

Definire l'emergenza*

Erica Onnis

In the last decades, countless works have been dedicated to the definition and analysis of the notion of emergence. In this article, I focus on three monographs recently written by three metaphysicians and philosophers of science, Paul Humphreys (2016), Carl Gillett (2016) and Jessica Wilson (forthcoming), and I outline their models, together with the criteria considered fundamental for their formulation.

*Ringrazio per i loro preziosi suggerimenti David Yates, Alfredo Paternoster e Joel Walmsley.

I. Introduzione

Negli ultimi decenni, l'interesse nei confronti della nozione di emergenza è aumentato esponenzialmente, così come l'uso estensivo del termine in numerose discipline scientifiche e filosofiche. ¹ Nonostante l'uso pervasivo, tuttavia, non c'è consenso tra filosofi e scienziati sul significato, il valore metodologico e il potenziale teorico della nozione di emergenza. Nel testo *Emergence. A Philosophical Account* (2006), Paul Humphreys esamina le ragioni di questa oscurità e ne identifica due: da un lato, il concetto di emergenza non è riconducibile a una singola scienza, il che implica che nessuna disciplina potrà avere l'ultima parola sulla sua definizione; dall'altro, non ci è davvero disponibile una comprensione pre-teoretica dell'emergenza così come è invece disponibile un'immediata comprensione – seppur raffinata – di qualcosa come la causalità. Questa seconda ragione implica l'impossibilità di accordarsi pre-teoreticamente su cosa sia emergente e cosa no e questa circostanza rende complesso elaborare una definizione astratta dell'emergenza.

Queste caratteristiche del dibattito suggeriscono che per sciogliere il problema della definizione dell'emergenza potrebbe essere ragionevole assumere una posizione pluralista e riconoscere alla nozione una generalità capace di descrivere diversi e variegati fenomeni naturali. ²

Nonostante questo pluralismo, è comunque possibile riconoscere, in letteratura, alcuni criteri ricorrenti che vengono sfruttati per identificare i fenomeni emergenti e fornirne una definizione. In questo articolo considereremo tre monografie scritte negli ultimissimi anni: il già citato *Emergence. A Philosophical Account* di Paul Humphreys (2016), *Reduction and Emergence in Science and Philosophy* di Carl Gillett (2016) e *Metaphysical Emergence* di Jessica Wilson (in corso di stampa). Questi tre autori dedicano una speciale attenzione al concetto di emergenza in metafisica e filosofia della scienza e cercano di fornirne un modello comprensivo, nonché qualche esempio, più o meno approfondito, di fenomeni emergenti. I modelli che sviluppano, come vedremo, presentano differenze notevoli, ma al giusto livello di astrazione è possibile riconoscere tre criteri ricorrenti. Il primo è quello dell'*irriducibilità ontologica* dei fenomeni emergenti: essi non possono essere decomposti nei loro costituenti più piccoli ed elementari senza che qualche loro caratteristica essenziale venga perduta; il secondo criterio è rappresentato dall'*irriducibilità epistemologica*: i fenomeni emergenti e le loro caratteristiche non possono essere esaustivamente spiegati, predetti o dedotti a partire dalla sola conoscenza della loro base di emergenza. Il terzo criterio è quello della *novità*: l'emergenza introduce nella realtà caratteristiche (relativamente o fondamentalmente) nuove e richiede nuovi schemi concettuali per essere analizzata.

Nonostante questi criteri vengano delineati in modi diversi dai tre autori che prenderemo in considerazione (e dalla letteratura da loro stessi analizzata), è lecito

¹ Alcuni esempi di quali fenomeni il concetto di emergenza potrebbe descrivere: in fisica, l'origine dello spaziotempo (Hu 2009, Butterfield 2011, Mattingly 2013, Bain 2013, Wüthrich 2018 e Crowther 2013, 2016 e 2019, quest'ultimo in questo stesso volume), la natura della correlazione quantistica (Humphreys 1997, Kronz & Tiehen 2002, Hüttemann 2005, Humphreys 2016, Silberstein & McGeever 1999), fenomeni collettivi come i passaggi di fase (Zhang 2004, Laughlin 2005, Pavarini, Koch & Schollwöck 2013, Crowther 2016, Humphreys 2016); in chimica, il legame covalente (Humphreys 2016, Manafu 2014) e le proprietà macroscopiche molecolari (Luisi 2002, Scerri 2008, Humphreys 2016); nelle scienze della complessità, la stigmergia e il comportamento coordinato di uccelli, pesci e mammiferi (Grassé 1959, Theraulaz & Bonabeau 1999, Cucker & Smale 2007).

² Gibbs, Hendry e Lancaster, concordano su questo, affermano che: « [...] the philosophers and the scientists are using the same word to mean different things » (2019, 2). E, poco dopo: « A less drastic response [...] is pluralism: even if emergence is a somewhat amorphous notion, one might continue to use the term for importantly different kinds of phenomena while recognising that no single definition will do justice to all its uses » (3).

affermare che essi siano pervasivi all'interno dell'intero dibattito sull'emergenza, dove sono sfruttati, per definire i fenomeni emergenti in opposizione a riduzionismo, fisicalismo ed epifenomenalismo: una tendenza che suggerisce che l'emergenza sia largamente considerata incompatibile con queste visioni della realtà.

II. Paul Humphreys

Cominciamo dal già citato Paul Humphreys, che sostiene che sia possibile distinguere diversi tipi di emergenza a seconda dei modi in cui fallisce una posizione metafisica da lui definita *Atomismo Generativo*. L'Atomismo Generativo è una visione della natura antica e persistente secondo cui le entità del mondo si dividerebbero in atomi fondamentali e oggetti non atomici costituiti dai primi in virtù di un sistema fisso di regole che ne governa il processo costitutivo (Humphreys 2016, 12). Questo atomismo è detto *generativo* poiché le entità non atomiche sono *generate* dalla combinazione di quelle atomiche e possono essere decomposte nuovamente in esse, e questa è la ragione per cui, secondo Humphreys, l'Atomismo Generativo garantisce, di principio, la predicibilità, l'esplicabilità e l'assenza di caratteristiche *nuove* per ogni sua.

Quando gli atomi dell'Atomismo Generativo sono fisici, Humphreys parla di *Fisicalismo Atomistico Generativo*, intendendo con ciò una posizione ontologica secondo cui le entità fondamentali sono atomi fisici e l'organizzazione strutturale di questi atomi determinerebbe l'intera ontologia (2016, 17). Secondo Humphreys, il Fisicalismo Atomistico Generativo è la posizione ontologica che sta dietro a molte teorie fisicaliste, come, per esempio, la sopravvenienza humeana di David Lewis e l'ontologia combinatoria di David Armstrong, ma credo sia ragionevole correlare a questa posizione anche il micro-fisicalismo così come viene delineato da Philip Pettit (1993) e Andreas Hüttemann (2004).³ Ciò che è rilevante, ad ogni modo, è che secondo Humphreys questa posizione fallisce nell'analisi di numerosi sistemi naturali ed è quando si ha questo fallimento che diviene necessario parlare di emergenza.

³ Questo tipo di fisicalismo è attribuito da James Ladyman e Don Ross (2010) anche a Kim (1998), Merricks (2001) e van Inwagen (1990).

In questi casi, ci sono due approcci alla questione. Il primo è un approccio che si concentra sul tipo di relazione che intercorre fra i fenomeni di livello inferiore che costituiscono la cosiddetta "base di emergenza" e i fenomeni di livello superiore emergenti da essa. Questa relazione, come vedremo, può essere *ontologica*, quando riguarda i fenomeni stessi, oppure *inferenziale e/o concettuale*, quando è relativa alla conoscenza che abbiamo di essi. Il secondo approccio descrive l'emergenza basandosi su un criterio distinto, ma non esclusivo, ossia la dimensione temporale: in questo caso, si parla di emergenza sincronica o di emergenza diacronica. Fatte queste premesse, possiamo ora analizzare la tassonomia sviluppata da Paul Humphreys.

II.1. Emergenza Ontologica

In questo primo caso, i fenomeni emergenti (entità, proprietà o poteri) sono nuovi e autentici fenomeni del mondo. Essi sono ontologicamente distinti dai fenomeni che li costituiscono e la conoscenza che possediamo di essi è irrilevante al loro essere o meno emergenti. L'emergenza ontologica, così descritta, è una posizione ontologica forte e richiede dei chiarimenti relativi al tipo di leggi naturali che regolano questi fenomeni e alle nuove caratteristiche che essi introducono nella realtà. La nozione di emergenza

forte (*Strong Emergence*), molto diffusa in letteratura, ⁴ è un esempio di emergenza ontologica e implica l'esistenza di nuovi poteri causali e nuove strutture causali, come quella definita *causalità discendente* o *top-down* (*downward causation*). Come vedremo, Jessica Wilson condivide l'accezione ontologica dell'etichetta Emergenza Forte, ⁵ mentre Carl Gillett usa questa stessa espressione per riferirsi a un caso particolare di emergenza ontologica, ossia quella in cui i fenomeni emergenti sono (i) fisicamente realizzati e (ii) determinativi. ⁶

Uno dei criteri più importanti per definire l'emergenza ontologica è, per Humphreys, la presenza di *novità*, dove essa rappresenta, significativamente, un indicatore del fallimento del Fisicalismo Atomistico Generativo. Per Humphreys, un'entità è nuova «with respect to a domain D just in case it is not included in the closure of D under the closure criteria C that are appropriate for D» (Humphreys 2016, 29). La novità, in questi termini, è sempre *relativa* a un dominio ontologico. Non c'è quindi novità assoluta, ma modi diversi in cui un'entità può dirsi nuova. Per esempio, rispetto a un particolare dominio ontologico, un'entità è nuova se non sussiste una significativa relazione di dipendenza (sia essa causale, di sopravvenienza, di realizzazione ecc.) fra essa e le sue parti costituenti. Alternativamente, c'è novità rispetto a una legge – o a un set di leggi – quando essa non regola un determinato fenomeno: «[...] entities of type B are novel with respect to a domain D if and only if there is at least one law that applies to type B entities that does not apply to entities in D» (2016, 32). Le entità di tipo B non sono cioè incluse nel dominio D, definito in base alle leggi che lo regolano. Per fornire un esempio: molte particelle subatomiche, come i muoni o i tauoni (due tipi di leptoni non stabili) decadono o, come preferisce esprimersi Humphreys, *si trasformano* in altri tipi di particelle più stabili come i neutrini, i quark e gli antiquark. Con la comparsa di queste ultime particelle, tuttavia, compaiono nuove leggi di conservazione (questo è ciò che insegna il Modello Standard), perciò le particelle emergenti non possono essere incluse nel dominio delle particelle da cui emergono poiché governate da altre leggi. Questa circostanza le renderebbe nuove e renderebbe il Fisicalismo Atomistico Generativo inadeguato a descriverle. ⁷

