

La metafísica de la no-individualidad

Ensayo sobre la indiscernibilidad de los quanta

Décio Krause

**Departamento de Filosofía
Universidad Federal de Santa Catarina
Florianópolis, SC – Brasil**

www.cfh.ufsc.br/~dkrause

Buenos Aires, 4-8 Junio 2007



**Grupo de Lógica y Fundamentos de la Ciencia
UFSC/CNPq**

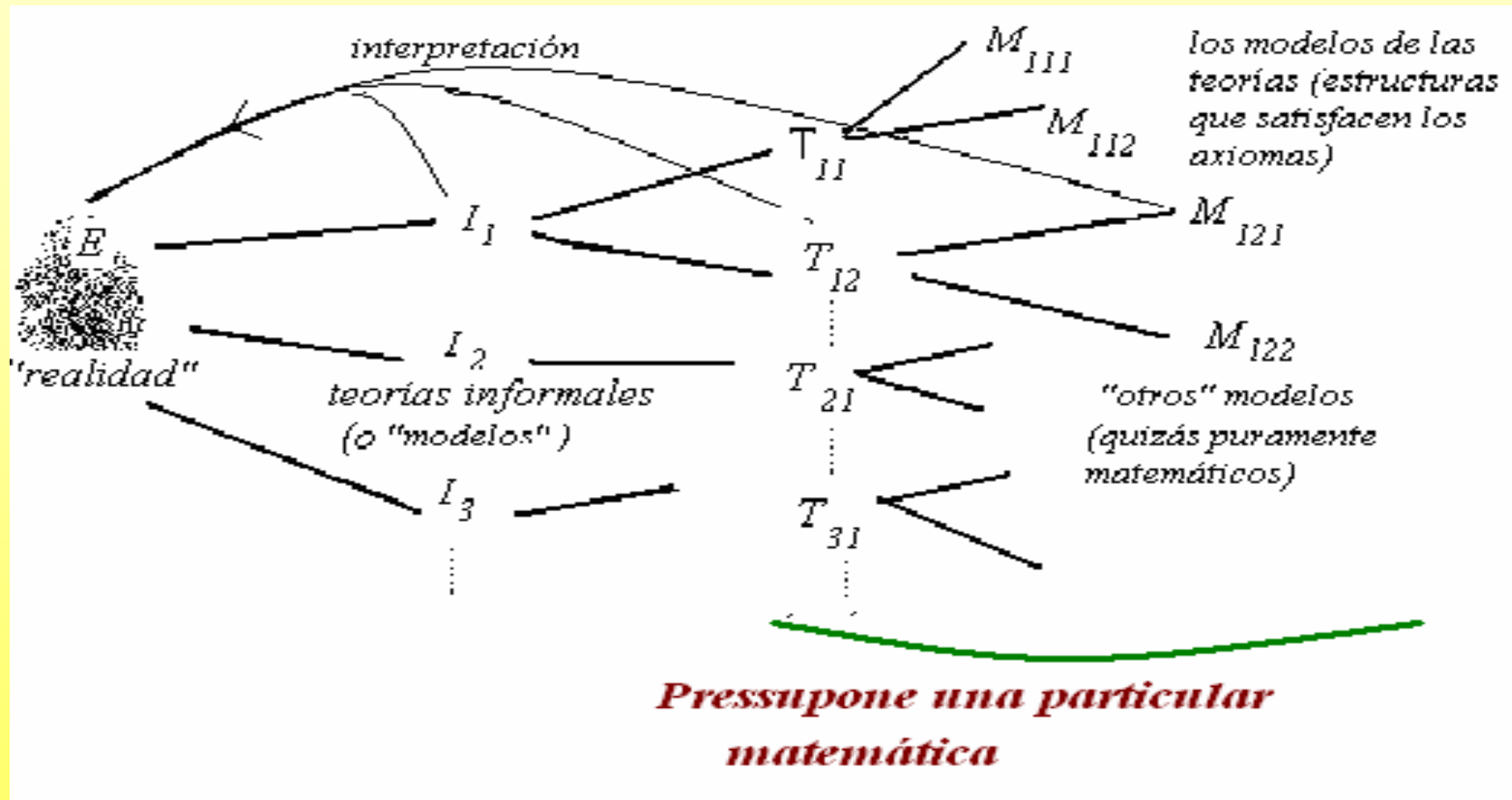


UFSC

- “La verdad, lo real, el universo, la vida — como queráis llamarlo — se quiebra en facetas innumerables, en vertientes sin cuento, cada una de las cuales da hacia un individuo. Si éste ha sabido ser fiel a su punto de vista, si ha resistido a la eterna seducción de cambiar su retina por otra imaginaria, lo que ve será un aspecto real del mundo. Y viceversa: cada hombre tiene una misión de verdad. Donde está mi pupila no está otra; lo que de la realidad ve mi pupila no lo ve otra. Somos insustituibles, somos necesarios (...). Dentro de la humanidad cada raza, dentro de cada raza cada individuo es un órgano de percepción distinto de todos los demás y como un tentáculo que llega a trozos de universo para los otros inasequibles. La realidad, pues, se ofrece en perspectivas individuales.”

**José Ortega y Gasset, *El Espectador, I*
(*Obras Completas*, vol. II, Alianza Editorial)**

Perspectivismo en la filosofía de la ciencia



“Ontología clásica” y “ontología cuántica”

- (Peter Mitterstaedt, Michael Redhead & Paul Teller, J. –M. Levy-Leblond, etc.)

- **O(C)**

- Esos objetos son *continuants*, o sea, tienen una individualidad que permite que sean identificados como siendo los mismos en tiempos posteriores a las primeras observaciones.
- Reichenbach: tienen *genidentity*, o identidad trans-temporal
- Pueden ser objetos de predicación, o sea, podemos atribuir propiedades a ellos.
- Son sujetos al Principio de Impenetrabilidad.
- Pueden recibir nombres, ser contados, ordenados, y hay una diferencia entre un objeto *a* tener una propiedad *A* y el objeto *b* tener una propiedad *B* y es opuesto (hay “designadores rígidos”)
- tienen individualidad (en sentido que veremos)
- Los objetos clásicos obedecen la teoría de la identidad de la lógica y de las matemáticas tradicionales.
- *Tienen identidad*
- Sus colecciones pueden ser vistas como *conjuntos* de las teorías usuales de conjuntos.

Los objetos cuánticos

- La concepción “corpuscular” cedió espacio a otras.
- La concepción de las teorías de campos: pero las partículas surgen de los campos por *abstracciones*.
- Mismo que siendo las *partículas* “excitaciones” de campos, el discurso es aún sobre “objetos cuánticos” o *entidades* de algún tipo (protones, electrones, fotones, ... partículas)

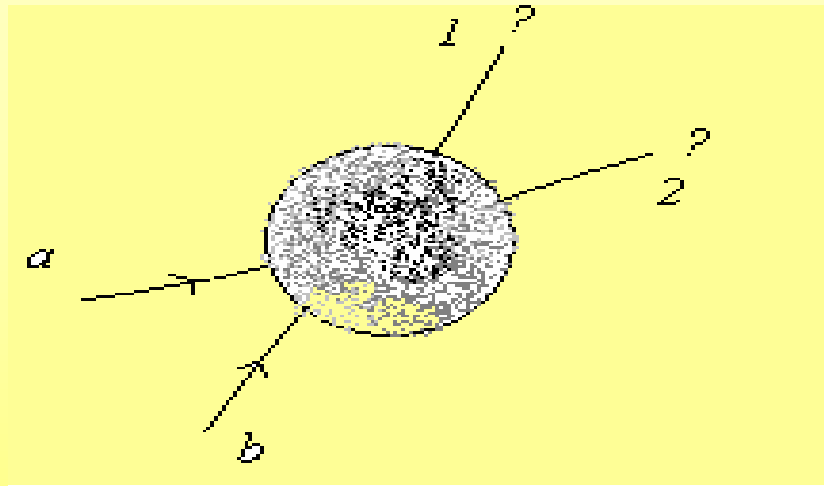
Un electrón emite un fotón.

“... las personas rechazan los objetos cuánticos porque ellos son diferentes, pero todo su argumento muestra que lo que **no hay** son cosas como los objetos clásicos en lo dominio cuántico, y no que no haya objetos cuánticos”

(S. Auyang, *How is Quantum Field Theory Possible*, PUP, 1995, p.6)

La “ontología cuántica”: O(Q)

- Los objetos cuánticos, en la mayor parte de las interpretaciones, **no son continuants**.



- Pueden ser, como los clásicos, objetos de predicación, o tener propiedades, como spin, masa o momento angular.
- Son **objetos nomológicos**, dados por las leyes físicas: ya vienen (dados por las teorías) “empaquetados” como objetos de cierto tipo (lógicas sortales).

O(Q)

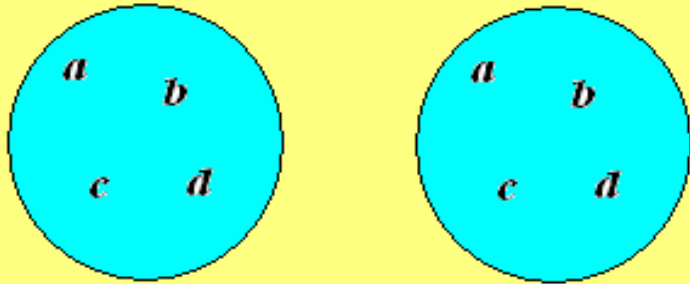
La individuación de esos objetos en ciertos momentos, o mismo cuando permanecen aprisionados por un cierto tiempo, son “fingidas”. El aprisionamiento no hace de ellos “individuos” (como veremos).

Como dice Toraldo di Francia, esas entidades presentan una *mock individuality*, que se pierde así que se misturan con otros quanta de misma especie.

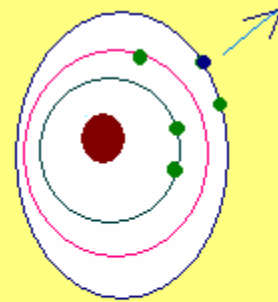
No hay nombres (“designadores rígidos”) en ese mundo.

Se son “indiscernibles”, pueden ser “permutados” sin que se altere la situación física. (Principio de la Indiscernibilidad)

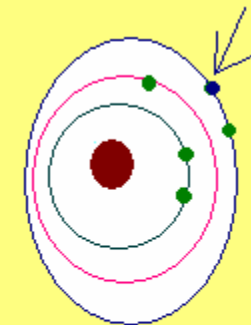
Conjuntos e colecciones de objetos físicos



Dos conjuntos son iguales si tienen los mismos elementos (Axioma de la Extensionalidad). Sus elementos son "individuos" en cierta acepción.



