

Emergencia y Reducción en Física

Patricia Palacios

Munich Center for Mathematical Philosophy

Universidad de Buenos Aires

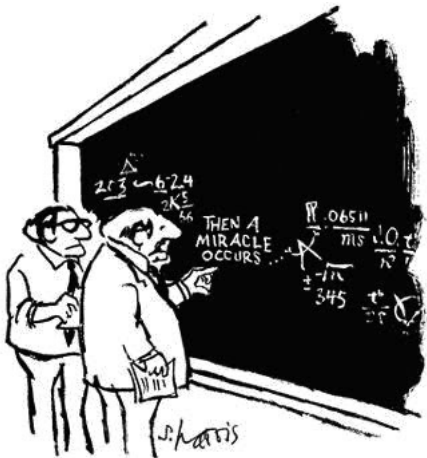
6 de Octubre, 2016

Contenidos

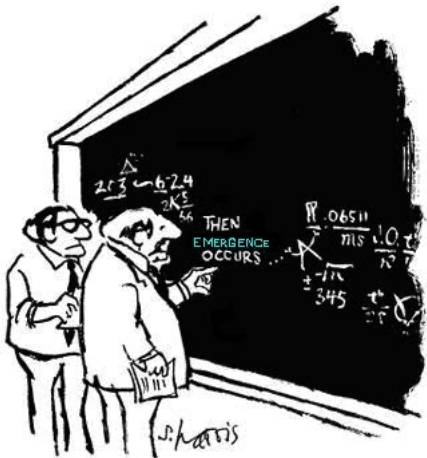
- 1 Conceptos Preliminares
Tipos de Emergencia
- 2 Emergencia y Reducción en Física
Casos Paradigmáticos de Reducción
Casos Problemáticos
- 3 Reduccionismo modificado
Reduccionismo modificado
Discusión

Contenidos

- 1 Conceptos Preliminares
Tipos de Emergencia
- 2 Emergencia y Reducción en Física
Casos Paradigmáticos de Reducción
Casos Problemáticos
- 3 Reduccionismo modificado
Reduccionismo modificado
Discusión

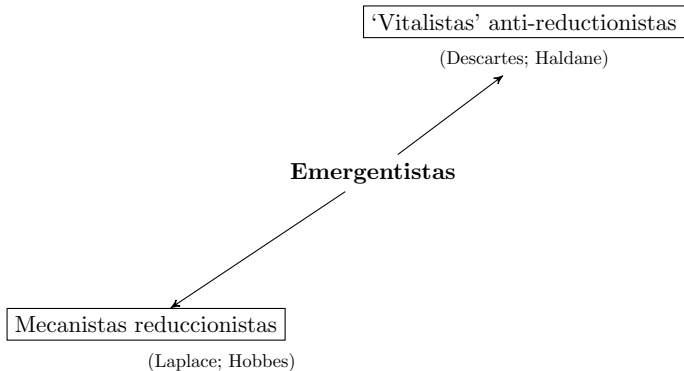


"I think you should be more explicit here in step two."



"I think you should be more explicit here in step two."

Emergencia como posición intermedia (S. XIX)



¿Cuál es la idea central de la emergencia?

- Los emergentistas rechazan la existencia de sustancias novedosas pero afirman - en cierto sentido - la existencia de propiedades o procesos irreducibles (O'Connor 2002).

¿Cuál es la idea central de la emergencia?

