

Ridurre il riduzionismo genetico

Gereon Wolters¹

gereon.wolters@uni-konstanz.de

Abstract

In this article the author develops a critique of reductionism in biological sciences from three different points of view. The first is related to the problem of reduction in the context of scientific theories. More specifically, reduction deals with a special form of intertheoretic relationship between molecular biology and the rest of biology. The second meaning of reductionism has to do with the significance of its genetic outfit for the ontogeny of an organism, i.e. its development from zygote to its final or adult structure and function. Third, closely related to this more biological topic are questions about the anthropological consequences of the application of reductionistic methodologies for the explanation and evaluation of human behaviour.

Keywords: reductionism, intertheoretic relationship, development, behaviour.

Osservazioni introduttive

Quello di riduzionismo genetico è un concetto ambiguo. In questo lavoro, affronterò tre possibili significati, tra i tanti possibili, di tale concetto.

Il primo concerne la filosofia della scienza in generale e considera il problema del riduzionismo nel contesto delle teorie scientifiche. La domanda, in questo primo caso, riguarda la relazione che lega due teorie appartenenti allo stesso campo di indagine. Più specificamente, nel caso della biologia, il riduzionismo interessa una speciale forma di relazione interteorica che lega la biologia molecolare, inclusa la genetica molecolare, al resto della biologia, inclusa la genetica classica. Sia la genetica classica che la genetica molecolare trattano del problema dell'ereditarietà. La genetica classica è la forma che la genetica mendeliana assume nei decenni successivi alla sua riscoperta all'inizio del ventesimo secolo. Si tratta, infatti, di quella disciplina che parte dall'assunzione secondo cui molte caratteristiche degli organismi sono il risultato dell'operato dei cosiddetti geni.² I geni, a loro volta, nella genetica classica, non sono oggetti osservabili, ma sono piuttosto entità teoriche. Sia l'esistenza di queste entità teoriche, i geni, sia l'attribuzione ad esse di certe proprietà possono essere dedotte dai loro effetti fenotipici. Esempi di effetti fenotipici in genetica classica sono il colore bianco dei fiori delle

¹ Il presente articolo è stato presentato e discusso in occasione della giornata di studi su *Riduzionismi e antiriduzionismi nelle scienze del vivente. Prospettive storiche e teoriche*, tenutasi il 28 marzo 2008, presso il Dipartimento di Filosofia dell'Università degli Studi di Firenze. - Ringrazio Guido Caniglia per la sua splendida traduzione del mio manoscritto inglese.

² Questa espressione è stata introdotta per la prima volta nel 1909 dal botanico danese Wilhelm Johannsen, al quale siamo debitori anche dei termini "genotipo" e "fenotipo".



piante di pisello utilizzate da Mendel, oppure il colore azzurro degli occhi degli esseri umani, ma anche le entità biochimiche come il pigmento rosso degli occhi della *Drosophila melanogaster*. I geni sono proprio le entità teoriche dedotte da tali effetti fenotipici; essi sono, infatti, ritenuti ‘responsabili’ della loro espressione. Ad esempio, si può parlare del gene per il colore bianco delle piante di pisello.³ La genetica classica, pertanto si pone l’obiettivo di scoprire le leggi di trasmissione dei fenotipi e dei loro corrispondenti genotipi nel corso di generazioni successive. A questo servono ad esempio le cosiddette leggi di Mendel. La genetica classica, infatti, è spesso definita anche come “genetica della trasmissione” (*transmission genetics*). L’obiettivo della *genetica molecolare*, invece, consiste nell’identificazione molecolare e nella descrizione fisico-chimica dei geni e delle loro funzioni, vale a dire nel rintracciare il ruolo che essi svolgono nella costruzione di un determinato fenotipo. Si è soliti considerare il 1953 come anno di nascita della genetica molecolare, anno in cui Watson e Crick, assieme ad altri ricercatori, scoprono la struttura e la funzione della doppia elica. La genetica classica viene invece fatta risalire solitamente al 1866, anno in cui furono pubblicati i pionieristici lavori di Mendel, lavori che sono stati sostanzialmente ampliati e corretti nell’arco del secolo e mezzo successivo.

In diversi campi di indagine, dietro l’idea della riduzione, si cela un obiettivo filosofico centrale: preservare e difendere il fisicalismo, vale a dire la tesi stando alla quale tutti gli organismi sono oggetti fisici. Nel caso della genetica classica e della genetica molecolare, questo obiettivo viene perseguito dimostrando che concetti classici come quelli di ‘gene’, ‘allele’, ‘locus’, ‘dominanza’ e via dicendo possono essere espressi in termini molecolari, o meglio, che è lo stesso, in termini fisici.

La riduzione della genetica classica alla genetica molecolare è la prima forma di riduzione che intendo affrontare. Si tratta, infatti, di una nozione *teoretica* di riduzione, definita essenzialmente in termini logici. Una riduzione riuscita della genetica classica alla genetica molecolare trasformerebbe la prima in un’implicazione logica della seconda: la genetica classica diverrebbe rimpiazzabile, in linea di principio, dalla genetica molecolare. Questa prima accezione del termine riduzione è stata molto in voga tra i filosofi della scienza lungo tutto il corso degli anni settanta e ottanta del secolo scorso. Oggi, tuttavia, sembra aver perso gran parte della sua forza di attrazione, o meglio: la relazione interteorica in questione è stata riformulata in termini diversi. Si tende infatti, oramai, a parlare di ‘sopervenienza’ (*supervenience*) della genetica classica sulla genetica molecolare o anche della possibilità di intendere la genetica molecolare come un ‘ampliamento esplicativo’ della genetica classica.

La seconda accezione del termine ‘riduzionismo’ sulla quale desidero soffermarmi ha a che fare con l’importanza che il corredo genetico (*genetic outfit*) di un organismo ha nel corso della sua ontogenesi, ovvero con il ruolo che esso svolge nello sviluppo organico che porta dallo zigote fino alla formazione di strutture e funzioni adulte. Il riduzionismo genetico, in questo caso, sostiene che tutti i tratti ereditabili dell’organismo sono determinati dai geni. Problemi e quesiti che sorgono in questo contesto sono di ordine scientifico; le corrispondenti risposte vengono ricercate prevalentemente nella *biologia dello sviluppo*. Il problema, in questo caso,

³ Si noti, per inciso, che a causa del loro carattere eminentemente teorico, non sono mai state effettuate osservazioni di entità molecolari come ‘il gene per il colore bianco dei fiori di una pianta di pisello’.



consiste nel chiedersi se lo sviluppo può essere pensato come un contributo alla formazione di caratteristiche ereditabili. Se la risposta a questo quesito fosse positiva, allora l'appello all'esclusiva ereditarietà dei geni sarebbe da rifiutare e, assieme ad esso, il riduzionismo genetico in questa seconda accezione non potrebbe essere considerato valido.

