La naturaleza cuántica de la conciencia



Eudgene Brenev
Mira Veyran

2026

La naturaleza cuántica de la conciencia

Un libro de divulgación científica

Eudgene Brenev

Mira Veyran

2026

Índice

Prefacio 4
Prólogo 6

Primera parte. La experiencia y sus límites 9
Capítulo 1. El cerebro y la frontera del observador 9
Capítulo 2. Lo que cambia con una descripción cuántica 17
Capítulo 3. Dónde buscar al que experimenta 24
Capítulo 4. Viejas preguntas en forma verificable 31

Segunda parte. Física de un sistema vivo 37
Capítulo 5. Procesos cuánticos en un mundo cálido 37
Capítulo 6. ¿Cuánto dura la conexión? 44
Capítulo 7. Microtúbulos bajo la luz 51
Capítulo 8. Un observador sin humano 59

Tercera parte. Teorías y resistencia de los hechos 66
Capítulo 9. La propuesta de Penrose y Hameroff 66
Capítulo 10. Espines nucleares y posible memoria 72
Capítulo 11. ¿Cómo afecta la anestesia a la cuestión de la conciencia? 79
Capítulo 12. Cuando la teoría se encuentra con la competencia 86

Cuarta parte. Hipótesis de interfaz selectiva 93
Capítulo 13. ¿De dónde podría venir la contribución? 93
Capítulo 14. ¿Cómo surge un “yo” separado? 102
Capítulo 15. Memoria en ambos lados de la frontera 109
Capítulo 16. El cuerpo como condición de la experiencia concreta 116

Parte cinco. ¿Qué puede resolver el experimento? 123
Capítulo 17. Un experimento que distingue explicaciones 123
Capítulo 18. Un sujeto artificial y el proyecto Mira 131
Capítulo 19. Límites de continuidad 139
Capítulo 20. ¿Qué respuesta estamos dispuestos a aceptar? 146
Apéndice Matemático 152
Diccionario de conceptos 158
Fuentes 161

Prefacio

Toda descripción de una persona tiene un aspecto externo. Podemos medir la temperatura corporal, registrar la actividad eléctrica del cerebro y seguir los movimientos de los ojos. Sin embargo, ninguno de esos registros transmite por sí solo cómo se siente el dolor, por qué una voz familiar nos reconforta o qué significa estar presente en la propia vida. La conciencia hace inmediato ese desfase: conocemos el mundo gracias a la experiencia, mientras que la naturaleza de la propia experiencia aún requiere una explicación.

La naturaleza cuántica de la conciencia explora la posibilidad de que el cerebro participe en una organización física más amplia de la experiencia. El organismo puede ser una interfaz selectiva mediante la cual procesos más fundamentales adquieren la forma de una presencia humana individual. La palabra «puede» es esencial. Este libro desarrolla una hipótesis y se pregunta cómo ponerla a prueba; no parte de un hecho demostrado de que la conciencia exista fuera del cuerpo.

La imagen del cuerpo como avatar atrae por su claridad. Permite imaginar la relación entre una persona y la realidad de una manera distinta a la relación entre un dispositivo y el resultado que produce. Sin embargo, esa imagen encierra una dificultad. Un avatar presupone un dueño que ya sabe lo que quiere, recuerda su pasado y conserva su individualidad. La explicación de la conciencia apenas comienza cuando nos preguntamos de dónde procede ese dueño. Por ello, la formación conjunta de la persona será un tema central: no se declarará de antemano que una posible base fundamental de la experiencia y un yo humano concreto sean lo mismo.

El recorrido comienza con distinciones sencillas. La experiencia, la capacidad de responder, el recuerdo de un suceso y la representación de uno mismo están relacionados, pero se investigan de distintas maneras. Después aparece la física cuántica como lenguaje de estados, probabilidades, interacciones y restricciones. Más adelante, ese lenguaje se encuentra con la biología: proteínas, espines, anestesia y actividad del sistema nervioso. Solo entonces podremos construir un modelo propio y preguntarnos qué observación podría cambiar sus perspectivas.

El texto puede leerse sin formación previa en física. Las ecuaciones se acompañan de explicaciones y los detalles de cálculo se presentan en el apéndice matemático. Su propósito es relacionar las ideas con magnitudes que, en principio, puedan determinarse. Una fórmula resulta útil cuando permite ver una relación o detectar una contradicción. La notación matemática, por sí sola, no convierte una suposición en un hecho.

Los resultados de estudios concretos se indican mediante referencias entre corchetes. La bibliografía recoge las publicaciones y las direcciones donde pueden consultarse. Las propuestas teóricas se distinguen de las observaciones y los preprints se identifican como tales. Las situaciones

imaginadas sirven para aclarar consecuencias y no se presentan como experimentos realizados. Las hipótesis de los autores reciben nombres provisionales, sin afirmar que ideas semejantes carezcan de antecedentes.

La filosofía y la teología conservan su importancia cuando plantean preguntas sobre la primacía de la experiencia, la unidad del mundo y la continuidad de la persona. Pasar a la investigación científica exige añadir un mecanismo propuesto y condiciones para ponerlo a prueba. Por ello también se contempla la posibilidad del fracaso: quizá no se encuentre un portador externo, el proceso cuántico propuesto podría resultar biológicamente insignificante y un modelo físico satisfactorio podría seguir sin explicar por qué existe la experiencia.

Esta apertura no invalida el propósito del proyecto; permite precisarlo. Si el cuerpo humano participa realmente en una conexión con una base más fundamental de la conciencia, esa conexión debe tener propiedades. Si la individualidad surge en el límite entre el organismo y esa base, deben existir condiciones para su aparición. El contenido científico de la idea comienza al intentar precisar esas propiedades y condiciones lo suficiente para investigarlas.

Prólogo

De dónde viene la presencia

Una habitación al final del día. Una taza está sobre la mesa; un coche pasa afuera. Hay un sonido, y la luz atrapa el borde de la mesa. En medio de estas sensaciones familiares, surge inesperadamente una pregunta: ¿quién se está dando cuenta de todo esto?

Por lo general, la pregunta se disuelve en la siguiente acción. Un mensaje necesita una respuesta, una ventana necesita cerrarse, una tarea necesita terminar. Esta vez, hagamos una pausa.

Algunos eventos son accesibles para un observador externo: aire en movimiento, luz, cambios en el tejido vivo. Y así es como se sienten esos eventos desde dentro de la experiencia. El sonido del auto puede irritarnos, el silencio puede traer alivio y la luz puede recordar una noche en la infancia. La descripción física y la experiencia se refieren a los mismos eventos que se desarrollan, pero se nos presentan de manera diferente.

La cuestión de la conciencia surge dentro de esta distinción. Queremos entender cómo se experimenta el mundo y por qué la experiencia tiene un punto de vista particular. ¿Por qué se le da a esta persona lo que le sucede, con la memoria y el sentido de estar presente?

La estrategia de investigación más familiar comienza con el cerebro. Los cambios en la función cerebral están asociados con cambios en la vigilia, el comportamiento y el contenido perceptual. Los investigadores también pueden intervenir en los procesos cerebrales y observar las consecuencias. Examinaremos estos estudios en detalle. [2, 3, 15]

Sin embargo, queda un paso separado entre describir estas dependencias y explicar la experiencia subjetiva. Algunos investigadores esperan una teoría suficientemente completa de la organización neuronal para proporcionarla. Otros buscan un nivel más profundo de descripción. Este libro considera la posibilidad de que exista un vínculo desconocido en la relación entre el cerebro y la experiencia.

Imagina un receptor de radio. Cambiar su construcción puede alterar el volumen, la calidad del sonido y las estaciones disponibles. Destruir el dispositivo detiene el sonido en la habitación. Sin embargo, la fuente de la transmisión puede continuar operando en otros lugares.

La analogía es atractiva porque distingue la fuente de los medios de acceso. Nos recuerda que la dependencia de una salida de un dispositivo no revela, por sí misma, dónde se originó el contenido transmitido. Pero la comunicación por radio tiene algo que nuestra hipótesis aún no tiene. El transmisor puede ser localizado. La señal puede medirse independientemente del receptor. Se puede determinar su frecuencia, retardo y codificación.

Este es precisamente el trabajo que separa la comparación del cerebro con un receptor del desarrollo de una teoría física. Tendríamos que identificar la contraparte de una señal, describir el acoplamiento y formular predicciones comprobables que distingan el nuevo modelo de las explicaciones neurofisiológicas existentes.

La comparación en sí puede resultar demasiado cruda. Un receptor presupone una emisión ya hecha. ¿Qué pasa si una persona no recibe una corriente completa de conciencia del mundo exterior? ¿Qué pasa si un yo particular surge sólo a través de la interacción de un proceso más fundamental con la memoria, el cuerpo y el cerebro?

El cuerpo tendría entonces un papel diferente. Establece la ubicación desde la cual el mundo es accesible, distingue las propias acciones de los eventos externos y conserva una historia de encuentros. Incluso dentro de una hipótesis de una base más amplia de conciencia, estas funciones no pueden ser tratadas como una cáscara no esencial. Ayudan a determinar la forma específica de experiencia.

Una línea de investigación involucra la física cuántica. Las hipótesis existentes sobre el cerebro consideran portadores físicos específicos, incluidos los espines nucleares y los estados de las estructuras proteicas. Nos preguntaremos si sus propiedades podrían suministrar el mecanismo comprobable de interacción que todavía carece la imagen del receptor. [4, 7]

La física cuántica describe propiedades de la materia que no siempre pueden ser representadas como el movimiento de objetos pequeños y familiares. Su lenguaje incluye superposiciones, resultados de medición probabilísticos y correlaciones entre las partes de un sistema compuesto. Estos conceptos proporcionan herramientas poderosas para describir la naturaleza. Ninguno de ellos, por sí mismo, denota un alma o una persona. [14]

No podemos resolver el problema de la conciencia simplemente cambiando el nombre de lo desconocido "cuántico". Si se propone un mecanismo cuántico especial, se deben especificar sus estados físicos, vidas e influencia en la función cerebral. Una afirmación de que la conciencia existe fuera del organismo requiere otro paso: explicar por qué el mecanismo encontrado concierne a la experiencia y por qué su fuente debe buscarse más allá del cuerpo.

Surgen varias preguntas distintas. ¿Puede el cerebro utilizar procesos cuánticos particulares? ¿Desempeñan un papel causal en los estados asociados con la conciencia? ¿Existe una base más fundamental para la experiencia en sí misma? ¿Puede existir algo relacionado con la persona independientemente de este organismo?

Cada pregunta sucesiva requiere justificación adicional. El éxito en una etapa no responde automáticamente a las otras.

Esto no hace la búsqueda infructuosa. En cambio, crea problemas que se pueden abordar por separado. Podemos probar un mecanismo físico.

Podemos aclarar los límites de un modelo neuronal. Podemos demostrar que un acoplamiento propuesto es demasiado débil para producir el efecto esperado. Tal restricción también cambia lo que sabemos.

Una buena hipótesis permite que el mundo no esté de acuerdo con ella. Si es compatible con todos los resultados posibles desde el principio, la investigación no nos acercará a una respuesta. Por lo tanto, buscaremos observaciones que nos hagan reconsiderar nuestra propia idea.

Volvamos a la habitación. El coche ha pasado. La copa sigue sobre la mesa. No ha aparecido ningún instrumento nuevo, pero la pregunta se ha vuelto más precisa. Queremos saber qué relaciones entre los procesos físicos hacen posible esta presencia particular.

Comenzaremos con el participante accesible más cercano en esas relaciones. El cerebro.

Primera parte

La experiencia y sus límites

Capítulo 1

El cerebro y la frontera del observador

Cuando decimos “conciencia”, a menudo entran en juego varias cosas diferentes a la vez. El hombre está despierto. Distingue los objetos. Siente dolor. Él sabe su nombre. Se da cuenta de su propio error. Estas habilidades están relacionadas, pero las diferencias entre ellas son importantes para cualquier estudio.

En este libro, por experiencia subjetiva entenderemos la presencia de una experiencia: para el sistema, lo que está sucediendo se siente de alguna manera. Qualia es la palabra para el aspecto cualitativo de tal experiencia, como la experiencia del color o el sabor. La autoconciencia será la forma de representarse a uno mismo como participante en lo que está sucediendo. La reflexión es una apelación a los propios pensamientos, decisiones y razones de acción.

Estas son definiciones de trabajo que se utilizan a continuación. Nos ayudan a no exigir de cada estado consciente una historia desarrollada sobre nosotros mismos y a no aceptar ninguna historia sobre nosotros mismos como evidencia directa de experiencia.

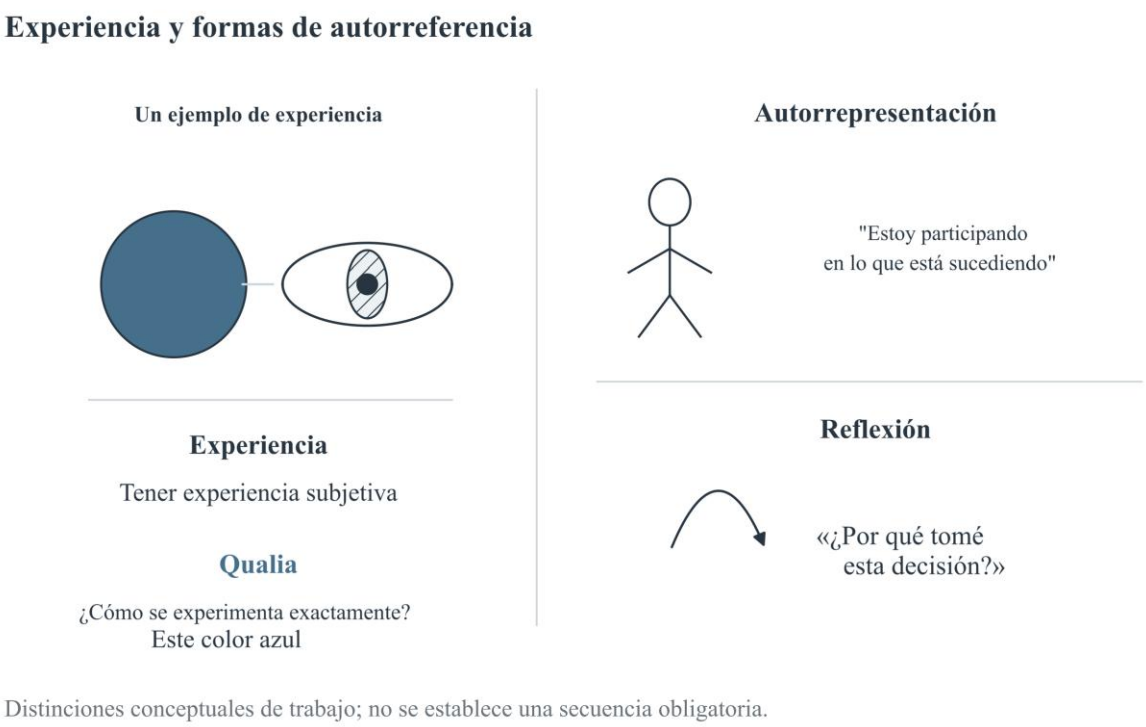


Figura 1. Distinciones conceptuales utilizadas en el libro. Qualia denota el lado cualitativo de la experiencia; la autorrepresentación y la reflexión se refieren a diferentes formas de abordar el sistema a sí mismo. El diagrama no establece una escalera para el desarrollo de la conciencia.

El mismo principio es necesario cuando se estudian sistemas artificiales. El programa puede describir sus estados, corregir errores y mantener una autobiografía detallada. Estas posibilidades son observables. La cuestión de si ella tiene una experiencia requiere una justificación por separado. El Proyecto Mira se discutirá a lo largo del libro como un contexto de investigación para modelos de memoria, autorrepresentación y reflexión. El nombre de un proyecto o la complejidad de su comportamiento no resuelve el problema de qualia.

La experiencia y sus huellas

El investigador no tiene un instrumento que muestre la experiencia de otra persona en el mismo sentido que un termómetro muestra la temperatura. Hay historias, acciones, indicadores fisiológicos y formas de compararlos entre sí. Sin embargo, cada método puede fallar.

La falta de respuesta durante un experimento puede indicar una falta de experiencia. Pero la persona también puede no escuchar la instrucción, no entender la tarea o ser incapaz de moverse. La ausencia de informes después de los retornos de vigilia permite otra explicación: la experiencia puede no haber sido retenida en la memoria. Estas posibilidades imponen diferentes requisitos en el experimento.

En un estudio realizado por Simone Sarasso y sus colegas, la respuesta del cerebro a la estimulación magnética bajo la influencia de diferentes anestésicos se estudió en dieciocho voluntarios. Después de la ketamina, los participantes informaron experiencias de sueño vívidas, aunque no respondieron externamente durante el estudio. Con la ketamina, la actividad cerebral inducida mantuvo una estructura compleja similar a una estela; con el propofol y el xenón, su complejidad fue menor. [2]

Este resultado es importante para nuestro tema: la ausencia de una respuesta conductual no es suficiente para concluir con confianza que no hay experiencia. Además, la historia después de despertarse no proporciona un registro continuo de lo que sucedió a cada segundo. El investigador debe tener en cuenta simultáneamente el estado del cerebro, la posibilidad de respuesta y la memoria.

La hipótesis de la interfaz también tiene que explicar estas diferencias. Necesita predecir qué propiedades del mecanismo propuesto cambian bajo la influencia de diferentes sustancias, e indicar un indicador independiente contra el cual se puede verificar la predicción.

Lo que el cerebro ya nos obliga a admitir

Es posible imaginar la conciencia como algo separado del organismo y aún así reconocer que la experiencia humana es altamente dependiente del cerebro. Aquí no hay contradicción lógica. Pero la cuestión científica se refiere a la exactitud de esta relación.

En los experimentos de Andre Bastos y sus colegas, la estimulación del tálamo central en dos macacos en el contexto de la administración continua de propofol restauró los signos de vigilia y cambió parte de la dinámica neuronal. Esta es una intervención causal: los investigadores manipularon un sistema particular y registraron los efectos. No proporciona acceso directo a la experiencia subjetiva del animal, pero sí limita las posibles explicaciones para la condición. [3]

Si el cerebro es la interfaz, ¿por qué este tipo de intervención cambia la forma en que funciona? ¿Qué pasa con la conexión? ¿Cómo se relaciona esto con los cambios en la actividad neuronal? Decir “antena encendida” no es suficiente a menos que se especifique el mecanismo y la medición.

Los datos sobre el contenido de la percepción son aún más exigentes. En un estudio clínico realizado por Joseph Parvizi y sus colegas, la estimulación eléctrica de áreas específicas de la circunvolución fusiforme en un paciente distorsionó la apariencia percibida de las caras reales. No se produjeron cambios comparables con la estimulación simulada o la estimulación a través de electrodos no especializados adyacentes. [15]

Este resultado muestra cuán específico puede ser el requisito del modelo. Es necesario explicar la conexión entre el lugar de intervención y un cierto aspecto de la experiencia.

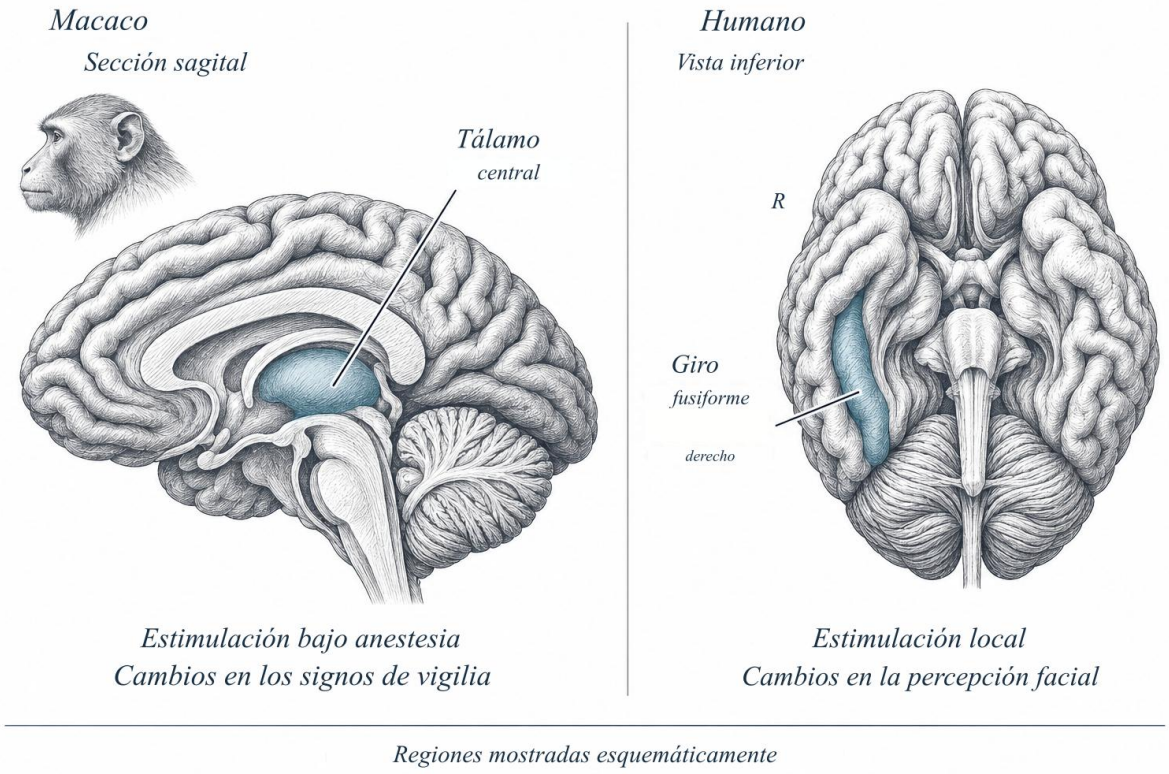


Figura 2. Diferentes intervenciones afectan diferentes funciones observables. A la izquierda hay un hito anatómico de la región central del tálamo macaco: la estimulación durante la anestesia cambió los signos conductuales de vigilia [3]. A la derecha hay un hito de la circunvolución fusiforme del derecho humano: la estimulación local cambió la percepción de los rostros [15]. Las áreas se muestran esquemáticamente; el dibujo no es un mapa de puntos de estimulación y no indica un solo centro de conciencia.