II.2. Emergenza Inferenziale

L'emergenza inferenziale è legata ai concetti di *imprevedibilità* e *inderivabilità*. Un modo chiaro per delineare questo punto è stato fornito da Jaegwon Kim ⁸ alla fine degli anni Novanta, quando, tentando di fare chiarezza sul concetto di emergenza, formulò la distinzione fra *predicibilità induttiva* e *predicibilità teoretica*, sostenendo che persino i fenomeni emergenti potessero essere previsti, ma non teoreticamente. Questa idea era già presente nell'opera di alcuni Emergentisti Britannici, come John Stuart Mill ⁹ e George Henry Lewes. ¹⁰ Il punto era, e resta, il seguente: possiamo prevedere *induttivamente* la comparsa di un fenomeno emergente in un sistema che già conosciamo,

⁴ Vedi, ad esempio, O'Connor (1994), Bedau (1997), Chalmers (2006) o Gillett (2016).

⁵ «Strong emergentists maintain that some special science features are real, distinct, and distinctively efficacious as compared to their physically acceptable base features» (Wilson in corso di stampa, 61). Come vedremo, comunque, per Wilson anche l'emergenza debole (*Weak Emergence*) è ontologica.

⁶ Chiariremo il significato di questi termini in seguito, nel paragrafo 3.

⁷ Su questo vedi Humphreys (2016, 77sgg).

⁸ «What is being denied by emergentists is the theoretical predictability of [the emergent property] *E* on the basis of [the microstructural property] *M*: we may know all that can be known about *M* [...] but this knowledge does not suffice to yield a prediction of *E*» (Kim 1999, 8).

⁹ In *A system of Logic*, relativamente all'acqua, Mill scrive che «[...] no experimentation on oxygen and hydrogen separately, no knowledge of their laws, could have enabled us deductively to infer

ma non possiamo prevederla *deduttivamente*, anteriormente alla sua *prima* occorrenza, a partire dalla sola conoscenza del sistema in cui apparirà. Oltre a quest'ultima, sembrano necessari ulteriore sapere empirico e una "generalizzazione induttiva" (Humphreys 2016, 146).

Ci sono altre versioni di emergenza inferenziale, anche definita debole (*Weak Emergence*), ma è piuttosto evidente che tutte implicino una particolare complessità esplicativa. C'è solo un'eccezione da menzionare ed è il caso di Jessica Wilson, in cui, come vedremo, la corrispondenza fra emergenza debole e carattere inferenziale (o comunque epistemologico) non tiene, poiché Wilson traccia la linea di demarcazione fra emergenza forte e debole in termini di diversi impegni metafisici. Approfondiremo questo discorso nel paragrafo 4.

that they would produce water. We require a specific experiment on the two combined» (1843, 255).

10 In *Problems of Life and Mind* si trova questo passaggio: «Who, before experiment, could discern nitric acid in nitrogen and oxygen? Who could foresee that gold would be changed into a chloride if plunged into a mixture of two liquids (hydrochloric and nitric acid), in either of which separately it would remain unchanged?» (Lewes 1975, 413).

II.3. Emergenza Concettuale

Quest'ultimo tipo di emergenza è relativo a fenomeni che sono definiti emergenti poiché per essere spiegati o descritti richiedono la formulazione di nuovi schemi concettuali. Per esempio, ogni fenomeno studiato dalle scienze speciali (tutte quelle scienze che non sono la fisica) è un caso di emergenza concettuale poiché diversi domini ontologici richiedono diversi quadri concettuali per diventare trattabili. Un noto articolo che esprime questa idea è *More is different* (1973) del premio Nobel per la fisica Philip Anderson. Qui l'autore scrive: «Surely there are more levels of organization between human ethology and DNA than there are between DNA and quantum electrodynamics, and each level can require a whole new conceptual structure» (1972, 396).

L'idea di fondo dell'articolo di Anderson è intuitiva: con il passare del tempo, il numero delle discipline scientifiche è aumentato invece di diminuire, e allo stesso modo è aumentato il numero di fenomeni scoperti e classificati dalle scienze. Questa circostanza indica che più la scienza scava e indaga, più teorie, modelli di realtà e schemi concettuali saranno necessari e andranno elaborati.

II.4. Emergenza Sincronica ed Emergenza Diacronica

Per quanto riguarda la dimensione temporale, Humphreys fornisce una distinzione fra emergenza *sincronica*, per cui i fenomeni di livello inferiore e quelli emergenti di livello superiore coesistono sincronicamente, ed emergenza *diacronica*, in cui la dinamica del sistema in cui il fenomeno emerge è di primaria importanza poiché il darsi dell'emergenza dipende esattamente dai processi che hanno precedentemente interessato il sistema.

Storicamente, metafisici e filosofi della scienza (con la notevole eccezione dei filosofi della biologia e delle scienze della vita) si sono concentrati sul primo tipo di emergenza, quella sincronica. Essa, come abbiamo detto, implica la coesistenza dei fenomeni di livello inferiore e superiore e postula fra loro un tipo di relazione di dipendenza parziale, per cui i fenomeni emergenti *dipendono* dai loro costituenti, ma presentano anche una certa *autonomia* che si riflette nell'essere irriducibili a essi e in qualche modo nuovi. Secondo Humphreys, tuttavia, concentrarsi solamente sull'emergenza sincronica non permette di comprendere le vere potenzialità dell'emergenza, poiché in natura molti sistemi hanno le proprietà che hanno in virtù delle loro

dinamiche interne e dei loro processi passati. Uno degli esempi citati da Humphreys è quello degli stati quantistici correlati, dove due sistemi quantistici interagiscono e “si trasformano” in un nuovo sistema correlato inseparabile il cui stato non è analizzabile nei termini dei suoi componenti presi individualmente (così come gli stati dei componenti, una volta correlati, non possono essere più descritti in forma isolata, ma sempre in riferimento allo stato collettivo). Il modello di emergenza ontologica che Humphreys sviluppa e propone nel suo libro ha come scopo la spiegazione di casi come questo; è un modello di emergenza diacronica che viene definito Emergenza Trasformativa ed è una generalizzazione del modello di Fusione (*fusion emergence*) che Humphreys aveva descritto negli anni Novanta nell'articolo *How properties emerge* (1993).

L'Emergenza Trasformativa, così come la Fusione, è diacronica perché le proprietà coinvolte non appaiono *in virtù di* particolari relazioni di dipendenza, ma *in seguito a* certi processi dinamici o certe interazioni fra le parti del sistema. Il processo di Fusione può essere rappresentato nel seguente modo. ¹¹ $P_m^i(x_t)$ è l'istanziatura localizzata nello spazio x al tempo t della proprietà P_m appartenente al dominio i . Supponiamo ora di avere un'occorrenza della proprietà P_n , appartenente allo stesso dominio i , e localizzata nello stesso spazio x al tempo t : $P_n^i(x_t)$. Dopo quella che Humphreys definisce un'“interazione di fusione” (*fusion interaction*), indicata dall'operatore intra-livello *, avremo una nuova proprietà “fusa” P_s appartenente al livello j e istanziata al tempo t' :

$$[P_m^i(x_t) * P_n^i(x_t)] \rightarrow P_s^j(x_{t'}).$$

Se i due livelli i e j sono diversi, la proprietà emergente è una proprietà appartenente a un nuovo dominio e questo è il caso di fusione più interessante, poiché implica una differenza di livello. La fusione, di per sé, non implica però questo salto inter-livello, ¹² ammettendo una visione dell'emergenza che potremmo definire “piatta” (nel senso di mono-livello) e che altri autori hanno recentemente sviluppato. ¹³

Il modello della Fusione ha un vantaggio teorico notevole rispetto ai modelli sincronici di emergenza. La proprietà risultante dalla fusione $P_s^j(x_{t'})$ non è analizzabile in termini di sopravvenienza poiché è una proprietà completamente nuova e le proprietà $P_m^i(x_t)$ e $P_n^i(x_t)$ che la producono non esistono più come entità separate (Humphreys 1997, 5). Questo modello di emergenza non incorre dunque nel diffuso problema della sovradeterminazione causale poiché le proprietà originarie non competono causalmente con le proprietà emergenti. ¹⁴

Una breve digressione. Il modello formulato da Humphreys è diacronico e non implica, inoltre, un'ontologia strutturata su livelli. Queste due caratteristiche definiscono un altro modello di emergenza, quello formulato da Alexandre Guay e Olivier Sartenaer (Guay & Sartenaer 2016), definito Emergenza Trasformativa ¹⁵ ed esplicitamente ispirato al modello di Humphreys.

Quest'ultimo modello può essere descritto come segue:

¹¹ Per un approfondimento, vedi Humphreys (1997) e (2016, 74sgg).

¹² Che la Fusione non implichi una differenza di livello è dichiarato in Humphreys (2016), mentre in Humphreys (1997) l'autore assumeva che la Fusione risultasse in un cambiamento di dominio, una visione che Humphreys non sembra quindi più condividere. Nonostante l'accettazione dell'ipotesi della gerarchia di livelli, comunque, già nel 1997 Humphreys la considerava fuorviante e forse falsa («misleading and probably false» 1997, 5).

