

ROBERTO ARDIGÒ: IL CASO E LA NECESSITÀ (Mauro Murzi)

I molti secoli della storia, si perderanno nella serie immensamente più lunga dei periodi geologici, come, nel corso di un anno, quel solo giorno d'estate, in cui nacque visse e si spense una nube d'insetti minuti, portati via in sulla sera, in un colpo, da un soffio di vento.¹

L'appendice del libro sul sistema solare è una piccola gemma nella vasta (ma troppo spesso monotona) opera filosofica di Roberto Ardigò, il massimo esponente del positivismo italiano. Il libro fu pubblicato nel 1877 con il titolo *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*. Doveva costituire il capitolo secondo di un lavoro, non completato, sulla *Formazione storica delle Idee volgari di Dio e dell'Anima*. È composto da una breve sintesi di dati scientifici e da quattro *Osservazioni* nelle quali Ardigò discute la propria concezione dell'evoluzione. Il confronto con il processo di formazione del sistema solare consente ad Ardigò di illustrare la propria teoria, costruita intorno a quattro principi:

- 1) la legge della distinzione;
- 2) l'assenza di un piano preordinato che guidi l'evoluzione;
- 3) l'instabilità di ogni sistema prodotto dall'evoluzione;
- 4) la coesistenza del caso e della necessità nei fenomeni naturali.

Per difendere e chiarire la dottrina del caso esposta nella quarta osservazione, Ardigò aggiunse nelle edizioni successive un' *Appendice alla osservazione quarta sul concetto positivo del caso*. L'esame di questa appendice ci guiderà nell'esposizione della filosofia di Ardigò.

1. L'EVOLUZIONE

Ardigò elabora una concezione filosofica che ha l'obiettivo di descrivere l'evoluzione di ogni sistema naturale, come per esempio le galassie, il sistema solare, la Terra, le specie animali e vegetali, o una goccia d'acqua formatasi all'interno di una nuvola. Ardigò si schiera senza alcun indugio contro la teoria secondo la quale l'evoluzione seguirebbe un piano preordinato concepito da una mente divina. Questa dottrina permette di conciliare l'evoluzione delle specie viventi con l'esistenza di un Dio attivo, artefice del progetto seguito dall'evoluzione. Una tale interpretazione era propugnata non solo dai teisti più conservatori e intransigenti ma anche da autorevoli studiosi come Alfred Russel Wallace, il naturalista britannico autore del primo articolo sulla moderna teoria dell'evoluzione la cui pubblicazione indusse Darwin a rendere noti i propri contributi sul medesimo argomento. In un articolo sull'evoluzione dell'uomo, Wallace scriveva:

La conseguenza che vorrei trarre da questa classe di fenomeni è che un'intelligenza superiore ha guidato lo sviluppo dell'uomo in una direzione determinata, e per uno scopo particolare, proprio come l'uomo guida lo sviluppo di molti tipi animali e vegetali [...] una qualche intelligenza superiore potrebbe aver diretto il processo mediante il quale la specie umana si è sviluppata, tramite azioni più sottili di quelle alle quali siamo abituati.²

Il ricorso a un'intelligenza superiore per spiegare l'ordine che si riscontra nella natura era già presente nell'argomentazione nota come prova teleologica dell'esistenza di Dio. Così si esprimeva San Tommaso d'Aquino, nel XIII secolo, nell'enunciare la quinta prova dell'esistenza di Dio:

¹Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, Mantova, Annuario del Liceo-Ginnasio, 1877. Ristampato in *Opere filosofiche*, vol. II, Padova, Angelo Draghi, 1898, 257. Ho aggiornato la grafia, gli accenti e l'uso degli apostrofi alle consuetudini odierne.

²«The inference I would draw from this class of phenomena is, that a superior intelligence has guided the development of man in a definite direction, and for a special purpose, just as man guides the development of many animal and vegetable forms. [...] some higher intelligence may have directed the process by which the human race has developed, by means of more subtle agencies than we are acquainted with.» Cfr. A. R. WALLACE, *Contributions to the Theory of Natural Selection*, Londra, Macmillan, 1870, 358.

La quinta via è desunta dal governo delle cose. Vediamo infatti che alcune cose prive di conoscenza, come i corpi naturali, agiscono per un fine, come appare dal fatto che agiscono sempre o quasi sempre allo stesso modo per conseguire la perfezione; per cui è evidente che raggiungono il loro fine non a caso, ma in seguito a una predisposizione. Ora, ciò che è privo di intelligenza non tende al fine se non perché è diretto da un essere conoscitivo e intelligente, come la freccia dall'arciere. Vi è dunque un qualche essere intelligente dal quale tutte le realtà naturali sono ordinate al fine, e questo essere lo chiamiamo Dio.³

Ancora oggi la dottrina nota come *intelligent design* (progetto intelligente) ricorre alle cause finali per spiegare l'evoluzione. «La teoria dell'intelligent design sostiene che certe caratteristiche dell'universo e degli esseri viventi sono meglio spiegate dal ricorso ad una causa intelligente, e non sono il risultato di un processo disordinato, basato sul caso, come l'evoluzione darwiniana»⁴. La principale differenza tra San Tommaso e i fautori dell'*intelligent design* è che il dotto teologo, non conoscendo la scienza del XX secolo, era del tutto giustificato nell'appellarsi a cause soprannaturali per spiegare l'ordine dell'universo. Questa giustificazione manca, al contrario, in chi dovrebbe avere ben presente e saper valutare la conoscenza scientifica acquisita in ambito fisico, astronomico e biologico. Il progresso scientifico ha mostrato l'inutilità del ricorso alle cause soprannaturali. Usando le parole di Ardigò, si può dire che

[il ricorso alla provvidenza] la scienza lo smentisce sempre positivamente, per via del fatto, mediante la scoperta degli agenti naturali, che mostrano in sé la ragione di ciò, che accade; sicché apparisce sempre alla fine, che solo l'ignoranza loro motivava il ricorso [...] alla provvidenza.⁵

Il teismo – sostiene Ardigò – divide in due la sfera della natura. Da una parte gli eventi che la scienza è in grado di spiegare. Dall'altra parte gli eventi che la scienza non è in grado di spiegare. Per il teista gli eventi non spiegati dalla scienza sono trascendenti e assolutamente inconoscibili. Ma il teista dimentica (o volutamente ignora) che l'incapacità della scienza a spiegare un evento è temporanea. L'ambito del trascendente si riduce continuamente con il progredire della conoscenza scientifica. Sicché la trascendenza attribuita agli eventi non ancora spiegati è solo il frutto di un «miraggio, sbugiardato nella regione già esplorata»⁶ dalla scienza.