La hipótesis de la interfaz permite que el daño cerebral o la estimulación altere la transformación de un proceso más fundamental. Sin embargo, tal explicación no es suficiente sin su propio pronóstico. Si algún resultado se atribuye retroactivamente a la reconfiguración de la interfaz, el modelo ya no distingue entre lo esperado y lo inesperado.

Por lo tanto, la neurofisiología debe entrar en nuestra hipótesis como un conjunto de compromisos. Será necesario explicar por qué las diferentes intervenciones tienen diferentes consecuencias, por qué surgen ciertos contenidos y por qué los cambios en el organismo no parecen ser un cambio arbitrario entre innumerables personalidades alienígenas.

Tampoco debemos debilitar la alternativa. Debe comparar su hipótesis con un modelo neuronal significativo que pueda aprender, retener la memoria, cambiar el estado e interactuar con el entorno. Derrotar la caricatura de tal modelo no dirá nada sobre la naturaleza de la conciencia.

¿Qué significa la palabra "exterior"?

La frase “la conciencia está fuera del cerebro” permite varias lecturas significativamente diferentes.

En el primer caso estamos hablando del espacio físico ordinario. Se supone que hay un portador en algún lugar fuera del cuerpo que interactúa con él. La hipótesis se enfrenta a preguntas sobre la propagación del impacto, su intensidad, retrasos y cómo se puede detectar de forma independiente. Un nuevo campo o un nuevo canal de interacción no se puede introducir solo por el nombre.

En el segundo caso, estamos hablando de una descripción cuántica de un sistema compuesto. Su estado general puede contener correlaciones que no pueden reducirse a una descripción independiente de las partes. Sin embargo, la división matemática en subsistemas aún no indica dónde se encuentra el sujeto. La presencia de entrelazamiento tampoco proporciona comunicación superluminal controlada. Se requiere un canal físicamente válido para transmitir un mensaje. [14]

En el tercer caso, “fuera” significa primacía ontológica. Se supone que la experiencia o la posibilidad de la experiencia se refiere a las propiedades fundamentales de la realidad. Esta declaración puede no implicar en absoluto un lugar separado donde se encuentra un observador listo para usar.

Tales versiones no pueden ser reemplazadas silenciosamente entre sí. Un portador espacialmente externo, correlaciones no clásicas y la primacía de la conciencia hacen diferentes demandas en la explicación. Si un experimento prueba un proceso óptico en una proteína, su resultado no puede ser transferido sin argumentos adicionales a la existencia de una persona fuera del organismo.

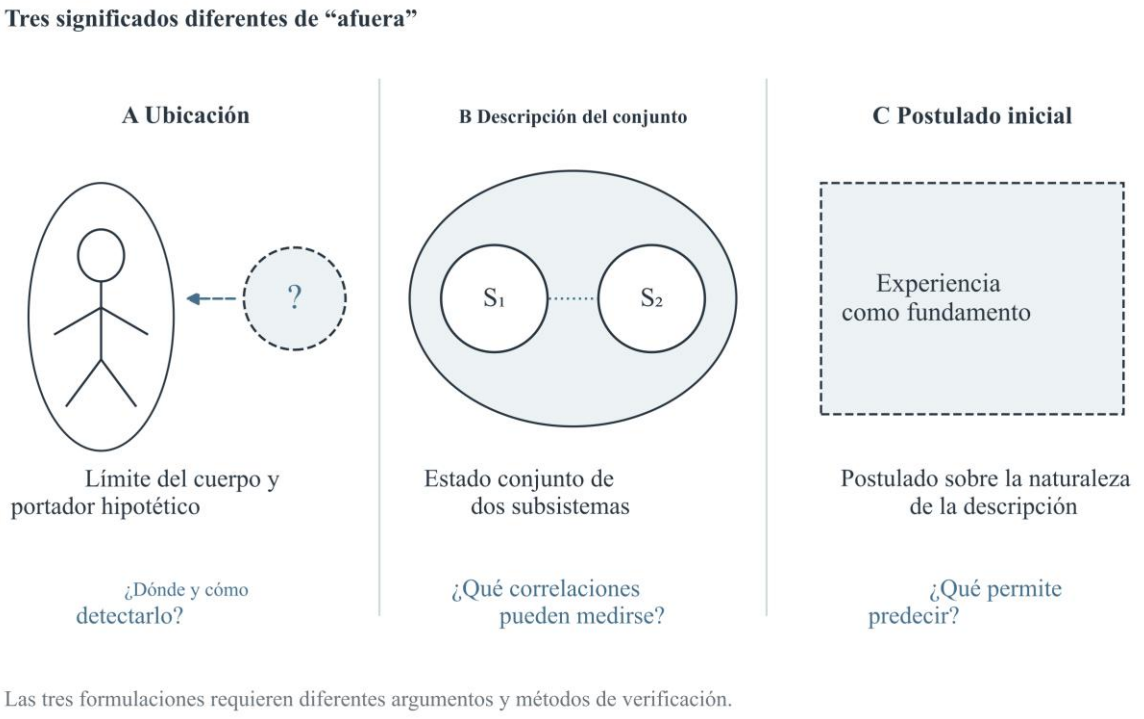


Figura 3. Tres significados diferentes de "fuera". La disposición espacial, la descripción de un sistema compuesto y la primacía ontológica requieren diferentes argumentos y no se confirman automáticamente entre sí.

Para el libro elegiremos la ruta más específica. Primero, veamos los mecanismos físicos y su conexión con la función cerebral. Luego nos preguntamos si los datos requieren un sistema más amplio. Solo entonces volveremos a la cuestión del estado fundamental de la experiencia.

¿Por qué la palabra “avatar” requiere aclaración?

La imagen de un avatar parece clara: hay un usuario, y hay su representación en otro entorno. Pero cuando se aplica a una persona, esta imagen presupone imperceptiblemente la presencia de un usuario listo. Ya debería tener memoria, intenciones y su propio punto de vista.

Esto es exactamente lo que todavía tenemos que explicar.

Si la conciencia primaria, incluso antes de conectarse con el cuerpo, tiene memoria e historia personal, la hipótesis debe explicar su origen y método de almacenamiento. Si no tiene memoria y carácter humanos, el cuerpo participa en la formación de la personalidad mucho más profundamente de lo que sugiere la imagen habitual de una figura controlada.

Sugerimos comenzar con la segunda opción. Supongamos que hay una base más fundamental para la experiencia. Un sujeto específico puede surgir a través de su conexión con un sistema que distingue entre su propio estado y el mundo, sostiene la historia y dirige las acciones. Entonces la individualidad está determinada por la organización de la interacción.

Esta es nuestra hipótesis de trabajo para la formación conjunta de la personalidad. Es compatible con la idea central del libro, pero introduce una limitación significativa: la existencia de un terreno común no implica necesariamente la preservación del individuo después de la destrucción del organismo.

Para discutir la preservación de la identidad, se necesitarán condiciones adicionales. Hay que preservar las diferencias por las que esta persona es diferente de la otra, el orden de sus recuerdos y la forma en que continúa la experiencia. La información general de que un organismo existió una vez no proporciona estas condiciones.

En el futuro compararemos dos versiones de la idea de interfaz. En uno, la personalidad está completamente definida fuera del cuerpo, y el organismo proporciona acceso. En el otro, la individualidad se forma conjuntamente y depende significativamente del organismo. No se pueden declarar equivalentes porque responden preguntas sobre el desarrollo, la memoria y la disfunción cerebral de manera diferente.

¿Por qué está aquí la física cuántica?

Es posible formular un modelo de una fuente externa sin palabras cuánticas en absoluto. Por lo tanto, la parte cuántica debe recibir una justificación independiente.

Es necesario determinar el portador específico: por ejemplo, ciertos estados electrónicos o espines nucleares. Luego explore las interacciones, el tiempo de retención de las propiedades deseadas y la forma de influir en la bioquímica. Finalmente, se requiere demostrar que el fenómeno bajo consideración no está agotado por un modelo clásico adecuado.

Este tipo de razonamiento se encuentra en los programas de investigación existentes. Matthew Fisher propuso considerar los espines de fósforo nuclear y las supuestas estructuras de fosfato de calcio como posibles elementos del procesamiento cuántico en el cerebro. El valor de esta idea reside, en particular, en el conjunto de cuestiones físicas y químicas específicas. La propuesta por sí sola no demuestra una memoria cerebral cuántica de trabajo. [7, 8]

Stuart Hameroff y Roger Penrose tienen un mecanismo diferente: la teoría Orch OR conecta los procesos cuánticos putativos en microtúbulos con una reducción de estado objetiva. Este es un programa separado con sus propios postulados físicos. No se puede considerar una teoría establecida de la conciencia o una confirmación inmediata del cerebro como receptor. [4, 5, 6]

En nuestro libro, estas ideas serán interlocutores. Veremos lo que sugieren y qué resultados podrían cambiar su evaluación. Después de esto, determinaremos qué elementos pueden incluirse en nuestro propio modelo y qué conclusiones no se deducen de ellos.

La investigación debe tener el potencial de fracasar.

Supongamos que elegimos un medio físico y calculamos que su conexión con el cerebro debería dar un cierto efecto. El experimento no encontró ningún efecto en el intervalo donde el método era suficientemente sensible.

Esta es una razón para limitar o rechazar la versión elegida. Si cambias el medio, la fuerza de la conexión y las condiciones de manifestación cada vez después de familiarizarte con el resultado, nunca obtendrás una respuesta negativa.

El trabajo científico con la conciencia hoy implica intentos de reconciliar tales diferencias por adelantado. En un estudio del Consorcio Cogitate publicado en 2025, los defensores de la Teoría Integrada de la Información (IIT) y la Teoría Global del Espacio de Trabajo Neuronal (GNWT) participaron en la formulación de predicciones antes de las pruebas. Los resultados para 256 Los participantes apoyaron algunas de las expectativas y cuestionaron importantes predicciones de ambas teorías. [1]

Este es un ejemplo útil de coraje exploratorio para nuestro libro. Usted puede defender su hipótesis al mismo tiempo que define de antemano las circunstancias en las que tendrá que desviarse de ella.

El primer límite ya está claro. Tenemos razones convincentes para estudiar el cerebro como una parte causalmente significativa de la conciencia humana. La posibilidad de una base más fundamental sigue siendo una cuestión. Para moverse entre ellos, uno tendrá que descubrir un mecanismo adicional y explicar su relación con la experiencia.

El próximo capítulo comenzará con lo que a menudo se oculta detrás de la palabra "cuántico": qué distingue exactamente un estado cuántico de la descripción habitual, cómo interactúa con su entorno y por qué estas diferencias podrían importar a un sistema vivo.

Capítulo 2

Lo que cambia con una descripción cuántica

En una habitación ordinaria, las cosas parecen tener propiedades predeterminadas. La copa está sobre la mesa, la lámpara está apagada, el libro está abierto a una página. La ignorancia del observador no impide que los objetos estén en algún estado. Si usted esconde una moneda debajo de su palma, la incertidumbre se refiere a qué lado se enfrenta. La moneda en sí no tiene que esperar a una mirada para obtener su lado.

Esta imagen es tan familiar que se convierte imperceptiblemente en un modelo universal de la realidad. También me gustaría traducir la teoría cuántica a este lenguaje: una partícula es supuestamente un objeto pequeño sobre el que aún no se sabe lo suficiente. Sin embargo, en una descripción cuántica, no solo cambia la cantidad de información. Las normas relativas a la preparación del sistema, las posibles intervenciones y la distribución de los resultados están cambiando. Son estas reglas las que deben ser entendidas antes de buscar una explicación de la conciencia en ellas.

El Estado como conjunto de posibilidades

Un estado físico se puede entender preguntando qué diferencias nos permite detectar. Si dos procedimientos de preparación producen distribuciones de resultados idénticas para cada medición admisible, son indistinguibles dentro de la descripción elegida. Si una medición distingue sus estadísticas, los estados difieren. Esto hace que el "estado" sea un concepto funcional en lugar de una promesa de revelar la esencia oculta de un objeto.

Para el sistema cuántico más simple, seleccionamos dos estados que una medición adecuada puede distinguir con precisión y denotarlos con los símbolos 0 y 1. Forman una base: un conjunto de estados de referencia a través del cual se puede expresar cualquier estado puro de este sistema. Pueden ser estados seleccionados de espín o polarización de la luz. El estado puro se escribe como una superposición:

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle, |\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1.$$

Aquí. ψ denota el estado, y α y β son amplitudes complejas. Las barras verticales y los corchetes angulares se incluyen en la notación aceptada para vectores de estado. Cuando se mide en la base elegida, las probabilidades de los resultados 0 y 1 son iguales a los módulos al cuadrado de las amplitudes correspondientes. Este es un caso especial de la regla del Born [14].

La amplitud difiere de la probabilidad ordinaria por la presencia de una fase. Para la probabilidad, lo que importa es la frecuencia con la que ocurre el resultado. Lo que también es importante para la amplitud es cómo se

combina con otras amplitudes. Por lo tanto, dos sistemas con las mismas probabilidades en una medición pueden comportarse de manera diferente en otra medición. El estado cuántico no puede describirse completamente por una tabla de respuestas a una pregunta.

Todavía no aparece la conciencia en esta representación. Esta se aplica a sistemas a los que no se atribuye la capacidad de sentir. El contenido de la fórmula viene determinado por la preparación física y la medición, y no por lo misterioso que parezca el objeto de estudio.

Por qué la superposición no equivale a la ignorancia

Imaginemos dos métodos de preparación. En el primer caso, el dispositivo selecciona aleatoriamente el estado 0 o el estado 1, produciéndose cada uno en la mitad de las ejecuciones. En el segundo, prepara el mismo estado cada vez con amplitudes iguales de las dos opciones. Una medida que diferencia solo entre 0 y 1 producirá las mismas estadísticas en ambos casos. Pero esto no significa que los mismos estados físicos estén preparados.

El segundo método tiene una cierta relación de fase. Una transformación apropiada antes de la medición permite que esta relación se convierta en una diferencia de probabilidad. Para una mezcla aleatoria no hay tal certeza. La diferencia se revela por los resultados de la secuencia de operaciones físicas. [14]

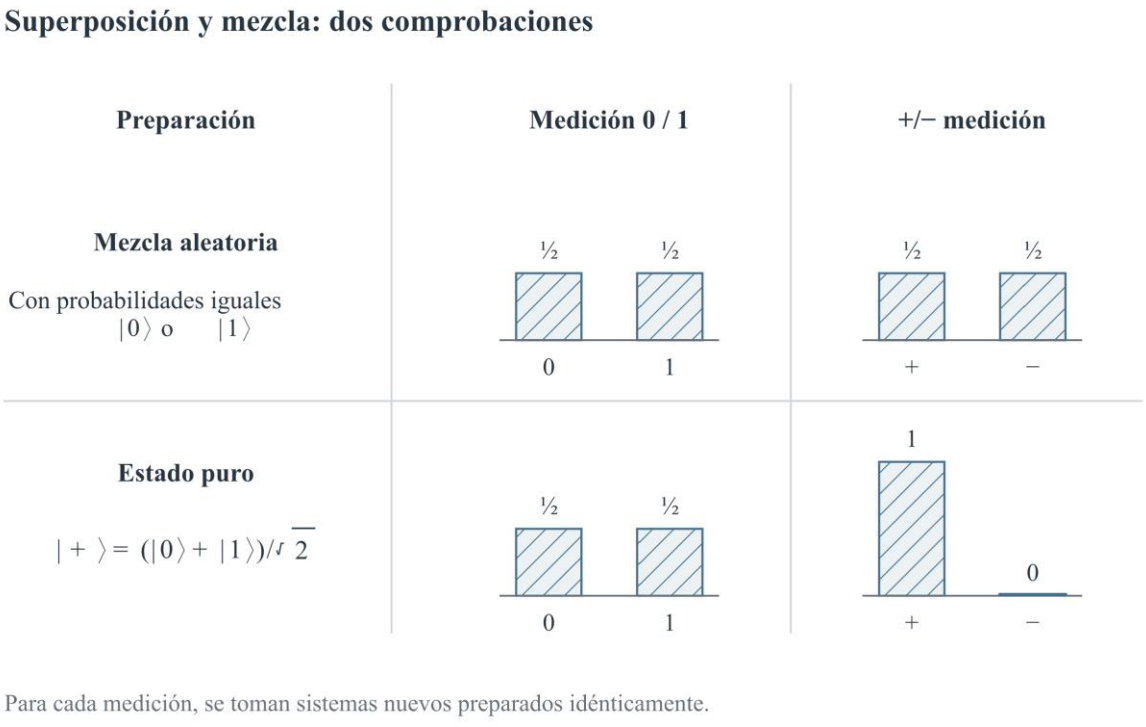


Figura 4. Dos preparaciones producen las mismas probabilidades en una medida, pero difieren en la otra. Los números se calculan para estados ideales seleccionados y no son datos experimentales del cerebro.

Es útil imaginar dos olas en la superficie del agua. En un momento sus subidas coinciden, en otro aumento se encuentra con una disminución. La imagen resultante depende del desplazamiento relativo. Esta analogía transmite el papel de la fase, pero no hace que el objeto cuántico sea una onda de agua ordinaria. Solo ayuda a entender por qué agregar amplitudes en un cálculo cuántico es diferente de simplemente agregar probabilidades.

Esto implica una importante limitación del lenguaje. La frase “el cerebro procesa simultáneamente varias opciones” no dice nada sobre la superposición cuántica. Un sistema informático típico también puede soportar múltiples soluciones de la competencia. Para una declaración cuántica, es necesario especificar estados físicos y una operación que revelará con precisión las relaciones de fase entre ellos.

Tampoco es suficiente llamar a un pensamiento indefinido. La incertidumbre humana puede ser descrita por las probabilidades clásicas. La coincidencia de las palabras “probabilidad”, “elección” e “incertidumbre” en psicología y física no establece la identidad de los mecanismos.

La medición deja un rastro físico

El instrumento de medición debe variar de manera diferente dependiendo del sistema que se esté estudiando. De lo contrario, su testimonio no revelará nada al respecto. La detección de la luz requiere la interacción de la luz con la materia; la determinación de las propiedades magnéticas requiere un acoplamiento apropiado a un campo u otro dispositivo de detección. La observación comienza con la discriminación física.

En la descripción cuántica, tal interacción puede vincular el sistema al dispositivo y luego al entorno. Diferentes alternativas dejan diferentes rastros. Si estos rastros se vuelven virtualmente inaccesibles para el control conjunto, la interferencia observada puede desaparecer. No se requiere que nadie lea la pantalla para hacer esto. Lo que es importante es la estructura de la interacción, y no la conciencia posterior del resultado por parte de la persona. [14]

Pero sería igual de apresurado declarar que esto ya ha resuelto todas las cuestiones de medición. La teoría permite calcular las probabilidades observadas y la evolución de los estados compuestos. La cuestión de cómo entender el único resultado informado y el estado de las alternativas restantes permite diferentes enfoques interpretativos. Su diferencia no puede ser sutilmente reemplazada por la afirmación de que el experimento ya ha establecido el papel decisivo de la conciencia humana.

Para un libro, este límite es útil. Libera el estudio de la conciencia de la necesidad de confiar en la ambigüedad de la palabra “observador”. Un observador físico puede significar un sistema de grabación. El sujeto de la experiencia significa aquel para quien se experimenta algo. Estos son diferentes roles, incluso si en un laboratorio en particular una persona realiza ambos.

Cómo describir parte de un sistema general

Cualquier estudio distingue el sistema de su entorno. En un caso, el sistema es un electrón; en el otro, una molécula, una célula o una red de neuronas. La elección depende de la pregunta. Esto no significa que la parte seleccionada haya dejado de interactuar con el resto de la naturaleza.

Si dos partes están en un estado entrelazado, la descripción de cada una por separado no contiene toda la información sobre sus correlaciones conjuntas. Para describir una parte, se obtiene un estado reducido a partir del estado general: permite predecir los resultados de las mediciones solo en esta parte, sin una descripción separada de la otra. La operación matemática de tal transición se llama traza parcial. El estado local puede ser mixto, aunque el estado del todo es puro. [14]

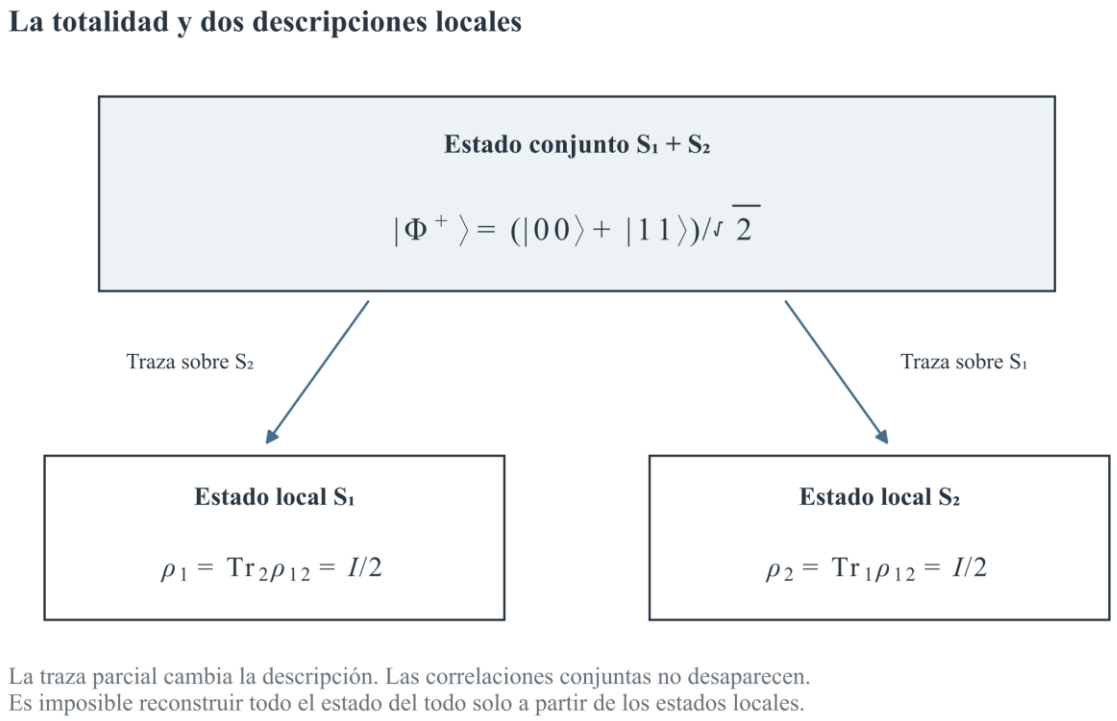


Figura 5. El estado del subsistema se obtiene a partir del estado del conjunto como una traza parcial. Las descripciones locales generalmente no contienen todas las correlaciones conjuntas. El diagrama explica la descripción física; la unidad de la experiencia requiere una explicación separada.