¹³ Vedi Sartenaer (2017).

¹⁴ Discuteremo diffusamente del problema della sovradeterminazione nel paragrafo 4 parlando del modello di emergenza di Jessica Wilson.

¹⁵ Il lettore avrà notato che il termine *Emergenza Trasformativa* è lo stesso usato da Humphreys. In effetti Guay e Sartenaer indicano Humphreys come colui che conia il termine e presenta per primo il

E'_i diachronically emerges on B'_i (with $t' > t$ and $I' \geq I$) iff:
 (DEPD) B'_i diachronically determines (e.g. causes) E'_i ; and yet
 (NOVD) E'_i is historically novel with regard to B'_i (Guay & Sartenaer
 2016, 298).

modello da loro successivamente
 sviluppato. Vedi Guay & Sartenaer
 (2016, nota 5).

Qui abbiamo un'entità emergente E , appartenente al livello I' ed esistente al tempo t' che emerge per trasformazione da un'entità B appartenente al livello I (che può essere I' o un livello inferiore I'^{-1}) esistito *prima* di E , ossia al tempo t (t'^{-n}). Il modello di Guay e Sartenaer definisce la relazione di dipendenza (DEPD) che intercorre fra l'entità emergente E e la sua base di emergenza B come una relazione *diacronica* (viene citata la causalità) fra uno stato del sistema precedente s_1 e uno stato successivo s_2 . Per quanto riguarda invece la novità (NOVD), il modello la definisce *storica* invece che *gerarchica* e la correla alla comparsa di nuovi fenomeni governati da nuove leggi. ¹⁶ Data la natura della novità qui intesa, se associamo rispettivamente i diversi stati del sistema s_1 ed s_2 ai modelli descrittivi M_1 e M_2 , possiamo concludere che s_2 non può essere descritto da M_1 . (DEPD) e (NOVD) implicano, di conseguenza, che prima di s_2 non sia possibile prevedere o spiegare eziologicamente la natura e il comportamento di questo stato a partire dalla completa conoscenza dello stato precedente s_1 (2016, 307).

¹⁶Vedi Guay & Sartenaer (2016, 304): «(novd) S_2 exhibits new entities, properties or powers that do not exist in S_1 , and that are furthermore forbidden to exist in S_1 according to the laws $L1_i$ $i=1n$ governing S_1 . Accordingly, different laws $L2_i$ $i=1m$ govern S_2 ».

In entrambi i casi, e lo stesso può dirsi per un ulteriore modello di emergenza diacronica formulato da Sartenaer nel 2017, ¹⁷ sembra che il modello diacronico di emergenza richieda gli stessi criteri associati ai modelli sincronici: da un lato, una dipendenza parziale fra il fenomeno originario/più fondamentale e quello emergente che rende impossibile una semplice riduzione del secondo al primo; dall'altro, la comparsa di qualche forma di novità, che nel caso dell'emergenza diacronico è storica. Questo significa che, con le parole di Lloyd Morgan «there is more in the world to-day than there was in the primitive fire-mist» (Morgan 1913, 30).

¹⁷Vedi *infra*, 53

II.5. Alcune considerazioni su questa tassonomia

Vorrei evidenziare, a questo punto, alcuni nodi teorici relativi alla tassonomia delineata da Humphreys. Innanzitutto, diversamente da altre più o meno diffuse tassonomie che distinguono fra emergenza ontologica ed emergenza epistemologica (o fra emergenza forte e debole), Humphreys introduce l'ulteriore distinzione, interna a quest'ultima, fra emergenza inferenziale e concettuale. Si tratta di una distinzione accurata, perché se l'emergenza inferenziale implica una mancanza di derivabilità, che è un concetto tutto negativo, l'emergenza concettuale enfatizza il modo in cui produciamo attivamente nuovi concetti per rappresentare o descrivere i fenomeni emergenti (come quando, parlando delle transizioni di fase, dobbiamo introdurre termini come "liquidità" o "rigidità").

In secondo luogo, va sottolineato come l'emergenza inferenziale e quella concettuale siano concetti caratterizzati epistemologicamente e quindi metafisicamente innocenti, mentre non si può dire lo stesso del primo tipo di emergenza, quello ontologico. L'irriducibilità e l'imprevedibilità dei fenomeni ontologicamente emergenti sono limitazioni *di principio*, mentre sono limitazioni *pratiche* quando sono coinvolti fenomeni per i quali l'emergenza è inferenziale o concettuale. In questa ultima prospettiva, un ipotetico "calcolatore laplaciano" ¹⁸ sarebbe perfettamente in grado di predire

¹⁸In *Seeking Ultimates. An Intuitive Guide to Physics*, il fisico teorico Peter T. Landsberg descrive

ogni dinamica futura dei sistemi in oggetto, poiché le difficoltà predittive sarebbero dovute all'arretratezza e all'insufficienza dei nostri attuali strumenti di calcolo. È possibile, tuttavia, che l'irriducibilità epistemologica sia in alcuni casi la conseguenza dell'irriducibilità ontologica, e in questo caso la distinzione fra limitazione di principio e limitazione pratica perderebbe rilevanza.

In terzo luogo, nonostante una certa tendenza diffusa che Bedau e Humphreys avevano definito «the sparse view» (Bedau & Humphreys 2008, 12) e Humphreys ribattezza «rarietà euristica»¹⁹ (2016, 54), è importante notare che l'idea che i fenomeni emergenti siano rari e non comuni in natura – o addirittura relegati al solo regno del mentale²⁰ – non è più dominante nel dibattito filosofico e scientifico contemporaneo. Nonostante questa idea che considerava l'emergenza come uno strumento alternativo alle opinioni riduzioniste e legittimata dai loro fallimenti, sembra ora che casi accettabili di emergenza siano più comuni del previsto, specialmente nella fisica stessa. Una tale pervasività di fenomeni emergenti nelle scienze fornisce un ulteriore suggerimento: i processi di emergenza sembrano diffusi e non riguardano fenomeni misteriosi come la vita o la coscienza, pertanto, invece di imporre una definizione unica di emergenza in modo metafisicamente prescrittivo, è ragionevole prendere in considerazione tutte queste varianti di emergenza e adottare una posizione pluralista, consapevoli che contesti diversi richiedono concezioni diverse.

III. Carl Gillett

Se per Humphreys l'emergenza era correlata al fallimento dell'Atomismo Generativo, e quindi del riduzionismo, per Gillett non c'è incompatibilità fra emergenza e riduzionismo una volta fatta chiarezza su queste due posizioni. Secondo Gillett la radice del fraintendimento secondo cui l'emergenza coinciderebbe con il fallimento della riduzione risiede nella considerazione scorretta del concetto di *emergenza qualitativa*. Ogni aggregato fisico, per Gillett, manifesta qualche caratteristica e alcuni comportamenti *nuovi*, ma queste nuove proprietà non implicano di necessità il fallimento del riduzionismo e la comparsa di fenomeni autenticamente emergenti. L'emergenza qualitativa corrisponde semplicemente al fatto che quando la materia si aggrega l'aggregato acquisisce proprietà che le parti non possedevano precedentemente, ma questa circostanza non è incompatibile con il riduzionismo. L'emergenza qualitativa, dunque, non è vera emergenza, ma anche la *vera* emergenza (o almeno quello che Gillett definisce emergenza) non è del tutto incompatibile con il riduzionismo, come vedremo nei prossimi paragrafi.

Illustrerò brevemente, ora, le tre diverse forme di emergenza descritte da Gillett. Due sono le nozioni centrali che definiscono la sua tassonomia: la *realizzazione* e la *determinazione*, anche definita *produzione*. Offrirò un'analisi più approfondita di queste due nozioni nel paragrafo 3.4. Per ora possiamo provvisoriamente considerare la realizzazione una sorta di relazione compositiva tra proprietà e la determinazione una sorta di causalità.

un calcolatore laplaciano con i seguenti termini «[...] a dematerialized intelligence, a kind of God who knows of all collisions, can distinguish all microstates in a fine-grained phase space, and all his calculations of future and past states (in so far as allowed by science) are performed instantaneously» (Landsberg 1999, 86). L'idea di un calcolatore laplaciano (così come la sua variante, l'"arcangelo matematico") risale all'Emergentista Britannico C.D. Broad. Vedi Broad (1925, 71-72).

¹⁹ Vedi Humphreys 2016: "[...] the rarity heuristic: any account of emergence that makes emergence a common phenomenon has failed to capture what is central to emergence. Those early twentieth-century writers who restricted emergence to phenomena that at the time seemed mysterious and little understood, such as life and consciousness, seemed to have been sympathetic to the rarity heuristic, although earlier philosophers, such as Mill, who considered chemical properties to be emergent, would have rejected it" (Humphreys 2016, 760).

²⁰ Su questo vedi Newman (1996), McLaughlin (1997), McIntyre (1998), Kim (1999) e Chalmers (2006).

III.1. Emergenza Debole (o D-Emergenza)

Nei casi di emergenza debole (D-Emergenza), una proprietà di livello superiore X è D-emergente se (i) è *realizzata* dalle proprietà delle entità di livello inferiore da cui emerge, e se (ii) le leggi che la regolano, così come le spiegazioni e le teorie a essa pertinenti, non possono essere dedotte, previste o anticipate a partire dalla conoscenza delle entità di livello inferiore (Gillett 2016, 177).

Sviluppata nel quadro delle scienze della complessità, la D-Emergenza, così come il modello di emergenza inferenziale descritto da Humphreys, è caratterizzata dalle nozioni di inderivabilità e indeducibilità ed è metafisicamente innocente. Essa ammette la realizzazione (ossia la composizione ontologica) delle proprietà di livello superiore e lascia spazio per un'autonomia semantica ed epistemica delle scienze speciali.

III.2. Emergenza Ontologica (o O-Emergenza)

Nei casi di emergenza ontologica (O-Emergenza) la proprietà di livello superiore X è O-emergente se (i) è un'istanza di una proprietà *non realizzata* e se (ii) è produttiva e quindi determinativa (Gillett 2016, 183).