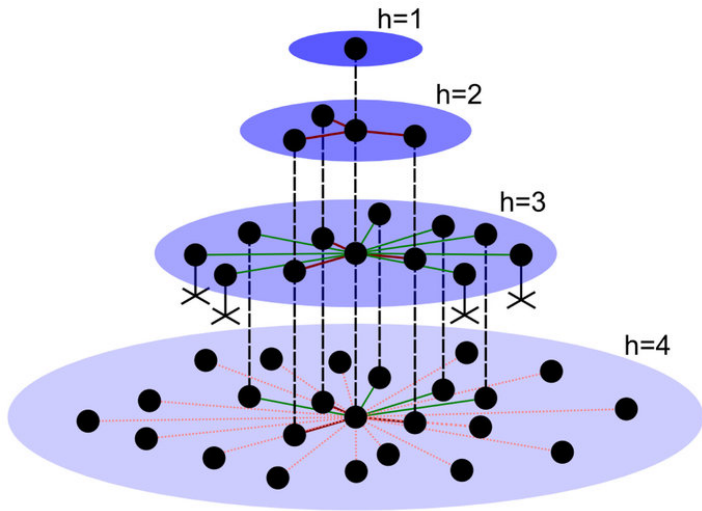
- Los emergentistas rechazan la existencia de sustancias novedosas pero afirman - en cierto sentido - la existencia de propiedades o procesos irreducibles (O'Connor 2002).
- P es una propiedad emergente si y sólo si “P es una propiedad global [o colectiva o no distributiva] de un sistema de clase K, ninguno de cuyos componentes o precursores posee P” (Bunge 2003)

¿Cuál es la idea central de la emergencia?

- Los emergentistas rechazan la existencia de sustancias novedosas pero afirman - en cierto sentido - la existencia de propiedades o procesos irreductibles (O'Connor 2002).
- P es una propiedad emergente si y sólo si “P es una propiedad global [o colectiva o no distributiva] de un sistema de clase K, ninguno de cuyos componentes o precursores posee P” (Bunge 2003)
- Emergencia es comportamiento que es novedoso y robusto con respecto a una clase de comparación. (Butterfield 2011, 4)

Propiedades de la emergencia

i. Visión jerárquica de la naturaleza



ii. Dependencia Ontológica

Mientras que puede que los compuestos no sean reducibles a sus constituyentes de nivel inferior, dependen ontológicamente de ellos. (O' Connor 2002)

iii. Primacía epistemológica

El comportamiento de niveles superiores se explica a partir del comportamiento de niveles inferiores y no a la inversa. (Sarkar 2015)

Emergencia en términos de superveniencia

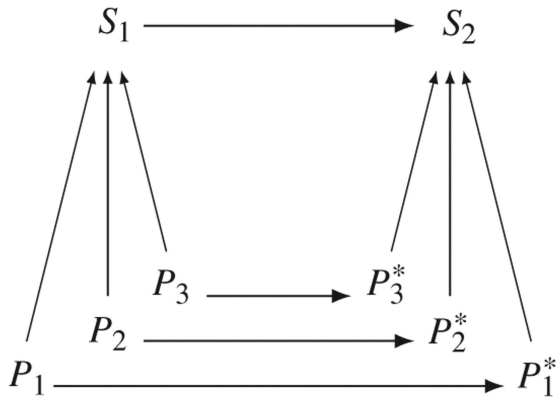
...las propiedades mentales supervienen sobre las propiedades físicas, en el sentido que las primeras “dependen” de las últimas, sin ser ellas mismas, sin embargo, propiedades de la materia (Moore, Davidson, Kim).

Emergencia en términos de superveniencia

...las propiedades mentales supervienen sobre las propiedades físicas, en el sentido que las primeras “dependen” de las últimas, sin ser ellas mismas, sin embargo, propiedades de la materia (Moore, Davidson, Kim).

Un conjunto de propiedades A superviene sobre otro conjunto de propiedades B sólo si no existen dos cosas que difieren con respecto a las propiedades A sin diferir con respecto a sus propiedades B.

Supervenencia



Tipos de Emergencia

Emergencia Ontológica (fuerte)

Los emergentistas ontológicos ven el mundo físico como constituido de estructuras físicas simples o complejas. Pero los compuestos no son la simple suma de los simples. Hay estratos escalonados, o niveles, de objetos, que aparecen al aumentar la complejidad. *La novedad que existe en los distintos niveles es de tipo fundamental.*

Aparición de novedad cualitativa (Bunge, 2002).