In terzo luogo, strettamente legati a questo argomento in prevalenza biologico, si possono prendere in esame le conseguenze antropologiche dal carattere speculativo riguardanti sia la spiegazione che la valutazione del comportamento umano. Quest'ultimo, in questo contesto, è considerato come una funzione dell'organismo alla pari di molte altre, come solo per fare un esempio la pressione sanguigna. Se fosse possibile mostrare che anche il comportamento è geneticamente determinato, questo sancirebbe il trionfo definitivo del riduzionismo: anche i meccanismi cognitivi, l'azione morale e, in ultimo ma non di minore importanza, la credenza in Dio, diverrebbero generi di comportamento determinati dai nostri geni. Le discipline corrispondenti, come ad esempio l'epistemologia, l'etica e la teologia perderebbero inoltre la loro autonomia e il loro diritto di esistere al di fuori della biologia. Questa ultima accezione della nozione di riduzionismo, tuttavia, non è solitamente chiamata 'riduzionismo', ma viene piuttosto definita come 'determinismo genetico'.

Non può sorprendere che siano in corso numerosi dibattiti di stampo polemico su questi temi concettualmente scottanti (tra gli altri, anche il concetto tradizionale di libertà umana è messo in discussione). Si tratta di dibattiti che hanno portato a pubblicare intere librerie di testi di divulgazione. Basti nominare, in questa sede, il nome di Richard Dawkins. Estremamente interessante è poi il fatto che il determinismo genetico sembra essere particolarmente fiorente tra gli studiosi anglosassoni ed in particolare tra scienziati e scrittori britannici. Per mancanza di tempo, non potrò occuparmi del problema del determinismo genetico, vale a dire della terza accezione della nozione di riduzione, e mi limiterò a trattare i primi due significati appena formulati.

1. Riduzione in genetica?

Il riduzionismo, se considerato in relazione alle teorie scientifiche, possiede diverse dimensioni. Qui ne analizzerò soltanto tre. Innanzitutto, si può parlare di *riduzionismo ontologico*, secondo di *riduzionismo metodologico* e, per ultimo, di *riduzionismo epistemologico*.⁴

Il riduzionismo *ontologico* è identico al fiscalismo. Per quanto ne so, tutti i biologi sono riduzionisti ontologici. Sembra non ci sia più nessuno tra di loro che creda che gli esseri viventi siano costituiti da una materia diversa da quella fatta di atomi e molecole che conosciamo grazie alla fisica e alla chimica. Inoltre nessuno sembra fare appello all'esistenza di principi e forze non materiali, come ad esempio l'*entelechia* aristotelica, riportata in vita un secolo fa dal biologo e filosofo Hans Driesch (1867-1941); ma anche la *vis essentialis* utilizzata dal celebre embriologo Caspar Friedrich Wolff (1733-1794); o infine l'*élan vital* di Henri Bergson (1859-

⁴ A riguardo, si veda Ayala, *Introduction* a Ayala e Dobzhansky (1974, p. viii-x). Le considerazioni fatte in questo lavoro sono in sintonia con quanto sostenuto da Gagliasso (2001, cap. 3). Il comprensivo trattato di Sarkar (1998), inoltre, concorda in molti punti con il saggio di Ayala.

⁵ Ayala, *ibidem*, p. viii.



1941). Il riduzionismo ontologico, come detto precedentemente, è spesso definito come fiscalismo, vale a dire come coincidente con la tesi secondo cui tutto è fisico.

Il riduzionismo *metodologico*, come seconda dimensione del riduzionismo su cui ci soffermeremo:

racchiude sia problemi riguardanti le strategie di ricerca sia i modi in cui si acquisiscono conoscenze. Quando studiamo i fenomeni della vita, dobbiamo andare alla ricerca di spiegazioni attraverso l'indagine di processi che stanno ad un livello di complessità più basso rispetto a quello su cui si situano i fenomeni che dobbiamo spiegare e in ultima analisi essere ricondotti sempre al livello degli atomi e delle molecole? Oppure bisogna cercare di acquisire conoscenze sia dallo studio dei livelli più alti che da quello dei livelli più bassi di organizzazione?⁵

Ayala ritiene che “gran parte degli scienziati e dei filosofi concordino sul fatto che lo studio dei problemi che sorgono in un determinato livello di complessità del mondo vivente possono essere affrontati attraverso l'indagine sia dei livelli di maggiore che di minore organizzazione.”⁶ Questa sembra essere una posizione estremamente ragionevole che può essere considerata valida anche per quanto riguarda la genetica. Il riduzionismo metodologico, infatti, è una strategia di ricerca estremamente produttiva, ma che difficilmente, alla pari di quanto dice Ayala, può essere l'unica. Ad ogni modo, sia che si guardi al ruolo attribuito allo sviluppo sia che si considerino posizioni ascrivibili al determinismo genetico possono sorgere dubbi sul fatto che la proposta di Ayala del 1974, che considera come complementari le ricerche svolte all'interno di livelli più alti e meno alti di complessità, sia presa sul serio da tutti al giorno d'oggi. Sembra piuttosto che ci sia una tendenza tra i filosofi della scienza a dare preminenza metodologica ad una prospettiva geno-centrica (*gene-centered view*).⁷

Per quanto riguarda il riduzionismo *epistemologico*, il problema consiste invece nel vedere “se sia possibile dimostrare che le teorie e le leggi sperimentali formulate in un certo campo di indagine siano casi speciali di teorie e leggi formulate in altre branche della scienza.”⁸

Passiamo ora a considerare più da vicino una forma standard di riduzionismo tra teorie. Questo genere di riduzionismo può essere considerato, *prima facie*, plausibile. Sembrerebbe, infatti, che esistano buoni esempi di riduzioni tra differenti teorie. Si consideri il tipico esempio della riduzione della termodinamica classica, anche detta termodinamica fenomenologica, alla teoria cinetica o meccanica statistica, come essa viene spesso definita. La termodinamica classica descrive il calore come un fenomeno irriducibile che colpisce i nostri sensi o che può essere misurato dai nostri termometri. Tuttavia, in seguito alla scoperta avvenuta nel diciannovesimo secolo, stando alla quale la temperatura, ad esempio quella di un gas all'interno di un contenitore, è determinata e quindi proporzionale all'energia cinetica media

⁵ Ayala, *ibidem*, p. viii.