Attribuito da Gillett a diverse teorie della mente (in particolare ad alcune teorie sulla coscienza fenomenica), il modello della O-Emergenza è un modello fortemente ontologico, ma secondo l'autore è scientificamente controverso, poiché adotta una visione dei fenomeni O-emergenti che rigetta la realizzazione. Secondo Gillett, la non realizzazione è una caratteristica profondamente controversa e abbandonare la realizzazione è estremamente difficile nelle scienze, che basano le loro spiegazioni sulla composizione delle proprietà e sembrano supportare, come diretta conseguenza, una visione della realtà profondamente radicata nella realizzazione.

III.3. Emergenza Forte (o F-Emergenza)

Una proprietà di livello superiore X è F-emergente se (i) è *realizzata* dalle proprietà delle entità di livello inferiore da cui emerge e se (ii) è *determinativa* (Gillett 2016, 187).

Questo ulteriore modello di emergenza è attribuito da Gillett a scienziati come Anderson e Robert Laughlin e rappresenta, a suo avviso, una promettente *via media*. La F-Emergenza implica una visione metafisica che, da un lato, può essere compatibile con alcuni tratti riduzionisti mentre, dall'altro, può mettere in discussione a livello empirico una visione radicale e assolutizzata della riduzione. Il problema che Gillett riconosce a questo modello di emergenza, tuttavia, è che *realizzabilità* e *determinatività* sono incompatibili (o almeno questo è quanto viene normalmente dato per scontato in letteratura).

III.4. Composizione, realizzazione e determinatività

Mentre la caratterizzazione di Humphreys dell'emergenza epistemica è duplice (Humphreys riconosce un'emergenza inferenziale e un'emergenza concettuale) queste due categorie collassano nella singola categoria di D-Emergenza (emergenza debole) di Gillett. Al contrario, il modello ontologico di Humphreys, che parla di emergenza ontologica, diventa duplice in Gillett, quando quest'ultimo distingue fra O-Emergenza (emergenza ontologica) e F-Emergenza (emergenza forte).

Si potrebbe dire, quindi, che mentre Humphrey sviluppa un modello ontologico generale e due modelli epistemologici più dettagliati, Gillett fa il contrario, fornendo

un modello epistemologico più generale e due versioni ontologiche che presentano due modi diversi in cui le entità emergenti sono ontologicamente determinanti (vedi la tabella sottostante).

	Paul Humphreys	Carl Gillett
Modelli ontologici	Emergenza Ontologica	Emergenza Ontologica (O-Emergenza)
		Emergenza Forte (F-Emergenza)
Modelli epistemologici	Emergenza Inferenziale	Emergenza Debole (D-Emergenza)
	Emergenza Concettuale	

A questo punto è essenziale definire il significato di realizzazione, produttività e determinatività, così da comprendere fino in fondo le definizioni di emergenza fornite da Gillett. Prima di occuparci della realizzazione, tuttavia, dedicheremo una prima digressione a quella che Gillett definisce “composizionalità”, una relazione che è strettamente collegata alla realizzazione ed è centrale nel dibattito su emergenza e riduzione.

III.4.1. Composizionalità

Le spiegazioni scientifiche sono composizionali, ossia la scienza spiega la natura dei fenomeni di livello superiore basandosi sulla natura dei fenomeni di livello inferiore che li compongono. Questa relazione di composizionalità è caratterizzata da Gillett come segue.

La composizione è la relazione metafisica verticale che si manifesta, per esempio, tra un diamante e gli atomi di carbonio che lo compongono. Questo esempio fornisce importanti suggerimenti relativi alla natura della relazione e cioè che essa è una relazione uno-molti (molti atomi di carbonio costituiscono un diamante), è asimmetrica (gli atomi di carbonio compongono il diamante ma non viceversa) ed è irreflessiva (gli atomi di carbonio non compongono se stessi). La composizione è inoltre una relazione sincronica tra entità distinte ed è quindi diversa dall'identità così come dalla causalità che è normalmente considerata una relazione diacronica. La composizione, inoltre, sembra valere in virtù di una necessità nomologica e dipendere da particolari condizioni di fondo. Infine, le relazioni composizionali legano diversi tipi di entità, per i quali, secondo Gillett, è utile adottare una terminologia differenziata: avremo quindi *relazioni parte-intero* fra individui, *realizzazioni* fra proprietà, *implementazioni* fra processi e *comprensioni (comprisings)* tra poteri (vedi Fig. 1).

Type of Entity	Compositional Relation
Powers	Lower-level powers together <i>comprise</i> higher-level powers
Properties	Lower-level properties together <i>realize</i> higher-level properties
Individuals	Lower-level individuals together <i>constitute</i> higher-level individuals
Processes	Lower-level processes together <i>implement</i> higher-level processes

Fig. 1 Tipi di relazioni composizionali a seconda del tipo di entità (Gillett 2016, 68)

III.4.2. Realizzazione

La realizzazione, nel quadro di Gillett, è quindi una relazione compositazionale fra proprietà diverse, istanziate in individui diversi che si trovano in una particolare organizzazione spaziotemporale e funzionale. Questo è il caso, come abbiamo visto nei paragrafi 3.1 e 3.3, della D-Emergenza e della F-Emergenza, ossia nei casi in cui alcune proprietà di livello inferiore $F_1 \dots F_n$ sono istanziate in individui di livello inferiore $s_1 \dots s_m$ e realizzano congiuntamente (*jointly realize*) la proprietà di livello superiore G , istanziata nell'individuo di livello superiore s^* . Questo processo di realizzazione, così come tutte le corrispondenti relazioni compositazionali tra poteri e processi è descritto da Gillett nei termini che seguono:

(Realization – JRF) ²¹ Property instances $F_1 \dots F_n$, in individuals $s_1 \dots s_m$ realize a property instance G , in individual s^* under background conditions $\$, if and only if$, under $\$, (a) s_1 \dots s_m$ are members of, or are identical to, a group of individuals $s_1 \dots s_n$ spatially contained within s^* , (b) $s_1 \dots s_m$ bear spatiotemporal, productive, and/or powerful relation to one another, (c) $s_1 \dots s_n$ through their joint productive role-filling together non-productively result in s^* under $\$, but not vice versa, (d) the powers contributed by $F_1 \dots F_n$ to $s_1 \dots s_m$ together through their joint productive role-filling non-productively result in the powers individuating of G , in s^* under $\$, but not vice versa, and (e) the processes based by $F_1 \dots F_n$ under $\$ are or would jointly non-productively result in all the processes that are or would be based by G under $\$ but not vice versa (2016, 89).$$$$

²¹ JRF significa “joint role-filling”. Vedi la nota seguente.

Per districarsi dai tecnicismi, è possibile immaginare di nuovo un diamante. Gli atomi di carbonio sono gli individui di livello inferiore $s_1 \dots s_m$ che compongono l'individuo di livello superiore s^* (il diamante). Questi atomi $s_1 \dots s_m$ hanno le proprietà $F_1 \dots F_n$ (nello specifico, determinati legami e allineamenti chimici) che insieme realizzano la proprietà di livello superiore G (la durezza del diamante) attraverso un tipo di relazione uno-molti che Gillett descrive come un “rivestimento congiunto di ruoli” (*joint role-filling*).²² Questi atomi che compongono il diamante possiedono inoltre una particolare organizzazione spaziale e funzionale, in base a cui i loro poteri e processi di livello inferiore compongono i corrispondenti poteri e processi al livello superiore.

²² Gillett (2016, 359): «Joint role-filling – A many–one relation between working entities where none of the *relata* plays the role individuating of the other *relata*, but where these *relata* have roles that together fill the role of the other entity, thus entailing that the *relata* of joint role-filling are qualitatively distinct».

Ora, la D-Emergenza e la F-Emergenza riguardano proprietà realizzate e questa realizzazione rispetta lo schema appena descritto. Per quanto riguarda le proprietà O-emergenti, invece, non si dà realizzazione, il che significa che le proprietà di livello superiore O-emergenti non hanno componenti, laddove non avere componenti, in senso tradizionale, equivale a essere fondamentale. A questo punto Gillett sottolinea che la fisica ammette l'esistenza di quattro sole forze fondamentali (la forze gravitazionale, la forza elettromagnetica e le forze nucleari debole e forte) perciò ammettere nuove proprietà o nuovi poteri fondamentali può sembrare scientificamente azzardato e per questa ragione Gillett liquida questa forma di emergenza: essa sarebbe un modello incompatibile con la nostra attuale conoscenza scientifica e con il metodo riduzionista universalmente sfruttato nelle scienze.

Se da un lato la O-Emergenza sembra incoerente, anche le altre due forme di emergenza descritte da Gillett presentano problemi non indifferenti. Per quanto riguarda la prima, la D-Emergenza, essa è epistemica e non fornisce alcuna informazione sulla struttura metafisica del reale e sulla sua ontologia. Per quanto riguarda la

seconda, la F-Emergenza, sembra che realizzazione e determinazione, come abbiamo detto, siano incompatibili. A questo punto è di primaria importanza chiarire cosa significhi per un'entità essere determinativa e perché questa caratteristica sia ritenuta incompatibile con la realizzazione.