Ardigò attribuisce il ricorso alle cause soprannaturali a due pregiudizi che chiama il «pregiudizio dell'archetipo a priori» e il «pregiudizio del caos». Il pregiudizio dell'archetipo a priori consiste nel credere che l'ordine sia indipendente dalla materia. Si ritiene che la materia sia priva di forma, passiva e inerte. Perciò l'ordine deve essere introdotto nella materia dall'esterno. Ciò può avvenire mediante il miracoloso e costante intervento divino oppure come conseguenza di un piano preordinato (una sorta di armonia prestabilita) al quale l'evoluzione si attiene. Nella bella analogia di Ardigò, i fautori dell'archetipo a priori concepiscono la natura «come un dramma, che si presenta, appassionandoli, agli spettatori, nello svolgimento successivo delle sue parti di interesse sempre crescente»⁷. Come un dramma segue un copione così l'evoluzione segue «una successione prestabilita di forme determinate, continua e senza fine»⁸. Il pregiudizio del caos consiste nel

³«Quinta via sumitur ex gubernatione rerum. Videmus enim quod aliqua quae cognitione carent, scilicet corpora naturalia, operantur propter finem, quod apparet ex hoc quod semper aut frequentius eodem modo operantur, ut consequantur id quod est optimum; unde patet quod non a casu, sed ex intentione perveniunt ad finem. Ea autem quae non habent cognitionem, non tendunt in finem nisi directa ab aliquo cognoscente et intelligente, sicut sagitta a sagittante. Ergo est aliquid intelligens, a quo omnes res naturales ordinantur ad finem, et hoc dicimus Deum.» Cfr. SAN TOMMASO D'AQUINO, *Summa Theologiae*, I q.2 a.3 co.

⁴«The theory of intelligent design holds that certain features of the universe and living things are best explained by an intelligent cause, and are not the result of an undirected, chance-based process such as Darwinian evolution.» Cfr. *Primer: Intelligent Design Theory in a Nutshell*, reperibile sul sito Intelligent Design and Evolution Awareness Center (<http://www.ideacenter.org>). Acceduto il 16 luglio 2009.

⁵Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 267.

⁶Cfr. R. ARDIGÒ, *L'inconoscibile di H. Spencer e il positivismo*, in *Rassegna Critica di Napoli*, luglio, agosto e settembre 1883. Ristampato in *Opere filosofiche*, vol. II, Padova, Angelo Draghi, 1898, 362.

⁷Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 258.

⁸Cfr. *ibidem*.

ritenere che al di fuori dell'ordine dato non ci sia alternativa al disordine totale: o l'ordine dato o il caos. Anche questo pregiudizio ha la sua origine nell'opinione che la materia sia priva di forma, passiva e inerte. Perciò, se viene a mancare l'ordine attualmente presente in natura, la materia non sarebbe capace di produrre un altro ordine ma evolverebbe verso uno stato di totale disordine. L'origine del ricorso alle cause soprannaturali è dunque la concezione della materia come di un'entità che riceve l'ordine dall'esterno. Nella concezione religiosa è Dio che infonde l'ordine alla materia. Nel pensiero laico Dio è stato sostituito da un agente al quale sono stati attribuiti nomi diversi: la natura, le idee, la forza. Sia la concezione religiosa che quella laica sono errate – sostiene Ardigò – in quanto basate su una non dimostrata dualità di materia e forma. Anche la scienza moderna persevera in questo errore poiché ipotizza una differenza essenziale tra la materia e la forza.

2. LA MATERIA E LA FORZA

Nella concezione di Ardigò la materia e la forza sono due aspetti diversi di una medesima e unica realtà. La loro distinzione è il risultato dell'attività della mente umana. Supponiamo di fare astrazione dalla successione temporale e di fissare l'attenzione su un determinato istante di tempo. A causa dei limiti della nostra percezione e degli strumenti scientifici, possiamo osservare soltanto un intervallo finito di tempo e mai un istante privo di durata. Tuttavia, se consideriamo un dato intervallo di tempo come un'unità indivisibile (ovvero, se rinunciamo coscientemente a suddividerlo in intervalli più piccoli) possiamo assimilarlo a un istante di tempo. Un istante di tempo è dunque un intervallo finito di tempo, di qualsiasi durata, che volutamente non suddividiamo in ulteriori intervalli. Non è necessario, contrariamente a quello che si pensa di solito, che l'intervallo di tempo considerato sia estremamente piccolo. Ardigò dichiara che

non è il vero concetto del punto matematico quello, che lo fa consistere in un'estrema piccolezza. Ciò, che è estremamente piccolo, ha tuttavia tante parti matematicamente, quante ciò, che è estremamente grande. E ciò, che è estremamente grande, serve perfettamente da punto, per la costruzione matematica, solo che non vi si considerino delle parti. E lo stesso è da dirsi del tempo.⁹

La materia – nella filosofia di Ardigò – è ciò che coesiste in un dato istante di tempo. La forza è la causa dei cambiamenti della materia che si manifestano nella successione temporale. Per esempio, le trasformazioni che hanno dato luogo all'attuale sistema solare a partire dallo stato originario di nebulosa sono state causate dalla forza di gravità¹⁰. Negli scritti di Ardigò il termine «forza» è ambiguo. Esso assume significati diversi che oscillano tra le due nozioni fisiche di forza e di energia. Tale duplicità di significato non è dovuta all'incuria terminologica dell'Autore ma è una naturale conseguenza dello stato della fisica nell'Ottocento. La distinzione tra forza, quantità di moto ed energia non era ancora chiara. La terminologia era incerta. Anche tra gli scienziati il termine «forza» era frequentemente usato con il significato di energia. Hermann von Helmholtz, uno dei padri del principio di conservazione dell'energia, nel 1847 aveva tenuto una serie di conferenze intitolata *Über die Erhaltung der Kraft (Sulla conservazione della forza)*, nelle quali il termine tedesco «Kraft» (forza) è usato con il significato di energia. Per una corretta comprensione del pensiero di Ardigò si dovrà quindi tenere a mente che la parola «forza» può anche significare energia. Il contesto può aiutare a decifrare il significato corretto.

⁹Cfr. *ivi*, 38.

¹⁰Ardigò segue la teoria di Kant e Laplace sull'origine del sistema solare (Cfr. I. KANT, *Storia universale della natura e teoria del cielo*, 1755 e P. S. LAPLACE, *Exposition du système du monde*, 1796). Questa teoria afferma che il sistema solare ebbe origine dal collasso gravitazionale di una nebulosa. Le particelle che componevano la nebulosa furono attratte da un centro di aggregazione nel quale la densità era maggiore. Con il diminuire del diametro, la nebulosa iniziò a ruotare intorno al proprio centro, dove si formò il Sole. I pianeti nacquero da anelli concentrici che si produssero per effetto della rotazione della nebulosa. I satelliti ebbero origine da anelli minori, simili agli anelli di Saturno, che ruotavano intorno ai pianeti.