⁶ Ayala, *ibidem*, p. ix.

⁷ Una notevole eccezione è costituita da Waters (2006), il quale, senza sottovalutare l'importanza della *gene-centered biology*, propone un pluralismo di accessi alla ricerca dei fenomeni biologici.

⁸ Ayala, *ibidem*. In questo lavoro prendo in considerazione solo riduzioni interteoriche che si riferiscono a fenomeni di genere apparentemente differente e non riduzioni che riguardano lo stesso genere di cose, come avviene ad esempio nel caso della riduzione delle leggi di Keplero sui moti planetari o le leggi di Galileo sulla caduta libera dei gravi alle leggi della meccanica newtoniana, inclusa la legge di gravitazione. A tale riguardo, si veda ad esempio Hull (1974, cap.1).



delle sue molecole,⁹ si è creduto di essere pervenuti ad una comprensione più profonda del fenomeno del calore. Tale convinzione era strettamente connessa con l'idea che le regolarità che si riscontrano nella termodinamica classica possono essere espresse anche nel linguaggio della teoria cinetica. Un ulteriore progetto di riduzione tra teorie, all'apparenza estremamente plausibile, è quello che ha di mira la riduzione dell'intera biologia alla fisica, idea questa molto cara agli empiristi logici.¹⁰ Questo approccio riduzionista estremamente pervasivo divenne sempre più plausibile quando il riduzionismo ontologico e il fisicalismo divennero gli approcci prevalenti nel campo delle ricerche biologiche.

Fu Ernest Nagel, nell'ormai classico *La struttura della scienza* (*The Structure of Science*, 1961), in piena sintonia con lo spirito dell'empirismo logico, a delineare meticolosamente per la prima volta le condizioni formali, stando alle quali poteva essere portata a termine una possibile riduzione tra teorie.¹¹ A tal fine, ci sono due condizioni formali che devono essere soddisfatte.

1) La *possibilità di connettere* (*connectability*) i concetti delle due teorie: devono essere elaborate leggi-ponte (*bridge-laws*), o definizioni coordinative, che siano in grado di connettere, ad esempio, i concetti della termodinamica classica, che non sono parte della meccanica statistica, con quelli della stessa meccanica statistica. Mettere in relazione la nozione classica di temperatura, che non è presente nella meccanica statistica, con la nozione solo statistica di energia cinetica media delle molecole è un esempio di legge-ponte (*bridge-law*). 2) La *possibilità di derivare logicamente* (*logical derivability*) le leggi della teoria da ridurre (*reduced theory*) da quelle della teoria che riduce (*reducing theory*). Rimanendo nel nostro esempio, in questo secondo caso, si richiede che le leggi della termodinamica classica debbano poter essere derivate dalle leggi della meccanica statistica con l'aiuto di leggi-ponte come quella appena menzionate. Un altro esempio tipico, a riguardo, è costituito dalla legge dei gas perfetti, la quale fu formulata inizialmente all'interno della termodinamica fenomenologica come relazione che lega volume, pressione e temperatura di un gas. Nella meccanica statistica tale relazione viene invece trasformata utilizzando la definizione di temperatura in forma di legge (*law-like*) come energia cinetica media di traslazione delle molecole di un gas.

I criteri sostanzialmente logici che consentono di portare a compimento con successo una riduzione tra teorie, vale a dire quegli stessi criteri che furono formulati da Nagel, sono stati modificati viepiù nel corso dell'ultimo mezzo secolo, sebbene sia rimasta valida l'intuizione di base che guidò la loro formulazione, ovvero il fatto che deve esserci una connessione logica forte tra la teoria che riduce e quella che deve essere ridotta. Ad ogni modo, se si cercano esempi di riduzioni ben riuscite, in accordo con i criteri di Nagel, non si può che rimanere delusi.¹² Per alcuni filosofi della scienza, infatti, è possibile trovare fino ad ora un unico esempio di riduzione riuscita, quello della termodinamica classica alla meccanica statistica.

⁹ Per ragioni dettate da criteri di semplicità, si tende in questi casi a prendere in considerazione soltanto l'energia cinetica di traslazione, trascurando sia l'energia rotazionale che quella di oscillazione.

¹⁰ Cfr. Wolters (1999).

¹¹ Cfr. Nagel (1961), Cap. 11.

¹² Kitcher (1984, p. 336) – o nell'edizione successiva (1998, p. 972) – arriva a concludere che “anche dopo tanto affaccendarsi con il concetto di riduzione, non si può dire che la genetica classica sia stata ridotta – o che venga attualmente ridotta – alla genetica molecolare”.



Tuttavia, anche quest'unico esempio è stato messo in dubbio per buone ragioni.¹³ Vi erano poi altri candidati celebri di riduzione, come ad esempio quello della genetica mendeliana alla genetica molecolare; oppure il caso della riduzione della psicologia cognitiva alla neurofisiologia. Quest'ultimo esempio di riduzione rappresenta inoltre uno degli argomenti più scottanti dell'attuale dibattito pubblico. Fino ad ora, in questi ultimi casi, differentemente da quanto detto riguardo alla termodinamica, nessuno ritiene di avere effettuato con successo la riduzione di una teoria a un'altra.

