Testo: Auguste Comte, *Corso di filosofia positiva, Lezione I*, Paravia, Torino, 1957, pp. 5-7

La lettura del testo permette di evidenziare i caratteri del Positivismo e di introdurre gli studenti alla conoscenza di tale orientamento filosofico. Il *Positivismo* si costituisce come riflessione che ha per oggetto le procedure scientifiche e la sistematizzazione dei risultati e dei metodi delle scienze. Sancisce un sostanziale ribaltamento del rapporto tra filosofia e scienza a favore di quest’ultima.

“[...] nello stadio positivo, lo spirito umano, riconosciuta l’impossibilità di toccare nozioni assolute, rinuncia ad indagare sull’origine e il destino dell’universo e tenta unicamente di scoprire, mediante l’uso ben combinato della ragione e dell’esperienza, le loro leggi effettive, ossia le loro relazioni invariabili di successione e somiglianza. La spiegazione dei fatti, ridotta allora in termini reali, non è altro che il legame stabilito tra i diversi fenomeni particolari e qualche fatto generale, il cui numero tende via via a diminuire in seguito al progresso costante delle scienze” (A. Comte, *op. cit.*, p. 7).

Fase di lavoro 2 (1 ora): La teoria dell’induzione

– Testo: John Stuart Mill, *Sistema di logica deduttiva e induttiva*, Utet, Torino 1988, Libro III, pp. 411-413; 434-438

Il brano sposta l’attenzione sul Positivismo anglosassone. Il pensiero di John Stuart Mill presenta il tentativo di ridefinire i procedimenti conoscitivi in base al principio dell’induzione, operazione della mente per mezzo della quale inferiamo sulla base di ciò che è stato in precedenza oggetto di esperienza: “l’induzione propriamente

detta [...] può dunque essere definita sommariamente come una generalizzazione dell'esperienza". Il testo consente anche di mettere a tema il confronto tra il concetto di induzione di Mill e la definizione aristotelica.

"È chiaro, di qui, che se mettiamo l'intero corso di una qualsiasi argomentazione induttiva in una serie di sillogismi, arriveremo, attraverso un numero più o meno grande di passi, a un sillogismo ultimo, che avrà per premessa maggiore il principio, o assioma, dell'uniformità del corso della natura" (J. STUART MILL, *op. cit.*, p. 438).

Fase di lavoro 3 (1 ora): Convenzionalismo e teorie fisiche

– Testo: Pierre Duhem, *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura*, Il Mulino, Bologna 1978, pp. 23-25

Il Convenzionalismo pone l'accento sull'utilità delle teorie e sul carattere "arbitrario" delle assunzioni ipotetiche. Il testo di Pierre Duhem mette in crisi la concezione positivista che pone l'induzione a principio della scienza: "Una teoria fisica è una descrizione formalizzata che mette in collegamento i fenomeni. Le ipotesi sono di natura arbitraria [...]. La matematica ha una funzione arbitraria volta alla spiegazione". L'accordo con l'esperienza, invece, è riconosciuto come l'unico criterio di verità per una teoria fisica e una teoria fisica "è vera [...] in quanto descrive, organizza logicamente le leggi sperimentali".

"Una teoria fisica non è una spiegazione. È un sistema di proposizioni matematiche, dedotte da un piccolo numero di principi, che hanno come scopo quello di rappresentare il più semplicemente, il più completamente e il più esattamente possibile, un insieme di leggi sperimentali" (P. DUHEM, *op. cit.*, p. 23)

Fase di lavoro 4 (1 ora): La concezione scientifica del mondo

– Testo: Hans Hahn, Otto Neurath, Rudolf Carnap, *La concezione scientifica del mondo*, Laterza, Roma-Bari 1979, pp. 74-82

Se il Positivismo ottocentesco tende a identificare la gnoseologia con la filosofia della scienza, intesa come giustificazione delle scienze positive, il Neopositivismo costituisce un modello normativo della metodologia. Come emerge dal "manifesto": *La concezione scientifica del mondo*, esso è caratterizzato da una visione antimetafisica, dal richiamo gnoseologico all'empirismo e dalla necessità dell'uso della logica come metodo di analisi, nonché da una matematizzazione di tutte le scienze.

"Abbiamo caratterizzato la concezione scientifica del mondo essenzialmente con due attributi. Primo, essa è empiristica e positivista [...]. Secondo è contraddistinta dall'applicazione di un preciso metodo, quello, cioè, dell'analisi logica. Il lavoro scientifico tende, quindi, a conseguire come suo scopo l'unità della scienza, applicando l'analisi logica al materiale empirico. Poiché il senso di ogni asserto scientifico deve risultare specificabile mediante riduzione ad asserti sul dato, anche il senso

di ogni concetto, quale che sia il settore della scienza cui questo appartiene, deve potersi stabilire mediante riduzione graduale ad altri concetti, giù fino a concetti di livello più basso che concernono il dato medesimo” (H. HAHN, O. NEURATH, R. CARNAP, *op. cit.*, p. 80).

Fase di lavoro 5 (2 ore): Significato degli enunciati e superamento della metafisica

– Testo 1: Moritz Schlick, *Sul fondamento della conoscenza*, La Scuola, Brescia 1983, pp. 3-12 passim

L’attenzione dei neopositivisti è rivolta alle teorie scientifiche per rilevarne la struttura logica. Per Moritz Schlick la scienza determina la verità degli enunciati attraverso la verifica empirica, la filosofia chiarisce il significato delle asserzioni scientifiche. Quindi non esistono specifiche verità filosofiche, perché la filosofia è intesa come un’attività che determina il senso degli enunciati. Una proposizione primaria è dotata di significato se la sua verità o falsità è accertabile attraverso osservazioni empiriche: quindi, gli enunciati metafisici sono da considerare “privi di significato”.

“Tutti i grandi tentativi di fondare una teoria della conoscenza scaturiscono dal problema della garanzia che può essere offerta dal sapere umano, e a sua volta questo problema nasce dal desiderio di possedere, nella nostra conoscenza, una certezza assoluta. La consapevolezza che le affermazioni della vita quotidiana e della scienza non possono pretendere in definitiva che a un valore di probabilità [...] ha costantemente spinto i filosofi [...] alla ricerca di una base incrollabile [...]. [...] è da considerarsi un notevole miglioramento di metodo il fatto che, per raggiungere il fondamento della conoscenza, non si parla di fatti primari, bensì di proposizioni primarie” (M. SCHLICK, *op. cit.*, p. 3 e p. 12).

– Testo 2: Rudolf Carnap, *Il superamento della metafisica mediante l’analisi logica del linguaggio*, par. 1 e 3, in: A. Pasquinelli (a cura di), *Il neoempirismo*, Utet, Torino 1969, pp. 504-506, 510-513

Come mostra il testo proposto, Rudolf Carnap considera la filosofia un’attività di analisi logica del linguaggio volta a costituire forme linguistiche rigorose, tali da consentire la decontaminazione del linguaggio scientifico da ogni “scoria metafisica”. La “concezione standard delle teorie scientifiche” prevede che esse si configurino come sistemi formali parzialmente interpretati su base empirica. Ciò comporta il costante riferimento agli sviluppi della fisica. D’altra parte, è utile notare che, se il Neopositivismo si afferma in relazione ai contemporanei sviluppi delle scienze, sembra però tralasciare le tematiche inerenti alla storia dei saperi scientifici.

“Le indagini della “logica applicata”, o “gnoseologia”, le quali si pongono il compito di chiarire mediante analisi logica il valore conoscitivo delle proposizioni

scientifiche [...] conducono a un risultato positivo e a uno negativo. Il risultato positivo viene ottenuto lavorando nel campo della scienza empirica [...]. Nel campo della metafisica [...] l'analisi logica conduce al risultato negativo” (R. CARNAP, *op. cit.*, p. 504).

Fase di lavoro 6 (2 ore): Il falsificazionismo

– Testo: Karl Popper, *Logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino 1970, pp. 5-25 passim

La crisi del Neopositivismo si apre quando Karl Popper contesta la possibilità di distinguere fra termini teorici e termini osservativi: secondo il falsificazionismo popperiano anche i termini osservativi risultano “intrinseci di teoria”. Come mostra il brano, Popper rifiuta l'induzione a favore di un procedimento fondato su ipotesi e deduzioni. Considera la scienza come sapere critico, costantemente sottoposto a tentativi di falsificazione.

“Ora, secondo me, non esiste nulla di simile all'induzione. È pertanto logicamente inammissibile l'inferenza da asserzioni singolari “verificate dall'esperienza” (qualunque cosa ciò possa significare) a teorie. Dunque le teorie non sono mai verificabili empiricamente. [...] Queste considerazioni suggeriscono che, come criterio di demarcazione, non si deve pretendere la verificabilità, ma la falsificabilità di un sistema” (K. POPPER, *op. cit.* pp. 21-22).

Fase di lavoro 7 (1 ora): La base empirica della scienza

– Testo: Karl Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna 1972, pp. 61-67

Fondamentale nella concezione epistemologica popperiana resta il riferimento alla base empirica della scienza, poiché è l'esperienza a stabilire la falsità di un asserito universale o consente di corroborare una teoria. La grandezza scientifica di Einstein implica proprio l'audacia teorica di affrontare il controllo della realtà.

“4) Una teoria che non può essere confutata da alcun evento concepibile, non è scientifica. L'inconfutabilità di una teoria non è (come spesso si crede) un pregio, bensì un difetto. 5) Ogni controllo genuino di una teoria è un tentativo di falsificarla, o di confutarla. La controllabilità coincide con la falsificabilità; vi sono tuttavia dei gradi di controllabilità: alcune teorie sono controllabili, o esposte alla confutazione, più di altre; esse, per così dire, corrono rischi maggiori. 6) I dati di conferma non dovrebbero contare se non quando siano il risultato di un controllo genuino della teoria; e ciò significa che quest'ultimo può essere presentato come un tentativo serio, benché fallito, di falsificare la teoria. In simili casi parlo ora di “dati corroboranti”” (K. POPPER, *op. cit.*, pp. 66-67).

Fase di lavoro 8 (1 ora): Paradigmi e rivoluzioni scientifiche

– Testo: Thomas Kuhn, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino 1999, pp. 175-185 passim

La presentazione di un testo di Thomas Kuhn è occasione per introdurre gli alunni agli sviluppi del dibattito epistemologico post-popperiano. Thomas Kuhn tenta un superamento dell'epistemologia neopositivistica e di quella popperiana, sostenendo che le teorie scientifiche non sorgono e non si affermano attraverso verifica e falsificazione ma, piuttosto, mediante la sostituzione di un modello teorico con un altro (cfr. anche: Th. Kuhn, *Paradigmi e rivoluzioni nella scienza*, Armando, Roma 1983, pp. 99-102 e p. 119).

“Quale è il processo in virtù del quale una nuova teoria che ha i requisiti per diventare un paradigma riesce a soppiantare il vecchio paradigma? Ogni nuova interpretazione della natura, sia essa una scoperta o una teoria, sorge dapprima nella mente di un singolo o di pochi individui. [...] Il trasferimento della fiducia da un paradigma ad un altro è un'esperienza di conversione che non può essere imposta con la forza. Una resistenza opposta per tutta la vita, particolarmente da parte di coloro la cui carriera produttiva è stata legata alla vecchia tradizione della scienza normale, non è una violazione dei criteri scientifici, ma una indicazione della natura stessa della ricerca scientifica” (TH. KUHN, *op. cit.*, p. 175 e p. 183).

A partire da Popper, la filosofia della scienza tende a non concentrarsi esclusivamente sulle questioni metodologiche e si apre alla constatazione del lavoro effettivo degli scienziati. Negli ultimi decenni il problema metodologico sembra progressivamente dissolversi: basti pensare all'“anarchismo metodologico” di Paul Feyerabend (cfr. *Contro il metodo*, Feltrinelli, Milano, 1979) o all'affermazione della “morte dell'epistemologia” propugnata da Richard Rorty (cfr. *Filosofia, specchio della natura*, Bompiani, Milano, 1985).

Tuttavia - come suggerisce Paolo Parrini - “anche qualora si riconosca che la filosofia non possa essere concepita come un'impresa fondante di tipo cartesiano [si veda il tentativo husserliano di seguito presentato], resta ampio spazio per un lavoro epistemologico che - come buona parte di quello attuale - miri a un'analisi e a una ricostruzione teorica delle nozioni fondamentali caratterizzanti le nostre pratiche conoscitive” (*Relazione* di P. Parrini al convegno *Filosofia e saperi scientifici* tenuto a Ferrara il 26/11/2001; cfr. dello stesso: *Conoscenza e realtà. Saggio di filosofia positiva*, Laterza, Bari 1995).

Fase di lavoro 9 (1 ora): Verifica formativa (vd. “Verifiche”)

– SEZIONE 2: LA REAZIONE AL PARADIGMA SCIENTIFICO DEL POSITIVISMO ATTRAVERSO LA RIFONDAZIONE FILOSOFICA DELLA RAGIONE: EDMUND HUSSERL

In relazione al tema del rapporto tra scienza e filosofia nell’età contemporanea assume una specifica rilevanza il tentativo fenomenologico-trascendentale – realizzato da Edmund Husserl – di una rifondazione filosofica della scienza. Questa parte del terzo Nucleo intende, quindi, sviluppare la comprensione delle motivazioni e delle finalità di tale tentativo, da cui emerge sia una concezione della scienza e del suo valore di verità sia una progettualità filosofico-sociale della forma di civiltà europea. Attraverso una sintetica esplorazione del percorso filosofico di Husserl e dell’analisi di brani tratti dall’opera “*La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*”, lo studente dovrebbe essere messo in grado di cogliere il senso complessivo della proposta fenomenologica intorno ai temi del rapporto tra filosofia e scienza.

Fase di lavoro 10 (1 ora): La crisi delle scienze

– Testo: Edmund Husserl, *La crisi delle scienze quale espressione della crisi radicale di vita dell’umanità europea*, par. 1-7, in: *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, Il Saggiatore, Milano 1997, pp. 33-47 passim

Il testo proposto consente di evidenziare i motivi della critica husserliana all’idea razionalistico-fisicalistica di scienza e le finalità del progetto filosofico del fondatore dell’indirizzo fenomenologico.

“Devo aspettarmi che in questa sede, consacrata alle scienze, già il titolo di queste conferenze: “*La crisi delle scienze europee e la psicologia*” susciti qualche obiezione. Si può seriamente parlare di una crisi delle nostre scienze in generale? Questo discorso, oggi consueto, non costituisce forse un’esagerazione?” (E. HUSSERL, *op. cit.*, p. 33).

Fase di lavoro 11 (1 ora): Obiettivismo e trascendentalismo

– Testo: Edmund Husserl, *Caratterizzazione del razionalismo fisicalistico moderno nel suo complesso. Primo abbozzo di una caratterizzazione dell’obiettivismo e del trascendentalismo. Riflessione sul nostro metodo di considerare la storia*, par. 12,14,15, *op. cit.*, pp. 93-95, 97-101

La lettura di questi paragrafi della *Krisis* permette di mostrare come Husserl, a partire da un’interpretazione della ragione scientifica moderna, definisca la funzione della filosofia come compito razionale rivolto a superare la lotta tra obiettivismo e trascendentalismo.

“Noi siamo appunto ciò che siamo, in quanto siamo i funzionari dell’umanità filosofica moderna, gli eredi e i portatori di quell’orientamento della volontà che

l'attraversa, e lo siamo in base a una fondazione originaria che è insieme una rifondazione e una trasformazione dell'originaria fondazione greca. Essa costituisce un inizio teleologico, la vera nascita dello spirito europeo in generale" (E. HUSSERL, *op. cit.*, p. 99).

[In alternativa ai brani proposti si suggeriscono i seguenti testi:

– *Le strutture formali-generalì del mondo-della-vita: cosa e mondo da un lato, coscienza e cosa dall'altro*, pp. 170-171; *Il compito di una ontologia del mondo-della-vita*, pp. 199-200: questi brani risultano utili per far comprendere il concetto di *mondo-della-vita* e le finalità "ontologiche" di Husserl rispetto a questa dimensione in cui si radicano i processi conoscitivi e scientifici.

– *Il rapporto tra la psicologia trascendentale e la fenomenologia trascendentale quale specifico accesso all'auto-conoscenza pura*, pp. 276-284: viene qui definita la relazione tra filosofia e psicologia in vista del superamento della contrapposizione tra soggettivismo ed oggettivismo.

– *Definitivo accantonamento dell'ideale obiettivistico nella scienza dell'anima. Conclusione: La filosofia come riflessione dell'umanità su se stessa e come realizzazione della ragione*, pp.276-290: in questa parte finale del testo si definisce l'idea di verità e di scienza in rapporto alle finalità ultime per l'umanità europea.]

Fase di lavoro 12 (2 ora): Verifica finale (vd. "Verifiche del Nucleo 3")

VERIFICHE DEL NUCLEO 3

Come nel Nucleo 1 e nel Nucleo 2, accanto all'accertamento "in itinere" dell'apprendimento, sono previste prove specifiche: una verifica formativa e una verifica finale.

Al termine della sezione "Filosofia e scienza nell'età contemporanea" si suggerisce lo svolgimento della verifica formativa: si propone una discussione organizzata, finalizzata alla rielaborazione e al confronto delle conoscenze acquisite attraverso lo studio delle concezioni della scienza affermatesi nei secoli XIX e XX. Per lo svolgimento di tale attività è opportuno che gli studenti si riferiscano – autonomamente – allo schema fornito dalla griglia presentata nella *Premessa*.

Al termine del Nucleo 3, per la verifica finale, si prevede o lo svolgimento di un dibattito organizzato o una prova scritta, nella forma dell'esercizio di analisi/sintesi di un testo o della composizione di un saggio breve. Si ricorda che la scelta del dibattito organizzato come strumento di verifica finale e valutazione esige che l'insegnante definisca anticipatamente il suo ruolo e le regole alle quali gli studenti dovranno attenersi. Esempi:

1. Analisi/sintesi di un testo: K. R. Popper, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna 1972, vol. I, pp. 61-67).

In questo testo Popper espone la sua posizione sul problema della distinzione tra scienza e pseudoscienza (o metafisica): 1) contestualizzate la concezione epistemologica popperiana, evidenziandone i nessi con la riflessione filosofica e gli sviluppi delle scienze contemporanei all'autore; 2) analizzate e spiegate i concetti di "verificazione", "falsificabilità", "confutabilità", "dati corroboranti", "stratagemma convenzionalistico"; 3) analizzate le argomentazioni utilizzate da Popper a sostegno delle sue tesi costruendo la mappa concettuale; 4) sintetizzate in non più di 10 righe le argomentazioni utilizzate da Popper per sostenere la sua tesi.

2. Analisi/sintesi di un testo: Edmund Husserl, *Il rapporto tra la psicologia trascendentale e la fenomenologia trascendentale quale specifico accesso all'auto-coscienza pura*, (in: IDEM, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, § 72, Il Saggiatore, Milano 1997, pp. 276-284).

Riferendovi alla lettura del brano svolta in classe, rispondete ai seguenti quesiti. 1) Perché, secondo Husserl, c'è una differenza radicale tra la psicologia scientifica e la psicologia trascendentale? 2) Qual è il significato di "ego trascendentale"?

3. Sviluppate l'argomento assegnato in forma di "saggio breve", utilizzando come dossier i testi analizzati svolgendo il Nucleo 3: "*Gli interrogativi della filosofia sui metodi e sulle procedure della ricerca scientifica nel Novecento*". Indicate la destinazione editoriale.

4. Sulla base dei testi analizzati affrontando lo studio del Nucleo 3 o di altri testi letti sull'argomento, preparatevi a intervenire in un dibattito organizzato sul tema: "*Il significato e il ruolo della scienza nell'età contemporanea*".

BIBLIOGRAFIA

Opere citate nel percorso:

- ARISTOTELE, *Opere*, Laterza, Roma-Bari, 1973;
- AUGUSTE COMTE, *Corso di filosofia positiva*, Paravia, Torino, 1957;
- RENÉ DESCARTES, *Opere filosofiche*, Laterza, Roma-Bari, 1986;
- PIERRE DUHEM, *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura*, Il Mulino, Bologna, 1978;
- ALBERT EINSTEIN, MAX BORN, *Scienza e vita. Lettere 1916-1955*, Einaudi, Torino 1973;
- PAUL FEYERABEND, *Contro il metodo*, Feltrinelli, Milano, 1979;
- GALILEO GALILEI, *Opere*, Edizione Nazionale, Barbera, Firenze, 1968;
- HANS HAHN, OTTO NEURATH, RUDOLF CARNAP, *La concezione scientifica del mondo*, Laterza, Roma-Bari, 1979;
- EDMUND HUSSERL, *La crisi delle scienze europee e la fenomenologia trascendentale*, Il Saggiatore, Milano, 1997;
- IPPOCRATE, *Antica medicina. Giuramento del medico*, Rusconi, Milano, 1998;
- IMMANUEL KANT, *Critica della ragion pura*, Einaudi, Torino, 1957;
- THOMAS KUHN, *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*, Einaudi, Torino, 1999;
- THOMAS KUHN, *Paradigmi e rivoluzioni nella scienza*, Armando, Roma, 1983;
- JOHN STUART MILL, *Sistema di logica deduttiva e induttiva*, Utet, Torino, 1988;
- ISAAC NEWTON, *Principi matematici della filosofia naturale*, Utet, Torino, 1965;
- ALBERTO PASQUINELLI (a cura di), *Il neoempirismo*, Utet, Torino, 1969;
- PAOLO PARRINI, *Conoscenza e realtà. Saggio di filosofia positiva*, Laterza, Bari, 1995;
- PLATONE, *Opere*, Laterza, Roma-Bari 1982-1984;
- KARL POPPER, *Logica della scoperta scientifica*, Einaudi, Torino, 1970;
- KARL POPPER, *Congetture e confutazioni*, Il Mulino, Bologna, 1972;
- RICHARD RORTY, *Filosofia, specchio della natura*, Bompiani, Milano, 1985;
- MORITZ SCHLICK, *Sul fondamento della conoscenza*, La Scuola, Brescia, 1983.

Testi consigliati:

EVANDRO AGAZZI, FABIO MINAZZI, LUDOVICO GEYMONAT, *Filosofia, scienza e verità*, Rusconi, Milano, 1989;

ENRICO BELLONE, *Storia della fisica moderna e contemporanea*, Utet, Torino, 1998;

ENRICO BERTI, *Le ragioni di Aristotele*, Laterza, Bari, 1989;

GIOVANNI BONIOLO, PAOLO VIDALI, *Filosofia della scienza*, Bruno Mondadori, Milano, 1999;

DONALD GILLIES, GIULIO GIORELLO, *La filosofia della scienza nel XX secolo*, Laterza, Roma-Bari, 1995;

JOHN LOSEE, *Introduzione storica alla filosofia della scienza*, Il Mulino, Bologna, 1980;

PAOLO PARRINI, *Conoscenza e realtà. Saggio di filosofia positiva*, Laterza, Bari, 1995;

PAOLO PARRINI, *Empirismo logico e convenzionalismo*, Franco Angeli, Milano, 1983;

ALBERTA REBAGLIA, *Scienza e verità: introduzione all'epistemologia del Novecento*, Paravia, Torino, 1997;

LUCIO RUSSO, *La rivoluzione dimenticata*, Feltrinelli, Milano, 1996;

KURT VON FRITZ, *Le origini della scienza in Grecia*, Il Mulino, Bologna, 1988.

Filosofia e biologia

Tema del percorso: **cos'è la vita?**

Coordinatore: Francesco Paolo Firrao

Rapporteur: Anselmo Grotti

Partecipanti: Bucciarelli Stefano, Dall'Olio Roberto, Damuzzo Ennio, Giacometti Giorgio, Menga Claudio, Mochi Onori Guglielmo, Musella Luciano, Pertusati Pier Luigi, Pitoni Maria Rita, Sansoni Osvaldo, Tognoni Maurizio, Tulli Enrica, Vasconi Paola, Volpi Giovanni.

PREMESSA METODOLOGICA

Prima procedere alla elaborazione didattica tramite la costruzione del modulo sul problema "Cos'è la vita?" individuato all'interno dei temi proposti dalle Relazioni svolte nelle giornate introduttive dagli Esperti in ambito scientifico - biologico, il gruppo di lavoro, sollecitato dall'introduzione del collega Anselmo Grotti ha affrontato preliminarmente questioni riguardanti:

1. l'identificazione dei "ruoli" di ciascun membro del gruppo all'interno del gruppo stesso;
2. la "metodologia" da utilizzare per il raggiungimento degli "obiettivi" che il gruppo si prefigge di raggiungere nel redigere il "modulo", declinati in termini che si riferiscono sia ai docenti sia agli studenti.

A) Tra gli obiettivi, riferiti ai docenti, sono stati individuati come prioritari :

1. la costruzione di competenze didattiche "declinabili" "di volta in volta in classe secondo le "concrete situazioni" in cui si viene a trovare il docente nella sua quotidiana attività d'insegnamento;
2. lo sviluppo nel processo d'insegnamento / apprendimento, sia nel docente sia negli studenti, di capacità di "integrare" in maniera progressiva, "provvisoria" e contemporaneamente "tendenzialmente sistematica" le acquisizioni offerte di volta in volta dalle singole discipline, significative e, quindi, dotate di un "senso forte" nel sistema di conoscenze degli studenti;

3. la “verifica simulata” di quanto programmato in modo da “sperimentare” quanto viene proposto con l’intento di “vivere” quest’occasione formativa in prima persona prima di presentarla in classe agli studenti;

4. il coinvolgimento delle “competenze” disciplinari dei membri del gruppo, in particolar modo dei colleghi delle discipline scientifiche presenti, attivando così un “rapporto dialettico” tra i vari saperi all’interno di una visione “unitaria” del sapere.

B) Tra gli obiettivi, riferiti agli studenti, sono stati individuati come prioritari:

1. la capacità di cogliere la dimensione puramente “teoretica” delle questioni individuate e proposte;

2. la capacità di operare culturalmente tramite le conoscenze apprese, affrontando le questioni” nel loro stato “reale” e non solo in quello “teorico”.

Nel senso di “spendibilità” della conoscenza acquisita nell’affrontare questioni sollevate dall’attualità della vita civile e dalle scoperte scientifiche;

3. la percezione della “vitalità” e “significatività” delle tematiche affrontate in funzione della propria formazione umana e civile.

CONTESTO PROBLEMATICO

Ci sono “questioni di senso”, sulla “vita”, di fronte a cui gli studenti denunciano una “grave insufficienza metodologica e contenutistica”, lasciandosi coinvolgere da “ingenuità interpretazioni” in cui è assente ogni forma di percezione della “complessità” dei processi che sottostanno ai fenomeni biologici.

Come Grotti ha ben messo in evidenza nel suo intervento introduttivo su finalismo, meccanicismo, evoluzione ...e poi?, nel difficile equilibrio che la scuola deve ogni volta ricercare di nuovo, si tratta di evitare i rischi contrapposti di un atteggiamento incapace di dare punti di riferimento e di acquisizioni raggiunte, nonché apparenti certezze inevitabilmente semplicificatrici. Il dibattito nel Novecento non si è affatto chiuso, esiste un fecondo confronto tra almeno due concezioni fondamentali, tra un modello standard e uno legato alla cosiddetta “nuova scienza”, tra un approccio riduzionista e uno sistemico, tra la convinzione che la “legge di natura” sia sempre più “al fondo” dei processi di riduzione e di parcellizzazione oggettivante, e la convinzione che la parola chiave sia ecosistema e relazione tra soggetto e oggetto. In questa ottica gli stessi contributi della tradizione filosofica classica e medievale assumono aspetti nuovi, si offrono a riletture molteplici, aprono piste a volte inaspettate e comunque feconde.

Tutto ciò motiva la richiesta didattica di un’ lettura storica di alcuni termini significativi del linguaggio scientifico, biologico nel nostro caso, e filosofico.

Come introdurre i giovani studenti alla riflessione sull’origine della vita?; sulle

leggi che la regolano?; che senso ha parlare di “morte” contrapposta alla “vita”?; è ancora valida la concezione evolucionistica dell’origine dell’uomo? Queste ed altre domande hanno caratterizzato il lavoro del gruppo che si è organizzato di fatto in un “laboratorio didattico” articolato al suo interno in sottogruppi interagenti, ciascuno interessato ad approfondire un tema specifico della questione evidenziata nella prima fase lavorativa collegiale.

Il “laboratorio didattico” si è configurato come l’ “ambiente scolastico” della “progettazione”. I tempi di lavoro sono stati articolati in:

- tempi collegiali comuni a tutto il gruppo
- tempi collegiali di ogni singolo sottogruppo.

La scansione temporale in un unico spazio, l’aula, è stata definita dalle modalità di svolgimento dei lavori:

Tempi collegiali comuni a tutto il gruppo :

1° iniziale di riflessione sulla metodologia di lavoro;

2° di approccio tematico;

3° di individuazione del nucleo problematico da porre come punto di riferimento del percorso modulare;

4° di scansione interna al problema delle “questioni “funzionali alla individuazione della risposta da dare al problema.

5° di verifica “in itinere “del lavoro svolto dai sottogruppi

6° di verifica finale e di “appropriazione “da parte di tutto il gruppo del lavoro svolto tramite la stesura definitiva del modulo.

Tempi collegiali di ogni singolo gruppo si sono collocati tra la 4° e la 5° e tra questa fase e l’ultima (6°).

Tra i membri del gruppo si è costituita una “rete telematica “con lo scopo di favorire:

1. un “monitoraggio “della sperimentazione del modulo in corso nelle scuole dei partecipanti al gruppo di lavoro;

2. un’integrazione dei testi a seguito delle verifiche in aula.

Questa metodologia di lavoro vuole rispondere in modo adeguato alle finalità del Seminario svoltosi nella Città dei Filosofi, ossia:

1. ad un aggiornamento / formazione in servizio;

2. ad una didattica modulare fortemente caratterizzata dalla flessibilità.

MOTIVAZIONE

La domanda “*Che cos’è la vita?*” rappresenta una questione fondamentale per i giovani, coinvolgendo la loro ricerca di identità e la loro interrogazione di senso. Mentre l’interesse sulla questione è continuamente rinnovato dall’attualità, non è difficile trovare misconoscenze, informazioni superficiali, luoghi comuni.

Si intende fornire strumenti per rivisitare e approfondire criticamente il tema, evidenziando le linee di un dibattito ancora aperto, in biologia non meno che in filosofia.

MODALITÀ D’USO

Il percorso, diviso in 6 unità didattiche, è rivolto a studenti delle ultime due classi di scuola secondaria. Per la sua flessibilità le singole unità didattiche possono essere utilizzate anche in modo indipendente, tenendo sempre conto tuttavia, della struttura unitaria dell’intero percorso.

Inoltre ciascuna unità didattica, così come ciascuna lezione di cui si compone (concepita per occupare un’unità oraria di tempo scuola), può essere svolta in forma più o meno ampia a seconda che

a) si sostituiscano i testi proposti all’analisi (sempre corredati da domande guida) con esposizioni riassuntive o che,

b) viceversa, là dove qui si propone un’esposizione frontale o interattiva, si decida di ampliare autonomamente l’offerta dei materiali di approfondimento.

Con queste avvertenze la durata *massima* del percorso risulta pari a 30 ore, verifica finale inclusa.

Questo monteore complessivo, piuttosto consistente, appare tuttavia ampiamente riducibile in funzione delle scelte che i singoli docenti possono operare, in coerenza con il taglio che intendono dare all’attività nei diversi contesti e indirizzi didattici.

Inoltre il percorso può essere svolto utilmente con il contributo dei docenti di biologia, che potrebbero mettere a disposizione parte del monteore relativo alla loro disciplina.

Introduzione didattica

Prerequisiti

In termini di *conoscenze*:

- possedere nozioni biologiche quali: gene, DNA, cellula, organismo, specie;
- possedere i concetti di induzione, deduzione, metodo, legge, modello, teoria, spiegazione.

In termini di *competenze*:

- inquadrare i problemi affrontati a partire dai testi.

In termini di *capacità*:

- usare consapevolmente strategie argomentative
- riflettere sulle diverse forme del sapere
- problematizzare le conoscenze e le credenze
- pensare ed operare attraverso modelli concettuali diversi

Obiettivi formativi

- cogliere la rilevanza filosofica delle questioni che concernono l'origine della vita, la sua evoluzione e differenziazione
- acquisire la consapevolezza del rapporto tra teorie, ipotesi e congetture in ambito biologico e interpretazioni filosofiche
- assumere atteggiamenti improntati al dialogo e al confronto su modelli esplicativi diversi e talvolta contrastanti
- individuare analogie e differenze tra concetti, modelli e metodi di differenti discipline del proprio curriculum
- individuare problemi di grande valenza e significato della realtà contemporanea e saperli leggere nell'ottica della complessità

Obiettivi cognitivi

In termini di *conoscenze*:

- conoscere il lessico concettuale specifico scientifico/filosofico, con particolare riguardo ai termini antinomici (per es. unità, molteplicità, complessità, ordine, finalismo/meccanicismo, continuità/discontinuità, evoluzione).
- conoscere le prospettive epistemologiche inerenti alle teorie della ricerca scientifico-biologica
- conoscere le implicazioni etiche richiamate dal rapporto natura/cultura

In termini di *competenze*:

- saper ricostruire i termini e i concetti relativi al problema
- saper operare l'analisi del testo :
 - estrapolazione di parole chiave
 - individuazione di concetti
 - individuazione di nessi concettuali
 - ricostruzione di sequenze logiche
 - identificazione del punto di vista dell'autore
 - ricostruzione dell'argomentazione dell'autore
- saper confrontare le diverse prospettive sui medesimi problemi

- saper argomentare sostenendo le tesi degli autori
- saper argomentare sulla base di valutazioni personali sostenute da corretti riferimenti culturali
- discutere criticamente i principali nodi concettuali di teorie strutturate

Metodi

lezione frontale
 discussione guidata
 lavoro individuale
 laboratorio didattico

Strumenti

libro di testo
 testi
 fotocopie
 lavagna
 verifiche

Al termine di ciascuna unità didattica: *test di comprensione a risposta aperta e/o chiusa*.

Al termine dell'intero percorso: *saggio breve o colloquio orale su uno o più aspetti trattati nel percorso*.

Articolazione del percorso

	1. La vita come problema	(3 h ca)
	2. La scoperta dell'evoluzione	(5 h ca)
6 unità didattiche	3 Il dibattito sull'evoluzione	(8 h ca)
	4. Evoluzione e cultura	(4 h ca)
	5. Biodiversità ed ecosistemi	(5 h ca)
	6. Etica e biodiversità	(2 h ca)

Durata massima dell'intero percorso

27 ore + 3 per la verifica finale (saggio breve / colloquio) = 30 ore (vedi sopra le "modalità d'uso").

U.D. 1: LA VITA COME PROBLEMA

Tempo: 3 ore

Il docente di filosofia discute l'emergere della vita come "problema", in ordine alla sua "essenza", alla sua *origine* e alla sua *evoluzione*, quale si presenta in età moderna.

Con il supporto eventuale del collega di biologia egli attiva sia il sapere informale degli allievi, sia quello costruito nel contesto educativo-scolastico, attraverso una serie di lezioni interattive riguardanti *almeno 3 argomenti* scelti sulla base delle proprie competenze. Si può fare riferimento anche a un buon manuale di filosofia. Si riportano a titolo indicativo i seguenti argomenti:

- a) Dal sapere come "iniziazione" alla pubblica discussione delle teorie
- b) La cosmologia come ricerca delle leggi generali dell'universo, delle sue origini e del suo destino
- c) I "nuovi" interrogativi posti dalla scienza alla metà del '600
Come un oggetto si è andato formando nel corso del tempo?
Come la natura ha prodotto un determinato oggetto?
- d) Meccanicismo e finalismo: contrapposizione o compatibilità?
[cfr. R. CARTESIO, *Il mondo o trattato della luce*, (1664, postumo), R. CARTESIO, *Principi della filosofia*, G. LEIBNIZ *Protogaea* (1749)]
- e) Le prime riflessioni sui problemi della generazione: ovismo, animaliculismo, preformismo
[cfr. P. ROSSI, *La nascita della scienza moderna in Europa*, Bari, Laterza, 2000, pp. 249-254]
- f) La "scoperta del tempo": elemento fondamentale di nuovi modelli di spiegazione
[cfr. R. HOOKE, *Discorso sui terremoti* (1668), I. KANT, *Storia universale della natura e teoria del cielo* (1755)]
- g) Modelli teorici fortemente divergenti: uniformismo e catastrofismo

U.D. 2 : LA SCOPERTA DELL'EVOLUZIONE

Tempo: 5 ore

Questa unità didattica, articolata in 5 lezioni di un'ora l'una, può essere svolta anche in modo indipendente da quella che precede. Sviluppa la prospettiva evoluzionistica sia in campo filosofico che in campo biologico da un punto di vista fondamentalmente storico. Il ricorso a qualche testo consente comunque un primo approccio diretto da parte degli allievi allo stile argomentativo di diversi autori che si occupano del problema della vita.