*Ionización
("perdida" de un
electrone)*



*Reabsorción de un
electrone*

- Roger Penrose: “se una partícula del cuerpo de una persona fué cambiado con una partícula de la pared de su casa, entonces nada ocurrió de facto.”
- (el Postulado de la Indiscernibilidad, PI: invarianza por permutaciones)

Consecuencias del PI

- 1. PI divide el relevante espacio de Hilbert en sub-espacios irreducibles que corresponden a diferentes tipos de simetría (B-E, F-D, para-estadísticas,...)
- Eses sub-espacios corresponden a representaciones irreducibles en el grupo de las permutaciones.
- 2. PI implica en restricciones en los observables a los cuales los operadores de permutación ciertamente no pertenecen, pues dan el mismo valor para indiscernibles.
- 1 implica que los objetos cuánticos pueden ser tratados como individuos a lo par con los correspondientes clásicos
- 2 origina la llamada *Received View* : los quanta son no-individuos (Heisenberg, Born, Weyl, Schrödinger, Cassirer, ...)
- *Steven French*: la física no nos permite decidir entre esas dos metafísicas posibles, pero no nos ayuda a decidir entre ellas.
- Hay entonces (por lo menos) dos *perspectivas* para se mirar los quanta
- Vamos dar atención a la perspectiva de los no-individuos.

No-Individuos

- La idea general de la individuación
- El senso común: personas, árboles, coches ... son *individuos*
- ¿En virtud de qué?
- Los podemos discernir de otros (mismo que similares): **discernibilidad** \Rightarrow **identidad**
- La idea de “separabilidad”, de Einstein: **objetos separados espacialmente tienen sus propios estados individuales: constituyen realidades físicas distintas.**
- ¿ Lo que hace con que nosotros los distingamos?
- Teorías de *Substratum*
- Teorías de “Pacotes de Propiedades” (*Bundle Theories*)

Dificultades

- **Teorías de Substratum:** algo para allá de las propiedades (*haecceities*, *primitive thisness*, ...)
- **Teorías de Pacotes:** enfrentar el Principio de la Identidad de los Indiscernibles (PII).
- ¿ Pueden haber dos individuos distintos con todas las mismas propiedades?
- Si le respuesta es **si**, violamos la lógica clásica.
- Si es **no**, ¿ porque no? (o substratum, o propiedades “privilegiadas”)
- Si hay propiedades relacionales simétricas ($R(x,y) \leftrightarrow R(y,x)$)
- Pero irreflexivas $\neg R(x,x)$
- Entonces, por la lógica de primer orden,
- $s=t \rightarrow \forall x(R(s,x) \leftrightarrow R(t,x))$
- Por tanto, si $R(s,t)$, entonces $(R(s,t) \leftrightarrow R(t,t))$ que es falsa pues R es irreflexiva.
- Luego, $\forall x(R(s,x) \leftrightarrow R(t,x)) \rightarrow s=t$ (PII) es verdadero.

La actitud usual

- **Primera actitud:** decir no a las teorías de *substratum* (simplificar la metafísica)
- **Segunda actitud:** estudiar la indiscernibilidad en contexto lógico y matemático y “contornear” el PII.
- ?Porque?
- **Por que la mecánica cuántica parece nos sugerir aceptar la indiscernibilidad**
- Las estadísticas cuánticas (Schrödinger: La mecánica cuántica nació en estadística y acabará en estadística”), la superposición, los BECs, etc.
- **Individualidad en Mecánica Clásica**
 - Los objetos pueden *siempre* ser discernidos por su localización espacio-temporal (Principio de Impenetrabilidad)
- **Individualidad en Mecánica Cuántica**
 - La diferencia entre los objetos “clásicos” y los objetos “cuánticos”: una breve historia de la no-individualidad

1900 Max Planck y su ley de radiación del cuerpo negro

- en un “acto de desespero” postulo que N objetos pueden quedar en P estados distintos de acuerdo con la formula

$$W = \frac{(N + P - 1)!}{N!(P - 1)!}$$

Que conduce en los 1920s a la estadística de Bose-Einstein

N=3, P=2

$$(N+P-1)! = 4! = 24$$

$$N! = 3! = 6$$

$$(P-1)! = 1! = 1$$

$$W = 24 / 6 \cdot 1 = 4$$

P ₁	P ₂
o o o	
	o o o
o o	o
o	o o

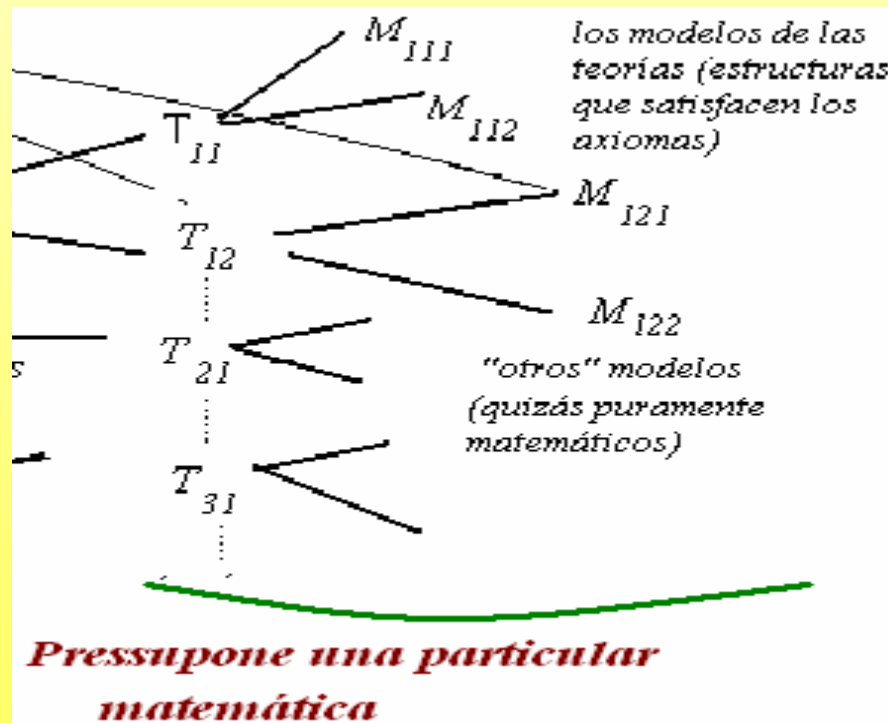
La “*Received View*”

- **Ehrenfest:** la hipótesis de Planck conduce a la indiscernibilidad de los quanta
- **Heisenberg:** la individualidad se perdió
- **Max Born (1943):** “si los fotones hubiesen sido tratados como partículas genuinas, teniendo individualidad, la ley de Planck no habría sido obtenida”
- **Hermann Weyl:** los quanta no son individuos
- **Schrödinger:** el concepto de identidad carece de sentido para esas entidades

Postulados de una teoría científica

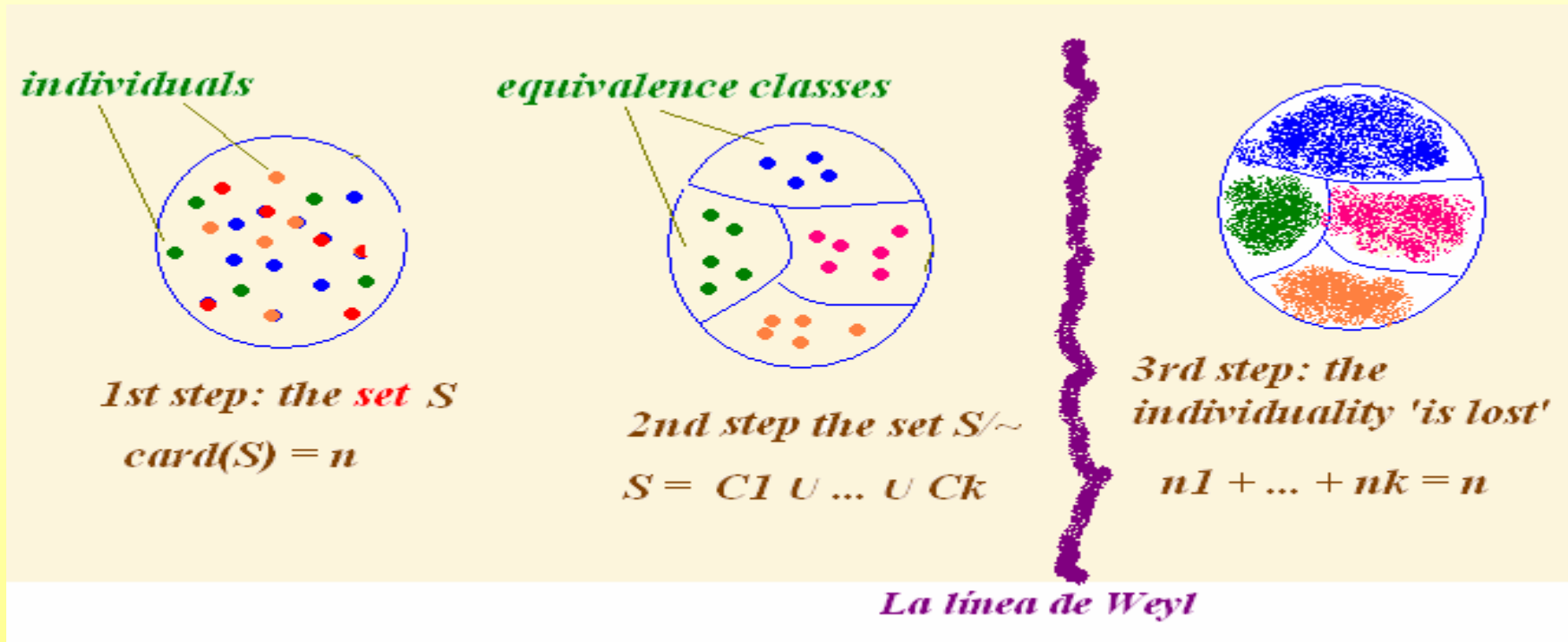
- 1-postulados “lógicos”
- 2-postulados “matemáticos”
- 3-postulados específicos

Un *modelo* para una teoría debe ser un modelo para todos los tres niveles de axiomas.