III.4.3. Determinatività

Gillett utilizza il termine *determinativo* intendendo con esso la caratteristica di molte proprietà di “contribuire” – Gillett dice anche «fare la differenza» (2016, 64) – negli individui in cui sono istanziate. La parola “produzione”, che viene spesso usata come sinonimo di determinatività, ha lo stesso significato nel caso dei processi. In altri termini, una proprietà è determinativa se *fa la differenza* per l'individuo, mentre un processo è produttivo se provoca alcuni effetti che *fanno la differenza* per l'individuo.²³ Il motivo per cui la determinatività non sarebbe compatibile con la realizzazione dipende da una nozione rigida e scorretta di aggregazione solitamente connessa con la composizione e la realizzazione. Gillett definisce questa concezione la Visione Semplice dell'Aggregazione (*Simple View of Aggregation*) e afferma che il vero disaccordo teorico tra riduzionisti ed emergentisti risiede in una comprensione diversa nella natura dell'aggregazione (2016, 112). La Visione Semplice, che per Gillett è una delle chiavi di volta del riduzionismo,²⁴ consiste in due tesi. In primo luogo, essa assume che le entità di livello superiore siano composte da parti determinative, ma che all'aggregato collettivo non debba essere attribuito un potere determinativo proprio per ragioni di parsimonia. Le uniche entità determinative, secondo questo modello, sono quindi quelle di livello inferiore e le uniche relazioni determinative sono quelle che intercorrono fra di esse. In secondo luogo, la Visione Semplice assume che in natura non vi sia discontinuità fra livelli diversi di organizzazione perché se le uniche entità determinative sono quelle di livello inferiore, i loro poteri saranno inter-livello e saranno efficaci a tutte le scale, comprese quelle a cui compaiono gli aggregati di livello superiore. Quest'ultima idea, che Gillett definisce Fondamentalismo Semplice, è tuttavia controversa poiché, come dimostrano le scienze della complessità, gli individui si comportano in modi diversi a seconda che siano isolati, in sistemi semplici o in sistemi complessi. Questa idea può riassumersi nell'espressione «Parts behave differently in wholes» (2016, 195). Per questo motivo, Gillett sostiene che la Visione Semplice dell'Aggregazione sia un modello insoddisfacente e che a essa vada sostituita una visione alternativa definita Visione Condizionata dell'Aggregazione (*Conditioned View of Aggregation*) che Gillett attribuisce a Robert Laughlin e descrive in questi termini:

²³ È bene notare che “contribuire” o “fare la differenza” sono espressioni vaghe che Gillett non si premura di definire a dovere né quando le introduce né successivamente. Questa definizione sottodeterminata di determinazione è forse il problema più rilevante del suo lavoro.

²⁴ Vedi Gillett (2016, 194).

[...] Laughlin is suggesting that our empirical findings show that certain components sometimes contribute different powers, and hence behave differently, under the condition of composing a certain higher-level entity, but where the component would not contribute these powers if the laws applying in simpler collectives exhausted the laws applying in the complex collective (2016, 194).

La continuità del reale è quindi l'assunto più debole della Visione Semplice perché la natura mostra numerosi casi di ciò che Laughlin definisce *insensibilità al microscopico* o *muri di scale* (Laughlin, 2005). Diversi fenomeni di livello superiore come la

superconduttività, la superfluidità o il ferromagnetismo, ad esempio, mostrano una particolare indipendenza rispetto ai dettagli microscopici creando ciò che possiamo chiamare dei “gap di determinatività”.²⁵

Dunque, la possibilità di un'entità composta che sia realizzata, ma anche determinativa – che è ciò che suggerisce il modello della F-Emergenza – sembra esclusa da una nozione di aggregazione che, tuttavia, non è davvero appropriata. Pertanto Gillett esorta a riconsiderare il concetto di aggregatività *semplice* adottando una visione alternativa, quella *condizionata*, che consente una nuova forma di determinatività chiamata *machresis* o “relazione determinativa fondazionale” (*foundational determinative relation*).²⁶ La determinazione macretica, è una relazione di determinatività *top-down* che intercorre tra l'entità emergente composta e le sue parti componenti. Questa determinazione trova spazio nella visione del mondo che Gillett chiama *mutualismo* e oppone al *fondamentalismo*. Mentre il fondamentalismo afferma che tutte le entità esistenti sono o entità microfisiche fondamentali o entità macroscopiche composte da quelle fondamentali e a questa affermazione aggiunge (per motivi di parsimonia, come abbiamo visto) che le uniche entità determinative sono quelle fondamentali, la visione mutualista,²⁷ al contrario, implica che le entità macroscopiche di livello superiore, nonostante siano composte da quelle di livello inferiore, siano anche determinanti verso il basso. Un modo per esprimere questa idea è usare le parole del filosofo della biologia Charles Dyke che parla di «strutture strutturate e strutturanti» (*structured structuring structures*): le entità F-emergenti sono *strutturate* perché sono composte, ma sono anche *strutturanti* poiché pongono dei vincoli ai ruoli e alle funzioni delle loro parti costituenti (Dyke 1988, 24). In questa visione mutualista, le entità sono dunque soggette a un doppio vettore di determinazione e sono reciprocamente interdipendenti. Le due relazioni di determinazione, tuttavia, sono di diverso tipo, perché nel caso della composizione (*bottom-up*) abbiamo una relazione compositiva fra le parti costituenti che congiuntamente ricoprono un ruolo (*joint role-filling*), mentre nel caso della *machresis* (*top-down*), abbiamo una relazione di vincolo e strutturazione non compositiva e non causale dei ruoli e delle funzioni dei componenti di livello inferiore. La *machresis*, quindi, è una relazione determinativa *sui generis* che vincola (*constrains*) le parti componenti di livello inferiore comportando che esse assumano poteri differenziali. Questa relazione di vincolo non è incompatibile con la composizione e questa compatibilità è ciò che rende scientificamente accettabile la F-Emergenza. I fenomeni F-emergenti sono sia composizionalmente costituiti sia determinativi: sono aggregati composti da parti di livello inferiore analizzabili attraverso spiegazioni composizionali, ma sono comunque in grado di *fare la differenza*.

In questo quadro, i fenomeni F-emergenti sono irriducibili alle loro parti perché le proprietà individuali delle parti non sono le uniche proprietà che si manifestano. Da un lato, gli F-emergenti vincolano e determinano le parti da cui sono composti sotto forma di determinazione macretica non causale; dall'altro, avendo un rapporto reciproco di interdipendenza con loro parti, contribuiscono causalmente sia al proprio livello, cioè “orizzontalmente”, sia in forma diacronica e intra-livello, cioè “trasversalmente”.

In conclusione, se Humphreys descrive un Fisicalismo Atomistico Generativo e correla l'emergenza al suo fallimento, Gillett delinea un Fisicalismo Fondamentalista

²⁵ Questo discorso, secondo cui alcuni sistemi manifestano proprietà o comportamenti che *non* dipendono dai loro dettagli microscopici, si riconnette alla nozione di “protettorato quantistico”. Per un approfondimento, vedi Pines (2000) e Laughlin & Pines (2000).

²⁶ Vedi Gillett (2019) in Gibb, Hendry & Landcaster (2019).

²⁷ Gillett attribuisce questa visione a Robert Laughlin, Philip Anderson, Iain D. Couzin, Jens Krause, Chris Langton, and Walter Freeman.

caratterizzato da una visione estrema dell'aggregazione (la Visione Semplice) e assume che in quei casi in cui questa visione non è in grado di render conto dei fenomeni in oggetto, si debba ammettere emergenza ontologica forte (F-emergenza).

IV. Jessica Wilson

Il libro di Jessica Wilson *Metaphysical Emergence* è dedicato, come suggerisce il titolo, all'analisi di un particolare tipo di emergenza, vale a dire l'emergenza ontologica o – come la definisce Wilson – metafisica. Wilson prende in considerazione le entità macroscopiche delle cosiddette scienze *speciali* (ossia tutte le scienze tranne la fisica) e attribuisce loro due caratteristiche. In primo luogo, le entità delle scienze speciali *dipendono* da alcune configurazioni complesse di entità più piccole e fondamentali poiché *sincronicamente e materialmente composte* da esse; contemporaneamente, le proprietà di queste entità sono parzialmente determinate dalle caratteristiche di queste «micro-configurazioni», come vengono definite da Wilson. Tuttavia, le entità delle scienze speciali mostrano anche un certo grado di autonomia ontologica e causale, essendo esse distinte, nonché distintamente efficaci, dalle micro-configurazioni da cui dipendono. ²⁸

²⁸ Wilson (in corso di stampa, 2).

Le entità delle scienze speciali, in breve, presentano nei confronti delle loro micro-configurazioni (i) *dipendenza materiale sincronica* e (ii) *autonomia ontologica e causale*, e per Wilson le caratteristiche (i) e (ii) definiscono l'emergenza, che è metafisica perché (i) e (ii) rappresentano caratteristiche reali delle entità delle scienze speciali e non riflettono soltanto delle difficoltà nella nostra comprensione, misurazione o rappresentazione di esse.

Prima di delineare i modelli di emergenza di Wilson, tuttavia, è bene chiarire una possibile difficoltà terminologica. Sia Humphreys sia Gillett tracciano una distinzione tra versioni ontologiche ed epistemologiche dell'emergenza e questa distinzione è comunemente accettata dalla stragrande maggioranza degli autori che si occupano di questi temi. ²⁹ Molti di questi stessi autori utilizzano le espressioni “emergenza debole” ed “emergenza forte”, collegando la prima espressione alla nozione di emergenza epistemologica e la seconda a quella di emergenza ontologica. Sebbene anche Wilson utilizzi questa stessa terminologia, è importante tenere a mente che questa autrice traccia la distinzione tra emergenza debole ed emergenza forte in termini metafisici, quindi la sua tassonomia presenta due modelli di emergenza che nonostante si chiamino l'uno “emergenza forte” e l'altro “emergenza debole” sono entrambi metafisici (per una comparazione tematica e terminologica, vedi la tabella sottostante).

²⁹ Vedi O'Connor (1994), Bedau (1997), Chalmers (2006) e i contributi in Gibb, Hendry & Lancaster (2019).

	Paul Humphreys	Carl Gillett	Jessica Wilson
Modelli ontologici	Emergenza Ontologica	Emergenza Ontologica (O-Emergenza)	Emergenza Debole
		Emergenza Forte (F-Emergenza)	Emergenza Forte
Modelli epistemologici	Emergenza Inferenziale	Emergenza Debole (D-Emergenza)	
	Emergenza Concettuale		

IV.1. Due schemi per l'emergenza

Il libro di Jessica Wilson ha l'obiettivo di rispondere a due domande: la prima è cosa sia l'emergenza, mentre la seconda è se ci siano reali casi di emergenza in natura. Per trovare risposta a questi due interrogativi, Wilson descrive due schemi di emergenza metafisica e li presenta come gli unici modelli effettivi ai quali la stragrande maggioranza degli altri modelli offerti dalla letteratura possono essere ridotti. I due modelli dipendono dalla soddisfazione di due condizioni. La prima è la *Condizione del nuovo potere* (*New Power Condition*), mentre la seconda è la *Condizione del sottoinsieme proprio di poteri* (*Proper Subset of Powers Condition*).