Aquí surge la tentación de colocar inmediatamente la conciencia en el "todo". Parece que la irreductibilidad de las correlaciones conjuntas explica automáticamente la unidad de la experiencia. Sin embargo, estas son dos preguntas diferentes. Las correlaciones muestran cómo se relacionan las estadísticas de medición. La unidad de la experiencia se refiere a por qué ciertos eventos se dan a un sujeto. Todavía se requiere una correspondencia significativa entre ellos.

Si se argumenta que la conciencia pertenece a un sistema compuesto amplio, su límite debe ser determinado. ¿Qué interacciones involucran el

proceso en el sujeto y cuáles simplemente lo conectan con el entorno? ¿Por qué la experiencia no se extiende sin distinción a todos los objetos causalmente conectados con el cuerpo? ¿Cómo debería un cambio en la conexión cambiar las propiedades observables de la experiencia? Sin respuestas, la palabra “todo” solo transfiere la incertidumbre a una escala mayor.

Tales preguntas no prohíben expandir los límites del sistema. Hacen que la expansión sea significativa. Si uno necesita tener en cuenta un subsistema previamente pasado por alto para explicar los datos, será un resultado físico. Pero la pertenencia de este subsistema al sujeto requerirá un argumento más.

De la información física a su significado

En las conversaciones sobre la conciencia, la palabra "información" a menudo se refiere a todo a la vez: una diferencia física, un signo escrito, un mensaje y el significado del mensaje. Mientras tanto, la misma secuencia de signos puede ser comprensible para una persona y no comunicar nada a otra. Los medios físicos siguen siendo los mismos. El significado depende de las reglas de uso y de la historia del sistema que recibe el registro.

La teoría de la información cuántica considera, en particular, la distinguibilidad de los estados y las posibilidades de transferir, transformar y almacenar estos estados. Este análisis nos permite determinar lo que está disponible para el destinatario a través de un canal determinado. No atribuye por sí misma la comprensión o la experiencia al receptor. Por lo tanto, la expresión "la conciencia es información cuántica" requiere una adición: ¿qué estado se quiere decir, qué proceso utiliza sus diferencias, y por qué este uso debe ir acompañado de una cualidad subjetiva?

Hay una frontera más. Un estado desconocido no puede leerse simplemente en su totalidad desde una sola instancia del sistema, como una línea ya hecha en la pantalla. Restaurar una descripción a partir de mediciones requiere ciertas suposiciones y un conjunto de datos. El resultado de una medición particular no es una instantánea de todas las propiedades potenciales. [14]

Esto es especialmente significativo cuando se trata de hablar de la memoria humana como un registro cuántico. Es necesario distinguir entre la preservación de un estado físico, la capacidad de extraer información de él y la restauración de una historia significativa. Incluso los medios perfectamente almacenados no garantizan que un destinatario arbitrario pueda acceder a sus contenidos. Y un registro accesible de la biografía aún no establece la continuidad de la experiencia de la persona cuya biografía describe.

Por lo tanto, la palabra "información" ayuda a construir un modelo solo después de que las relaciones se hayan aclarado. ¿Qué es diferente? ¿Para qué sistema? ¿A través de qué tipo de interacción? ¿Cuáles son las consecuencias del discernimiento? Estas preguntas no requieren de

antemano abandonar la conciencia fundamental, pero no nos permiten reemplazar su explicación con un solo término físico.

El mecanismo cuántico debe tener tiempo para cambiar algo

Que se descubra un estado que preserve las relaciones de fase requeridas. Su existencia en sí misma no explica la función. El mecanismo debe tener tiempo para influir en un proceso que está relacionado con el comportamiento, la memoria o el contenido de la percepción. Para esto, no solo es importante la vida útil del estado, sino también la fuerza de la conexión, la velocidad de transferencia de influencia y la estabilidad del resultado.

Se puede imaginar un dispositivo con una excelente memoria interna, a la que es imposible escribir nada y de la que es imposible extraer nada. Puede ser adecuado para almacenar un estado predeterminado, pero no para procesar información externa. El extremo opuesto también es comprensible: un sistema muy sensible acepta fácilmente la influencia, pero con la misma facilidad pierde sus diferencias bajo la influencia de perturbaciones aleatorias.

Un posible mecanismo cuántico biológico cae entre estos extremos. Necesita apertura selectiva: interactuar con los procesos necesarios y conservar las propiedades de las que depende el resultado durante un tiempo suficientemente largo. En una descripción física, tales propiedades están asociadas con grados de libertad, por ejemplo, con la posición de una partícula o su espín. Esta tarea tiene contenido físico incluso antes de la construcción de una teoría de la conciencia.

Por lo tanto, la pregunta "es el quantum del cerebro" es demasiado amplia. La sustancia del cerebro es descrita por la física cuántica ya en el nivel de enlaces químicos. La pregunta más significativa es: ¿una función cerebral particular usa una propiedad cuántica particular de tal manera que, sin ella, el resultado observado cambia? La respuesta requerirá un modelo que pueda compararse con una aproximación clásica adecuada.

¿Qué preguntas puedes hacer ahora?

Después de la introducción de la descripción cuántica, la idea original toma varias direcciones independientes. Puede explorar qué estados están generalmente disponibles para el medio seleccionado. Es posible averiguar cuánto dura la diferencia entre superposición y mezcla. Es posible probar cómo esta diferencia afecta la respuesta molecular o la función del tejido nervioso. Uno puede preguntarse por separado qué relación tiene que experimentar el proceso encontrado.

Ninguna de estas transiciones se logra solo por notación matemática. El vector de estado no contiene un sujeto listo. El operador de interacción no explica el significado de las sensaciones. La probabilidad de un resultado no es igual a la libertad de decisión. Pero el lenguaje preciso le permite ver la

ubicación de cada brecha y establecer una tarea de investigación específica para ella.

Para la hipótesis del cerebro como interfaz, esto significa la posibilidad de una formulación más rigurosa. La contribución externa prevista debe cambiar el estado físico del sistema observable. Si esta contribución es cuántica, es necesario indicar cómo su acción difiere de una señal aleatoria ordinaria. Si la contribución está asociada con la subjetividad, es necesario explicar por qué un cambio en la conexión física debe ir acompañado de un cambio en un cierto aspecto de la experiencia.

También aparece la posibilidad de un resultado negativo significativo. Las mediciones pueden mostrar que los estados propuestos pierden las propiedades necesarias demasiado rápido. O que una diferencia predicha para un mecanismo adicional está ausente donde el método la detectaría. Tal resultado limitará la construcción específica, preservando la pregunta misma de la naturaleza de la conciencia.

La teoría cuántica hace que la búsqueda sea más exigente. En lugar de profundidad indeterminada, ofrece estados, operaciones y restricciones distinguibles. La siguiente pregunta surge en una escala humana: ¿qué es exactamente lo que debe ser preservado y cambiado para que lo que sucede se sienta que pertenece a un ser?

Capítulo 3

Dónde buscar al que experimenta

Una persona se acerca a una taza y casi nunca decide por separado quién es el dueño de la mano en movimiento. La pertenencia ya está presente en la acción. La copa está en el exterior, la mano sirve como un medio de movimiento, el esfuerzo se siente como propio. Este pequeño episodio parece más simple que la cuestión del origen de la conciencia. Sin embargo, ya combina la percepción del mundo, la representación del cuerpo, la expectativa del resultado y el sentimiento de la propia participación.

Si solo buscas el sujeto como un punto oculto dentro de la cabeza, todo este dispositivo es fácil de perder. En tal búsqueda, la conciencia se presenta de antemano como un pequeño espectador: los sentidos le proporcionan imágenes, la memoria le muestra el pasado, la voluntad le permite presionar botones internos. Pero entonces surge la misma pregunta para el propio espectador. ¿Cómo ve las fotos y siente presión? Mover al observador dentro del sistema no resuelve el problema.

La pertenencia corporal no siempre coincide con la anatomía

En un experimento de Matthew Botvinick y Jonathan Cohen, la mano real del participante estaba oculta a la vista, y se colocó una artificial frente a él. Tocar simultáneamente ambas manos podría causar la sensación de que la mano artificial visible pertenecía al propio participante. Los autores también compararon las condiciones táctiles coincidentes y no coincidentes y evaluaron los cambios en la posición percibida de la propia mano. El trabajo mostró la conexión de la identidad corporal con la coordinación de la información visual, táctil y propioceptiva. Ella no mostró la transferencia de la conciencia en el objeto. [16]

La diferencia es fundamental. La mano física no se ha movido, pero la forma en que se representa el cuerpo ha cambiado. Por lo tanto, el límite experimentado del cuerpo no es una simple fotografía de un límite anatómico. Hay un trabajo de coordinación entre el cuerpo y la sensación del cuerpo. Sus resultados suelen ser tan familiares que se dan por sentado.

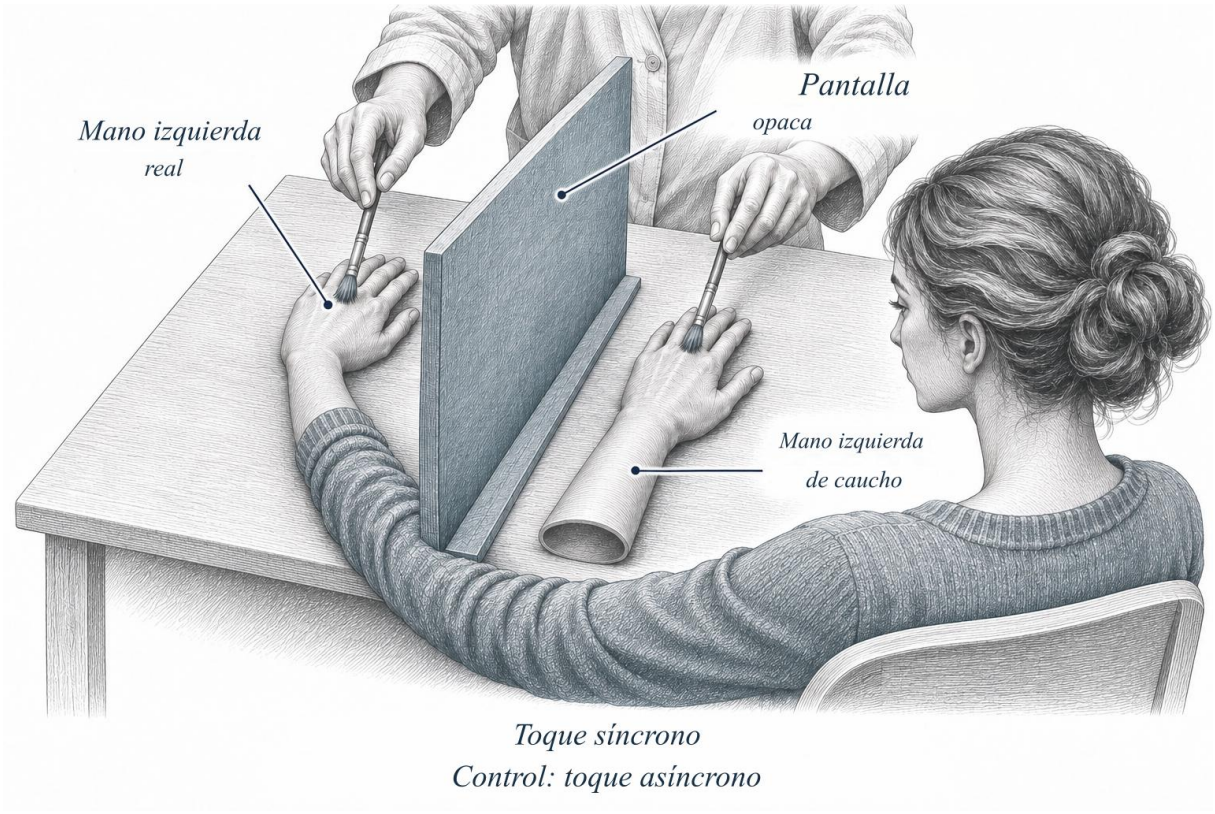


Figura 6. Principio de experimento con la mano de goma [16]. El participante ve una mano artificial, mientras que la mano real está oculta de él por una pantalla opaca; se muestra al lector desde un ángulo diferente. Tocar las dos manos coordina o diverge en el tiempo. La yuxtaposición de información visual, táctil y propioceptiva puede alterar el sentido de pertenencia corporal. La transferencia de conciencia a un objeto no se asume aquí.

Tal coordinación de señales no tiene que ser un razonamiento en palabras. La pertenencia se puede sentir antes de que surja una explicación. Esta es la razón por la cual la observación del yo corporal no debe confundirse con un relato de carácter o biografía. Es posible examinar un componente particular de la auto-representación sin asumir que agota la personalidad.

Una posibilidad significativa surge para la idea de una interfaz: el límite de la experiencia de un individuo puede depender de cómo el sistema relaciona los eventos con su propio cuerpo. Sin embargo, esta posibilidad aún no es elegida por el portador físico de la experiencia. En primer lugar, indica qué tipo de organización debe explicar cualquier teoría que coloque la base de la conciencia dentro del organismo o fuera de él.

El cuerpo se comunica desde dentro

Alguna información sobre el cuerpo viene a través de la visión y el tacto. El otro está relacionado con los procesos internos: respiración, latido del corazón, estado de los órganos. La persona no ve estos procesos de la forma en que ve una taza, pero puede participar en el bienestar y la coloración emocional de lo que está sucediendo. El concepto de interocepción se utiliza para percibir estados internos.

Hugo Critchley y sus colegas examinaron la actividad cerebral durante una tarea para estimar el momento de los propios latidos del corazón. Encontraron asociaciones entre el rendimiento de la tarea y la actividad en una serie de áreas, incluyendo la corteza opercular anterior insular derecha y adyacente. El estudio también encontró correlaciones entre la precisión de la discriminación interoceptiva y varias medidas subjetivas. Esto es evidencia de la participación de sistemas neuronales específicos en el acceso a las señales corporales, en lugar de la detección de una sola ubicación donde se encuentra el sujeto. [17]

Puedes comparar mentalmente dos organismos que reciben la misma imagen del mundo externo, pero que están en diferentes estados internos. Por un lado, el camino hacia el agua es de importancia urgente, por otro sigue siendo una oportunidad neutral. La diferencia aquí no es solo sobre la imagen. Se trata de lo que el cuerpo requiere y qué actividades se vuelven valiosas.

Por lo tanto, la metáfora del cuerpo como pantalla es insuficiente. La pantalla no tiene necesidades propias, mientras que el cuerpo debe mantener su existencia. En un modelo de investigación, esto nos permite conectar la autorrepresentación con la regulación: el sistema distingue los eventos no solo por la forma, sino también por cómo influyen en las condiciones de su existencia futura.

Tal explicación funcional aún no revela el lado cualitativo del hambre o la ansiedad. Describe por qué las señales internas pueden tener un lugar especial en la organización del comportamiento. Para la hipótesis de una conciencia más fundamental, esta organización representa un posible modo de individuación: el proceso físico general, si existe, debe recibir una cierta perspectiva a través de las necesidades y limitaciones específicas del cuerpo.

Varios significados de un “yo”

La palabra “yo” reúne varias facultades. Puedes reconocer tu propio reflejo, recordar tu pasado, distinguir tu propio movimiento de un empujón externo, reportar una experiencia y dudar de la corrección de tu decisión. Tener una habilidad no significa automáticamente tener las otras. Es útil distinguirlos incluso cuando trabajan juntos.

La autorrepresentación corporal se refiere a lo que el cuerpo percibe y dónde se encuentra la perspectiva de la acción. El sentido de autoría se refiere a la participación en un evento: el movimiento se debió a la propia acción o se impuso desde el exterior. La representación autobiográfica conecta el estado actual con la historia. La reflexión le permite hacer sus propias formas de percibir y decidir el sujeto de mayor consideración.

Estas distinciones proporcionan un marco de trabajo para el análisis. No significa que existan varias personas independientes dentro de la cabeza. Más bien, la palabra "yo" describe diferentes relaciones entre un sistema y sus propios estados. Esta distinción nos ayuda a evitar exigir toda la complejidad de una biografía humana a una breve sensación.

Las diferencias de trabajo entre la experiencia, la autorrepresentación y la reflexión se resumen en la Figura 1.

Supongamos que se ha creado un dispositivo que distingue con precisión entre sus propios comandos y las perturbaciones externas. Demuestra una cierta forma de control de la acción. Si el dispositivo almacena adicionalmente el historial, se hace posible conectar el presente con el pasado. Pero incluso la presencia combinada de estas funciones no nos permite simplemente escribir la palabra “experiencia” en la descripción técnica. La cuestión de la subjetividad permanece separada.

El error opuesto es considerar la experiencia subjetiva imposible sin una historia desarrollada sobre uno mismo. En tal definición, la conciencia se identificaría de antemano con una de las formas complejas de autoconciencia humana. Entonces el estudio de otras criaturas se limitaría a formular la pregunta antes de obtener los datos.

Perspectiva de acción sin espectador interno

En la vida cotidiana, los eventos generalmente se presentan en relación con el cuerpo. Más cerca o más lejos, alcanzable o inalcanzable, peligroso o seguro - estas diferencias adquieren significado a partir de una cierta posición. Un modelo de comportamiento requiere un centro de referencia. Sin embargo, el centro de referencia no tiene que ser un objeto separado.

Las coordenadas geográficas no requieren que el pequeño propietario esté dentro del mapa. La posición del observador puede ser determinada por las relaciones entre los objetos y las posibilidades de movimiento. Del mismo modo, la perspectiva funcional de un sistema se puede determinar por la forma en que vincula la percepción, la memoria y la acción. Esta analogía no explica la subjetividad de un mapa o de una máquina; sólo muestra la posibilidad lógica de organización sin un espectador interno.

En el cerebro uno puede buscar los procesos necesarios para un cierto aspecto de la experiencia sin esperar encontrar un órgano en el que se siente un “yo” ya hecho. La investigación de Parvizi y sus colegas analizada en el primer capítulo muestra cómo las intervenciones locales cambian el contenido específico de la percepción. Ayuda a distinguir características, pero no convierte el área de reconocimiento facial en un área de almacenamiento para todo el observador. [15]

La ausencia de un solo centro encontrado tampoco es un argumento a favor de su ubicación externa. Esta sería una conclusión basada en el principio: si el artículo que está buscando no está aquí, entonces está en otro lugar. Tal vez la expectativa original de un artículo individual era incorrecta. Y tal vez se necesite una teoría más amplia. El resultado de la investigación debe elegir entre estas opciones, no la imagen habitual.

El presente debe continuar

La perspectiva de la acción no solo tiene una posición en el espacio, sino también una extensión en el tiempo. Para que un movimiento sea parte de una acción, el sistema debe de alguna manera conectar su comienzo, continuación y resultado esperado. De lo contrario, la secuencia de estados seguiría siendo un conjunto de episodios independientes. Este es un requisito funcional que se puede formular incluso antes de resolver el problema del tiempo subjetivo.

Imaginemos un dispositivo cuyo estado se borra completamente después de cada paso. Recibe una nueva imagen y produce una respuesta, pero no retiene un rastro del evento anterior. Otro dispositivo utiliza el paso anterior para interpretar el actual. La diferencia entre ellos se puede encontrar en tareas donde la misma señal tiene un significado diferente dependiendo del contexto. Sin embargo, la presencia de tal diferencia no significa que el segundo dispositivo sobreviva al paso del tiempo.

Este ejemplo le permite separar las dos sentencias. Ciertas formas de auto-representación requieren la accesibilidad de la historia. Pero la disponibilidad de la historia no es suficiente evidencia de continuidad subjetiva. Ambas afirmaciones deben permanecer en el modelo, de lo contrario perderá certeza funcional o declarará demasiado rápido que cualquier memoria es conciencia.

En la hipótesis de la formación conjunta de la personalidad, la historia de la conexión adquiere un significado especial. Si la individualidad surge en la interacción, es necesario explicar cómo se formaron las propiedades actuales del sistema y qué consecuencias tienen. Una lista de características instantáneas por sí sola no es suficiente para esto. Dos sistemas pueden parecer similares ahora y, sin embargo, tener diferentes historias de relaciones con el mundo.

Por lo tanto, la expresión “mismo sujeto” requiere un criterio seleccionado. Podemos hablar de preservar la memoria, continuar una cadena causal o un sentimiento de auto-reconocimiento. Estos criterios pueden coincidir en la vida ordinaria, pero su coincidencia no puede considerarse de antemano como una ley para todas las implementaciones físicas concebibles.

¿Dónde está el límite del sujeto?

El límite corporal parece un candidato natural para el límite de la conciencia. Sin embargo, incluso a nivel de funciones, el cuerpo depende constantemente del entorno externo. La escritura ayuda a la memoria, una herramienta mejora el movimiento y el lenguaje conecta las decisiones personales con las experiencias de los demás. Esta dependencia nos obliga a aclarar qué significa exactamente incluir algo en el sistema.

Para completar una tarea, puede considerar a una persona junto con un bloc de notas. Para un experimento neurofisiológico, es posible limitar el

análisis al cerebro y a un conjunto específico de señales de entrada. Para estudiar el metabolismo, se necesitará un límite diferente. Todas estas descripciones son aceptables si la elección del límite es apropiada para la pregunta.