Lezione 1 - La filosofia della natura in età romantica

Vengono letti, commentati e discussi con gli allievi i seguenti brevi testi di Goethe, Kant e Schelling per mettere in luce il nuovo concetto di finalità immanente in relazione alla spiegazione degli organismi:

Inoltre la finalità oggettiva, quale principio della possibilità delle cose della natura, è tanto lungi dall'essere *necessariamente* connessa col concetto di quella che essa è piuttosto proprio ciò a cui più volentieri ci si appella per provare, da lì, la contingenza di essa (della natura) e della sua forma. Infatti, riferendosi per es. alla struttura di un uccello, alla cavità nelle sue ossa, alla disposizione delle sue ali per il movimento e della coda per far da timone, ecc., si dice che tutto ciò, secondo il mero *nexus effectivus* nella natura, senza chiamare in ausilio una specie particolare di causalità, cioè quella dei fini (*nexus finalis*), è sommamente contingente: si dice, cioè, che la natura, considerata come mero meccanismo, avrebbe potuto formarsi in mille altri modi senza finire proprio nell'unità secondo un tal principio, e che dunque non si può sperare di riscontrarne il minimo fondamento a priori nel concetto di natura, ma solo al di fuori di esso.

Tuttavia, la valutazione teleologica viene fatta entrare a buon diritto, almeno problematicamente, nella ricerca naturale, ma solo per sottomettere la natura, per *analogia* con la causalità secondo fini, a principi di osservazione e di ricerca, e senza presumere di *spiegarla* in tal modo. Tale valutazione appartiene dunque alla capacità di giudizio riflettente, non determinante.

[I. KANT, *Critica della capacità di giudizio* (1790), tr. Rizzoli, 1995, a cura di Leonardo Amoroso, vol. II, par. 61, pp. 559-563, cit. da p. 561 e 563].

– Quale è il senso della introduzione da parte di Kant della finalità nella natura? [max. 10 righe]

– In che senso secondo te l'interpretazione kantiana degli esseri viventi non è semplicemente meccanica? [max. 10 righe]

[...] Sentii ben presto la necessità di stabilire un *tipo* in base al quale saggiare per concordanze e divergenze tutti i mammiferi e, come già avevo cercato la *Urpflanze*,

la pianta originaria, così cercai di trovare l'*Ur tier*, l'animale originario, cioè, in definitiva, il concetto, l'idea di animale.

Un essere organico è così multiforme all'esterno, così molteplice e inesauribile all'interno, che non si sceglieranno mai abbastanza punti di vista per esaminarlo, né si svilupperanno mai organi sufficienti per scomporlo in parti senza tuttavia ucciderlo. Cercherò ora di applicare alle nature organiche l'idea che la bellezza è "perfezione con libertà".

Le membra di tutti gli esseri organici sono conformate in modo ch'essi possano godere della propria esistenza, conservarla e riprodurla, in questo senso, ogni vivente può chiamarsi perfetto. Se le membra dell'animale sono così costituite, ch'esso sia solo molto limitatamente in grado di estrinsecare la propria esistenza, noi lo chiameremo brutto;

[...] chiamiamo bello un essere perfettamente organizzato quando la sua vista ci fa pensare che *gli sia concesso, appena lo voglia, un uso libero e multiforme di tutte le sue membra.*

[W. GOETHE, *La metamorfosi delle piante*, Milano, Guanda, 1983, a cura di Stefano Zecchi, p. 48, p.133]

– Spiega in che modo secondo te la considerazione degli esseri viventi in Goethe assume un valore estetico. [max. 15 righe]

a) Ogni *organizzazione* non è altro che *l'espressione comune* per una molteplicità di azioni che si limitano reciprocamente ad una sfera determinata. *Questa sfera è qualcosa di perenne*, e non solo un fenomeno che non scompare più; infatti, essa è ciò che si è formato nel conflitto delle azioni, una sorta di monumento di quelle attività che interferiscono l'una nell'altra; quindi, *è lo stesso concetto di quello scambio*, che, nello scambio, è la sola cosa che persiste. Tuttavia, nella mancanza di leggi delle azioni, che si alterano continuamente l'una con l'altra, rimane ciò *che è conforme alla legge del prodotto stesso*; ed esse si costringono fra di loro a produrre quello e nessun altro. Perciò, vengono poi giustificate quali conformi alla natura quelle ipotesi che considerano l'organizzazione un prodotto che è ciò che è tramite *se stesso* e che, quindi, è contemporaneamente *causa ed effetto, mezzo e scopo di se stesso.*

b) Questo conflitto di azioni, nel quale si realizza ogni essere organico (quale sua espressione permanente), si manifesterà in certe azioni (*Handlungen*) necessarie che, risultando necessariamente dal conflitto organico, devono essere considerate funzioni dell'organismo stesso. [...]

c) Dunque, nella singola organizzazione una di queste funzioni potrebbe essere *quella dominante* ma, nello stesso grado, dovrebbe essere repressa la sua opposta. Oppure le funzioni potrebbero mantenersi *in equilibrio* nella stessa organizzazione; tuttavia, visto che queste funzioni sono opposte fra di loro e, quindi, l'una esclude l'altra, è impossibile che siano unite nel medesimo individuo. Quindi, l'organizzazione

unica, nella quale tutte esse fossero unite, dovrebbe, per così dire, divergere in parecchi individui singoli e le diverse funzioni dovrebbero essere quasi divise in questi individui. Questi ultimi a loro volta, con la loro azione concomitante, dovrebbero produrre solo quell'organizzazione e, viceversa [visto che nell'organismo tutto è reciproco], l'esercizio delle loro funzioni dovrebbe essere possibile solo all'interno di questo organismo. Dunque, essi si rapporterebbero all'organizzazione intera contemporaneamente come *causa ed effetto della sua attività*. Ma ciò che si rapporta all'organizzazione (come ad un tutto) [e, tuttavia, mantiene la propria individualità], si dice *organo*; quindi, dove funzioni opposte sono unite in un'unica organizzazione, queste funzioni dovrebbero essere suddivise in *organi* diversi. Per questo motivo, nel regno della natura organica, quanto più cresce la molteplicità delle funzioni, tanto più numeroso dovrebbe svilupparsi il sistema degli organi [...]

f) Si comprende, allora, il problema di determinare a priori le diverse funzioni organiche e le loro diverse proporzioni possibili. Se si riuscisse a risolvere il problema, non solo si sarebbe con ciò introdotta una *gradazione dinamica* nella natura ma, nello stesso tempo, si sarebbe dedotta a priori la gradazione nella natura stessa. Con ciò, *quella che sinora è stata la storia della natura* verrebbe innalzata a *sistema della natura*.

[F. W. J. SCHELLING, tr. it. *Primo abbozzo di un sistema di filosofia della natura*, Roma, Cadmo 1989, pp. 160-163].

– Quale è la relazione che in questo testo Schelling istituisce tra le nozioni di *causa*, *legge*, *organismo/organizzazione/organo*? [max. 5 righe]

– Quale la novità rappresentata da questa concezione rispetto per. es. a quella propria del meccanicismo classico, per es. cartesiano? [max. 5 righe]

Lezione 2 - Dal fissismo all'evoluzionismo

Il docente presenta l'ipotesi geologica (Lyell) relativa all'età della Terra, in quanto costituirà il presupposto della teoria evoluzionistica. Esporrà inoltre brevemente lo scontro tra la posizione *fissista* di Cuvier (*catastrofismo*) e quella (*pre*-)evoluzionista di Lamarck. Gli argomenti vengono esposti frontalmente, svolgendo una presentazione di carattere essenzialmente storiografico, eventualmente con il contributo del docente di biologia.

Lezione 3 -Il trasformismo di Lamarck

Viene ripresa la teoria di Lamarck su uso e non uso come causa del processo evolutivo e sull'ereditarietà dei caratteri acquisiti, per integrare il concetto (romantico) di *finalità immanente* con quello di *trasformazione* nel tempo. Viene quindi proposto un divertente dialogo immaginario tra un "biologo" e un "lamarckiano", scritto da G. Bateson nel 1979, per confutare con argomenti moderni l'ipotesi lamarckiana dell'ereditarietà dei caratteri acquisiti:

Grandissima parte di ciò che si può dire su come si combinano evoluzione e cambiamento somatico è di carattere deduttivo. Ai livelli teorici che dobbiamo qui affrontare, non esistono dati provenienti dall'osservazione, e la sperimentazione non è ancora cominciata. Ma ciò non è sorprendente: dopo tutto, sulla selezione naturale non esisteva quasi alcuna osservazione probante fino agli Anni Trenta, quando Kettlewell studiò le varietà pallida e melanica della falena della betulla (*Biston betularia*).

Comunque, gli argomenti contro l'ipotesi che i caratteri acquisiti siano ereditari sono istruttivi, e serviranno a illustrare parecchi aspetti dell'intricata relazione tra i due grandi processi stocastici. Gli argomenti sono tre, ma solo il terzo è convincente. [Si tratta di una] una *reductio ad absurdum*: essa asserisce che, se l'ereditarietà lamarckiana costituisse la regola o fosse anche soltanto comune, l'intero sistema dei processi stocastici interconnessi si arresterebbe.

Espongo qui questa critica non solo per tentare (probabilmente invano) di uccidere un'idea dura a morire, ma anche per illustrare le relazioni tra i due processi stocastici. Immaginiamo il seguente dialogo:

BIOLOGO. Che cosa sostiene esattamente la teoria lamarckiana? Che cosa intendi per “*ereditarietà dei caratteri acquisiti*”?

LAMARCKIANO. Che un cambiamento del corpo indotto dall'ambiente sarà trasmesso alla prole.

BIOLOGO. Un momento, dev'essere trasmesso un “*cambiamento*”? Che cosa esattamente dev'essere trasmesso dal genitore alla prole? Un ‘cambiamento’ è una specie di astrazione, mi pare.

LAMARCKIANO. Un effetto dell'ambiente, per esempio le callosità nuziali del maschio del rospo ostetrico.

BIOLOGO. Non capisco ancora. Non vorrai certo dire che è stato l'ambiente a fare le callosità nuziali.

LAMARCKIANO. Certo che no: è stato il rospo.

BIOLOGO. Ah, allora il rospo, in un certo senso, sapeva come fare o aveva la ‘potenzialità’ di farsi crescere le callosità nuziali?

LAMARCKIANO. Sì, qualcosa del genere. Il rospo poteva farsi crescere le callosità nuziali se era costretto a riprodursi nell'acqua.

BIOLOGO. Ah, poteva adattarsi, giusto? Se si riproduceva sulla terra, nel modo normale per questa specie di rospi, non gli crescevano callosità nuziali, invece nell'acqua sì, proprio come a tutti gli altri tipi di rospo. Poteva scegliere.

LAMARCKIANO. Ma ad alcuni dei discendenti del rospo cui erano cresciute le callosità nell'acqua, esse crescevano anche sulla terra. Ecco che cosa intendo per ereditarietà dei caratteri acquisiti.

BIOLOGO. Ah, ecco, capisco. Ciò che veniva trasmesso tra la perdita di un'alternativa. I discendenti non erano più in grado di riprodursi in modo normale sulla terra. Affascinante.

LAMARCKIANO. Fai apposta a non capire.

BIOLOGO. Può darsi. Ma ancora non capisco che cosa verrebbe ‘trasmesso’ o ‘ereditato’. Il fatto empirico che si sostiene è che i discendenti *differivano* dal genitore in quanto non avevano una possibilità di scelta che quello invece aveva. Ma questa non è la trasmissione di una somiglianza, come suggerirebbe il termine *ereditarietà*: è la trasmissione di una *differenza*. Ma la ‘differenza’ non esisteva e non poteva quindi essere trasmessa. Come la vedo io, il rospo genitore aveva ancora tutte le sue alternative intatte.

E così via. Il punto cruciale in questa discussione riguarda la collocazione nella gerarchia dei tipi logici del messaggio genetico presumibilmente trasmesso. Non basta dire vagamente che vengono trasmesse le callosità nuziali, e non ha senso sostenere che viene trasmessa la potenzialità di far crescere le callosità nuziali, poiché tale potenzialità era insita nel rospo genitore prima che l’esperimento cominciasse.

Naturalmente, non si nega che gli animali di questo mondo, e in misura minore le piante, presentino spesso l’aspetto che potremmo attenderci in un mondo in cui l’evoluzione avesse percorso le vie dell’ereditarietà lamarckiana.

Vedremo che questo aspetto è inevitabile, dato (a) che le popolazioni selvagge di solito (forse sempre) sono caratterizzate da *pool* genici eterogenei (misti e diversificati), (b) che i singoli animali sono capaci di cambiamenti somatici che sono in qualche modo adattativi, e (c) che la mutazione e il rimescolamento dei geni esistenti sono casuali.[...]

Nel dialogo immaginario, il lamarckiano è stato ridotto al silenzio dall’argomento che l’ereditarietà dei caratteri acquisiti sarebbe accompagnata dalla perdita della libertà di modificare il corpo dell’individuo in risposta alle richieste dell’abitudine o dell’ambiente. Quest’asserzione generale non è vera in modo così semplice. Non c’è dubbio che la sostituzione del controllo somatico con quello genetico (a prescindere dal problema dell’eredità) diminuisca sempre la flessibilità dell’individuo. La possibilità di cambiamento somatico in quel dato carattere è perduta del tutto o in parte. Ma resta sempre l’interrogativo generale: non è *mai* vantaggioso sostituire al controllo somatico quello genetico? Se così fosse, il mondo sarebbe certo molto diverso da quello di cui abbiamo esperienza. Analogamente, se l’ereditarietà lamarckiana costituisse la regola, l’intero processo dell’evoluzione e della vita sarebbe stretto nelle pastoie della rigidità della determinazione genetica. La risposta deve trovarsi tra questi due estremi.

[G. BATESON, *Gli errori del lamarckismo*, in *Mente e natura* (1979), tr. it. Milano, Adelphi, 1984, pp. 200-203]

– In questo testo Bateson confuta l’ipotesi lamarckiana dell’ereditarietà dei caratteri acquisiti ricorrendo a un’argomentazione tipicamente filosofica (cioè che non fa ricorso immediatamente a dati sperimentali), ossia la *dimostrazione per assurdo*. Ricostruisci (anche schematicamente) il suo ragionamento. [max. 10 righe]

Lezione 4 - La scoperta del meccanismo della selezione naturale in Darwin

Viene esposta dal punto di vista delle sue implicazioni concettuali la teoria di Darwin, specialmente su selezione artificiale e variazioni, lotta per la vita, rilevanza del caso. Si vuole mettere a fuoco l'intuizione darwiniana del meccanismo della selezione naturale, ma anche le incertezze relative all'origine delle variazioni. Si possono leggere e commentare al riguardo i seguenti passi dell'opera darwiniana:

Molte sono le leggi che presiedono alle variazioni, alcune delle quali a mala pena intuibili [...] Alcuni autori impiegano il termine "variazione" in un'accezione tecnica, intendendo una modificazione dovuta alle condizioni materiali di vita. Le "variazioni" in questo senso non dovrebbero essere ereditarie. Però chi potrebbe dire che non si possano trasmettere ereditariamente, almeno per qualche generazione [...] Inoltre abbiamo molte piccole differenze che potrebbero essere definite differenze individuali, che compaiono di frequente nei figli di una stessa coppia di genitori, o che possiamo ritenere che siano comparse in questo modo, dato che si osservano frequentemente negli individui della stessa specie che vivono in una stessa zona limitata. Nessuno pensa che gli individui di una stessa specie siano tutti conformi ad un solo modello. Queste differenze individuali sono importantissime per noi, in quanto forniscono materiali che possono essere accumulati dalla selezione naturale nello stesso modo in cui l'uomo può accumulare, secondo una direzione qualsiasi, le differenze individuali che compaiono nelle sue produzioni domestiche. In genere queste differenze individuali interessano parti che i naturalisti considerano prive di importanza, ma io potrei dimostrare, con un lungo elenco di fatti, che le parti che devono essere definite importanti, sia da un punto di vista fisiologico che classificatorio, possono talvolta variare negli individui della stessa specie. [...]

Pensiamo all'infinita complessità ed alla perfetta reciprocità dei rapporti di tutti i viventi fra di loro e con le condizioni fisiche di vita. E allora, constatando che, senza dubbio, si sono verificate delle variazioni utili all'uomo, dovremmo ritenere improbabile che talvolta, nel corso di migliaia di generazioni, si possono verificare altre variazioni utili in qualche modo a ciascun vivente nella grande e complessa battaglia della vita? Se questo accade, possiamo dubitare (ricordando che nascono molti più individui di quanti ne possano sopravvivere) che gli individui che possiedono un vantaggio qualsiasi sugli altri, sia pure molto piccolo, abbiano migliori probabilità di sopravvivere e di propagare la loro discendenza? D'altra parte possiamo essere certi che qualsiasi variazione nociva, sia pure in minimo grado, verrebbe immancabilmente distrutta. A questa conservazione delle variazioni favorevoli ed all'eliminazione delle variazioni nocive ho dato il nome di *selezione naturale*. [...]

La selezione naturale può operare soltanto mediante la conservazione e l'accumulo di modificazioni ereditarie infinitamente piccole, ognuna utile all'essere con-

servato, e, come la moderna geologia ha quasi bandito certe idee quali lo scavo di una grande valle prodotta da una sola ondata diluviale, così la selezione naturale, se è un principio ben fondato, bandirà l'idea di una creazione continua di nuovi esseri viventi o di una grande e improvvisa modificazione della loro struttura.

[cfr. C. DARWIN, *Origine della specie* (1859), Roma, Newton Compton, 1981⁴, p. 59, pp. 91-92; pp. 127-128; p. 140].

– “Condizioni materiali di vita”, casualità, ereditarietà. Sembra che Darwin non sappia risolversi ad individuare la causa delle variazioni. Sai individuarne il motivo nello stato delle conoscenze scientifiche al suo tempo? [max. 10 righe]

– Ricostruisci il passaggio argomentativo dall'esistenza di “variazioni” alla affermazione di una “selezione naturale”. [max. 8 righe]

– Una obiezione alla teoria della selezione naturale è che, se essa procede per “modificazioni ereditarie infinitamente piccole”, il risultato non dovrebbe essere quello di dar vita a specie ben distinte, ma ad “infinite varietà intermedie”. Sai vedere come, dal punto di vista di Darwin, l'obiezione potrebbe essere respinta? [max. 10 righe]

Lezione 5 - Sviluppi successivi della teoria dell'evoluzione in relazione alla genetica

Con il contributo del docente di biologia si rappresenterà come in seguito alle scoperte indipendenti di G. Mendel, H. De Vries, C. Correns, T. H. Morgan, L. Johanssen, alcuni dei problemi lasciati aperti da Darwin siano risolti, mentre nuove questioni vengono sollevate.

U.D. 3 : IL DIBATTITO SULL'EVOLUZIONE: TRA VITALISMO, NEODARWINISMO E TEORIA DELLA FORMA

Tempo: 8 ore

Questa unità didattica, articolata in 8 lezioni di un'ora l'una, affronta soprattutto il dibattito novecentesco relativo a presupposti e implicazioni del modello esplicativo evolutivo, sia sotto il profilo filosofico che scientifico.

Lezione 1 - Il dibattito scientifico-epistemologico sull'evoluzione

In compresenza con il docente di biologia si rende conto delle diverse interpretazioni del fatto evolutivo e delle principali argomentazioni messe in campo dai cosiddetti neutralisti (Kimura), neodarwinisti (teoria sintetica).

Lezione 2 - Pro e contro l'interpretazione meccanicistica

Dopo una breve introduzione sulle difficoltà poste alle ipotesi evolutivistiche dalle scoperte della termodinamica (tendenza al disordine piuttosto che all'ordine) viene proposto, letto e commentato il seguente testo di Bergson:

Tutte le nostre analisi ci rivelano [...] nella vita, lo sforzo per risalire la china che la materia discende. Esse ci lasciano in tal modo intravedere la possibilità, anzi la necessità, di un processo opposto a quello della materialità, e che, semplicemente interrompendosi, darebbe origine alla materia. Certo, la vita che si evolve alla superficie del nostro pianeta è legata a qualcosa di materiale. Se fosse pura coscienza, o a maggior ragione sopraccoscienza, essa sarebbe pura attività creatrice. Di fatto, essa è ancorata a un organismo che la sottomette alle leggi generali della materia inerte. Ma tutto sembra testimoniare che essa fa il possibile per liberarsi da queste leggi. Se non ha il potere di rovesciare la direzione dei mutamenti fisici, quale la determina il principio di Carnot, si comporta però assolutamente come una forza che, lasciata a se stessa, lavorerebbe in direzione opposta. Incapace di *arrestare* il cammino dei mutamenti, essa arriva tuttavia a *ritardarlo*. L'evoluzione della vita continua, infatti, come abbiamo visto, un impulso iniziale; tale impulso, che ha determinato lo sviluppo della funzione clorofilliana nella pianta, e del sistema sensorio-motore nell'animale, conduce la vita a realizzare azioni sempre più efficaci, attraverso la fabbricazione e l'impiego di esplosivi sempre più potenti. [...]

È come uno sforzo per risollevarlo il peso che cade.

[H. BERGSON, *L'evoluzione creatrice*, Fabbri, Milano 1966, pp.274-275]

– Sulla base di quale fondamentale argomento qui Bergson contrappone la direzione evolutiva della vita alla tendenza (entropica) della materia inerte? A quale principio fisico allude? [max. 10 righe]

Viene letto, commentato e discusso un lungo brano di J. Monod che mettendo in relazione le nozioni di caso e necessità e ricorrendo ad argomenti di tipo statistico difende la compatibilità tra la tendenza generale della natura al disordine e la possibilità dell'evoluzione in un orizzonte che rimane meccanicistico:

L'evoluzione nella biosfera è dunque un processo necessariamente irreversibile *che definisce una direzione nel tempo*, direzione che è *identica* a quella imposta dalla legge dell'aumento dell'entropia, cioè dal secondo principio della termodinamica. È molto più di un confronto. Il secondo principio si basa su considerazioni statistiche pari a quelle che stabiliscono l'irreversibilità dell'evoluzione.

Infatti è *legittimo considerare quest'ultima come una sua espressione nella biosfera*. Dal momento che formula solo una previsione statistica, tale principio non esclude, beninteso, la possibilità che un sistema macroscopico qualunque, in un movimento di piccolissima ampiezza e per una brevissima durata, possa risalire la china dell'entropia, cioè vada in qualche modo a ritroso nel tempo. Negli esseri viventi, proprio questi soli e fuggevoli movimenti, captati e riprodotti dal meccanismo replicativo, sono stati mantenuti dalla selezione. In questo senso, l'evoluzione selettiva, fondata sulla scelta dei rari e preziosi incidenti che l'immensa riserva di eventi casuali a livello microscopico contiene, in mezzo a infiniti altri, rappresenta una specie di macchina per risalire il corso del tempo.

Non è quindi sorprendente ma, al contrario, del tutto naturale che i risultati ottenuti da questo meccanismo per andare a ritroso nel tempo, vale a dire la tendenza generale ascendente dell'evoluzione, il perfezionamento e l'arricchimento dell'apparato teleonomico, siano parsi miracolosi agli uni, paradossali agli altri e che la moderna teoria 'darwiniana dell'evoluzione su basi molecolari' venga ancor oggi considerata con sospetto da certi pensatori, filosofi o perfino biologi.

[J. MONOD, *L'irreversibilità dell'evoluzione e il secondo principio della termodinamica* in *Il caso e la necessità*, Milano, Mondadori, 1970, p. 121].

– Questo brano di Monod può essere letto come una replica a distanza all'argomento con cui Bergson, nel brano precedente, aveva tentato di confutare l'interpretazione meccanicistica della vita. Quali gli elementi essenziali di tale controargomentazione? [max. 10 righe]

Lezione 3 - Il principio di oggettività e le sue implicazioni neodarwinistiche

Viene quindi presentata in maniera più completa la prospettiva del biologo Jacques Monod, esposta nel celebre libro *Il caso e la necessità* (1970), sorta di manifesto della rifondazione darwinistica. Viene letto il seguente brano, nel quale Monod rileva come il postulato dell'oggettività della natura escluda il ricorso alle cause finali, nel momento stesso in cui tale postulato pone problemi non da poco per quando riguarda l'interpretazione del vivente:

La teleonomia e il principio di oggettività

La pietra angolare del metodo scientifico è il postulato dell'oggettività della Natura, vale a dire il rifiuto *sistematico* a considerare la possibilità di pervenire a una conoscenza 'vera' mediante qualsiasi interpretazione dei fenomeni in termini di cause finali, cioè di 'progetto'. La scoperta di questo principio può essere datata con esattezza. Galileo e Cartesio, formulando il principio d'inerzia, non fondarono solo la meccanica, ma anche l'epistemologia della scienza moderna, abolendo la fisica e la cosmologia di Aristotele. Certamente ai predecessori di Cartesio non erano mancate la ragione, la logica, l'esperienza, e neppure l'idea di confrontarle sistematicamente. Ma la scienza, così come l'intendiamo oggi, non poteva costituirsi solo su queste basi. Le mancava ancora la severa censura del postulato di oggettività. Postulato puro, che non si potrà mai dimostrare poiché, evidentemente, è impossibile concepire un esperimento in grado di provare la *non esistenza* di un progetto, di uno scopo perseguito, in un punto qualsiasi della Natura.

Il postulato di oggettività è consostanziale alla scienza e da tre secoli ne guida il prodigioso sviluppo. È impossibile 'disfarsene', anche provvisoriamente, o in un settore limitato, senza uscire dall'ambito della scienza stessa.

Ma l'oggettività ci obbliga a riconoscere il carattere teleonomico degli esseri viventi, ad ammettere che, nelle loro strutture e prestazioni; essi realizzano e perseguono un progetto. Vi è dunque, almeno in apparenza, una profonda contraddizione epistemologica. Il problema centrale della Biologia consiste proprio in questa contraddizione che occorre risolvere se essa è solo apparente, o dimostrare insolubile se è reale.

[J. MONOD *Il caso e la necessità*, tr. Milano, Mondadori, 1970, p. 33]

– In che cosa consiste il postulato dell'oggettività della Natura e perché esso è detto "postulato puro"? [max. 10 righe]

– Che cosa intende Monod per "carattere teleonomico degli esseri viventi"? [max 3 righe]

– Quale l'apparente contraddizione messa in luce da Monod in questo testo? [max. 7 righe]

Lezione 4 - La teleonomia e la sua spiegazione

Per risolvere il problema che si è posto nel testo precedente Monod perviene, a un certo punto, alla definizione di organismo come macchina chimica autonoma, capace di elaborare il progetto necessario a garantire la propria sopravvivenza:

Il concetto di teleonomia implica l'idea di un'attività *orientata, coerente, costruttiva*. In base a questi criteri le proteine devono dunque essere considerate gli agenti molecolari essenziali delle prestazioni teleonomiche di tutti gli esseri viventi.

[...]

Le proteine, agenti molecolari della teleonomia strutturale e funzionale

1) Gli esseri viventi sono macchine chimiche. Per la loro crescita e moltiplicazione sono necessarie migliaia di reazioni chimiche grazie alle quali sono elaborati i costituenti essenziali delle cellule. A questo complesso di reazioni si dà il nome di 'metabolismo'. Il metabolismo è organizzato secondo un grande numero di 'vie', divergenti, convergenti o cicliche, ciascuna delle quali comprende una sequenza di reazioni. Il preciso orientamento e l'elevato rendimento di quest'enorme e microscopica attività chimica sono assicurati da una classe particolare di proteine, gli enzimi, i quali agiscono in veste di catalizzatori specifici.

2) Come una macchina, ogni organismo, anche il più semplice, rappresenta un'unità funzionale coerente e integrata. È ovvio che la coerenza funzionale di una macchina chimica tanto complessa, e per di più autonoma, esige l'intervento di un sistema cibernetico che controlli in più punti la sua attività. Si è ancora lungi, soprattutto per gli organismi, dall'aver chiarito l'intera struttura di tali sistemi.

Oggi se ne conoscono numerosissimi elementi e, in tutti questi casi, si può constatare che gli agenti essenziali sono proteine 'regolatrici' la cui funzione consiste in pratica nel rivelare segnali chimici.

3) L'organismo è una macchina che si costruisce da sé. Non è l'intervento di forze esterne a imporgli la sua struttura macroscopica ma questa si costituisce in modo autonomo grazie a interazioni costruttive interne. Quantunque le nostre conoscenze sulla meccanica dello sviluppo siano ancora estremamente scarse, si può tuttavia affermare fin d'ora che le interazioni costruttive sono d'ordine microscopico e molecolare, e che le molecole in gioco sono essenzialmente, se non esclusivamente, proteine.

Di conseguenza sono proteine quelle che incanalano l'attività della macchina chimica, ne assicurano il funzionamento coerente, la costruiscono. Tutte queste prestazioni teleonomiche delle proteine si basano, in ultima analisi, sulle loro proprietà 'stereospecifiche', cioè sulla loro capacità di 'riconoscere' altre molecole (comprese altre proteine) dalla loro forma, determinata dalla struttura molecolare. Si tratta, letteralmente, di una proprietà discriminativa (se non 'conoscitiva') a livello microscopico. Si può ammettere che ogni prestazione o struttura teleonomica di un essere vivente, di qualunque tipo, sia analizzabile in linea di principio in termini di interazioni stereospecifiche di una, di molte o di moltissime proteine.

[J. MONOD, *cit.*, pp. 53-54]

– In questo testo Monod abbozza un tentativo di soluzione della contraddizione da lui stesso messa in luce nel passo precedente. In che termini? [max 7 righe]

Dopo avere chiarito il concetto di teleonomia Monod si ripropone il problema della sua giustificazione epistemologica:

Qualunque concezione del mondo - filosofica, religiosa, scientifica - per il fatto che

le proprietà teleonomiche degli esseri viventi mettono apparentemente in dubbio uno dei postulati fondamentali della teoria moderna della conoscenza, presuppone *necessariamente* una soluzione di questo problema, sia questa soluzione implicita oppure no.

Dilemma fondamentale: il rapporto di priorità tra invarianza e teleonomia

Ogni soluzione, qualunque ne sia la motivazione, implica altrettanto inevitabilmente un'ipotesi relativa alla priorità, causale e temporale, delle due proprietà caratteristiche degli esseri viventi, cioè invarianza e teleonomia, l'una in rapporto all'altra.

Riserviamo, a un prossimo capitolo l'enunciato e la discussione dell'unica ipotesi che la scienza moderna considera accettabile, cioè che l'invarianza precede di necessità la teleonomia. Per essere più espliciti, si tratta dell'idea darwiniana che la comparsa, l'evoluzione e il progressivo affinamento di strutture sempre più fortemente teleonomiche sono dovuti al sopraggiungere di perturbazioni in una struttura *già dotata della proprietà di invarianza*, e quindi capace di 'conservare il caso' e di subordinarne gli effetti al gioco della selezione naturale.

Beninteso, la teoria che io cerco di abbozzare qui brevemente e dogmaticamente non è proprio quella di Darwin che, ai suoi tempi, non poteva avere alcuna idea dei meccanismi chimici dell'invarianza riproduttiva, né della natura delle perturbazioni a cui tali meccanismi soggiacciono. Ma non si toglie nulla al genio di Darwin quando si constata che soltanto in quest'ultimo ventennio la teoria selettiva dell'evoluzione ha acquisito tutto il suo significato, tutta la sua precisione, tutta la sua certezza.

Tale teoria è finora l'unica, tra quelle proposte, che sia compatibile con il postulato di oggettività in quanto riduce la teleonomia a una proprietà secondaria derivata dall'invarianza (la sola proprietà considerata primitiva).

Essa è anche l'unica compatibile con la Fisica moderna, non solo, ma poggia sulle sue basi senza restrizioni né corollari e, in definitiva, assicura la coerenza epistemologica della Biologia e le fa posto tra le scienze della 'Natura oggettiva': argomento, questo, validissimo in suo favore, ma non sufficiente a giustificarla.

Tutte le altre concezioni, esplicitamente proposte per giustificare la stranezza degli esseri viventi o implicitamente velate dalle ideologie religiose e dalla maggior parte dei grandi sistemi filosofici, presuppongono l'ipotesi inversa e cioè che *l'invarianza è protetta, l'ontogenesi guidata, l'evoluzione orientata* da un principio teleonomico iniziale, di cui tutti questi fenomeni sarebbero manifestazioni. Da qui in poi, fino alla fine del capitolo, analizzerò in modo schematico la logica di queste interpretazioni, che sono molto diverse in apparenza, ma che implicano tutte l'abbandono parziale o totale, confessato o no, cosciente o no, del postulato di oggettività. Sarà utile, per questo motivo, adottare una classificazione di tali concezioni (a dire la verità, un po' arbitraria) in funzione della natura e della supposta estensione del principio teleonomico a cui esse si richiamano.

È così possibile definire un primo gruppo di teorie, cioè quelle che ammettono un principio teleonomico i cui interventi si presuppongono espressamente limitati all'ambito della biosfera, cioè all'ambito della 'materia vivente'.

Tali teorie, che chiamerò *vitalistiche*, implicano dunque una radicale distinzione tra gli esseri viventi e l'universo inanimato.

Da un altro lato si possono raggruppare quelle concezioni che fanno appello a un principio teleonomico *universale*, responsabile sia dell'evoluzione cosmica sia dell'evoluzione della biosfera, in seno alla quale il suddetto principio si esprimerebbe in modo più preciso e più intenso.

Tali teorie vedono negli esseri viventi i prodotti più elaborati, perfetti, di un'evoluzione orientata in tutto l'universo e sfociata, perché *doveva* sfociarvi, nell'uomo e nell'umanità. Le definirò *animistiche*, e sotto molti aspetti esse sono più interessanti di quelle vitalistiche a cui dedicherò solo un breve cenno.

Nell'ambito delle teorie vitalistiche si possono individuare tendenze molto diverse, ma qui ci si limiterà alla distinzione tra ciò che chiamerò 'vitalismo metafisico' e 'vitalismo scientifico'.

[J. MONOD, *cit.* pp.34-36]

– Quale teoria abbozza qui Monod per interpretare il mondo biologico e per quali motivi la preferisce ad altre? [max. 10 righe]

– Quali altre teorie Monod cita? Sapresti esplicitare le sue indicazioni con qualche riferimento a particolari autori incontrati nello studio della filosofia? [max. 5 righe]

Lezione 5 - Dalla teleonomia alla teleologia

Si fa infine riferimento a uno studioso contemporaneo, Italo Barrai, che, riprendendo il concetto di teleonomia si pone il problema del suo "funzionamento" per quanto riguarda il mondo umano.

La teleonomia ha generato la teleologia

Fino a [un certo] punto, il processo evolutivo mantiene [...] il proprio aspetto teleonomico: anche negli organismi superiori la presenza di un vantaggio porta ad un migliore adattamento che aumenta il vantaggio, esattamente come il processo di polimerizzazione a livello del protoambiente biochimico portava a più DNA che portava a più proteine e così, via. L'evoluzione tende a far raggiungere un massimo di vantaggio ad un organismo in un ambiente. Si osservi, per esempio, il fenomeno della convergenza evolutiva, si consideri il problema di nuotare velocemente nell'acqua per sfuggire ai predatori o per raggiungere le prede: la forma cui si giunge e, praticamente la stessa per i selaci (squalo), per i teleostei (spada), per i rettili (ittiosauro), i mammiferi (delfino), gli uccelli (pinguino). Quella che gli zoologi chiamano

convergenza evolutiva non è che l'adattarsi ai vincoli imposti dall'ambiente fluido in cui quegli specifici organismi si trovano ad esistere. La forma raggiunge il massimo della funzione e vi resta, quali che siano le condizioni di partenza, la teleonomia porta allo stesso risultato.