Nella fisica ottocentesca l'energia era spesso identificata con il moto delle particelle elementari costituenti la materia. Tale concezione, conseguenza degli studi di Joule sull'equivalenza tra calore ed energia cinetica, era stata rafforzata dalla pubblicazione nel 1865 della *Teoria meccanica del calore* di Rudolf Clausius. Ardigò poteva dunque dire

Oggi, come si sa, si inclina ad estendere ad ogni parte del mondo fisico [...] il principio, che la forza non sia altro che moto; e che i diversi stati, i diversi fenomeni, che si osservano in un corpo, non siano, che diversi movimenti delle particelle componenti.¹¹

Quelle differenze – sostiene Ardigò – che vengono attribuite ad una diversa costituzione della materia sono in realtà dovute ad una difformità nel contenuto di energia. Il ghiaccio, l'acqua e il vapore non sono tre materie distinte ma sono la medesima materia in diversi stati di energia e di moto. Quando l'energia è scarsa, il moto delle particelle è lento e l'acqua solidifica in ghiaccio. Quando aumenta l'energia, il moto delle particelle si intensifica e l'acqua torna allo stato liquido. Un ulteriore aumento dell'energia causa un incremento della velocità delle particelle e il conseguente passaggio dell'acqua allo stato di vapore. La materia è sempre la medesima. Si presenta in aspetti diversi perché l'energia che possiede è diversa. Per questo – dice Ardigò – tempo addietro si credeva che la materia che compone il Sole fosse diversa da quella terrestre. Oggi sappiamo che il Sole e la Terra sono fatti della stessa materia. Le differenze che osserviamo sono dovute al diverso stato di moto della materia solare, agitata da un'energia ben maggiore di quella terrestre. Per fare degli esempi a noi più vicini, ovviamente sconosciuti ad Ardigò, la materia che costituisce oggetti esotici come le stelle di neutroni o il plasma è sempre la medesima materia ordinaria che osserviamo sulla Terra. Tale materia si trova in condizioni energetiche particolarmente intense. La visione di Ardigò, nella quale ogni diversità della materia è riconducibile ad una diversità dell'energia, era giustificata nell'Ottocento (poteva anzi essere considerata come una concezione all'avanguardia) ma appare lacunosa alla luce della fisica contemporanea, nella quale altri elementi concorrono a definire il comportamento della materia (per esempio, la carica elettrica e il campo elettromagnetico).

Nel pensiero di Ardigò la materia non può essere considerata un primo assoluto dal quale dedurre metafisicamente tutto ciò che esiste. Infatti, si deve ricorrere all'energia per spiegare perché la materia si manifesti in forme apparentemente diverse. Una filosofia integralmente materialistica è dunque destinata al fallimento. Ma forse si potrebbe dedurre la materia dall'energia. Può l'energia essere il primo assoluto dal quale dedurre tutto ciò che esiste? Ardigò ricorda che un tale tentativo era stato fatto da Herbert Spencer. Contro Spencer, Ardigò sostiene che non è possibile dedurre la materia dall'energia. L'argomento di Ardigò è che l'energia è veicolata dalla materia. Non esiste un'energia che non risieda nella materia o non sia trasmessa tramite la materia. Perciò l'energia richiede la materia. L'energia non è dunque un primo assoluto. Il ragionamento di Ardigò si fonda su due punti smentiti dallo sviluppo della scienza del XX secolo. Il primo punto è l'identificazione tra l'energia e il moto. Il moto è movimento di qualche porzione di materia. Quindi l'energia, in quanto movimento della materia, risiede nella materia. Questa concezione meccanicistica dell'energia, in quel momento storico giustificata dai successi della termodinamica, è stata smentita dalla scienza contemporanea. L'energia non è riducibile al moto della materia. È sufficiente considerare l'energia posseduta dai campi, realtà non materiali. L'altro punto dell'argomentazione di Ardigò si basa sulla considerazione che l'energia è sempre trasportata dalla materia. Anche l'energia che apparentemente viaggia nel vuoto è veicolata dalla materia. In questo caso la materia è l'etere, che permea tutto lo spazio e consente il trasporto dell'energia. Con delle espressioni non chiare, che possono facilmente indurre il lettore in confusione, Ardigò dice che lo spazio

è un esteso continuo. Un esteso continuo reale. Ossia un pieno. Pieno di vuoto, ma pieno. Di vuoto, ossia, non

¹¹Cfr. R. ARDIGÒ, *Psicologia come scienza positiva*, 1870, ristampato in *Opere filosofiche*, vol. I, Padova, Angelo Draghi, 1908², 113.

della negazione assoluta del pieno, ma soltanto di un pieno determinato.¹²

In queste frasi, Ardigò afferma che il vuoto è l'assenza di un determinato tipo di materia (la materia ordinaria alla quale siamo abituati) ma non è l'assenza di ogni materia. Il vuoto è pieno di etere. L'etere è anch'esso materia. Una materia non esotica, ma comune, in uno stato particolare di moto, che non riusciamo ancora a osservare. L'energia si trasmette attraverso l'etere. Poiché l'etere è materia, si deve concludere che l'energia si trasmette attraverso la materia. Anche l'energia quindi non è un primo assoluto. L'energia richiede la materia; la materia richiede l'energia. Forse materia e energia sono identiche? Ciò è escluso categoricamente da Ardigò.

Il concetto della materia, in quanto è un dato distinto e quindi un concetto specificato, non può essere in nessuna maniera unificato con quello della forza; né può essere trasmutato l'uno nell'altro.¹³

Tuttavia, un'altra affermazione di Ardigò sembra contraddire la precedente citazione:

Ma l'unità assoluta fondamentale, che si richiede per avere la naturalità, esige pure la medesimezza, in un indistinto solo, anche della materia e della forza.¹⁴

Con quello stile che è stato giustamente definito «raccapricciante»¹⁵ Ardigò afferma che la materia e la forza sono manifestazioni di una medesima realtà più profonda. Posso proporre un semplice esempio nel tentativo di chiarire il pensiero di Ardigò. Le due facce, diciamo testa e croce, di una medesima moneta, non sono identiche tra loro ma non sono neanche realtà completamente distinte. L'una non è deducibile dall'altra; tuttavia sono intimamente legate. Sono, per l'appunto, due facce della medesima moneta. Sono due aspetti diversi di un qualcosa di essenzialmente unico. Secondo Ardigò, l'essere (ciò che esiste in natura, non l'essere trascendente) è percepito dall'uomo come materia e come energia. Entrambe sono indispensabili per capire la natura. Nessuna di esse può essere presa come un primo assoluto dal quale dedurre l'altra. Materia ed energia sono manifestazioni distinte della medesima realtà indistinta. Per chi conosce bene la storia della filosofia occidentale, potrebbe sorgere spontanea una domanda: questa realtà indistinta di cui parla Ardigò è simile alla cosa in sé di Kant e all'inconoscibile di Spencer? La risposta è un netto no. L'indistinto di Ardigò, a differenze della cosa in sé e dell'inconoscibile, può essere oggetto di conoscenza umana. A proposito della differenza tra la cosa in sé di Kant e l'indistinto di Ardigò, Giovanni Marchesini, allievo di Ardigò e autore di una sintesi dell'opera filosofica di Ardigò, così si esprime:

L'indistinto è un limite a cui giungiamo nell'analisi, ma non è un limite assoluto, come il *noumeno*, come la *cosa in sé* di E. Kant. Di questo noumeno riproduce la funzione logica di concetto-limite, ma non è, com'esso, una entità ontologica.¹⁶

L'indistinto non è un limite assoluto ma è qualcosa che noi adesso non conosciamo. Con il progresso scientifico arriveremo a conoscere anche l'indistinto (ciò che ora non conosciamo) che sta sotto al distinto (ciò che ora già conosciamo). Questo processo – dice Ardigò – non terminerà mai. Conosciuto un indistinto, sorge subito un nuovo indistinto diverso, non previsto. Anch'esso è solo un limite relativo: prima o poi lo conosceremo, anche se immediatamente sorgerà un nuovo indistinto. La conoscenza è un processo senza fine. Ogni nuova scoperta (ogni distinzione) è accompagnata da nuove domande (l'indistinto). La risposta alle domande genera continuamente nuove domande, all'infinito. Questo è il progresso della scienza. La visione di Ardigò non porta allo scetticismo. Al contrario, l'infinità del processo della conoscenza, il fatto che sorgano sempre nuove domande, è un elemento fortemente positivo. La ricerca non ha fine. Nuove domande ci aspettano, nuove entusiasmanti scoperte, senza il timore di giungere a un punto morto. Il positivismo di

¹²Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 41.

¹³Cfr. *ivi*, 58.

¹⁴Cfr. *ivi*, 49.

¹⁵Cfr. F. CONIGLIONE E S. VASTA (a cura di), *Introduzione* in R. ARDIGÒ, *Scritti di filosofia scientifica*, Acireale-Roma, Bonanno, 2008, 7.

¹⁶Cfr. G. MARCHESINI, *La vita e il pensiero di Roberto Ardigò*. Milano, Hoepli, 1907, 254. Enfasi nell'originale.

Ardigò non afferma che la scienza troverà un giorno una spiegazione esaustiva della natura. Si esprime invece nella gioia della ricerca continua, capace nel medesimo tempo di svelare un segreto e di portare alla luce nuovi eccitanti quesiti.

3. IL PREGIUDIZIO DELL'ARCHETIPO

Ardigò sostiene che l'origine del pregiudizio dell'archetipo è da ricercare nella concezione dualistica della materia e della forza. Secondo il pregiudizio dell'archetipo l'ordine che osserviamo nella natura è l'effetto di un'attività che è al di fuori della natura. Infatti, la materia è immobile e priva di energia. Per tale motivo, un corpo in quiete resta fermo, se non è urtato da un altro corpo che gli trasmette l'energia necessaria per muoversi. Ardigò propone l'esempio di una palla da biliardo¹⁷. Essa non si muove, se prima non riceve una spinta dalla stecca. Una volta in moto non si ferma, se non per effetto dell'attrito. Rimane nel medesimo stato di moto finché non urta un'altra palla, alla quale trasmette una quantità di moto esattamente uguale a quella che perde. La materia non si muove, se qualcos'altro non la mette in moto. Poiché l'energia è moto, la materia non ha energia né può generarla da se stessa: può soltanto riceverla dall'esterno. I corpi del sistema solare non potrebbero muoversi in orbita intorno al Sole, se qualcosa non gli avesse fornito l'energia necessaria. L'ordine del sistema solare dipende dal movimento preciso e perfettamente calibrato di ogni corpo. Ma la materia non avrebbe potuto avere un tale movimento, se prima non l'avesse ricevuto dall'esterno. L'ordine richiede quindi un intervento soprannaturale. Il pregiudizio dell'archetipo cade – secondo Ardigò – se si riconosce che la materia e l'energia sono due aspetti della medesima realtà. Contrariamente a ciò che sostiene il pregiudizio dell'archetipo, non esiste la materia priva di energia. Ogni particella ha un'energia che le deriva dalla propria natura. Ogni particella è sede della forza di gravità mediante la quale agisce sulle altre particelle. L'etere trasmette gli effetti delle forze, consentendo l'interazione tra particelle remote. L'energia, il moto, e quindi l'ordine, sono già nella materia, in quanto sede di forze attive.

Si può presentare il pensiero di Ardigò in modo da renderlo più chiaro. Ammettiamo che ogni azione avvenga mediante il contatto tra particelle di materia. Ammettiamo anche che tutte le particelle di materia siano ferme. Come potrebbero iniziare a muoversi? La risposta dei fautori del pregiudizio dell'archetipo è che Dio infonde il moto a qualche particella. Gli urti tra le particelle permettono quindi al moto di diffondersi. Ardigò ricorre all'etere per evitare questa tesi. L'etere è dappertutto. L'etere è materia. Quindi l'azione remota tra particelle è possibile in quanto è veicolata dagli urti delle particelle finissime dell'etere. Ogni particella è sede della forza di gravità. Quindi, tramite l'etere, ogni particella agisce per continuità sulle particelle distanti, che si mettono in moto. La materia inizia a muoversi da sola. Guidata dalle sole leggi del moto, si presenta come un tutto ordinato. Per esempio, le particelle che componevano la nebulosa dalla quale è nato il sistema solare, anche se fossero state inizialmente tutte immobili, si sarebbero mosse spontaneamente verso i luoghi dove la densità era più alta, per effetto della forza di gravità. A causa della loro inerzia, non si sarebbero fermate una volta raggiunto il centro di aggregazione, ma avrebbero conservato il proprio movimento percorrendo un'orbita intorno al centro. Mentre un orologio ha bisogno di qualcuno che lo carichi, una nube di particelle immobili prende vita per il solo effetto della forza di gravità, tramite la quale le masse agiscono l'una sull'altra¹⁸. Ardigò riesce dunque a confutare il pregiudizio dell'archetipo: l'ordine può esistere anche in assenza di un intervento soprannaturale.

4. IL PREGIUDIZIO DEL CAOS

Il pregiudizio del caos afferma che, se non si fosse realizzato l'ordine che si osserva nella natura,

¹⁷Cfr. R. ARDIGÒ, *Psicologia come scienza positiva*, cit., 114.

¹⁸Ardigò trascura completamente altre fonti del moto, quali le cariche elettriche e i campi magnetici. La sua concezione dell'energia è puramente meccanicistica.

sarebbe subentrato il caos più totale.

Il caos quindi, come contrappeso necessario della mancata esecuzione di un archetipo unico e fisso, preordinato, è per necessità un secondo pregiudizio, che è logicamente connesso col primo.¹⁹

La probabilità che si produca, in modo del tutto casuale, l'ordine che effettivamente osserviamo è praticamente nulla, ed è perciò necessario che qualcuno si sia adoperato per attuare quest'ordine – così ragionano i fautori del pregiudizio del caos. La risposta di Ardigò è estremamente semplice: se non si fosse realizzato quell'ordine che riscontriamo nella natura, in suo luogo sarebbe subentrato uno qualsiasi tra gli infiniti ordini possibili. Infatti – secondo Ardigò – una caratteristica essenziale della natura è che gli avvenimenti possono svolgersi secondo infiniti ordini possibili. Il caso determina quale, tra gli infiniti ordini possibili, si concretizzi nella realtà.