- Vamos a explorar la posibilidad de que los quanta puedan ser “verdaderamente” indiscernibles
- (es una de las perspectivas, o metafísicas posibles)
- Por ejemplo una colección de bosones, o un BEC.
- ¿Como **no** entrar en conflicto con la lógica y la matemática clásicas, que son “leibnizianas”?
 - Entran en acción los “postulados de simetría”

Herman Weyl y los agregados de individuos



- Parte-se de un conjunto S ($\text{card}(S) = n$) con una relación de equivalencia \sim
- Toma-se el conjunto cociente C/\sim
- Las clases de equivalencia son los “estados” posibles de los elementos de S
- Cada clase C_k tiene un cardinal n_k de suerte que $\sum n_k = n$
- Para Weyl, esa “descomposición ordenada” es lo que importa
- Empezando después de la **línea de Weyl**, ignoramos las dos primeras etapas.

El “truco cuántico”

Bose-Einstein		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>prob.</i>
••		1/3
	••	1/3
•	•	1/3

$$\Psi_{ab} = \Psi_A(a) \Psi_A(b)$$

$$\Psi_{ab} = \Psi_B(a) \Psi_B(b)$$

$$\Psi_{ab} = \Psi_A(a) \Psi_B(b) + \Psi_A(b) \Psi_B(a)$$

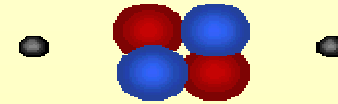
Permutaciones no son observables.

$$\langle \psi | Q | \psi \rangle = \langle P\psi | Q | P\psi \rangle$$

El Postulado de la Indistinguibilidad equivale a asumir la línea de Weyl.

- En el formalismo de la mecánica cuántica, dejamos la lógica y la matemática tradicionales intactas.
- Hacemos uso de la *línea de Weyl* para dar cuenta de la invarianza por permutaciones (escoja de vectores o funciones simétricos u ante-simétricos).

Un ejemplo

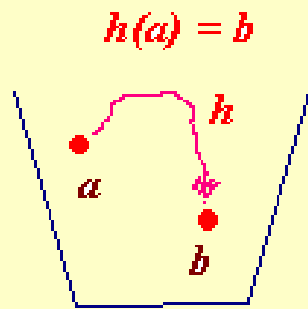


- El Hamiltoniano para el átomo de Helio: rotulamos las partículas y después hacemos uso de la línea de Weyl.

$$H = \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_1^2 - \frac{2e^2}{r_1} \right) + \left(-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla_2^2 - \frac{2e^2}{r_2} \right) = 2H_0 \quad (Z = 2).$$

- “The coordinates of the electrons are labeled 1 and 2 under the provisional assumption that the particles are in principle distinguishable. Of course, we know that this assumption is false but (...) with this assumption we can obtain the entire spectrum of the two-electron system.”
- (E. Merzbacher, *Quantum Mechanics*, 2nd. Ed., John Wiley, 1970, pp. 442-3)

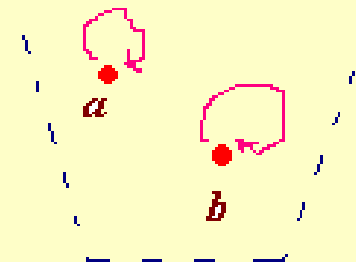
En las matemáticas ‘clásicas’, la indiscernibilidad de “elementos distintos” solamente puede existir relativamente a una dada estructura



E puede ser extendida a un estructura rígida.

$$E = \langle D, r_i \rangle$$

La estructura E tiene un grupo de automorfismos (funciones biyectivas que dejan invariantes las relaciones de E)

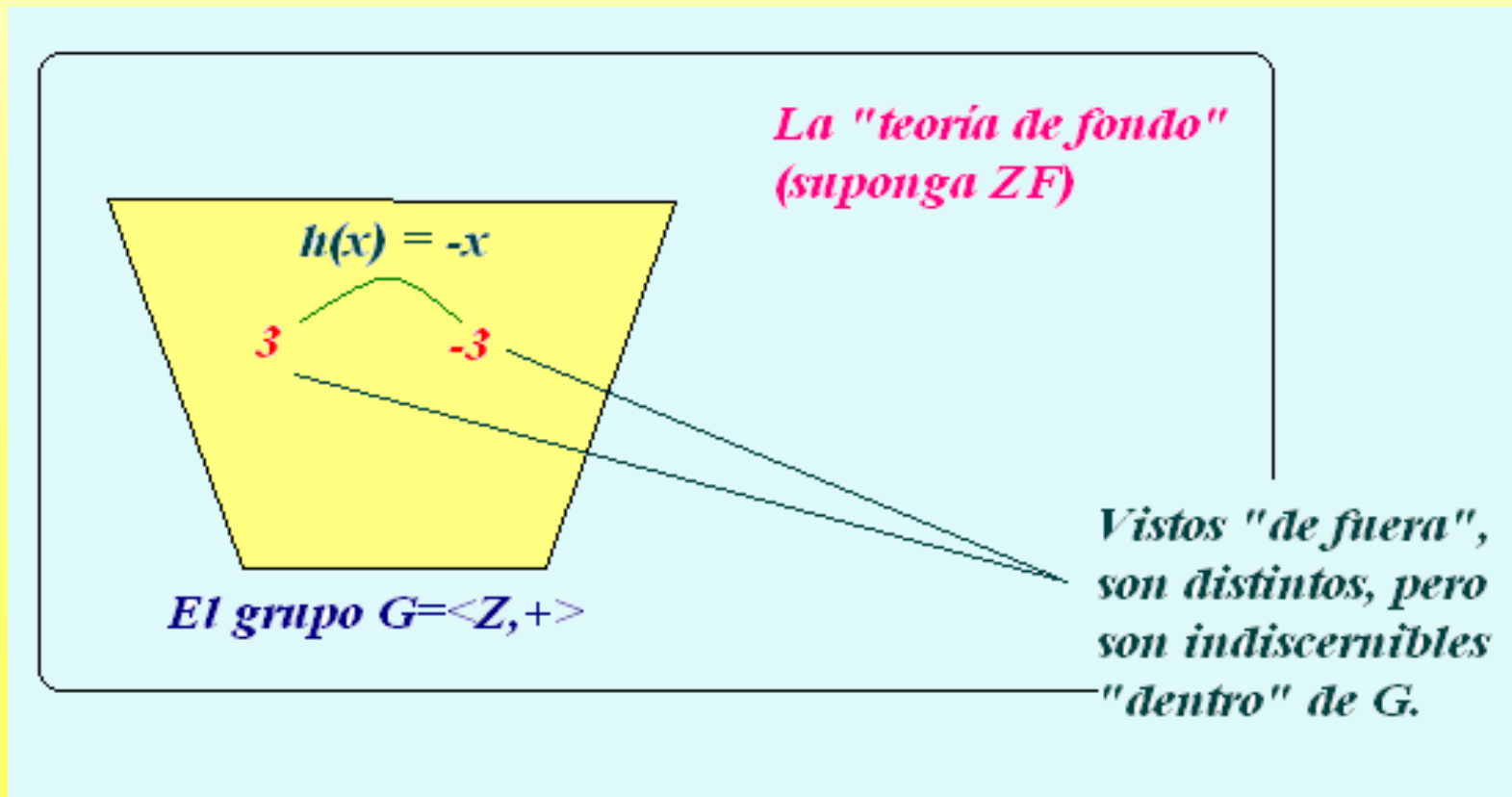


En la estructura rígida, el único automorfismo es la función identidad.

En la estructura rígida, se puede ver que los elementos de D son individuos.

El universo de la teoría de conjuntos

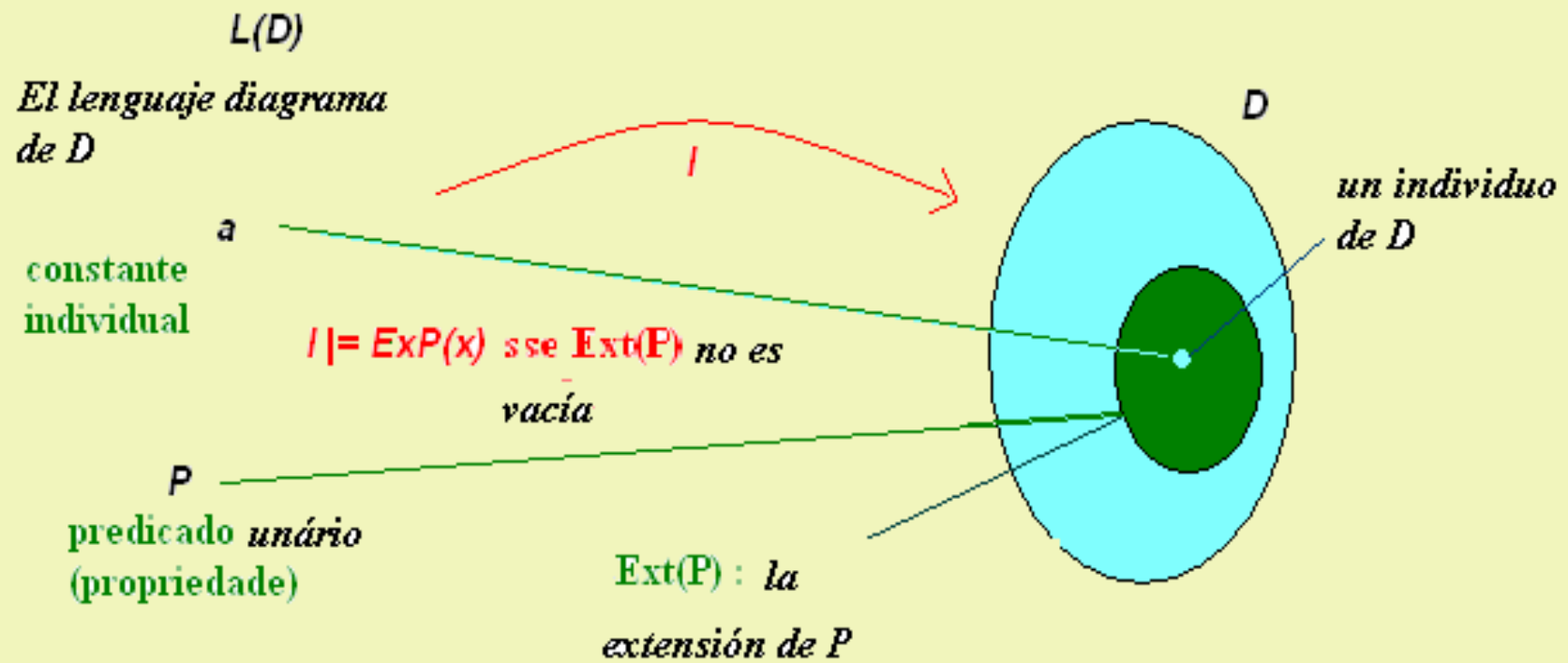
- **Ejemplo:** el grupo aditivo de los enteros, $G = \langle \mathbb{Z}, + \rangle$
- Los automorfismos de G :
 - la función identidad
 - la función “elemento opuesto”: $h(x) = -x$ De este punto de vista, 3 y -3 son indiscernibles en G .
- Pero, “vistos de fuera”, no lo son por cierto.