Giunti a questo punto della discussione, il processo ci conduce alla comparsa ed alla presenza dell'uomo, che è l'ultimo prodotto dell'evoluzione, quindi l'ultimo prodotto della teleonomia. L'uomo si distingue da tutti gli altri organismi per la diversa e grande quantità, di RAM che possiede. Nessun altro organismo ha un rapporto RAM/peso che si avvicini a quello dell'uomo. Nessuno può dire di più sulla specificità dell'uomo. Il problema è che l'aumento di capacità di memoria ha portato al fenomeno che viene chiamato coscienza di sé, e, ben più importante, alla capacità, di previsione ed alla capacità, di scelta in base alla previsione, cioè, alla teleologia. Nessun animale diverso dall'uomo adotta il quadrifarmaco epicureo, nessun animale sceglie un male che permetta di evitare un male maggiore, sceglie un male che porti ad un bene, evita un bene che porta ad un male, evita un bene che impedisce un bene maggiore. E l'uomo è il prodotto della teleonomia, su questo non v'è dialettica possibile. Ma l'uomo non abbandona i propri simili, se sono malati li cura, ha creato società, e governi, se un uomo adopera la teleonomia per il proprio vantaggio, per esempio se uccide un altro uomo, lo punisce, la tendenza è verso un vantaggio generale e comune, il vantaggio individuale non è compiutamente perseguito. L'uomo è un animale teleologico, non corre necessariamente verso il massimo del vantaggio qui e ora come è imposto dalla selezione naturale, può, prevedere e quindi raggiungere successivamente un vantaggio ancora maggiore. Nel contempo, permette che altri uomini, che in regime teleonomico scomparirebbero subito, gli emofilici, i diabetici, i distrofici, sopravvivano assieme agli altri.

Ne segue che la teleonomia, inventando la teleologia, ha reso se stessa obsoleta: la selezione naturale è pressoché annullata nel caso dell'uomo, e l'evoluzione di questo organismo è ora soggetta a regole diverse, che tuttavia possono e devono ancora essere chiaramente codificate. Tale compito di enunciazione e di codifica delle regole di evoluzione umana è compito specifico della filosofia, non deve essere lasciato alle ideologie, per loro natura incapaci di visione universale.

[I. BARRAI, *Evoluzione e neodarwinismo*, conferenza introduttiva al seminario, Ferrara 27.11.01, pp. 8-10]

– Quali le implicazioni (in termini di apparente contraddizione) del modello teleonomico esposto da Monod e ripreso da Barrai per quanto riguarda l'essere umano?
[max 5 righe]

Lezione 6 - Un'obiezione postuma di Bergson?

Per rendere più vivace e attuale il dibattito (in parte “virtuale”) tra i due schieramenti si propone di tornare ora a Bergson, per leggere il seguente passo:

I neo-darwinisti hanno probabilmente ragione, pensiamo, quando affermano che le cause essenziali di variazione sono le differenze inerenti al germe di cui l'individuo è portatore, e non i processi che quest'individuo attraversa lungo la sua carriera. Ma ci è difficile seguire questi biologi quando considerano le differenze inerenti al germe come puramente accidentali e individuali. Noi non possiamo fare a meno di pensare che esse sono lo sviluppo di un impulso che si propaga di germe in germe attraverso gli individui, e che non essendo quindi meri accidenti, esse potrebbero benissimo apparire contemporaneamente, e sotto il medesimo aspetto, presso tutti i rappresentanti di una stessa specie, o almeno in un certo numero di essi [...] È chiaro dunque che la *tendenza a cambiare* non è accidentale [...].

Si arriverebbe così a un'ipotesi come quella di Eimer [neo-lamarckiano sostenitore della teoria dell'“ortogenesi” n.d.c.], secondo la quale le variazioni dei diversi caratteri si compirebbero, di generazione in generazione, in sensi ben definiti [...] Un organo come l'occhio, per esempio, si sarebbe costituito appunto mediante una variazione continua, orientata in un senso preciso. Anzi, noi non vediamo come potremmo giustificare altrimenti la somiglianza di struttura dell'occhio in specie che non hanno affatto una medesima storia. Ma dissentiamo da Eimer, quando egli pretende che delle combinazioni di cause chimiche e fisiche bastino ad assicurare il risultato. Al contrario, abbiamo cercato di stabilire, proprio sull'esempio dell'occhio, che, se qui v'è “ortogenesi”, interviene una causa psicologica.

È appunto a una causa d'ordine psicologico che sono ricorsi alcuni neo-lamarckiani. E questo è, a nostro parere, uno dei punti più solidi del neo-lamarckismo. Ma se questa causa non è che lo sforzo cosciente dell'individuo, essa potrà operare soltanto in un numero di casi assai limitato; interverrà tutt'al più nell'animale, e mai nel mondo vegetale. E anche presso l'animale, essa non agirà che sui punti direttamente o indirettamente sottoposti all'influenza della volontà. Persino là dove agisce, non vediamo come essa potrebbe ottenere un mutamento così profondo come un accrescimento di complessità [...] Un cambiamento ereditario, e in una direzione precisa, il quale vada accumulandosi e integrandosi da se stesso in modo da costruire un meccanismo sempre più complesso, è senza dubbio da riferirsi a una sorta di sforzo, ma a uno sforzo ben più profondo dello sforzo individuale, ben più indipendente dalle circostanze, comune alla maggior parte dei rappresentanti di una stessa specie, inerente ai germi che essi portano più che alla loro particolare sostanza, e sicuro in tal modo di trasmettersi ai loro discendenti.

Ritorniamo così [...] all'idea di uno *slancio originario* che si propaga dall'una all'altra generazione di germi attraverso organismi sviluppati che costituiscono come dei

punti di passaggio fra un germe e l'altro. Questo slancio, conservandosi nelle diverse linee d'evoluzione in cui si divide, è la causa profonda delle variazioni, o almeno di quelle che si trasmettono regolarmente, che si addizionano, e creano delle specie nuove.

[H. BERGSON, *L'evoluzione creatrice*, Fabbri, Milano 1966, pp. 123-125]

- Quale la tesi richiamata da questo testo di Bergson? [max. 2 righe]
- Con quali argomentazioni viene suffragata? [max. 10 righe]
- Fai un primo punto sul dibattito. Quali le principali tesi in campo? Quale ti sembra la più convincente? Argomenta brevemente [max. 15 righe]

Lezione 7 - La terza via: il neo-finalismo di Teilhard de Chardin e i suoi limiti

Per inquadrare sinteticamente la prospettiva dell'evoluzionismo spiritualistico, rappresentata emblematicamente da Teilhard de Chardin, si può fare riferimento a due passi dell'opera già citata di Monod, in cui tale prospettiva, se pur criticamente, viene efficacemente riassunta e inquadrata.

Il progressismo scientifico

La filosofia biologica di Teilhard de Chardin non meriterebbe di soffermarvisi se non fosse per il successo incontrato anche negli ambienti scientifici, che testimonia l'angoscia, il bisogno di riannodare quell'alleanza. E Teilhard la riannoda senza tergiversare. La sua filosofia, come quella di Bergson, è interamente basata su un postulato evoluzionistico iniziale ma, contrariamente a Bergson, egli ammette che la forza evolutiva opera nell'universo intero, dalle particelle elementari alle galassie: la materia 'inerte' non esiste, e quindi non c'è distinzione di essenza tra materia e vita. Il desiderio di presentare come 'scientifica' questa concezione indusse Teilhard a fondarla su una nuova definizione dell'energia. Quest'ultima sarebbe distribuita in qualche modo secondo due vettori, uno dei quali rappresenterebbe (suppongo) l'energia 'ordinaria', mentre l'altro corrisponderebbe alla forza di ascendenza evolutiva. La biosfera e l'uomo sono i prodotti attuali di quest'ascendenza lungo il vettore spirituale dell'energia. Tale evoluzione deve continuare fino a che tutta l'energia sia concentrata, secondo questo vettore, nel 'punto Omega'.

Nonostante la logica incerta di Teilhard e il suo stile faticoso, anche tra coloro che non accettano interamente la sua ideologia certi riconoscono in essa una certa grandezza poetica. Per quanto mi riguarda, sono rimasto colpito dalla mancanza di rigore e di austerità intellettuale della sua filosofia in cui scorgo, soprattutto, un sistematico compiacimento nel voler conciliare e transigere a ogni costo. Può darsi, dopo tutto, che non per niente egli appartenesse a quell'ordine religioso del quale, tre secoli prima, Pascal criticava il lassismo teologico.

Beninteso, l'idea di rinnovare l'antica alleanza animistica con la Natura o di stringere una nuova, grazie a una teoria universale secondo la quale l'evoluzione della

biosfera fino all'uomo avverrebbe nella continuità, senza interruzione, della stessa evoluzione cosmica, non è stata scoperta da Teilhard. È infatti l'idea centrale del progressismo scientifico del XIX secolo. La si ritrova nel cuore stesso del positivismo di Spencer come pure nel materialismo dialettico di Marx e di Engels.

L'evoluzione: creazione assoluta e non rivelazione

Bergson - lo si ricorderà - scorgeva nell'evoluzione l'espressione di una forza creatrice, assoluta nel senso che egli la supposeva tesa all'unico fine della creazione in sé e per sé. In questo egli differisce dagli animisti (si tratti di Engels, di Teilhard de Chardin o dei positivisti ottimistici come Spencer) che, nell'evoluzione, vedono il grandioso svolgersi di un programma iscritto nella trama stessa dell'Universo. Per costoro, quindi, l'evoluzione non è in realtà creazione, ma soltanto 'rivelazione' degli intendimenti ancora inespressi della Natura. Donde la tendenza a scorgere nello sviluppo embrionale un fenomeno dello stesso ordine di quello evolutivo. Secondo la teoria moderna, il concetto di 'rivelazione' si applica allo sviluppo epigenetico ma, naturalmente, non al fatto evolutivo che, proprio in quanto ha origine nell'imprevedibile essenziale, è creatore di novità assoluta. Forse che quest'apparente convergenza tra le vie della metafisica bergsoniana e quelle della scienza è ancora dovuta a una pura coincidenza? Può darsi di no: Bergson, artista e poeta quale egli era, e d'altronde molto ben informato sulle scienze naturali del suo tempo, non poteva non essere sensibile alla sfolgorante ricchezza della biosfera, alla prodigiosa varietà delle forme e dei comportamenti che vi si dipanano e che sembrano testimoniare quasi direttamente, in effetti, una prodigialità creatrice inestinguibile, libera da ogni vincolo.

[in J. Monod, *cit.* pp. 41-42; p. 116]

– In questi due brevi testi Monod presenta almeno due altre prospettive sull'evoluzione, diverse da quella neo-darwinistica da lui sostenuta. Quali sono e come si possono distinguere? [max. 5 righe]

– Per quali ragioni, a tuo parere, Monod, preferisce l'una all'altra? [max. 5 righe]

Lezione 8 - La quarta via: il problema della spiegazione della forma in biologia

Per approfondire ed esemplificare i termini e la complessità del dibattito sulle implicazioni delle scoperte di Darwin - ancora di grande attualità e dagli esiti per nulla scontati - si esamina, in conclusione, il particolare caso dei "formalisti". La critica al darwinismo sviluppata da questi autori intende mettere in luce come il modello esplicativo basato sulla sola selezione naturale non riesca a rendere conto completamente del rapporto tra *genotipo* e *fenotipo*, cioè tra "codice genetico" e "forma". Si può leggere, commentare e discutere a questo proposito il seguente (doppio) passo di Sermoniti, che, nel polemizzare con il "dogma centrale" del darwinismo, riprende gli esiti della ricerche di Webster e altri:

Una “teoria” scientifica dell’evoluzione non è in realtà mai esistita. La “discendenza divergente” è un modo elusivo per dichiarare la parentela tra i viventi, mentre l’evoluzione pone il problema delle vie e dei meccanismi attraverso cui le specie separate si sono mosse sui sentieri del miglioramento biologico: dall’ameba all’elefante, dal batterio all’uomo, o, come si preferisce oggi, “*Dalle Molecole all’Uomo*”. Le definizioni del concetto di evoluzione si devono ancor oggi cercare sui dizionari letterari. Il Webster la definisce (b,1): “un processo di cambiamento continuo da una condizione inferiore, più semplice o peggiore ad uno stato superiore, più complesso o migliore”. Il Devoto-Oli non si allontana granché: “Processo incessante basato su fattori diversi che consiste nel passaggio lento e graduale degli organismi viventi da forme inferiori e rudimentali a forme sempre più complesse”.

In realtà l’Evoluzionismo è più un paradigma, o una metodologia, che una teoria. Per i suoi moderni sostenitori è un processo che è avvenuto “per cause naturali” (G. Montalenti), cioè fisico-chimiche, “cause” che ne costituiscono la definizione. Il fatto che esso sia stato continuo, incessante, graduale e migliorativo non interessa molto i suoi cultori e alcuni ne dubitano, altri lo ritengono irrilevante.

[...] La legge fondamentale che l’adozione del fiscalismo ha importato nella biologia è il famoso secondo principio della termodinamica o “principio dell’entropia”. In virtù di questa legge ogni sistema isolato tende all’uniformità, al livellamento, come un castello di sabbia che il tempo spiani e che nessun futuro possa mai ricostruire. Un altro enunciato del secondo principio è questo: “un sistema isolato non passa due volte da uno stesso stato”. Il termine “entropia” significa precisamente “evoluzione” ed esprime la tendenza del mondo fisico a procedere verso il disordine, cioè esattamente il rovescio di quello che il termine “evoluzione” significa per il biologo. Jacques Monod (1969) accoglie l’entropia nell’evoluzione biologica adottando il suo imperativo di irreversibilità: l’evoluzione non torna sui suoi passi. Ma di fronte alla vocazione entropica a radere al suolo la complessità, a scompaginare i castelli di sabbia, egli se la cava con un sofisma. Il principio dell’entropia, ragiona, è una legge statistica. Esso non esclude perciò che per una brevissima durata e per un movimento di piccolissima ampiezza, un sistema macroscopico possa risalire quel poco la china dell’entropia. Se si disponesse di un meccanismo capace di catturare e immobilizzare questi soli e fuggevoli passi a ritroso, si potrebbe costruire dal semplice il complesso, dal disordine l’ordine, dalla distesa di sabbia il castello.

Per lui, il meccanismo c’è: è la Selezione Naturale cumulativa. Ma per costruire un castello (e un batterio è enormemente più complesso di un castello di sabbia o di mattoni), captando i granelli (o i mattoni) sbattuti in giro da una tempesta occorre, per lo meno, disporre del progetto del castello, che consenta di individuare i rarissimi movimenti giusti e fortunati, oltre a un sistema che difenda l’opera in costruzione dalla tendenza a dissolversi.

[...] Sulla *Selezione Naturale* come meccanismo di origine delle specie si posso-

no fare molte considerazioni. Ma una Selezione Naturale proposta come creatrice della vita, dei suoi segni, dei suoi tipi e dei suoi ordini non può che lasciarci allibiti, come si tace di fronte alla follia. [...] La Selezione Naturale, alla cui espressione si è preferita quella di Sopravvivenza Differenziale, è un fenomeno indiscutibile e mai negato. Senza farla lunga, dirò che a sua principale funzione è quella di eliminare gli anormali, i marginali, i trasgressivi e di normalizzare la composizione delle popolazioni naturali, un ruolo chiaramente conservativo, censoriale. Si è autorevolmente parlato di Selezione Stabilizzante come di un processo di difesa della specie dalle deviazioni. Talvolta si è ipotizzato che, al cambiare delle condizioni ambientali, la selezione possa favorire i più adatti alla nuova situazione. Spostare i propri valori normali produce una sofferenza per la specie e nessuno ha ancora dimostrato che una sofferenza istituzionalizzata sia il modo per innovare la vita. Oggi c'è un largo consenso sull'idea che il principale meccanismo di fondazione della specie sia l'isolamento, geografico o riproduttivo, sul quale la selezione gioca un ruolo modesto, se pure ne gioca alcuno.

[...] Chiarito, come ho potuto, che i meccanismi invocati per spiegare l'evoluzione molecolare sono tutti fundamentalmente degenerativi o conservativi, voglio insistere su questo secondo punto: che la moderna teoria molecolare della evoluzione "è fatta di meccanismi", di quei meccanismi, con un riguardo scarsissimo ai fatti, alle forme della vita o alle loro storie. La rivoluzione molecolare è consistita proprio nella messa in disparte delle osservazioni naturalistiche, nell'esplicito disinteresse per le forme. Dal momento che tutto avverrebbe per caso e l'evoluzione avrebbe potuto perciò seguire qualunque altro corso e passare per organismi del tutto differenti da quelli che conosciamo, la vera storia dell'emergenza della vita e il suo viaggio verso la complessità interessano men che nulla.

[... E invece] per fare solo un cenno ai fatti storici documentati dalle ricostruzioni fossili, essi dimostrano semmai vicende profondamente diverse dalle definizioni di vocabolario dell'Evoluzione. Vicende che comunque non contraddicono né confermano i Meccanismi Evolutivi, che non possono essere smentiti né verificati. La vita unicellulare è comparsa quattro miliardi di anni fa, appena dopo la formazione della terra, e c'è da presumere che con essa l'evoluzione verso la complessità abbia fatto il novanta per cento della sua strada. Gli organismi pluricellulari sono emersi in breve tempo, in tutti i loro "tipi", mezzo miliardo di anni fa, senza forme intermedie e senza forme premonitrici. I mammiferi moderni sono anch'essi apparsi, ben distinti nei loro "ordini", praticamente tutti insieme, all'inizio del Cenozoico. Quindi il "cambiamento continuo", il "passaggio lento e graduale" e persino il miglioramento e la complessificazione sono tutt'altro che documentati. Ma la teoria attuale "non vuole" spiegare i fatti particolari della vita, perché il suo primo postulato è che essi non abbiano senso, ordine, intenzione, e per quel che essi siano, essi vanno male, vanno bene e sono indifferenti.

[... Dal punto di vista di Webster e dei teorici dell'irriducibilità delle forme, invece] verrebbe da dire che una forma finale "attrae" lo sviluppo verso se stessa, a riempire il suo spazio. E allora non solo il freddo occhio della salamandra, o l'animalino tutto, ma ogni forma della natura sembra accorrere verso un bacino preparato per lei, verso un paesaggio predisposto. "Ogni forma propria - ha scritto René Thom - aspira all'esistenza e attrae il fronte d'onda degli esseri ...".

Questo pensiero trova un equivalente nella teoria delle "onde convergenti" di Luigi Fantappié. La caduta di un sasso nell'acqua d'uno stagno produce una turbolenza locale che si apre in onde circolari concentriche e divergenti. Queste si estendono e assottigliano al margine sino a scomparire. Invertendo la freccia del tempo, sullo stagno immoto una sottile onda circolare estesa si disegna sull'acqua e si restringe verso il centro, via via, sollevandosi, seguita da altre onde più sottili, convergenti come lei dal nulla. Infine, mentre le onde liberano il campo e si raggruppano al centro, si determina una turbolenza che sputa fuori il sassolino. Fantappié (1941) chiamò un tale processo "sintropico" per opporlo alla decadenza "entropica" del mondo fisico. Negli stessi anni Schrödinger (1944) avanzò l'analogo concetto di "neghentropia". Trasferita al mondo vivente, l'onda convergente corrisponde a una rana che si rimpicciolisca e si converta in un girino, in una gastrula e poi in un uovo. Questo, naturalmente, non succede mai, tuttavia mutando l'ordine del tempo, possiamo figurarci un futuro che chiami verso di sé il presente e lo accompagni lungo le opportune vie (equifinali) perché si attualizzi. Un esperimento non si può fare, ma la storia si può raccontare e, implausibile com'è, offre una strana logica invertita che riesce a descrivere matematicamente come le forme concluse attraggano la realtà.

Nella cosiddetta "induzione primaria", il labbro del blastoporo della gastrula di rana corrisponde al sassolino. Esso produce pieghe e cavità sino all'esito finale di una ranocchia. Ma, sappiamo, quel labbro può essere sostituito da qualunque particola organica, morta o minerale. Esso non è la "causa" del processo, il quale è comunque predisposto, è "auto-organizzato", ed attende solo un segnale per accorrere alla chiamata e aprirsi verso l'onda estrema che ne segna il confine. In questo lago cristallino il destino, l'innato, non si impone dal passato, ma attende nel futuro, come l'ultima onda che ripercorra a rovescio le distese verso il presente. L'onda finale - la forma - non "produce" gli eventi dello sviluppo e della vita; li adotta e li calibra perché la raggiungano. Il mondo "sintropico" è un universo, o una sua parte, che gira a rovescio nel tempo... Ma non è stato il destino sempre situato nel futuro? E non hanno piuttosto invertito il mondo coloro che hanno depositato il fato nei geni, per poterlo analizzare e manipolare? Il compositore d'un *Lied* parte da un canto mentale mai cantato, punteggiando sul pentagramma note che non sono la "causa" di quel canto a venire, ma la sua registrazione. La cantante che esegue il pezzo svolge a rovescio il processo, procedendo dalle note al canto aperto. Canto che potrà essere, ahimè, l'ululo della cagna o - ascoltate, ascoltate! - la melodia di un usignolo.

[G. SERMONTI, *Dimenticare Darwin. Ombre sull'evoluzione*, Milano, Rusconi 1999, pp. 7-11, 65-66]

– Quali le principali critiche mosse da Sermoniti al paradigma evolucionistico e con quali argomenti? [max. 15 righe]

– Nel testo Sermoniti, rifacendosi anche alle ricerche di Webster, delinea alcuni elementi di un possibile paradigma alternativo. Sapresti indicare quali? [max. 10 righe]

– Alla luce dei diversi elementi raccolti dalle letture di Darwin, Monod, Bergson, Webster, Sermoniti, fai un bilancio dello stato della questione relativamente all'ipotesi evolucionistica, esprimendo, se credi, anche la tua personale opinione al riguardo, purché argomentata. [max. 30 righe]

La prospettiva introdotta da Sermoniti, che dalla sua brillante esposizione può apparire quasi più “letteraria” che rigorosamente filosofica, può essere approfondita sul piano scientifico nei testi di Webster e Goodwin [cfr. G. C. WEBSTER, B. C. GOODWIN, *Il problema della forma in biologia*, Roma, Armando 1988, pp. 11-13 e *passim*].

U.D. 4 : EVOLUZIONE E CULTURA

Tempo: 4 ore

Questa unità didattica, articolata in 4 lezioni di un'ora l'una, tematizza e discute la relazione natura-cultura sia sotto il profilo della continuità che sotto quello della discontinuità.

Lezione 1 - Il paradigma evolucionistico in ambito culturale

Vengono letti, commentati e discussi due brevi testi di Ervin Laszlo sull'applicazione della logica evolucionistica all'ambito sociale e culturale:

L'essenza dei risultati che stanno emergendo sulla natura generale dei cambiamento e della trasformazione del mondo può essere colta in due affermazioni fondamentali: che il corso dell'evoluzione, per quanto caotico e disordinato possa apparire, è sottoposto a leggi generali accessibili ai metodi dell'indagine scientifica, e che queste leggi valgono, allo stesso titolo, per i sistemi fisici, biologici, ecologici, umani e sociali.

Le due affermazioni insieme costituiscono il nucleo fondamentale di una serie di teorie tutt'altro che nuove sulla scena del pensiero e sulle quali si fondano le grandi correnti di pensiero di quasi tutte le civiltà. In Oriente sono presenti nel Taoismo, il sistema filosofico e religioso derivato dagli insegnamenti di Lao Tzu. Nel mondo occidentale le loro origini risalgono alle radici intellettuali della scienza moderna, a quei filosofi greci che insegnavano nell'antico porto di Mileto più di cinquecento anni prima di Cristo. Anassimandro, Talete e Anassimene - fra gli altri - cercavano di sciogliere l'enigma delle origini dell'universo e di tutto quanto vi è in esso. Nelle loro congetture essi asserivano che ogni cosa ha un'origine comune, e che le stesse leggi di natura che hanno creato i ciottoli sulla spiaggia hanno creato anche gli esseri umani, le stelle che li sovrastano, e il mondo che sta sotto ad essi.

Nel corso dei secoli, l'idea di una grande corrente evolutiva nella quale si collocano sia la natura sia l'umanità non ha cessato di affascinare poeti, filosofi e scienziati. Ai nostri giorni possiamo andare oltre le ipotesi speculative di poeti e filosofi, e riconoscere l'esattezza delle loro intuizioni all'interno della scienza stessa. Alla fine del ventesimo secolo le "teorie sistemiche generali dell'evoluzione" (che in seguito abbrevieremo con TSGE) posseggono uno status completamente differente da quello che hanno avuto in passato, nel corso della storia delle idee. Ora, per la prima volta da quando ha avuto avvio una ricerca empirica sistematica, possono diventare teorie scientifiche nel senso corrente del termine.

La scienza moderna, nonostante la proliferazione di discipline e di specializzazioni collaterali, manifesta una tendenza verso la creazione in tutti i suoi campi di indagine di eleganti teorie estremamente comprensive. Con le eleganti leggi generali

della meccanica classica l'opera monumentale di Newton sintetizzò migliaia e migliaia di osservazioni che erano state accumulate dai fisici. Darwin riunì le innumerevoli osservazioni degli scienziati della vita in un'unica teoria generale, che divenne poi la teoria sintetica dell'evoluzione. All'inizio del nostro secolo Einstein riformulò la sintesi newtoniana nelle teorie della relatività speciale e generale al fine di integrare e spiegare una serie di nuovi risultati che alla luce della fisica classica risultavano anomali. E se i suoi tentativi volti alla creazione di una sintesi ulteriore, sotto forma di una teoria di campo unificato, al suo tempo fallirono, furono comunque fonte di ispirazione per ricerche che in tempi più recenti hanno avuto più successo e che hanno permesso di combinare l'elettromagnetismo con la forza nucleare debole e la forza elettrodebole che ne risulta con la forza nucleare forte. Queste "teorie unificate generali" (che abbrevieremo con TUG) fanno sperare che, in un futuro non troppo lontano, si possano proporre teorie fisiche sintetiche che comprendano tutte le forze universali - e fra queste la gravitazione -entro il postulato di un'unica forza "unificata generale".

Negli ultimi anni hanno fatto la loro comparsa, sotto la denominazione generale di "scienze della complessità", una serie di nuovi campi d'indagine di natura interdisciplinare. La termodinamica di non equilibrio, la teoria dinamica dei sistemi, la cibernetica, la teoria generale dei sistemi, la teoria dell'informazione e della comunicazione, nonché le discipline ad esse connesse, indagano i processi e le dinamiche del controllo e del cambiamento per una grande varietà di sistemi complessi, che vanno dai servomeccanismi artificiali alle società umane. Nello stesso tempo, anche se non sempre in maniera coerente con questi sviluppi, queste nuove scienze forniscono una descrizione matematica (a base empirica) delle dinamiche che sottostanno alla formazione e al mantenimento dei sistemi complessi, in tutte le sfere di osservazione e di esperienza. Oggi i tentativi volti alla creazione di una sintesi delle teorie fondamentali dell'evoluzione posseggono quindi una solida base scientifica, che è per di più in rapida espansione. Le TSGE possono confrontare e coordinare risultati e approfondimenti che sono stati ottenuti in maniera indipendente nelle scienze naturali e nelle scienze sociali, possono fornire alle discipline umanistiche nuove occasioni di comprensione, possono ricucire lo strappo fra le "due culture" che ha diviso la civiltà occidentale sin dall'alba dell'età moderna.

Queste TSGE, che traggono i loro fondamenti dai risultati delle scienze contemporanee, potrebbero realizzare un'unità autentica e duratura fra le scienze naturali e le scienze sociali. Potrebbero provare l'esistenza di leggi generali evidenti tanto per il mondo naturale quanto per il mondo sociale. Potrebbero mostrare che la realtà non è divisa in livelli discreti e indipendenti, collocati l'uno sull'altro come in una torta a più strati. E potrebbero anche condurre a una comprensione migliore e più affidabile dei processi di cambiamento e di trasformazione sociale. La conoscenza delle dinamiche di questi fenomeni ci consentirebbe di incanalarli verso le direzioni da noi

preferite. E quindi grazie alle TSGE si potrebbero aprire nuove opportunità, sia per la comprensione del nostro posto e del nostro ruolo nell'ordine delle cose sia per la padronanza degli eventi che influenzano le nostre vite.

La formulazione di TSGE è un compito complesso e pressante. Questo libro è solo un primo passo, che forse consentirà al lettore di "saggiare" ciò che dovrebbe diventare - e che senza dubbio diventerà - un'indagine scientifica a vasta portata, resa possibile dalla presenza di teorie comprensive in un numero sempre maggiore di discipline e fondata sulla convinzione che le teorie generali dell'evoluzione possono essere fonte di comprensione e di indicazioni, in un momento in cui sia di comprensione sia di indicazioni abbiamo un grande bisogno. [...]

La ricerca di strutture della storia è antica quanto la storia delle idee. La ricerca di strutture che mostrino leggi e regolarità generali dell'evoluzione e che uniscano la sfera della storia a quella delle scienze biologiche e fisiche risale invece soltanto a una certa tradizione naturalistica della filosofia. Gli storici tendono ad abbandonare questa ricerca giudicandola speculativa, mentre gli scienziati della natura non osano avventurarsi in luoghi in cui anche gli storici esperti si muovono con cautela.

Eppure il nuovo paradigma evolutivo rende intrinsecamente ragionevole l'ipotesi secondo cui le leggi e le regolarità rinvenute nell'evoluzione dei sistemi naturali potrebbero venir rinvenute anche nello sviluppo delle società. Se le leggi dell'evoluzione valgono per il cosmo e per la biosfera, non potrebbero valere anche per la sfera sociale? Queste leggi non prescrivono il corso dello sviluppo evolutivo ma determinano semplicemente le regole del gioco: i limiti e le possibilità che possono essere utilizzati dai giocatori. Le regole per l'evoluzione biologica sono state scritte dall'evoluzione cosmica. E può darsi che per l'evoluzione socioculturale le regole siano state dettate dall'evoluzione biologica, in particolare dall'evoluzione della specie umana. I modelli evolutivi delle società umane seguirebbero in tal caso le regole - obbedirebbero alle dinamiche fondamentali di mantenimento e di trasformazione dei sistemi dinamici di materia e di energia nell'universo - ma le seguirebbero in una maniera che dipende dalle condizioni poste di volta in volta dalle popolazioni di esseri umani, dai loro valori, dalle loro credenze, dalle loro usanze, dai loro costumi.

L'idea di strutture della storia che manifestino una dinamica scoperta nel dominio delle scienze naturali solleva lo spettro delle eterne controversie fra scienziati della natura e scienziati della società. Il pomo della discordia non è ancora stato dimenticato. La maggioranza degli storici contemporanei è ancora scettica riguardo a una possibile applicazione delle leggi dell'evoluzione alla società: gli storici considerano il loro campo di indagine come una registrazione di fatti storici e non già come l'essenzializzazione di processi universali. Si dice che le leggi e i processi delle scienze naturali non possono essere applicati agli oggetti di studio della storia. La storia tratta con ciò che è unico, individuale, concreto; e tratta anche con eventi impregnati di volontà e di finalità umane. Al contrario le scienze dure, come la fisica, trattano con

ciò che è universale, generale e astratto, e il loro oggetto di studio è indenne da ogni finalità cosciente. Le scienze fisiche presuppongono leggi in grado di prevedere e, se possibile, di controllare i fenomeni; ma nel campo della storia la previsione è impossibile e il controllo è spesso sgradito.

Nella storia della civiltà occidentale la frattura fra le scienze naturali e le discipline umanistiche risale ad almeno duecento anni fa. Qui non possiamo analizzare specificamente le radici storiche delle “due culture”. Vorremmo tuttavia notare come la frattura fra le due culture risulti dannosa per la comprensione dei fenomeni studiati dagli storici e dagli scienziati sociali contemporanei, giacché impedisce a questi studiosi l’esplorazione delle possibilità di applicazione delle teorie dell’evoluzione allo sviluppo delle società umane. Oggi una tale reticenza non ha più molte giustificazioni. Le leggi di sviluppo che gli storici, ancora rifiutano sono leggi deterministiche e meccanicistiche, molto simili alle leggi della fisica newtoniana. Solo un piccolo gruppo di storici si è dato la pena di familiarizzarsi con i nuovi concetti e le nuove teorie della termodinamica di non equilibrio, della teoria dinamica dei sistemi e delle altre scienze contemporanee della complessità. Anche Arnold Toynbee, nel suo *Study of History* (1972), si sentì obbligato a chiedersi se non avesse sbagliato ad applicare al pensiero storico un metodo che era nato per studiare la natura inanimata. E dato che Toynbee applicava il paradigma newtoniano di causa ed effetto, i suoi dubbi erano ben fondati.

[ERVIN LASZLO, *Evoluzione*, Milano, Feltrinelli 1985, pp. 13-15; pp. 88-89]

– Su quali fondamenti epistemologici l’autore propone la sua concezione evolutivista? Distingui in particolare i nuovi saperi che secondo l’autore dovrebbero consolidare le TSGE. [max. 10 righe]

– Quali le implicazioni extrabiologiche delle TSGE? [max. 7 righe]

Lezione 2 - L’evoluzione delle teorie in Popper

Vengono letti, commentati e discussi due brani di Popper per esemplificare l’applicazione del modello esplicativo evolutivista all’epistemologia contemporanea e, più in generale, alla cultura (concetto di mondo 3):

Un problema centrale della teoria evolutivista è il seguente: secondo questa teoria, gli animali che non sono bene adattati al loro ambiente in cambiamento periscono; di conseguenza quelli che sopravvivono (fino a un certo momento) devono essere bene adattati al loro ambiente in cambiamento periscono; di conseguenza quelli che sopravvivono (fino a un certo momento) devono essere ben adattati. Questa formula è un bel po’ tautologica, poiché “ben adattati per il momento” significa pressoché lo stesso che “hanno quelle qualità che li hanno fatti sopravvivere fino ad ora”. In altre parole una parte considerevole del darwinismo non ha il carattere di una teoria empirica ma è un *truismo logico*.

[...] Solo se gli organismi producono mutazioni alcune delle quali sono adattamenti a mutamenti imminenti, e così implicano la mutabilità, essi possono sopravvivere; e in questo modo troveremo, finché troviamo organismi viventi in un mondo in mutamento, che quelli cui capita di vivere sono abbastanza ben adattati al loro ambiente. Se il processo di adattamento è andato avanti per un pezzo, allora la rapidità, finezza e complessità dell'adattamento ci può colpire come miracolosa. E tuttavia, il metodo dei tentativi e dell'eliminazione degli errori, che conduce a tutto ciò, si può dire che non sia un metodo empirico, ma appartenga alla *logica della situazione*. Questo, penso, spiega (forse un po' troppo brevemente) le componenti logiche o *a priori* del Darwinismo.

Il tremendo progresso biologico dell'invenzione di un *linguaggio descrittivo e argomentativo* può essere considerato ora con più precisione che prima: la formulazione linguistica delle teorie ci permette di criticarle e di eliminarle senza eliminare la razza che le produce. Questo è il primo successo. Il secondo successo è lo sviluppo di un atteggiamento consapevole e sistematico di critica verso le nostre teorie. Con ciò inizia il metodo della scienza. La differenza tra l'ameba e Einstein è che, sebbene ambedue usino il metodo del tentativo e dell'eliminazione dell'errore, all'ameba dispiace sbagliare mentre Einstein ne è stuzzicato: egli cerca consciamente i suoi errori nella speranza di imparare dalla loro scoperta e eliminazione. Il metodo della scienza è il metodo critico.

Così l'epistemologia evoluzionistica ci permette di capire meglio sia l'evoluzione che l'epistemologia finché coincidono con il metodo scientifico.

[K.Popper, *Conoscenza oggettiva*, cit., pp. 98-100]

– Che cosa significa truisimo logico? [max. 1 riga]

– In che senso Popper ritiene in qualche modo la teoria dell'evoluzione a priori?
[max. 3 righe]

– In che senso per Popper l'evoluzione culturale è una continuazione dell'evoluzione biologica? [max. 5 righe]

[...] Possiamo distinguere i seguenti tre mondi o universi:

1. il mondo degli oggetti fisici o degli stati fisici;
2. il mondo degli stati di coscienza o degli stati mentali, o forse delle disposizioni del comportamento ad agire;
3. il mondo dei "contenuti oggettivi di pensiero", specialmente dei pensieri scientifici e poetici e delle opere d'arte.