Nuevas leyes primitivas

Nuevas propiedades implican la necesidad de nuevas leyes primitivas que conecten las estructuras físicas complejas con las propiedades emergentes (O'Connor 2012).

Emergencia epistemológica (débil)

El concepto de emergencia es caracterizado estrictamente en términos de los límites del conocimiento humano acerca de los sistemas complejos. Para algunos teóricos la emergencia es una categoría epistemológica y no metafísica (Nagel 1961, Hempel 1965).

Emergencia epistemológica: Impredecibilidad a partir de niveles inferiores (Bunge 2002).

Generalizaciones legaliformes verdaderas

Hay generalizaciones legaliformes verdaderas. Estas generalizaciones no pueden ser reducidas, explicadas o predichas desde sus partes constituyentes.

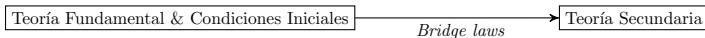
‘Emergencia Inter-teórica ’

Fracaso de reducción inter-teórica

Modelo Nageliano de reducción(1961)

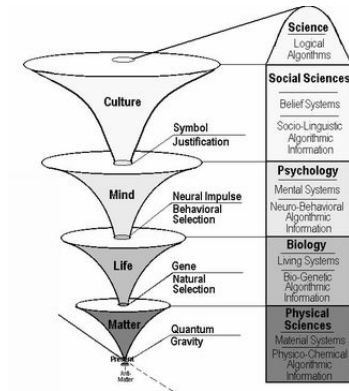
La reducción es un tipo de relación que se sostiene entre dos teorías si y sólo sí:

- 1 una de las teorías se deriva de la otra y
- 2 los términos en las dos teorías son idénticos o hay leyes puente que conectan ambas teorías.



(Reduccionismo)

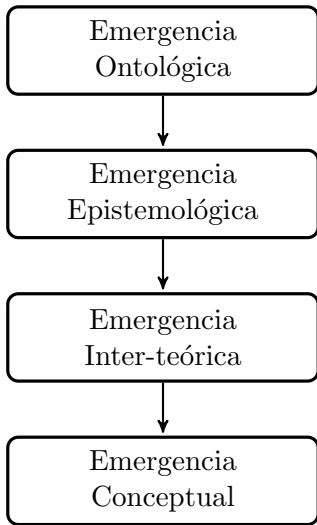
Todas las teorías verdaderas en las ciencias especiales se reducen a teorías físicas.



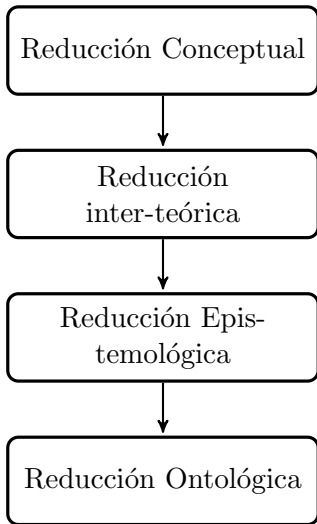
Emergencia Conceptual

- ① Hay una clase natural en la teoría de alto nivel que no puede igualarse a una clase natural singular en la teoría de nivel inferior. Involucra un fallo en la reducción tipo-tipo, pero no en la reducción token-token. (Menon & Callender 2011)
- ② Los patrones macroscópicos en cuestión no pueden ser capturados en términos de los conceptos y la dinámica de las leyes fundamentales. Involucra un fallo en la reducción tipo-tipo y token-token. (O' Connor 2002).