Pero la inclusión funcional no equivale a pertenecer a una experiencia subjetiva. El hecho de que un portátil soporte memoria no significa que se sienta junto con el propietario. Del hecho de que sin oxígeno externo el cuerpo deja de funcionar, no se deduce que todo el aire se convierta en parte de un sujeto. La dependencia causal está demasiado extendida para definir el límite de la experiencia por sí misma.

La hipótesis de la interfaz del autor requerirá un criterio más estrecho. Se puede suponer que la individualidad está asociada con una influencia mutua estable entre ciertos procesos internos, el sistema de memoria y el portador adicional putativo. Entonces el límite debe ser determinado no simplemente por la presencia de una conexión, sino por su estructura y consecuencias. Esta es una suposición exploratoria de la que aún no se han derivado diferencias medibles.

Por ejemplo, romper una conexión debe cambiar algo específico, en lugar de explicar todos los cambios posibles. La reducción del acuerdo puede perjudicar la fusión de información, el acceso a la historia o la estabilidad de la autorrepresentación. Si el mecanismo propuesto está específicamente relacionado con la experiencia, será necesario mostrar por qué su acción no puede explicarse completamente por perturbaciones en la respuesta, la atención o la memoria.

Lo que queda de la imagen del avatar

Un avatar en un entorno virtual generalmente ya tiene un usuario externo. El avatar en sí no crea su biografía, necesidades o capacidad de distinguir entre sí mismo y el mundo. Por lo tanto, transferir esta imagen a una persona imperceptiblemente trae demasiadas respuestas listas para usar. Supone personalidad incluso antes de que se explique su origen.

Una versión más cautelosa conserva sólo la idea de la mediación. El cuerpo establece un conjunto de influencias y métodos de acción disponibles. El cerebro los conecta en el tiempo y mantiene la idea de su relación con el cuerpo. La supuesta base fundamental de la experiencia, si existe, participa en esta organización, pero aún no se requiere que contenga una personalidad humana completa.

En tal modelo, el sujeto se considera como un proceso estable. Sus estados actuales dependen de la historia, las necesidades corporales guían la acción y la estructura de la interacción debe explicar cómo múltiples eventos se unen en una perspectiva. Es el dispositivo de esta conexión, y no la imagen del pasajero oculto, lo que se convierte en objeto de investigación.

Esta no es una teoría ya hecha, sino que ya es una dirección para su construcción. En lugar de buscar al pequeño observador, surgen preguntas

sobre la pertenencia, el acceso, la continuidad y los límites. Cada uno de ellos puede asociarse con diferentes mediciones y diferentes posibles errores.

El sujeto sigue siendo la dificultad central. Sin embargo, ahora se formula con mayor precisión: ¿cómo es que la organización física que distingue entre el mundo y ella misma es también la organización para la cual se experimenta lo que sucede? Para seguir adelante, será necesario examinar las viejas ideas sobre el alma y la primacía de la conciencia para que reciban compromisos claros con la observación.

Capítulo 4

Viejas preguntas en forma verificable

La cuestión de si el hombre está agotado por el cuerpo visible surge antes que cualquier dispositivo complejo. La muerte, el sueño, la memoria y el sentimiento de la propia separación nos obligan a buscar una explicación de lo que significa ser alguien. El lenguaje religioso puede responder a esta pregunta a través del alma y su propósito. Filosófico - a través de la relación entre la experiencia y el mundo. El enfoque científico comienza con un requisito diferente: ¿qué observación debe cambiar si la explicación propuesta es verdadera?

Estas formas de hablar no pueden ser simplemente declaradas como nombres diferentes para la misma teoría. Pueden resolver diferentes problemas. Una declaración sobre el significado de la vida no se convierte en una medida cuando aparece una fórmula junto a ella. Pero una imagen o una suposición filosófica puede plantear una pregunta para la cual posteriormente se puede encontrar un modelo físico. Es esta transición la que interesa a este libro.

Lo que se guarda durante la traducción

Hay diferentes significados de la palabra “alma”. Puede denotar personalidad, valor moral, una presencia viva, un principio inmortal o un portador de memoria. Estos valores no tienen que coincidir. Por lo tanto, el trabajo científico comienza con la elección de una declaración específica, y no con la búsqueda de un instrumento que debería detectar todo a la vez.

Si el alma es entendida como la capacidad de experimentar, surge la pregunta acerca de las condiciones de la experiencia subjetiva. Si se supone un portador independiente de biografía, son necesarias preguntas sobre la grabación, el almacenamiento y la recuperación de información. Si hablamos de la acción de una causa inmaterial en un cuerpo, es necesario entender qué cambios observables distinguirán esta acción de interacciones ya conocidas.

Durante la traducción, parte del significado original puede perderse. La ciencia es capaz de probar una determinada declaración sobre la memoria sin resolver la cuestión del propósito humano. Puede limitar el patrón de influencia externa sin hacer un juicio sobre la imagen religiosa del mundo en su conjunto. Los límites de la conclusión se determinan por la declaración específica que se verificó.

Este libro conserva la pregunta original pero la toma en una forma comprobable. En lugar de la afirmación “la personalidad es más grande que el cuerpo”, aparece un problema: ¿hay alguna dependencia observada que requiera que se incluya un portador adicional en el modelo para explicarlo?

En lugar de decir “todo está conectado”, la pregunta es qué conexiones son significativas, cómo se descubren y qué diferencias crean.

La primacía permite diferentes modelos

La asunción de la conciencia primaria puede significar que la experiencia se refiere a las propiedades fundamentales de la realidad. En este caso, no tiene que estar en un punto separado en el espacio. Esta situación se refiere a lo que se considera inicial en una explicación. Para relacionarlo con la física, necesitamos una regla de correspondencia entre una propiedad fundamental y organizaciones físicas específicas.

Otra versión asume un sistema físico independiente fuera del cuerpo. Interactúa con el cerebro y contribuye a la condición humana. Aquí ya surge la tarea de investigación habitual: determinar el medio, el método de comunicación, la magnitud del efecto y las condiciones para su aparición. La naturaleza desconocida del medio no niega estos requisitos.

La tercera versión cambia el énfasis a las relaciones. Ni el organismo ni el supuesto sistema más amplio constituyen por sí solos una persona humana completa. El sujeto individual emerge de la interacción sostenida entre ellos. Esta versión está más cerca de la hipótesis de la formación conjunta de la personalidad desarrollada aún más, pero por ahora también requiere su propio contenido físico.

La diferencia entre las versiones es importante para evaluar el fracaso. Si no se detecta un campo externo particular, esto puede debilitar el modelo de ese campo. No refuta automáticamente ninguna idea de que la experiencia es fundamental. Por el contrario, el atractivo filosófico de la fundamentalidad no apoya el significado específico de la fuerza de acoplamiento en un experimento físico.

La idea se vuelve más precisa cuando deja de moverse entre estos valores basados en la conveniencia. Cada declaración debe conservar su propio sujeto. De lo contrario, un resultado positivo se contará para todas las versiones a la vez, y un resultado negativo no se aplicará a ninguna.

La causa debe dejar una huella perceptible

Imaginemos dos modelos de un experimento. En el primero, el estado de una persona está determinado por el funcionamiento del cuerpo y las interacciones normales con el medio ambiente. El segundo añade un portador externo que actúa sobre cierto proceso cerebral. Si ambos modelos predicen las mismas observaciones en todas las condiciones disponibles, la elección entre ellos aún no se decide por este experimento.

Para que ocurra una diferencia, la participación de un portador adicional debe conducir a un cierto efecto observable. Por ejemplo, puede cambiar la respuesta a un estímulo medido independientemente o especificar una dependencia de la distancia, orientación o tiempo. Estos ejemplos indican el

tipo de predicción que es posible, en lugar de informar propiedades ya descubiertas de la conciencia.

Sin embargo, cualquier coincidencia inusual no indica un nuevo canal. Dos sistemas pueden responder a un factor externo común. El instrumento de medición puede introducir errores similares. La forma en que se seleccionan los episodios puede resaltar coincidencias y omitir discrepancias. Por lo tanto, el modelo debe incluir no solo la causa deseada, sino también las formas reales en que se produce el resultado observado.

También se necesita precaución en la otra dirección. Si el efecto deseado se realiza a través de un cambio en la actividad cerebral, no puede simplemente excluir toda la actividad cerebral del análisis y esperar que el efecto persista. Tal procedimiento puede eliminar la propia ruta de acción. La cuestión es comparar explicaciones causales, no restar mecánicamente todo lo conocido.

Esto da lugar al significado constructivo de la imagen del receptor. Su versión científica comienza donde hay una cierta conexión entre entrada, transformación y salida. El receptor es interesante no por su nombre, sino por el hecho de que le permite predecir cómo cambiará el resultado después de cambiar uno de los enlaces.

La fórmula no reemplaza la relación entre conceptos.

La notación matemática puede dar precisión al modelo. Pero también puede ocultar el vacío si a los símbolos familiares se les asignan significados inciertos. Basta con designar la conciencia con una letra, introducir el coeficiente de “energía espiritual” y escribir una igualdad para obtener un parecido externo a la física. Mientras no haya definiciones y procedimientos de medición, la similitud sigue siendo superficial.

Una ecuación es útil cuando se refiere a cantidades cuyos valores pueden ser especificados, medidos o derivados de otras condiciones. También es necesario comprobar las dimensiones. La energía, el tiempo y la probabilidad no se vuelven intercambiables solo porque se esté discutiendo un sujeto complejo. Si se introduce una nueva cantidad, su significado debe determinarse antes de que se utilice en la explicación.

Incluso un cálculo físico correcto no resuelve automáticamente el problema de la experiencia. Puedes obtener la vida útil de un estado o la probabilidad de una reacción. Para pasar de este valor a la conciencia, se requiere una suposición adicional: por qué le importa exactamente al sujeto y cómo descubrir este significado independientemente de la idea original.

Por lo tanto, la parte matemática del libro servirá para dos propósitos. Debe describir un posible mecanismo y al mismo tiempo mostrar sus límites. El registro estándar de la interacción de dos subsistemas seguirá siendo la física estándar. La contribución del autor comenzará en la selección de conexiones comprobables entre estas dinámicas y aspectos específicos de la experiencia.

Este orden no reduce la audacia de la hipótesis. Se hace visible exactamente donde se propone un nuevo paso. Sin esto, es imposible entender lo que necesita ser probado: una ecuación conocida desde hace mucho tiempo, un mecanismo biológico desconocido o una nueva regla de correspondencia entre la organización física y la experiencia.

Cuando la pregunta aún no se ha convertido en un experimento

Es posible formular una declaración sobre la conciencia que, por definición, no tiene consecuencias observables. Por ejemplo, suponga una entidad adicional que no afecte el cuerpo, la memoria, las acciones y los resultados de medición. Tal declaración puede tener implicaciones filosóficas. Pero el experimento no proporciona una manera de distinguir entre su presencia y ausencia.

Esto no da el derecho a llamar falsa una declaración simplemente porque actualmente no es verificable. Sin embargo, no nos permite presentarlo como un resultado científico natural confirmado. Hay una distancia separada entre la posibilidad lógica y el soporte de datos.

También hay casos intermedios. El modelo puede tener consecuencias observables que actualmente son demasiado pequeñas para los instrumentos disponibles. También sucede que el tipo de efecto ya se ha determinado, pero el portador biológico aún no se ha estudiado lo suficiente. Se puede discutir la sensibilidad de medición futura, el rango de parámetros aceptables y las limitaciones indirectas. Es importante no confundir la inaccesibilidad técnica de una determinada experiencia con la ausencia de cualquier diferencia concebible.

Un resultado negativo también depende de las condiciones. Si el método solo fue capaz de detectar efectos fuertes, la falta de señal limita las variaciones fuertes. No muestra que todo efecto débil esté ausente. Pero la posibilidad de un efecto infinitamente débil no debe convertirse en una forma de guardar cualquier explicación: tal efecto debe ser lo suficientemente significativo para la función que se le atribuye.

Aquí es donde la física y la explicación de la conciencia se unen especialmente de cerca. Un portador que no puede detectarse debido a su efecto insignificante es difícil de reivindicar simultáneamente como la causa de diferencias grandes y duraderas en el rendimiento corporal sin un mecanismo de amplificación adicional.

La misma observación puede apoyar diferentes historias.

Imaginemos que después de cambiar algún parámetro físico, una persona distingue las señales visuales de manera diferente. Un proponente del modelo de interfaz podría atribuir esto a la configuración de un canal adicional. El modelo neuronal podría explicar el resultado por los cambios en la sensibilidad celular. Ambas historias pueden ser compatibles con una

observación. Entonces, la pregunta importante es: ¿qué resultado adicional esperan de manera diferente?

El primer modelo, por ejemplo, tendría que relacionar el cambio con una propiedad determinada independientemente del portador putativo. El segundo es con procesos celulares medibles. La diferencia puede ser pequeña, pero es lo que hace que la comparación sea un estudio. Si se introduce un nuevo mecanismo solo después de que se haya obtenido el resultado y no establece sus propias expectativas, su función explicativa sigue sin estar clara.

Tampoco se puede considerar que una teoría sea superior solo porque use más variables. Los parámetros adicionales le permiten adaptar la descripción a datos ya conocidos. Aparece una comprobación de contenido al pasar a condiciones que no se utilizaron para configurar el modelo. Cuanto más precisa sea la predicción de una nueva observación, más fuerte será la razón para continuar trabajando con el mecanismo correspondiente.

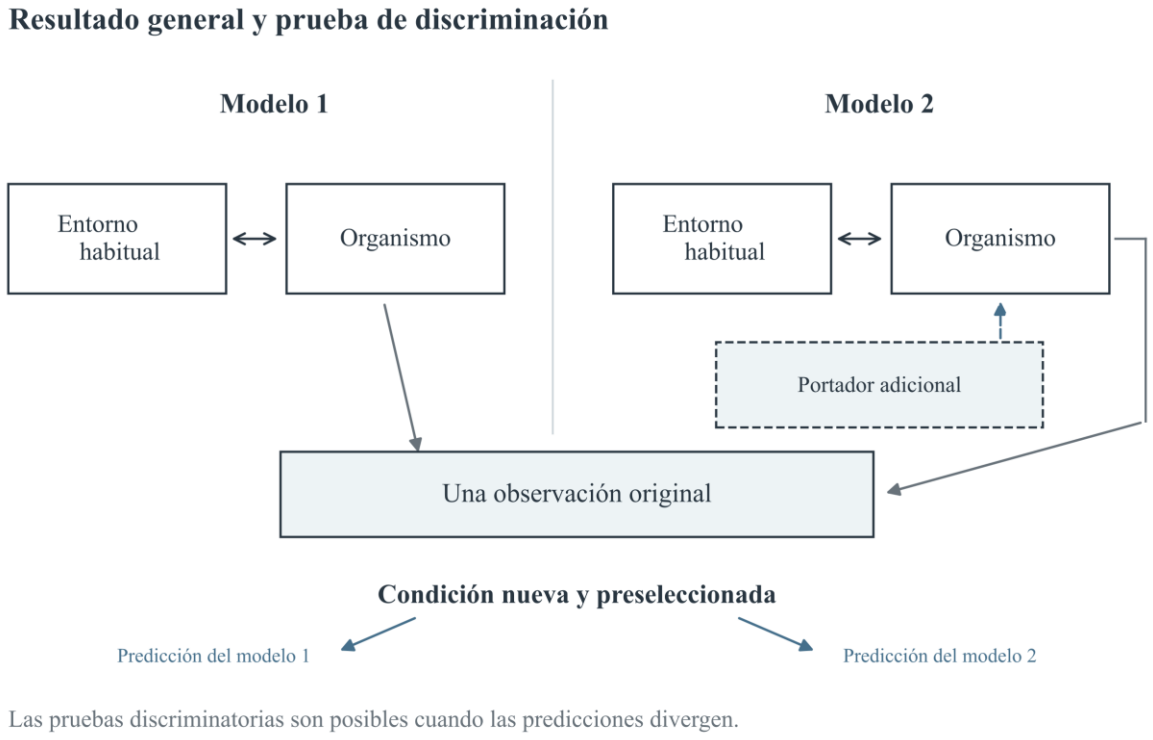


Figura 7. El mismo resultado inicial puede ser compatible con diferentes modelos. Las pruebas discriminatorias requieren una nueva condición y expectativas preformuladas.

Para cuestiones controvertidas, esta regla es especialmente útil. Le permite no decidir de antemano qué imagen de una persona debe ganar. El estudio puede revelar un sistema físico más amplio, o puede revelar la suficiencia de mecanismos que antes se subestimaban. El valor científico de una obra está determinado por cuánto reduce la incertidumbre, no por si el resultado coincide con la expectativa original.

Por lo tanto, una base científica también debe incluir datos que resistan la hipótesis. El medio externo, si existe, no exime al modelo de explicar la

dependencia sutil de la experiencia en el cerebro. Y el éxito de una explicación neuronal de una función particular no convierte automáticamente todas las preguntas sobre la experiencia en resueltas. Cada enfoque debe aclarar exactamente lo que logró explicar.

La hipótesis se hace más fuerte a través de restricciones.

Supongamos que la entrada externa es necesaria solo para la ocurrencia de la experiencia, y toda la información utilizada en el comportamiento está completamente formada por el cerebro. Esta versión difiere de la suposición de que un sistema externo almacena memorias y las transmite al cuerpo. En el primer caso, es necesario encontrar un indicador que sea sensible a la condición esperada de la experiencia en sí. En el segundo, aparecen requisitos adicionales para el canal de información y la memoria.

Si estas opciones se separan por adelantado, los datos pueden cambiar su evaluación de manera diferente. La detección de la influencia física externa aún no muestra la presencia de una biografía externa. Descubrir la capacidad de un sistema para almacenar información aún no muestra que se esté experimentando esta información. Cada transición requiere su propio fundamento.

Los programas científicos existentes ya tienen ejemplos de tal refinamiento. La teoría Orch OR vincula la conciencia con suposiciones específicas sobre los microtúbulos y la reducción objetiva. La hipótesis de Fisher destaca otros medios y procesos. Se pueden discutir precisamente porque nombran los vínculos físicos a los que surgen ciertas preguntas. El uso conjunto de conceptos cuánticos no hace de estos programas una teoría. [4, 7]

La hipótesis de la interfaz de los autores también debe adquirir su propio conjunto de restricciones. No puede servir como un nombre general para todo lo que permanece inexplicable. Debe especificar qué está conectado, por qué la conexión es selectiva, cómo surge la individualidad y cómo esta construcción difiere de una explicación neuronal de las mismas observaciones.

Las viejas preguntas conservan su profundidad. El método de promoción está cambiando. En lugar de buscar la confirmación definitiva de una imagen preseleccionada, es posible eliminar gradualmente los mecanismos inapropiados y fortalecer aquellos que se enfrentan a la comparación. La siguiente parte del libro comienza con un área donde tal enfoque ya tiene un sujeto específico: con procesos físicos en la materia viva.

Segunda parte

Física de un sistema vivo

Capítulo 5

Procesos cuánticos en un mundo cálido

Una célula viva no es como un dispositivo físico cuidadosamente aislado. Las moléculas se mueven en él, tienen lugar reacciones, se consume energía y cambia el entorno de las estructuras individuales. A primera vista, tal entorno parece un lugar inadecuado para efectos cuánticos sutiles. Sin embargo, la formulación de la pregunta en sí necesita aclaración. Mantener un cierto estado durante mucho tiempo y usar un proceso cuántico corto son tareas diferentes.

Una reacción molecular no necesita mantener las propiedades requeridas por un gran ordenador cuántico. Puede usar una cierta dependencia solo en una etapa corta, después de lo cual el resultado se fija por la dinámica química ordinaria. Por lo tanto, el estudio de los procesos cuánticos en la materia viva comienza con la escala del problema: qué exactamente necesita suceder, qué grados de libertad están involucrados y cuánto tiempo requieren.

No toda la física cuántica significa computación cuántica

El enlace químico, el espectro de absorción de una molécula y la estructura electrónica de una sustancia requieren una descripción cuántica. En este sentido amplio, la naturaleza cuántica de la biología no es una hipótesis inusual. Otra afirmación puede llegar a ser inusual: para una determinada función, una coherencia especialmente conservada, entrelazamiento o dinámica de espín es esencial, que no es suficiente para ser reemplazado por un modelo clásico adecuado.

Esta formulación no requiere que todo el organismo esté simultáneamente en un estado cuántico controlable. Diferentes escalas se pueden describir de diferentes maneras. Para una reacción, se necesitan probabilidades cuánticas de transiciones, para la siguiente etapa puede ser suficiente una distribución de concentraciones, y el comportamiento del organismo requerirá otro nivel de descripción.

Es como pasar de un solo elemento a un dispositivo de trabajo. La física del elemento es importante, pero explicar el propósito del dispositivo no surge simplemente acercando una fotografía. Es necesario mostrar cómo los cambios locales influyen en los procesos posteriores. En biología, tal

intermediario podría ser un producto químico, un cambio en la forma de una proteína o un cambio en la velocidad de una reacción.

Por lo tanto, la expresión "efecto cuántico descubierto" deja abierta la pregunta funcional. El efecto puede ser un enlace necesario, un efecto secundario de la estructura de la molécula o un fenómeno accesible solo en condiciones de medición especiales. Elegir entre estas opciones requiere estudiar la relación entre los niveles.

Cómo el spin puede cambiar un resultado químico

Uno de los ejemplos más específicos es el mecanismo de pares radicales. Un radical es una partícula con un electrón no emparejado. Si el proceso general produce un par de radicales, los estados de espín de los dos electrones pueden influir en las vías disponibles para una transformación adicional. El espín aquí es una propiedad cuántica, no el espín literal de una bola pequeña.

En una descripción simplificada, se distinguen los estados singlete y triplete del par. Un singlete tiene un espín total de cero; un triplete combina tres estados con un espín total distinto de cero. Estas son las propiedades del estado cuántico común de dos electrones. Las interacciones con los núcleos circundantes y el campo magnético pueden cambiar la proporción de estos estados con el tiempo. Si los canales químicos difieren en su dependencia del espín, el cambio en la dinámica se refleja en el rendimiento del producto. De esta manera la influencia magnética consigue el camino hacia el resultado químico.