«Lo scopo della scienza» – dice Ardigò – è «quello di *spiegare il fatto particolare mediante le ragioni dello stesso*»²⁰. La spiegazione scientifica – continua l'Autore – consta di due elementi: primo, una legge stabilita con certezza anteriormente al fatto particolare da spiegare; secondo, un evento particolare che agisca come la causa scatenante. È interessante citare estesamente i passi nei quali Ardigò propone la sua teoria della spiegazione scientifica.

La scienza positiva deve [...] assumere *due coefficienti* del fatto particolare. Cioè:

Primo, la *proprietà* della cosa, che si attua nel fatto.

Secondo, la *cosa esterna causatrice* del verificarsi il fatto, prima solo possibile in forza della proprietà suddetta.

La stessa scienza poi è in grado di stabilire con certezza anteriormente il *primo* dei due coefficienti suddetti, cioè quello della proprietà della cosa, ovvero della semplice possibilità del fatto [...]

Il primo coefficiente è conosciuto, e quindi determinato anteriormente; ossia è una *legge*;

Il secondo coefficiente non è conosciuto, e quindi non è determinato; ossia è, non una legge, ma un imprevedibile, ossia un *Caso*.²¹

La spiegazione di un fatto particolare è possibile in virtù di una legge scientifica che esprime la possibilità del fatto stesso, unita ad un evento particolare che causa il fatto attuando la possibilità espressa dalla legge. Lo schema della spiegazione scientifica proposto da Ardigò è dunque quello della spiegazione nomologico-deduttiva, che diventò oggetto di un accurato studio filosofico soltanto nel 1948 con il celebre articolo di Hempel e Oppenheim. Questo schema generale di spiegazione scientifica permette ad Ardigò di fornire una chiara distinzione tra esperimenti e osservazioni. In un esperimento, la presenza del fattore causante (il secondo coefficiente) è voluta e quindi preveduta. In un'osservazione, la presenza del fattore causante è casuale, cioè assolutamente non prevedibile. In entrambi i casi il legame tra causa ed effetto è necessario, in quanto è giustificato da una legge scientifica. Ma nel caso di un'osservazione, la presenza del fattore causante è casuale, e quindi l'effetto non è (in senso assoluto) necessario. Marchesini riassume in termini chiari il pensiero del maestro:

L'ordine casuale è la ragione d'ogni formazione naturale. L'ordine stesso è intrinsecamente necessario: ciò che avviene, avviene inevitabilmente. Ma la necessità è casuale per l'imprevedibilità della determinazione necessaria. Il Caso e la necessità si abbinano dunque senza contraddizione.²²

Ciò che avviene in natura, avviene necessariamente. Questa necessità non è tanto una necessità metafisica, quanto la necessità che deriva dall'esistenza di una legge scientifica che rende ragione dell'accadimento. Ciò che avviene in natura, avviene casualmente. Infatti, la deduzione dell'evento da spiegare è possibile solo perché la legge scientifica è accompagnata da un evento particolare imprevedibile che causa l'evento da spiegare. Il caso e la necessità non sono dunque due termini in contraddizione bensì due elementi obbligatori di ogni spiegazione scientifica. La necessità è

¹⁹Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 249.

²⁰Cfr. *ivi*, 296. Enfasi nell'originale.

²¹Cfr. *ivi*, 298. Enfasi nell'originale.

²²Cfr. G. MARCHESINI, *La vita e il pensiero di Roberto Ardigò*, cit., 123.

personificata dalla legge, il caso dal particolare evento che funge da causa. La necessità si fonda sulla legge scientifica, il caso sugli eventi naturali imprevedibili. Mi permetto una digressione anacronistica che impiega alcuni semplici concetti della logica del XX secolo. La più semplice forma di spiegazione scientifica di tipo deduttivo è quella che, a partire da una legge $\forall x(Ax \rightarrow Fx)$ e da un fatto particolare Ax , deduce l'evento Fx . L'evento Fx è necessario perché consegue necessariamente dalla legge $\forall x(Ax \rightarrow Fx)$ e dal fatto particolare Ax . Da un altro punto di vista, l'evento Fx è casuale, poiché l'evento particolare Ax è anch'esso casuale. La necessità logica si unisce con la casualità fisica.

5. LE SPECIE

La compresenza della necessità e del caso nei fenomeni naturali spiega la natura delle Specie. Cos'è una Specie? Perché alcuni gruppi di individui formano una Specie mentre altri gruppi sono solo un insieme amorfo di oggetti? Ardigò offre come tipici esempi le specie animali e vegetali, gli elementi chimici, le particelle elementari, i pianeti. Una Specie è un ordine che persiste nel tempo. L'atomo di idrogeno – l'esempio è proposto da Ardigò – è un tipo determinato di ordine che ha una continuità temporale. Le proprietà dell'atomo di idrogeno (come il peso, l'affinità chimica, il volume o l'elasticità) rimangono invariate nel tempo perché le proprietà dell'atomo di idrogeno sono relativamente stabili. Questa stabilità, protratta per un lungo periodo di tempo, garantisce il persistere di una Specie. Tuttavia, le proprietà sono soggette ad alterazioni che avvengono in tempi lunghi e con mutazioni minime spesso insensibili. Quindi, le Specie evolvono tramite lente ma ineludibili alterazioni casuali delle proprietà degli oggetti.

6. LE LEGGI SCIENTIFICHE

L'obiettivo della ricerca scientifica – afferma Ardigò – è conoscere le proprietà degli oggetti studiati. Le leggi scientifiche asseriscono queste proprietà (e le loro relazioni). Cos'è una proprietà? «La proprietà è sempre la *virtualità* di una cosa di *attuarsi* in un dato modo»²³. Gli esempi offerti da Ardigò sono di aiuto per comprendere il significato di questa frase.