Pertanto, ciò che io chiamo "terzo mondo" ha ovviamente molto in comune con la teoria di Platone delle forme o idee, e quindi anche con lo spirito oggettivo di Hegel, sebbene la mia teoria differisca radicalmente, e per alcuni aspetti decisivi, da quella di Platone e da quella di Hegel. Essa si avvicina maggiormente alla teoria di Bol-

ziano di un universo di proposizioni in sé [...]. Il mio terzo mondo somiglia molto strettamente all'universo di Frege dei contenuti oggettivi di pensiero

[...] E qui voglio ripetere una delle mie argomentazioni standard a favore della (più o meno) indipendente esistenza del terzo mondo. Prendo in considerazione due esperimenti mentali o immaginari.

Esperimento 1. Vengono distrutte tutte le nostre macchine e i nostri macchinari [...]. Ma rimangono le biblioteche e la nostra capacità di apprendere da esse. È evidente che, dopo tanto soffrire, il nostro mondo potrà di nuovo andare avanti.

Esperimento 2. Come nel precedente esperimento, vengono distrutte macchine e strumenti, e anche il nostro sapere soggettivo [...]. Ma questa volta, vengono distrutte anche tutte le biblioteche [...] nel secondo caso per molti millenni la nostra civiltà non riemergerà.

[K. POPPER, *Conoscenza oggettiva*, in *Epistemologia senza soggetto conoscente*, Roma, Armando (seconda edizione; prima 1975), pp. 150-153]

- A quale tipo di Mondo, nel senso di Popper, può riferirsi il concetto di “evoluzione culturale”? [max. 3 righe]

Lezione 3 - Specie umana e natura in H. Jonas

Dopo una lettura di un passo di Lamarck per inquadrare il problema, viene commentato e discusso un brano di H. Jonas per rendere conto della prospettiva e delle argomentazioni di quanti problematizzano la discontinuità/discontinuità tra ambito della natura e ambito della cultura:

L'uomo, vero prodotto della natura, termine assoluto di tutto ciò che essa ha potuto far esistere di più eminente sul nostro globo, è un corpo vivente che fa parte del regno animale, appartiene alla classe dei mammiferi ed è affine ai quadrumani, dai quali si distingue per modificazioni acquisite nella taglia, nella forma, nella statura e nell'organizzazione interna; modificazioni che deve alle abitudini che ha preso e alla superiorità che lo ha reso dominante su tutti gli altri esseri del globo e gli ha permesso di moltiplicarsi, di espandersi, e di comprimere la moltiplicazione di quelle altre razze di animali che avrebbero potuto disputargli l'impero della forza. Egli ricava tale superiorità, per un verso nel suo grado di intelligenza, di molto superiore a quello degli altri animali che godono della stessa facoltà, per un altro verso nella sua statura, nella forma e nell'uso delle sue membra; giacché i piedi gli servono solo per sostenerlo, senza essere usati per far presa, e le mani, al contrario, non gli servono per la locomozione ma per procurargli, grazie alla loro forma, tutto ciò che può servire alla sua destrezza e alla sua industriosità. La superiorità di cui parlo consegue anche dall'insieme più perfezionato dell'apparato sensitivo. Questo o quel senso particolare possono ben essere superiori, in altri animali, a quelli posseduti dall'uomo; ma in nessuno di essi la perfezione dell'insieme totale dei sensi potrebbe eguagliare il suo.

Abbiamo detto che l'uomo appartiene alla classe dei mammiferi, e lo abbiamo detto forti del fatto che la sua organizzazione è identica alla loro, in tutto ciò ch'essa ha di essenziale; non ne differisce dunque che per le modificazioni proprie della sua specie. [...]

Si è oggi autorizzati a dire che l'uomo è un essere intelligente, il quale comunica il suo pensiero ai propri simili attraverso la parola, ed è il più sorprendente e il più ammirabile di tutti gli esseri che appartengono al nostro pianeta. Dominatore sulla superficie del globo, dominatore anche sugli individui della sua stessa specie (essendo loro amico sotto certi aspetti e loro nemico sotto altri) egli presenta, nelle sue qualità e nell'insieme delle sue facoltà, i contrasti più profondi, gli estremi più radicali. Infatti, questo essere in qualche modo incomprendibile presenta sia il massimo delle qualità migliori sia quello delle peggiori; poiché fornisce esempi di bontà, di carità, di generosità ecc., quali nessun altro animale saprebbe fornire; ma ne presenta altresì di durezza, di cattiveria, di crudeltà e di barbarie, che neppure gli animali più feroci potrebbero eguagliare. Per quanto riguarda le sue tendenze, talora è guidato dalla ragione e da un'intelligenza superiore, e allora presenta le inclinazioni più nobili, un costante amore per la verità, per le conoscenze positive, il bene, la giustizia, l'onore, ecc.; ma talaltra, abbandonandosi all'egoismo, l'uomo presenta sia inclinazioni vili e basse, sia una continua tendenza a frodare, a opprimere, a godere del male che causa, delle cattiverie che compie, e anche delle proprie crudeltà. [...]

A causa del suo egoismo e della sua sostanziale mancanza di accortezza, a causa della sua tendenza a impadronirsi di tutto ciò ch'è a sua disposizione; in una parola, a causa della sua noncuranza per l'avvenire e per i propri simili, l'uomo pare lavorare all'annientamento dei propri mezzi di conservazione e alla distruzione della sua stessa specie. Distruggendo ovunque i vegetali che proteggevano il suolo, per ricavarne oggetti che soddisfano la sua avidità del momento, conduce rapidamente alla sterilità il terreno che occupa, dà luogo al prosciugamento delle sorgenti, ne allontana gli animali che vi trovavano il proprio sostentamento; e fa sì che grandi parti del globo, un giorno fertili e popolate, siano adesso nude, sterili, inabitabili e deserte. Dimenticando i consigli dell'esperienza per abbandonarsi alle proprie passioni, egli è perpetuamente in guerra coi propri simili, e li distrugge ovunque e sotto ogni pretesto: di modo che vediamo popolazioni, un tempo numerose, scemare sempre più. Si direbbe che, dopo aver reso il globo inabitabile, l'uomo sia incamminato verso l'autodistruzione.

[J. B. LAMARCK, *Système analytique des connaissances positives de l'homme*, Paris 1820, tr. it. *Sistema analitico delle conoscenze positive dell'uomo*, in G. Barsanti [cur.], *Teorie dell'evoluzione nell'Ottocento*, Le Monnier, Firenze 1980, pp. 149-150; pp. 153-55]

– Quali le analogie e le differenze secondo Lamarck tra l'uomo e gli altri mammiferi? Riferiscile insieme con le sue argomentazioni (quando esplicite) [max. 15 righe]

Un imperativo adeguato al nuovo tipo di agire umano e orientato al nuovo tipo di soggetto agente, suonerebbe press'a poco così: "Agisci in modo che le conseguenze della tua azione siano compatibili con la permanenza di un'autentica vita umana sulla terra", oppure, tradotto in negativo: "Agisci in modo che le conseguenze della tua azione non distruggano la possibilità futura di tale vita", oppure, semplicemente: "Non mettere in pericolo le condizioni della sopravvivenza indefinita dell'umanità sulla terra", o ancora, tradotto nuovamente in positivo: "Includi nella tua scelta attuale l'integrità futura dell'uomo come oggetto della tua volontà".

È senz'altro evidente che nessuna contraddizione razionale è inerente alla violazione di questo tipo di imperativo. Io *posso* volere il bene attuale sacrificando quello futuro; come posso volere la mia fine, posso volere anche la fine dell'umanità. Senza cadere in contraddizione con me stesso, posso preferire, per me come anche per l'umanità, il breve fuoco d'artificio di un'estrema autorealizzazione alla noia di una continuazione infinita nella mediocrità.

Ma il nuovo imperativo afferma appunto che *possiamo* sì mettere a repentaglio la nostra vita, ma non quella dell'umanità; e che Achille aveva sì il diritto di scegliere per sé una breve vita di imprese gloriose piuttosto che una lunga vita di sicurezza oscura (nell'assunto sottinteso che ci sarebbe stata una posterità a narrare le sue gesta); ma che noi non abbiamo il diritto di scegliere o anche solo rischiare il non-essere delle generazioni future in vista dell'essere di quelle attuali. Perché non abbiamo questo diritto e perché abbiamo invece un dovere rispetto a ciò che non esiste ancora né "in sé" ha bisogno di esistere, e comunque in quanto non esistente non ne avanza la pretesa? Non è affatto facile dare una fondazione teorica a questi perché — e forse è impossibile senza la religione. Il nostro imperativo lo assume per il momento, senza fondarlo, come assioma.

[H JONAS, *Il principio responsabilità. Un'etica per la civiltà tecnologica*, Torino, Einaudi, 1990, pp. 16-17].

– Discuti se un imperativo morale come quello qui proposto da Jonas si possa accordare o meno con l'ipotesi lamarckiana che l'uomo condivida fundamentalmente la "natura" degli altri animali [max. 25 righe]

Lezione 4 - Mondo e ambiente in Heidegger

Per mettere in luce, conclusivamente, le diffidenze della filosofia di matrice fenomenologico-esistenziale verso il modello esplicativo evolucionistico che presuppone una continuità tra vita non umana e umana viene letto, commentato e discusso un brano sulla distinzione heideggeriana tra mondo (umano) e ambiente (animale):

Nei *Grundbegriffe der Metaphysik*, Heidegger fornisce una paziente e minuziosa descrizione dell'animalità" ponendo come tesi fondamentale: l'animale è *povero di mondo* (*das Tier ist Weltarm*). Tale "povertà" è motivata essenzialmente dal fatto che

l'animale, a differenza dell'uomo, non *esiste* ma *vive* soltanto. All'animale in quanto "semplice vivente" è negata l'*apertura* al mondo, la *manifestatività* (*Offenbarkeit*) dell'ente *in quanto* tale. L'esserci invece, in quanto esistente, in quanto essere-nel-mondo, *ha* già sempre *aperto* un mondo, *ha* già sempre un mondo.

L'uomo non è per Heidegger un semplice vivente. Tra l'uomo e l'animale c'è un abisso. Intuitivamente è certo molto facile constatare che l'uomo ha un corpo come gli animali e che come loro è sottomesso alla natura e all'alternarsi dei cicli cosmici. Tuttavia, secondo Heidegger, il corpo umano è qualcosa di essenzialmente diverso rispetto all'organismo animale, e l'essenza dell'uomo non risiede assolutamente nell'"organico". L'essenza dell'uomo è *l'esistenza*. L'esserci esiste, l'animale invece vive soltanto. Nella *Lettera sull' "umanismo"* si legge: "Probabilmente per noi, fra tutti gli enti, l'essere-vivente è il più difficile da pensare, perché da un lato è quello che in un certo modo ci è più affine, e dall'altro è ad un tempo separato da un abisso dalla nostra essenza e-sistente".

L'esserci in quanto essere-nel-mondo si distingue essenzialmente da animali e piante, cioè dagli "esseri viventi". Tale distinzione non deve però comportare una svalutazione della vita, un deprezzamento del regno animale e vegetale. Scrive infatti Heidegger: "*l'essenza della vita è accessibile solo nel senso di una considerazione riduttiva*, che non significa che la vita di fronte all'esserci umano sia di minor valore o un grado inferiore. Al contrario, la vita è un regno che possiede una ricchezza di apertura (*Offensein*) che forse il mondo umano non conosce affatto".

Ma rispetto a questa possibile "apertura" certo Heidegger non mostra alcuna romantica nostalgia. Come osserva M. Haar: "... aucune nostalgie romantique ou rilkéenne chez Heidegger, à l'égard de cette possible apérité. Au contraire cette apérité ne saurait en aucune façon être identifiée ni même comparée à l'ouverture (*Erschlossenheit*) liée à la compréhension de l'être, ou à l'Ouvert au sens de l'accès au décèlement de l'étant" [nessuna nostalgia romantica o rilkiana in Heidegger, a proposito di questa possibile apertura. Al contrario questa apertura non potrà in alcun modo essere identificata e neppure paragonata all'apertura legata alla comprensione dell'essere, o all'Aperto nel senso dell'accesso al disvelamento dell'ente]

La vita appare come qualcosa di oscuro e misterioso il cui modo di essere è essenzialmente lontano dall'essere-nel-mondo proprio dell'esserci. Essa appare come qualcosa a cui non è possibile accedere *immediatamente* ma solo attraverso una particolare operazione, cioè attraverso una *considerazione riduttiva*. In *Essere e tempo* Heidegger scrive: "La vita è un modo di essere particolare, ma accessibile solo nell'Esserci. L'ontologia della vita è possibile solo in base a un'interpretazione privativa. Essa determina ciò che deve essere tale da poter essere qualcosa che solo più vive. Il vivere non è né una semplice-presenza, né ancora un Esserci. Da parte sua, l'Esserci non può mai essere definito ontologicamente come un vivere (ontologicamente indeterminato) a cui si aggiunga, oltre al vivere qualcos'altro ancora".

L'esserci non è dunque la vita con qualcosa in più -un semplice organismo che in più possiede un'anima immortale e la facoltà della ragione-, e tuttavia la vita sembra proprio l'esserci con qualcosa in meno. Essa può essere compresa solo attraverso un'operazione di sottrazione e ciò che deve essere sottratto è proprio il *mondo*: l'animale perciò è *povero di mondo*.

Se si pone un confronto tra l'uomo che *ha* mondo e l'animale *povero* di mondo sembra emergere immediatamente una sostanziale differenza di grado e di valore. La relazione che l'uomo possiede con il mondo è caratterizzata dall'ampliabilità di ciò a cui egli si rapporta (*sich verhaelt*): *l'uomo è colui che apre un mondo*; l'uomo è *formatore di mondo* (*weltbildend*). Il "mondo" di ogni animale invece, oltre ad essere ristretto a un determinato ambito e ad essere stabile nella sua estensione, è anche limitato riguardo alla capacità di penetrare in ciò che potrebbe essere accessibile. L'animale rispetto all'uomo appare povero; ma l'espressione "povero", dice Heidegger, non vuole assolutamente indicare il semplice "meno" di fronte al "più". "Esser povero non significa semplicemente non possedere nulla o poco o meno rispetto all'altro, ma significa *mancare* (*Entbehren*)".

L'esser povero è un *esser-privo*; è un difettare (*Fehlen*) e un venir meno (*Ausbleiben*) di ciò che potrebbe o dovrebbe esser presente; è un *non-avere* nel *poter-avere*. L'animale non ha rispetto all'uomo un rapporto "minore" con l'ente, ma un rapporto diverso, *altro*. La loro differenza non è una differenza di grado e di valore, ma una differenza di *essenza*. L'esser-privo dell'animale non è, dice Heidegger, *l'esser-senza-mondo* della pietra. L'esser privo è un *non-avere*, cioè un *modo dell'avere*, e in quanto tale intrattiene un certo rapporto con l'avere un mondo. L'animale potrebbe avere un mondo, perché esso accede all'ente, e tuttavia ne è privo perché non può accedere all'ente *in quanto* tale. La pietra, il cui modo di essere è la *semplice-presenza*, non ha accesso all'ente, non ha "esperienza". Essa giace per esempio sulla terra, ma questo giacere sulla terra non è mai un "toccare". - A rigor di termini, si può parlare di "toccare" solo per quell'ente che ha il modo di essere dell'essere-nel-mondo - . Esser-senza-mondo vuol dire perciò essere senza accesso all'ente. L'animale, sebbene non possa accedere all'ente in quanto tale, intrattiene tuttavia con esso una *propria relazione*. Ad esempio, una lucertola che giace su una roccia non è qualcosa che semplicemente si "presenta" sulla roccia. Essa ha cercato la roccia, si è spostata, si è mossa. La roccia le è certamente data in qualche modo, e tuttavia non è mai accessibile *in quanto* roccia. Scrive infatti Heidegger: "Quando diciamo che la lucertola giace sulla roccia, dovremmo cancellare la parola "roccia", per indicare che ciò su cui si trova le è certamente dato *in qualche modo*, tuttavia non è conosciuto *in quanto* roccia. La cancellatura non significa solo che qualcos'altro è preso e in quanto qualcos'altro, ma che in generale non è accessibile *in quanto ente*" .

Mediante tale cancellatura Heidegger ovviamente intende sottolineare lo stato di *ebetudine* (*Benommenheit*) del vivente, la sua particolare "chiusura" rispetto all'ente.

[M. T. RICCI, *Heidegger e l'animale "povero di mondo"*, in *Filosofia dell'animalità*, Milano, Mimesis, 1992, pp. 139-141]

– Quali le principali differenze che Heidegger istituisce tra uomo (come *esserci*, *essere-nel-mondo* ecc.) e animale. [max. 15 righe]

– Discuti la prospettiva heideggeriana rispetto a) al fatto che le cose siano come egli le presenta, per quanto riguarda la differenza tra uomo e animale, e b) qualora tale differenza sia effettiva, se essa pregiudichi o meno l'ipotesi che l'uomo derivi evolutivamente dagli animali [max 20 righe]

U.D. 5 : BIODIVERSITÀ ED ECOSISTEMI

“ ...Come vado dicendo da circa trent'anni, non senza incontrare forti resistenze, l'oggetto peculiare della biologia è lo studio dell'ordine e dell'organizzazione di parti e processi a tutti i livelli del mondo vivente”

LUDWIG VON BERTALANFFY

Tempo: 5 ore

Questa unità didattica, articolata in cinque lezioni di un'ora l'una, consente di impostare in termini generali la problematica della variazione biologica inserita in un quadro concettuale più ampio e avvicinando gli studenti alla nozione di complessità, consente inoltre di definire un insieme significativo di concetti fondamentali sia in ambito biologico che propriamente filosofico.

Lezione 1 - La differenziazione biologica è determinata dal programma genetico

Con il contributo del docente di biologia, si introduce e si definisce la nozione di *biodiversità*, intesa come variabilità che scaturisce dalle potenzialità del programma genetico. Dopo il necessario riferimento esplicativo alle proteine enzimatiche che regolano la trascrizione e la traduzione del DNA e che sono prodotte dallo stesso DNA, si propone agli studenti la lettura e l'analisi del testo seguente:

Il terzo concetto proprio della biologia è quello di programma genetico. Fino a una generazione fa si supponeva generalmente che nel corso dell'ontogenesi l'informazione genetica dello zigote si trasformasse direttamente per formare il corpo dell'organismo. Questo è quanto pressappoco si reputava vero anche dopo che Wilhelm Ludwig Johannsen ebbe stabilito la distinzione tra genotipo e fenotipo. Soltanto quando la struttura della molecola del DNA fu interamente analizzata, nel 1953, si comprese che l'acido nucleico non costituiva che un insieme di istruzioni. Nel corso della differenziazione, esse sono trasferite nelle proteine che costituiscono gli organismi. *Si chiama programma genetico l'informazione codificata del nucleo cellulare.* Il termine è tratto dal linguaggio dei calcolatori (informatica). Qui la parola programma è utilizzata nel suo senso tecnico e rigorosamente analogo all'informazione codificata che permette a un calcolatore di operare. La parola programma utilizzata in biologia può essere definita in questo modo : informazione codificata o preordinata che controlla un processo o un comportamento che conducono ad un fine determinato. Come ora sappiamo, il codice che regola la traduzione di alcune coppie di basi del DNA in certi amminoacidi è lo stesso per tutti gli organismi, dai virus e i batteri fino alle piante e agli animali superiori.

Il possesso, da parte di tutti gli organismi, di un programma genetico, è forse la differenza più decisiva tra gli organismi e la materia inanimata. Non esistono nel mondo inanimato programmi che permettano e regolino la traduzione in processi di crescita.

Il possesso di un programma conferisce a un organismo una dualità particolare costituita dal fenotipo e dal genotipo. [...] Il programma genetico ha il potere di presiedere e controllare la propria esatta duplicazione, come quella di tutti gli altri sistemi viventi. Tutto ciò vale per gli organuli, le cellule e gli organismi interi. Nella natura inorganica non esiste nulla di esattamente equivalente.

È possibile che nel corso del processo di duplicazione del programma genetico si produca un errore (forse uno su diecimila o centomila duplicazioni). *Questo errore si chiama mutazione*. Una volta avvenuta, la mutazione diventa una caratteristica costante dei programmi genetici che prendono origine da quello in cui essa si è manifestata. La mutazione è la principale fonte della variazione genetica e il solo processo organico che produca un'improvvisa discontinuità".

[da E. MAYR, *Possesso di un programma genetico* in *Biologia ed evoluzione*, Torino, Boringhieri, 1982, pp. 24-25]

– Quale il significato del termine “*programma*” in biologia e in informatica? [max. 5 righe]

– Quale la differenza decisiva tra gli organismi e materia inanimata? [max. 5 righe]

– Spiega la differenza tra continuità e discontinuità nei processi organici. [max. 5 righe]

Lezione 2 - Il concetto di specie è correlato a quello di sistema

Si introduce il concetto di *specie*, richiamando in primo luogo le forme diverse in cui si è presentato nella storia della filosofia, che hanno trovato espressione ad esempio nella logica, nel nominalismo ecc.

In biologia la *specie* è intesa come un gruppo di individui che afferiscono a una multiforità specifica immersa in un suo particolare ambiente, filosoficamente inteso anche come *contesto*. Il concetto biologico di *specie* si fonda sul pensiero popolazioneale ed è un concetto di *relazione* di riproduzione tra le popolazioni. Si introduce anche il concetto di *rapporto* inteso come relazione tra individui, *specie*, ambiente all'interno di un'organizzazione sistemica.

Definizione del concetto di sistema

Un sistema, in ultima analisi, è un'unità contenente una struttura di retroazione: quindi è in grado di elaborare informazioni. Vi sono sistemi ecologici, sistemi sociali; in questo senso tecnico *anche l'organismo individuale* più l'ambiente con cui interagisce è un sistema

[G. BATESON, *Una sacra unità*, Milano, Adelphi, 1997, p. 393]

Lezione 3 - Gli organismi viventi sono sistemi complessi

Per Claude Bernard la complessità dei fenomeni osservabili in un organismo superiore erano in primo luogo il risultato di tutte le attività “intime” degli elementi organizzati direttamente dipendenti dall’ambiente “interno” in cui questi elementi vivono.

Man mano che si sale nella scala degli esseri viventi l’organizzazione si complica, gli elementi organizzati diventano più delicati e richiedono un ambiente interno sempre più perfezionato. Tutti i liquidi circolanti, il sangue e la linfa costituiscono in effetti questo ambiente interno.

In tutti gli esseri viventi l’ambiente interno, che è un *prodotto vero e proprio dell’organismo stesso*, mantiene dei rapporti obbligati di scambio e di equilibrio con l’ambiente fisico esterno... Le manifestazioni vitali di un animale superiore variano solo quando si modificano le condizioni fisico-chimiche dell’ambiente interno... possiamo farci un’idea della enorme complessità dei fenomeni biologici e delle difficoltà quasi insormontabili che l’esatta determinazione di essi presenta al fisiologo quando vuole portare l’esperimento direttamente sull’ambiente interno *o organizzato*...

[C. BERNARD, *Introduzione allo studio della medicina sperimentale* (1865), Milano, Feltrinelli, 1973 2ª ediz., pp.74-76]

Ernst Mayr, più di cento anni dopo, riprende ed amplia la nozione di organizzazione e precisa il senso di “sistema complesso” in biologia :

Nella loro qualità di sistemi, gli organismi si distinguono per la loro complessità, la loro organizzazione e la loro struttura regolata gerarchicamente. La complessità di per sé stessa non costituisce evidentemente una differenza fondamentale tra i sistemi organici e inorganici. Le masse d’aria del sistema atmosferico della terra o una galassia dell’universo sono esempi di sistemi inanimati molto complessi e, all’opposto, si trovano sistemi organici relativamente semplici... Comunque, resta il fatto che i sistemi viventi sono in media molto più complessi di quelli degli oggetti inanimati. ... definisco i sistemi complessi come sistemi in cui “l’insieme è più della somma delle parti, non in un senso ultimo e metafisico, ma nel senso pragmatico secondo cui, date le proprietà delle parti e le leggi delle loro interazioni, non è facile desumere le proprietà dell’insieme”. Una tale complessità esiste a tutti i livelli, da quello del nucleo cellulare (con il programma del DNA) fino alla cellula, fino ad ogni organo (come i reni, il fegato o il cervello), all’individuo, *all’ecosistema* o alla società.

I sistemi viventi sono invariabilmente caratterizzati da meccanismi di controllo molto elaborati (retroazioni ecc.) che sono dotati di una precisione e di una complessità assolutamente sconosciute in tutti i sistemi inanimati, quali che essi siano. I sistemi viventi hanno numerose altre proprietà altamente specifiche, di cui si fa normalmente menzione nelle definizioni del fenomeno “vita”: tra le altre, la capacità di

rispondere a stimoli esterni, la capacità di metabolizzare le sostanze (accumulo o rifornimento di energia) o, ancora, la *capacità di crescere e di differenziarsi*.

I sistemi viventi sono altamente organizzati. La maggioranza delle strutture di un organismo sono senza significato se sono considerate separatamente dal resto dell'organismo stesso. Le ali, le zampe, le teste, i reni non possono vivere da soli, ma soltanto come parti di un insieme. Di conseguenza tutte le parti hanno un significato adattativo e sono capaci di svolgere attività teleonomiche. Nel mondo inanimato, un adattamento reciproco della parti, di questo tipo, è sconosciuto. Questi sistemi organizzati e ben integrati operano sotto forma di insiemi e di nuove proprietà, prima spesso insospettate, che emergono ad ogni livello gerarchico.

[ERNST MAYR, cit., pp.26-28]

- Quale il significato della nozione di *ambiente interno*? [max. 3 righe]
- Che significa che gli organismi viventi sono *sistemi complessi* a tutti i livelli? [max. 3 righe]
- Che cosa possiamo intendere per *retroazione*? [max. 3 righe]
- Che cosa si intende per *differenziazione*? [max. 3 righe]
- Che cosa si intende per *organizzazione* dei sistemi viventi? [max. 3 righe]

Lezione 4 - L'ecosistema è fondato sull'equilibrio dinamico

Si riprende il concetto di *autopoiesi* e sulla scorta delle riflessioni di Bateson in *Mente e natura* si ricorda agli studenti come sia l'individualità biologica a rappresentare la vera faccia della complessità di un sistema.

Dalla nozione generale di sistema si isola quella di *ecosistema* o sistema biologico. Ci soffermiamo sulle sue principali caratteristiche, in particolare sulle nozioni di equilibrio dinamico e flessibile tra specie e contesto.

Il testo di Jonas offre una lettura filosofica della costanza del sistema, valida in generale per tutti i fenomeni della natura, avvalendosi dei concetti di armonia, equilibrio e divenire:

Natura e principio immutabile del mutamento hanno il medesimo significato. In base a ciò non esiste una storia del mondo o una storia della natura, nemmeno una storia di parti della natura, cioè di particolari specie di cose naturali nell'ambito del mutabile, bensì solo descrizione dei modi peculiari di tali specie del nascere e perire dei suoi individui. [...] Il divenire è una condizione necessaria ...e il fondamento permanente di questa condizione è la non definitiva limitabilità del substrato indifferente chiamato materia.

L'ontologia della scienza moderna ha rivisto completamente questa concezione sia nel grande come nel piccolo, sostituendo il concetto della materia passiva con quello del corpo, il quale, come detentore di forze positive (ad esempio del movimento) e

quindi come sostanza autonoma della realtà, ha in se stesso il fondamento determinante delle configurazioni... I casi di «equilibrio» dinamico, che potrebbero presentarsi nella successione (fondamentalmente equivalente) di tali configurazioni nel modo descritto della «selezione» e che nel grande incontriamo come ordine duraturo dei sistemi, possono sì venire paragonati all'antico modello di armonia [...] ma il concetto del fine va sostituito con quello del mero risultato e di conseguenza il concetto del divenire con quello del processo in sé: consegue dal moderno concetto di energia e dalla sua posizione centrale nella comprensione della realtà, che l'*accadere* come continuata trasformazione di energia divenga l'aspetto essenziale dell'essere e il mutamento la sua adeguata espressione. Con ciò la costanza del «sistema» perde il carattere ontologico distintivo di rappresentazione perfetta dell'essere, che aveva nell'antitesi antica di essere e divenire, e diviene un caso particolare di processo, la cui dinamica non è differente da quella generale

[H. JONAS, *Organismo e libertà. Verso una biologia filosofica*, Torino, Einaudi, 1999, pp. 86-88]

Per il problema delle relazioni tra evento e contesto si propone la lettura e l'analisi dell'esempio riportato in apertura del loro studio da Watzlawick, Beavin, Jackson:

In una zona del Canada del Nord il numero delle volpi aumenta e diminuisce con una periodicità degna di attenzione. La popolazione raggiunge la punta massima in un ciclo di quattro anni, poi declina fino alla quasi estinzione, e infine comincia a risalire. Se il biologo si limitasse ad osservare le volpi, questi cicli resterebbero inspiegabili, perchè non c'è nulla che spieghi tali cambiamenti né nella natura della volpe né in quella di tutta la specie. Tuttavia una volta che ci siamo resi conto che le volpi cacciano esclusivamente i conigli selvatici e che questi conigli non hanno quasi nessun altro nemico naturale, tale *rapporto tra* le due specie ci dà una spiegazione soddisfacente per un fenomeno che altrimenti sarebbe misterioso. Si potrà allora osservare che il ciclo dei conigli è identico ma opposto, cioè che essi aumentano di numero quando diminuiscono le volpi e viceversa: infatti, quanto più numerose sono le volpi tanto più numerosi sono i conigli che esse uccidono, finché il cibo diventa assai scarso. Allora diminuiscono di numero e danno ai conigli sopravvissuti la possibilità di moltiplicarsi e di crescere con rinnovato vigore nell'assenza di fatto del loro nemico, le volpi. Tutti questi nuovi conigli creano una situazione favorevole per le volpi che possono sopravvivere e riprodursi, ecc.

[WATZLAWICK, BEAVIN, JACKSON, *Pragmatica della comunicazione umana*, Roma, Astrolabio, 1971, p. 13]

– Ricava da questi passi di Jonas e di Watzlawick il significato ecologico del concetto di sistema [max. 10 righe]

Lezione 5 - L'ecosistema è condizionato dalla coesistenza delle diversità biologiche

Si approfondisce la tematica dell'ecosistema, che può essere considerato come un meccanismo di autoregolazione "debole", ovvero condizionato dalla coesistenza delle diversità.

Con il contributo del docente di Biologia ed una selezione opportuna di testi ed *immagini*, si definiscono in modo essenziale le caratteristiche principali degli ecosistemi. È opportuno introdurre almeno i seguenti indicatori :

- a) predazione
- b) competizione
- c) simbiosi
- d) riproduzione
- e) adattamento
- f) perturbazione
- g) dissipazione.

A proposito dell'indicatore *competizione* si farà riferimento alle specie chiamate "chiave di volta" che sostengono l'ecosistema, soprattutto nell'ottica del principio di Gause o dell'esclusione competitiva in quanto esse vi si oppongono.

La lezione si conclude con una discussione generale su quanto è stato proposto.

N.B. Chi ha affrontato con profitto la *Lez. 1* dell'*U.D. 2* (relativa alla *filosofia della natura in età romantica*) può confrontare, anche per iscritto, il paradigma sistemico moderno con la concezione dell'autodeterminazione dell'organismo in autori come Schelling e Goethe.

U.D. 6 : ETICA E BIODIVERSITÀ

Tempo: 2 ore

Con questa unità didattica, articolata in due lezioni di un'ora l'una più un'ora per la verifica, si presenta il progressivo emergere dei problemi etici connessi alla nozione di biodiversità e si conducono gli studenti a riflettere sulla loro straordinaria rilevanza nella contemporaneità.

Lezione 1. Il mondo come organismo e l'emergere del problema etico

La nozione di *competizione*, ripresa dall'ultima lezione, consente di introdurre il discorso legato alla compatibilità e al forte impatto ambientale che la civiltà umana produce all'interno del suo ambiente definito come *Biosfera*, cioè come totalità vivente complessa, auto-organizzata e autoregolata per mezzo delle interazioni di tutti gli esseri viventi in un ambiente fisico. Si presenta, con opportune citazioni testuali, l'ipotesi di Lovelock sulla Terra, concepita come un unico sistema vivente. [Cfr. J.E. Lovelock, *Gaia. Nuove idee sull'ecologia*, tr. Torino, Boringhieri, 1981 (passim)].

L'impatto distruttivo è principalmente dovuto all'uso massiccio della tecnologia e ad un agire cumulativo ad essa connesso. Si indicano possibili luoghi problematici: fine della biodiversità? Mutazioni genetiche?

L'emergere del problema etico si configura già nell'*ecologia profonda* di Capra. Il suo libro *Il punto di svolta* propone un mutamento di paradigma, cioè una trasformazione della visione del mondo in senso ecologico-olistico: occorre un comportamento nuovo fondato sul rispetto della natura intesa come un Tutto organico.

L'ecologia profonda è sostenuta dalla scienza moderna e in particolare dal nuovo approccio sistemico, ma è radicata in una percezione della realtà che va al di là della cornice scientifica per attingere ad una consapevolezza intuitiva dell'unità di ogni forma di vita, dell'interdipendenza delle sue molteplici manifestazioni e dei suoi cicli di mutamento e di trasformazione. Quando il concetto dello spirito umano è inteso in questo senso, come il modo di coscienza in cui l'individuo si sente connesso al cosmo nella sua totalità, diventa chiaro che la consapevolezza ecologica è veramente spirituale. In effetti l'idea che l'individuo sia connesso al cosmo si esprime nella radice latina della parola religione, *religare* (legare, fissare) oltre che nel sanscrito *yoga* che significa unione

[F. CAPRA, *Il punto di svolta*, tr. Milano, Feltrinelli, 1984, p. 340]

– Quale punto di vista nuovo ti sembra emergere da questa pagina di Capra rispetto alla concezione ecologico-sistemica espressa da altri autori del nostro tempo? [max. 5 righe]

Lezione 2 Il problema del limite e la dignità della vita umana

Il problema etico si presenta innanzitutto come problema del *limite*.

Tra varie possibilità, l'autore forse più incisivo per affrontare la questione appare Hans Jonas per cui proponiamo agli studenti la lettura e l'analisi di due suoi brevi testi. Nel primo definisce sinteticamente la nozione di *limite*:

Il concetto del *limite* che compare qui induce a far pensare che non possa esistere né un sistema infinitamente molteplice, in generale un sistema dell'infinito, né uno dell'assolutamente semplice: si tratta di una mediazione fra l'uno assoluto e il molto infinito; finitudine e una sorta di compiutezza fanno parte del sistema, e con ciò un fuori, rispetto al quale esso va distinto. Anche se l'universo dovesse essere un sistema, può esserlo solo nella misura in cui è finito.

[H. JONAS, *Organismo e libertà*, cit., p. 84]

Nel secondo compare la nozione di *responsabilità*, che viene delineata proprio a partire dalla necessità di porsi dei limiti:

Il porsi dei limiti è il dovere primo di ogni libertà e la condizione essenziale perché essa esista. Solo così una società è concepibile, poiché senza di essi l'essere umano non può sopravvivere, e tantomeno il suo dominio sulla natura. [...] Attraverso il nostro potere noi siamo diventati più liberi e proprio questa libertà porta con sé dei doveri. Procedendo di pari passo alle azioni del nostro potere, il nostro senso del dovere investe l'intero pianeta e il futuro più remoto. ... Il senso del dovere ci dice che qui e adesso dobbiamo porre dei freni al nostro potere, vale a dire limitare il nostro godimento per salvaguardare la società futura che i nostri occhi non saranno in grado di vedere. Ma la nostra natura morale è dunque sufficientemente forte e animata dagli stessi sentimenti che caratterizzano i nostri rapporti umani più immediati? Giustizia, attenzione, compassione, amore - impulsi di questo tipo, che dormono in noi e che nei concreti rapporti con gli altri devono essere ravvivati - ci aiutano ad uscire dalle ristrettezze del nostro egoismo.