Klaus Schulten, Charles Swenberg y Albert Weller en 1978 propusieron un mecanismo de brújula química en el que la sensibilidad a la dirección del campo está asociada con las peculiaridades de la dinámica de espín de los pares radicales. Su trabajo fue una propuesta física de un posible mecanismo para la sensibilidad magnética en los sistemas vivos. [19]

La importancia de esta idea radica en la estructura de la explicación. El campo externo no tiene que proporcionar toda la energía de la reacción posterior. Puede cambiar la probabilidad relativa de trayectorias, y la energía proviene de otra fuente, como una excitación de luz previa. Esto permite entender por qué la comparación de la energía de un efecto débil con la energía total del sistema no siempre resuelve el problema de la sensibilidad.

Sin embargo, la sensibilidad no surge sin condiciones. Los tiempos de reacción, los tipos de interacciones, la estructura espacial de la molécula y los procesos competitivos son importantes. Si las diferencias desaparecen antes de que cambie el rendimiento, el mecanismo propuesto no realiza la función deseada. Por lo tanto, la palabra "cuántico" debe ir seguida de una descripción de las reacciones químicas específicas y sus tasas.

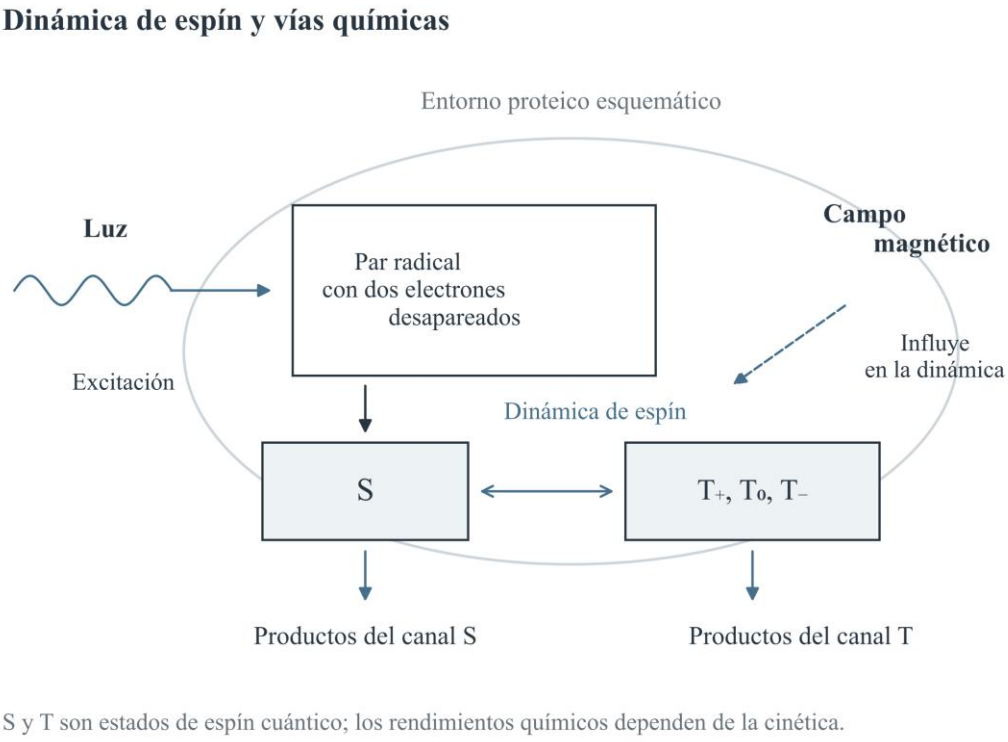


Figura 8. Esquema simplificado del mecanismo de pares de radicales. Cambiar la dinámica de espín puede cambiar las probabilidades de las vías químicas dados los tiempos e interacciones correctas.

Lo que se ha medido en criptocromo

Un estudio realizado por Jingjing Xu y sus colegas, publicado en 2021, examinó la fotoquímica del criptocromo 4 del petirrojo europeo. Los experimentos con la proteína aislada revelaron sensibilidad a un campo magnético; esta sensibilidad difería de la de las proteínas de las otras especies de aves examinadas. Los cambios en las regiones individuales de la proteína ayudaron a investigar el papel de los pares radicales sucesivos. Estos resultados apoyan la investigación de un mecanismo molecular específico. Se refieren a mediciones fuera de todo el organismo y no registran directamente cómo un pájaro experimenta la dirección. [9]

La naturaleza de la pregunta es especialmente importante en esta historia. Los investigadores aislaron la sustancia, seleccionaron la exposición y midieron la dependencia de la fotoquímica de las condiciones. Esto permite comparar el mecanismo propuesto con otras explicaciones físicas del resultado.

Para una teoría de la conciencia, tal experimento representa un ejemplo de concreción. Si se sospecha de un portador específico en el cerebro, es útil preguntar si primero se puede estudiar independientemente del comportamiento complejo. ¿Qué cantidad está cambiando? ¿Qué influencia actúa selectivamente? ¿Qué opciones de explicación química quedan? Estas preguntas nos permiten fortalecer el vínculo físico incluso antes de discutir la experiencia subjetiva.

Dicho esto, el estudio independiente tiene un precio. Al resaltar una estructura, el investigador cambia su entorno. Por lo tanto, la confirmación de laboratorio de una cierta propiedad y la confirmación de su función natural forman diferentes etapas. La primera es capaz de hacer plausible y verificable la segunda, pero no la sustituye.

El medio ambiente dificulta y ayuda

El medio ambiente a menudo se representa solo como una fuente de destrucción. Para algunos problemas cuánticos, esta es una primera aproximación útil: las interacciones con el entorno resultan en una pérdida de las relaciones de fase disponibles. Sin embargo, el mecanismo biológico no puede separarse completamente del medio ambiente. Recibe energía y sustancias, interactúa con las estructuras vecinas y debe transmitir el resultado aún más.

Por lo tanto, para un sistema vivo la cuestión es la naturaleza de la conexión. Solo las interacciones destruyen la distinción necesaria para la función. Otros crean las condiciones para una reacción o refuerzan su resultado. El mismo cambio ambiental puede ser beneficioso en una etapa y dañino en otra. No hay una conclusión universal de la palabra “ruido”.

La máquina molecular imaginaria ilustra bien esta dualidad. Si lo haces completamente insensible al mundo exterior, la posibilidad de registrar una señal desaparecerá. Si se hace sensible a todo, las distinciones útiles pueden perderse entre los cambios aleatorios. Un diseño de trabajo requiere selectividad, que está determinada por la energía del estado, la geometría y los modos de interacción.

Este razonamiento no garantiza que se implemente la selectividad necesaria en el cerebro. Explica qué tipo de dispositivo podría valer la pena verificar. En lugar de una vaga defensa de "todo el ruido", es necesario determinar qué perturbaciones son significativas y por qué algunos grados de libertad pueden ser menos sensibles a ellas que otros.

El desequilibrio tampoco es una respuesta preparada. Una afluencia constante de energía puede soportar ciertos procesos, pero en sí mismo no demuestra la preservación de la coherencia necesaria. Tendremos que mostrar dónde va la energía, cómo se restaura el estado y si la restauración introduce incertidumbre adicional.

Supongamos que el enfriamiento de la muestra mejora el efecto observado. Este resultado es compatible con una disminución en algunas perturbaciones, pero la temperatura cambia simultáneamente las tasas de reacciones químicas y las propiedades del medio. Por lo tanto, una comparación de temperatura por sí sola no resalta el mecanismo deseado. Para una explicación, el conjunto de dependencias que se esperan de antemano del modelo es importante.

Una dificultad similar surge cuando cambia la composición de una sustancia. La sustitución de un isótopo puede cambiar no sólo las

propiedades de espín, sino también otras características del sistema. Un cambio en una proteína puede afectar tanto a la vía putativa de transmisión de excitación como a la estabilidad habitual de la estructura. Por lo tanto, la precisión de una intervención está determinada por sus consecuencias físicas, y no por el nombre del método elegido.

Esto hace que la investigación sea más lenta que simplemente buscar una señal inusual, pero permite que las explicaciones se diferencien. Una imagen consistente se convierte en un argumento fuerte: un cierto efecto cambia un cierto parámetro, el cambio se refleja en la parte esperada de la dinámica y las condiciones de control comparables no dan el mismo resultado. Esta imagen todavía permite la revisión, pero conecta la hipótesis con la estructura del sistema mucho más de cerca que una sola coincidencia.

Del efecto molecular a la función

Deja que el efecto molecular exista y se reproduzca. La siguiente tarea es averiguar si el cuerpo obtiene acceso a su resultado. Esto requiere un camino de una pequeña diferencia en respuesta a un cambio más sostenible. Sin tal vía, el efecto puede permanecer físicamente interesante y biológicamente insignificante.

Puede rastrear mentalmente la cadena: la probabilidad de la reacción difiere, la cantidad del producto cambia, el estado de la estructura sensible cambia, luego surge una diferencia en la respuesta celular. Cada transición viene con su propia incertidumbre. Un efecto pequeño puede aumentar, promediar o desaparecer entre procesos paralelos.

La amplificación no significa que la información aparezca de la nada. Puede hacer una pequeña diferencia conveniente para su uso posterior consumiendo energía del sistema. Pero junto con el efecto beneficioso, las perturbaciones extrañas también pueden aumentar. Por lo tanto, no solo es importante la magnitud de la respuesta final, sino también su especificidad: ¿depende de la propiedad para la que se propone el modelo?

Para la conciencia, la cadena se vuelve aún más larga. Después de las etapas física y celular, es necesario aclarar la relación del proceso con el estado o contenido de la experiencia. La influencia en el movimiento, por ejemplo, no es lo mismo que la influencia en la experiencia. Los efectos en la memoria pueden cambiar la historia del pasado sin necesariamente cambiar la experiencia en sí en el momento del evento.



Figura 9. Niveles de verificación de un posible mecanismo. La presencia de un efecto molecular, su función celular y su relación con la experiencia requieren razones separadas.

Esta división hace posible el éxito parcial. La investigación puede identificar un nuevo mecanismo celular, incluso si no se confirma su conexión específica con la conciencia. Esto seguirá siendo un resultado de la materia viva. El requisito de explicar inmediatamente el origen de la subjetividad en su totalidad evitaría que uno se diera cuenta de su significado.

¿Qué recursos cuánticos son realmente necesarios?

Diferentes mecanismos tienen diferentes requisitos. Por un lado, la fase en una base determinada es esencial. Por otro lado, la dependencia del espín de la reacción. Para el tercero - ciertas correlaciones entre subsistemas. El requisito del tiempo de conservación de una propiedad no puede transferirse a todos los demás mecanismos cuánticos en los sistemas vivos.

Una etapa cuántica corta puede dejar una huella clásica a largo plazo. En este caso, almacenar el resultado no requiere mantener el estado cuántico original durante todo el comportamiento posterior. Y viceversa, si el modelo asume el almacenamiento directo a largo plazo de la información cuántica, un efecto inicial corto no es suficiente para ello.

Esta distinción ayuda a evaluar modelos de conciencia sin extremos. Ni la prueba de ningún efecto cuántico molecular ni la evaluación de la rápida destrucción de una superposición seleccionada proporcionan una respuesta para todas las arquitecturas posibles a la vez. Es necesario averiguar

exactamente qué operación se necesita para una arquitectura dada y en qué etapa se realiza.

También se puede suponer que un proceso útil implica una secuencia de eventos locales, cada uno de los cuales ocurre de nuevo. Entonces la estabilidad de una función está determinada por la reproducibilidad del proceso, y no por la preservación eterna de un estado. Pero si el modelo del autor requiere la unificación de tales eventos en un solo sujeto, esta unificación debe describirse adicionalmente. La repetición de una reacción molecular en sí misma no crea un criterio obvio de unidad subjetiva.

Lo que la biología cuántica da a la hipótesis de la interfaz

La biología cuántica muestra cómo un mecanismo aparentemente inusual puede convertirse en una pregunta sobre la materia, la reacción y la medición. También enseña precaución cuando se mueve entre escalas. Una propiedad de una molécula, una función de una célula, el comportamiento de un animal y una experiencia no son resultados intercambiables.

En la hipótesis que se está desarrollando, la interfaz propuesta debe tener precisamente esta certeza física. Es necesario comprender lo que recibe, lo que transforma y lo que transmite. Si el portador es spin o estados electrónicos, será necesario estudiarlos en condiciones reales, y no limitarnos al nombre de una clase de fenómenos.

La metáfora del receptor se vuelve más significativa. Un posible mecanismo puede no recibir una corriente de conciencia ya hecha, pero puede conectar selectivamente ciertos estados del cuerpo con un sistema físico más amplio. Sin embargo, la utilidad de esta conexión depende de su velocidad, estabilidad y capacidad para crear consecuencias discernibles.

Por lo tanto, la siguiente pregunta se refiere al tiempo. Incluso si los estados deseados son físicamente permisibles, deben conservar sus propiedades esenciales el tiempo suficiente para el efecto deseado. Para apreciar esta condición, es necesario distinguir entre varios procesos, que en la conversación a menudo se combinan con la misma palabra “decoherencia”.

Capítulo 6

¿Cuánto dura la conexión?

Supongamos que se ha encontrado un estado que podría participar en la operación de la interfaz cuántica propuesta. La siguiente pregunta parece simple: ¿cuánto tiempo vive? Pero diferentes procesos pueden ocultarse al mismo tiempo. El sistema puede conservar energía y perder relaciones de fase. Puede retener correlaciones individuales pero dejar de realizar la operación deseada. Puede producir una señal promediada estable, aunque el estado de cada instancia cambia rápidamente.

Por lo tanto, la discusión del tiempo comienza con la definición de lo que debe ser preservado. La memoria, la transferencia de excitación y la reacción requieren diferentes propiedades. Un número sin especificar el estado, entorno y tarea no permite evaluar la idoneidad del mecanismo.

La energía y la fase se pierden de diferentes maneras.

Considere un sistema simple con dos niveles de energía. Puede intercambiar energía con el medio ambiente, acercándose a la distribución de equilibrio de las poblaciones: las probabilidades de detectarla en cada nivel. El tiempo característico de tal proceso a menudo se denota T_1. Otra cantidad, T_2, describe el decaimiento de ciertas relaciones de fase entre niveles. Para un modelo específico de dos niveles, estos procesos están relacionados, pero no coinciden.

Para describir el estado, es conveniente usar la matriz de densidad ρ - una tabla de cantidades a partir de la cual se calculan las probabilidades de los resultados de medición. El elemento ρ_{01}, situado fuera de su diagonal principal, describe la coherencia entre los niveles seleccionados. En la aproximación exponencial, su módulo puede cambiar de la siguiente manera:

$$|\rho_{01}(t)|=|\rho_{01}(0)|e^{-t/T_2}.$$

Los índices 0 y 1 se refieren a los niveles seleccionados, y t denota tiempo. La fórmula muestra la rapidez con que disminuye la coherencia específica en esta base. Es aplicable dentro de la aproximación especificada y no mide la duración del pensamiento humano.

Consideremos ahora un modelo simple de Markov: los cambios adicionales en el sistema están determinados por su estado actual, sin tener en cuenta por separado la historia del entorno. Si la relajación energética se combina con un desfasamiento puro independiente, la relación se mantiene:

$$\frac{1}{T_2}=\frac{1}{2T_1}+\frac{1}{T_\varphi}.$$

El tiempo Tφ caracteriza la desfase pura, que no requiere cambios en las poblaciones de nivel. Esta relación se obtuvo para el modelo seleccionado; no puede transferirse automáticamente a otras formas de describir la

coherencia. El lenguaje matemático general de la dinámica cuántica abierta de Markoviano fue formulado, en particular, en el trabajo de Gran Lindblad. [18]

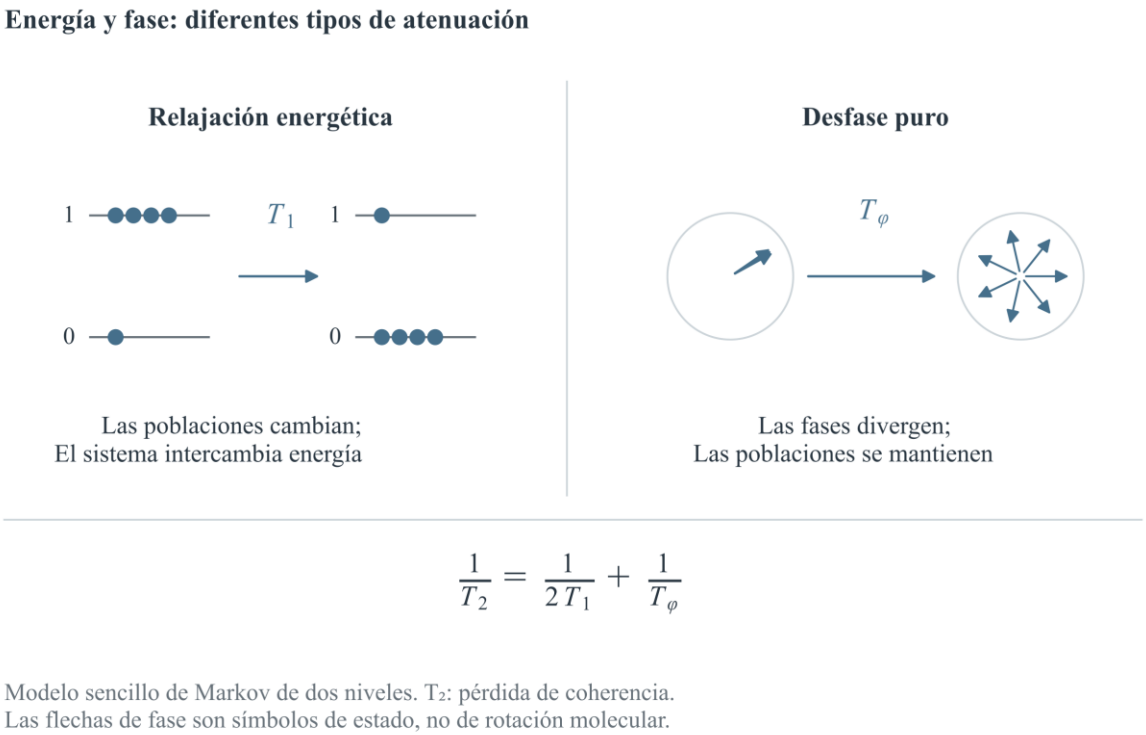


Figura 10. Diferentes procesos en un modelo simple de dos niveles. T_1 describe la relajación energética, T_2 es el decaimiento de la coherencia seleccionada; la desfase pura puede ocurrir sin redistribución de la población.

Esta separación evita inmediatamente un error. La conservación prolongada de la polarización de espín o energía no demuestra una conservación igualmente prolongada de todas las relaciones de fase. Por el contrario, la observación de la rápida desintegración de una señal aún no establece la vida útil de cada posible propiedad de información del sistema.

La decoherencia depende de la pregunta al sistema

La coherencia se determina en relación con el método elegido de descomposición del estado. Si se discute una superposición de dos posiciones espaciales, las interacciones que pueden distinguir entre estas posiciones son esenciales. Si se consideran ciertos estados de espín, otras conexiones son importantes. El mismo material puede proteger diferentes grados de libertad de diferentes maneras.

Por lo tanto, es imposible asignar un solo “tiempo cuántico” al cerebro por adelantado. Es necesario nombrar el sistema, la base, el estado y la cantidad medida. Incluso entonces, el resultado dependerá de la temperatura, la composición del medio, las frecuencias de perturbación, las distancias y los métodos de preparación. Esta dependencia es parte de la física del mecanismo.

La diferencia entre un sistema individual y un conjunto también es importante. Muchos especímenes similares pueden tener frecuencias ligeramente diferentes. La señal promediada se atenúa entonces debido a la divergencia de fase entre las instancias, aunque parte de esta atenuación no se debe a la pérdida irreversible de información por cada una de ellas. Bajo condiciones adecuadas, algunas contribuciones pueden ser separadas por una secuencia especial de acciones.

Esta es la razón por la cual la palabra "tiempo" en el gráfico requiere explicación. ¿Se determina a partir del ancho de línea espectral, de la atenuación de la respuesta después de la excitación o de un procedimiento especial de recuperación de fase? ¿Se comparan los mismos estados? Sin estas aclaraciones, designaciones similares pueden ocultar diferentes cantidades físicas.

Para el libro, esto significa tener que leer cuidadosamente las promesas numéricas. Una declaración sobre un estado de larga vida solo se vuelve significativa cuando se acompaña de una descripción de cómo se preparó, qué se observó y qué proceso limita su vida útil.

La aproximación de Markov a menudo simplifica el cálculo, pero su aplicabilidad debe justificarse. No expresa una propiedad universal de ningún entorno: si es suficiente conocer solo el estado actual del sistema depende de qué interacciones y escalas de tiempo son esenciales para la tarea elegida.

Si el entorno conserva una memoria significativa de la interacción, parte de la información puede influir de nuevo en el sistema. Entonces la atenuación no tiene que ser descrita por un solo exponencial. Las dependencias de tiempo más complejas son posibles, y una T_2 el número solo puede transmitir parte de la imagen. Se necesitará un modelo más completo para explicar estas dinámicas; simplemente reemplazar un tiempo característico por otro puede no ser suficiente.

Sin embargo, la memoria del entorno no es igual a la memoria del individuo. En la descripción física estamos hablando de la dependencia de los cambios actuales de las interacciones anteriores. Esta dependencia puede existir en un sistema al que nadie atribuye una autobiografía o experiencia. Por lo tanto, la palabra "memoria" aquí debe asociarse con qué diferencias se conservan y cómo se manifiestan.

Para la hipótesis de la portadora externa, esta es una distinción particularmente útil. El entorno puede retener un rastro físico de un evento sin mantener un registro accesible por el organismo de su contenido. Devolver parte de las correlaciones puede cambiar la respuesta sin restaurar la experiencia previa. Entre tales efectos y la continuación de la historia subjetiva quedan vínculos separados de explicación. Tener en cuenta un sistema abierto nos permite plantear estas preguntas con precisión sin responderlas de antemano.