Detto questo, è ora possibile considerare più da vicino una forma specifica di riduzionismo epistemologico: il riduzionismo genetico. Anche in questo caso ci troviamo di fronte alla stessa intuizione di base che ha guidato la riduzione della termodinamica classica alla meccanica statistica. In ambito genetico, alla connessione in forma di legge (*law-like connection*) che lega temperatura ed energia cinetica media delle molecole sembra corrispondere una connessione simile tra i geni in quanto entità teoriche postulate come basi materiali dell'eredità dei tratti mendeliani, da un lato, e quelle parti del DNA alle quali ci si riferisce solitamente come 'geni', dall'altro. Tuttavia il proposito di connettere riducendoli i geni mendeliani e quelli molecolari è risultato fallimentare.¹⁴ Il motivo di tale fallimento va ricercato soprattutto nel fatto che è impossibile elaborare leggi-ponte adeguate che riescano a mettere in relazione il livello mendeliano delle caratteristiche osservabili con il livello molecolare dei tratti di DNA. Le relazioni tra i due livelli, ovvero la connessione tra il livello fenomenologico, da un lato, e quello molecolare, dall'altro, sono troppo complesse per poter riscontrare la presenza di una corrispondenza uno-a-uno dei rispettivi concetti.¹⁵ Infatti, i geni mendeliani, ad esempio,¹⁶ sono al contempo unità di ricombinazione, mutazione ed espressione fenotipica. Le corrispondenti unità molecolari, invece, differirono in tutti e tre questi casi. L'unità molecolare della ricombinazione corrisponde al numero minimo di nucleotidi che possono essere ricombinati tra due segmenti di DNA, che corrispondono a uno o a due nucleotidi. L'unità molecolare della mutazione coincide invece con il numero minimo di nucleotidi all'interno del quale la sostituzione di una base produce una mutazione o un cambiamento del messaggio genetico – il cosiddetto codone, l'insieme di tre o più nucleotidi. Infine l'unità di espressione, ovvero il numero minimo di nucleotidi in grado di codificare un fenotipo, è costituito da qualcosa come novecento nucleotidi. Il risultato è che la relazione "che lega geni molecolari e

¹³ Già Popper (1974) mette in dubbio, in generale, la possibilità di portare a termine in maniera completa la riduzione di una teoria a un'altra. Uno degli argomenti a favore di tali tesi si basa sul fatto che i risultati della ricerca scientifica sono aperti, poiché nessuno è in grado di prevedere come una teoria si svilupperà in futuro e, corrispettivamente, se le nuove leggi possono essere riducibili. Feyerabend (1981) ha contestato il fatto che i due criteri di riduzione elaborati da Nagel non potranno mai essere implementati. Questo risultato è basato sulla visione che Feyerabend ha dell'incommensurabilità e sull'assunto stando al quale ogni tentativo di riduzione implica una *correzione* della teoria ridotta. Inoltre la cosiddetta *theory ladenness* rende tutti i concetti di una teoria dipendenti dal contesto della rispettiva teoria, dipendenza che non può essere trasferita in un'altra teoria. Kitcher (1998), p. 997 (fn. 7), sottolinea giustamente che è piuttosto la teoria che riduce a dover essere modificata per poter essere utile ai fini della riduzione. Il chimico teorico svizzero Hans Primas (1983, 1985) ha argomentato perentoriamente contro la riduzione della chimica alla fisica. Si veda anche la n. 26 del presente articolo.

¹⁴ Una descrizione densa e istruttiva di questo fallimento è fornita da Rheinberger e Müller-Wille (2004, sez. 5).

¹⁵ In quanto segue, cito da Rosenberg (1985, p. 95). Hull (1974, cap. 1), inoltre, fu il primo a individuare questo errore caratteristico delle riduzioni interteoriche.

¹⁶ Problemi simili emergono quando si tenta di trovare definizioni coordinative per altri concetti, come succede ad esempio nel caso della controparte molecolare della nozione mendeliana di dominanza.



geni mendeliani è [...] una relazione del tipo multi-a-molti”.¹⁷ Questo significa che, da un lato, uno stesso segmento di DNA può avere effetti su più di un tratto fenotipico (pleiotropia) e, dall’altro lato, che lo stesso tratto fenotipico è determinato da geni differenti (poligenia). Sembrerebbe che questo risultato rifletta il fatto che, in differenti domini ontologici, si trovano differenti “tipi naturali” (*natural kinds*) che non consentono una mappatura “uno-a-uno”. A questo punto non ha eccessiva importanza, se si considera, come fanno Rosenberg e altri, “la riduzione della genetica mendeliana a quella molecolare come una possibilità logica oppure come una possibilità fisica”¹⁸. Ad ogni modo non si tratta di una relazione tra teorie che possa essere trattata in maniera agevole e, inoltre, non aggiunge nulla, o molto poco, alla nostra comprensione.

La ragione di questo fallimento nel tentativo di cogliere un certo tipo di relazione interteorica attraverso la nozione logica di riduzione riflette l’inadeguatezza della nozione neo-empiristica di teoria scientifica. Ci sono stati differenti tentativi di affrontare tale inadeguatezza. Qui ne menzionerò solo due: in primo luogo, l’idea elaborata da Philip Kitcher di “ampliamento esplicativo” e, secondo, la proposta di Alex Rosenberg ed altri di concepire la genetica classica come sopravveniente sulla genetica molecolare.

Iniziamo da Kitcher. Le teorie, per gli empiristi logici, non sono altro che insiemi di asserzioni. Ma questo – quasi nel senso di Thomas Kuhn – è vero solo in parte: “Il corpus di asserzioni riguardanti l’ereditarietà dei caratteri ritenuto valido in un determinato periodo è solo una delle componenti di un’entità molto più complicata che chiamerò *pratica* della genetica classica in quel periodo.”¹⁹ Tra gli altri componenti di questa pratica, Kitcher include: (1) un linguaggio comune utilizzato per parlare dei fenomeni ereditari; (2) un insieme di domande considerate adeguate in relazione ai fenomeni ereditari cui si riferiscono; (3) un insieme di modelli di ragionamento utilizzati per rispondere agli interrogativi considerati appropriati; (4) un certo numero di procedure sperimentali e di regole metodologiche utilizzate per la valutazione delle risposte trovate.²⁰ Questa nozione di teoria, che è molto più vicina alla pratica scientifica di quanto non lo sia quella neo-empiristica, è alla base della definizione di biologia molecolare come “ampliamento esplicativo” elaborata da Kitcher. In questo modo, la genetica molecolare contribuisce in maniera notevole (anche se non in maniera esclusiva) alla comprensione di proprietà e processi che appartengono al livello della genetica classica, senza

¹⁷ Rosenberg (1985, p. 105). Lewontin (2004, p. 7) osserva che i biologi dello sviluppo, per ‘considerazioni pragmatiche’, prendono la decisione di perseguire una strategia di ricerca, stando alla quale: “la comprensione dei meccanismi di sviluppo sarà meglio raggiunta se ci si concentra innanzitutto su quelle caratteristiche dello sviluppo che mostrano una relazione non ambigua tra genotipo e fenotipo, mentre i problemi posti dalle relazioni multi-a-molti vengono lasciate per ricerche future.” Ma questa decisione strategica ha il suo prezzo, poiché “come effetto collaterale non intenzionato [...], esso crea e rinforza una prospettiva ipersemplicitistica delle relazioni che legano geni e caratteri.”