- Pero ese hecho aparentemente no interfiere en la física.
- Así, aceptar **la línea de Weyl** parece no ocasionar problemas para la física.
- Y de hecho parece cierto, porque la física funciona mucho bien.
- Así, ¿"que problemas pueden haber?

- En la lógica clásica, si $\exists xA(x)$ es “verdadero”, entonces *existe* un x tal que $A(x)$.
- Y ese x puede ser nombrado, identificado.
 - Es un individuo.
 - ¿Qué eso significa?
 - ¿Qué implicaciones tiene?

La semántica "clásica"



Eso todo es hecho en alguna metamatemática (en general, podemos suponer que es la teoría de conjuntos ZF)

Una supuesta “semántica cuántica”

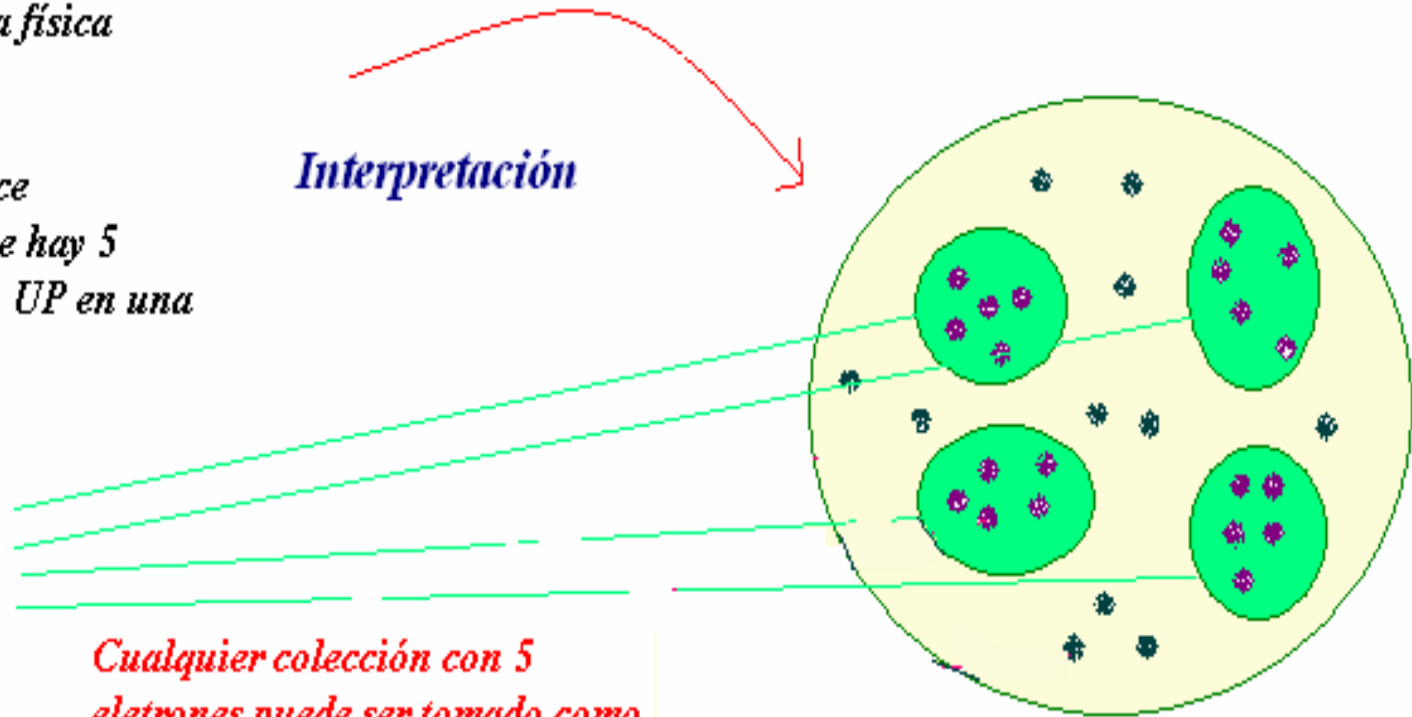
Suponga que hay un lenguaje para la física cuántica

El predicado F dice informalmente que hay 5 electrones con spin UP en una cierta dirección.

La extensión de F no queda bien definida

Cualquier colección con 5 electrones puede ser tomado como representando la extensión de F

Interpretación



*? Que estructuras son esas?
Donde son construidas?*

¿Podemos usar conjuntos borrosos?

Un conjunto borroso con 3 elementos



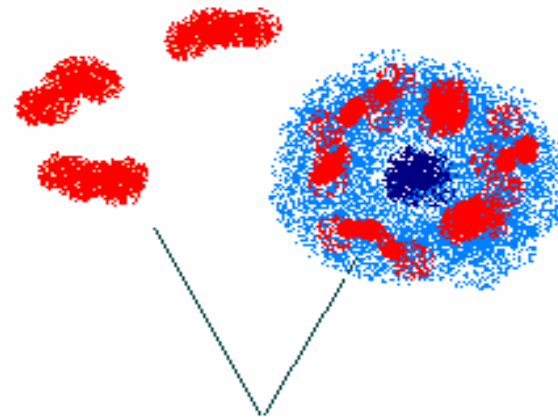
$$a \in^0 X$$

$$b \in^p X \quad 0 < p < 1$$

$$c \in^1 X$$

Si a y c son distintos, una permutación entre ellos altera la naturaleza del conjunto

Un "conjunto cuántico", como un átomo.



Entre indiscernibles, es indiferente cual de ellos pertenece a la colección; en una molécula de agua, hay dos átomos de H, pero no "átomos particulares".

- “Aprendemos a leer ‘ $\exists x$ ’ como ‘existe un x tal que’. Considerada como una frase del español, tiene conotación existencial. Así, puede parecer natural que ‘ $\exists x$ ’ también tenga.” (S. Lavine, *Synthese* 2000)
- Empiezan a surgir cuestiones de naturaleza lógica, como el uso de los cuantificadores.
- Y la semántica, y las características de un verdadero “lenguaje cuántico”.
- Eso tendrá importantes consecuencias en las cuestiones sobre el comprometimiento ontológico de las entidades cuánticas.

- Vimos que hay razones para se considerar la posibilidad de tratar los quanta como si fueses “objetos” sin individualidad.
- Eso independe de la naturaleza de esos “quanta”; pueden ser partículas o campos, o cuerdas, o otras cosas a las cuales las teorías cuánticas (en gran parte de las interpretaciones) se refieren.
- La no-individualidad de los campos debe ser entendida con cuidado:

- La frase de Glashow, p. 131
- Las implicaciones en física, y sobre como ese estudio no es meramente filosófico.

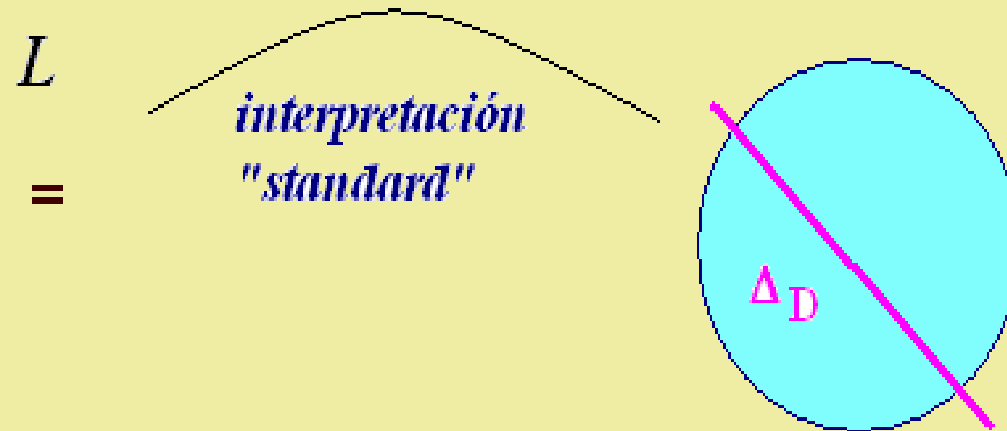
• Resumen

- Teniendo las matemáticas clásicas como base (construidas por ejemplo en ZF), que se basan en la lógica clásica (elemental o de orden superior), solamente podemos considerar indiscernibles relativamente a (en el interior de) una estructura (invarianza por los automorfismos de la estructura).
- **Yuri Manin (1976)**: debemos buscar axiomas para tratar las colecciones de quanta, que no forman “conjuntos” (como en las teorías de conjuntos usuales).
- **Dalla Chiara & Toraldo di Francia (1978,1993)**: la semántica de un “lenguaje cuántica” tendrá problemas con la indiscernibilidad, pues no la expresará adecuadamente: **las colecciones de quanta indiscernibles no son conjuntos en el sentido usual.**
- **Newton da Costa (1980)**: una semántica sensata para una lógica sin identidad no debería ser hecha en las teorías clásicas de conjuntos.
- **Heinz Post (1963)**: la indiscernibilidad de los objetos cuánticos debería ser asumida *right from the start*.