Il concetto astratto di un'ipotetica vita umana futura non risveglia in noi nulla di analogo... Ma in noi vi è anche l'idea della responsabilità, di cui siamo fieri, ed è profondamente radicato in noi un sentimento di conservazione della specie espresso originariamente nel rapporto genitori-figli; questo, tramite il senso di preoccupazione che crea in noi, ci proietta, al di là di ogni immediatezza, in un futuro che non è più quello strettamente personale. Questo sentimento, che assurge a idea, può cioè costruire il ponte fra l'etica che riguarda ciò che ci è più prossimo e ciò che invece è ancora lontano, che non può parlarci con nessuna voce, e che però sappiamo trovarci nell'arbitrio del nostro potere. Proprio per questo il senso di responsabilità confida in esso. [...] Così l'etica raggiunge per la prima volta una dimensione cosmica, al di là di tutti i rapporti umani immediati

[H. JONAS, *Tecnica, libertà e dovere*, in “Riza Scienze”, n. 27, giugno 1989, pp. 64-66]

– Esponi sinteticamente, anche ricorrendo a una schematizzazione, purché sufficientemente analitica, la relazione che in questi due brani Jonas istituisce tra i concetti di *limite, responsabilità, sistema* [max. 15 righe]

Partendo dalla nozione di responsabilità, si pone così il problema della salvaguardia della vita umana sulla terra e della sua dignità, che sul piano normativo implica l’assunzione di massime quali ad es., l’agire in modo tale da non compromettere le condizioni della vita umana sulla terra.

N.B. Per quanto riguarda la tipologia di verifica da assegnare alla fine del modulo (dunque non necessariamente alla fine di questa lezione, essendo aperta e flessibile la struttura complessiva) si vedano le indicazioni dell’introduzione didattica.

Filosofia e matematica

Coordinatore: Antonio Frascani

Rapporteur: Fabio Cioffi

Componenti: Pierangela Accomazzo, Maria Rosaria Albanese, Anna Rita Attanasio, Monica Baschiera, Cristina Bonelli, Antonella Bucchioni, Salvatore D'Agostino, Giovanni Demaria, Daniela Gambi, Vincenzo Mauro, Nicoletta Nolli, Vincenzo Regina, Sandro Rinauro, Rosanna Rosi, Diana Valvo, Silvestro Vitellaro, Silvio Zaghi

Il gruppo, accogliendo le tematiche delle due relazioni, riguardanti l'infinito, ha cercato di ricostruirne valenze formative e significati filosofici nel rapporto tra filosofia e matematica. Sono stati individuati tre selettori. Il primo riguardante eventuali assi storici tra filosofia e matematica; il secondo riguardante l'individuazione di situazioni problematiche per le quali si attinge direttamente al sapere filosofico-matematico; il terzo riguardante il lavoro su un caso specifico, cronologicamente circoscritto, che sia esemplare.

Inoltre tutto il gruppo ha convenuto di lavorare all'interno di una griglia proposta, discussa e approvata, che prevede lo svolgimento di autori, testi, determinazioni lessicali, operazioni, problematizzazioni del tutto attraverso domanda e risposta.

Sono state inoltre individuate le seguenti competenze:

- Saper inquadrare dal punto di vista storico il concetto di infinito, cogliendone i diversi significati, la problematicità e le soluzioni storicamente e concettualmente rilevanti;
- Saper descrivere le proprietà degli insiemi numerici coinvolti nella trattazione;
- Saper individuare con rigore alcuni concetti fondamentali;
- Saper utilizzare il lessico e le categorie specifiche della filosofia e della matematica;
- Saper analizzare testi filosofici, compiendo su di essi alcune fondamentali operazioni: individuare e comprendere termini e concetti, enucleare le idee centrali, rintracciare e definire la tesi, individuare la strategia argomentativa;

- Saper distinguere e analizzare alcune tipologie argomentative specifiche: l'inferenza, la deduzione, la dimostrazione, la dimostrazione per assurdo, il paradosso;
- Saper confrontare risposte e soluzioni differenti allo stesso problema;
- Saper descrivere e utilizzare i procedimenti matematici implicati nelle diverse concezioni dell'infinito;
- Saper cogliere, oltre allo sviluppo storico del concetto di infinito, anche quello problematico.

PROPOSTE DI PERCORSI SUL TEMA: L'INFINITO

1. Proposta di percorso storico

Lo schema di possibili nessi tra filosofia e matematica sul tema dell'infinito, illustrato come segue, è un'ipotesi di lavoro *pluridisciplinare di trentasette ore di durata annuale rivolta ad una classe del triennio di un liceo scientifico o classico sperimentale con indirizzo scientifico*. Esso propone lo sviluppo, all'interno di un percorso storico, dell'idea di infinito per il filosofo e per il matematico. La parte matematica è da un lato collegata a ciascuna tappa storica tra quelle scelte, dall'altro cerca di dare ai concetti matematici una sistematizzazione ed un rigore nell'ottica di una trattazione attuale.

Finalità dei nuclei

- 1° nucleo - *L'infinito nell'antica Grecia*: far evidenziare la problematicità del concetto di infinito tra sapere filosofico e sapere matematico nell'antichità greca;
- 2° nucleo - *Galileo e l'infinito attuale*: far rilevare il tentativo galileiano di superamento della negazione aristotelica dell'infinito attuale;
- 3° nucleo - *L'infinito in matematica e in filosofia tra '600 e '700*: fare acquisire la formulazione della concezione dell'infinito attuale e primi tentativi di formalizzazione matematica attraverso l'analisi infinitesimale;
- 4° nucleo - *Sviluppi del concetto di infinito nella filosofia e nella matematica nel XIX e nel XX secolo*: far comprendere lo sviluppo del concetto di infinito e sua gerarchizzazione;
- 5° nucleo - *L'infinito e la crisi dei fondamenti*: far comprendere il ruolo dell'infinito nella crisi dei fondamenti;

Competenze

- Saper inquadrare dal punto di vista storico il concetto di infinito, cogliendone i diversi significati, la problematicità e le soluzioni storicamente e concettualmente rilevanti;
- Saper descrivere le proprietà degli insiemi numerici coinvolti nella trattazione

- Saper individuare con rigore alcuni concetti fondamentali;
- Saper utilizzare il lessico e le categorie specifiche della filosofia e della matematica;
- Saper analizzare testi filosofici, compiendo su di essi alcune fondamentali operazioni: individuare e comprendere termini e concetti, enucleare le idee centrali, rintracciare e definire la tesi, individuare la strategia argomentativa;
- Saper distinguere e analizzare alcune tipologie argomentative specifiche: l'inferenza, la deduzione, la dimostrazione, la dimostrazione per assurdo, il paradosso;
- Saper confrontare risposte e soluzioni differenti allo stesso problema;
- Saper descrivere e utilizzare i procedimenti matematici implicati nelle diverse concezioni dell'infinito;
- Saper cogliere, oltre allo sviluppo storico del concetto di infinito, anche quello problematico.

Tipologie di verifica (1h di verifica a conclusione di ciascun nucleo)

- Quesiti a risposta singola pluridisciplinari;
- Scrittura documentata;
- Scrittura di relazione;
- Tabulazione e mappe concettuali di dati desunti dall'analisi testuale o dalle operazioni matematiche;
- Esercizi di calcolo sulle successioni e su esempi di applicazione del metodo di esaustione.

LETTURE

ARISTOTELE, *Phys* III, 4, 203b-204a

“L'indagine riguardo all'infinito presenta difficoltà: infatti, sia a porre che esista sia a porre che non esista ci si imbatte in numerose contraddizioni. Si pone inoltre la questione di cosa sia: se è sostanza o attributo essenziale a una qualche natura, oppure se non è né l'una né l'altra cosa, ma nondimeno esista un infinito o cose infinite in numero. In primo luogo bisogna dunque definire in quanti modi si dice l'infinito.

È ciò che per natura non può essere percorso, come la voce è invisibile; inoltre è ciò che si può percorrere ed è senza fine (...) inoltre tutto ciò che è infinito lo è mediante composizione o mediante divisione o mediante entrambe”.

ARISTOTELE, *Phys* III, 5, 204a 8-10;20

“Ora, è impossibile che l'infinito sia separabile dalle cose sensibili, essendo una cosa in sé infinita(...)

Domande	Autori	Filosofia	Matematica	Testi
1° nucleo: l'infinito nell'antica Grecia				
Cos'è l'infinito nella filosofia e nella matematica della Grecia Antica?	- Pitagora (VI sec. a.C.) - Zenone di Elea (V sec. a.C.)	Il concetto filosofico di infinito nella scuola Pitagorica e in Zenone	Grandezze incommensurabili e numeri irrazionali Il Paradosso di Achille e la Tartaruga	- <i>Metafisica, Aristotele, XIII e XIV</i> - <i>Physica, Aristotele, Libro VI, 9, 239b, 14-28</i>
	- Eudosso di Cnido (400-347? a.C.) - Aristotele di Stagira (384-322 a.C.) - Archimede di Siracusa (287-212 a.C.)	L'infinito in atto e in potenza	Il metodo di esaustione	- <i>Physica, Aristotele, III, 207b</i>

È chiaro d'altra parte, che l'infinito non può esistere come sostanza o principio, poiché una qualsiasi delle sue parti, presa a parte, sarà infinita, se si può dividerlo, infatti essere infinito e l'infinito in sé sono la medesima cosa, se l'infinito è sostanza e non qualcosa in un soggetto. Di conseguenza sarà o indivisibile o divisibile in infiniti, ma è impossibile che la medesima cosa sia una pluralità di infiniti. Ora allo stesso modo che la parte dell'aria è aria, anche quella dell'infinito sarà infinita, se si suppone sia sostanza e principio. Dunque è privo di parti e indivisibile. Ciò però è impossibile per un infinito in atto: necessariamente dunque sarà una quantità. L'infinito esiste mediante attribuzione. Come si è detto sopra però, allora non sarà esso stesso che potrà esser detto principio, bensì ciò al quale viene attribuito-l'aria per esempio o il pari.

ARISTOTELE, *Phys* III, 206a 27-33

In generale, infatti, l'infinito consiste nel fatto che ciò che si prende è sempre nuovo, dal che ciò che si prende è certamente sempre limitato, ma differente. Di conseguenza, non bisogna prendere l'infinito come un individuo particolare, per esempio

	Parole chiave	Operazioni	Tempi
	<ul style="list-style-type: none"> – Monade – Incommensurabile – Paradosso – Infinito potenziale – Infinito attuale – Discreto – Continuo – Successione – Limitatezza – Limite di una successione 	<ul style="list-style-type: none"> – Lettura dei testi e analisi dei paradossi (*) – La scoperta della incommensurabilità di lato e diagonale del quadrato – Il paradosso di Achille e la tartaruga: esempio di successione di quantità finite che genera il paradosso dell'infinito potenziale – Insiemi numerici discreti – Successioni numeriche limitate e illimitate – Serie numeriche 	5h: 1h compres. (*) 2h matem. 2h filos.
	<ul style="list-style-type: none"> – Assioma – Dimostrazione per assurdo – Esaustione 	<ul style="list-style-type: none"> – Lettura e analisi dei brani della <i>Physica</i> di Aristotele indicati – L'assioma di Eudosso-Archimede – La proprietà di esaustione – La lunghezza della circonferenza con il metodo di esaustione con successioni di poligoni inscritti e circoscritti con numero di lati via via crescente 	5h: 2h filosof. 2h matem. 1h verifica

un uomo o una casa, ma allo stesso modo in cui si parla di una giornata o di una lotta, le quali hanno l'essere non come qualche sostanza particolare (...).

ARISTOTELE, *Phys* III, 207b 27-33

Togliendo l'infinito che esisterebbe in atto nel senso dell'accrescimento, considerato come qualcosa che non può essere attraversato, l'argomento non sopprime la concezione dei matematici. In realtà, infatti, questi non hanno bisogno e non fanno uso dell'infinito, bensì soltanto di grandezze tanto grandi quanto vogliono, ma limitate. Ora la divisione effettuata su una grandezza molto grande può venire applicata a un'altra grandezza a piacere- per la dimostrazione sono poco importanti le grandezze reali (...).

ARISTOTELE, *Phys* VI, 9, 239b 14-28

Il secondo argomento è quello che si chiama l'Achille. È questo: il più lento nella corsa non sarà mai raggiunto dal più veloce, poiché quello che segue deve sempre

cominciare a raggiungere il punto dal quale è partito quello che fugge, in modo che il più lento ha sempre qualche vantaggio. E' il medesimo ragionamento che si ha con la dicotomia: la sola differenza sta nel fatto che la grandezza che via via si aggiunge, sebbene divisa, non lo è in due. Come conclusione del ragionamento si ricava che il più lento non verrà raggiunto dal più veloce: ciò tuttavia si verifica per la stessa ragione della dicotomia [...] di conseguenza la soluzione sarà la medesima [...]. Quanto a pensare che colui che è davanti non sarà raggiunto, è falso. In realtà, nella misura in cui è davanti, non è raggiunto, è però raggiunto non appena si conceda che a esser percorsa è una linea finita”.

Domande	Autori	Filosofia	Matematica	Testi
2° nucleo: Galileo e l'infinito attuale				
Cosa pensa Galileo dell'infinito potenziale e attuale?	Galileo Galilei (1564-1642)	La concezione galileiana di infinito: un richiamo all'infinito attuale	- Galileo e il paradosso dei quadrati: l'infinito numerabile; - Il Paradosso della ruota (ripreso da Aristotele): l'intuizione sulla potenza del continuo; - Gli indivisibili	- <i>Dialogo sui due massimi sistemi...</i> - <i>Discorsi... intorno a due nuove scienze</i>
3° nucleo: l'infinito in matematica e in filosofia tra '600 e '700				
Cosa significa dal punto di vista filosofico e matematico l'infinito per Newton e Leibniz?	Isaac Newton (1642-1727) G. W. Leibniz (1646-1716)	Infinito potenziale e attuale e affermazione dell'esistenza dell'infinito attuale	L'infinitesimo per Newton e Leibniz	- <i>Brani di Leibniz da Nova Methodus...</i> - <i>Phylosophiae naturalis...</i> - <i>Methodus fluxionum et serierum infinitarum</i>

Esercizi per gli studenti

– Definisci le seguenti parole chiave:

Infinito in atto, infinito in potenza, limitatezza, limite di una successione, assioma, paradosso;

– descrivi il paradosso di Achille e la tartaruga alla luce della successione di quantità finite che determini il paradosso dell'infinito potenziale;

– descrivi il rapporto tra infinito e sostanza.

	Parole chiave	Operazioni	Tempi
	<ul style="list-style-type: none"> – Intendere Intensive – Intendere Extensive – Indivisibili – Corrispondenza biunivoca – Numerabilità 	<ul style="list-style-type: none"> – Lettura e analisi di brani tratti dalle opere di Galileo indicate – Primo approccio al concetto di insieme numerabile: corrispondenza tra numeri naturali e loro quadrati: il tutto maggiore della parte? – Il paradosso della ruota: segmento continuo in corrispondenza biunivoca con una sua parte – Descrizione del procedimento per calcolare il volume della scodella di Galileo 	<p>7h:</p> <p>3h filos. 3h matem. 1h verifica</p>
	<ul style="list-style-type: none"> – Flussione – Differenziale – Infinitesimo – Limite – Derivata – Spazio, tempo e moto assoluto 	<ul style="list-style-type: none"> – Lettura e analisi di brani dei testi indicati (*) – Newton e il concetto di flussione – Leibniz e il concetto di differenziale, le variazioni momentanee – Successioni infinitesime – La velocità istantanea e la nozione intuitiva del limite 	<p>8h:</p> <p>2h compres. (*) 2h filosof. 3h matem. 1h verifica</p>

GALILEO: “DIALOGO SU DUE MASSIMI SISTEMI”

GIORNATA PRIMA.

Salv. Queste son di quelle difficoltà che derivano dal discorrer che noi facciamo col nostro intelletto finito intorno a gl’infiniti, dandogli quegli attributi che noi diamo alle cose finite e terminate; il che penso che sia inconveniente, perché stimo che questi contributi di maggioranza, minorità ed uguaglianza non convenghino a gl’infiniti de i quali non si può dire, uno esser maggiore o minore o eguale all’altro. Per prova che già mi sovvenne un sì fatto discorso, il quale per più chiara esplicazione proporrò per interrogazioni al sig. Simplicio, che ha mossa la difficoltà.

Io suppongo che voi benissimo sappiate quali sono i numeri quadrati, e quali i non quadrati.

Simp. So benissimo che il numero quadrato è quello che nasce dalla moltiplicazione d’un altro numero in sé medesimo: e così il quattro, il nove, ecc. ecc., son numeri quadrati, nascendo quello dal due, e questo dal tre, in sé medesimi moltiplicati.

Salv. Benissimo e sapete ancora, che sì come i prodotti si dimandano quadrati, i producenti, cioè quelli che si moltiplicano, si chiamano lati o radici; gli altri poi, che non nascono da numeri moltiplicati in sé stessi, non sono altrimenti quadrati. Onde se io dirò, i numeri tutti, comprendendo i quadrati e i non quadrati, esser più che i quadrati soli, dirò proposizione verissima: non è così?

Simp. Non si può dir altrimenti.

Salv. Interrogandolo di poi, quanti siano i numeri quadrati, si può con verità rispondere, loro esser tanti quanti sono le proprie radici, avvenga che ogni quadrato ha la sua radice, ogni radice il suo quadrato, né quadrato alcuno ha più d’una sola radice, né radice alcuna più d’un quadrato solo.

Simp. Così sia.

Salv. Ma se io domanderò, quante siano le radici, non si può negare che elle siano quanto i numeri, poiché non vi è numero alcuno che non sia radice di qualche quadrato; e stante questo, converrà dire che i numeri siano quanti tutti i numeri, poiché tante sono quante le lor radici, e radici son tutti i numeri: e pur da principio dicemmo, tutti i numeri esser assai più che tutti i quadrati, essendo la maggior parte non quadrati. E pur tuttavia si va la moltitudine dei quadrati sempre con maggior proposizione diminuendo, quanto a maggior numeri si trapassa; perché sino a cento vi sono dieci quadrati, che è quanto a dire la decima parte esser quadrati; in diecimila solo la centesima parte son quadrati, in un milione solo la millesima: e pur nel numero infinito se concepir lo potessimo, bisognerebbe dire, tanti essere i quadrati quanti tutti i numeri insieme.

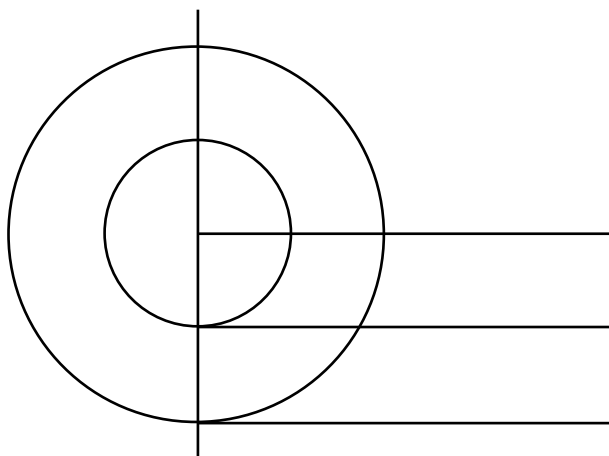
Sagr. Che dunque si ha da determinare in questa occasione?

Salv. Io non veggo che ad altra decisione si possa venire, che a dire, infiniti esse-

re tutti i numeri infiniti i quadrati, infinite le loro radici, né la moltitudine dei quadrati esser minore di quella di tutti i numeri, né questa maggiore di quella, ed in ultima conclusione, gli attributi eguale maggiore e minore non aver luogo ne gl'infiniti, ma solo nelle quantità terminate.

“LA RUOTA DI ARISTOTELE”

PARAFRASI DI MONSIGNOR ALESSANDRO PICCOLOMINI SOPRA LE MECCANICHE
DI ARISTOTELE



“Onde avviene che se due cerchi, l'uno maggiore dell'altro, haveranno l'intero centro, si volgeranno sopra linee eguali; e nondimeno girati separatamente l'uno dall'altro è necessario che si rivoltino sopra linea, che habbiano l'una all'altra la ragione che ha la grandezza d'un circolo verso la grandezza dell'altra?”.

Domande	Autori	Filosofia	Matematica	Testi
4° nucleo: Sviluppi del concetto di Infinito nella filosofia e nella matematica nel XIX e XX				
Cosa significa infinito nell'età contemporanea?	Bernhard Bolzano (1781-1848) Georg Cantor (1845-1918)	Infinito e infiniti: infinità categorematiche e sincategorematiche	Il concetto di infinito rinnovato: la continuità e la potenza degli insiemi numerici	<i>Bottazzini, Freguglia, Toti Rigatelli, Fonti per la storia della matematica, Sansoni Firenze 1992 p. 428 e p. 492</i> <i>L. Lombardo Radice, L'infinito, Ed Riuniti, p. 84.</i>

I due concetti di infinito - a partire almeno da Petrus Hispanus (1220-1277) (*Tractatus called afterwards summulae logicales*, ed. L. M. De Rijk, van Gorkum, 1972, p. 231):

- A) INFINITO CATEGOREMATICO
- B) INFINITO SINCATEGOREMATICO

(PETRUS HISPANUS, *Summulae logicales, cum versorii parisiensis clarissima expositione*, Venetiis, 1572, p.260a)

(...) L'infinito lo si prende in un modo in maniera categorematica, in quanto è un termine comune e così significa la quantità della soggetta o predicata, come quando si dice: il mondo è infinito. In un altro modo, lo si prende sincategorematicamente, non in quanto dice la quantità della cosa soggetta o predicata, ma (dice) il modo in cui il soggetto si rapporta al predicato, e così non è un termine comune, bensì è una disposizione del soggetto, e un segno distributivo (...).

Quindi: l'infinito categorematico è l'infinito attuale (equivale a tutti i termini presi insieme), mentre l'infinito sincategorematico è l'infinito potenziale (equivale a più termini di quanti ne vengano assegnati).

Roger Swineshead, attivo tra il 1330-35, autore di un *liber calculationum*: sulla misura dell'intensità delle qualità (*formae*), per esempio il calore; sull'acquisizione e remissione delle forme.

	Parole chiave	Operazioni	Tempi
secolo			
	<ul style="list-style-type: none"> - Numero reale - Insieme - Classi contigue - Infinito categorematico - Infinito sincategorematico 	<ul style="list-style-type: none"> - Lettura e analisi brani tratti dai testi indicati (*) - La costruzione dell'insieme dei numeri reali - Il numero reale come allineamento decimale illimitato non periodico - Densità dei razionali e degli irrazionali - Continuità della retta reale - Potenza di un insieme finito e infinito, del numerabile e, superiore, del continuo - Cardinali transfiniti - La scala degli aleph 	<p>6h:</p> <p>1h compres. (*)</p> <p>1h filosofia 3h matem. 1h verifica</p>

GEORG CANTOR, ÜBER UNENDLICHE LINEARE PUNKT.
Insiemi e numeri di Cantor.

Fondamentali sono le ricerche di Georg Cantor sull'infinito e sulla possibilità di estendere transfinitamente l'aritmetica. I primi due tra i brani che riportiamo riguardano alcune significative definizioni cantoriane. Nel terzo l'autore propone un originale procedimento di dimostrazione: quello per diagonale. L'ultimo brano è relativo alla generazione dei numeri transfiniti.

(A) Chiamo ben definita una varietà (un aggregato, un insieme) di elementi che appartengono ad una qualche sfera concettuale, quando, sulla base della sua definizione e del principio logico del terzo escluso, è necessario considerare come interamente determinato sia se un qualunque oggetto appartenente alla stessa sfera concettuale è, o no, elemento della varietà, sia pure se due soggetti appartenenti all'insieme sono o no tra loro uguali, nonostante le differenze formali nel modo di essere dati.

GEORG CANTOR, *Über unendliche lineare punkt.*

(B) Mi pare che l'infinito matematico, per quanto ha fin qui trovato un'applicazione riconosciuta alla scienza, ed ha contribuito alla sua propria utilizzazione, si presenti in primo luogo, nell'interpretazione di una variabile, crescente sopra ogni limite o decrescente nell'arbitrariamente piccolo, e che si trovi però sempre come grandezza che permane finita. Chiamo questo tipo di infinito improprio.

Inoltre in tempi, recenti e recentissimi, si è presentato, nella geometria come nella teoria delle funzioni, un altro tipo ugualmente accettato di concetto di infinito; in base ad esso, ad esempio, nello studio analitico di variabile complessa, è divenuto necessario, e generalmente consueto, immaginarsi - nel piano rappresentante la variabile complessa - un unico punto giacente all'infinito, ovvero infinitamente lontano, ma ben definito, e quindi esaminare il comportamento della funzione in prossimità di questo punto come di un qualsiasi altro. Ne risulta che il comportamento della funzione in prossimità del punto infinitamente lontano, ha le stesse caratteristiche che presso ogni altro punto posto nel finito; così si giustifica l'idea che in questo caso l'infinito debba essere concentrato in un punto ben determinato. Quando l'infinito occorre in una tale forma determinata, lo chiamo infinito proprio.

Teniamo ben distinti - per la comprensione del seguito - questi due modi di presentarsi dell'infinito matematico che hanno prodotto, in ambedue le forme, i più grandi progressi nella geometria, nell'analisi e nella fisica matematica.

Lecture

Russell scrive a Frege: *“ho incontrato una difficoltà”*

Friday'hill, Haslemere, 16 giugno 1902

Caro collega,

(...) Io mi trovo in completo accordo con lei in tutte le cose essenziali, particolar-

Domande	Autori	Filosofia	Matematica	Testi
5°nucleo: L'infinito e la crisi dei fondamenti				
Quali sviluppi ha il concetto di infinito nel '900?	Bertrand Russell (1872-1970) Kurt Gödel (1906-1978)	Le Antinomie e la crisi dei fondamenti Formalisti e Logicisti	L'antinomia di Cantor L'antinomia di Russell I teoremi di Gödel	<i>Lettera di Russell a Frege</i> <i>Bottazzini, Freguglia, Toti Rigatelli, Fonti per la storia della matematica, Sansoni Firenze 1992</i> <i>L. Lombardo Radice, L'infinito, Ed Riuniti, p. 84.</i>

mente quando lei respinge ogni momento psicologico nella logica, e quando lei ripone grande valore in una ideografia per la fondazione della matematica e della logica formale, che sia detto incidentalmente, è ben difficile distinguere (...) C'è solo un punto in cui io ho incontrato una difficoltà (...) Sia w il predicato: "essere un predicato che non può essere il predicato di sé stesso". Può w essere predicato di sé stesso? Da ogni risposta discende l'opposta. Perciò dobbiamo concludere che w non è un predicato. Similmente non esiste (come totalità) una classe di tutte le classi che, prese ciascuna come una totalità, non appartengono a se stesse. Da ciò traggio la conclusione che in determinate circostanze una collezione definibile non forma una totalità" (non può cioè, aggiungiamo noi essere considerata come costituente un nuovo elemento).

Vediamo di capire meglio la difficoltà che nel 1902 l'inglese Bertrand Russell (1872-1970) esponeva al tedesco Gottlob Frege.

Antinomia di Russell

"Alcune classi sono elementi (members) di se stesse, altre non lo sono: la classe di tutte le classi è una classe, la classe delle non teiere (notteapots) è una non teiera.

"Consideriamo ora la classe di tutte le classi che non sono elementi di se stesse. Se essa è un elemento di se stessa, allora non è un elemento di se stessa" (in quanto i suoi elementi sono bene le classi non elementi di se stesse).

"Se essa non lo è, lo è" (perché ogni classe non elemento di se stessa appartiene alla classe di tutte le classi che non sono elementi di se stesse).

	Parole chiave	Operazioni	Tempi
	<ul style="list-style-type: none"> - Antinomia - Classe - Coerenza - Non contraddizione 	<ul style="list-style-type: none"> - Lettura e analisi dei brani tratti dai testi indicati(*) - L'antinomia di Cantor - L'antinomia di Russell - I teoremi di Gödel 	6h: 1h compres. (*) 2h filos. 2h matem. 1h verifica

Questa antinomia può essere esposta in modo più chiaro. Vediamolo. Ci sono alcuni attributi che convengono a se stessi. Così, l'aggettivo italiano è italiano, l'aggettivo sdrucchiolo è sdrucchiolo, quello polisillabo è polisillabo. Altri, invece, non convengono a se stessi, non predicano una proprietà da essi stessa posseduta: tronco non è una parola tronca, monosillabo non è monosillabo.

Chiamiamo eterologico l'aggettivo che esprime la proprietà di un attributo di non convenire a se stesso. Poniamo la domanda: eterologico è eterologico o no? Risposte:

- 1) Se eterologico è eterologico, non è eterologico (perché non conviene a se stesso).
- 2) Se eterologico non è eterologico, allora è eterologico (perché conviene a se stesso).

Il circolo si chiude su se stesso, viziosamente:

Se sì, allora no, se no allora sì.

esercizi per gli studenti:

– Definisci le seguenti parole chiave:

Infinito matematico, infinito proprio, infinito categorematico, infinito sincategorematico.

– descrivi le argomentazioni usate da Russell nell'esposizione della antinomia.

BIBLIOGRAFIA E POSSIBILI APPROFONDIMENTI

ARISTOTELE, *Opere*, vol. 3 Fisica, Laterza, Roma-Bari.

ARISTOTELE, *Opere*, vol. 6 Metafisica, Laterza, Roma-Bari.

GIORGIO TOMASO BAGNI, *Storia della Matematica*, voll. 1 e 2, Pitagora, Bologna.

BOTTAZZINI - FREGUGLIA - TOTI RIGATELLI, *Fonti per la storia della matematica*, Sansoni, Firenze.

CARL R. BOYER, *Storia della matematica*, Mondadori, Milano.

BRUNO D'AMORE, *Bibliografia in progress "L'infinito in didattica della matematica"*, in "La matematica e la sua didattica", n. 3 1997, pp. 289-305.

GALILEO GALILEI, *Opere*, voll. 1 e 2, Utet, Torino.

GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ, *Opere filosofiche*, voll. 1, 2 e 3, Utet, Torino.

MORRIS KLINE, *Storia del pensiero matematico*, Einaudi, Torino.

LUCIO LOMBARDO RADICE, *L'infinito*, Editori Riuniti, Roma.

ISAAC NEWTON, *Opere*, voll. 1 e 2, Utet, Torino.

ANDREA SANI, *Infinito*, La Nuova Italia, Firenze.

PAOLO ZELLINI, *Breve storia dell'infinito*, Adelphi, Milano.

DALL'ANALISI DI UN CASO ALLA COSTRUZIONE DEL MODELLO INTERPRETATIVO

Si propone il modulo in una attività di compresenza da svolgersi in un secondo anno di corso di filosofia liceale, durante il secondo quadrimestre in circa 16/17 ore.

Caso prescelto:

Disputa Newton e Leibniz sulla scoperta del calcolo infinitesimale

prerequisiti

conoscenze

- conoscere elementi di base della rivoluzione scientifica dell'età moderna
- avere acquisito elementi di lessico specifico filosofico e matematico

competenze

- saper analizzare testi filosofici/scientifici, secondo alcune elementari operazioni concettuali
- saper argomentare facendo riferimento ad alcuni modelli filosofici/scientifici
- saper problematizzare, nel senso di saper cogliere le domande di senso e gli aspetti essenziali di una tematica filosofica e scientifica
- saper contestualizzare, storicizzare, attualizzare

competenze specifiche del modulo

1. saper individuare analogie-differenze fra concetti, modelli, metodi del sapere scientifico e filosofico;
2. saper cogliere alcuni significati e problematiche relative al concetto di infinito;
3. saper utilizzare lessico e categorie specifiche della filosofia e della matematica;
4. saper definire alcuni elementi di calcolo infinitesimale: cogliere l'importanza del principio di continuità e del concetto di limite;
5. saper analizzare testi filosofico-scientifici, compiendo su essi alcune fondamentali operazioni: individuare e comprendere termini e concetti, enucleare idee centrali, rintracciare e definire la tesi, individuare la strategia argomentativa;
6. saper confrontare risposte, soluzioni differenti allo stesso problema.

FASE 1: *il presente* (2 h)

Alcune brevi letture/stimolo:

M. DUMMET, *Analitici e Continentali*, in Domenica, "Sole - 24 ore", del 27.07.97
G. VATTIMO, *Prefazione* a D'Agostini, *Analitici e Continentali*, Cortina, 1997, pp. XI-XV

F. D'AGOSTINI, *Introduzione* a *Analitici e Continentali*, cit.

Si svolgerà un lavoro di analisi e problematizzazione per far emergere la nozione di *grammatica filosofica*, come strumento di lettura e comprensione, mappa per orientarsi nella complessità e varietà delle forme di pensiero, dando legittimazione alle pur diverse e contemporanee proposte filosofiche.

Si potrà altresì individuare l'ipotesi storiografica sottostante, vale a dire l'esistenza di due tradizioni primarie e parallele riconducibili ad alcune caratteristiche di fondo (secondo la prospettiva del kuhniano concetto di paradigma).

Consegne di lavoro per gli studenti:

individuazione degli aspetti paradigmatici e loro confronto nella compilazione di una tabella comparativa. Si potrà infine soprattutto evidenziare come le tradizioni di riferimento delle due forme di pensiero siano identificabili nella dicotomia empirismo razionalistico (analitici) vs razionalismo metafisico (continentali)

FASE 2: *il passato* (9 h)

2a) *I. Newton*

testi: I. NEWTON, *Sulla quadratura delle curve*, in Castelnovo, *Le origini del calcolo infinitesimale*, Feltrinelli, Milano 1962, passi scelti.

trattazione matematica

1. problemi fondamentali
 - a) data la legge del moto determinare la velocità
date le fluenti trovare le flussioni
 - b) data la velocità determinare la legge del moto
date le flussioni, determinare le fluenti
2. la prima rappresentazione geometrica del calcolo
3. il calcolo infinitesimale
4. il concetto di "ultime ragioni"
5. la determinazione algebrica delle flussioni

Il problema dell'infinito in Newton

È procedura del calcolo fondata sull'abbandono del concetto di infinito in atto. Newton parte da una suddivisione finita e in relazione a essa compie un calcolo approssimato che diviene esattezza quando il numero delle parti tende all'infinito, diventando ciascuna parte "evanescente", cioè infinitesima.

Riflessione filosofica

strumento di comprensione delle leggi fisiche, il problema della costruzione di un modello fisico del mondo;

contestualizzazione

Newton nella storia del pensiero scientifico, come modello della fisica classica, (confronto con Galileo) con particolare attenzione alla sua impostazione metodologica;

lessico

flussione/fluenti; simbologia (x, y, z, x, y, z, o); calcolo e regole del calcolo; infinito come inverso dell'infinitesimo; "ultime ragioni";

operazioni sul testo

analisi: individuare concetti, parole chiave, uso di connettivi, analogie, sviluppo dell'argomentazione; assiomi/premesse, conclusioni.

sintesi: costruzione di una mappa per riprodurre il modello di razionalità newtoniano, evidenziando le interconnessioni fra gli oggetti matematici (sia di tipo geometrico che algebrico);

2b) *G. W. Leibniz*

testi: G. W. LEIBNIZ, *Nova Methodus*, passi scelti

G.W. LEIBNIZ, *De Materia Prima*, VI, 2

G.W. LEIBNIZ, *Scritti filosofici*, Torino, Utet, 2000, vol. II

trattazione matematica

1. problemi fondamentali
 - a) il problema delle tangenti (per curve qualsiasi)
 - b) il problema della quadratura (per curve qualsiasi)
2. il rapporto differenziale

Il problema dell'infinito in Leibniz

accettazione dell'infinito attuale: in ogni istante la "materia" è divisa in un'infinità di parti e ciascuna parte è divisa in atto all'infinito (in ciascun istante in un modo determinato).

la riflessione filosofica

il progetto della "caratteristica universale" il linguaggio simbolico come calcolo di tipo algebrico;

contestualizzazione

Leibniz nella storia del pensiero scientifico come impostazione logica del procedere matematico;

lessico

calcolo, algoritmo, simbologia dx, il principio di continuità del reale, infinito/infinitesimo;

operazioni sul testo

analisi: individuare concetti, parole chiave, uso di connettivi, analogie, sviluppo dell'argomentazione; assiomi/premesse, conclusioni.

sintesi: costruzione di una mappa per riprodurre il modello di razionalità newtoniano, evidenziando le interconnessioni fra gli oggetti matematici (sia di tipo geometrico che algebrico)

2c) *Ricostruzione storica della disputa* (3 h)

analisi di testi significativi (es. Berkeley, Locke)

Fare emergere la configurazione di due scuole di pensiero: la *Royal Society*, in Inghilterra e l'egemonia leibniziana in Europa, alla base della nascita della logica formale

La trattazione dell'infinito come chiave di lettura della disputa:

- l'infinito newtoniano è strumento di calcolo, la realtà è solo fisica;
- l'infinito leibniziano implica una concezione della materia qualitativamente infinita (ascendenza neoplatonica), per cui anche l'oggetto spirituale (il "punto inesteso" è dotato di realtà);
- riflessione sulla diversa modalità argomentativa della tematica: Newton pare "salire dal basso", Leibniz "scendere dall'alto" (infinito potenziale vs infinito attuale).