¹⁸ Rosenberg, *op. cit.*, p. 111. È possibile trovare una trattazione estremamente sottile in Sober (2000, p.78). Questi pensa che sia possibile spiegare fisicamente l’occorrenza di particolari eventi biologici, ma nega al contempo la possibilità di fornire una spiegazione fisica unitaria di schemi così diversi. Ad esempio: “I leoni *afferrano* e *mangiano* le antilopi, una trappola di venere *afferra* e *mangia* le mosche. Tuttavia i dettagli fisici di che cosa significa *afferrare* e *cacciare* in questi due casi differiscono marcatamente. Le categorie biologiche ci consentono di riconoscere le similarità tra differenti sistemi fisici.” – Incontreremo questo argomento ancora una volta, quando parleremo della sopravvenienza del biologico sul fisico.

¹⁹ Kitcher (1984, p. 352) oppure (1998 p. 981).

²⁰ Kitcher, *ibid.*



diventare con questo una teoria che riduce nel senso neo-empiristico di tale espressione.²¹ Esempi convincenti a riguardo sono la replicazione, la mutazione e altri casi più specifici come, ad esempio, la comprensione degli aspetti genetici dell'anemia falciforme.

Alexander Rosenberg invece sembra essere il primo ad aver proposto di interpretare il rapporto tra genetica molecolare e genetica classica come una relazione di sopravvenienza. Questo significa che i fenomeni descritti dalla genetica molecolare determinano completamente quelli della genetica mendeliana, “sebbene essi non possano essere connessi agli altri in una maniera agevolmente trattabile”²² In maniera del tutto generale il concetto di sopravvenienza (*supervenience*), utilizzato anche per descrivere la relazione tra proprietà fisiche e mentali, può essere caratterizzato come segue: “Un insieme di P-proprietà sopravviene ad un altro insieme di Q-proprietà, quando le Q-proprietà di un oggetto determinano quali sono le sue P-proprietà – ma non vale il viceversa. Se P sopravviene su Q, allora sussiste una mappatura del tipo uno-molti da P a Q.”²³ Un esempio particolarmente istruttivo di sopravvenienza di un concetto genetico è rappresentato dal concetto di fitness. Al fine di comprendere la sopravvenienza della nozione di fitness sulle proprietà fisiche di un organismo, si può prendere in considerazione il caso di Knut, il più celebre degli orsi polari tedeschi. Knut è diventato una celebrità perché sua madre, appena dopo la sua nascita avvenuta lo scorso anno allo zoo di Berlino, lo rifiutò e alla fine venne preso in custodia dal suo guardiano. Si prenda adesso in considerazione l'albero sulla sinistra dietro la statua del *filosofo calvo* sulla seconda via trasversale dei Giardini di Boboli. È senz'altro possibile che Knut e questo albero abbiano lo stesso valore di *fitness*, inteso qui come probabilità di sopravvivenza. Poiché viene espresso in forma probabilistica, il valore di *fitness* può variare da 0 e 1. Anche se attribuiamo lo stesso valore a Knut e all'albero, è tuttavia chiaro che la sua realizzazione fisica può essere alquanto differente nei due casi: un orso polare allevato in uno zoo tedesco, infatti, non condivide molti aspetti fisici con un albero coltivato in un parco fiorentino conosciuto in tutto il mondo. Come nel caso già citato della poliginia, nel contesto delle analisi genetiche di cui ci stiamo occupando, troviamo altri esempi di realizzabilità multipla: diverse stringhe di DNA possono determinare un'unica proprietà genetica nel senso classico del termine, ad esempio il pigmento occhi-rossi della *Drosophila melanogaster*. Tuttavia – in base a quanto richiesto dalla definizione di sopravvenienza – ogni differenza tra le proprietà classiche è correlata a una differenza tra proprietà molecolari. Pertanto si potrebbe dire che la sopravvenienza in genetica può essere definita in questo modo: non ci sono differenze fenomenologiche senza differenze genetiche molecolari, ma non vale il viceversa.

Se si utilizza il concetto di sopravvenienza, è inoltre possibile ridefinire il fisicalismo in maniera più precisa: “Sostenere che un organismo sia una cosa fisica significa dire che tutte le proprietà che possiede sopravvivono su quelle fisiche.”²⁴ – In questo modo, alla fisica viene attribuito “uno statuto speciale tra tutte le scienze”. Infatti, è possibile dire “che il vocabolario delle

²¹ Cfr. Kitcher (1984, 358) oppure (1998, p. 985).

²² Rosenberg (1985), p. 112. Rosenberg già nel 1978 aveva pubblicato un lavoro sulla sopravvenienza dei concetti biologici.

²³ Sober (2000), p. 75.

²⁴ Sober, *ibid.*



proprietà fisiche fornisce la descrizione a grana fine degli oggetti particolari che popolano il mondo”²⁵ Tuttavia, è il caso di sottolineare che, alla luce della nozione di sopravvenienza precedentemente formulata, il fisicalismo sembra dover essere di tipo non riduttivo, almeno se si considera una definizione di riduzione di tipo interteorico.

Per riassumere, è possibile sostenere che l’idea originaria di ridurre la genetica classica alla genetica molecolare ha fallito, o quanto meno le sue pretese sono state ampiamente ridotte, per una ragione di tipo pragmatico: la mancanza di *trattabilità*. In aggiunta ai due motivi appena menzionati – innanzitutto la definizione troppo angusta di teoria scientifica, la quale non è in grado di rendere conto degli aspetti logicamente irriducibili della prassi scientifica, e in secondo luogo, il fatto che la relazione tra la genetica molecolare e la genetica classica non sia una relazione di inclusione logica, ma piuttosto di sopravvenienza – ne vedo un terzo: spesso le proprietà a differenti livelli di realtà non sono congruenti, come avviene ad esempio nel caso qui analizzato di proprietà e classi di oggetti a livello molecolare rispetto alle entità osservabili del livello fenomenologico. Questo genere di incongruenza riflette, a mio avviso, una caratteristica ontologica più profonda. In altri termini, le regolarità scientifiche presenti su diversi livelli ontologici sono, in realtà, leggi o regolarità tra differenti classi di entità che non sempre possono essere connesse attraverso apposite definizioni coordinative, ovvero per mezzo di leggi-ponte. Poiché le classi di cose messe in relazione tra loro nelle leggi scientifiche sono anche dette *natural kinds*, si può ritenere a ragione che scienze diverse che si occupano di diversi livelli ontologici dissezionano il mondo in diversi *natural kinds*, i quali non sempre risultano essere congruenti. E questo vale già per alcuni *natural kinds* della chimica in relazione alla fisica;²⁶ e ovviamente, ancora di più, per molti *natural kinds* delle discipline biologiche, inclusa in questo caso la relazione tra *natural kinds* della genetica classica e *natural kinds* della genetica molecolare.²⁷