La teoría de la identidad de la lógica y de las matemáticas tradicionales

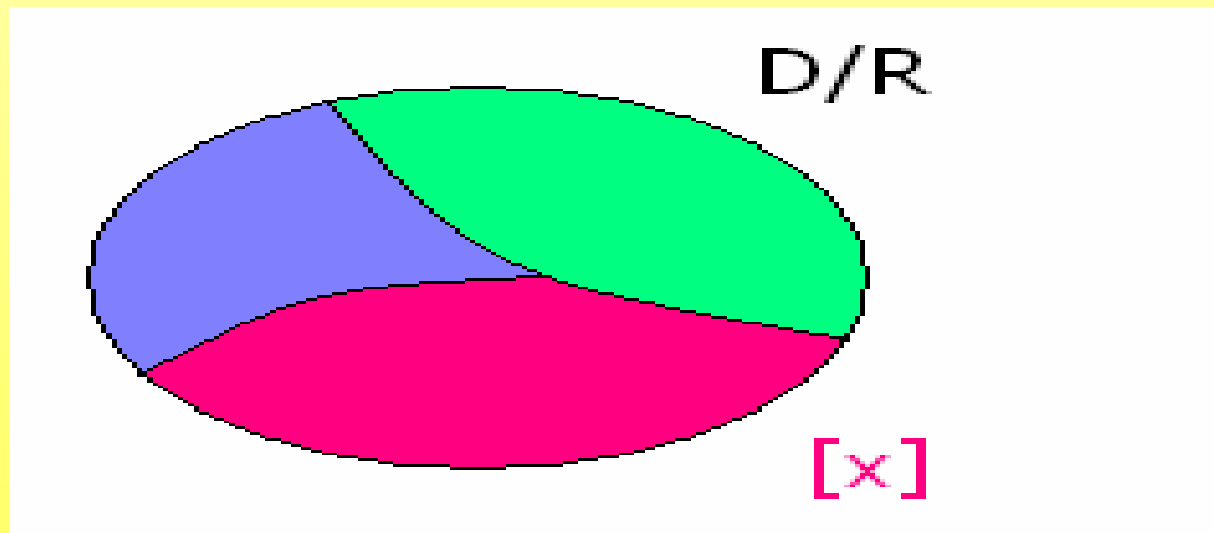
- **1. Teorías Elementales / Lógica elemental**
- a) la identidad (“=”) es un concepto primitivo
 - (Reflexividad) $\forall x (x=x)$
 - (Substitutividad) $\forall x \forall y (x=y \rightarrow (A(x) \leftrightarrow A(y)))$
- Teorema: a) (Simetría) $\forall x \forall y (x=y \rightarrow y=x)$
b) (Transitividad) $\forall x \forall y \forall z (x=y \wedge y=z \rightarrow x=z)$
La identidad es una congruencia.
(la más débil, la que está contenida en todas las otras)
- Semánticamente, la relación de identidad es intencionalmente interpretada (en los modelos *standard*) en la diagonal del dominio de aplicación, también llamado de *identidad* del dominio, o sea, en el conjunto $\Delta = \{\langle x,x \rangle : x \in D\}$, siendo D el dominio en cuestión.

La interpretación intencional de la identidad

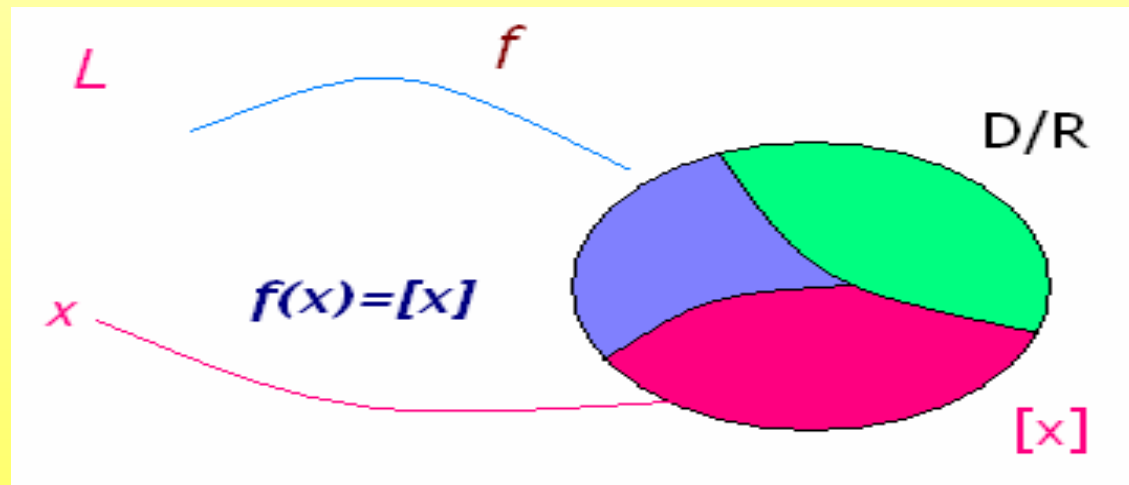


$$\Delta_D = \{ \langle x, x \rangle : x \text{ pertenece a } D \}$$

- Lo interesante es que los postulados (Refl) y (Subst), juntamente con los demás postulados de la lógica de primer orden, no son suficientes para asegurar que esa interpretación sea de facto realizada.
- Eso se ve del siguiente modo: suponga que R es una relación de equivalencia sobre el dominio D .
- Formemos entonces las clases de equivalencia de D relativamente a R , o sea, las colecciones $[x] = \{y \in D : xRy\}$, que como sabemos son disjuntas entre ellas (no tienen elementos en común, excepto si fueren la misma clase).

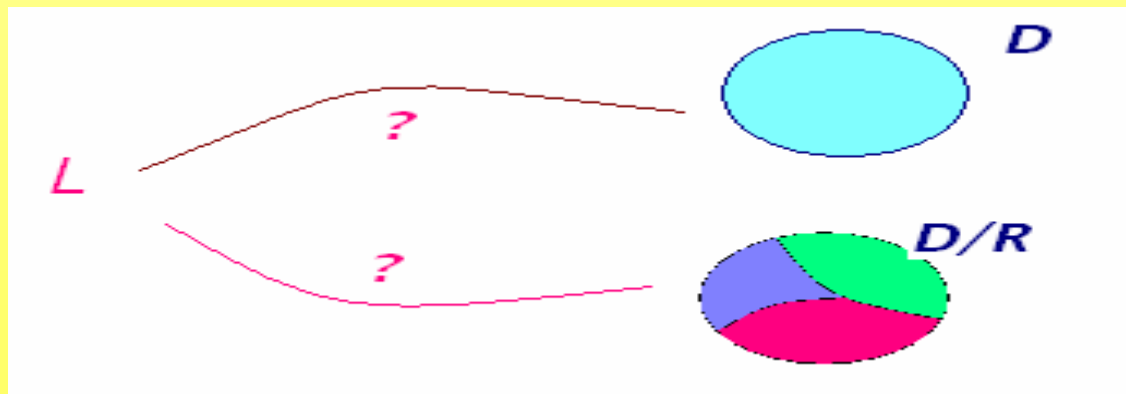


- Tomemos ahora el conjunto cociente D/R cuyos elementos son esas clases como el dominio de **otra interpretación** de nuestro lenguaje de primer orden.
- Definimos una aplicación $f: D \rightarrow D/R$ asociando a cada $x \in D$ la clase al cual el pertenece, o sea, $f(x) = [x]$.



- Entonces se puede mostrar sin dificultades que
- 1) $f(x) R_f(y)$ si y solamente si $x=y$
- 2) para todo predicado Q de peso n , que es interpretado en un subconjunto E de D^n , tenemos que
- $Q(x_1, \dots, x_n) \text{ si y solo si } \langle f(x_1), \dots, f(x_n) \rangle \in E.$

- A partir de ese resultado, se puede probar que las estructuras con dominios D y D/R son elementalmente equivalentes, lo que significa que toda fórmula que es verdadera en una interpretación, es verdadera en la otra.
- Diciendo en otras palabras, del punto de vista del lenguaje (o sea, de los postulados de la lógica de primera orden asta Refl y Subst), no podemos discernir entre las dos interpretaciones, y consecuentemente entre individuos de D e clases de equivalencia de elementos de D , o elementos de D/R , y entonces no sabemos de hablamos de individuos o de clases de individuos.



- Para especificar la diagonal de D precisamente, necesitamos de los lenguajes y lógicas de orden superior, en las cuales la identidad no necesita ser tomada como primitiva, pues puede ser definida
- Por ejemplo, medio de la Ley de Leibniz
- (Whitehead & Russell *Principia Mathematica*)

- **1. Teorías elementales (cont.)**

- b) la identidad (“=”) es un concepto definido: cuando hay una formula $C(x,y)$ tal que se pueda decir que $x=y \leftrightarrow C(x,y)$.

- En la teoría de conjuntos con átomos:

- $x=y \leftrightarrow \forall Z(Z \in X \leftrightarrow Z \in Y) \wedge \forall Z(X \in Z \leftrightarrow Y \in Z)$.

- **2. En las teorías de orden superior**

- $x = y \leftrightarrow \forall F (F(x) \leftrightarrow F(y))$ (Lei de Leibniz)

- $x = y \rightarrow \forall F (F(x) \leftrightarrow F(y))$ (Indiscernibilidad de los Idénticos)

- $\forall F (F(x) \leftrightarrow F(y)) \rightarrow x=y$ Identidad de los Indiscernibles)

- **De una forma o de otra, la lógica y las matemáticas tradicionales son “leibnizianas” : no hay entidades indiscernibles – los indiscernibles son *idénticos*, son “lo mismo” objeto.**

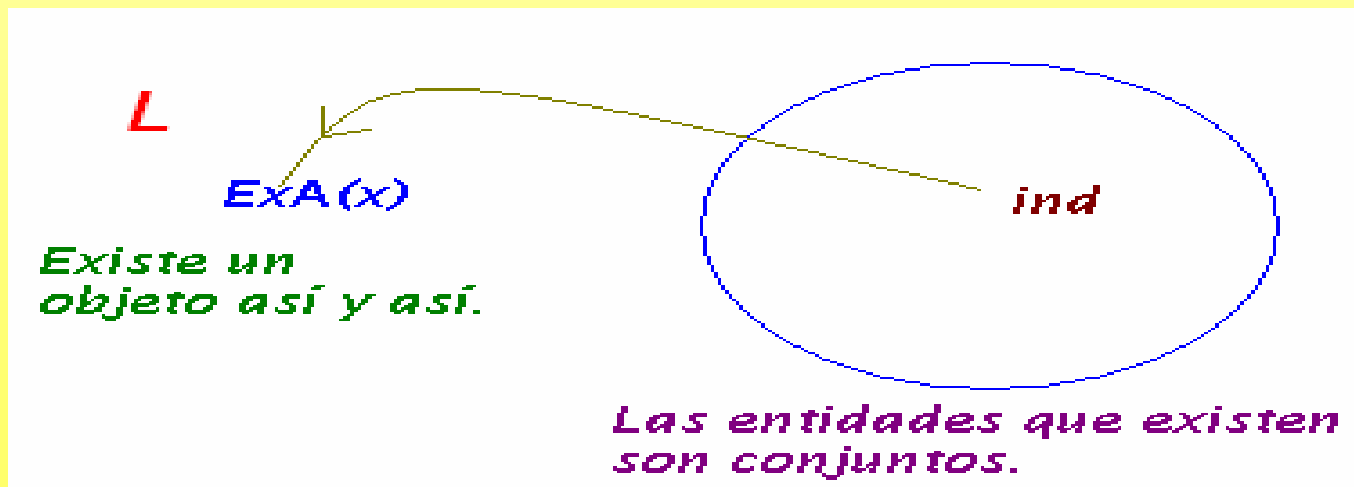
La Teoría de las Descripciones (B.Russell 1905)