Jerarquía de Emergencia



Jerarquía de Reducción



Contenidos

- 1 Conceptos Preliminares
Tipos de Emergencia
- 2 Emergencia y Reducción en Física
Casos Paradigmáticos de Reducción
Casos Problemáticos
- 3 Reduccionismo modificado
Reduccionismo modificado
Discusión

Casos Paradigmáticos de Reducción

Reducción de las leyes de Newton a las leyes de Einstein

(i) Ley Fundamental: $p = \gamma mv = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} mv$

(ii) Condición Inicial: $\lim_{c \rightarrow \infty}$

(iii) **Ley Secundaria:** $p = \gamma mv = mv$

Ley Boyle-Charles a la teoría cinética de los gases

- (i) Ley Fundamental: $p = F A$
- (ii) Condiciones Iniciales: Todas las partículas en el gas son partículas puntuales que interactúan elásticamente; supuestos probabilísticos.
- (iii) Conclusión intermedia: $pV = \frac{2n}{3} \langle E_k \rangle$
- (iv) Ley puente: $T = \frac{2n}{3k} \langle E_k \rangle$

(v) **Ley Secundaria:** Ley Boyle-Charles $pV = kT$

A typical thesis of positivistic philosophy of science is that all true theories in the special sciences should reduce to physical theories in the long run. This is intended to be an empirical thesis, and part of the evidence which supports it is provided by such scientific successes as the molecular theory of heat and the physical explanation of the chemical bond (Fodor 1974).

Casos Problemáticos

Anderson: More is Different

4 August 1972, Volume 177, Number 4047

SCIENCE

More Is Different

Broken symmetry and the nature of the hierarchical structure of science.

P. W. Anderson

The reductionist hypothesis may still be a topic for controversy among philosophers, but among the great majority of active scientists I think it is accepted

ploration of phenomena in terms of known fundamental laws. As always, distinctions of this kind are not unambiguous, but they are clear in most cases. Solid state physics, plasma physics, and perhaps

less relevance they seem to have to the very real problems of the rest of science, much less to those of society. The constructionist hypothesis breaks down when confronted with the twin difficulties of scale and complexity. The behavior of large and complex aggregates of elementary particles, it turns out, is not to be understood in terms of a simple extrapolation of the properties of a few particles. Instead, at each level of complexity entirely new properties appear, and the understanding of the new behaviors requires research which I think is as fundamental in its nature as any other. That is, it seems to me that one may array the sciences roughly linearly in a hierarchy, according to the idea: The elementary entities of science X obey the laws of science Y.



Tesis principal

“The main fallacy [...] is that the reductionist hypothesis does not by any means imply a “constructionist” one. The ability to reduce everything to simple fundamental laws does not imply the ability to start from those laws and reconstruct the universe. (Anderson, 1972)”

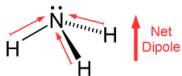
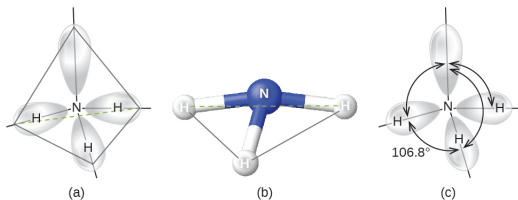
i. Complejidad

A cada nivel de complejidad aparecen nuevas propiedades y el entendimiento de este nuevo comportamiento requiere nuevas leyes, conceptos y generalizaciones.

i. Complejidad

A cada nivel de complejidad aparecen nuevas propiedades y el entendimiento de este nuevo comportamiento requiere nuevas leyes, conceptos y generalizaciones.

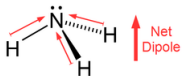
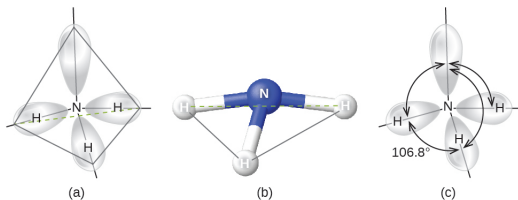
Molécula de Amoníaco



i. Complejidad

A cada nivel de complejidad aparecen nuevas propiedades y el entendimiento de este nuevo comportamiento requiere nuevas leyes, conceptos y generalizaciones.