Quanto detto fino ad ora fa emergere un problema estremamente interessante che riguarda la possibilità o meno di individuare un rapporto di priorità, rispettivamente, della genetica molecolare sulla genetica classica, o anche della biologia molecolare sulla biologia classica.²⁸ Quale che sia questo genere di priorità, sicuramente non si tratta di una priorità ontologica, per cui i *natural kinds* di una scienza sarebbero più reali e, pertanto, dovrebbero avere la precedenza su quelli di un’altra. Questo sarà vero almeno fino a quando le regolarità che riguardano quei *natural kinds* saranno ben confermati dall’evidenza e fino a che essi manterranno il loro posto nella nostra comprensione del mondo.

In sintesi: una discussione più approfondita del riduzionismo epistemologico riduce considerevolmente le pretese e le aspettative che esso porta con sé. Il riduzionismo

²⁵ Sober, *ibid.*

²⁶ Primas (1985) osserva che indipendentemente dall’enorme importanza che la chimica quantistica riveste per la chimica generale, la chimica quantistica non è in grado di fornire una equazione come quella di Schrödinger per proprietà chimiche quali essere un Chetone. (I chetoni sono gruppi funzionali caratterizzati dalla presenza di un gruppo carbonilico (O=C), il quale, nel caso più semplice, è legato ad altri due atomi di carbonio. Quello dell’Acetone (H₃C-O=C-CH₃) è l’esempio più semplice di Chetone).

²⁷ Kitcher (1999, p. 197) spiega questa incongruenza con il fatto che nella genetica classica i geni sono identificati funzionalmente, mentre non esiste alcuna determinazione strutturale “della nozione generale di gene attualmente disponibile.”

²⁸ Ad esempio, si veda Rosenberg (2006) che ribadisce una tale priorità.



epistemologico, nell'accezione del buon vecchio empirismo logico, è semplicemente morto. Tuttavia non si può non constatare che esso sia sopravvissuto in forme più raffinate, tra le quali le più rappresentative sono quella di Kenneth Schaffner, C. Kenneth Waters²⁹ e Alexander Rosenberg. In questa sede non ho intenzione di entrare nel merito di ulteriori dettagli. Passerò invece a mettere alla prova le pretese accampate dal riduzionismo nell'ambito dei problemi connessi ai fenomeni dello sviluppo.

2. Riduzione e Sviluppo

Qui il riduzionismo genetico viene spesso chiamato anche 'genocentrismo'. Agli albori della genetica si credeva nell'esattezza della relazione 'un gene molecolare – un carattere fenotipico'. Questa concezione semplicistica dovette subito essere abbandonata. Nell'ultimo paragrafo ci siamo già imbattuti in alcuni dei motivi che condussero a tale abbandono. L'idea che si cela dietro l'accettazione della relazione 'un gene – un carattere' "consiste nell'identificare un gene con la sequenza di DNA da cui viene trascritta una particolare proteina attraverso un mRNA."³⁰ Tuttavia, come abbiamo avuto modo di mostrare in precedenza, a livello molecolare le cose sono talmente variegata da non consentire di "identificare i geni mendeliani con i geni molecolari, poiché quello di 'gene molecolare' non è il nome di un specifico tipo molecolare. Non possiamo identificarli nemmeno con altre strutture a livello molecolare."³¹ In biologia molecolare il termine *gene* è utilizzato "come un'etichetta che viene continuamente cambiata di posto e non come un nome per una specifica specie molecolare".³² Nonostante ciò sia ormai estremamente evidente, l'opinione pubblica sembra essere convinta che ci siano tanti geni quante sono le caratteristiche che devono essere spiegate, ad esempio un gene per il cancro in generale e geni per determinati tipi di cancro in particolare, un gene per l'omosessualità, per l'alcolismo, per l'aggressività, per la violenza carnale, per il comportamento criminale e, infine, un gene per la fede in Dio.

Come detto in precedenza, in biologia dello sviluppo vengono condotte ricerche sulla formazione dei processi di sviluppo che conducono un organismo dallo stato zigotico allo stato adulto e, eventualmente, alla morte.³³ Interessante, per l'ordine di discorso affrontato qui, è la pretesa accampata dal riduzionismo genetico di considerare i geni come l'unica causa dell'eredità, o anche di pensare che quanto ci sia di ereditario nei processi di sviluppo sia esclusivamente di ordine genetico.

Tale rivendicazione si è dimostrata subito falsa. Anche i riduzionisti più strenui non mettono in dubbio il fatto che vi siano tratti ereditari di ordine non genetico. L'ereditarietà non genetica è, per l'appunto, chiamata "ereditarietà epigenetica". Cito qui dalla più interessante introduzione alla filosofia della biologia di Sterelny and Griffiths, un lavoro che sarebbe sopravvissuto sul mercato editoriale anche senza il suo titolo fuorviante e sensazionalista *Sex and Death*:

²⁹ In Waters (2006) è possibile osservare delle modificazioni sostanziali rispetto ai lavori precedenti.

³⁰ *Op. cit.*, p. 132.

³¹ *Op. cit.*, p. 133.

³² *Op. cit.*, p. 145.

³³ Minelli (2007) fornisce un quadro generale completo e sintetico dello stato attuale delle ricerche in ambito di biologia evolutiva dello sviluppo (*Evolutionary Developmental Biology*, da cui *Evo-devo*).