Il soddisfacimento della prima condizione produce emergenza forte, mentre il soddisfacimento della seconda emergenza debole. Prima di considerare il contenuto e il significato di queste due condizioni, tuttavia, sono necessarie alcune brevi considerazioni.

In primo luogo, Wilson parla di “caratteristiche di livello superiore e inferiore” (*higher-level and lower-level features*) riferendosi alle caratteristiche delle entità delle scienze speciali e a quelle delle scienze fisiche, ossia a caratteristiche meno fondamentali da un lato e più fondamentali dall'altro. Quando si menzionano *nuovi poteri*, inoltre, la novità citata è una novità di tipo fondamentale (in corso di stampa, 61), ben diversa dalla novità relativa di Humphreys.

In secondo luogo, quando Wilson parla delle due condizioni dell'emergenza (la *Condizione del nuovo potere* e la *Condizione del sottoinsieme proprio di poteri*), così come quando delinea i suoi due schemi dell'emergenza (debole e forte) il suo discorso si concentra sui poteri piuttosto che sulle entità o sulle proprietà emergenti per una ragione teorica rilevante. In accordo con Mark Bedau (2002), Wilson ritiene che un'entità possa essere definita emergente se in grado di manifestare caratteristiche emergenti e queste caratteristiche sono emergenti se i loro poteri lo sono. La nozione di potere (*power*) è quindi fondamentale per Wilson: se un fenomeno manifesta proprietà emergenti questo accade a causa dei suoi poteri emergenti e lo studio dell'emergenza può quindi concentrarsi su questi ultimi, gettando luce, tramite una chiarificazione della loro natura, su caratteristiche, proprietà ed entità.

In terzo luogo, Wilson parla principalmente di occorrenze (*token*) di funzioni e poteri e non di *tipi* (*kind*) poiché condivide «una visione metafisicamente neutrale»³⁰ dei poteri:

³⁰ Per un approfondimento, vedi Wilson (in corso di stampa, 47sgg).

Here, talk of 'powers' is simply shorthand for talk of what causal contributions possession of a given feature makes (or can make, relative to the same laws of nature) to an entity's bringing about an effect, when in certain circumstances (in corso di stampa, 46).

Dato che questi «contributi causali» (*causal contributions*) intercorrono tra fenomeni localizzati nello spazio, ne segue che parlare di poteri implichi parlare di occorrenze e non di tipi. Vediamo ora i due schemi dell'emergenza elaborati da Wilson.

IV.1.1. Emergenza Forte

Wilson definisce la *Condizione del Nuovo Potere* come segue:

New Power Condition: Token higher-level feature *S* has, on a given occasion, at least one token power not identical with any token power of the token lower-level feature *P* on which *S*, on that occasion, synchronically materially depends (in corso di stampa, 64).

Per soddisfare questa condizione è necessario che la caratteristica di livello superiore *S* abbia almeno *un* potere non posseduto dalla caratteristica di livello inferiore *P* da cui quella di livello superiore dipende materialmente. Se questa caratteristica di livello superiore *S* ha quel nuovo potere, allora può essere considerata metafisicamente emergente in senso forte, rendendo metafisicamente emergente in senso forte l'entità in cui è istanziata.

Ciò che resta da chiarire, a questo punto, è in che modo il soddisfacimento della *Condizione del Nuovo Potere* produca emergenza in senso forte. La risposta è che un'entità che manifesta una caratteristica in grado di esercitare un nuovo potere (dove “nuovo” significa “fondamentalmente nuovo”) non può, secondo la legge di Leibniz, essere identica a un'entità priva di tale caratteristica che non esercita lo stesso potere. Questo argomento conduce quindi all'autonomia ontologica dell'entità in questione. Per quanto riguarda l'autonomia causale, l'argomento è simile. L'entità di livello superiore non può avere poteri causali identici a quelli dell'entità di livello inferiore perché la prima ha caratteristiche diverse che esercitano poteri diversi.

Essendo quindi sia ontologicamente sia causalmente distinta a causa della presenza di (almeno) un nuovo potere, l'entità che soddisfa la *Condizione del Nuovo Potere* risulta metafisicamente emergente in senso forte:

Strong emergence: Token apparently higher-level feature *S* is Strongly metaphysically emergent from token lower-level feature *P* on a given occasion just in case, on that occasion, (i) *S* synchronically materially depends on *P*, and (ii) *S* has at least one token power not identical with any token power of *P* (in corso di stampa, 67).

IV.1.2. Emergenza Debole

Vediamo ora il secondo caso, in cui a essere soddisfatta è la *Condizione del sottoinsieme proprio di poteri*, descritto come segue:

Proper Subset of Powers Condition: Token higher-level feature *S* has, on a given occasion, a non-empty proper subset of the token powers of the token lower-level feature *P* on which *S* synchronically materially depends, on that occasion (Wilson 2019, 71).

Per soddisfare la *Condizione del sottoinsieme proprio di poteri* è necessario che l'entità di livello superiore che ha una caratteristica di livello superiore *S* abbia un sottoinsieme proprio ³¹ dei poteri posseduti dalla caratteristica dell'entità di livello inferiore *P* da cui quella di livello superiore dipende materialmente. Se la caratteristica in questione ha questo sottoinsieme di poteri, allora può essere considerata metafisicamente emergente in senso debole, rendendo metafisicamente emergente in senso debole l'entità che la istanzia:

Weak emergence: Token apparently higher-level feature *S* is Weakly metaphysically emergent from token lower-level feature *P* on a given occasion just in case, on that occasion, (i) *S* synchronically materially depends on *P*; and (ii) *S* has a non-empty proper subset of the token powers had by *P* (in corso di stampa, 85).

³¹ Un sottoinsieme *proprio* è un sottoinsieme non uguale all'insieme di cui è sottoinsieme. Il sottoinsieme proprio di *A* conterrà quindi soltanto una parte degli elementi di *A*.

Analogamente al caso della *Condizione del Nuovo Potere*, il soddisfacimento della

Condizione del sottoinsieme proprio di poteri comporta autonomia sia ontologica sia causale per l'entità di livello superiore. Avendo diversi insiemi di poteri, le entità di livello superiore e inferiore saranno diverse in base a quanto statuito dalla legge di Leibniz (distinzione ontologica) e produrranno effetti diversi (distinzione causale dovuta a diversi profili causali).

Per Wilson è quindi possibile salvare l'autonomia ontologica e l'efficacia causale delle entità delle scienze speciali sia nel caso in cui esse abbiano nuovi poteri causali – come nel caso della soddisfazione della *Condizione del Nuovo Potere* – sia nel caso in cui presentino distinti profili causali – come in questo secondo caso.

IV.2. Il problema della sovradeterminazione causale

Come abbiamo visto, Wilson attribuisce particolare importanza ai poteri causali per definire l'emergenza. Questa circostanza ha una precisa motivazione teorica: secondo Wilson è necessario che l'emergenza permetta il superamento di quello che definisce «il problema della causalità di livello superiore» (in corso di stampa, 54) ossia l'ostacolo principale all'attribuzione di autonomia ontologica e causale alle entità delle scienze speciali.

Il problema della causalità di livello superiore, noto anche come *problema della sovradeterminazione o problema dell'esclusione causale*, risiede nell'apparente impossibilità, per un'entità di livello superiore, di essere distintamente efficace in un mondo in cui ogni effetto (fisico) è prodotto da una causa ugualmente fisica. Se in questo quadro è ammessa un'altra causa (una causa di livello superiore, per esempio), ne consegue che lo stesso effetto abbia due cause sufficienti, il che implica una sovradeterminazione causale.

Questo problema è stato al centro di numerosi dibattiti,³² ma Wilson ne offre una formulazione originale molto chiara, suggerendo che esso possa essere espresso in modo esauriente elencando sei premesse. Di esse, quattro riguardano le caratteristiche delle entità di livello superiore, e cioè dipendenza, realtà, efficacia e autonomia (1-4). Le ultime due corrispondono a due principi riguardanti la presunta natura della causalità: la chiusura causale del mondo fisico e il requisito della non sovradeterminazione (5-6). Accettare le prime quattro premesse, tuttavia, rende impossibile l'impegno verso le ultime due, perciò il suggerimento di Wilson è di abbandonare uno dei due principi con la conseguente accettazione di una qualche forma di emergenza.

³² Vedi Merricks (2003), Kim (1993) e (1998).

Le sei premesse sono le seguenti:

1. *Dependence*. Special science features synchronically materially depend on lower-level physically acceptable features [...].
2. *Reality*. Both special science features and their physically acceptable base features are real.
3. *Efficacy*. Special science features are causally efficacious.
4. *Distinctness*. Special science features are distinct from their base features. [...]
5. *Physical Causal Closure*. Every lower-level physically acceptable effect has a purely lower-level physically acceptable cause. [...]
6. *Non-overdetermination*. With the exception of double-rock-throw cases, effects are not causally overdetermined by distinct individually sufficient synchronic causes (in corso di stampa, 55-56).

Come già accennato, accettare la dipendenza, la realtà, l'efficacia e l'autonomia delle entità delle scienze speciali (premesse 1-4) implica l'inaccettabilità di una delle altre due premesse e, analogamente, accettare entrambe le ultime due premesse, rende impossibile la contemporanea accettazione delle prime quattro. Se vengono accettate sia la chiusura causale del mondo fisico (premessa 5) sia il requisito di non sovradeterminazione (premessa 6), almeno una delle caratteristiche delle entità delle scienze speciali deve essere respinta. Per chiarire questo punto, Wilson sfrutta due esempi.