- El actual rey de Argentina es torcedor de Boca Juniors.
 - ιxRx “El actual rey de Argentina”
 - $B(x)$ “es torcedor de Boca”
 - $B(\iota xSx)$
- Quine: la eliminación de términos singulares, como los nombres:
- “Sócrates es mortal”
- “Hay un objeto y solamente uno que ‘socratiza’ y ese objeto es mortal”
- $M(\iota xSx) \leftrightarrow \exists x((Sx \wedge \forall y(Sy \rightarrow y=x)) \wedge M(x))$
- David Kaplan: “*Quinize* the name and Russell away the description”.
- Pero eso presupone **la identidad**.

El comprometimiento ontológico con no-individuos

Los comprometimientos existenciales de una teoría: la respuesta de Quine

- son expresados por las variables ligadas de una adecuada (“regimentada”) lenguaje, lo que él exprime por el slogan “Ser es ser el valor de una variable”.



- un criterio de identidad:
- “No hay entidad sin identidad”

Las cosas que pueden ser valores de las variables deben obedecer a ese criterio de identidad: *son individuos*

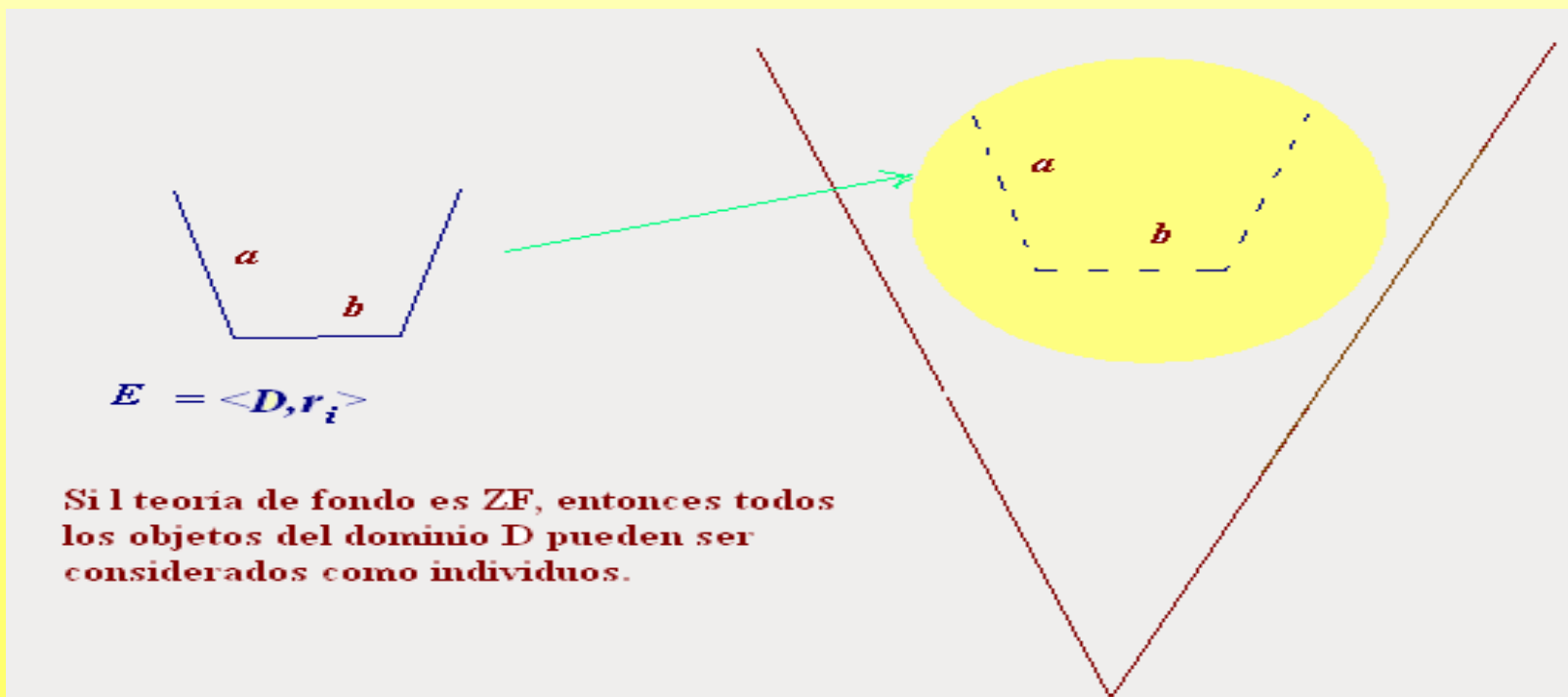
- “Una ontología, en verdad, es doblemente relativa. Especificar el universo de una teoría solamente hace sentido relativamente a una **teoría de fondo** y solamente en relación a alguna escoja de un manual de traducción de una teoría en la otra. **No podemos saber lo que es algo sin saber como él se distingue de otras cosas (...).** Así, **la identidad hace una solo pieza con la ontología (...)** Imaginemos un fragmento de una teoría económica. Supongamos que su universo comprende personas, pero que sus predicados son incapaces de distinguir entre personas cuyas rentas son iguales. La relación interpersonal de igualdad de rentas goza, dentro de la teoría, de la propiedad de reemplazo de la propia relación de identidad; las dos relaciones son indiscernibles. **Apenas con relación a una teoría de fondo en la cual más cosas se pueden decir de la identidad personal do que la identidad de renta, es que somos capaces inclusive de apreciar el descripción arriba de la teoría económica, dependiendo, como depende, de un contraste de rentas.”** (Quine, en “Relatividad Ontológica”)

Si deseamos tener “verdaderos” indiscernibles sin adoptar trucos como el de Weyl, debemos cambiar la teoría de fondo.

En particular, con una adecuada teoría de fondo, **pueden existir entidades sin identidad**. Portanto:

“**Ser es ser el valor de una variable (Quine)...**

**...de un dado lenguaje y con una dada lógica subyacente (da Costa),...
y relativamente a una dada teoría de fondo”**



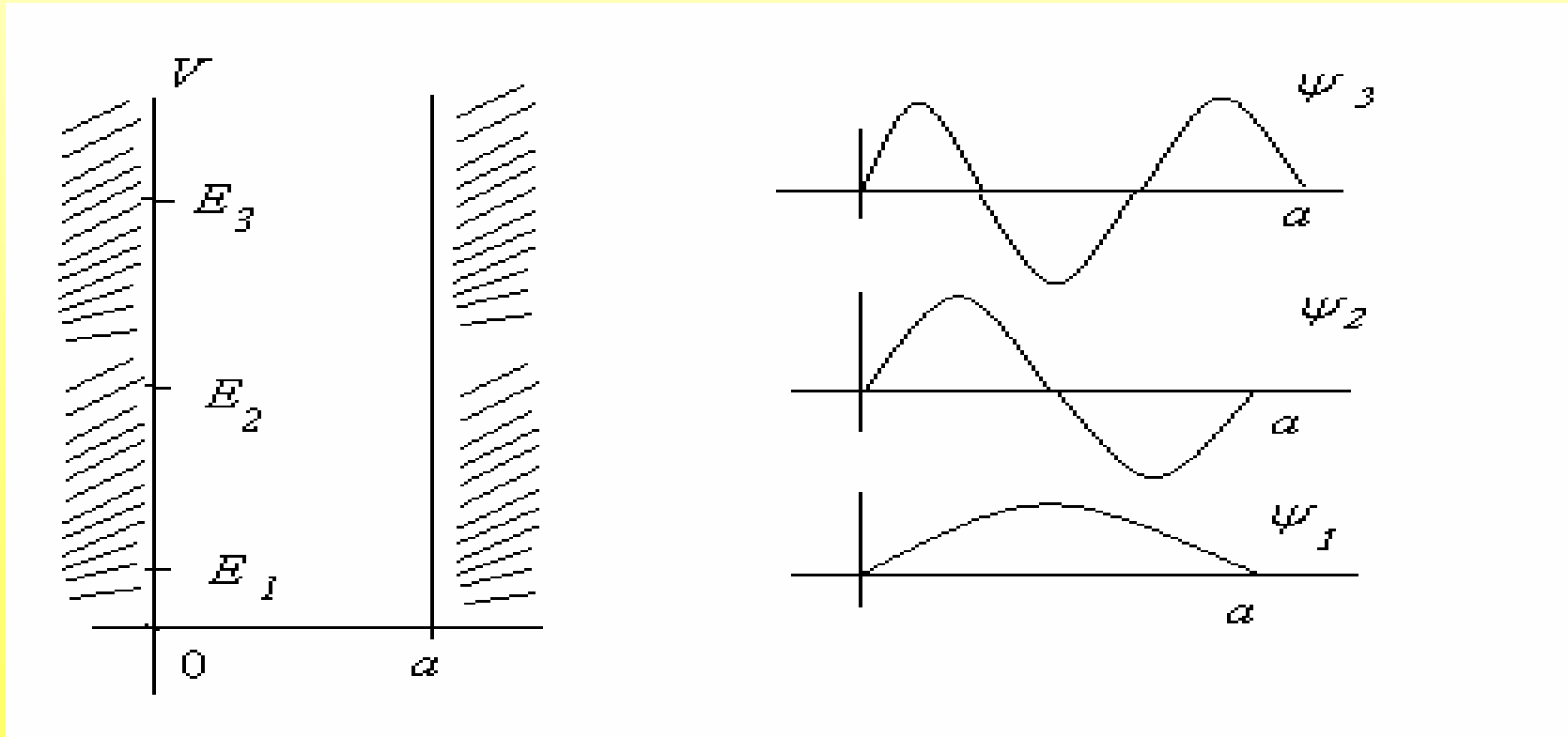
Priscilla, el positrón

- Hans Dehmelt (Nobel, 1989): aprisionó un positrón por tres meses y lo llamo “Priscilla”.
- (Dehmelt): “no debe haber casi duda sobre la identidad de Priscilla durante eso periodo, una vez que en el vacuo ultra-fuerte ella nunca ha podido cambiar lugares con una ante-materia gemela vecina. La identidad bien definida de esa partícula elemental es algo fundamentalmente novo, que necesita ser reconocido por ella haber recibido un nombre”

El pozo potencial infinito.

$$\int_0^a |\psi(x)|^2 dx = 1$$

La “excitación” aumenta con el aumento de la temperatura.