L'idea per cui i geni nucleari costituiscono tutto ciò che un organismo può trasmettere dalle cellule che contengono il gamete è semplicemente antiquata. Per potersi sviluppare in maniera corretta, la cellula uovo deve contenere una folta schiera di complessi dispositivi biochimici. Tra questi si trovano i corpi basali e i centri di organizzazione dei microtubuli, i gradienti chimici del citoplasma, i copioni di metilazione del DNA,³⁴ le membrane, i diversi organelli e infine il DNA. Cambiamenti in questi meccanismi possono causare variazioni ereditarie che compaiono in tutte le cellule che discendono da una determinata cellula uovo.³⁵

In questo contesto l'autore cita un'ipotesi estremamente interessante: "alcune differenze di comportamento tra esseri umani di sesso maschile e femminile non sono dovute a differenze genetiche, ma all'ereditarietà dei *patterns* di metilazione", i quali sono in grado di bloccare la trascrizione dei geni ai quali si legano. Un *pattern* di metilazione, tuttavia, è "replicato da uno speciale sistema di copie di metilazione", ma non dall'operato dei geni.³⁶ Se invece fosse vero che queste differenze dipendono esclusivamente dall'operato dei geni, potremmo, finalmente, sapere, perché le donne non sanno parcheggiare le macchine e i maschi non sono in grado di ascoltare.

Prendendo in considerazione diversi casi di ereditarietà non genetica – tra gli altri, le diverse forme di *imprinting*, dal canto degli uccelli all'influenza dell'*habitat* –, gli autori arrivano a concludere che: "In questo modo i genitori trasmettono molte cose alla loro prole: geni, chimica cellulare e altre strutture cellulari; caratteristiche del loro ambiente fisico (sistemi di nascondimento, reti e altro ancora); modelli di comportamento."³⁷ In sintesi, tutto ciò che viene ereditato da un organismo non è costituito soltanto dal genoma, ma da un'intera matrice di sviluppo, della quale il genoma rappresenta solo una parte, sebbene estremamente importante.

Nonostante le scoperte empiriche di casi di ereditarietà non genetica, i devoti difensori del riduzionismo geocentrico, come Rosenberg ad esempio, non si sono ancora arresi. Al contrario, lo stesso Rosenberg ha lanciato un interessante contrattacco, al fine di dimostrare che, nei meccanismi di sviluppo, non regna mai una 'democrazia causale', ovvero un sistema in cui esiste una pluralità di cause che soprassedono ai meccanismi ereditari, delle quali, tuttavia, nessuna svolge un ruolo privilegiato rispetto alle altre.³⁸ Il resoconto fornito da Rosenberg poggia, tra l'altro, su diverse premesse estremamente dubitabili: in primo luogo egli è convinto del fatto che gli organismi nel loro stato embrionale siano, letteralmente, gli esecutori di un programma che ne controlla lo sviluppo. Ma, come ha giustamente affermato Marcel Weber, le evidenze empiriche fornite da Rosenberg "mostrano semplicemente che parte dei meccanismi genetici che contribuiscono allo sviluppo degli embrioni possono essere modellizzati *come se* fossero degli interruttori del programma di un computer. Quello che succede nell'embrione è descrivibile anche in termini meccanicistico-causali."³⁹ Weber,

³⁴ La metilazione può causare un blocco dell'espressione genica per mezzo della formazione di un legame che coinvolge una base con un gruppo metilico (-CH₃).

³⁵ Sterelny/Griffiths (1999, p. 96). Una discussione più recente e comprensiva degli stessi temi si trova in Moss (2003, cap. 3).

³⁶ *Op. cit.*, p. 96.

³⁷ *Op. cit.*, p. 97.

³⁸ Cf. Rosenberg (1997) and (2006).

³⁹ Weber (2008, p. 147).



inoltre, istituisce il giusto ordine di priorità: “Le cause e, forse, anche i meccanismi appartengono al mobilio ontologico del mondo. Programmi e calcoli, no.”⁴⁰ Una seconda premessa alquanto discutibile utilizzata da Rosenberg è rappresentata dal fatto che egli assume il ‘principio della selezione naturale’ come unica legge della biologia. In questo modo si addentra nel problema estremamente controverso dello statuto da assegnare alle leggi biologiche. Stando al ‘principio della selezione naturale’ di Rosenberg, le uniche *natural kinds* causalmente omogenee in biologia sono costituite da funzioni selezionate per i loro effetti. Senza voler entrare nel merito di ulteriori dettagli, in questo caso, vorrei sostenere con Weber l’idea che possono esistere generalizzazioni causali concernenti tipi biologici che non dipendono dalla selezione naturale.

Ci sarebbe molto altro da dire contro il tentativo di Rosenberg di salvaguardare il riduzionismo genetico nell’ambito dello sviluppo.⁴¹ Le battaglie di retroguardia condotte dai riduzionisti continueranno sicuramente ad avere luogo, nonostante sia ormai chiaro che le ragioni a loro favore si sono ridotte talmente tanto negli ultimi anni da far pensare che sia preferibile optare per una resa.

3. Osservazioni conclusive

A questo punto rimane aperto il problema di comprendere, per quali motivi i riduzionisti non si arrendono. Devono esserci ragioni molto profonde che gettino luce su questo fatto. Qui propongo due ipotesi. La prima ha a che fare con l’incredibile successo ottenuto dalla biologia molecolare nell’ultimo mezzo secolo. Tale successo sembra supportare il riduzionismo biologico allo stesso modo in cui gli enormi successi esplicativi della meccanica classica sembrano spingere verso la riduzione alle sue leggi dell’intera fisica. Alla fine del diciannovesimo secolo, era infatti convinzione diffusa che tutte le parti della fisica potessero essere ridotte alla meccanica. L’elettrodinamica era l’unica branca a non essere stata ancora ridotta. Fu Einstein, infine, nel suo lavoro sulla teoria della relatività del 1905, a porre fine a questa fede nel credo meccanicistico.

La seconda ipotesi che vorrei proporre ha a che fare con i modi e gli stili in cui il lavoro filosofico viene condotto. Se non mi sbaglio, non esistono riduzionisti estremi che non siano Anglosassoni. Questo potrebbe avere a che fare con il tradizionale orientamento empiristico della filosofia britannica. L’empirismo ha sempre reclamato per se un atteggiamento realistico, sobrio e onesto a riguardo, in opposizione a quello di razionalisti e idealisti di origine ‘continentale’. Questa attitudine può assumere, a volte, forme eroiche che, tuttavia, per altri possono risultare estremamente ridicole. Riporto qui un esempio tratto dalla filosofia della psicologia: Paul e Patricia Churchland, infatti, non hanno lavorato solo alla riduzione della psicologia cognitiva alle neuroscienze, ma anche a quella della cosiddetta *folk psychology*, o *psicologia popolare*, alle stesse neuroscienze. La *folk psychology* ha a che vedere con le spiegazioni quotidiane che siamo in grado di fornire del comportamento delle altre persone. In

⁴⁰ Weber, loc. cit.