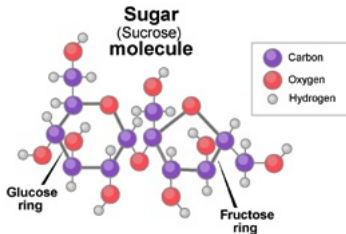
Molécula de Amoníaco



QM: Ningún estado estacionario tiene momento dipolar!

i. Complejidad

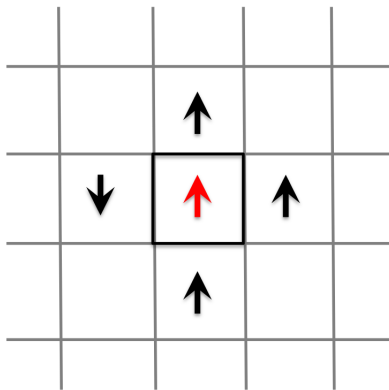
Molécula de azúcar



No se invierte espontáneamente en tiempo finito comparado con la edad del universo.

ii. Fracaso de las teorías de campo medio

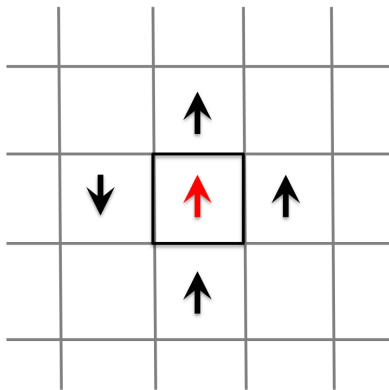
$$H = K \sum \sigma_i \sigma_j$$



$$M \sim |T - T_c|^\beta, \beta = 1/2$$

ii. Fracaso de las teorías de campo medio

$$H = K \sum \sigma_i \sigma_j$$



Experimentos

$$\beta = 1/3$$

$$M \sim |T - T_c|^\beta, \beta = 1/2$$

iii. Límites Singulares

Límites Singulares:

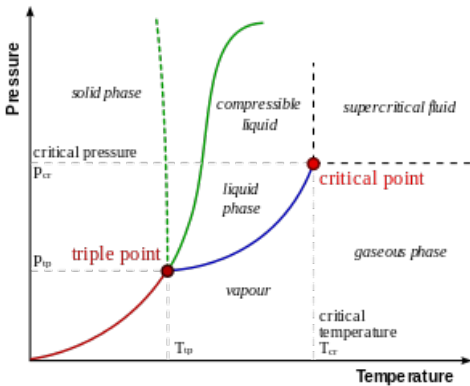
casos en los que hay (como entidad matemática) un sistema infinito (límite) σ_∞ , y las cantidades que se definen en ese sistema toman “nuevos” valores, i.e. valores distintos a los que se obtienen en sistemas finitos (o que se acercan al sistema límite).

$$\lim_{N \rightarrow \infty} T_f \neq T_s$$

a) Límite Termodinámico

Algunos fenómenos son rigurosamente definibles sólo en el límite termodinámico:

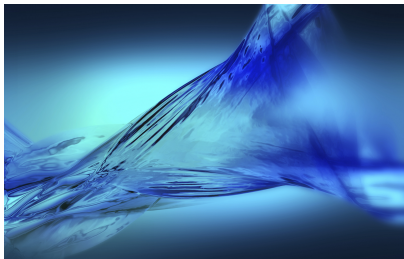
- La forma del núcleo atómico
- Superconductividad
- Transiciones de Fase



b) Otros casos

Batterman (2000, 2005, 2009)

- 1 óptica de rayos como límite de la óptica de ondas ;
- 2 mecánica clásica como límite de la mecánica cuántica;
- 3 hidrodinámica como límite de modelos moleculares



“Starting with the fundamental laws and a computer, we have to do two impossible things - solve a problem with infinitely many bodies, and then apply the result to a finite system - before we synthesized this behavior” (Anderson 1972)

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 (Anderson 1972).