Esa partícula tiene *identidad*?

La hipótesis de Dehmelt

- Hay un aparato en el laboratorio de Dehmelt con un positrón aprisionado.
- Dehmelt piensa que, con eso, tiene un individuo bien determinado que puede llamar “Priscilla”.
- Ese positrón *tiene identidad*, una vez que **puede ser discernido** de todos los demás positrones del universo por estar en la armadilla de Dehmelt.

Identidad y “Discernibilidad”

- Una cosa es un individuo por que puede ser distinguido de otros, mismo que similares.
- Pero los objetos cuánticos no son discernibles en general y aún así no son *lo mismo* objeto.
- Podemos suponer un mundo con solamente un objeto.
- Él es un individuo, aún que no pueda ser discernido de nadie.
- Los dos conceptos no pueden ser tomados como equivalentes.

Matrix Reloaded

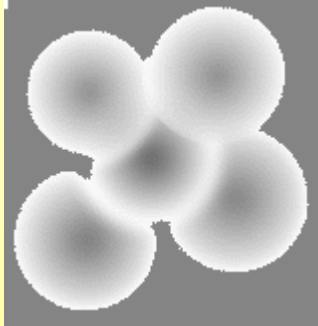


Los 100 Smiths



El muchacho Neo y los Smiths.

¿Similaridades?



Átomos a
temperaturas muy
bajas.

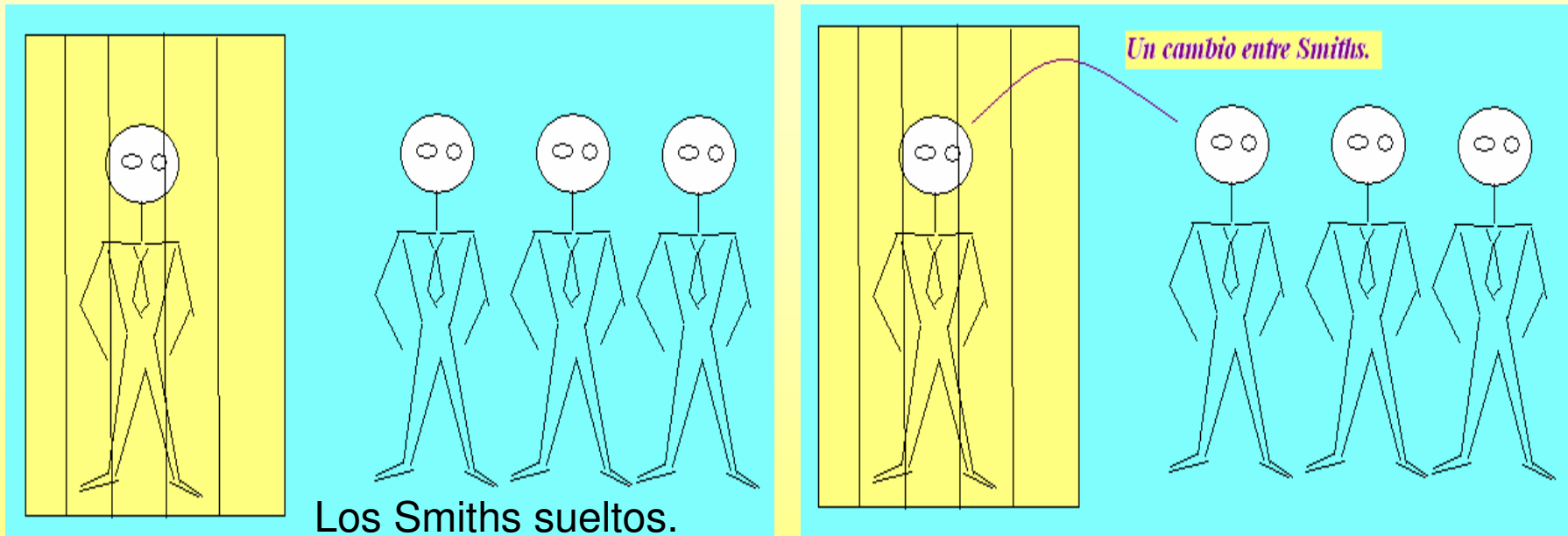
La diferencia es que los Smiths pueden ser rotulados (cambiar la corbata de uno de ellos por una de otro color.)



Los Smiths

Schrödinger”: “No se puede marcar un electrón, no se puede pintarlo de rojo.”

Si hay un cambio entre el Smith aprisionado y un que está suelto, que cambia en el mundo?



Lo Smith aprisionado. **Vamos llamarlo "Priscilla"**.

Los Smiths pueden ser "separados" pero no tienen *identidad*. Son como el juguete de un niño en sus primeras semanas de vida. Un juguete o otro similar son para él "la misma cosa"; él aún no construyó las estructuras que hacen con que vea la diferencia. En el caso cuántico, quizás ellas no puedan ser construidas.

Si hay un cambio de "Priscilla" por otro Smith, ¿el muchacho Neo percibirá la diferencia? O mejor: **hay alguna diferencia apreciable?**

- La situación con compuestos químicos o con BECs o otras entidades físicas es muy grande.
 - Ionización de un átomo neutro con la pérdida de un electrón (quedando un ion negativo) y después la vuelta al estado neutro con la absorción de un (¿lo mismo?) electrones.
- Los cambios de ciertas entidades no conduce a situaciones físicamente distintas.
- ¿Tienen identidad esas entidades?

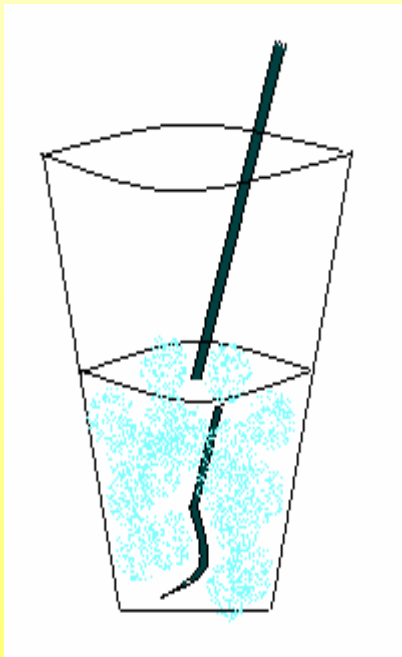
¿Qué es “tener identidad”?

- Piaget: “La **construcción** del real por los niños” – La **elaboración** del concepción de objeto.
- En las primeras semanas de vida:
- El niño no expresa ningún comportamiento relativamente a los objetos “desaparecidos”.
- En la última fase (1 ½ año), él elabora las estructuras de la inteligencia que permiten que forme el concepto de objeto, siendo capaz de reconocer un objeto como sendo *aqué* objeto de experiencias anteriores.
- **El objeto adquiere identidad (realismo), o**
- Nosotros conferimos identidad a elle (idealismo)
- En la ciencia actual, creo que una posición llegada a una forma de idealismo es la que mejor se adapta
- (B. d’Espagnat, *On Physics and Philosophy* PUP, 2006).

- Toraldo di Francia: la objectuación (*objectuation*) es una actitud primitiva de la inteligencia humana.
- Dividimos el mundo en objetos.
- Nuestro discurso es sobre objetos (individuos).
- La lógica clásica, las matemáticas tradicionales, la física clásica...

**¡ La “realidad” es una elaboración nuestra!
(lo que hacemos de acuerdo con una ‘perspectiva’)**

- Schrödinger: “El principio de objetivación”



**Un vaso de agua y una
cuchara.**

**Nosotros vemos la cuchara quebrada, pero
conociendo la física, encontramos la
explicación.**

**Para Schrödinger, nosotros no vemos la
cuchara propiamente dicha, pero la nuestra
construcción mental de ella, que es de una
cuchara quebrada.**

**El mundo que percibimos es una
elaboración nuestra, así como son
las nuestras teorías.**

“Debo, por tanto, dudar que haya observaciones que son conducidas a un grado que me hacen asegurar que ellas revelan la realidad ‘como ella es’. Consecuentemente, cuando veo que el puntero de un instrumento esta en alguno lugar en el marcador, lo que tengo certeza es meramente que tengo esa impresión visual. No es que el puntero esta ‘realmente aja’ en algún sentido absoluto, en sentido ontológico”.

(d’Espagnat 2006, p.106)

- Tener identidad es poder ser **reconocido** en otros “mundos posibles”. Es el niño sentir falta de *aquél* objeto. **Es hacer diferencia en las permutaciones.**
- Es ser tal que una substitución por otro distinto ocasiona una mudanza en la situación (como en los conjuntos usuales de las teorías de conjuntos).
- ¿Tener identidad es **poder** ser nombrado, tener un nombre?
- Dejaremos de lado la cuestión de se es el objeto que tiene esa capacidad de poder ser nombrado o si somos nosotros que le atribuyamos o no un nombre.
- ¡ Pero “Priscilla” es un nombre!
- ¿La individuación (separación de otros) hace de un objeto un individuo?
- **Deseo sustentar que no.** Lo que Dehmelt identifica, debido a las asimetrías del laboratorio, es la armadilla.

- Nosotros hablamos de un electrón, de un protón, etc. como si fueran individuos.
- Pero en muchas situaciones no tenemos como discernirlos, identificarlos.
- ¿Como podemos hablar de ellos de ese modo?
- **George Berkeley**: “Debemos pensar en el lenguaje aprendido, y hablar en el lenguaje vulgar”.

Dos lenguajes

- En el lenguaje objeto, mismo cuando usamos nombres y los identificamos por eso, usamos el recurso de la “línea de Weyl”, o condiciones de simetría.
- El discurso sobre individuos queda en el meta-lenguaje.
- La individuación, o identidad, queda en el meta-lenguaje.