La scienza, ponendo la proprietà della cosa, viene con ciò a distinguere la *virtualità* dall'*attualità*, come fa Leibniz nella sua monade. Un pezzo di ferro, il fisico lo dice *fusibile*, anche se non è attualmente fuso: anche se non avvenisse mai, che si fondesse. La neve ha la proprietà di assumere una data forma di cristallo, anche se in un dato caso non l'ha assunta, anche se non si desse mai il caso, che l'assumesse. La foglia di quercia ha la proprietà di prendere anche delle forme, che in effetto non prenderà mai.²⁴

Le proprietà indicate da Ardigò (si osservi in particolare la proprietà del ferro di essere *fusibile*) sono quelle che noi oggi chiamiamo proprietà disposizionali, cioè «predicati che enunciano la disposizione di un punto o di un corpo a reagire in un certo modo, in certe condizioni»²⁵. Un pezzo di ferro è fusibile perché, portato ad una temperatura opportuna, fonde. Lo zucchero è solubile perché, messo in acqua, si scioglie. Ardigò osserva che un pezzo di ferro è fusibile anche se non fondesse mai perché non viene portato alla giusta temperatura. Una zolletta di zucchero è solubile in acqua anche se non viene mai immersa nell'acqua. Una proprietà disposizionale potrebbe non manifestarsi mai, semplicemente perché l'oggetto non è mai nelle condizioni opportune. Con questa analisi Ardigò arriva sulla soglia degli enunciati controfattuali, cioè di quegli enunciati veri che esprimono una situazione che non si verifica. «Se questa zolletta di zucchero fosse messa nell'acqua – ma non la metterò mai nell'acqua – allora si scioglierebbe». Questo enunciato è vero perché lo zucchero è solubile in acqua. Tuttavia l'antecedente esprime una condizione che non si

²³Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 294. Enfasi nell'originale.

²⁴Cfr. *ivi*, 295. Enfasi nell'originale.

²⁵«predicates which enunciate the disposition of a point or body for reacting in such and such a way to such and such conditions». Cfr. R. Carnap, *Testability and Meaning* in "Philosophy of Science", vol. 3, 1936, 440.

verifica mai, contraria a quello che accade (contrattuale). Un enunciato della forma $A \rightarrow B$ è vero quando l'antecedente A è falso. Ma la verità dell'enunciato controfattuale non dipende da questa circostanza, altrimenti anche l'enunciato «Se questa zolletta di zucchero fosse messa nell'acqua – ma non la metterò mai nell'acqua – allora non si scioglierebbe» sarebbe vero, mentre è palesemente falso. Il problema della natura logica degli enunciati controfattuali è tuttora aperto. Per noi è interessante osservare quanto Ardigò sia andato vicino ad una precoce formulazione del problema. Altrettanto interessante è l'osservazione che secondo Ardigò le leggi scientifiche trattano delle proprietà disposizionali degli oggetti. Da ciò segue che tutte le leggi scientifiche sono in realtà dei condizionali controfattuali. La scienza è la ragione dei fatti ed è vera indipendentemente dai fatti stessi – asserisce Ardigò. Le leggi descrivono il comportamento degli oggetti naturali posti in determinate condizioni; le leggi sono vere indipendentemente dal verificarsi di queste condizioni. Le leggi scientifiche si riferiscono a un'infinità di possibili condizioni. Marchesini spiega che

La scienza poi non è [...] il racconto dei casi particolari succeduti, ma è la teoria generale di ciò che può accadere; onde la virtualità rimane infinita anche se non diventerà mai attualità. Per un fatto determinato, essa si riferisce a una possibilità o proprietà determinata, che ne è la ragione esplicativa; ma per il fatto in genere dovrà riferirsi alla proprietà o possibilità generica, che è quanto a dire a un numero infinito di possibilità o proprietà.²⁶

Usando il linguaggio della filosofia del XX secolo, le proprietà che Ardigò attribuisce alle leggi scientifiche possono essere riassunte in questi termini:

- 1) le leggi scientifiche trattano di proprietà disposizionali;
- 2) le leggi scientifiche sono necessarie;
- 3) le leggi scientifiche sono universali, perché si applicano ad un'infinità di casi che possono anche non realizzarsi;
- 4) le leggi scientifiche reggono universali controfattuali.

7. LA CRITICA AL DETERMINISMO

Il 14 agosto 1872 il medico e fisiologo tedesco Emil Du Boys-Reymond teneva a Lipsia una conferenza dedicata ai *Limiti della conoscenza della natura*. Secondo Ernst Cassirer, il celebre filosofo neo-kantiano, questa conferenza segna la nascita del moderno dibattito sul determinismo. Du Boys-Reymond riprende l'esempio dovuto a Laplace di una mente che in un dato momento conosce la posizione e la quantità di moto di tutte le particelle dell'universo. Siffatta mente – ipotizzava Laplace – sarebbe in grado di calcolare la posizione di qualsiasi particella in un qualunque momento, futuro o passato.

“Una mente” dice Laplace “che in un dato momento conoscesse tutte le forze che animano la natura e le dipendenze reciproche degli oggetti che la compongono, sebbene debba essere molto vasta per analizzare in dettaglio una tale conoscenza, potrebbe descrivere in un'unica formula i movimenti dei corpi macroscopici e dei più leggeri atomi: nulla sarebbe per lei sconosciuto, il futuro e il passato sarebbero svelati al suo sguardo. La ragione umana offre, nella perfezione dell'astronomia, una debole rappresentazione di una siffatta mente.” In effetti, come l'astronomo ha soltanto bisogno di impostare un determinato valore negativo nell'equazione che descrive il moto della Luna, per scoprire se fosse in corso un'eclissi nel Pireo quando Pericle si imbarcò per Epidauro²⁷, così la mente immaginata da Laplace potrebbe, mediante un'appropriata analisi della sua formula del mondo, dirci chi fosse la Maschera di ferro o in che modo il ‘Presidente’ andò in rovina. Come l'astronomo prevede il giorno nel quale, dopo tanti anni, una cometa compare di nuovo dalla profondità dello spazio nella volta del cielo, così questa mente leggerebbe nelle sue equazioni il giorno nel quale la croce greca sfavillerebbe sulla moschea di Sofia o l'Inghilterra brucerebbe il suo ultimo pezzo di carbone. Impostando nella formula del mondo $t = -\infty$, rivelerà l'enigmatica origine delle cose.²⁸

²⁶Cfr. G. MARCHESINI, *La vita e il pensiero di Roberto Ardigò*, cit., 121-122.

²⁷Città greca del Peloponneso, sede di un celebre santuario dedicato ad Asclepio, dio della medicina.