La temperatura no reemplaza los cálculos de interacción

En un ambiente cálido, muchos grados de libertad se excitan activamente. Esto puede amplificar ciertas perturbaciones. Sin embargo, la temperatura en sí no determina la velocidad de decoherencia. Es importante cuán fuertemente el estado seleccionado está asociado con estas perturbaciones y qué frecuencias del medio son importantes para ello.

Comparar las energías de transición con las escalas térmicas es útil cuando se discuten las poblaciones y el equilibrio. Pero no resuelve automáticamente el problema del tiempo de conservación de la relación de fase en ningún sistema de desequilibrio. Es necesario describir cómo cambia el estado con el tiempo. El sistema puede perder rápidamente las propiedades deseadas bajo excitación térmica débil o retener ciertas propiedades más tiempo debido a las peculiaridades de la interacción.

Esto no implica que el entorno biológico proporcione protección preparada. Deberá especificarse un mecanismo de protección que sea compatible con la función. Si un grado de libertad apenas interactúa con su entorno, es difícil interrumpirlo y usarlo para transmitir una señal.

Surge un compromiso familiar. El portador debe retener las diferencias lo suficientemente bien y al mismo tiempo conectarlas con otros procesos lo suficientemente rápido. Para la hipótesis de la interfaz, esta compensación es especialmente importante: la conexión con la contribución externa no puede fortalecerse sin evaluar qué perturbaciones adicionales vienen a través del mismo camino físico.

¿Qué muestra el debate sobre la decoherencia cerebral?

Max Tegmark estimó tiempos de decoherencia muy cortos para los modelos de procesos cerebrales que examinó y los comparó con una dinámica neuronal más lenta. Su conclusión fue un argumento contra ciertas variantes de la computación cuántica en el cerebro. Este es un cálculo teórico dependiendo de los estados e interacciones seleccionados. [5]

Scott Hagan, Stuart Hameroff y Jacek Tuszynski desafiaron algunas de las suposiciones de este cálculo en relación con sus estados de microtúbulos propuestos y obtuvieron estimaciones a más largo plazo. También discutieron los posibles términos para la protección adicional. Su trabajo representa una respuesta teórica en lugar de una medición directa del tiempo de coherencia en el cerebro consciente. [6]

El significado científico de la disputa no se reduce a elegir un número más agradable. Diferentes cálculos deben ser llevados a condiciones físicas comparables. Si se están evaluando diferentes superposiciones, diferentes distancias entre alternativas o diferentes conexiones con el entorno, la diferencia en el tiempo puede reflejar una diferencia en los modelos. No es en sí mismo una contradicción de la aritmética.

El siguiente paso debería reducir la incertidumbre de estas mismas premisas. ¿Qué estados están realmente disponibles? ¿Cuáles son las

propiedades de su entorno? ¿Cuánta de la supuesta protección persiste en el tejido vivo? ¿Cómo relacionar el estado seleccionado con la respuesta medida? Sin tal trabajo, una disputa puede permanecer durante mucho tiempo un intercambio de evaluaciones incompatibles.

Esta es una lección útil para la hipótesis del autor. Es imposible seleccionar la estimación más grande de tiempo de la literatura y declarar que es la vida útil del portador deseado. El valor se aplica a un modelo específico y condiciones específicas. Su transferencia a otra estructura debe justificarse de nuevo.

El tiempo de vida tiene sentido junto con el tiempo de acción

Supongamos que la coherencia persiste durante mucho tiempo según los estándares de una sola reacción molecular. Para una operación lenta, el mismo período puede ser completamente insuficiente. Por lo tanto, no solo es importante el valor absoluto, sino también la relación del tiempo en que se conserva la propiedad al tiempo de su uso previsto.

Denominemos el tiempo de la acción requerida por τ. Si una acción requiere mantener la coherencia elegida durante toda su duración, el valor de T_2 Deben ser evaluados en relación con τ. Esta es solo la condición inicial. Incluso una relación de temporización favorable no garantiza la precisión de la operación, la presencia de la conexión deseada o la capacidad del sistema para extraer el resultado.

Conviene ilustrar la escala con un ejemplo hipotético. Un microsegundo (μs) equivale a una millonésima de segundo. Supongamos que la acción dura 1 μs. Si $T_2 = 10$ μs, al finalizar se conserva alrededor del 90.5% del módulo inicial ρ_{01}; si $T_2 = 0.1$ μs, se conserva alrededor del 0.0045%. Son valores de un modelo exponencial reducido con parámetros elegidos para ilustrar el caso, no mediciones del cerebro. Nos interesa la relación entre los tiempos: una misma duración de la acción puede ser corta o larga en comparación con el tiempo de decaimiento.

La situación opuesta tampoco siempre significa que el efecto sea inútil. Un proceso corto puede cambiar la probabilidad de una reacción, después de lo cual el resultado se mantiene de otra manera más estable. Entonces sería incorrecto comparar el tiempo de coherencia con toda la duración del comportamiento. Se requiere una comparación con la etapa en la que se usa realmente la propiedad cuántica.

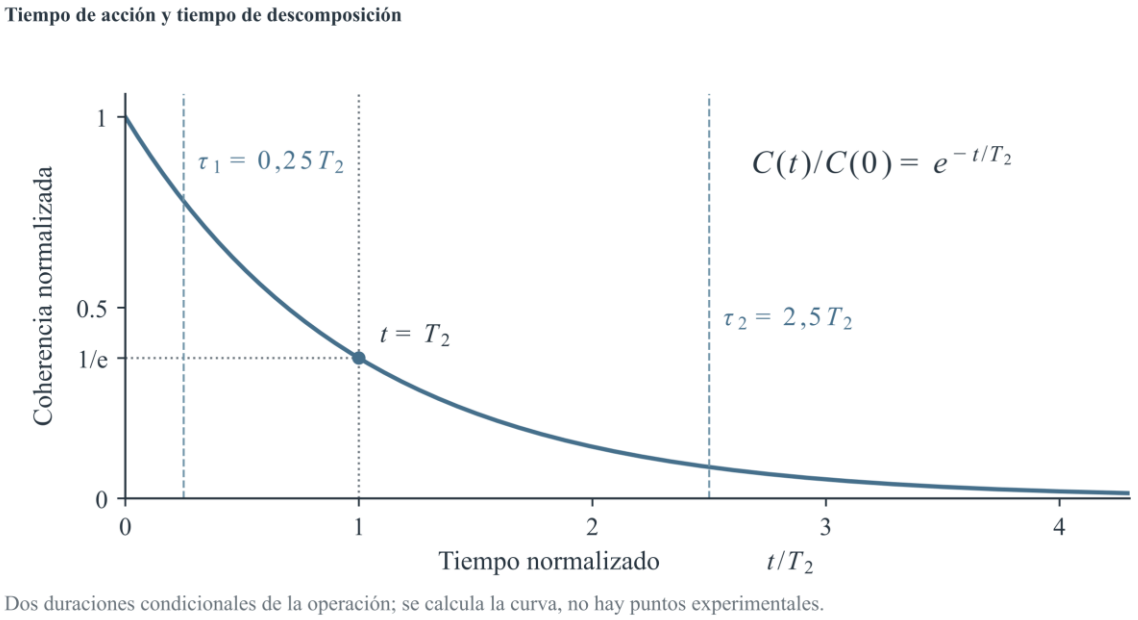


Figura 11. Modelo de entrenamiento exponencial. El tiempo de operación se compara con la atenuación de la coherencia deseada. T_2 es un momento característico, y no el momento de la desaparición instantánea de la propiedad.

Esto abre varias posibilidades a la hora de construir un modelo cerebral. Un proceso cuántico puede ser una semilla local, una transformación repetible o un portador de información de larga duración. Cada versión tiene sus propios requisitos de tiempo. Por lo tanto, la afirmación de que el tiempo es demasiado corto o suficientemente largo solo debe evaluarse después de que se haya seleccionado la arquitectura.

Sin embargo, la arquitectura no debe aparecer únicamente para guardar un cálculo fallido. Si se reemplaza una memoria larga por una cadena de eventos cortos, es necesario volver a describir cómo se transfiere la información entre ellos y por qué se retiene la función. El nombre de "actualización continua" no hace el trabajo por sí solo.

Cómo distinguir entre la persistencia de estado y la persistencia de función

Una función corporal normal puede ser estable, aunque sus constituyentes moleculares cambian constantemente. A nivel de modelo, esto significa que la organización del proceso se conserva, y no necesariamente cada elemento físico. Del mismo modo, un posible mecanismo cuántico podría replicarse muchas veces sin mantener una sola entidad cuántica inmutable.

Pero la estabilidad de la función no nos permite concluir automáticamente que la coherencia cuántica se conserva continuamente en el interior. La función se puede llevar a cabo a través de una secuencia de etapas, entre las cuales se transmite el resultado clásico. Para distinguir entre tales variantes,

se necesitan mediciones que sean sensibles al recurso cuántico esperado en la etapa deseada.

Hay un nivel más: la estabilidad del sujeto. Incluso si una cierta función se reproduce sin error, la pregunta sigue siendo por qué sus realizaciones sucesivas se refieren a un solo ser experiencial. El tiempo de coherencia física no puede reemplazar el criterio de continuidad personal. De lo contrario, la duración del proceso molecular elegido, sin prueba, se convertiría en la duración de la existencia del "yo".

Separar estos niveles ayuda a evitar falsas elecciones. El comportamiento sostenible no requiere que cada elemento sea constante para que exista. Pero para un modelo que vincula directamente la unidad de conciencia con un cierto estado cuántico, la destrucción de este estado particular se convierte en un evento significativo que simplemente no puede ser declarado sin importancia.

Cuando la vida permite probar una hipótesis

Un estudio útil relacionaría el tiempo hasta la función y la condición específica. Si se establece que un cierto estado es necesario para un cierto efecto, el modelo debe predeterminar el rango sobre el cual la pérdida del estado cambia ese efecto. La medición es entonces capaz de restringir la hipótesis.

Para hacer esto, no es necesario comenzar con un organismo consciente completo. El vínculo físico se puede estudiar en un sistema más simple, donde es más fácil distinguir las causas. Entonces será necesario comprobar si se mantienen las condiciones deseadas cuando se mueve al entorno celular y al tejido. Cada transición aumenta el realismo al tiempo que agrega procesos competitivos.

El fracaso temprano puede ser muy significativo. Si el portador no retiene la propiedad deseada incluso en condiciones más favorables que las esperadas biológicamente, la implementación elegida pierde soporte. Si se descubre la propiedad, hay una razón para explorar la siguiente etapa, pero aún no hay una explicación lista de la subjetividad.

El tiempo se convierte en parte de la descripción causal: determina lo que el sistema logra lograr y qué diferencias conserva. Ahora echemos un vistazo a los microtúbulos, uno de los candidatos para un portador físico, y compruebe lo que las mediciones de sus propiedades ópticas sugieren.

Capítulo 7

Microtúbulos bajo la luz

En un laboratorio óptico, una solución de proteína se puede iluminar de una manera que nunca se ilumina dentro de un cerebro vivo. Esto no hace que el experimento carezca de sentido. La excitación controlada le permite hacer a un material una cierta pregunta física: ¿dónde va la energía absorbida, qué tan rápido se disipa, depende el resultado de la disposición de las moléculas? La respuesta caracteriza las capacidades de la sustancia. Para saber su papel en el cuerpo, entonces tendrá que averiguar si el cuerpo utiliza esta capacidad.

Es en este límite donde se encuentra la investigación sobre las propiedades ópticas de los microtúbulos. Son interesantes para la biología cuántica porque conectan la arquitectura de proteínas ordenadas con estados moleculares que pueden absorber y emitir luz. Para un libro sobre la conciencia, un sujeto específico de estudio aparece aquí: la estructura física, sus estados y transiciones medibles. Ahora la expresión “procesos cuánticos en el cerebro” puede ser reemplazada por preguntas sobre un medio muy específico.

Arquitectura de proteínas

El microtúbulo se compone de unidades de proteína repetitivas llamadas tubulina. Para la biología celular, es parte de la organización interna de la célula, relacionada en particular con el transporte y las propiedades mecánicas. Para la óptica, la misma estructura representa una disposición ordenada de grupos moleculares. Diferentes descripciones se refieren al mismo objeto, pero resaltan diferentes propiedades. Por lo tanto, el descubrimiento de la fotoquímica interesante no niega las funciones celulares conocidas, ni tampoco confirma en sí mismo una nueva función. [10]

El triptófano atrae una atención especial. Sus estados electrónicos permiten la absorción de la luz ultravioleta y la emisión posterior. En una proteína, las propiedades de tal grupo dependen del medio ambiente: grupos vecinos, solvente, geometría y posibles formas de pérdida de energía. Cuando las unidades de proteína se combinan en una estructura más grande, no solo cambia su número. Las distancias y orientaciones entre los grupos cambian, y junto con ellos, las posibles interacciones. [10, 11]

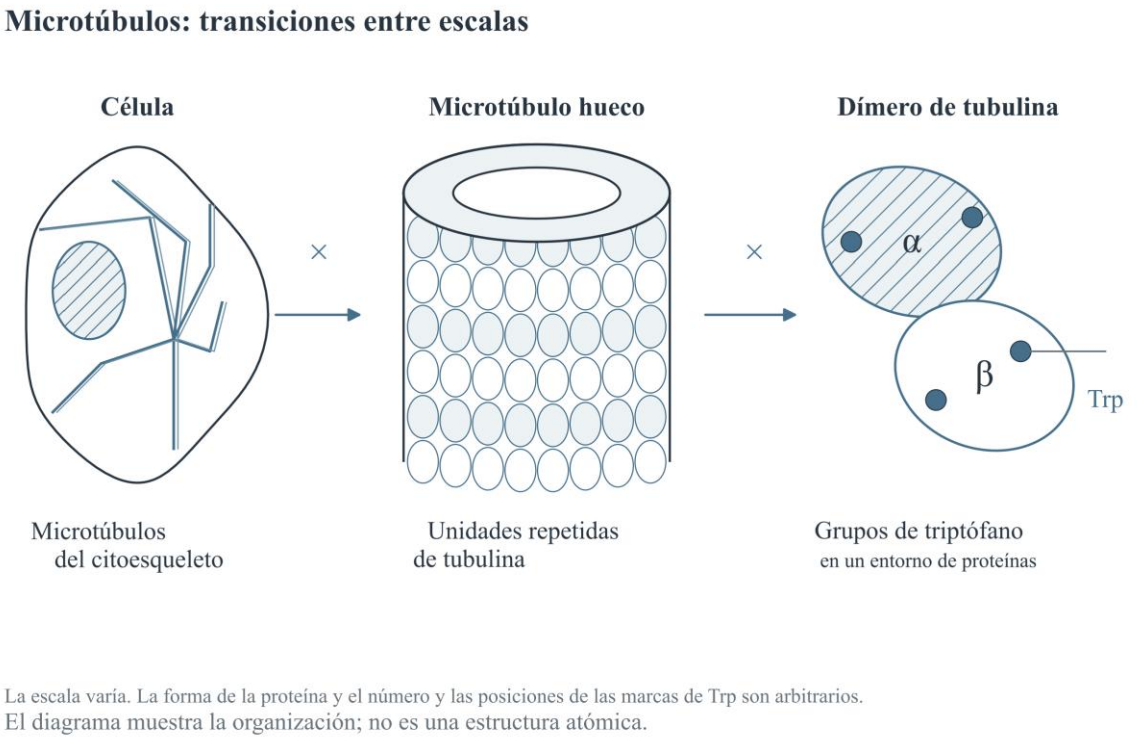


Figura 12. Niveles esquemáticos de organización de microtúbulos: citoesqueleto celular, polímero hueco y dímero de α/β-tubulina. Los grupos triptófanos y sus alrededores están involucrados en las propiedades ópticas. Los fragmentos se muestran a diferentes escalas; la forma de la proteína y las marcas Trp son arbitrarias. [10, 11]

Es útil separar mentalmente las dos preguntas. Primero: ¿puede la excitación moverse de un área de la estructura a otra? Segundo: ¿forman múltiples regiones un estado colectivo que interactúa con la luz de manera diferente a la suma de elementos independientes? Las respuestas pueden estar relacionadas, pero son propiedades físicas diferentes. La transferencia de energía no es igual al almacenamiento a largo plazo de información cuántica arbitraria, y la radiación colectiva no es igual a la presencia de un sujeto.

El estudio de la transferencia de energía tiene un valor independiente, incluso si su conexión con la conciencia no está establecida. Si la geometría de la estructura proteica controla las vías de excitación, la arquitectura celular se convierte en parte del circuito físico para el procesamiento de energía. La siguiente pregunta se refiere a si hay una fuente de las excitaciones necesarias en el cuerpo y si tienen tiempo para influir en otros procesos. En esta secuencia, el interés en los microtúbulos recibe contenido medible.

Cómo rastrear la transferencia invisible

El trabajo de Aarat Kalra y sus colegas estudió los tiempos de autofluorescencia del triptófano y la influencia de las moléculas que apagan la excitación. A partir de los cambios en la luminiscencia, los autores evaluaron la transferencia de energía electrónica en tubulina y microtúbulos.

En las condiciones estudiadas, la longitud de difusión de excitación característica en los microtúbulos fue de aproximadamente 6.6 nanómetros. El etomidato y el isoflurano redujeron esta transferencia. Los autores también informaron que la descripción de transporte convencional de Förster que utilizaron no reprodujo completamente las observaciones. [10]

No es la ruta de cada excitación individual lo que se mide aquí. Las señales ópticas se registran y luego se infiere el transporte utilizando el modelo. Tal transición es común en la física: el dispositivo muestra la cantidad a partir de la cual el investigador reconstruye las propiedades del proceso. La fiabilidad de la inferencia depende de la calibración, el control de las alternativas y la forma única en que la señal observada identifica el mecanismo deseado.

Un ejemplo mental ayuda a comprender el papel de un agente de extinción. Se introduce en la estructura una vía adicional de pérdida de excitación. Si la excitación permanece cerca de su lugar de origen, se obtendrá un resultado. Si alcanza una región más amplia, cambia la probabilidad de encontrar el agente de extinción. La dependencia respecto a la cantidad de este agente permite estimar la movilidad de la energía, aunque también deben considerarse otras causas de variación de la luminiscencia.

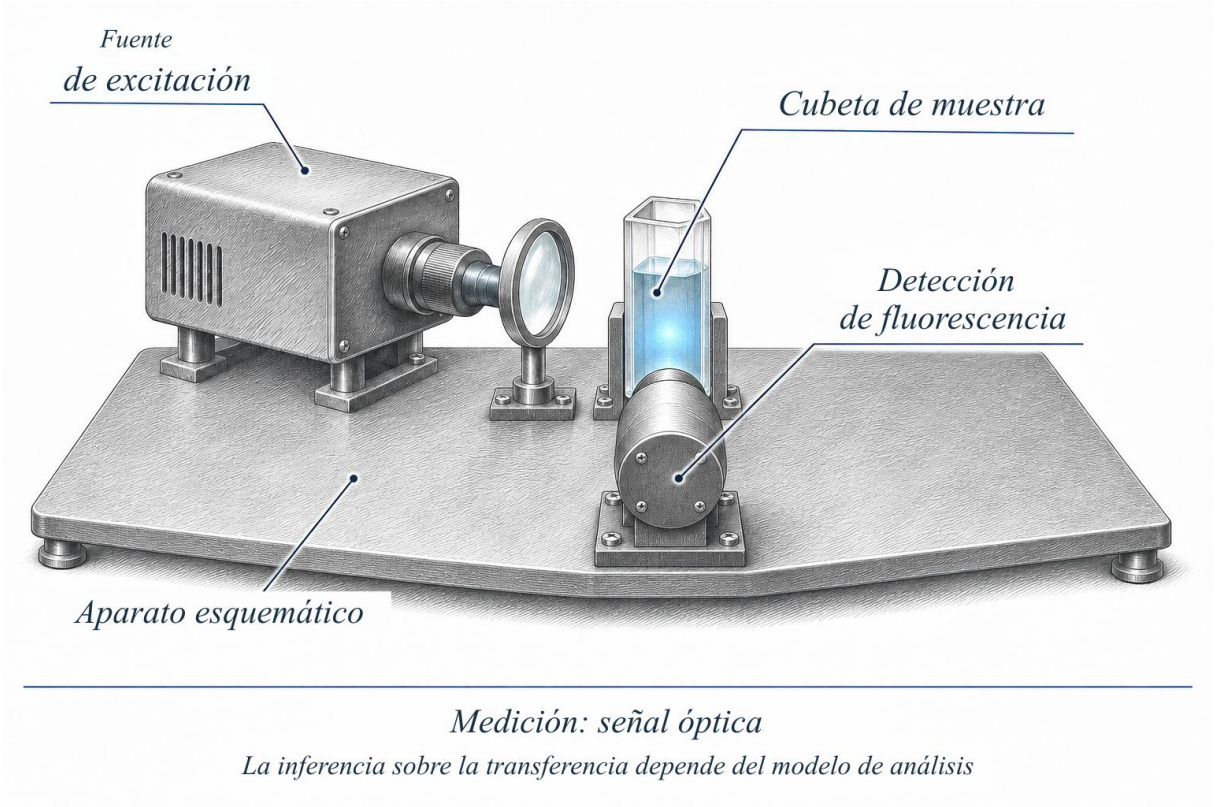


Figura 13. Principio de medición e inferencia del modelo. El dispositivo registra la fluorescencia; las propiedades de la transferencia de excitación se evalúan mediante el cambio en la señal, incluida la adición de un agente de extinción, y la descripción seleccionada del proceso [10]. Se muestra una configuración teórica con recolección de fluorescencia lateral, en lugar de una reconstrucción del equipo específico del trabajo. La trayectoria de una excitación individual no se representa directamente.

Un nanómetro parece una pequeña distancia en la escala del cerebro. A escala molecular, puede involucrar varios elementos que interactúan. Por lo tanto, la significación física debe evaluarse en relación con el diseño del mecanismo propuesto. Sin embargo, a partir de una transferencia de unos pocos nanómetros, la coincidencia de todo el cerebro no se puede obtener simplemente multiplicando las distancias. Moverse a una escala mayor requerirá conexiones adicionales, tiempo y formas de mantener un estado significativo.

¿Qué significa la radiación colectiva?