⁴¹ Si veda ad esempio l’insistenza di Laubichler e Wagner (2001) sulla necessità di prendere in considerazione tipi funzionali non molecolari per la spiegazione dello sviluppo.



queste spiegazioni siamo soliti utilizzare le parole ‘amore’, ‘desiderio’, ‘paura’, ‘pena’, ‘credenza’ e via dicendo. Bene, i coniugi Churchland ritengono, senza alcun tipo di compromesso, che questi concetti della psicologia popolare non possiedano alcun tipo di correlato neurologico. Pertanto, come è stato già messo in evidenza nel caso della genetica, non vi sarebbe nessun tipo di riduzione della *folk psychology* alle neuroscienze. Questo viene ammesso senz’altro dai Churchlands. Tuttavia, essi non ne deducono che vi sia qualcosa di sbagliato nel loro progetto di ridurre le categorie fondamentali del nostro mondo-della-vita a quelle delle neuroscienze, ma arrivano a sostenere che la concettualizzazione che noi effettuiamo di quel nostro mondo è sbagliata. Dovremmo lavorare – questa è la proposta veramente sconvolgente – al progetto di rimpiazzare la psicologia popolare con le neuroscienze. Habermas ha parlato di colonizzazione del nostro mondo-della-vita da parte della scienza, sebbene lo abbia fatto in contesti meno eccessivi o oltraggiosi.

Chiedo scusa, infine, se sono incline a valutare i progetti riduzionistici, quale quello rappresentato dal determinismo genetico dei Churchlands, di Dawkins ed altri, non come spregiudicati o eroici, ma semplicemente come pieni di preconcetti, e di scarsa capacità di giudizio. Entrambe caratteristiche che sembrano oscurare la notevole intelligenza di questi scienziati. Infine, per riabilitare Rosenberg, si può comunque mettere l’accento sul fatto che, sebbene egli difenda il riduzionismo (con argomenti interessanti e intelligenti), per lo meno non arriva mai a sostenere forme di determinismo genetico *a là* Dawkins.

Gereon Wolters

Bibliografia

1. Ayala, Francisco José e Dobzhansky, Theodosius (eds.) (1974): *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, London (Macmillan).
2. Dawkins, Richard (1999): *The Extended Phenotype: The Long Reach of the Gene*, with a new afterword by Daniel Dennett, Oxford 1999 (1st edition 1982).
3. Feyerabend, Paul K. (1981): “Explanation, Reduction and Empiricism”: in: *idem, Problems of Empiricism. Philosophical Papers*, Vol. I, Cambridge (Cambridge University Press), 44-96 (prima pubblicazione 1962).
4. Gagliasso, Elena (2001): *Verso un’epistemologia del mondo vivente*, Milano (Guerini).
5. Hull, David L. (1974): *Philosophy of Biological Science*, Englewood Cliffs N.J. (Prentice Hall).
6. Kitcher, Philip (1984): “1953 and All That: A Tale of Two Sciences”, in: *Philosophical Review* 93, 335-373 (reprinted in: Martin Curd/Jan A. Cover (eds.), *Philosophy of Science: The Central Issues*, New York (W. W. Norton) 1998, 971-1003).
7. Kitcher, Philip (1999): “The Hegemony of Molecular Biology”, *Biology and Philosophy* 14, 195-210.
8. Lewontin, Richard (2004): “The Genotype/Phenotype Distinction”, in: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (<http://plato.stanford.edu/entries/genotype-phenotype/>).
9. Minelli, Alessandro (2007): *Forme del divenire. Evo-devo: la biologia evoluzionistica dello sviluppo*, Torino (Einaudi).



10. Moss, Lenny (2003): *What Genes Can't Do*, Cambridge Mass. (MIT Press).
11. Nagel, Ernest (1961): *The Structure of Science: Problems in the Logic of Scientific Explanation*, New York (Harcourt, Brace & World).
12. Popper, Karl R. (1974): „Scientific Reduction and the Essential Incompleteness of All Science”, in: Ayala/Dobzhansky (eds.) (1974), 259-284.
13. Primas Hans (1983): *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism. Perspectives in Theoretical Chemistry*, Berlin (Springer).
14. Primas, Hans (1985): “Kann Chemie auf Physik reduziert werden?”, in: *Chemie in unserer Zeit* 19, 109-119, 160-166.
15. Rheinberger, Hans-Jörg/Müller-Wille, Staffan (2004), “Gene”, in: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (<http://plato.stanford.edu/entries/gene/>).
16. Rosenberg, Alexander (1985): *The Structure of Biological Science*, Cambridge (Cambridge University Press).
17. Rosenberg, Alexander (1997): “Reductionism Redux: Computing the Embryo”, *Biology and Philosophy* 12, pp. 445-470.
18. Rosenberg, Alexander (2006), *Darwinian Reductionism. Or, How to Stop Worrying and Love Molecular Biology*, Chicago (University of Chicago Press).
19. Sober, Elliott (2000):, *Philosophy of Biology*, 2nd edition, Boulder CO (Westview).
20. Sterelny, Kim/Griffiths, Paul E. (1999): *Sex and Death: An Introduction to the Philosophy of Biology*, Chicago (University of Chicago Press).
21. Waters, C. Kenneth (2006), “A Pluralist Interpretation of Gene-Centered Biology”, in: Stephen H. Kellert/Helen E. Longino/C. Kenneth Waters (a cura di), *Scientific Pluralism*, Minneapolis (University of Minnesota Press), 190-214 (= Minnesota Studies in the Philosophy of Science, Vol. XIX).
22. Weber, Marcel (2008): “Critical Notice: Darwinian Reductionism”, *Biology and Philosophy* 23, pp. 143-152.
23. Wolters, Gereon (1999): “Wrongful Life: Logico-Empiricism’s Philosophy of Biology”, in: Maria Carla Galavotti/Alessandro Pagnini (eds.), *Experience, Reality, and Scientific Explanation. Essays in Honor of Merrilee and Wesley Salmon*, Dordrecht (Kluwer) 1999, 187-208.