Contenidos

- ① Conceptos Preliminares
Tipos de Emergencia
- ② Emergencia y Reducción en Física
Casos Paradigmáticos de Reducción
Casos Problemáticos
- ③ Reduccionismo modificado
Reduccionismo modificado
Discusión

Reduccionismo modificado

Emergencia es compatible con reducción

Butterfield (2011)

Emergencia “I take emergence as behaviour that is novel and robust relative to some comparison class”.

Clase de comparación

- Compuestos
- Comportamiento de los sistemas que se acercan al límite.

Reduction: I take reduction as, essentially, deduction; though usually aided by appropriate definitions or bridge-principles linking the two theories' vocabularies. This will be close to endorsing the traditional account of Nagel (1961).

Tesis principal

“The main idea will be to perform the reduction, i.e. deduction, after taking a limit of some parameter. Thus my first main claim, (1:Deduce), will be that in my four examples (and many others), we can deduce a novel and robust behaviour, by taking the limit $\lim_{N \rightarrow \infty}$ of a parameter N ”.

Dos sentidos de reducción

Norton (2014)

Uno necesita distinguir entre reducción inter-teórica y reducción de un sistema con muchos componentes a uno con pocos componentes.

Dos sentidos de reducción

Norton (2014)

Uno necesita distinguir entre reducción inter-teórica y reducción de un sistema con muchos componentes a uno con pocos componentes.

- Las transiciones de fase son un caso de reducción inter-teórica en el sentido Nageliano aumentado.

Dos sentidos de reducción

Norton (2014)

Uno necesita distinguir entre reducción inter-teórica y reducción de un sistema con muchos componentes a uno con pocos componentes.

- Las transiciones de fase son un caso de reducción inter-teórica en el sentido Nageliano aumentado.
- Las transiciones de fase son un fenómeno emergente cuando procedemos desde un sistema de pocos componentes hacia el nivel de descripción de muchos componentes.

Dos sentidos de reducción

Norton (2014)

Uno necesita distinguir entre reducción inter-teórica y reducción de un sistema con muchos componentes a uno con pocos componentes.

- Las transiciones de fase son un caso de reducción inter-teórica en el sentido Nageliano aumentado.
- Las transiciones de fase son un fenómeno emergente cuando procedemos desde un sistema de pocos componentes hacia el nivel de descripción de muchos componentes.



¿Por qué nos tenemos que comprometer con la reducción Nageliana?

Fletcher (2015), Palacios (201x), Fletcher (201x)

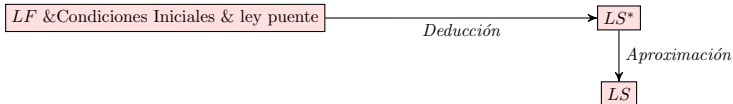
Los casos controversiales en física nos llevan a corregir/reemplazar el modelo Nageliano de reducción inter-teórica. En particular, nos llevan a considerar aproximación y novedad conceptual como elementos esenciales en la reducción de una teoría a la otra.

¿Por qué nos tenemos que comprometer con la reducción Nageliana?

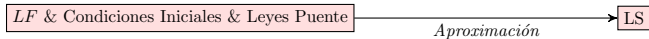
Modelo Nageliano



Modelo Nagel-Schaffner



?



Discusión

- 1 ¿Qué noción de reducción, si alguna, está en conflicto con los casos mencionados aquí ?
- 2 ¿Cuál es la relación entre idealización y reducción?
- 3 ¿Son las relaciones de límites realmente compatibles con la reducción Nageliana?
- 4 ¿Es la supuesta indispensabilidad de las idealizaciones compatible con reducción?