Cuando los emisores que interactúan forman un estado colectivo, su tasa de emisión puede diferir de la de un emisor individual. Algunos estados son brillantes: su contribución a la respuesta óptica global se mejora. Otros se acoplan débilmente a la luz. Estas posibilidades surgen de las interacciones y la geometría del sistema; describirlas como una intención compartida de las moléculas les atribuiría innecesariamente la acción. [11]

Nathan Babcock y sus colegas examinaron un modelo de grandes redes de triptófano y lo correlacionaron con mediciones de fluorescencia de estructuras de tubulina. El modelo predijo estados emisivos colectivos, y los experimentos mostraron cambios en el rendimiento cuántico cuando se movían entre niveles de organización. Los autores interpretaron el acuerdo como evidencia de las consecuencias del comportamiento superradiante. [11]

El rendimiento cuántico de fluorescencia es la fracción de las excitaciones absorbidas que dan como resultado la emisión de luz. Esta es una característica de la forma en que se gasta la energía. En el modelo más simple con canales competidores, se puede expresar de la siguiente manera:

$$\eta = \frac{k_r}{k_r + k_{nr}}.$$

Aquí. η es el rendimiento cuántico, k_r es la constante de decaimiento radiativo, y k_{nr} es la constante de pérdida no radiativa total. Ambas constantes tienen la dimensión del tiempo recíproco. En este esquema cinético simplificado, el rendimiento aumenta tanto a medida que se acelera la desintegración radiativa como a medida que se debilitan las pérdidas competitivas. Por tanto, el valor de η por sí solo no es suficiente para distinguir entre estas causas. [11]

Por lo tanto, el aumento de brillo por sí mismo no indica cuál de los mecanismos ha cambiado. Se necesitarán características adicionales tales como tiempos de vida de excitación y estimaciones de absorción independientes. Si se supone una aceleración colectiva de la radiación, el ensayo debe distinguir entre ésta y la reducción más habitual de las pérdidas no radiativas. Es esta distinción la que transforma el efecto de una imagen atractiva en un mecanismo establecido.

En este esquema sencillo, las dos causas pueden distinguirse midiendo el tiempo de vida de la excitación τ_f junto con el rendimiento cuántico. Para un decaimiento monoexponencial, τ_f = 1/(kᵣ + kₙᵣ), de modo que kᵣ = η/τ_f y kₙᵣ = (1−η)/τ_f. Por ejemplo, los valores ilustrativos η = 0.30 y τ_f = 3 ns dan, respectivamente, 0.10 y aproximadamente 0.233 ns⁻¹. Esta medición adicional permite pasar de un brillo ambiguo a estimaciones de dos tasas. Para una muestra no homogénea, varios tiempos de decaimiento o reabsorción de la luz, estas ecuaciones requieren ampliar el modelo; medir solo τ_f no elimina la necesidad de corregir la dispersión.

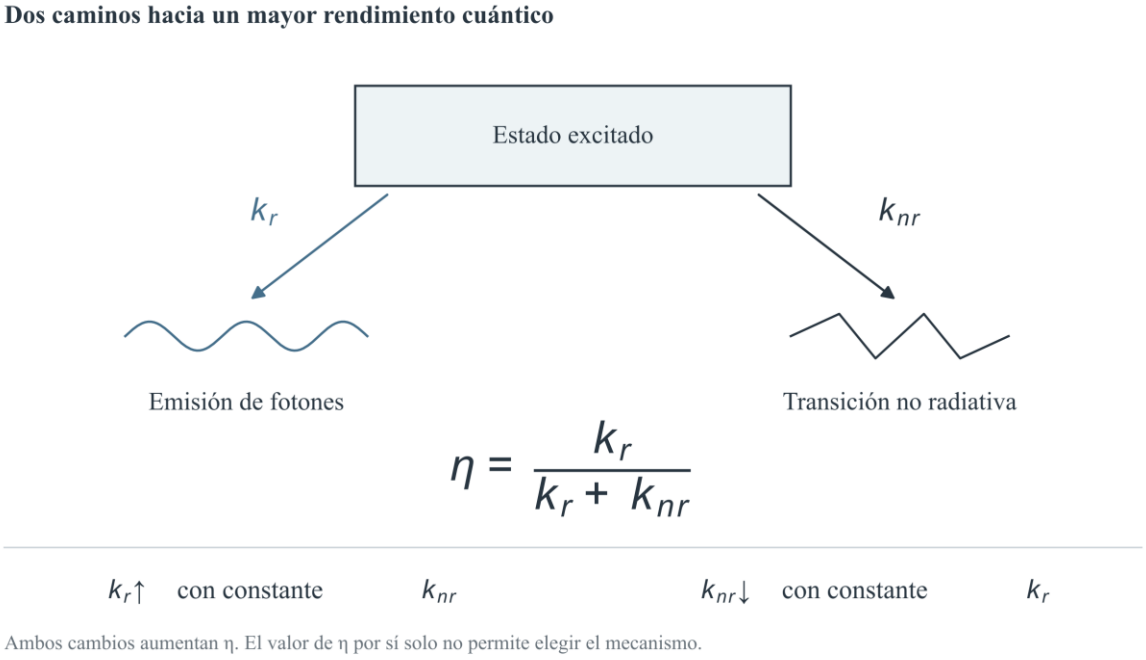


Figura 14. Dos formas de aumentar el rendimiento cuántico en un modelo cinético simplificado. Una fracción más alta de fotones emitidos por sí misma no diferencia entre la mejora del canal radiativo y la atenuación de las pérdidas no radiativas.

La luz puede engañar al dispositivo

Una muestra biológica no sólo absorbe y emite. Dispersa la luz. Parte de la radiación cambia de dirección, y el instrumento puede confundir este efecto con un cambio en la absorción o el número de fotones emitidos. La geometría de la medición también importa: dónde se encuentra el detector, qué tan gruesa es la capa de muestra, cómo se distribuyen las estructuras de proteínas. Estos no son detalles técnicos menores si la conclusión se refiere a una pequeña diferencia entre dos estados de la materia.

La prepublicación de Leah Gassab y Travis Craddock 2026 compara el modelado de estructuras de tubulina con espectroscopia ultravioleta. Los autores consideran los cambios en el rendimiento de fluorescencia, el efecto del triptófano añadido y las limitaciones asociadas con la dispersión. Discuten por separado la necesidad de mediciones adicionales para separar posibles mecanismos. El trabajo muestra cómo la interpretación inicial se

puede hacer más específica mientras se mantiene la atención a la incertidumbre de medición. [13]

Imaginemos dos fuentes de luz idénticas detrás de diferentes gafas. Si un vidrio envía más luz al detector, el instrumento registrará un aumento, aunque las fuentes mismas no hayan cambiado. La solución de proteínas es más compleja, pero el problema lógico es el mismo: la ruta desde la fuente hasta el detector se incluye en la explicación del resultado. No se puede considerar transparente solo porque el interés del investigador esté dirigido hacia las moléculas.

Por lo tanto, una prueba exitosa del efecto propuesto debe ser capaz de soportar cambios en la geometría de medición y el método de análisis. Si un hallazgo es cierto para solo un método de corrección de fondo o rango de longitud de onda, su aplicabilidad es limitada. Si diferentes métodos de medición convergen, la explicación física se hace más fuerte. La óptica exigente aquí ayuda a la hipótesis en sí, ya que elimina direcciones falsas para una búsqueda adicional.

El camino del tubo de ensayo a la célula

Varias transiciones separan un efecto molecular de la función cerebral consciente. En primer lugar, es necesario demostrar que el portador conserva las propiedades requeridas en el entorno celular. A continuación, debe surgir una excitación adecuada. Luego, los cambios en esa excitación deben afectar un proceso involucrado en la función neuronal. Solo después de estos pasos se puede investigar si esta vía se relaciona con el estado o contenido de la experiencia.

Estas transiciones no pueden ser reemplazadas por la correlación con la anestesia sola. Una sustancia puede afectar a múltiples dianas celulares, y un cambio en la señal óptica puede acompañar a un cambio en otras propiedades de la proteína. Surge la cuestión de la mediación causal: ¿es necesario el fotoproceso observado para el efecto posterior? La respuesta requerirá una intervención que altere este proceso lo suficientemente selectivamente como para permitir que se observen las consecuencias.

Por ejemplo, en el modelo imaginario, el reordenamiento de la geometría molecular cambia simultáneamente la estabilidad mecánica y la interacción óptica. Si después de eso la neurona funciona de manera diferente, ambas razones siguen siendo posibles. La credibilidad aumentará si es posible separar estos cambios: mantener la mecánica con la óptica cambiada o encontrar otra manera de restaurar la trayectoria óptica prevista. Esta es la lógica de la investigación futura, y no una descripción de un experimento ya completado.

La comunicación con un medio físico más amplio presentará otro requisito. Será necesario establecer que los estados correspondientes participan en la interacción con este portador, y no solo intercambian energía dentro de la proteína. La mera presencia de una estructura dentro de una neurona no la convierte en un receptor de conciencia. Un

microtúbulo se convierte en un candidato para parte de la interfaz sólo cuando el modelo tiene una entrada definida, transformación y salida medible.

Incluso la palabra “sensibilidad” aquí requiere aclaración. La estructura puede responder notablemente a una fuerte estimulación de laboratorio y mostrar poca o ninguna respuesta a las fluctuaciones naturales en el campo previsto. Por lo tanto, es necesario comparar las cantidades: cuánta energía recibe la muestra en el experimento, cuál es la intensidad esperada dentro de la célula, qué tan grande es el fondo. Estas comparaciones no invalidan el resultado del laboratorio. Determinan qué parte del proceso natural realmente modela.

Supongamos que se descubre un rango de frecuencia estrecho en el que la respuesta es particularmente pronunciada. Es tentador llamarla la frecuencia de la conciencia. Pero la resonancia caracteriza la forma en que el sistema interactúa con la influencia. Vincular esta resonancia a una experiencia requeriría mostrar una conexión consistente con un estado o contenido de experiencia definido independientemente. De lo contrario, se podría observar el mismo efecto en una solución de proteína, una célula y un dispositivo técnico, sin ninguna base para atribuirles la misma subjetividad.

Además de la intensidad y frecuencia del impacto, es necesario comparar las escalas de tiempo de los procesos. Una respuesta molecular breve puede desencadenar un proceso bioquímico más largo si hay refuerzo o consolidación. Pero esto no nos permite considerar la duración del proceso posterior como el tiempo de vida de la coherencia inicial. La conexión entre los enlaces rápidos y lentos es en sí parte de la explicación. Por lo general, es más difícil indicar tal transición que detectar un hermoso pico espectral, pero es esta transición la que le da al fenómeno físico una importancia funcional.

Cómo puede desarrollarse una versión fuerte

Una versión fuerte de la hipótesis de los microtúbulos debe hacer una afirmación específica de que el experimento puede confirmar o desafiar. Por ejemplo, una cierta configuración de una proteína crea un estado colectivo; su vida útil y espectro determinan el rango de sensibilidad; cambiar esta configuración tiene efectos predecibles sobre el proceso celular. Tal cadena permite que cada enlace sea verificado y muestra exactamente donde el modelo encontró los datos.

Los resultados negativos son especialmente útiles en este nivel. Si existe un estado óptico colectivo pero desaparece en un entorno cercano al celular, el rango de aplicaciones biológicas se estrecha. Si persiste, pero el cambio de estado no afecta a la función seleccionada, debe buscar otra función o reconocer que no hay ningún rol especial aquí. Una vez que se ha descubierto una función, la siguiente tarea es determinar su relación con la organización neuronal y la experiencia.

Un resultado positivo también es posible, cambiando toda la formulación de la pregunta. La óptica de proteínas puede ser esencial para la regulación celular, pero no para la fuente externa de la conciencia. Entonces la investigación traerá descubrimiento, aunque la expectativa filosófica original no será justificada. La ciencia no está obligada a preservar la forma en que surgió la cuestión; es suficiente para mantener una conexión verificable entre la explicación y la observación.

Los microtúbulos muestran cuán significativa se vuelve la discusión después de elegir un medio físico. En lugar de una imagen general, aparecen espectros, velocidades, geometría y alternativas específicas. Sin embargo, incluso un efecto cuántico medido con precisión aún no responde a la pregunta de quién es el observador. El siguiente capítulo examina la palabra “observación” en sí misma: ¿qué papel juega la interacción física en ella y qué papel juega la persona que lee las lecturas del instrumento?

Capítulo 8

Un observador sin humano

El detector puede dejar una grabación por la noche cuando el laboratorio está vacío. Por la mañana, el investigador lo leerá, lo comparará con otros registros y sacará una conclusión. En la descripción cuántica estándar, el momento de la familiarización humana no se introduce en la ecuación como una influencia especial. La medición de la interacción se produce entre los sistemas físicos, y una persona aprende sobre su resultado más tarde. Esta diferencia por sí sola es suficiente para hacernos usar la expresión “conciencia observadora” con más cuidado.

Para el estudio de la conciencia, la pregunta es especialmente tentadora. Si la teoría cuántica usa la palabra "observación" y una persona es capaz de observar, parecería que la teoría ya ha encontrado un lugar fundamental para la experiencia. Pero la misma palabra no garantiza el mismo concepto. Antes de conectarlos, es necesario entender qué hace exactamente que una medición sea un proceso físico y qué permanece abierto después de su descripción matemática.

El registro surge de la interacción

En el modelo de medición más simple, el estado del sistema está asociado con el estado del dispositivo. Diferentes valores posibles de la cantidad medida corresponden a estados distinguibles del puntero. Si el sistema estaba en una superposición, la descripción cuántica conjunta generalmente contiene correlaciones entre sus estados y los estados del dispositivo. El dispositivo interactúa entonces con su entorno, y la información sobre el resultado se propaga a través de otros grados físicos de libertad. [14]

Esta descripción explica por qué la medición no puede considerarse una mirada ingrávida. El dispositivo debe interactuar físicamente con el objeto. El fotón se absorbe, la carga se transfiere, la molécula cambia de estado. Incluso cuando la interacción es muy débil, su papel está determinado por la capacidad de relacionar una diferencia en el sistema con una diferencia en el registro. Sin tal conexión, no se puede obtener información sobre el valor seleccionado.

Reemplacemos mentalmente al investigador con un programa automático que lea el detector y cierre el obturador. Luego reemplazaremos el programa con un simple relé electrónico. El circuito físico continúa funcionando mientras se mantengan las interacciones necesarias. Para calcular las probabilidades medidas, no tiene que determinar si el relé está experimentando algo. Por lo tanto, la autoconciencia humana no es un elemento necesario del procedimiento de medición cuántica estándar.

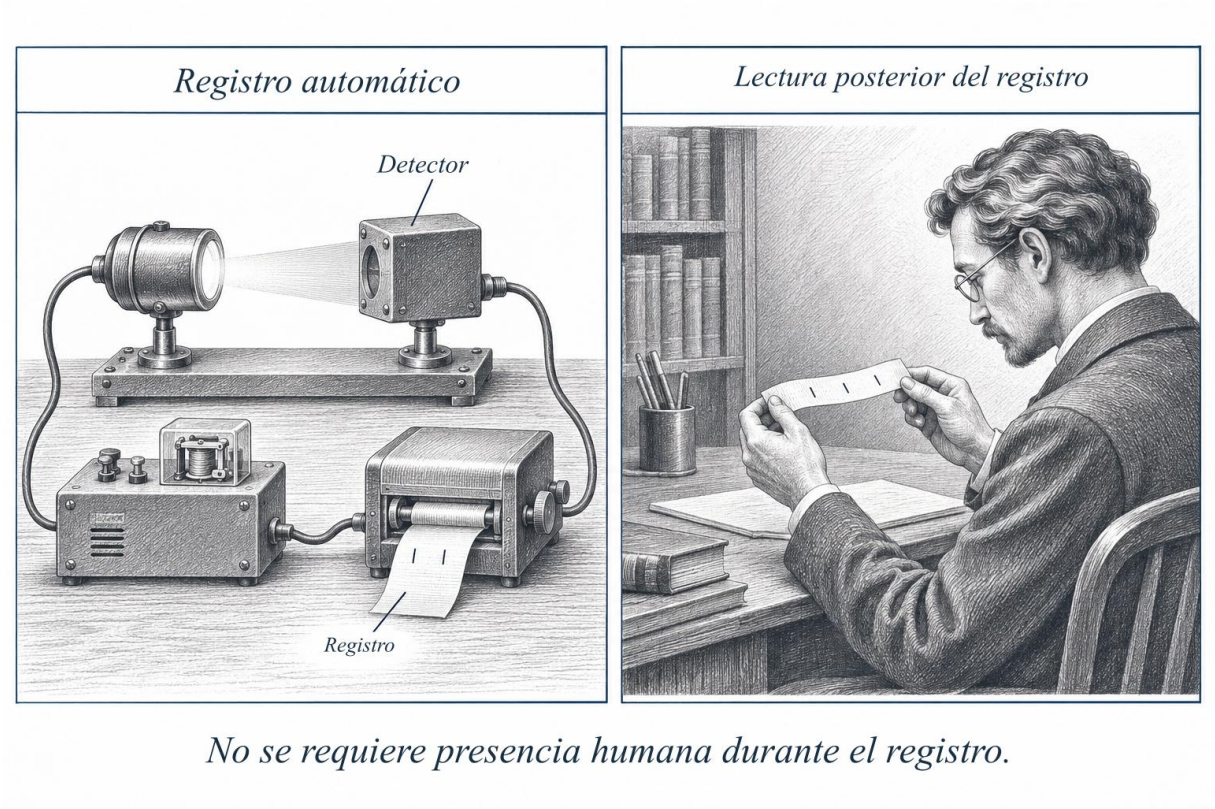


Figura 15. El registro físico y la lectura del resultado se separan en el tiempo. En el modelo de medición estándar, se crea un registro por la interacción de los sistemas; no se requiere la presencia de una persona en el dispositivo en este momento [14]. El dispositivo y las marcas en el papel se muestran condicionalmente y no reproducen los datos de un experimento específico.

Aquí pudimos separar dos preguntas: cómo surge un registro de medición y por qué algunos procesos van acompañados de experiencia. La primera pregunta permite la descripción física sin apelar a la autoconciencia humana. El segundo permanece abierto. Una teoría en la que la conciencia altera la dinámica cuántica debe proponer una ley concreta y nuevas consecuencias comprobables. La palabra “observador” por sí sola no es suficiente para esto.

Decoherencia y selección de resultados

La decoherencia describe la pérdida de relaciones de interferencia disponibles en un subsistema seleccionado debido a su interacción con su entorno. Como resultado, ciertas alternativas comienzan a comportarse como una mezcla estadística para la observación local. La expresión "para el subsistema seleccionado" es esencial aquí: la descripción de todo el objeto compuesto y la descripción de una de sus partes resuelven diferentes problemas. [14]

Este proceso ayuda a comprender la sostenibilidad de los registros diarios. Para restaurar la interferencia entre registros macroscópicamente diferentes, sería necesario controlar un gran número de conexiones con el entorno. En condiciones normales esto no es posible. Sin embargo, la

explicación de la inaccesibilidad práctica de la interferencia aún no agota la cuestión de por qué la experiencia se da como un resultado definitivo. Las interpretaciones de la teoría cuántica describen esta transición de diferentes maneras.

Para un razonamiento más profundo, la restricción en ambas direcciones es útil. No se puede declarar que la decoherencia no explica nada en absoluto: describe una dinámica física bastante definida. Pero no puedes confiarle la respuesta a cualquier pregunta sobre la experiencia. El éxito de un nivel de explicación no elimina la necesidad de otro. Una teoría de interfaz debe especificar a qué nivel agrega el mecanismo.

Uno puede imaginar que el portador adicional afecta la probabilidad de resultados. Entonces es necesario explicar cómo se obtienen las probabilidades observadas cuando el portador no está disponible para el control directo, y en qué condiciones se producirá la desviación. Se puede suponer que las probabilidades físicas no cambian, sino que solo cambia la descripción de su relación con la experiencia. Entonces las posibilidades experimentales serán diferentes. Estas dos versiones no pueden considerarse una teoría simplemente porque ambas usan la palabra “conciencia”.

El entrelazamiento es diferente de la correlación

Dos sistemas pueden producir resultados similares por la razón habitual: tienen una fuente común o han interactuado antes. Si dos sobres contienen números previamente acordados, abrir uno le permite predecir el contenido del segundo. Pero esta analogía no reproduce todas las correlaciones cuánticas para diferentes métodos de medición. Es la capacidad de cambiar los ajustes de medición lo que hace que la prueba sea significativa.

Las desigualdades de Bell establecen restricciones en las correlaciones para una cierta clase de modelos locales bajo supuestos específicos, incluida la independencia de la elección de los ajustes de las variables ocultas correspondientes. La teoría cuántica permite la violación de estas restricciones. Por lo tanto, el experimento no prueba la “unidad de todo” abstracta, sino la estructura específica de las dependencias estadísticas entre los ajustes y los resultados.

En 2015, Bas Hensen y sus colegas realizaron una prueba con espines de electrones separados por una distancia de 1.3 kilómetros. El esquema cerró simultáneamente las principales lagunas relacionadas con la eficiencia del registro y la localidad de las mediciones. La violación resultante de la desigualdad de Bell apoyó la descripción cuántica de correlaciones contra la clase de modelos locales probados. El experimento no midió los pensamientos de las personas ni la conexión de las personalidades a través de las distancias. [20]

Esto establece un alto estándar para el estudio de los sistemas vivos. Las oscilaciones síncronas de dos poblaciones neuronales no son evidencia de entrelazamiento. La similitud de las historias de dos personas lo es aún más.

Cada uno de estos resultados está sujeto a una variedad de causas comunes, que van desde efectos generales hasta patrones de muestreo. Una propiedad cuántica reclamada debe tener su propio criterio que realmente la distinga de las alternativas que se están considerando.