Esempio n° 1.

Supponiamo di avere un caso di causalità intra-livello dove le entità della scienza speciale coinvolte hanno caratteristiche che rispettano le premesse sopra elencate (1-4). La caratteristica S causa la caratteristica S^* che è materialmente dipendente da una caratteristica di livello inferiore P^* che, almeno nomologicamente, necessita S^* . Tuttavia, data la chiusura causale del mondo fisico (5), P^* , per essere prodotta, dovrà avere una causa puramente fisica, cioè P , che è sufficiente per l'istanziamento di P^* e, mediante l'istanziamento di P^* , di S^* .

S^* , in conclusione, risulta causalmente sovradeterminato sia da S che da P , perciò il requisito della non sovradeterminazione (6) è disatteso (in corso di stampa, 57).

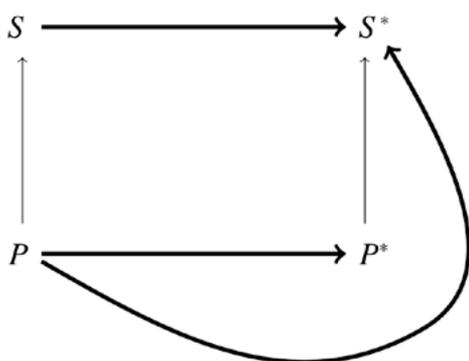


Fig. 2 Esempio 1 di sovra-determinazione: S causa S^* (Wilson in corso di stampa, 57)

Esempio n° 2.

Supponiamo ora di avere un caso di causalità inter-livello dove le entità coinvolte sono, da un lato, una entità appartenente a una scienza speciale le cui caratteristiche rispettano le quattro premesse sopra elencate (1-4) e, dall'altro lato, una entità appartenente a un livello inferiore fondamentale. L'entità della scienza speciale S causa una caratteristica di base di livello inferiore P^* . Tuttavia, per la chiusura causale del mondo fisico (5), P^* deve avere, per essere prodotta, una causa puramente fisica, cioè P , che è sufficiente per l'istanziamento di P^* .

P^* , in conclusione, risulta causalmente sovradeterminato sia da S che da P , perciò il requisito della non sovradeterminazione (6) è disatteso (in corso di stampa, 57-58).

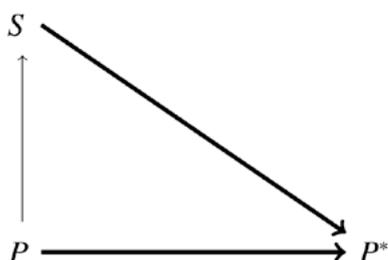


Fig. 3 Esempio 2 di sovra-determinazione: S causa P^* (Wilson 2019, 58)

Per superare il problema della sovradeterminazione causale esistono diverse strategie, ognuna delle quali coincide con il rifiuto di una o più premesse della lista: secondo Wilson, il dualismo rifiuta la dipendenza (premessa 1), l'eliminativismo rifiuta la realtà (premessa 2), l'epifenomenalismo l'efficacia (premessa 3) e il fisicalismo riduzionista l'autonomia (premessa 4). Tutte queste strategie riescono a preservare gli ultimi due principi, ma allo stesso tempo indeboliscono l'autonomia ontologica delle (entità delle) scienze speciali. La strategia di Wilson consiste, quindi, nell'accettare le prime quattro premesse rinunciando a uno dei due principi. Da un lato, nel caso dell'emergenza metafisica forte, viene rifiutata la chiusura causale del mondo fisico (5) poiché viene ammessa l'emergenza, a livelli superiori, di nuove proprietà fondamentali distintamente efficaci. Nel caso dell'emergenza metafisica debole, invece, viene rifiutato il requisito della non sovradeterminazione (6) poiché si assume l'identità dei poteri di livello superiore con (un sottoinsieme proprio di) poteri di livello inferiore. Nel caso dell'emergenza debole, pur ammettendo questa relazione di identità di occorrenza, i diversi profili causali delle caratteristiche di livello superiore e inferiore consentono una distinzione ontologica e causale delle entità delle scienze speciali (rispetto alle entità fondamentali esse sarebbero entità diverse, pur esercitando gli stessi poteri). In altre parole, c'è identità fra poteri e questa identità implica una relazione di realizzazione tra i due set di caratteristiche, il che chiarisce che ciò che potrebbe sembrare un caso di sovradeterminazione in realtà non lo è.

Per concludere, un'ultima considerazione: il rifiuto della premessa della chiusura causale del mondo fisico (5) implica che l'emergenza metafisica forte è incompatibile con il fisicalismo, ma l'identità di occorrenza prodotta dal soddisfacimento della *Condizione del sottoinsieme proprio di poteri* non compromette la compatibilità di fisicalismo ed emergenza metafisica debole.

V. Conclusioni: criteri per l'emergenza

Quanto esposto finora evidenzia tre criteri che, sebbene declinati in forme diverse, compaiono con costanza nella letteratura sull'emergenza: **33**

7. Abbiamo definito *irriducibilità ontologica* il primo di questi criteri: esso oppone all'emergentismo ontologico il riduzionismo ontologico ed è un criterio essenziale in molti modelli di emergenza. Come abbiamo visto nel secondo paragrafo, data la connessione tra la comparsa dell'emergenza e il fallimento del Fisicalismo Atomistico Generativo, irriducibilità e decomponibilità sono centrali nelle descrizioni di Paul Humphreys e lo stesso si può dire di Carl Gillett secondo cui si ha emergenza quando la Visione Semplice dell'Aggregazione e, conseguentemente, il Fisicalismo Fondamentalista si rivelano inadeguati. Questo avviene in quei casi in cui gli aggregati collettivi, più che dipendere dalle proprietà intrinseche delle parti da cui sono costituiti, esercitano poteri *differenziali* che derivano dal fatto che le parti costituenti dell'intero sono coinvolte in certe configurazioni e relazioni strutturali. In Gillett, la Visione Condizionata dell'Aggregazione attribuisce determinatività alle relazioni e alla struttura degli aggregati, e questo tipo di unione complessa rende impossibile la riduzione ontologica

33 Vedi anche Gibb, Hendry & Lancaster (2019, 1): «To claim that a thing is emergent involves asserting something about the relationship between that thing and its more fundamental parts. For instance, although a thing is dependent on its parts [...], it is also novel with respect to them; it is something new and distinct. [...] Another way of describing emergence is as a failure of reduction. Reduction implies that some relatively complex phenomenon can be explained in terms of some simpler phenomenon».

consentendo invece la comparsa di fenomeni emergenti. In Wilson, infine, la validità del fiscalismo riduzionista è esclusa dall'autonomia causale dei fenomeni emergenti che mostrano nuovi poteri fondamentali, nel caso dell'Emergenza Forte, o nuovi profili causali, nel caso dell'Emergenza Debole.

8. Il secondo dei tre criteri menzionati è una versione *epistemologica* del primo ed è un criterio che troviamo nei primi autori che hanno formulato la teoria delle proprietà emergenti, vale a dire Mill e Lewes (ma anche C.D. Broad). Questo criterio enfatizza l'impossibilità di spiegare, prevedere e dedurre esaustivamente la natura di un'entità, proprietà o potere emergente a partire dalla sola conoscenza dei suoi componenti di base. Come abbiamo visto, anche autori recenti, come appunto Humphreys e Gillett, elaborano dei modelli di emergenza in termini epistemologici simili quando parlano, rispettivamente, di emergenza inferenziale, concettuale e D-Emergenza. È tuttavia necessaria una considerazione. Molte fra le formulazioni citate di criteri epistemologici per l'emergenza sono, per l'appunto, soltanto criteri. I modelli di emergenza di Mill e Broad, ad esempio, hanno una portata metafisica poiché vogliono descrivere la struttura della realtà e non la nostra conoscenza di essa: per *identificare* i processi emergenti scelgono però di concentrarsi su indicatori epistemologici. Vale la pena notare, quindi, che l'adozione di criteri epistemologici non esclude un impegno ontologico nei confronti dei fenomeni emergenti, riducendoli a processi che semplicemente non possiamo spiegare. Il criterio dell'irriducibilità epistemologica può (e dove) essere integrato da altri criteri, in modo da fornire una comprensione più accurata dell'emergenza.
9. Infine, il terzo criterio è quello della *novità*. Nella visione comune, le proprietà emergenti sono proprietà che presentano nuove caratteristiche non possedute dalle loro parti costituenti. Questa novità, tuttavia, può essere definita in diversi modi. Alle origini del dibattito sull'emergenza, la novità (e, di conseguenza, l'emergenza ontologica) era correlata alla non linearità,³⁴ ma, negli ultimi decenni, le scienze della complessità hanno evidenziato che molti sistemi complessi che esibiscono un comportamento non lineare sono perfettamente deterministici e non sembrano introdurre in natura alcuna proprietà nuova. Altri Emergentisti Britannici – Samuel Alexander e C.D. Broad – caratterizzano la novità come *fondamentalità* – e questa è l'interpretazione data anche da Jessica Wilson, che si richiama per l'appunto ad Alexander. Quest'ultimo, in *Space, Time and Deity*, scrive: «The existence of emergent qualities [...] is something to be noted [...] under the compulsion of brute empirical fact, or, as I would prefer to say in less harsh terms, to be accepted with the 'natural piety' of the investigator» (1920, 46-47). E la stessa espressione (*fatti bruti*) viene usata da Broad: «there are certain ultimate differences in the material world which must just be accepted as brute facts». In questi autori, quindi, quando si parla di novità si parla di fatti ontologicamente *primitivi* che non possono essere ulteriormente spiegati ma soltanto accettati e questa accettazione impone al filosofo un compito metafisico rilevante: elaborare una metafisica in grado di accomodare i nuovi fenomeni emergenti e le

³⁴ La differenza fra effetti omopatici ed eteropatici teorizzata da Mill si può tradurre, per esempio, in una differenza fra effetti lineari, sommati vettorialmente, ed effetti complessi non lineari.

loro nuove proprietà.