²⁸„Ein Geist“, sagt Laplace, „der für einen gegebenen Augenblick alle Kräfte kennt, welche die Natur beleben, und die gegenseitige Lage der Wesen, aus denen sie besteht, wenn sonst er umfassend genug wäre, um diese Angaben der Analyse zu unterwerfen, würde in derselben Formel die Bewegungen der größten Weltkörper und des leichtesten Atoms

Ardigò riassume il contenuto della conferenza in questi termini:

Data l'ipotesi di un'intelligenza, che conosca perfettamente tutti gli elementi del Sistema Solare in un dato momento, sia come cose sia come forze, si può pensare, che l'intelligenza medesima sia in grado di conoscere in precedenza, ossia di prevedere, la posizione astronomica precisa di uno qualunque di quegli elementi in un momento successivo qualsiasi. E analogamente, data l'ipotesi di un'intelligenza, che conosca perfettamente gli elementi d'ogni genere dell'universa natura in un dato momento del tempo, sia come cose sia come forze, si può pensare, che l'intelligenza medesima sia in grado di conoscere in precedenza, ossia di prevedere, la presenza di ogni coefficiente causativo di un fatto naturale qualsiasi: fosse questo anche la caduta di una foglia da una pianta in un bosco, o il pensiero fuggevole di un uomo, che fantastica, oziando.²⁹

L'ipotesi di Laplace assume che l'astronomia possa prevedere esattamente le orbite dei pianeti. Conoscendo la posizione dei pianeti in un dato momento sarebbe dunque possibile calcolare la loro posizione in ogni altro momento. Ardigò accetta questa assunzione come del tutto evidente. Laplace, Du Boys-Reymond e Ardigò condividono quindi l'opinione che l'astronomia sia in grado di formulare previsioni con qualsivoglia grado di precisione. La correttezza o meno di questa visione ottimistica è legata alla soluzione del problema della stabilità del sistema solare. Il problema chiede di provare se le orbite dei pianeti siano periodiche, tenendo conto dei soli effetti gravitazionali. In caso affermativo, il sistema solare sarebbe stabile: prescindendo dall'attrito, dalle perdite di energia dovute all'irraggiamento, da eventuali collisioni con corpi celesti esterni, il sistema solare durerebbe in eterno. Se le orbite non fossero periodiche, i pianeti potrebbero cadere sul Sole o disperdersi nello spazio. Quando Ardigò scrive il libro sul sistema solare, era opinione diffusa che il problema fosse stato risolto in modo positivo da Laplace e Lagrange. Pochi anni dopo, il fondamentale contributo di Poincaré³⁰ mostrò che la stabilità del sistema solare non poteva essere dimostrata nel caso più generale. Studiando il problema dei tre corpi, consistente nel determinare le orbite di tre corpi in interazione gravitazionale, Poincaré fu il primo studioso a descrivere matematicamente un sistema deterministico caotico. In sintesi, il moto dei pianeti dipende così strettamente dalle condizioni iniziali che una piccola incertezza nella loro conoscenza si amplificherà fino a determinare un errore maggiore di ogni limite dato. Le previsioni a lungo termine sono impossibili in un sistema deterministico caotico: un piccolo errore nella conoscenza delle condizioni iniziali o una piccola perturbazione casuale produce un errore inaccettabile nelle previsioni.

Ardigò sostiene che il teorema della stabilità del sistema solare, che considerava matematicamente corretto, è tuttavia una «*funzione matematica*»³¹ inapplicabile al sistema solare reale per almeno quattro motivi:

- 1) la dimostrazione trascura le resistenze dovute all'attrito;
- 2) il teorema è in contrasto con la teoria di Kant e Laplace sulla formazione del sistema solare;
- 3) il teorema è contraddetto dall'evidenza empirica che mostra ovunque i segni dell'evoluzione;

begreifen: nichts wäre ungewiss für ihn, und Zukunft wie Vergangenheit wäre seinem Blick gegenwärtig. Der menschliche Verstand bietet in der Vollendung, die er der Astronomie zu geben gewusst hat, ein schwaches Abbild solchen Geistes dar“. In der Tat, wie der Astronom nur der Zeit in den Mondgleichungen einen gewissen negativen Wert zu erteilen braucht, um zu ermitteln, ob, als Perikles nach Epidaurus sich einschiffte, die Sonne für den Piraeus verfinstert ward, so könnte der von Laplace gedachte Geist durch geeignete Diskussion seiner Weltformel uns sage, wer die Eisene Maske war oder wie der ‚President‘ zu Grunde ging. Wie der Astronom den Tag vorhersagt, an dem nach Jahren ein Komet aus den Tiefen des Weltraumes am Himmelsgewölbe wieder auftaucht, so läse jener Geist in seinen Gleichungen den Tag, da das Griechische Kreuz von der Sophienmoscheen blitzen oder da England seine letzte Steinkohle verbrennen wird. Setze er in der Weltformel $t = -\infty$, so enthüllte sich ihm der rätselhafte Urzustand der Dinge. Cfr. E. DU BOYS-REYMOND, *Reden*, vol. I, Leipzig, Veit & Comp., 1886, 107. Ho aggiornato la grafia tedesca all'uso contemporaneo.

²⁹Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 302-303.

³⁰Cfr. H. POINCARÉ, *Sur le problème de trois corps et les équations de la dynamique* in “Acta mathematica”, vol. 13, 1890, 1-270.

³¹Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 190. Enfasi nell'originale.

- 4) l'astronomia ha già dimostrato che le orbite della Terra e degli asteroidi non possono essere periodiche³².

Mutuando un'espressione usata da Angelo Secchi³³ in un contesto leggermente diverso, Ardigò chiama «finzione matematica» la formulazione matematica di una teoria fisica. «Come finzione matematica, il ragionamento del matematico è affatto logico e vero» – scrive Ardigò – ma, «essendo il fatto reale [...] diverso da quello assunto astrattamente dal matematico, il ragionamento di questo non può stabilirne la ragione»³⁴. I teoremi matematici sono – sostiene Ardigò – veri in astratto ma si applicano alla natura solo nella misura in cui i dati assunti sono conformi alla realtà. La formulazione matematica di una teoria utilizza sempre meno dati di quelli reali, per di più in una forma semplificata. Per questo motivo, la fisica matematica non si applica immediatamente alla natura: ha bisogno del supporto dell'esperienza per valutare quanto la finzione (il modello, diremmo noi oggi) rappresenta correttamente la realtà. Una teoria fisica, nella sua formulazione matematica, è una costruzione a priori che ha una validità indipendente dall'esperienza. Il ricorso all'esperienza è necessario per verificare quanto la teoria matematica sia adatta a descrivere il mondo fisico. «La matematica» – argomenta Ardigò – «chiarisce astrattamente in modo assoluto un dato supposto, che però è dato solo empiricamente; e perciò serve a spiegare, non a costruire la natura»³⁵. La formulazione matematica di una teoria fisica può spiegare i fatti usando principi astratti indipendenti dall'esperienza e per questo assoluti, cioè non condizionati dall'esperienza. I fatti da spiegare, però, sono dati dall'esperienza. La teoria matematica non può prevedere i fatti (non può costruire la natura, nell'espressione di Ardigò) restando rigorosamente all'interno della teoria stessa: deve ricorrere all'osservazione e all'esperimento per stabilire quali siano i fatti che accadono. Per questi motivi – conclude Ardigò – la finzione matematica può spiegare uno stato relativamente stabile della natura ma non può prevedere né rendere conto dei fenomeni dell'evoluzione. L'osservazione indica l'esistenza dell'evoluzione; la teoria matematica l'ignora. Ogni fase dell'evoluzione del sistema solare è spiegabile matematicamente ma il passaggio da una fase all'altra non lo è. L'evoluzione può essere rivelata soltanto dall'esperienza; non può essere giustificata matematicamente. I fatti che possono accadere in natura sono infiniti e infinitamente diversi. Le teorie matematiche non possono prevederli ma devono assumerli come dati. Quindi, la possibilità di eseguire previsioni accurate è limitata dalla necessità di ricorrere sempre, come fattori determinanti, a fatti non prevedibili che emergono da un'infinità di diverse possibilità. Per questo il determinismo è impossibile. Ogni fenomeno naturale, una volta che l'esperienza abbia indicato le cause scatenanti, è spiegabile in modo rigoroso. Tuttavia, le cause scatenanti (le ragioni fisiche del fenomeno) possono essere date soltanto dall'esperienza; non sono prevedibili. Si possono spiegare i fatti accaduti ma non si può prevedere il comportamento di un sistema in evoluzione. Ovviamente, *tutti* i sistemi sono sempre in evoluzione. Per questo il caso (inteso come l'imprevedibilità di un fenomeno che causa, secondo leggi necessarie, altri fenomeni) è un aspetto onnipresente della natura.