FASE 3: *ritorno al presente* (4 h)

3a) *considerazioni conclusive*

lavoro degli studenti: operazione di confronto per cogliere continuità e discontinuità fra il modello analitici/ continentali e il caso esaminato: *fino a che punto e come* si può leggere il passato con una delle categorie interpretative del presente

3b) *verifica*

a conclusione del modulo si propone una prova di verifica nella tipologia della scrittura documentata, per misurare le competenze di problematizzazione, analisi, argomentazione, stabilite in fase di progettazione. I testi proposti potranno essere scelti sia dai materiali del modulo, sia da altri attinenti alla tematica e riguardare anche specifici argomenti matematici.

LETTURE

LA QUADRATURA DELLE CURVE

Solo nel 1704, in appendice all'ottica e a quasi trent'anni dalla sua redazione, Newton died alle stampe il suo scritto *De quadratura curvarum*, nel quale presentava il metodo delle fluenti e delle flussioni.

Newton vi presentava la propria concezione della generazione delle grandezze matematiche, che, con il metodo delle prime ed ultime ragioni di quantità evanescenti, adottato nei *Principia*, egli riteneva in armonia con la geometria degli antichi.

“Considero in questo lavoro le grandezze matematiche non come costituite di parti piccole a piacere ma come generate da un moto continuo.

Le linee vengono descritte non mediante addizione di parti, ma per moto continuo di punti; la superficie per moto di linee; i solidi per moto di superficie, gli angoli per rotazione dei loro lati; i tempi per flusso continuo e così in altri casi analoghi.

Queste generazioni hanno veramente luogo in natura, e si osservano ogni giorno nel movimento dei corpi. In questo gli antichi indicarono le generazioni del rettangolo come descritto da un segmento mobile perpendicolare ad un segmento fisso.

Considerando dunque che quantità generate, crescendo in tempi attuali, riescono maggiori o minori secondo la velocità maggiore o minore con cui crescono, ho cercato un metodo per determinare le grandezze dalle velocità dei moti o degli incrementi con cui si generano; chiamando flussioni queste velocità di accrescimento, e fluenti le quantità generate, giunsi a poco a poco negli anni 1665 e 1666 al metodo delle flussioni del quale qui faccio uso nella quadratura delle curve.

Le flussioni si possono considerare con approssimazione arbitrariamente grandi come gli incrementi delle fluenti, generati durante intervalli uguali di tempo piccoli a piacere; in modo più preciso sono direttamente proporzionali agli incrementi istantanei delle fluenti, e si possono poi rappresentare mediante linee qualsiasi ad esse proporzionali”.

LETTERA DI NEWTON A OLDENBURG, 13 giugno 1676, da trasmettere a Leibniz

Quantunque Leibniz, negli estratti della lettera che voi mi avete inviato poco tempo fa, attribuisca modestamente ai nostri connazionali gran parte del merito del calcolo delle serie infinite, di cui è ormai incominciata a diffondersi la fama, non ho nessun dubbio che sia riuscito a trovare non solo, come asserisce, il metodo per ridurre a simili serie qualsiasi quantità ma anche vari procedimenti, simili forse, se non migliori ai nostri.

Ma poiché vuole sapere cosa sia stato scoperto da noi, in Inghilterra su questa materia, di cui io stesso alcuni anni fa mi sono interessato, per venire incontro, almeno

in parte, alle sue preghiere, vi trasmetto alcune fra le cose che ho avuto la fortuna di trovare.

Le frazioni possono essere ridotte a serie infinite mediante divisione; e così le quantità radicali mediante estrazioni di radici, ordinando queste operazioni in classi nello stesso modo con cui di solito si ordinano i numeri decimali.

G. W. LEIBNIZ, *scritti filosofici*, Torino, UTET, 2000, vol. II, p. 33.

“Bisogna concepire lo spazio come pieno di una materia originariamente fluida, suscettibile di tutte le divisioni e soggetta attualmente anche a divisioni e suddivisioni all’infinito; ma con questa differenza però, che essa è divisibile e divisa inegualmente in punti diversi, a causa dei movimenti che sono già in essa, più o meno cospiranti tra loro. Essa ha perciò ovunque un certo grado di rigidità, così come di fluidità, e non vi è alcun corpo che non sia duro o fluido al massimo grado, tale cioè che vi si trovi un atomo di durezza insormontabile o qualche massa del tutto indifferente alla divisione”.

“Nello stagno non sia pianta né pesce, esse ne contengono tuttavia ancora altri, ma il più delle volte di una sottigliezza per noi impercettibile”.

[Ivi, vol. III, pp. 463-64].

Leibniz accetta l’infinito attuale: in ogni istante la “materia” è divisa in un’infinità di parti.

Ciascuna parte è divisa in atto all’infinito (in ciascun istante in un modo determinato).

IL PROBLEMA DELLE TANGENTI

LETTERA DI NEWTON A OLDENBURG, 24 ottobre 1676, da trasmettere a Leibniz.

“Mi sono interessato a molte altre cose, fra le quali un metodo per tracciare le tangenti, che già l’espertissimo Slusio ebbe a comunicarvi due o tre anni fa. In quella occasione, dietro suggerimento di Collins, rispondeste che quel metodo mi era già noto. Sia io che Slusio l’avevamo scoperto, seguendo un diverso cammino. Infatti il mio procedimento non ha bisogno di dimostrazione e, una volta accettato il mio fondamento, nessuno ha più potuto tracciare diversamente le tangenti, a meno che non volesse di proposito allontanarsi dalla retta via.

Con questo mio metodo non ci si arresta davanti le equazioni, comunque affette da esponente, in cui compaiono radicali aventi una o entrambe le quantità indefinite, ma senza dover compiere nessuna riduzione di tali equazioni (che nella maggior parte dei casi richiederebbe un immenso lavoro) si traccia immediatamente la tangente.

Egualemente si svolge la cosa nelle questioni dei massimi e dei minimi, e in altre di cui ora non sto a parlare”.

IL CALCOLO LEIBNZIANO DELLE DIFFERENZE. Lettera di Leibniz a Oldenburg, 21 giugno 1677, da trasmettere a Newton.

La precedente lettera di Newton fu inviata a Leibniz solo il 2 maggio 1677.

Nella sua risposta, a pochi giorni di distanza, quest'ultimo delineava gli elementi essenziali del suo calcolo delle differenze (o calcolo differenziale, come si dirà in seguito). Questa precisazione temporale acquista pieno significato quando si pensi alla furibonda polemica sulla priorità dell'invenzione del calcolo, che si scatenò all'inizio del settecento. Infatti, Leibniz sarà tra l'altro accusato dai suoi avversari (in primo luogo da Newton, seppur dietro la formula anonima di una recensio al *Commercium epistolicum*, la raccolta di lettere attinenti la nascita del calcolo, curata dalla Royal Society) di aver atteso quasi un anno prima di rispondere al suo interlocutore. Un tempo più che sufficiente per permettere a Leibniz di elaborare il calcolo delle differenze sulla traccia di quello newtoniano.

Le accuse di plagio a Leibniz si sono tuttavia storicamente rivelate senza fondamento. Anche se la priorità della creazione tocca certamente a Newton (cosa che non fu mai seriamente contestata) non c'è alcun dubbio sul fatto che Leibniz giunse autonomamente al proprio calcolo.

“Ho ricevuto la vostra lettera tanto attesa, con inclusa quella bellissima di Newton, che leggerò più di una volta con tutta la cura e meditazione che merita. Per mi limiterò ad annotare solo poche cose che ho visto rapidamente in una prima lettura.

Particolarmente interessante quanto Newton ha detto sulla scoperta dei suoi eleganti teoremi. E pure interessanti sono le sue osservazioni sulle interpolazioni di Wallis, perché con questo procedimento se ne può ottenere la dimostrazione, mentre prima, per quanto possa saperne, ci si doveva accontentare della semplice induzione, quantunque si sia riusciti a dimostrarne una parte mediante le tangenti.

Son d'accordo con il celeberrimo Newton nel ritenere non ancora compiuto il metodo delle tangenti di Slusio. Già da molto tempo ho trattato più generalmente la materia delle tangenti, servendomi delle differenze delle ordinate”

G.W. LEIBNIZ, *Scritti filosofici*, II p. 265

“Poiché (per quanto paradossale ciò possa sembrare) è impossibile per noi avere la conoscenza degli individui e trovare il modo di determinare esattamente l'individualità di una qualunque cosa, a meno di conservarla inalterata; poiché tutte le circostanze possono ripetersi, le più piccole differenze ci sono insensibili e il luogo o il tempo, ben

lungi dal determinare di per sé, hanno bisogno anch'essi di esser determinati dalle cose che contengono. Ciò che vi è di più considerevole in questo fatto è che l'individuo racchiude l'infinito, e solo colui che è capace di comprenderlo può avere la conoscenza del principio di individuazione di questa o quella cosa”.

Esercizi per gli studenti:

Descrivi le seguenti parole chiave e le loro definizioni:

- il metodo delle flussioni
- il metodo delle fluenti
- il metodo delle serie infinite
- il metodo delle tangenti

3. PERCORSO PROBLEMatico

PROBLEMA: *IN QUANTI MODI SI DICE L'INFINITO?*

“Da tempo immemorabile l'infinito ha suscitato le passioni umane più di ogni altra questione. E' difficile trovare un'idea che abbia stimolato la mente in modo altrettanto fruttuoso, tuttavia nessun altro concetto ha più bisogno di chiarificazione.”

D. HILBERT, *Sull'infinito*

“ ...bisogna dunque definire in quanti modi si dice l'infinito.”

ARISTOTELE, *La Fisica*

Destinatari: penultimo anno di scuola superiore

Tempi: 20/22 ore

8/10 ore in compresenza

6 ore di lezione disciplinare

4 ore di laboratorio

2 ore di verifica

Premessa

A - Presentazione dei vari ambiti nei quali si manifesta il problema dell'infinito

1. nello spazio
2. nel tempo
3. nel pensiero
4. nei numeri

5. nella logica
6. nell'immaginazione
7. nelle arti
8. nella letteratura

B - Introduzione al tema dell'infinito attraverso le suggestioni evocate da letture di testi e di opere figurative e dall'ascolto di brani musicali (Pascal, Borges, Kafka, Leopardi, Calvino, Escher, Bach, Kubrick, ...)

C - Perché questa scelta tematica.

Pur tenendo conto delle diverse definizioni che sono state date dell'infinito, crediamo che si possa assumere come formula complessiva da cui muovere quella per cui *l'infinito nasce come riflessione sul finito e sul limitato*.

Infatti il concetto di infinito è sempre stato collegato all'esistenza degli enti, cioè al mondo, considerato come totalità degli enti finiti, o come manifestazione di tutti gli enti possibili, per cui si può dire realmente che la storia del concetto di infinito coincide con la storia stessa della filosofia. Il *problema dell'infinito* si configura nella riflessione filosofica, come il problema del rapporto fra il pensiero e le cose e, nella riflessione matematica, come la costruzione di modelli interpretativi del reale sempre più esaustivi.

Se è vero che il contenuto di un pensiero, di una cosa, di un ente è sempre determinato, segnato da limiti oggettivi (*questa cosa, questo ente, ecc.*), è anche vero che il pensiero non si ferma mai ad un singolo oggetto di conoscenza, ma moltiplica indefinitamente la propria attività in una inesauribile (infinita) possibilità di nuove conoscenze. Sia nella conoscenza sensibile che emerge in una ben determinata situazione spazio-temporale, sia nella conoscenza intellettuale che coglie l'oggetto in quanto lo 'definisce', il *limite* è la condizione necessaria per avere un qualsiasi contenuto attuale.

Ogni superamento del limite pone quindi il problema dell'infinito, della sua natura e della sua legittimità in rapporto alle cose 'finite'.

SCHEMI DEL PERCORSO DIDATTICO

1. APORIE DELL'INFINITO

Perché l'infinito conduce a conclusioni paradossali?

AUTORE	TESTI	OPERAZIONI	LESSICO	CORRISPONDENZE MAT/FIL
Zenone	Aristotele Simplicio Diogene Laerzio <i>Argomenti contro movimento, molteplicità e divisibilità</i>	1. <i>numericamente</i> Somma di infiniti termini 2. <i>logicamente</i> paradosso ragionamento per assurdo 3. procedimento algoritmico (oggi) 4. procedimento simbolico (oggi)	- Limitato/ illimitato - Discreto/ continuo - Dialettica - Paradosso	FILOSOFIA unicità dell'essere, negazione della molteplicità e problematicità dell'infinito MATEMATICA Operazioni numeriche e argomentazioni logiche versus senso comune

Links:

- Rapporto tra esperienza e ragione
- Ragionare per paradossi
- *Achille e la tartaruga* secondo L. Carroll

2. INFINITO COME POTENZA

Perché l'infinito in atto non è né possibile né pensabile?

AUTORE	TESTI	OPERAZIONI	LESSICO	CORRISPONDENZE MAT/FIL
Aristotele	- Fisica III 4, 6 - Del cielo	Analisi Argomentazioni Discussione Applicazioni del sillogismo	Numero Spazio Tempo Movimento Potenza/atto Divisione/ composizione (sommatoria) Dimostrazione	FILOSOFIA Concezione finitista del cosmo e della natura MATEMATICA Negazione dell'infinito attuale; affermazione dell'infinito potenziale

Links:

- Numeri: interi e razionali e reali; insiemi discreti, densi e continui
- Procedimenti algoritmici di tipo iterativo
- Confronto con le teorie dello spazio e del tempo di Platone
- Importanza del 'paradigma' aristotelico nell'evoluzione della storia della matematica

3. INFINITO MATEMATICO E INFINITO METAFISICO

Perché l'infinito in atto è sia possibile sia pensabile?

AUTORE	TESTI	OPERAZIONI	LESSICO	CORRISPONDENZE MAT/FIL
Leibniz	Mathematische Schriften (1962) Saggi di Teodicea <i>Lettera ad Arnauld. Discorso di metafisica. Della libertà. In Scritti filosofici</i> , I-II UTET 1988	Analisi Argomentazioni Discussione Logica intensiva Aritmetizzazione del calcolo Determinazione della retta tangente alla curva in un punto Determinazione di aree	- Necessario/ contingente - Finalismo - Libertà - Labirinto - Errore - Verità - Divisibile/ indivisibile - Limite - Continuità - Simbologia (differenziale, integrale) - Massimo/ minimo	FILOSOFIA/MATEMATICA 1. monadi e divisibilità all'infinito del continuo 2. le verità contingenti e il calcolo infinitesimale

Links:

- Logica simbolica
- Teologia e matematica nel '600
- Sistemazione teorica dell'Analisi
- Definizione di numero reale

Competenze

- Saper inquadrare dal punto di vista storico il concetto di infinito, cogliendone i diversi significati, la problematicità e le soluzioni storicamente e concettualmente rilevanti;
- Saper descrivere le proprietà degli insiemi numerici coinvolti nella trattazione;
- Saper individuare con rigore alcuni concetti fondamentali;
- Saper utilizzare il lessico e le categorie specifiche della filosofia e della matematica;
- Saper analizzare testi filosofici, compiendo su di essi alcune fondamentali operazioni: individuare e comprendere termini e concetti, enucleare le idee centrali, rintracciare e definire la tesi, individuare la strategia argomentativa;
- Saper distinguere e analizzare alcune tipologie argomentative specifiche: l'inferenza, la deduzione, la dimostrazione, la dimostrazione per assurdo, il paradosso;

- Saper confrontare risposte e soluzioni differenti allo stesso problema;
- Saper descrivere e utilizzare i procedimenti matematici implicati nelle diverse concezioni dell'infinito;
- Saper cogliere, oltre allo sviluppo storico del concetto di infinito, anche quello problematico.

Verifiche

Le verifiche sono dirette ad individuare la comprensione dei testi e dei problemi attraverso l'analisi, la problematizzazione, l'individuazione delle parole chiave e delle strutture argomentative; per quanto riguarda in particolare la matematica, si tratta anche di individuare l'uso opportuno di strumenti, simboli e procedure.

LETTURA

LETTERA DI LEIBNIZ AD ARNAULD DEL 14 LUGLIO 1686. IN QUESTA LETTERA VI È RAPPRESENTATA LA PRIMA STESURA DELLA VISIONE DELLA METAFISICA LEIBNIZIANA

“Sempre, in ogni proposizione affermativa vera, necessaria o contingente, universale o singolare, la nozione del predicato è compresa in qualche modo in quella del soggetto, praedicatum inest subjecto; altrimenti non so che cosa sia la verità.

Ebbene io non chiedo maggior legame, qui, di quello che si trova a parte rei tra i termini di una proposizione verace; e solo in questo senso dico che la nozione della sostanza individuale racchiude tutti i suoi avvenimenti e tutte le sue denominazioni: perché occorre sempre che vi sia qualche fondamento della connessione dei termini d'una proposizione, che deve trovarsi nelle loro nozioni. Questo è il mio gran principio, su cui credo che tutti i filosofi debbano essere d'accordo; e uno dei suoi corollari è quell'assioma comune, che nulla avviene senza ragione, che si può sempre dire perché la cosa è andata così piuttosto che altrimenti, sebbene spesso questa ragione inclini senza necessitare, essendo l'indifferenza perfetta una supposizione chimerica o incompleta. Come si vede dal principio suddetto traggio conseguenze sorprendenti: ma questo accade perché non si è abituati a seguire abbastanza innanzi le conoscenze più chiare.

Del resto la proposizione che ha occasionato tutta questa discussione è molto importante, e merita di essere ben stabilita, perché ne segue che ogni sostanza individuale esprime l'universo intero, a suo modo e sotto un certo rapporto, o, per dir così, secondo il punto di vista da cui esso lo guarda; e che il suo stato successivo è un seguito (per quanto libero e affatto contingente) del suo stato precedente, come se al mondo non ci fossero che lei e Dio. Sicché ciascuna sostanza individuale, o essere completo è come un mondo a parte, indipendente da ogni altra cosa salvo Dio. Non v'è argomento altrettanto forte per dimostrare, non solo l'indistruttibilità della nostra

anima, ma anche che essa conserva sempre nella sua natura le tracce di tutti i suoi precedenti, con un ricordo virtuale che può sempre venire eccitato, poiché essa ha coscienza, o conosce in se stessa ciò che ognuno chiama "io". Questo lo rende suscettibile di qualità morali, e di castigo e di ricompensa, anche dopo questa vita.

Infatti l'immortalità senza ricordo non servirebbe a nulla. Ma quell'indipendenza non impedisce il commercio delle sostanze tra loro, perché essendo tutte le sostanze create una produzione continua dello stesso essere sovrano, secondo gli stessi disegni, ed esprimendo lo stesso universo o gli stessi fenomeni, esse vanno perfettamente d'accordo; e questo fa sì che diciamo che l'una agisce sull'altra, perché l'una esprime più chiaramente dell'altra la causa o ragione dei mutamenti, pressappoco come attribuiamo il movimento piuttosto alla nave che ha tutto il mare, e con ragione, sebbene, astrattamente parlando, si possa sostenere una diversa ipotesi del movimento, dato che il movimento in se stesso, facendo astrazione dalla causa, è sempre qualcosa di relativo. Proprio così credo si debba intendere il commercio delle sostanze create da loro, e non per una influenza o indipendenza, fisica reale, che non si potrà mai concepire distintamente. Per questo quando si tratta dell'unione dell'anima e del corpo, e dell'azione o passione di uno spirito rispetto a un'altra creatura, parecchi sono stati costretti a riconoscere concordemente che un loro commercio diretto è inconcepibile.

Peraltro l'ipotesi delle cause occasionali non soddisfa, mi sembra un filosofo. Poiché essa introduce una sorta di miracolo continuo, come se Dio ogni istante mutasse le leggi dei corpi all'occasione dei pensieri degli spiriti, o mutasse il corso regolare dei pensieri dell'anima, eccitandovi altri pensieri all'occasione dei movimenti dei corpi; e in genere, come se Dio d'ordinario si interessasse d'altro che di conservare ogni sostanza nel suo corso e nelle leggi per essa stabilite. Non c'è dunque che l'ipotesi delle concomitanza o dell'accordo delle sostanze tra di loro, che spieghi tutto in modo comprensibile e degno di Dio, e che, anzi, sia dimostrativa e inevitabile, a mio parere in base alla proposizione che abbiamo stabilito, mi sembra pure che essa si accordi molto meglio con la libertà delle creature ragionevoli che l'ipotesi delle impressioni, o quella delle cause occasionali. Dio ha creato fin da principio l'anima in modo che d'ordinario non sono necessari quei mutamenti; e ciò che sopravviene all'anima nasce in lei dal suo proprio fondo, senza che essa debba regularsi via via sul corpo, o il corpo sull'anima. Ciascuno seguendo le sue leggi, e l'uno agendo liberamente e l'altro senza scelta, entrambi s'incontrano negli stessi fenomeni. L'anima tuttavia, non cessa d'essere la forma del proprio corpo, poiché esprime i fenomeni di tutti gli altri corpi secondo il rapporto col proprio.

Desterà forse maggior sorpresa che io neghi l'azione di una sostanza corporea sull'altra, che pure sembra così chiara. Ma a parte che già altri l'han fatto, occorre considerare che è piuttosto un gioco dell'immaginazione che una concezione distinta. Se il corpo è una sostanza e non un semplice fenomeno come l'arcobaleno, né un essere unito per accidente o per aggregazione come un mucchio di pietre, esso non può con-

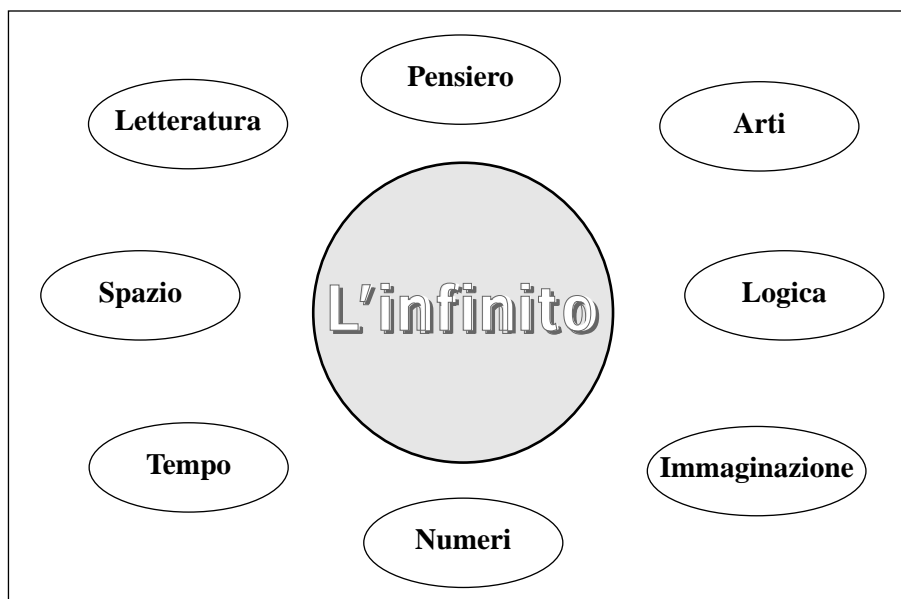
sistere nell'estensione, e occorre necessariamente concepire qualcosa che si chiama "forma sostanziale", e che corrisponde in qualche modo all'anima. Ma ne sono alla fine persuaso, quasi a mio dispetto, dopo aver avuto tutt'altre convinzioni. E tuttavia, per quanto segua gli scolastici in questa spiegazione generale, e per dir così, metafisica dei principi dei corpi, sono corpuscolare quant'altri mai nella spiegazione dei fenomeni particolari, dove non significa nulla addurre la forme o le qualità. Sempre si deve spiegare la natura matematicamente e meccanicamente, purché si sappia che i principi stessi, o leggi della meccanica o forza, non dipendono dalla sola estensione matematica, ma da ragioni metafisiche.

Esercizi:

Su questo testo lo studente è chiamato a compiere le seguenti operazioni:

- Individuazione del principio di ragione sufficiente.
- Individuazione della nozione di sostanza individuale.
- Definizione dei concetti di verità necessarie e verità contingenti

A conclusione del percorso si potrà proporre agli studenti un lavoro di sintesi che, a partire da un testo di matematica e/o di filosofia, consenta di verificare le conoscenze acquisite e la capacità di stabilire le opportune connessioni tra la riflessione matematica e quella filosofica.



BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. *L'infinito*, in *Le Scienze - Dossier*, n. 8, 2001.
- U. BOTTAZZINI, *Filosofia e matematica*, in P. Rossi (a cura di) *Filosofia*, vol. II "La filosofia e le scienze", UTET, Torino 1995.
- J. COHN, *Histoire de l'infini*, Les Edition du Cerf, Paris 1994.
- G. DE SANTILLANA, H. VON DECHEND, *Il Mulino di Amleto. Saggio sul mito e la struttura del mito*, Adelphi, Milano 1984.
- E. MAOR, *All'infinito e oltre. Storia culturale del concetto d'infinito*, Mursia, Milano 1993.
- G. MICHELI, *Infinito*, in *Enciclopedia Einaudi*, v. VIII s.v., Torino 1978.
- F. MONNOYEUR, (a cura di) *Infini des mathematiens, infini des philosophes*, Belin, Paris 1992.
- ID. (a cura di), *Infini des philosophes, infini des astronomes*, Belin, Paris 1995.
- A.W. MOORE, *Una breve storia dell'infinito*, in *Le Scienze*, 1995, n. 322.
- L. LOMBARDO RADICE, *L'infinito*, Ed. Riuniti, Roma 1981.
- R. RUCKER, *La mente e l'infinito*, Franco Muzio, Padova 1981.
- A. SANI, *L'infinito*, La Nuova Italia, Firenze 1998.
- G. SEMERANO, *L'infinito: un equivoco millenario*, B. Mondadori, Milano 2001.
- G. TORALDO DI FRANCA, *L'infinito nella scienza*, Ist. dell'Enciclopedia Italiana, Roma 1987.
- M. KLINE, *Storia del pensiero matematico*, Einaudi, vol. I, Torino 1996.
- P. ZELLINI, *Breve storia dell'infinito*, Adelphi, Milano 1980.

Le parole della fisica, della filosofia ed il problema del tempo

Coordinatore: Bianca Maria Ventura

Rapporteur: Dario Zucchello

Componenti:

Gennaro Boggia, Lorenzo Borelli, Antonio Celotta, Patrizia Cocchi,
Patrizia Fattori, Mirella Fortino, Annalia Gallo, Francesca Gambetti,
Enza Maria Magnasco,
Mario Franco Parabiaghi,
Roberto Ricci, Giovanni Rossetti, Federica Sgarbi, Rita Stilli.

PREMESSA

L'attuale dibattito sull'insegnamento della filosofia (a quale età?, in quali forme?, con quali finalità?) ha evidenziato con forza crescente la natura *transdisciplinare* del sapere filosofico, sia a livello di metodi sia a livello di contenuti. Ciò implica, sul piano didattico, la necessità di un continuo incontro - confronto tra la *filosofia* e gli altri *saperi*, soprattutto quello *scientifico*, che nella tradizione scolastica italiana le resta più lontano rispetto agli altri saperi della cosiddetta area umanistica. La formazione dell'intelligenza critica, però, chiede il concorrere di tutte le scienze (naturali, matematiche, umane, filosofiche, letterarie ed artistiche) all'efficace utilizzo del pensiero, affinché esso si renda capace di *distinguere* ed *unire*, di cogliere nella realtà ciò che è *complexus, tessuto insieme*¹. È proprio in questa che è stata definita *la sfida del-
Giuliano Barodi, Maddalena Pinto*, che la filosofia riscopre il suo significato all'interno dell'esperienza scolastica.

La filosofia deve eminentemente contribuire allo sviluppo dello spirito problematizzatore. La filosofia è innanzi tutto una forza di interrogazione e di riflessione che verte sui grandi problemi della conoscenza e della condizione umana.²

L'insegnamento – apprendimento della filosofia si inserisce, dunque, all'interno di quella che è stata definita *un'educazione per tutta la vita*, volta ad *insegnare ad apprendere*, a fornire cioè le premesse, in termini di strumenti e motivazioni, per *sostenere apprendimenti sempre più difficili, autonomi e personalizzati*³.

Questo è in fondo il compito del filosofo:

...fare domande che sopravviveranno a tutte le risposte e sollevare dubbi e problemi che saranno ancora aperti quando le sue soluzioni saranno diventate una simpatica curiosità... Lui in generale fa le domande perché crede di avere le risposte e solleva i dubbi perché crede di poterli risolvere, ma così facendo in sostanza non fa che sfidare costantemente ogni automatismo, ogni sicurezza, ogni regola⁴.

IL SENSO DEL PERCORSO

Il percorso *Le parole della fisica, della filosofia ed il problema del tempo* vuole rappresentare, all'interno della *vita di classe*, un'occasione di *riflessione critica guidata* attorno a parole – concetto ricorrenti sia nel linguaggio filosofico, sia in quello della fisica, allo scopo di apprezzarne diversità e ricorrenze semantiche, di ricostruirne il contesto problematico, soprattutto di evitarne un'attribuzione di senso per mera *assonanza*.

L'avvio al percorso viene, dunque, sollecitato dal rapporto tra fisica e filosofia in ordine al problema del tempo: vengono prese in considerazione alcune **parole concetto**, ritenute particolarmente significative per la loro ricorrenza in entrambi gli ambiti disciplinari.

Tali parole vengono tratte da uno stralcio della relazione di Giulio Passatore⁵ riportato di seguito:

¹ Cfr. EDGAR MORIN, *La testa ben fatta*, Cortina, Milano 2000, p. 91

² Ivi, pag. 18

³ Cfr. UMBERTO MARGIOTTA (a cura di), *L'insegnante di qualità*, Armando, Roma, 1999, p. 19

⁴ ERMANNO BENCIVENGA, *Giochiamo con la filosofia*, Mondadori, Milano 1990, p. 19

⁵ GIULIO PASSATORE, *Aspetti del concetto di tempo nella fisica*, Seminario di studio *Filosofia e saperi scientifici*, Ferrara, 28 novembre 2001

“I concetti della fisica si costruiscono attraverso un complesso processo di analisi critica a partire dai dati dei sensi. Questi sono confusi e qualitativi e portano a immagini intuitive e vaghe. La confusione si supera distinguendo, con il pensiero e con l’esperienza, gli aspetti essenziali da quelli concomitanti e il carattere qualitativo si trasforma in quantitativo definendo procedimenti di misura riproducibili e universali.

Così, in particolare, per il concetto di tempo. Una prima intuizione lo collega al concetto di *evento*, ossia di qualche fatto che si percepisce qui o là e prima o dopo qualche altro. Questa percezione impone la definizione precisa di *durata*, ossia di *intervallo temporale* tra eventi. Ne segue il problema della *reversibilità* della durata, ossia della non reversibilità degli eventi, anche come problema dell’esistenza della *frecchia* del tempo.

(...)

Già nell’ambito dell’esperienza quotidiana il cammino che porta dalla sensazione intuitiva di intervallo tra due eventi, ossia di durata, al corrispondente concetto fisico non è banale. Per convincersene, si rifletta sulla differenza fra misura di tempo e di lunghezza. Per controllare se due regoli hanno la stessa lunghezza, basta affiancarli. E’ impossibile, invece, affiancare due intervalli di tempo che si succedono. E questa difficoltà insita nella definizione di un campione di tempo, ossia di una unità di misura. Per superarla si può procedere come segue.

Si pensi a un fenomeno *ricorrente*, ossia tale che continui a ripetersi: esso è fornito da un qualsiasi sistema che riassume la stessa configurazione. Si pensi ora a due fenomeni ricorrenti tra loro indipendenti. Diciamo che essi sono *sincroni tra loro* se tutte le volte che avvengono *m* cicli del primo avvengono anche *n* cicli del secondo (o loro frazioni costanti). La natura fornisce un insieme di fenomeni che risultano sincroni tra loro. Ciò consente la definizione operativa di *durata costante*: hanno durata costante gli intervalli temporali scanditi da due successive ripetizioni di uno qualsiasi dei fenomeni appartenenti a tale insieme. Un sistema che fornisce un tale fenomeno costituisce un *orologio*.”

Il testo di G. Passatore viene qui assunto come *testo - pretesto*⁶, come occasione per il *lancio delle attività*⁷.

⁶ In sede didattica il criterio della pretestualità consente l’utilizzo di situazioni di apprendimento differenziate ed extrascolastiche e permette la valorizzazione di tutte le occasioni offerte dal territorio di appartenenza (un convegno di studi, una conferenza cittadina, una novità editoriale, ecc.)

⁷ Cfr. la *didattica per progetti*, che propone l’utilizzo e la valorizzazione di tutte le esperienze culturali offerte dal territorio di appartenenza (convegni, conferenze, novità editoriali, ...) per la costruzione di percorsi formativi, concordati e condivisi con gli studenti e caratterizzati da una pluralità di attività di apprendimento.

FINALITÀ GENERALI

• **Per i docenti:**

1. Fornire una esemplificazione per la costruzione di un possibile percorso tematico - testuale di natura transdisciplinare;
2. Fornire, come modello di lettura testuale, l'ipotesi della parola-guida

• **Per gli studenti:**

1. Richiamare l'attenzione, attraverso l'esempio proposto, sul rapporto tra *parola* e *contesto* all'interno delle operazioni di lettura testuale;
2. Guidare alla problematizzazione sulle *parole – concetto* ascoltate, lette, utilizzate.

In ordine a tale finalità gli obiettivi in termini di competenze che si intendono promuovere e rinforzare sono:

• **per la sfera cognitiva:**

- capacità di ricondurre la “parola” al pensiero dell'autore, considerato nel suo sviluppo;
- capacità di individuare le analogie e le differenze tra vari autori, in senso sincronico e diacronico, secondo i criteri di *continuità, discontinuità, contiguità...*;
- capacità di utilizzare in modo pertinente la “parola” in contesti disciplinari diversi

• **per la sfera emotivo-comportamentale:**

- contenimento della tendenza ad utilizzare il criterio dell'*assonanza* per l'attribuzione di senso alle parole;
- contenimento della tendenza ad attribuire all'Altro il proprio punto di vista;
- riconoscimento della natura dinamica ed interattiva del pensiero proprio ed altrui.

LE SCELTE PER LA COSTRUZIONE DEL PERCORSO FORMATIVO

1. La prima scelta operata riguarda le parole - concetto da assumere come guida all'interno delle operazioni di lettura testuale. Nel caso specifico dalla relazione di Giulio Passatore sono state scelte due coppie di parole - concetto: **dati sensoriali ed esperimento; durata e reversibilità.**

La prima coppia attiene più in generale al rapporto fisica – filosofia; la seconda coppia al rapporto tra fisica e filosofia in ordine alla questione del tempo. La scelta viene proposta qui con valore meramente esemplificativo, poiché nella pratica didattica concreta essa dovrà essere modulata sui bisogni formativi degli studenti coinvolti nel percorso, sulle loro *amicizie intellettuali*, sui loro stili cognitivi. Si ricorda, infatti, che la costruzione dei percorsi didattici, per essere efficacemente orientata al compimento del potenziale formativo di ogni studente, deve avvenire all'interno del *piano di apprendimento*, assai più che all'interno del *piano di insegnamento*

2. Alla scelta delle parole - concetto fa seguito la scelta degli autori e dei testi, sui quali strutturare il percorso. Nel caso specifico, per la scelta degli autori, si sono tenuti in considerazione il *criterio diacronico e della rappresentatività di momenti di "rottura" e di "mutamento di mentalità"*.

Si tratta di un criterio dotato di ampia trasferibilità e dunque utilizzabile in diverse situazioni di insegnamento/apprendimento.

Per la scelta dei testi l'attenzione è volta a che i testi siano:

- leggibili per gli studenti;
- pertinenti all'ipotesi di partenza della ricerca (analisi delle parole-concetto);
- dotati di senso compiuto e di ricchezza sul piano della problematizzazione;
- dotati di potenzialità per l'individuazione delle "questioni aperte" e di ulteriori piste di ricerca.