Una lógica para la indiscernibilidad

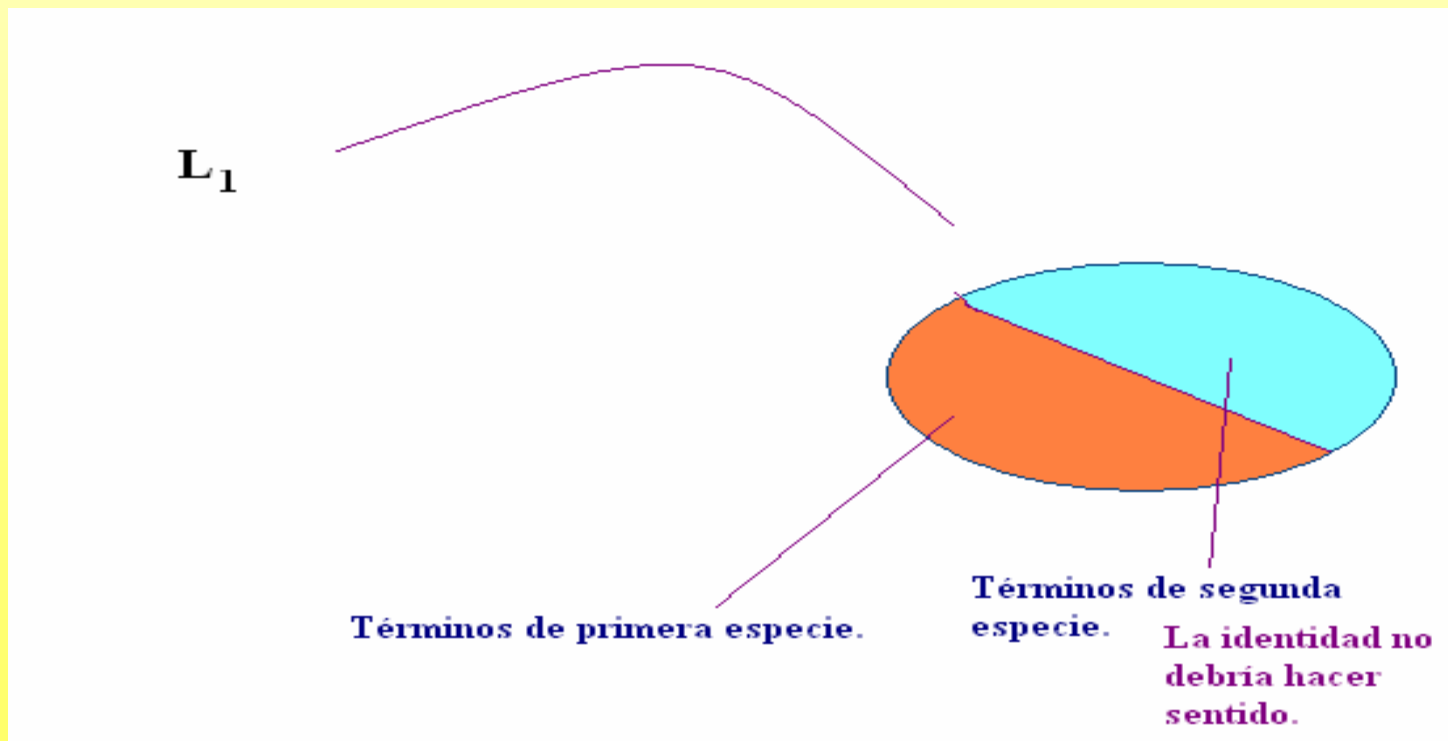
- El lenguaje L_1
- Los símbolos lógicos usuales
- Específicos: \equiv (indiscernibilidad)
- Variables y formulas
 - De primera especie: x_1, x_2, x_3, \dots
 - De segunda especie: y_1, y_2, y_3, \dots
 - $a \equiv b$ es una fórmula si a y b son ambas variables de primera o de segunda especies (en ese caso pudiendo ser también constantes),
 - $a = b$ es una fórmula solamente si a y b son términos de segunda especie.

Los postulados

- Una colección completa de postulados para la lógica de proposiciones clásica.
- $\forall xA(x) \rightarrow A(t)$, siendo $A(x)$ una fórmula en la cual la variable x de primera o de segunda especie es libre, y t es un término cualquier, pero de misma especie que x .
- $A(t) \rightarrow \exists xA(x)$, con las mismas restricciones arriba.
- $A \rightarrow B / A \rightarrow \forall xB(x)$ desde que x no figure libre en A .
- $A \rightarrow B / \exists xA(x) \rightarrow B$ desde que x no figure libre en B .
- $\forall x(x \equiv x)$ para x variable de cualquier de las especies.
- $\forall x\forall y(x \equiv y \rightarrow y \equiv x)$, con lo mismo para x y y , que deben ser de misma especie.
- $\forall x\forall y\forall z(x \equiv y \wedge y \equiv z \rightarrow x \equiv z)$, con lo mismo para las tres variables.
- $\forall x\forall y(x = y \rightarrow (A(x) \rightarrow A(y)))$, para $A(x)$ una fórmula cualquier y $A(y)$ obtenida por la substitución de x por y en una o más ocurrencias libres de x en $A(x)$. **Importante percibir que este axioma hace sentido solamente para x y y variables de segunda especie, caso contrario la expresión $x=y$ no es una fórmula.**
- $\forall x\forall y(x = y \rightarrow x \equiv y)$ para x y y de misma (segunda) especie.

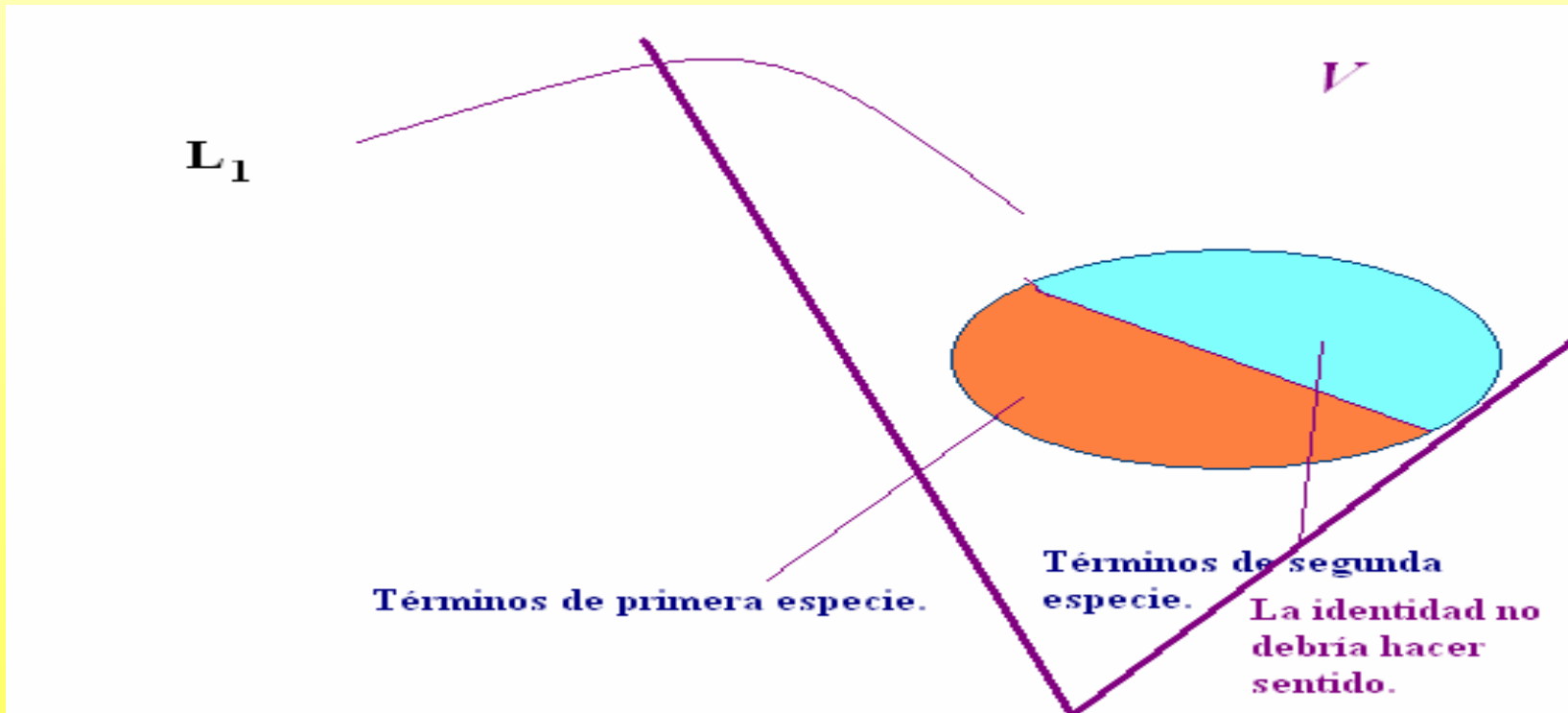
Una semántica “clásica”

- Una interpretación para L_1
- Interpretación “clásica” = en una teoría “clásica” de conjuntos, como ZF



Pero...

- El dominio es un *conjunto*.
- Sus elementos son *individuos* (en $V = \langle V, \epsilon \rangle$)



- **Heinz Post (1963)**: la indiscernibilidad de los objetos cuánticos debería ser asumida *right from the start*.
- **Yuri Manin (1976)**: debemos buscar axiomas para tratar las colecciones de quanta, que no forman “conjuntos” (como en las teorías de conjuntos usuales).
- **Dalla Chiara & Toraldo di Francia (1978,1993)**: la semántica de un “lenguaje cuántica” tendrá problemas con la indiscernibilidad, pues no la expresará adecuadamente: **las colecciones de quanta indiscernibles no son conjuntos en el sentido usual.**
- **Newton da Costa (1980)**: una semántica sensata para una lógica sin identidad no debería ser hecha en las teorías clásicas de conjuntos.
- **Debemos fundamentar una teoría de “casi-conjuntos” en la cual el concepto de identidad no se aplique en general y, en esa teoría, erigir una semántica para L_1 .**
 - **La Teoría de Casi-Conjuntos, o La Matemática de la No-Individualidad.**
 - (que veremos enseguida)