Un'ulteriore alternativa a questa interpretazione della novità è quella fornita da Humphreys, per il quale, diversamente da quanto detto finora, un'entità è sempre nuova *rispetto a un certo dominio*. Per Humphreys la novità è quindi una proprietà relazionale che un fenomeno possiede quando non risulta compreso in un certo dominio di fenomeni definiti in base a determinati criteri relazionali o nomologici e la definizione di questi criteri è necessaria per chiarire la novità in questione: una novità che non è mai assoluta né fondamentale.

Se elaborare dei modelli soddisfacenti di emergenza è dunque un'impresa ardua, identificarne dei criteri chiari è altrettanto complicato e questo non vale soltanto per il criterio della novità, che è chiaramente definibile in maniere diverse, ma anche per i primi due criteri, basti pensare ai numerosi modelli di riduzione ontologica e inter-teorica che la letteratura filosofica ha prodotto: ³⁵ a seconda del modello di riduzione a cui l'emergenza viene opposta, essa assume connotati differenti. I tre criteri descritti riescono quindi a cogliere aspetti significativi dei fenomeni emergenti, ma ulteriori chiarimenti sono necessari dato che, di fatto, ciascuno di essi poggia su ulteriori e rilevanti questioni teoriche come quelle che riguardano, per esempio, la definizione del riduzionismo, del fysicalismo e della fundamentalità.

³⁵ Cfr. Nagel (1949, 1961), Nickles (1973), Batterman (2001), Schaffner (2006), Chibbaro, Rondoni & Vulpiani (2014).

Bibliografia

- Alexander, S. (1920). *Space, Time, and Deity*. London: Macmillan.
- Anderson, P.W. (1972). More is Different. *Science* 177, 393-396.
- Bain, J. (2013). The emergence of spacetime in condensed matter approaches to quantum gravity. *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, 44:338-345, 2013.
- Batterman, R.W. (2001). *The devil in the details: Asymptotic reasoning in explanation, reduction, and emergence*. Oxford: Oxford University Press.
- Bedau, M.A. (1997). Weak Emergence. *Philosophical Perspectives*, 11, 375-399.
- Id. (2002). Downward causation and the autonomy of weak emergence. *Principia: an international journal of epistemology*, 6(1), 5-50.
- Bedau, M.A. & Humphreys, P. (2008). *Emergence: Contemporary readings in philosophy and science*. Cambridge: The MIT Press.
- Broad, C.D. (1925), *The Mind and Its Place in Nature*. London: Kegan Paul.
- Butterfield, J. (2011). Emergence, reduction and supervenience: A varied landscape. *Foundations of Physics*, 41:920-959, 2011.
- Chalmers, D.J. (2006). Strong and weak emergence. In P. Clayton & P. Davies (2006). *The re-emergence of emergence* (244-256). New York: Oxford University Press.
- Chibbaro, S., Rondoni, L. & Vulpiani, A. (2014). *Reductionism, emergence and levels of reality*. Berlin: Springer.
- Crowther, K. (2013). Emergent spacetime according to effective field theory: From top-down and bottom-up. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 44(3), 321-328.
- Id. (2016). Effective spacetime: *Understanding emergence in effective field theory and quantum gravity*. Berlin: Springer.
- Cucker, F. & Smale, S. (2007). Emergent behavior in flocks. *IEEE Transactions on automatic control*, 52(5), 852-862.
- Dyke, C. 1988: *The Evolutionary Dynamics of Complex Systems: A Study in Biological Complexity*. New York: Oxford University Press.
- Gibb, S., Hendry, R.F. & Lancaster, T. (a cura di) (2019) *The Routledge Handbook of Emergence*. Abingdon: Routledge.
- Gillett, C. (2016). *Reduction and emergence in science and philosophy*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Grassé, P. P. (1959). La reconstruction du nid et les coordinations interindividuelles chez *Bellicositermes natalensis* et *Cubitermes* sp. La theorie de la stigmergie: Essai d'interpretation du comportement des termites constructeurs. *Insectes Sociaux*, 6(1), 41-83.
- Guay, A. & Sartenaer, O. (2016). A new look at emergence. Or when after is different. *European Journal for Philosophy of Science*, 6(2), 297-322.
- Hu, B. (2009). Emergent/quantum gravity: Macro/micro structures of spacetime. *Journal of Physics: Conference Series*, 174, 012015.
- Humphreys, P. (1997b). How properties emerge. *Philosophy of science*, 64(1), 1-17.
- Id. (2016b). *Emergence. A Philosophical Account*. New York: Oxford University Press.
- Hüttemann, A. (2004). *What's wrong with microphysicalism?*. London: Routledge.
- Id. (2005). Explanation, emergence, and quantum entanglement. *Philosophy of science*, 72(1), 114-127.
- Kim, J. (1984). Epiphenomenal and Supervenient Causation'. *Midwest Studies in Philosophy IX: Causation and Causal Theories*, 257-270.

- Id. (1993). *Supervenience and Mind: Selected Philosophical Essays*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Id. (1998). *Mind in a Physical World*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Id. (1999). Making sense of emergence. *Philosophical studies*, 95(1-2), 3-36.
- Kronz, F. & Tiehen, J. (2002). Emergence and Quantum Mechanics, *Philosophy of Science* 69: 324-347.
- Ladyman, J. & Ross, D. (2010). *Every thing must go: Metaphysics naturalized*. Oxford: Oxford University Press.
- Landsberg, P.T. (1999). *Seeking ultimates: An intuitive guide to physics*. Boca Raton: CPC Press.
- Laughlin, R.B. & Pines, D. (2000). The theory of everything. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(1), 28-31.
- Laughlin, R.B. (2008). *A different universe: Reinventing physics from the bottom down*. New York: Basic books.
- Lewes, G.H. (1877). *Problems of life and mind*. Second series, or *The Physical Basis of Mind*. London: Trübner & Company.
- Lewis, D. (1987). *Philosophical Papers*. Volume II, Oxford: Oxford University Press.
- Luisi, P.L. (2002). Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence. *Foundations of Chemistry* 4: 183-200.
- Manafu, A. (2014). Concepts of Emergence in Chemistry. In J.P. Llored (a cura di.) *The philosophy of chemistry: practices, methodologies, and concepts* (659-674). Cambridge: Cambridge Scholars Publishing.
- Mattingly, J. (2013). Emergence of spacetime in stochastic gravity. *Studies in History and Philosophy of Science Part B: Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 44(3), 329-337.
- McIntyre, L. (1998). Complexity: A philosopher's reflections. *Complexity*, 3, 26-32.
- McLaughlin, B.P. (1992). The rise and fall of British Emergentism. In A. Beckerman, H. Flohr & J. Kim (a cura di), *Emergence or reduction? Essays on the prospects of nonreductive physicalism* (49-93). Berlin: Walter de Gruyter.
- Id. (1997). Emergence and supervenience. *Intellectica*, 25, 25-43.
- Merricks, T. (2001). *Objects and Persons*. Oxford: Clarendon Press.
- Mill, J. S. (1844). *A system of logic, ratiocinative and inductive: Being a connected view of the principles of evidence and the methods of scientific investigation*. London: John Parker, West Strand.
- Mitchell, M. (2011). *Complexity: a guided tour*. New York: Oxford University Press.
- Morgan, C.L. (1913). *Spencer's Philosophy of Science*. Oxford: Clarendon Press.
- Nagel, E. (1949). The meaning of reduction in the natural sciences. In R. P. Stauffer (a cura di) *Science and civilization* (97-135). Madison: Wisconsin UP.
- Id. (1961). *The structure of science: Problems in the logic of scientific explanation*. New York: Harcourt, Brace & World.
- Newmann, D.V. (1996). Emergence and strange attractors. *Philosophy of Science*, 63, 245-261.
- Nickles, T. (1973). Two concepts of intertheoretic reduction. *The Journal of Philosophy*, 70(7), 181-201.
- Nicolis, S. & Deneubourg, J. (1999). Emerging Patterns and Food Recruitment in Ants: an Analytical Study. *Journal of Theoretical Biology*, 198(4), 575-592.
- O'Connor, T. (1994). Emergent properties. *American Philosophical Quarterly*, 31:91-104.
- Pavarini, E., Koch, E. & Schollwöck, U. (a cura di). (2013). *Emergent Phenomena in Correlated Matter: Autumn School Organized by the Forschungszentrum*

Jülich and the German Research School for Simulation Sciences at Forschungszentrum Jülich 23-27 September 2013; Lecture Notes of the Autumn School Correlated Electrons 2013 (Vol. 3). Forschungszentrum Jülich.

- Pettit, P. (1993). A definition of physicalism. *Analysis*, 53(4), 213-223.
- Pines, D. (2000). Quantum protectorates in the cuprate superconductors. *Physica C: Superconductivity* (341-348), 59-62.
- Sartenaer, O. (2018). Flat Emergence. *Pacific Philosophical Quarterly*, 99, 225-250.
- Scerri, E. (2008). Reduction and Emergence in Chemistry - Two Recent Approaches. *Collected Papers on Philosophy of Chemistry*, 71-88.
- Schaffner, K.F. (2006). Reduction: the Cheshire cat problem and a return to roots. *Synthese*, 151(3), 377-402.
- Silberstein, M. & McGeever, J. (1999). The search for ontological emergence. *The Philosophical Quarterly*, 49(195), 201-214.
- Theraulaz, G. & Bonabeau, E. (1999). A Brief History of Stigmergy. *Artificial life*. 5, 97-116.
- van Inwagen, P. (1990). *Material Beings*. Ithaca, New York: Cornell University Press.
- Wilson, J. (in corso di stampa). *Metaphysical Emergence*. Oxford: Oxford University Press.
- Zhang, S. (2004). To see a world in a grain of sand. In J.D. Barrow, P.C.W. Davies & C.L. Harper (a cura di) *Science and ultimate reality: quantum theory, cosmology, and complexity* (667-690). Cambridge: Cambridge University Press.