³²Ardigò ricorda che l'orbita della Terra non è periodica perché le maree causano una perdita di energia che ha come effetto una variazione dell'orbita terrestre; le orbite degli asteroidi sono alterate dalla gravità dei pianeti maggiori e da scontri casuali con altri corpi celesti.

³³Cfr. A. SECCHI, *L'unità delle forze fisiche: saggio di filosofia naturale*. Roma, Tipografia Forense, 1864, 450. Angelo Secchi (1818-1878), padre gesuita, fu direttore dell'Osservatorio del Collegio Romano. Valente astronomo, in contrasto con le tendenze del suo tempo si interessò principalmente di astrofisica e spettroscopia invece dell'astronomia di posizione. Diede importanti contributi alla spettroscopia e alla classificazione delle stelle in tipi spettrali. Ardigò cita diffusamente il libro di Secchi *L'Unità delle Forze Fisiche*.

³⁴Cfr. R. ARDIGÒ, *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*, cit., 133.

³⁵Cfr. *ivi*, 191.

8. BIBLIOGRAFIA

- ABBAGNANO, NICOLA. *Ardigò* in N. ABBAGNANO, *Storia della filosofia*, vol. 5, 359-362, Milano, TEA, 1995.
- ABBAGNANO, NICOLA. *Ardigò, Roberto* in *Encyclopedia of Philosophy*, 2nd edition, a cura di DONALD M. BORCHERT, Macmillan, 2005, vol. 1, 251-252.
- ARDIGÒ, ROBERTO. *La formazione naturale nel fatto del sistema solare*. Mantova, Annuario del Liceo-Ginnasio, 1877. Ristampato in R. ARDIGÒ, *Opere filosofiche*, vol. II, Padova, Angelo Draghi, 1898 (ristampa anastatica *Opere filosofiche di Roberto Ardigò, volume II*, Adamant Media Corporation, 2006).
- ARDIGÒ, ROBERTO. *L'inconoscibile di H. Spencer e il positivismo*, in *Rassegna Critica di Napoli*, luglio, agosto e settembre 1883. Ristampato in R. ARDIGÒ, *Opere filosofiche*, vol. II, Padova, Angelo Draghi, 1898.
- ARDIGÒ, ROBERTO. *Psicologia come scienza positiva*, 1870, ristampato in R. ARDIGÒ, *Opere filosofiche*, vol. I, Padova, Angelo-Draghi, 1908².
- ARDIGÒ, ROBERTO. *Scritti di filosofia scientifica*, a cura di FRANCESCO CONIGLIONE e SALVATORE VASTA, Acireale-Roma, Bonanno, 2008.
- CARNAP, RUDOLF. *Testability and Meaning* in "Philosophy of Science", vol. 3, 1936, 419-471 e vol. 4, 1937, 1-40. Tr. it. *Controllabilità e significato* in R. CARNAP, *Analicità, significanza, induzione*, a cura di ALBERTO MEOTTI e MARCO MONDADORI, Bologna, il Mulino, 1971, 151-261.
- CASINI, PAOLO. *Il Nuovo Mondo e l'«Intelligent Design»* in "Rivista di filosofia", vol. C, 2009, 157-178.
- CASSIRER, ERNST. *Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik*, Göteborg, Elanders Boktryckeri Aktiebolag, 1937. Tr. it. di GIAN ANTONIO DE TONI, *Determinismo e indeterminismo nella fisica moderna*, Firenze, La Nuova Italia, 1970.
- DU BOIS-REYMOND, EMIL. *Reden*, vol. I, a cura di ESTELLE DU BOIS-REYMOND, Leipzig, Veit & Comp., 1886 (ristampa anastatica *Reden von Emil Du Bois-Reymond, Folge I*, Adamant Media Corporation, 2007).
- HEMPEL, CARL G. e OPPENHEIM, PAUL. *Studies in the Logic of Explanation* in "Philosophy of Science", vol. 15, 1948, 135-175.
- LA VERGATA, ANTONELLO. *I dibattiti sull'evoluzione dell'uomo tra Ottocento e Novecento* in "Rivista di filosofia", vol. C, 2009, 237-262.
- LAPLACE, PIERRE SIMON. *Exposition du système du monde*, Parigi, 1796.
- LAPLACE, PIERRE SIMON. *Essai Philosophique sur les Probabilités*, Parigi, Bachelier, 1814, 1825⁵ (ristampa anastatica nella collana Michigan Historical Reprint Series, University of Michigan, 2009).
- KANT, IMMANUEL. *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, Königsberg-Leipzig, 1755. Tr. it. di STEFANO VELOTTI, *Storia universale della natura e teoria del cielo*, Roma-Napoli, Theoria, 1987.
- MARCHESINI, GIOVANNI. *La vita e il pensiero di Roberto Ardigò*. Milano, Hoepli, 1907.
- MURZI, MAURO. *Jules Henri Poincaré* in *Internet Encyclopedia of Philosophy*, <http://www.iep.utm.edu> (acceduto il 20 ottobre 2009).
- MURZI, MAURO. *Positivism* in *Encyclopedia of Political Theory*, a cura di MARK BEVIR, SAGE, in corso di pubblicazione.
- POINCARÉ, HENRI. *Sur le problème de trois corps et les équations de la dynamique* in "Acta mathematica", vol. 13, 1890, 1-270.
- SAN TOMMASO D'AQUINO. *Summa Theologiae*, Textum Leoninum Romae 1888 editum a Roberto Busa SJ in *Corpus Thomisticum S. Thomae de Aquino Opera Omnia*, <http://www.corpusthomicum.org/iopera.html> (acceduto il 16 luglio 2009).

SECCHI, ANGELO. *L'unità delle forze fisiche: saggio di filosofia naturale*. Roma, Tipografia Forense, 1864.

WALLACE, ALFRED RUSSEL, *Contributions to the Theory of Natural Selection*, Londra, Macmillan, 1870 (ristampa anastatica nella collana Michigan Historical Reprint Series, University of Michigan, 2005).

Mauro MURZI
mauro@murzim.net