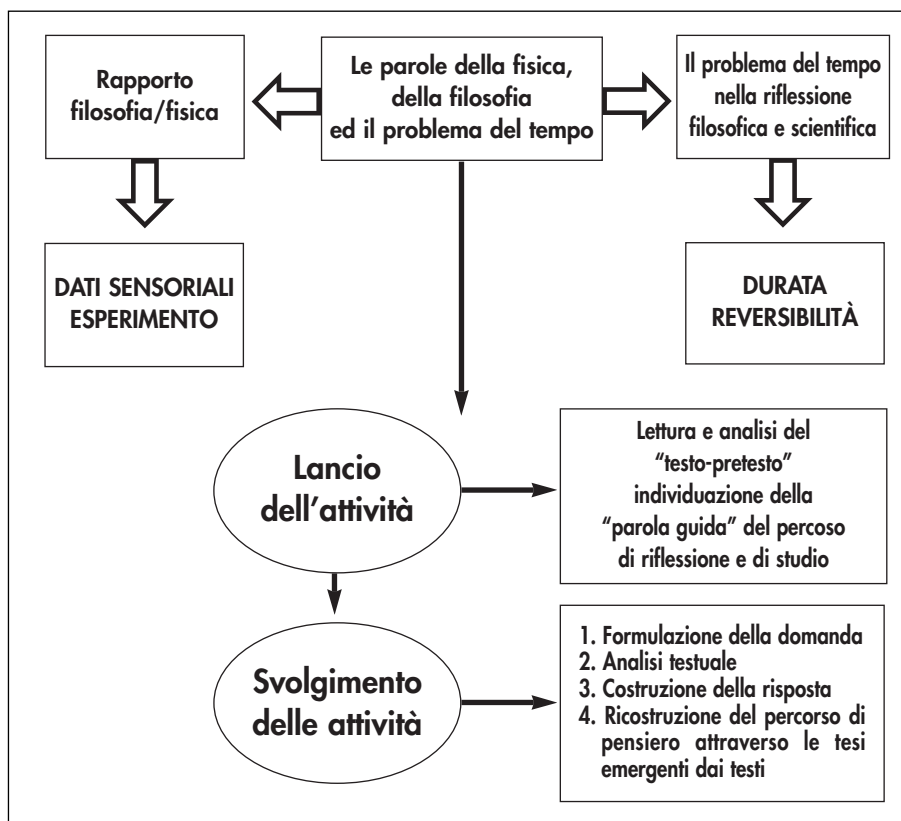
Le scelte operate ed indicate al punto 1 e 2, nel loro complesso mirano a:

- declinare in direzione diacronica le quattro parole concetto individuate;
- ricostruire l'ampliamento del loro campo semantico.

STRUTTURA DEL PERCORSO

Il percorso si configura come storico problematico, nel senso che del problema generale (*Rapporto fisica – filosofia*) e di quello particolare (*Rapporto fisica – filosofia in ordine alla questione del tempo*) recupera la dimensione storica. Esso pertanto potrebbe distendersi anche per l'intero triennio. A questo proposito va segnalata qui, (anche se non se forniscono i concreti spunti di riflessione) la possibilità che il percorso di formazione filosofica possa intersecarsi nei tre anni con altri percorsi, altre tematiche, altre discipline, traendo da queste ultime alimento e rinforzo, sia cognitivo sia metodologico.

Il filo che attraversa l'itinerario è costituito dall'attenzione alle parole concetto, a partire dalla cui analisi si costruiscono le operazioni di problematizzazione, comparazione, sintesi.



LE ATTIVITÀ FINALIZZATE AGLI APPRENDIMENTI

1. Lancio dell'attività, condivisione del percorso (*attività, finalità, metodi e criteri di verifica*);

2. Individuazione delle parole-concetto assunte come guida alla lettura testuale;

3. Analisi testuale. Si indicano qui i criteri ritenuti imprescindibili per la lettura dei testi nel percorso sopra descritto:

- **individuazione delle parole chiave**⁸;
- **enunciazione della tesi**⁹;
- **esplicitazione della tesi**¹⁰;

⁸ Si fa riferimento qui non alle *parole – guida* assunte come *facilitatori* di percorso, quanto piuttosto ai termini dotati di particolare significatività all'interno del testo esaminato. Già in questa operazione si procede, dunque, ad una prima forma di *contestualizzazione*, nella forma di attenzione ad una parte (le parole) nel tutto (il testo). A titolo meramente esemplificativo, riportiamo l'esito dell'operazione di *individuazione delle parole chiave* svolta sui testi riportati rispettivamente alla scheda 1 (Democrito) e alla scheda 5 (Kant).

Dal testo di Democrito, individuazione parole chiave: [B11] *questi oggetti; conoscenza oscura; conoscenza genuina; organo più fine* [B9] *opinione, verità, invariabile, mutevoli*

Dal testo di Kant, individuazione parole chiave: *esperienza, facoltà conoscitiva, oggetti che colpiscono i nostri sensi, rappresentazioni, impressioni sensibili*

⁹ Esemplichiamo l'operazione utilizzando i testi sopra citati.

Dal testo di Democrito, enunciazione della tesi[B11]:

questi oggetti ⇒ *conoscenza oscura*

altri oggetti ⇒ *conoscenza genuina*

altri oggetti ⇒ *più sottile* ⇒ *organo più fine*

Dal testo di Kant, enunciazione della tesi:

Nessuna conoscenza in noi precede all'esperienza - ogni conoscenza comincia con questa - ma la conoscenza non deriva tutta dall'esperienza

¹⁰ Esemplichiamo questa operazione facendo ancora riferimento ai testi riportati nelle schede 1 e 5.

Dal testo di Democrito, esplicitazione della tesi attraverso la lettura del frammento [B9]

colore-vista, dolce-amaro-gusto, freddo-caldo-tatto

più sottile ⇒ *atomi e vuoto*

opinione ⇒ *colore ecc.* ⇒ *conoscenza oscura*

verità ⇒ *atomi e vuoto* ⇒ *conoscenza genuina*

Dal testo di Kant, esplicitazione della tesi:

Oggetti che colpiscono i nostri sensi ⇒ *danno origine da sé a rappresentazioni che paragonate riunite e separate sono la materia greggia delle impressioni sensibili a cui la nostra facoltà di conoscere aggiunge qualcosa.*

- **contestualizzazione teorica**¹¹;
- **contestualizzazione storica**;
- **contestualizzazione semantica**;
- **apertura problematica**¹².

È possibile che in alcuni testi la parola concetto che guida alla lettura del testo stesso non sia presente. È il caso, ad esempio, della parola *reversibilità* nel frammento di Eraclito la cui lettura, tuttavia, si ritiene utile proporre agli studenti per la sua significatività in ordine al concetto di reversibilità (irreversibilità). In questo caso sarà necessario (mediante interventi a ciò mirati) guidare la riflessione dei ragazzi sull'assenza, all'interno del testo, della parola e sulla contemporanea presenza del concetto che essa esprime;

¹¹ Dal testo di Democrito, la contestualizzazione teorica [B9]: *L'organo più fine appropriato al pensare, che permette di giungere alla verità, è nel nostro corpo (aspetto immutevole); però il nostro corpo è mutevole come tutto ciò che conosciamo e conosciamo attraverso un contatto meccanico con la realtà [atomi e vuoto]. L'invariabile sono atomi e vuoto, il mutevole la aggregazione e disgregazione. L'uomo è aggregazione di atomi.*

Dal testo di Kant, la contestualizzazione teorica: *L'idea del conoscere che qui compare va letta alla luce del criticismo kantiano che trova una sua espressione alcuni paragrafi dopo: per conoscenze a priori non conoscenze siffatte che abbian luogo indipendentemente da questa o da quella esperienza, ma che non dipendano assolutamente da nessuna esperienza.*

¹² Dal testo di Democrito, l'apertura problematica: *1) il problema delle fonti; 2) la costruzione di una tradizione: Sesto Empirico, cui dobbiamo le citazioni democritee nei due frammenti, utilizza il testo di Democrito per dare un fondamento antico e autorevole alla tradizione scettica.*

Dal testo di Kant, l'apertura problematica:

Eliminazione del dato sensibile, che in realtà risulta una costruzione del soggetto conoscente.

Il testo non è direttamente attinente alla parola concetto *esperimento*, tuttavia la sua lettura può ritenersi utile, come premessa, per far comprendere agli studenti il contesto teorico del problema del rapporto tra *teoria* e *dati sensibili* che fondano la significatività dell'esperimento. Il nucleo centrale del brano, infatti esplicita il rapporto esistente tra i dati concreti dei fenomeni fisici e la loro modellizzazione matematico – geometrica. Viene sostenuta la tesi della coincidenza tra il dato concreto e la sua rappresentazione astratta, a condizione che si elimini l'aspetto "accidentale" del fenomeno. (la tesi si esplicita con chiarezza nelle ultime righe del testo). Il contesto teorico del brano, in funzione del chiarimento filosofico e scientifico del concetto di esperimento, riguarda uno dei nodi centrali dell'intera "rivoluzione scientifica" moderna. Il brano si apre al problema fondamentale della costruzione scientifica del modello teorico e può rinviare al confronto con i più significativi autori del pensiero filosofico-scientifico: Platone (*Timeo*), Aristotele (*Fisica*); Newton (*Principi*); Einstein (*Teoria della relatività*).

4. Riconoscimento concettuale (dal testo scritto al testo filmico);
5. Sintesi del percorso di studio e di riflessione mediante una personale produzione testuale (relazione scritta o pronunciata);
6. Socializzazione degli esiti del lavoro individuale;
7. Individuazione delle “questioni aperte” e della loro natura transdisciplinare.

GLI STRUMENTI E LE SITUAZIONI DI APPRENDIMENTO

Il percorso didattico di carattere tematico testuale può essere agevolmente svolto all'interno dell'esperienza d'aula: il suo *imprescindibile*, infatti, consiste nell'*incontro con gli autori*, attraverso i testi. Nel nostro caso l'incontro è mediato dalle *parole – guida*, che hanno la funzione di orientare la *domanda* sui testi, dunque, la problematizzazione sui loro contenuti. Non a caso, utilizzando le *parole – guida* si è proceduto alla formulazione di una domanda – guida, tale, cioè, da direzionare il lavoro di analisi testuale. Poiché ogni domanda è per sua natura transdisciplinare e dunque assai più ampia di qualsiasi risposta possa essere formulata, è possibile ipotizzare nel percorso *Le parole della filosofia, della fisica ed il problema del tempo*, situazioni di apprendimento e utilizzo di strumenti differenziati.

Per quanto attiene alle situazioni di apprendimento, oltre le già citate situazioni extrascolastiche finalizzate al “lancio delle attività”, è possibile prevedere attività laboratoriali finalizzate alla verifica “in situazione” dei concetti appresi. Nell'ambito dell'indagine legata alla parola – concetto *esperimento*, ad esempio, sarebbe utile favorire la partecipazione degli studenti ad un esperimento esemplificativo della metodologia galileiana da effettuare nel laboratorio di Fisica, organizzato e gestito dai docenti di scienze e di filosofia. Vogliamo ricordare qui come nulla più del *capire insieme, riflettere insieme, compiere insieme esperienze culturali forti* possa essere funzionale all'abbattimento delle barriere tra le varie aree disciplinari e ricondurre ad unità e significatività il sapere.

Per quanto attiene agli strumenti ricorderemo qui che, essendo compito prioritario della scuola l'*alfabetizzazione*, intesa come *accompagnamento* degli studenti all'interno dell'universo sempre più complesso di *segni e linguaggi*, sarà opportuno che ogni lavoro sui testi si alimenti del sussidio dei multimedia. Proposte di semplice attuazione che avanziamo, ad esempio, sono quelle del confronto critico tra linguaggio logico verbale e linguaggio iconico, tra testo scritto e testo filmico; la costruzione di un ipertesto come esito visibile degli apprendimenti.

LA TEMPIZZAZIONE

La proposta del percorso didattico *Le parole della filosofia, della fisica ed il problema del tempo* non è rivolta ad un gruppo classe con una precisa identità sul piano delle motivazioni ad apprendere, degli interessi culturali e degli stili cognitivi. Per questo motivo, la previsione dei tempi da dedicare all'esperienza culturale proposta non può che essere generica in questa sede. La natura del percorso si offre, infatti, ad un tempo minimo (all'interno dell'anno scolastico) come ad un tempo massimo (un intero triennio). Sarà la progettazione, realizzata all'interno del consiglio di classe, alimentata da ben motivate scelte culturali ed educative, metodologiche e didattiche, ad individuare con *rigore flessibile* la scansione temporale delle attività finalizzate agli apprendimenti.

L'apparente contraddizione veicolata dall'espressione *rigore flessibile* vuole sottolineare qui la necessità che in fase di progettazione del percorso i docenti tengano conto del "tempo scuola" nella sua dimensione oggettiva (quante ore di lezione è possibile dedicare a questa determinata attività?) e nella sua dimensione soggettiva (quale e quanta sintonia ha questo determinato gruppo classe con questo determinato materiale da apprendere? Con i suoi temi e con i suoi linguaggi?)

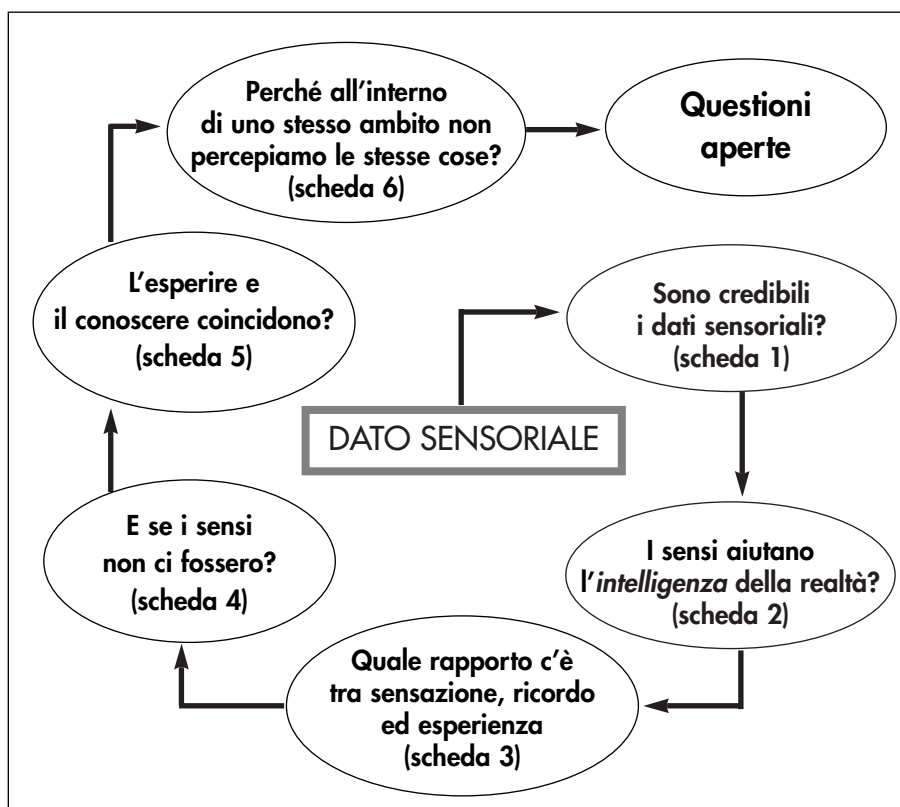
AVVERTENZA

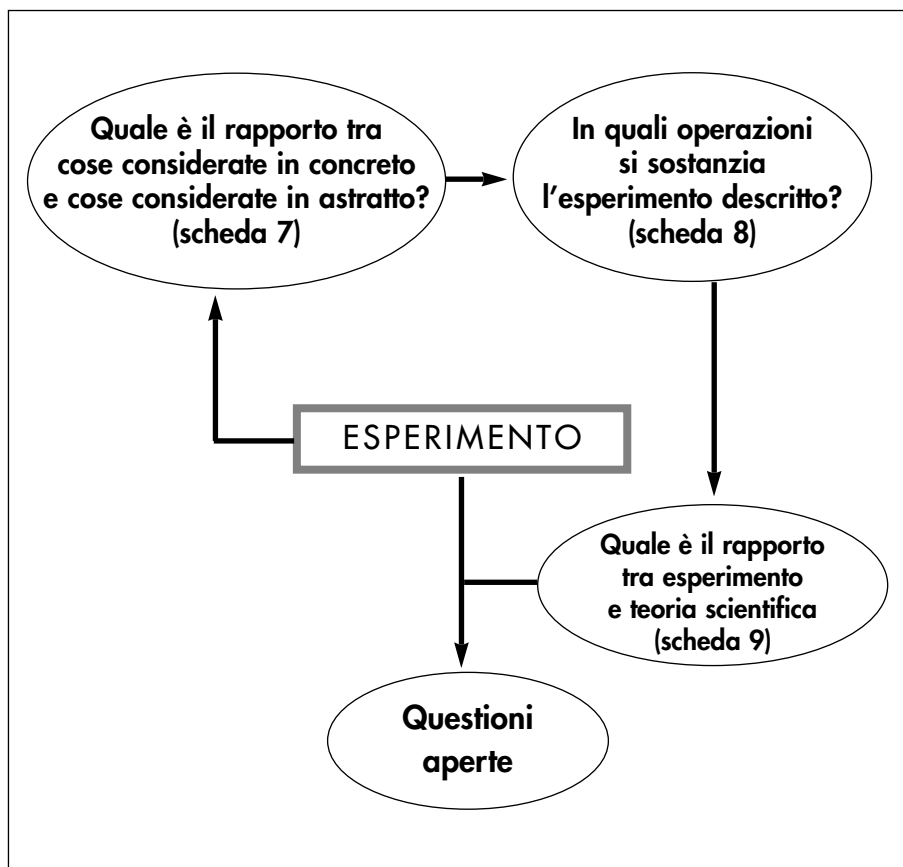
Nel proporre l'articolazione del percorso *Le parole della filosofia, della fisica ed il problema del tempo*, attraverso il lavoro sulle quattro parole guida *dato sensoriale, esperimento, durata, reversibilità*, ferme restando alcune operazioni legate all'analisi testuale che anche in questa sede confermiamo essere imprescindibili, desideriamo offrire alcuni spunti per la riflessione e la progettazione, riutilizzabili in differenziati contesti didattici. Quanto a seguito proposto ha, pertanto, valore di stimolo all'attività ideativa che ciascuno individualmente o in maniera concertata esercita nel proprio contesto. Per le quattro parole proponiamo la mappa concettuale del percorso; per le parole *dato sensoriale* ed *esperimento* proponiamo anche alcune schede per la lettura e l'analisi testuale

RAPPORTO FISICA-FILOSOFIA

AUTORI	TESTI	TEMI
ERACLITO	DK 68B9 (trad. V.E. Alfieri)	Credibilità dei dati sensoriali
PLATONE	<i>Repubblica</i> , VI, 509d-511e, trad. E. Chiari	I sensi e l'intelligenza del reale
ARISTOTELE	<i>Analitici Secondi</i> , II, 19, trad. M. Zanatta	Sensazione, ricordo ed esperienza

AUTORI	TESTI	TEMI
J. LOCKE	<i>Saggio sull'intelligenza umana, II,2</i>	Le idee semplici
I. KANT	<i>Critica della Ragion Pura, Introduzione</i>	Differenza tra conoscenza pura e conoscenza empirica
E. MACH	<i>Conoscenza ed errore</i>	Sensazione e percezione
Geometria Galileiana	Dialogo VII, 232-234; VII, 280-281 Discorsi.	Premessa al concetto di "esperimento"
K. POPPER	Logica della scoperta scientifica, II cap. 1,6 Congiunture e confutazioni, parti I, VIII, XVIII, vol. 1	Il di una teoria scientifica.





Scheda 1

DEMOCRITO

“Democrito talora rifiuta le apparenze sensibili e dice che nulla in esse ci appare conforme a verità, ma solo conforme a opinione, e che il vero negli oggetti consiste in ciò ch’essi sono atomi e vuoto. Infatti egli dice:

Opinione il dolce, opinione l’amaro, opinione il caldo, opinione il freddo, opinione il colore; verità gli atomi e il vuoto;

vale a dire: si ritiene e si opina che esistano le qualità sensibili, ma in verità non esistono queste, sibbene gli atomi e il vuoto. Nei *Libri probativi*, poi, benché aves-

se promesso di attribuire valore di credibilità alle sensazioni, nulladimeno si trova che egli condanna queste. Dice infatti:

Noi in realtà non conosciamo nulla che sia invariabile, ma solo aspetti mutevoli secondo la disposizione del nostro corpo e di ciò che penetra in esso o gli resiste” [DK 68B9. Traduzione di V. E. Alfieri].

“Nei Canoni afferma che vi sono due modi di conoscenza, cioè mediante i sensi e mediante l’intelletto: e chiama genuina la conoscenza mediante l’intelletto, riconoscendo ad essa la credibilità nel giudicare del vero, mentre all’altra dà il nome di oscura, negandole la sicurezza nel conoscere il vero. Dice testualmente:

Vi sono due forme di conoscenza, l’una genuina e l’altra oscura; e a quella oscura appartengono tutti quanti questi oggetti: vista, udito, odorato, gusto e tatto. L’altra forma è la genuina, e gli oggetti di questa sono nascosti [alla conoscenza sensibile ed oscura].

Poscia, mostrando la superiorità della conoscenza genuina su quell’oscura, prosegue dicendo:

Quando la conoscenza oscura non può più spingersi ad oggetto più piccolo né col vedere né coll’udire né coll’odorato né col gusto né con la sensazione del tatto, ma si deve indirizzar la ricerca a ciò che è ancor più sottile, allora soccorre la conoscenza genuina, come quella che possiede appunto un organo più fine, appropriato al pensare” [DK 68B11].

Scheda 2

PLATONE

“- Insomma, continui, pensa che ci siano due principi, e che l’uno domini il genere e il mondo intelligibile, l’altro quello visibile [...] Hai ben colto queste due specie di realtà? – Le ho colte. – Allora, prendi una linea divisa in due parti disuguali, e dividi ancora ciascuna di esse – quella del genere visibile e quella del genere intelligibile – in due parti, secondo la stessa proporzione. Se poi consideri le due parti del genere visibile secondo la rispettiva chiarezza e oscurità, avrai una prima sezione che dico delle immagini. E per immagini intendo in primo luogo le ombre, in secondo luogo i riflessi, sia sull’acqua che sui corpi lisci e lucidi, e infine tutte le altre del genere. Mi segui? – Ti seguo. – Nell’altra sezione poni le cose cui si riferiscono le immagini, e cioè gli animali che ci circondano, i vegetali e tutti i prodotti dell’uomo. – Va bene. – E non diresti che questa parte si divide in vero e falso, e che le immagini stanno alle cose cui corrispondono come l’oggetto della opinione sta all’oggetto della conoscenza? – Sì, lo direi.

– Considera allora in che modo si debba dividere la parte dell’intelligibile. – In che modo? – Questo: che la sua prima sezione l’anima sia costretta, per indagarla, a servirsi, come di immagini, delle cose cui, nella parte precedente, le immagini corrispondevano, passando, per via di ipotesi, non su verso il principio, ma verso le conclusioni; e che la seconda invece l’anima proceda a indagarla risalendo dalle ipotesi a un principio non ipotetico, senza servirsi, come nella prima, di quelle immagini, ma soltanto con le idee e per mezzo delle idee. – Quest’ultimo punto, disse, non l’ho capito bene. – E allora cominciamo di nuovo, premettendo alcune considerazioni per facilitarti. Tu sai senz’altro che chi si occupa di geometria, di aritmetica e di altre questioni del genere, dà per scontato il pari e il dispari, le figure e i tre tipi di angoli, e altre cose del genere, a seconda della scienza che studia, e le assume come ipotesi, e non ritiene più necessario discuterle né con sé né con gli altri, prendendole come principi evidenti per tutti, e partendo appunto da tali principi, passa a trattare le altre questioni, ricavando di conseguenza in conseguenza la conclusione che si era proposto. – Questo lo so, disse. – E allora sai anche che si servono di figure visibili e su esse sviluppano delle dimostrazioni, ma non si riferiscono a queste figure, bensì alle cose cui esse somigliano: per esempio, discutono del quadrato in sé, della diagonale in sé, e non del quadrato, della diagonale o della figura che stanno tracciando; di queste figure, si servono come immagini per giungere a cogliere altre realtà, che sono in sé e per sé e che non si possono cogliere che con l’intelligenza. – È vero, disse. –

Questo genere di realtà, che ho detto intelligibile, l’anima, per indagarlo, è costretta a servirsi di ipotesi, non per giungere al principio, perché oltre l’ipotesi non può andare, ma usando come immagini di quegli oggetti che nell’altra parte della linea corrispondono alle immagini, ma che, rispetto a quelle immagini, sono considerati come realtà. – Capisco, ti riferisci alla geometria e alle scienze affini. – Sappi allora che l’altra sezione dell’intelligibile è per me quella che la ragione stessa coglie in virtù della propria attività dialettica, considerando le ipotesi non come principi ma per quello che sono, ossia come punti di partenza e di appoggio per giungere a ciò che non è più una ipotesi, il principio di tutto; e raggiunto questo, e tenendosi ferma a ciò che da esso deriva, discende alle ultime conclusioni, senza ricorrere mai ad alcun elemento sensibile, ma soltanto alle Idee in sé e per sé, passando dall’una all’altra e concludendosi in un’Idea. – Capisco, disse, ma non del tutto, perché tu parli, mi pare, di un’attività estremamente complessa: tu vuoi dire, mi pare, che quella conoscenza dell’essere in sé e dell’intelligibile che si ottiene con la scienza dialettica è più chiara di quella che si ottiene con le altre scienze, che si basano su ipotesi; perché anche quelli che cercano di conoscere gli oggetti di queste scienze sono costretti a condurre la loro indagine

non con i sensi ma coll'intelligenza, ma lo fanno non risalendo al principio ma partendo da ipotesi, e perciò a te sembra che di tali oggetti essi non possano avere conoscenza piena, anche se sarebbero intelligibili, una volta ricondotti al loro principio.

E mi pare che quella di chi si occupa di geometria e di altre scienze del genere tu la chiami ragione, non intelletto, e la consideri a metà tra l'opinione e l'intelligenza. – Hai capito benissimo, esclamai. E ora, fai corrispondere a ciascuna delle quattro sezioni una funzione dell'anima: a quella più alta l'intellezione, alla seconda la ragione, alla terza la credenza, alla quarta la congettura; e sistema poi il tutto per ordine di chiarezza, tenendo presente che ne hanno tanto più quanto più il loro oggetto partecipa alla verità" [*Repubblica*, VI, 509 d - 511 e. Traduzione di E. Chiari].

Scheda 3

ARISTOTELE

“Per ciò che riguarda, dunque, il sillogismo e la dimostrazione, che cos'è ciascuno e come si costituisce, è evidente, ed al tempo stesso anche per ciò che riguarda la scienza apodittica: infatti è la stessa cosa. Invece per ciò che riguarda i principi, come diventano noti e qual è l'abito che li rende noti, a coloro che precedentemente hanno incontrato difficoltà sarà chiaro da quanto segue.

Che dunque non possa capitare di conoscere scientificamente mediante la dimostrazione senza conoscere i principi primi immediati, si è detto prima. Quanto invece alla conoscenza dei principi immediati, si potrebbero sollevare delle difficoltà: se sia la medesima o non sia la medesima (della conoscenza apodittica), e se di ciascuna delle due cose vi sia scienza, oppure dell'una scienza, dell'altra un altro genere (di conoscenza), e se gli abiti, non essendo innati, si ingenerano, oppure, essendo innati, sono passati inavvertiti.

Ora, se quei (principi) sono un nostro possesso, vi è un assurdo: infatti avviene che passi inosservato di possedere delle conoscenze più rigorose della dimostrazione. Se invece li acquisiamo, non possedendoli precedentemente, come potremmo renderli noti e come potremmo apprenderli da una conoscenza che prima non sussiste? In effetti è assurdo, come abbiamo detto anche nel caso della dimostrazione. È evidente, pertanto, che né è possibile che siano in nostro possesso, né che si ingenerino in coloro che li ignorano e che non ne hanno nessun possesso. È necessario, pertanto, possedere una certa facoltà (di acquisirli), però non possederne una tale che per esattezza sia più pregevole di essi. La medesima (situazione), per la verità, risulta sussistere per tutti i viventi. Ché essi possiedono

una connaturata facoltà di distinguere che si chiama sensazione; però, pur essendo presente la sensazione, in alcuni tra i viventi si ingenera una persistenza dell'impressione sensibile, in altri non s'ingenera. Ebbene, per tutti quelli per i quali non s'ingenera, o totalmente o nell'ambito di quelle cose per le quali non s'ingenera, non vi è conoscenza all'infuori del sentire; invece in quelli nei quali (s'ingenera) oltreché sentire è insito l'aver in più (l'impressione sensibile) nell'anima. E col verificarsi di molte (impressioni) di questo tipo, si origina già una differenza, per cui per gli uni dalla persistenza delle cose di questo genere sorge una nozione, per altri no.

Dalla sensazione si origina dunque il ricordo, come diciamo, e dal verificarsi spesso volte il ricordo della medesima cosa, l'esperienza: che i molteplici ricordi costituiscono con il loro numero una sola esperienza. E dall'esperienza o dall'universale che è tutto in riposo nell'anima, dall'uno a lato dei molti, che in tutti essi è insito, uno (ed) identico, si origina il principio dell'arte e della scienza: se abbia ad oggetto la generazione, dell'arte; se abbia ad oggetto ciò che è, della scienza.

Pertanto, né gli abiti (dei principi) sono innati come (già) determinati, né si originano da alcuni abiti più noti, bensì dalla sensazione: come in una battaglia, verificandosi una fuga, se uno si arresta si arresta un altro, poi un altro ancora, fino a giungere all'inizio (dello schieramento). L'anima risulta essere di tal fatta da essere in grado di sentire questa (nozione).

Ciò che s'è prima detto, non s'è detto chiaramente - esponiamolo di nuovo. Quando, in effetti, una delle cose indifferenziate si arresta, innanzitutto nell'anima (si costituisce) un universale (e difatti si sente l'individuale, ma la sensazione è dell'universale: per esempio, dell'uomo, ma non dell'uomo Callia); tra questi si produce, a sua volta, un nuovo arresto, fino a che si formino le (nozioni) prive di parti e gli universali: per esempio, "vivente di tal natura", fino a che (non si giunga) a "vivente", e in questo (si proceda) in ugual modo. Ora, è chiaro che per noi è necessario conoscere le cose prime per induzione: ed infatti è in questo modo che la sensazione produce in (noi) l'universale.

E poiché, tra gli abiti relativi al pensiero con i quali diciamo il vero, gli uni sono sempre veri, gli altri accolgono il falso (per esempio, l'opinione e il ragionamento; invece la scienza e l'intellezione sono sempre [vere]), e nessun altro genere di conoscenza è più esatto dell'intellezione, ed i principi sono più noti delle dimostrazioni, ed ogni scienza s'accompagna a ragionamento: dei principi non vi può essere scienza. E poiché nulla può capitare che sia più vero della scienza ad eccezione dell'intellezione, si avrà intellezione dei principi, tanto se si indaga a partire da queste (considerazioni) quanto (da quella) che il principio della dimostrazione non è una dimostrazione, per cui neppure (il principio) della scienza è

una scienza. Se, dunque, oltre la scienza non possediamo nessun altro genere veritiero (di conoscenza), l'intellezione sarà principio di scienza. E, da un lato, essa sarà principio del principio e, dall'altro, ogni (scienza si rapporta ad ogni cosa in modo simile" [Analitici Secondi, II, 19. Traduzione di M. Zanatta].

Scheda 4

LOCKE

Per meglio capire la natura, il modo e l'estensione della nostra conoscenza, una cosa va attentamente osservata circa le idee che abbiamo: alcune di esse sono *semplici*, altre *complesse*.

Sebbene le qualità che agiscono sui nostri sensi sono, nelle cose stesse, così unite e mescolate che non c'è separazione né distanza tra loro, è chiaro tuttavia che le idee prodotte da esse nello spirito vi entrano, per via dei sensi, semplici e non mescolate. Infatti, anche la vista e il tatto ricevono spesso nello stesso tempo diverse idee dallo stesso oggetto, come ad esempio quando si vedono ad un tempo il movimento e il colore, o quando la mano avverte la mollezza e il calore nello stesso pezzo di cera, tuttavia le idee semplici, così unite nello stesso soggetto, sono così nettamente distinte come quelle che arrivano da sensi diversi. La freddezza e la durezza che si sentono in un pezzo di ghiaccio sono idee altrettanto distinte nello spirito quanto l'odore e la bianchezza di un giglio o il sapore dello zucchero e l'odore di una rosa. Nulla c'è di più evidente per un uomo della percezione chiara e distinta che ha di quelle idee semplici; ognuna delle quali, non essendo in se stessa composta, contiene in sé null'altro che una sola apparenza uniforme o concezione nello spirito, e non può essere distinta in idee diverse.

Le idee semplici, che sono i materiali di tutta la nostra conoscenza, sono suggerite e fornite allo spirito solamente per quelle due vie sopra menzionate, cioè la sensazione e la riflessione. Una volta che l'intelletto ha immagazzinato le idee semplici, ha il potere di ripeterle, confrontarle, e unirle assieme, in una varietà quasi infinita, e così può formare a suo piacere nuove idee complesse. Ma neppure l'ingegno più esaltato o l'intelletto più vasto hanno il potere, per vivace e vario che sia il loro pensiero, di inventare o foggare una sola idea semplice nuova nello spirito, che non sia appresa nei modi già menzionati; e neppure può la forza dell'intelletto distruggere quelle che ci sono.

Il dominio dell'uomo su questo piccolo mondo del suo intelletto è pressoché lo stesso di quello che ha nel gran mondo delle cose visibili, dove il suo potere, anche se esercitato con arte e abilità, non riesce a fare altro che a comporre

e dividere i materiali che sono a disposizione, ma non può far nulla per fabbricare la minima particella di materia nuova o per distruggere un atomo di quella che già esiste. Chiunque vorrà accingersi a foggare nel suo intelletto un'idea semplice non ricevuta mediante i sensi da oggetti esterni o dalla riflessione sulle operazioni del suo spirito, riscontrerà in sé la medesima incapacità. Vorrei che qualcuno cercasse d'immaginare un gusto che non abbia mai colpito il suo palato, o di farsi l'idea di un profumo che non abbia mai odorato; quando lo potrà fare, sarò pronto a concludere che un cieco può avere le idee dei colori e un sordo nozioni distinte dei suoni.

Così, sebbene non possiamo credere impossibile che Dio faccia una creatura dotata di altri organi e di altri modi, per trasmettere all'intelletto la conoscenza delle cose corporee, diversi da quei cinque, come si contano di solito, che ha dato all'uomo, credo tuttavia che non sia possibile per un uomo immaginare altre qualità nei corpi, comunque costituiti, mediante le quali possiamo prendere conoscenza di essi, oltre i suoni, i gusti, gli odori, le qualità visibili e tangibili. E se il genere umano non avesse avuto che quattro sensi, le qualità che sono gli oggetti del quinto senso sarebbero state altrettanto remote dalla nostra conoscenza, immaginazione e concezione, quanto possono ora esserlo quelle appartenenti ad un sesto, settimo o ottavo senso. Sarebbe, del resto, una grande presunzione negare che qualche altra creatura, in qualche altra parte di questo vasto e stupendo universo, possa averne di più. Chiunque non vorrà porsi orgogliosamente in cima a tutte le cose, ma considererà l'immensità di questa costruzione e la grande varietà che si trova in questa piccola e trascurabile parte di essa con la quale ha a che fare, potrà essere portato a credere che, in altre dimore, ci siano altri e diversi esseri intelligenti, delle cui facoltà egli ha così poca conoscenza o apprensione quanto un tarlo chiuso nel cassetto di una credenza ne ha dei sensi e dell'intelletto dell'uomo; giacché tale varietà e eccellenza sono conformi alla saggezza e al potere del Creatore. Ho seguito qui l'opinione comune secondo la quale l'uomo non ha che cinque sensi, per quanto, forse, bisognerebbe contarne di più; ma entrambe le ipotesi servono ugualmente al mio scopo presente. [*Saggio sulla intelligenza umana*, II, 2]

Scheda 5

KANT

Non c'è dubbio che ogni nostra conoscenza incomincia con l'esperienza; da che infatti la nostra facoltà conoscitiva sarebbe altrimenti stimolata al suo esercizio, se ciò non avvenisse per mezzo degli oggetti che colpiscono i nostri sensi,

e, per un verso, danno origine da sé a rappresentazioni, per un altro, muovono l'attività del nostro intelletto a paragonare queste rappresentazioni, a riunirle o separarle, e ad elaborare per tal modo la materia greggia delle impressioni sensibili per giungere a quella conoscenza degli oggetti, che chiamasi esperienza? Nel tempo, dunque, nessuna conoscenza in noi precede all'esperienza, e ogni conoscenza comincia con questa.

Ma sebbene ogni nostra conoscenza cominci con l'esperienza, non perciò essa deriva tutta dalla esperienza. Infatti potrebbe esser benissimo che la nostra stessa conoscenza empirica fosse un composto di ciò che noi riceviamo dalle impressioni e di ciò che la nostra propria facoltà di conoscere vi aggiunge da sé (stimolata solamente dalle impressioni sensibili); aggiunta, che noi propriamente non distinguiamo bene da quella materia che ne è il fondamento, se prima un lungo esercizio non ci abbia resi attenti ad essa, e non ci abbia scaltriti alla distinzione.

V'è pertanto almeno una questione, che ha bisogno ancora di essere esaminata più da vicino e che non si può sbrigare subito a prima vista: se cioè si dia una simile conoscenza, indipendente dall'esperienza e dalle stesse impressioni tutte dei sensi. Tali conoscenze son dette a priori e distinte dalle empiriche, che hanno la loro origine a posteriori, cioè nell'esperienza.

Questa espressione, intanto, non è ancora così precisa da designare adeguatamente tutto il significato della questione proposta. Perché si suole ben dire di molte conoscenze, derivate da fonti empiriche, che noi ne siamo capaci o partecipi a priori, poiché non le otteniamo immediatamente dall'esperienza, ma da una regola universale, che noi, tuttavia, abbiamo pur ottenuto dall'esperienza. Così di uno che ha scavato le fondamenta della sua casa, si dice che avrebbe potuto sapere a priori che questa sarebbe caduta: cioè egli non avrebbe dovuto aspettare l'esperienza che crollasse di fatto. Se non che, egli non avrebbe potuto saperlo interamente a priori; perché, che i corpi siano pesanti, e quindi cadano se si sottrae loro il sostegno, doveva pure essergli noto già per esperienza.

Noi dunque intenderemo in seguito per conoscenze a priori non conoscenze siffatte che abbian luogo indipendentemente da questa o da quell'esperienza, ma che non dipendano assolutamente da nessuna esperienza. Ad esse son contrapposte le conoscenze empiriche, o tali che sono possibili solo a posteriori, cioè per esperienza. Delle conoscenze a priori, poi, si chiamano pure quelle, cui non è commisto punto nulla di empirico. Ad esempio, la proposizione: "ogni cambiamento ha la sua causa" è sì una proposizione a priori, ma non pura, perché cambiamento è concetto che può essere ricavato solo dall'esperienza. [*Critica della ragion pura*. Introduzione]

Scheda 6

MACH

Di regola, nei confronti di sensazioni come caldo, freddo, chiaro, scuro, un colore vivo, l'odore di ammoniaca, il profumo di rosa ecc. non ci comportiamo in modo indifferente. Ci risultano piacevoli o spiacevoli. [...] All'inizio della vita psichica, solo le sensazioni a cui era connessa una forte reazione lasciano ricordi chiari e forti. In modo indiretto, però, anche altre sensazioni possono rimanere nella "memoria". La vista, in sé indifferente, della bottiglia che conteneva l'ammoniaca richiama il ricordo dell'odore, e perciò smette di essere indifferente. Fino a che l'intera vita trascorsa delle sensazioni è conservata nel ricordo, coopera a ogni nuova sensazione. Il municipio davanti al quale passo, per me non sarebbe che una disposizione spaziale di macchie colorate se non avessi già visto molti edifici, se non ne avessi attraversato i corridoi e salito le scale. Ricordi di varie sensazioni si intessono qui con la sensazione ottica [della facciata del municipio] per formare un complesso molto più ricco – la percezione – da cui solo a fatica ci è dato separare la mera sensazione momentanea. Quando molte persone hanno lo stesso campo visuale, l'attenzione di ciascuno è attirata in una direzione particolare, cioè la vita psichica di ciascuno è mobilitata in modo particolare da forti ricordi individuali. Un signore di mezza età passeggia per una strada di Vienna con il figlio diciottenne e con un bambino di cinque anni. I loro occhi hanno captato le stesse immagini, ma l'ingegnere ha osservato quasi soltanto il tram, il giovanotto soprattutto le ragazze carine e il bambino, probabilmente, solo i giocattoli nelle vetrine. [*Conoscenza ed errore* (1905)]

Scheda 7

GALILEI¹³

“SALV. (...) Voi dite che la sfera materiale non tocca il piano in un sol punto: quale è dunque il suo contatto?

SIMP. Sarà una parte della sua superficie.

¹³ Nel brano si evidenziano:

- La procedura sperimentale attraverso cui è possibile eliminare gli elementi di “disturbo” rispetto al fenomeno studiato: “Una palla di bronzo *durissimo, ben rotondata e pulita...*”
- La procedura sperimentale utile per pervenire ad una descrizione formale – matematica del fenomeno: “*replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo [...] per esperienze ben cento volte replicate sempre s'incontrava gli spazii passati esser tra di loro come i quadrati dei tempi ...*”

SALV. E il contatto parimente d'un'altra sfera eguale alla prima, sarà pure una simil particella della sua superficie?

SIMP. Non ci è ragione che non deva essere così.

SALV. Adunque ancor le due sfere, toccandosi, si toccheranno con le due medesime particelle di superficie, perché, adattandosi ciascheduna di esse allo stesso piano, è forza che si adattino ancora fra loro...

SIMP. Questa dimostrazione conclude nelle sfere in astratto, non nelle materiali.

SALV. Assegnatemi dunque in che cosa consista la fallacia del mio argomento, già che non conclude nelle sfere materiali, ma sibbene nelle immateriali e astratte.

SIMP. Le sfere materiali son soggette a molti accidenti, ai quali non soggiacciono le immateriali. E perché non può essere che, posandosi una sfera di metallo sopra un piano, il proprio peso non calchi in modo che il piano ceda qualche poco, o vero che l'istessa sfera nel contatto si ammacchi? In oltre, quel piano difficilmente potrà essere perfetto, quando non per altro, almeno per essere la materia porosa; e forse non sarà men difficile il trovare una sfera così perfetta, che abbia tutte le linee dal centro alla superficie ugualissime appunto.

SALV. Or tutte queste cose ve le concedo facilmente, ma elle sono assai fuor di proposito; perché mentre voi volete mostrarmi che una sfera materiale non tocca un piano materiale in un punto, voi vi servite di una sfera che non è sfera e d'un piano che non è piano, poiché, per vostro detto, o queste cose non si trovano al mondo, o se si toccano si guastano nell'applicarsi a far l'effetto. Era dunque mancato male che voi concedeste la conclusione, ma condizionatamente, cioè che se si desse in materia una sfera e un piano che fussero e si conservassero perfetti, si toccherebbero in un sol punto, e negaste poi ciò potersi dare.

SIMP. Io credo che la proposizione dei filosofi vadia intesa in codesto senso, perché non è dubbio che l'imperfezione della materia fa che le cose prese in concreto non rispondono alle considerate in astratto.

SALV. Come non si rispondono? Anzi quel che voi stesso dite al presente prova che elle rispondono puntualmente.

SIMP. In che modo?

SALV. Non dite anche voi che per l'imperfezion della materia, quel corpo che dovrebbe essere perfetto sferico, e quel piano che dovrebbe essere perfetto piano, non riescono poi tali in concreto quali altri se li imagina in astratto?

SIMP. Così dico.

SALV. Adunque, tuttavolta che in concreto voi applicate una sfera materiale a un piano materiale, voi applicate una sfera non perfetta a un piano non perfetto; e questi dite che non si toccano in un punto. Ma io vi dico che anco in astratto una sfera immateriale, che non sia sfera perfetta, può toccare un piano immateriale che non sia piano perfetto, non in un punto, ma con parte della sua superficie; talché

sin qui quello che accade in concreto, accade nell'istesso modo in astratto: e sarebbe ben nuova cosa che i computi e le ragioni fatte in numeri astratti non rispondessero poi alle monete d'oro e d'argento e alle mercanzie in concreto. Ma sapete, Sig. Simplicio, quel che accade? Sì come a voler che i calcoli tornino sopra gi zuccheri, le sete e le lane, bisogna che il computista faccia le sue tare di casse, invoglie e altre bagaglie, così, quando il filosofo geometra vuol riconoscere in concreto gli effetti dimostrati in astratto, bisogna che diffalchi gli impedimenti della materia; che se ciò saprà fare, io vi assicuro che le cose si risconteranno non meno aggiustamente che i computi aritmetici. Gli errori dunque non consistono né nell'astratto né nel concreto, né nella geometria o nella fisica, ma nel calcolatore, che non sa fare i conti giusti. (G. GALILEI, *Dialogo*, VII, 232-234; 280-281).

Scheda 8

GALILEI

SALV. In un regolo, o vogliam dire corrente, di legno, lungo circa 12 braccia, e largo per mezzo braccio e per l'altro 3 dita, si era in questa minor larghezza incavato un canaletto, poco più largo d'un dito, tiratolo drittissimo e, per averlo ben pulito e liscio, incollatovi dentro una carta pecora zannata e lustrata al possibile, si faceva in esso scendere una palla di bronzo durissimo ben rotonda e pulita; costituito che si era il detto regolo pendente, elevando sopra il piano orizzontale una delle sue estremità un braccio o due ad arbitrio, si lasciava (come dico) scendere per il detto canale la palla, notando, nel modo che appresso dirò, il tempo che consumava nello scorrerlo tutto, replicando il medesimo atto molte volte per assicurarsi bene della quantità del tempo, nel quale non si trovava mai differenza né anco della decima parte d'una battuta di polso. Fatta e stabilita precisamente tale operazione, facemmo scendere la medesima palla solamente per la quarta parte della lunghezza di esso canale e misurato il tempo della sua scesa, si trovava sempre puntualissimamente esser la metà dell'altro. E facendo poi l'esperienze di altre parti, esaminando ora il tempo di tutta la lunghezza col tempo della metà, o con quello delli due terzi o dei tre quarti, o in conclusione con qualunque altra divisione, per esperienze ben cento volte replicate sempre si incontrava, gli spazi passati esser tra di loro come quadrati dei tempi e questo in tutte le inclinazioni del piano, cioè del canale nel quale si faceva scendere la palla. (...) Quando poi alla misura del tempo, si tendeva una gran secchia piena d'acqua, attaccata in alto, la quale per un sottil canellino, saldatogli nel fondo, versava un sottil filo d'acqua, che s'andava ricevendo con un piccol bicchiere per tutto 'l tempo che la palla scendeva nel canale e nelle sue parti: le particelle poi dell'acqua, in tal guisa raccolte, s'andavano di volta in volta con esattissima bilancia pesando, dandoci

le differenze e proporzioni dei tempi; e questo con tal giustezza, che, come ho detto, tali operazioni, molte e molte volte replicate, già mai non differivano d'un notabil momento. (*Discorsi*)¹⁴

Scheda 9

POPPER

(...) io ammetterò certamente come empirico, o scientifico, soltanto un sistema che possa essere *controllato* dall'esperienza. Queste considerazioni suggeriscono che, come criterio di demarcazione, non si deve prendere la *verificabilità*, ma anche la *falsicabilità* di un sistema. In altre parole: da un sistema scientifico non esigerò che sia capace di essere scelto, in senso positivo, una volta per tutte, ma esigerò che la sua forma logica sia tale che possa essere messo in evidenza, per mezzo di controlli empirici, in senso negativo: *un sistema empirico deve poter essere confutato dall'esperienza*. (*Logica della scoperta scientifica*, cap. 1, 6).

Queste considerazioni mi condussero, nell'inverno 1919-1920, alle conclusioni che posso ora riformulare in modo seguente.

1. È facile ottenere delle conferme, o verifiche, per quasi ogni teoria – se quel che cerchiamo sono appunto le conferme.

2. le conferme dovrebbero valere solo se sono il risultato di *previsioni rischiose*, vale a dire nel caso che non essendo illuminati dalla teoria in questione, ci saremmo dovuti aspettare un evento incompatibile con essa – un evento che avrebbe confutato la teoria.

3. Ogni teoria scientifica “valida” è una proibizione : essa preclude l'accadimento di certe cose. Quante più cose preclude, tanto migliore risulta.

4. Una teoria che non può essere confutata da alcun evento concepibile, non è scientifica. L'inconfutabilità di una teoria non è (come spesso si crede) un pregio, bensì un difetto.

5. Ogni *controllo* genuino di una teoria è un tentativo di falsificarla, di confutarla. La controllabilità coincide con la falsicabilità; vi sono tuttavia dei gradi di controllabilità. Alcune teorie sono controllabili, o esposte alla confutazione, più di altre, esse, per così dire, corrono rischi maggiori.

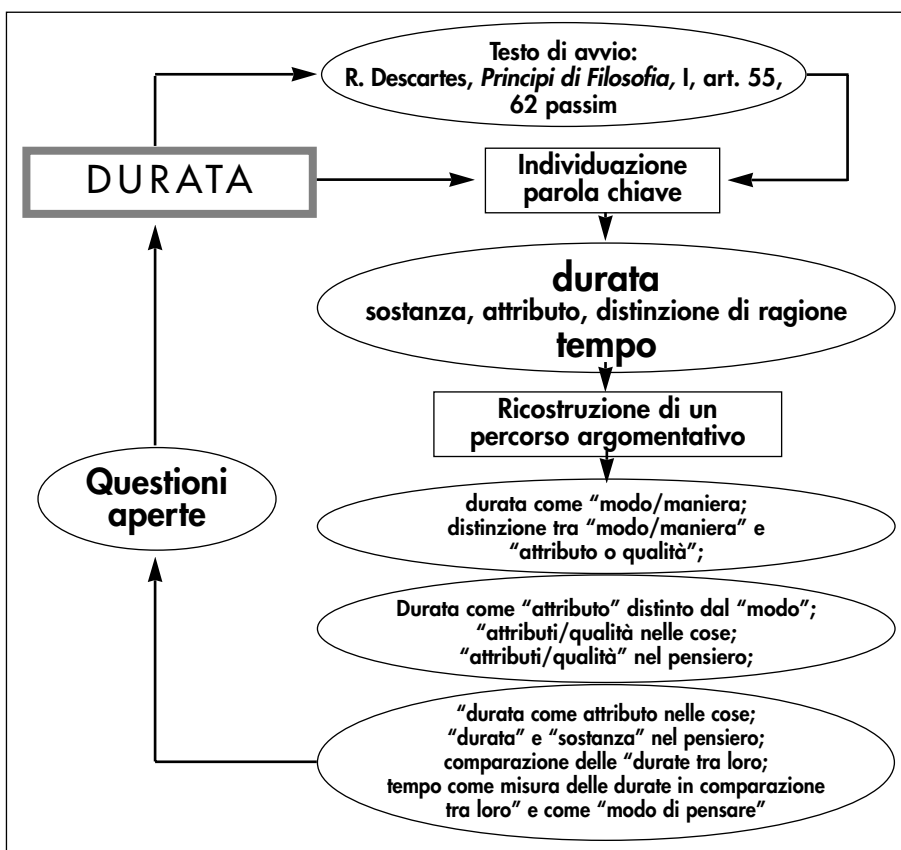
6. I dati di conferma non dovrebbero contare *se non quando siano il risultato di un controllo genuino della teoria*; e ciò significa che quest'ultimo può essere

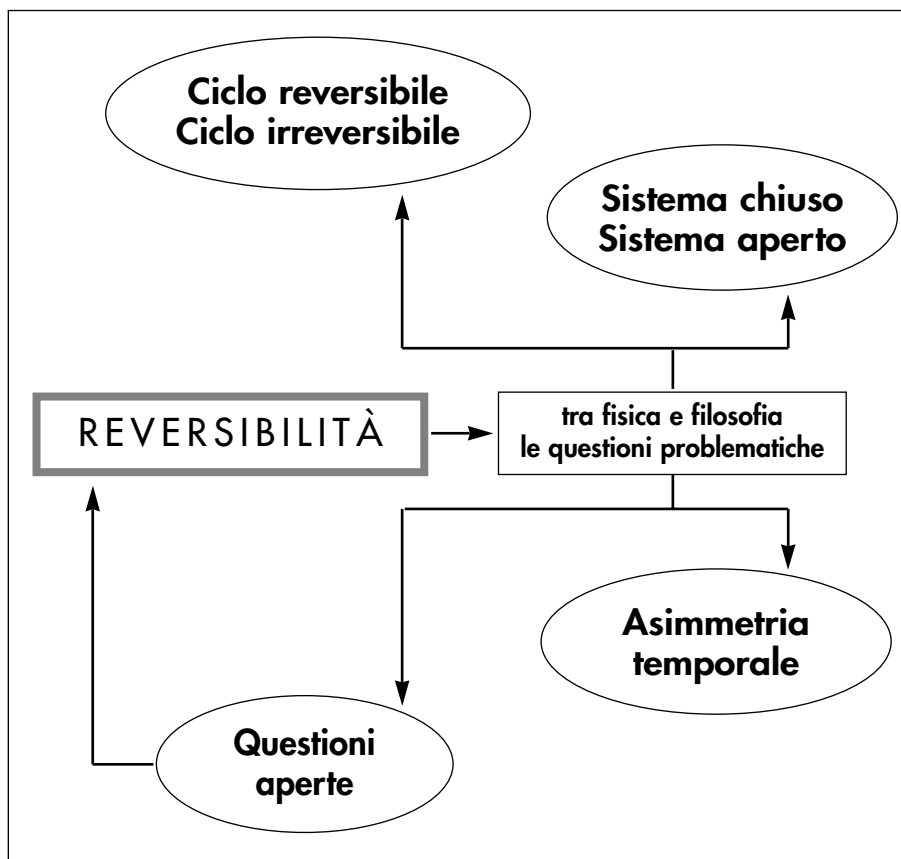
¹⁴ ARMANDO RIGOBELLO, *Il tempo in Bergson e nello spiritualismo francese*, in Giovanni Casertano (a cura di), *Il concetto di tempo*. Atti del XXXII Congresso Nazionale della Società Filosofica Italiana, Caserta 28 aprile-1 maggio 1995, Loffredo Editore, Napoli, anno MCMXCVII, § 3, pp. 76- 78

presentato come un tentativo serio, benché fallito, di falsificare la teoria. In simili casi parlo ora di “dati corroboranti”.

7. Alcune teorie genuinamente controllabili, dopo che si sono rivelate false, continuano ad essere sostenute dai loro fautori – per esempio con l’introduzione, *ad hoc*, di qualche assunzione ausiliare, o con la reinterpretazione *ad hoc* della teoria, in modo da sottrarla alla confutazione. Una procedura del genere è sempre possibile, ma essa può salvare la teoria della confutazione solo al prezzo di distruggere, o almeno pregiudicare, il suo stato scientifico. Ho descritto in seguito una tale operazione di salvataggio come una *mossa* o *stratagemma convenzionalistico*.

Si può riassumere tutto questo dicendo che *il criterio dello stato scientifico di una teoria è la falsificabilità, confutabilità, o controllabilità.* (Congetture e confutazioni, parte I, 1, I, Vol. I)





CONTESTO DIACRONICO DELLE PAROLE CHIAVE

AUTORI	TESTI	PAROLA CHIAVE
ARISTOTELE	<i>De coelo</i> , I, 279 a, 23-28; <i>Phys</i> , IV, 12, 221b 3-7	DURATA
TOMMASO	<i>I Sent.</i> , d.8, q. 2, art.1 ad 6	
SPINOZA	<i>Cogitata Metaphysica</i> , I, 4	
BERGSON	<i>Saggio sui dati immediati della coscienza</i> , cap. 2, pp. 74-75	
EINSTEIN	<i>Relatività</i> , Torino 1965 ⁴ , pp. 45-47.	

AUTORI	TESTI	PAROLA CHIAVE
ARISTOTELE	<i>Phys</i> , IV, 10-11, 217b 29, 220 a 26	TEMPO
AGOSTINO	<i>Confessiones</i> XI, 14 –15,18 –20,26 -28	
SPINOZA	<i>Cogitata Metaphysica</i> , I, 4	
BERGSON	<i>Saggio sui dati immediati della coscienza</i> , cap. 2, pp. 80 - 81	
HUSSERL	<i>Per la fenomenologia della coscienza interna del tempo</i> , § 1, § 8.	
AUTORI	TESTI	PAROLA CHIAVE
ERACLITO	D.K. 22 B 91	REVERSIBILITÀ
AGOSTINO	<i>Confessioni</i> , XXVII-XXVIII, BUR, Milano 2000	
BERGSON	<i>Evolution créatrice</i> , IV Edizione, Parigi, Alcan 1908, pp. 9-12	

LE ATTIVITÀ FINALIZZATE ALLA VERIFICA

Per quanto attiene alle operazioni di verifica del lavoro svolto, parliamo di *attività*, con l'intento di sottolineare il carattere attivo e la conseguente *apertura al possibile* di ogni forma di apprendimento, essendo quest'ultimo finalizzato alla formazione/potenziamento di competenze *utili per la vita*.

Diamo come presupposto che il percorso tematico-testuale da noi proposto si alimenti, nella concreta situazione di insegnamento/apprendimento, di un numero assai maggiore di operazioni rispetto a quelle da noi descritte, quali ad esempio, le ampie contestualizzazioni di carattere teoretico, storico e semantico (cui abbiamo solo accennato) con funzione di precomprensione e cornice critica al lavoro sui testi; o la riflessione metacognitiva sul percorso di studio realizzato, con funzione di ri-pensamento volto all' "apprezzamento" del guadagno cognitivo conseguito individualmente e collettivamente.

Diamo altresì per presupposto che l'intero percorso (a conclusione del quale lo studio analitico sulle "parole-guida" confluisca in una ricostruzione sistematica del problema del tempo nel pensiero d'occidente e nella individuazione delle "questioni aperte") sia scandito da forme di *verifica continua* nelle tradizionali forme della:

1. Interrogazione breve o strutturata;
2. Decostruzione e sintetica ricostruzione di un testo;
3. Costruzione di mappe concettuali

Ciò che vogliamo proporre qui, con valore ancora una volta esemplificativo, sono le forme di verifica rappresentate da:

1. Esercizi di *riconoscimento*;
2. Esercizi di *completamento*;
3. *Produzioni personali* su stimolo

ESERCIZIO DI RICONOSCIMENTO

Leggi attentamente il testo sotto riportato e, dopo aver svolto le consuete operazioni di analisi testuale, individua nel “nuovo” il “già noto” e compila la scheda A.

Le avventure della durata¹⁵

Il *Saggio sui dati immediati della coscienza* costituisce la dissertazione di Bergson per il dottorato... Anche negli atti relativi al dottorato, Bergson viene indicato come “psicologo sottile e penetrante”. Fin dagli inizi... il suo pensiero è stato oggetto di valutazioni diverse dalle attese dell’Autore; ha suscitato poi grandi entusiasmi e accese polemiche. La complessità degli elementi, la compresenza di interessi talvolta disparati, l’immediato riferimento del pensiero alla vita ne hanno fatto un arduo problema ermeneutico di cui le discussioni su tempo e durata sono uno spaccato emblematico...

L’occasione per ripensare la propria dottrina sulla durata venne a Bergson dal confronto di tale dottrina con quella della “relatività ristretta” di Einstein; a tale confronto è dedicato lo scritto del 1923 *Durée et simultanéité* che in seconda edizione, apparsa l’anno successivo, reca il risultato del dibattito tra Bergson e lo stesso Einstein tenutosi alla “Société de Philosophie”. La questione è ripresa in un articolo del 1924: *Le temps fictif et le temps réel*. Secondo le argomentazioni sviluppate in questi scritti, l’evidenza fenomenologica della durata, che continua ad essere l’unico modo con cui percepiamo la temporalità, può essere estesa gradualmente al mondo esterno attraverso un’intenzionalità messa in atto dall’avvertimento di un’altra coscienza che è nella mia stessa natura e che vive interiormente e simultaneamente la stessa durata. La considerazione dell’intersoggettività della durata introduce quindi una dimensione nuova, volta all’esterno, costituita dalla reciproca congruenza delle esperienze di due o più coscienze che *simultaneamente* “vivono la stessa durata” e compiono le stesse

¹⁵ CARLO BERNARDINI, *Il tempo nella fisica moderna*, in Giovanni Casertano (a cura di), *Il concetto di tempo*, Loffredo Editore, Napoli anno MCMXCVII, pp. 129-131

esperienze. Si può quindi ipotizzare un tempo impersonale e unico che faccia da sfondo oggettivo ad una *reciprocità delle coscienze* ...reciprocità resa possibile dal vivere appunto la stessa durata. La simultaneità della durata fonda quindi l'ipotesi di un tempo impersonale ed unico la cui misurazione avviene tuttavia sempre mediante un atto della coscienza. Tale atto, pur giungendo a fissare rapporti numerici e simbolici, non è tuttavia messo in moto da categorie logiche astratte ma da esigenze prammatiche, si potrebbe anche dire da sollecitazioni del "mondo della vita". Un ulteriore approfondimento porta Bergson a specificare che la simultaneità, all'interno del vissuto interiore, ossia della durata, è affidata alla libera scelta: la scelta tra elementi simultanei che possono essere considerati fusi in un unico fluire o distinti e variamente intrecciati.

Ciò tuttavia è indifferente per quell'ipotetico tempo unico e impersonale cui si è giunti per estensione intersoggettiva. È questo tempo e il relativo movimento che sono oggetto della considerazione scientifica le cui teorie vanno sempre riconsiderate in un confronto con il tempo interiore, con la durata che appare quasi una "riserva di senso" (per usare termini husserliani) di fronte ai paradossi della scienza astratta come a quelli della teoria della relatività ristretta, che Bergson non intende combattere pregiudizialmente ma confrontare utilmente con la propria concezione del tempo. La concezione della durata bergsoniana verrebbe quindi a svolgere un ruolo di richiamo alla concretezza del tempo reale di fronte alle audaci suggestioni del tempo fittizio. Un'ultima considerazione che scaturisce dal confronto con la teoria di Einstein è la simultaneità fra due istanti, ma l'istante per Bergson non è che un'astrazione matematica che rientra in una concezione virtuale del tempo, non in quella del tempo reale che è fluire ininterrotto. Solo la memoria consustanziale alla coscienza può situare l'istante in un momento concreto, reale. L'istante, perciò, è reale solo nel ricordo, la sua realtà se considerata a sé stante è fittizia.

Se volessimo, a questo punto, raccogliere in una provvisoria conclusione il contributo di Bergson alla concezione del tempo, ci sembra di poter dire che, con l'idea di durata, Bergson giunge all'individuazione della struttura stessa dell'esperienza interiore: un intenso vissuto, un intimo raccoglimento che sono insieme abbandono al fluire della vita, un abbandono che però è reso possibile dalla non considerazione ("dalla messa fuori gioco") di tutto ciò che connette il tempo con lo spazio: *un libero intreccio di continuità interiori*. Una fenomenologia del tempo quindi ad esito "spiritualistico", una fenomenologia nel senso forte del termine, che ha come *pars destruens* la contestazione dell'obiettività naturalistica spazio-temporale e come *pars construens* l'organizzazione dell'esperienza interiore secondo libere dimensioni qualitativamente diverse...

Scheda A

1. Scrivi nello spazio sottostante le parole chiave tratte dal testo di Armando Rigobello che ti sono già note

2. Riconducile al loro contesto testuale ed esplicita i concetti che esse veicolano

3. Confronta, per somiglianza e per contrasto, i concetti esplicitati con quelli a te già noti

4. Riconduci questi ultimi all'autore (o agli autori) che te li hanno ispirati

ESERCIZIO DI COMPLETAMENTO

Leggi attentamente il testo sotto riportato e, dopo aver svolto le consuete operazioni di analisi testuale, prova ad aggiungere a quelle addotte dall'autore ulteriori considerazioni sul tema del tempo, alla luce delle tue conoscenze pregresse.

Il tempo nella fisica moderna¹⁶

La nozione di tempo, per quanto appaia connaturata agli esseri umani, è una delle più astratte su cui si possa esercitare l'intelligenza. Basta fare una piccola inchiesta personale con le persone che capitano a tiro, chiedendo loro "che cosa è il tempo?", per scoprire che generalmente la risposta, che – a fatica – viene prodotta, è tautologica. Perciò, la colpa potrebbe essere nella domanda che, con quel riferimento alla "cosa", dirotta l'interlocutore su una rappresentazione materiale, cioè su una di quelle rappresentazioni che vengono impropriamente chiamate intuitive perché fanno entrare in gioco elementi sensorialmente percettibili della realtà esterna. Per questo, non si può accusare di grossolanità l'uomo della strada: anche il fisico poco incline alla riflessione epistemologica dice spesso (con compiacimento) che "il tempo è ciò che si misura con gli orologi", senza preoccuparsi di approfondire. Il punto è che questo tipo di affermazione può essere accettato come epistemologicamente soddisfacente solo dopo averne approfondito il significato.....

Il tempo acquista il suo status di realtà sensibile attraverso un procedimento di misura ben identificabile e ripetibile. Questo è reso possibile da una circostanza che possiamo chiamare accidentale: l'esistenza di fenomeni "relativamente" periodici di origine e natura molto diversa. Ci sono sistemi fisici, dunque materiali, che riassumono ripetutamente la stessa configurazione spaziale; se ce ne fosse uno solo, non sapremmo che farcene, ma siccome ce ne sono tanti possiamo fare osservazioni di questo tipo: "ogni 5 volte che il sistema A assume la configurazione Ca il sistema B è ripassato 7 volte per la configurazione Cb. È questo che intendo per "relativamente periodico". I moti degli astri, dei pendoli, delle molle, delle palline elastiche che rimbalzano, le correnti elettriche in un circuito oscillante eccitato, le vibrazioni dell'aria, perfino un terremoto, possono darci un'idea della periodicità relativa, almeno per un certo numero di "periodi" (uso già un linguaggio a suo modo evoluto, cioè adatto a sistemi complessi). Se la periodicità relativa si mantiene per un grande numero di periodi, allora i sistemi in osservazione si candidano come buoni orologi. Meriterebbe

¹⁶ CARLO BERNARDINI, *Il tempo nella fisica moderna*, in Giovanni Casertano (a cura di), *Il concetto di tempo*, Loffredo Editore, Napoli anno MCMXCVII, pp. 129-131

un commento la fortuna che ci è capitata di vivere in un mondo a temperatura così bassa da permettere l'esistenza di un grandissimo numero di orologi diversi.

È la descrizione matematica che fa spuntare il tempo. La descrizione delle configurazioni di un sistema si può fare impiegando una qualche coordinata (per esempio la "posizione angolare" del Sole nel cielo diurno, se il sistema è Sole-Terra); e si può costruire una tabella che metta in corrispondenza le coordinate scelte per i due sistemi A e B, osservate *contemporaneamente*, cioè in un unico atto percettivo (attenzione: la parola *contemporaneamente* potrebbe essere un tranello!).

La tabella dice che "quando A è in Xa, B è in Xb":

X	Xb	0
X'a	X'b	1
X''a	X''b	2

.... Mi sono permesso di numerare le configurazioni prese in esame, ma questo non è molto importante (per ora), perché la corrispondenza è tra posizioni, senza alcuna altra speculazione. La tabella, tecnicamente, rappresenta valori numerici di una coordinata *in funzione* dell'altra. Ma la matematica elementare delle funzioni ci permette di darne - con una certa libertà, che deve rispettare l'equivalenza delle rappresentazioni simboliche adottate - una *rappresentazione parametrica*. Cioè, invece di scrivere $X_a = F(X_b)$, possiamo scrivere: [essendo $F(\cdot) = f_a(f_b^{-1}(\cdot))$], a patto che f_b^{-1} esista e sia ben determinata

$$\begin{aligned} X_a &= f_a(t) \\ X_b &= f_b(t) \end{aligned}$$

Dove t è un parametro opportunamente scelto (...) L'osservazione della periodicità consiste nel fatto che se

$f_a(t+T_a) = f_a(t)$, allora $f_b(t+T_b) = f_b(t)$, per qualsiasi valore di t! Le costanti T_a T_b sono, ovviamente, i periodi.

Adesso immaginate che una tale rappresentazione sia possibile per una miriade di sistemi fisici semplici. L'introduzione del parametro t "tempo" ha semplificato enormemente la descrizione rendendo esplicita la periodicità relativa: uno dei sistemi può essere scelto come orologio, la sua coordinata di configurazione può essere messa in relazione al corrispondente valore t e usata per determinare le coordinate configurazionali di altri sistemi: quando le lancette sono nella posizione corrispondente, sul quadrante, alle ore 12, il Sole è nel punto più alto della sua traiettoria (per gli osservatori che stanno in un certo punto della Terra). Ovvero, diciamo che "sono le 12" sia guardando la cipolla del nonno che il Sole.

Il punto è che, secondo la mentalità dei fisici, non si può dire niente di più.

E invece....

PRODUZIONI PERSONALI SU STIMOLO

Prendendo l'avvio da due o più frammenti a scelta tra quelli sotto riportati, costruisci un breve testo scritto sul tema del tempo. Contestualizza le tue considerazioni precisando se intendi attribuire loro valore introduttivo al problema, o valore descrittivo/riassuntivo o argomentativo.

Il tempo è un fanciullo che giuoca spostando le pedine... (Eraclito, frammento 52)

*Instancabile il Tempo, di perenne
fluire rigonfio, circola, se stesso
generando da sé.* (CRIZIA, DK 88B18)

Il tempo è un'apparenza che si mostra sotto l'aspetto dei giorni e delle notti.
(Attribuzione di Sesto Empirico a Democrito)

E i giorni e le notti e i mesi e gli anni, che non erano prima che il cielo nascesse, fece allora in modo che anch'essi potessero nascere mentre creava quello. Tutte queste sono parti del tempo, e l'"era" e il "sarà" sono forme generate di tempo, che noi inconsapevolmente riferiamo a torto all'eterna essenza. ... Il tempo dunque fu fatto insieme col cielo, affinché generati insieme anche insieme si dissolvano, se mai a loro avvenga qualche dissoluzione; e fu fatto secondo il modello dell'eterna natura, affinché le sia simile quanto più possa. Perché il modello esiste per tutta l'eternità e il cielo per tutto il tempo sino alla fine è esistito, esiste ed esisterà. (PLATONE, *Tim.* 37C-38B)

Il tempo assoluto, vero, matematico, in sé e per sua natura senza relazione ad alcunchè di esterno, scorre uniformemente (...) il tempo relativo, apparente e comune è una misura (esatta o inesatta) sensibile ed esterna della durata per mezzo del moto, che comunemente viene impiegata al posto del tempo vero: tali sono l'ora, il giorno, il mese, l'anno. (NEWTON, *Opere*, a cura di A. Pala, Utet, Torino 1965, p.101)

La nostra percezione del passare del tempo è un'impressione sensibile; cioè a dire che è tanto strettamente connessa con gli stimoli provenienti dal mondo fisico, quanto lo è la sensazione della luce. (A. S. EDDINGTON, *Filosofia della fisica*, Laterza, Bari-Roma 1984, p. 225)

...il passare del tempo è una condizione della coscienza (...) se io afferro la nozione di esistenza perché io stesso esisto, afferro la nozione di divenire perché io stesso divengo. È l'Ego più intimo di tutto quello che è e diviene. (A. S. EDDINGTON, *La natura del mondo fisico*, Laterza, Bari-Roma 1987, p. 90)

La fisica non ha alcun diretto rapporto con quella sensazione del “divenire” che noi sperimentiamo nella nostra coscienza, e che noi consideriamo strettamente inerente alla natura del tempo: conseguentemente la fisica tratta il tempo come un mero simbolo, ma in pari tempo, tanto la materia, quanto qualsiasi altra entità figurata nel mondo fisico, è stata ridotta a un nebuloso simbolismo. (A. S. EDDINGTON, *La scienza e il mondo invisibile*, G. De Boni, Milano-Roma, Bocca, S.D., p. 31)