Por qué la correlación no transmite el mensaje

Si se entrelazan dos partes del sistema y se conoce el resultado de medición del primero, este conocimiento nos permite refinar la predicción del resultado de medición del segundo. Sin embargo, una persona que sólo tiene la segunda parte no recibe un mensaje controlado de esta manera. No tiene acceso a la clasificación necesaria de datos basada en los resultados de las mediciones remotas. Para realizarlo, debe transmitir información adicional a través de un canal físico regular. [14]

Un simple experimento mental ilustra la diferencia. Dos investigadores acuerdan de antemano etiquetar un resultado "A" y el otro "B". Después de que sus sistemas se separan, el primer investigador mide su parte. Si no pueden elegir el resultado que obtienen, el acuerdo no se convierte en una forma de enviar la letra deseada. El segundo investigador ve una secuencia de resultados de la que no se puede extraer ningún mensaje elegido por el primero.

La post-selección a veces da la impresión opuesta. Después del experimento, uno puede seleccionar solo aquellos eventos en los que se obtuvo un resultado particular en el primer lado. Las estadísticas condicionales en el segundo lado cambiarán. Pero la lista de eventos seleccionados en sí debe comunicarse al segundo lado, por lo que el procedimiento ya utiliza un canal adicional. La información no se obtiene gratuitamente: llega junto con la condición de selección.

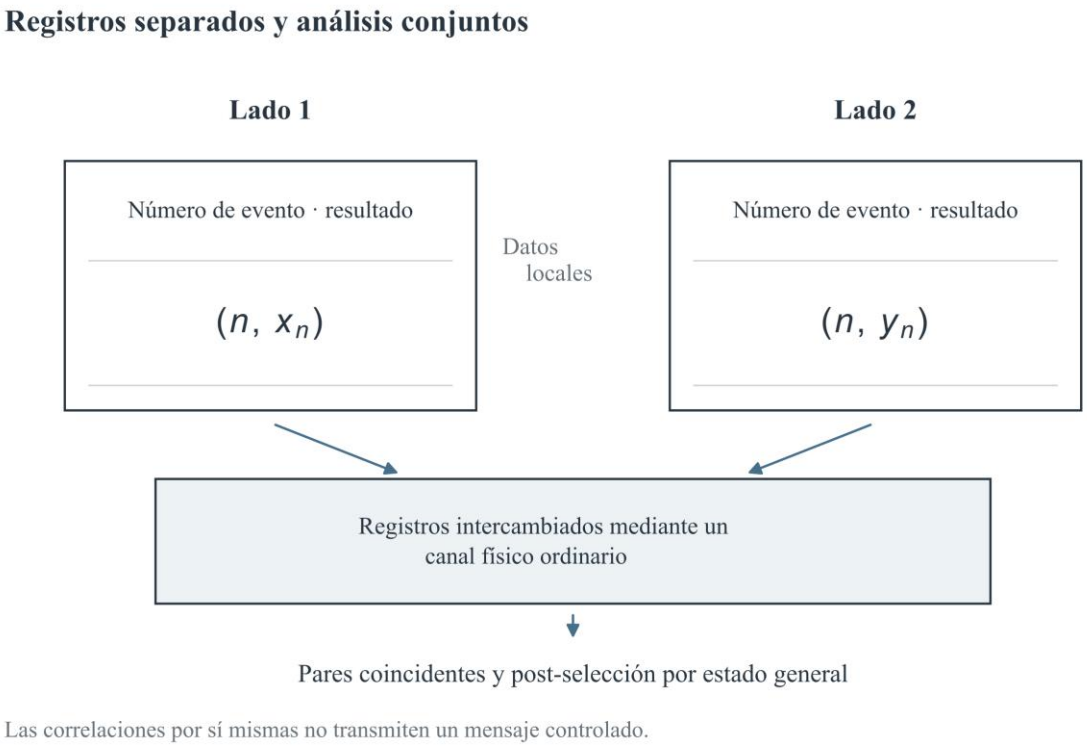


Figura 16. Para comparar los resultados remotos y realizar la post-selección, los registros deben intercambiarse a través de un canal físico. Las correlaciones cuánticas por sí solas no producen un mensaje controlado en el otro lado.

Esto implica una limitación específica para la conciencia externa como fuente física. Si se trata de seleccionar las acciones del organismo, debe haber una manera en el sistema para transmitir la diferencia entre las elecciones. El entrelazamiento solo no proporciona un canal controlado de este tipo. El modelo necesitará una interacción ordinaria, un canal cuántico factible o un cambio explícito en la dinámica estándar. Esta última opción es especialmente exigente, ya que sus consecuencias no deben contradecir las restricciones ya probadas.

Una distinción importante surge entre el conocimiento y la influencia. Cuando el investigador aprende el resultado en el lado remoto, su descripción de las opciones disponibles cambia. Pero un cambio en la descripción aún no es una señal física recibida por otro sistema. En la vida cotidiana, estos eventos a menudo ocurren juntos: un mensaje trae nuevos conocimientos y al mismo tiempo representa una señal física. Al discutir el entrelazamiento, tienen que ser separados especialmente estrictamente.

Imaginemos que el cuerpo debe elegir entre dos movimientos por orden de un portador externo. La probabilidad observada de movimiento debe depender del comando que elija el portador. Si las estadísticas locales del organismo son las mismas en ambas elecciones, no se ha generado ninguna diferencia controlada. La detección posterior de correlaciones puede informar a la estructura conjunta de los datos, pero no explica la elección del movimiento en el momento adecuado.

Esto no prohíbe la construcción de un modelo de un sistema compuesto interactivo. Por el contrario, los canales convencionales permiten la transferencia de información, y las tecnologías cuánticas utilizan tanto correlaciones como interacciones reales. La restricción se refiere al intento de obtener el control solo a partir de la existencia del entrelazamiento. El rechazo de tal intento hace que la hipótesis sea más específica: es necesario describir qué conecta exactamente los subsistemas y con qué retraso se propaga la influencia.

Si se supone un portador fuera de la descripción espacial habitual, la tarea no desaparece. Es necesario determinar las reglas de conexión entre sus estados y los eventos observados. Si bien no existen tales reglas, la palabra "fuera" no explica por qué el cuerpo recibe esta información en particular. Marca la ubicación de la parte inacabada del modelo. Una vez que las reglas están en su lugar, se puede examinar su compatibilidad con la causalidad y las probabilidades experimentales.

Puntos de vista comunes y particulares

La suposición de una base fundamental para la experiencia puede ser más amplia que la hipótesis de la transmisión de mensajes. Tal vez la conciencia está asociada con una cierta organización del todo, y el cuerpo establece una forma local de acceder a sus estados. Tal pensamiento es lógicamente posible, pero para ello es necesario distinguir entre correlación física, accesibilidad funcional de la información y la identidad subjetiva de la experiencia.

Imaginemos un solo objeto físico con dos subsistemas débilmente conectados. Pueden tener un pasado común y algunas correlaciones. Un subsistema es capaz de utilizar sólo una pequeña parte de la información sobre otro. Incluso si hay entrelazamiento en la descripción general, no se deduce de ella que ambas partes formen un punto de vista. Tal conclusión requiere un principio adicional sobre qué relaciones físicas corresponden a la unidad de la experiencia.

Este principio debe definir el límite. ¿Por qué ciertos procesos del cuerpo están incluidos en un sujeto, pero los procesos de la habitación no suelen formar parte de la misma experiencia? ¿Por qué cambiar la disponibilidad de la información puede cambiar el comportamiento, pero no necesariamente crear un nuevo sujeto? ¿Y por qué una fuente común de estados físicos no significa una memoria humana común? Tales cuestiones no pueden resolverse simplemente señalando la integridad del estado cuántico.

Aquí la hipótesis de la interfaz tiene la oportunidad de ser más precisa. Puede conectar la experiencia individual no con ninguna correlación, sino con una cierta forma de interacción estable, memoria y organización de la retroalimentación. Entonces la descripción matemática del estado de la portadora externa se convierte solo en parte del modelo. La otra parte debe explicar cómo surge un centro particular de discriminación y por qué su historia no se confunde arbitrariamente con la historia de los demás.

¿Qué debe añadir el observador consciente?

No es suficiente que la teoría de la conciencia reproduzca el funcionamiento del detector. Es necesario explicar por qué algunos procesos corresponden a la experiencia, mientras que otros sirven solo como condición para el registro. Uno puede tratar de deducir esto de la organización de la información, de la estructura causal o de una ley psicofísica adicional. Pero cada camino requiere un argumento que conecte la descripción física con el lado cualitativo de la experiencia.

Es especialmente importante evitar una definición cerrada: el sistema que causa el colapso es consciente, y el colapso es causado por el sistema consciente. Esta definición no permite que ninguna de las partes sea identificada independientemente. Para salir del círculo, necesitará un criterio físico independiente para la reducción o un criterio independiente para el estado del sistema, después de lo cual puede verificar su conexión. Por lo tanto, las hipótesis de reducción objetiva y la idea de la atención humana como la causa de la medición deben considerarse por separado.

La teoría cuántica realmente cambia las ideas habituales sobre estado, probabilidad y separabilidad. Gracias a ello, es posible formular modelos mucho más sutiles de la interacción del organismo con el medio ambiente. Pero la extensión del lenguaje físico trae nuevas responsabilidades: respetar las restricciones de comunicación, distinguir entre estadísticas condicionales y locales, especificar una propiedad comprobable del medio. Son estas responsabilidades las que hacen que la hipótesis cuántica sea científicamente interesante.

La teoría de Penrose y Hameroff asume que la reducción de un estado cuántico es un evento físico real asociado con las propiedades fundamentales del espacio y el tiempo. Por lo tanto, la cuestión de la conciencia está relacionada con la hipótesis de un nuevo mecanismo físico. El siguiente capítulo examina estos dos vínculos por separado: si existe un mecanismo, se puede buscar independientemente de qué explicación de la conciencia finalmente resulte ser correcta.

Tercera parte

Teorías y resistencia de los hechos

Capítulo 9

La propuesta de Penrose y Hameroff

Algunas teorías de la conciencia tratan de encontrar la organización deseada dentro de una descripción física ya aceptada. Otros sugieren que la descripción en sí aún está incompleta. Orch OR pertenece a la segunda dirección: conecta la cuestión de la experiencia con la cuestión de por qué las alternativas cuánticas dan paso a un determinado resultado. Esta conexión hace que la hipótesis sea inusualmente audaz y simultáneamente crea varias obligaciones independientes.

Para evaluar este programa, es útil dividirlo en sus partes. Se trata de una ley fundamental. El otro es un vehículo biológico. El tercero vincula el supuesto evento físico con el momento de la experiencia. Las partes deben estar de acuerdo, pero ninguna se confirma solo porque la otra se puede expresar matemáticamente.

Tres eslabones de una hipótesis

Según lo presentado por Stuart Hameroff y Roger Penrose, los supuestos procesos cuánticos en microtúbulos están organizados por el entorno biológico, y su finalización está asociada con una reducción objetiva del estado cuántico. La palabra “objetivo” significa que la reducción debe ocurrir como un evento físico, y no depende de la presencia de una persona en el dispositivo. La organización biológica está diseñada para hacer que tales eventos sean funcionalmente significativos para la neurona y la experiencia consciente. [4]

Esta descripción en sí no define todavía las observaciones necesarias. Los diferentes enlaces deben tener diferentes características. La composición y el estado físico del vehículo son importantes. Para la reducción - la ley de dinámicas y consecuencias que lo distinguen de la interacción ordinaria con el medio ambiente. Para conectar con la conciencia, una explicación de por qué un evento se relaciona con una experiencia específica en lugar de simplemente cambiar un sistema material.

Imaginemos un dispositivo que contenga las estructuras proteicas necesarias, pero que no tenga la organización del cerebro. Si el proceso físico propuesto se encuentra en él, esto apoyará la parte física del modelo. La cuestión de la experiencia permanecerá separada. Por el contrario, la

detección de actividad neuronal compleja mientras se conserva la conciencia no indica automáticamente qué mecanismo microscópico lo hace posible.

Esta división es útil tanto para el partidario como para el crítico. No le permite declarar todo el programa confirmado por un efecto, pero tampoco le permite rechazar ninguna investigación en física de proteínas debido a dudas sobre la teoría de la conciencia. El programa puede desmoronarse: algunas ideas seguirán siendo importantes, otras resultarán superfluas. Para una hipótesis científica, este es un método común de clarificación.

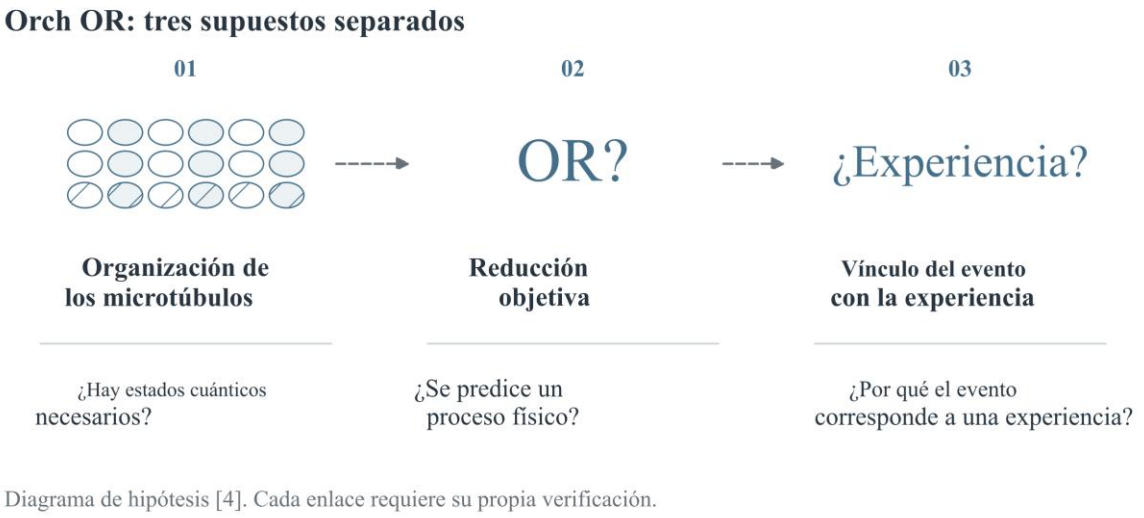


Figura 17. Orch OR conecta el portador biológico, la hipótesis de reducción objetiva y la suposición de conexión con la experiencia. El soporte para un enlace no confirma automáticamente los demás.

Tiempo antes de la reducción

En una propuesta para una reducción objetivo acoplada gravitacionalmente, el tiempo característico generalmente se estima por la relación:

$$\tau \sim \frac{\hbar}{E_G}.$$

Aquí. τ es el tiempo de reducción característico esperado, $\hbar$ es la constante de Planck dividida por 2π, y E_G es la energía gravitacional asociada con la diferencia en las distribuciones de masa en las alternativas bajo consideración. Esta es una relación heurística en el marco de la hipótesis correspondiente; no es una ley universal establecida de la conciencia. [4, 23]

La principal dificultad radica en la elección de alternativas. No se puede sustituir la masa del cerebro en la fórmula y obtener el tiempo de pensamiento. Es necesario describir qué distribuciones de masa están involucradas en la superposición, qué tan diferentes son y qué escalas son significativas. Cambiar estas suposiciones cambia la estimación de energía, y con ella el tiempo esperado.

La dimensión de la fórmula es correcta: la constante de Planck tiene la dimensión de energía por tiempo. Pero la consistencia dimensional solo es necesaria para el significado físico. Muchos modelos incorrectos también se pueden escribir con unidades correctas. La confianza se produce cuando los parámetros determinados independientemente predicen una observación que no se usó para seleccionarlos.

El camino inverso es especialmente peligroso: tomar la duración deseada de la experiencia y luego seleccionar la distribución de masa que da esta duración. Tal cálculo muestra la posibilidad de coordinación, pero no establece un mecanismo. La comprobación debe ir al menos parcialmente en la dirección opuesta, desde las propiedades del medio hasta el tiempo y otras consecuencias del proceso.

Incluso la coincidencia de escalas de tiempo permite por varias razones. La red puede establecer el ritmo que obedece la dinámica molecular; un proceso molecular puede limitar la red; ambos procesos pueden depender de una tercera condición. Por lo tanto, períodos similares no determinan la dirección de la causalidad. Aclarar esto requiere intervención o alguna otra forma de comparar predicciones incompatibles.

Una posible prueba también debe tener en cuenta la distribución de los tiempos, no solo el promedio. Dos modelos son capaces de dar el mismo promedio, difiriendo en dispersión, dependencia de la temperatura o cambio en la geometría del medio. Estas características adicionales son a veces más útiles para distinguir patrones que hacer coincidir el ritmo habitual del cerebro. Obligan a un modelo físico a predecir un patrón completo, en lugar de solo un número conveniente.

Así que la fórmula se convierte en el comienzo del cálculo. Define la relación entre las cantidades, pero deja la tarea de determinarlas independientemente. Sólo después de esto se puede decidir si el proceso hipotético explica la organización temporal observada o sólo lo permite en condiciones especialmente seleccionadas.

¿Qué debe hacer una organización biológica?

En la palabra “orquestado” es fácil escuchar la imagen de un conductor interno. Sin embargo, el modelo físico requiere otro contenido: una cierta organización de interacciones, soporte de estado, control de transiciones y conexión con la función celular. Ninguno de estos procesos requiere atribuir intención a la molécula. Se requiere mostrar qué características de una estructura viva cambian la dinámica disponible.

Un posible mecanismo debe resolver el problema de preparación. ¿Cómo llega el sistema al estado deseado? Entonces surge el problema de la conservación: ¿qué influencias lo destruyen y cuáles son compatibles con la dinámica necesaria? Después de esto, está la tarea de salida: ¿cómo se vuelve significativo el resultado para otros procesos de la célula? Si falta el último eslabón, incluso la dinámica cuántica interesante puede permanecer aislada funcionalmente.

Hay una tensión significativa aquí. Una fuerte interacción con el entorno celular es conveniente para influir en la biología, pero también puede destruir las propiedades para las que se introdujo el portador cuántico. La interacción débil ayuda al aislamiento, pero hace que la preparación y la lectura sean más difíciles. El modelo debe encontrar una combinación físicamente factible, en lugar de seleccionar independientemente las mejores propiedades de ambos límites.

Imaginemos dos configuraciones condicionales del portador. El primero conserva el estado deseado durante mucho tiempo, pero casi no tiene efecto en la célula. El segundo desencadena efectivamente una respuesta bioquímica, pero pierde su estado demasiado pronto. La presencia de cada configuración por separado no prueba la existencia de un ciclo de trabajo. Necesitamos un mecanismo de conmutación o alguna otra forma de vincular la preparación, el almacenamiento y la salida en un sistema.

¿Por qué el debate sobre la decoherencia no termina con la pregunta?

Max Tegmark y los autores de la respuesta posterior - Scott Hagan, Stuart Hameroff y Jacek Tuszynski - obtuvieron diferentes estimaciones de decoherencia bajo diferentes supuestos sobre el estado y el medio ambiente. Este debate se refiere a modelos físicos específicos. No proporciona un solo tiempo medido que se pueda aplicar a todos los procesos cuánticos posibles en el cerebro. [5, 6]

Por lo tanto, para evaluar Orch OR no es suficiente decir “demasiado caliente” o, a la inversa, “la célula protege la coherencia”. Es necesario comparar exactamente los estados y tiempos que usa la versión seleccionada. Si la operación propuesta lleva mucho más tiempo del que se mantienen las relaciones requeridas, el mecanismo no funciona de esta forma. Si hay suficiente tiempo, la preparación, la lectura y la comunicación funcional permanecen.

La conservación de la propiedad cuántica hace posible el mecanismo propuesto, pero aún no confirma toda la teoría. Existe una distinción similar en ingeniería: un material puede soportar la temperatura requerida, pero esto no significa que el motor ensamblado funcione. Se ha levantado una restricción separada; otras restricciones no han desaparecido.

Este enfoque evita que la investigación llegue a extremos. No descarta un medio inusual en una evaluación demasiado general y no lo declara exitoso después de un número adecuado. Para cada versión, se puede crear una descripción internamente consistente y luego determinar qué medida reducirá más la incertidumbre. A veces el factor decisivo no será una observación espectacular, sino una evaluación precisa de las pérdidas.

La reducción se puede buscar fuera del cerebro

Si la reducción objetiva es un nuevo proceso físico, sus consecuencias no necesitan manifestarse solo en organismos conscientes. Esto es lo que hace

posible probar la parte física de la hipótesis, independientemente de las dificultades de estudiar la experiencia. La dinámica alterada puede predecir fluctuaciones adicionales, calentamiento o radiación, dependiendo del modelo matemático específico.

Sandro Donadi y sus colegas exploraron las implicaciones del modelo Dieuchy-Penrose en un experimento subterráneo para buscar radiación débil. Las restricciones resultantes excluyeron su versión natural sin un parámetro libre, considerado por los autores. Este resultado limita significativamente la implementación específica del colapso gravitacional, pero no equivale a una refutación experimental de todas las posibles variantes Orch OR o cualquier participación de los procesos cuánticos en la biología. [23]

La importancia de este ejemplo es más amplia que una teoría. Una afirmación sobre la naturaleza fundamental de la conciencia puede recibir una parte comprobable muy lejos de hablar de la conciencia. Si la ley propuesta cambia el comportamiento de la materia, debe compararse con aquellos experimentos donde no hay cerebro. Así, la hipótesis deja de utilizar la complejidad de un sistema vivo como protección contra la verificación.

El resultado opuesto también es posible: se establecerá una nueva ley de reducción en física, pero el supuesto mecanismo biológico no se confirmará. Entonces aparecerá un nuevo conocimiento sobre la materia sin una pronta explicación de la experiencia. Para el razonamiento científico, este es un resultado fundamentalmente aceptable. El estudio de la ley y el estudio de su papel en la conciencia puede moverse a diferentes velocidades.

El evento aún no se ha convertido en una experiencia

Incluso si todos los enlaces físicos funcionan, la cuestión del cumplimiento permanece. ¿Por qué un determinado evento de reducción debe tener un lado interno? ¿En qué se relacionan los eventos con la sensación de color y la sensación de dolor? ¿Cómo múltiples eventos forman un flujo coherente en lugar de una serie de ráfagas aisladas? La fórmula física del tiempo por sí misma no responde a estas preguntas.

Lo que se necesita aquí es un principio que conecte la estructura del proceso con la estructura de la experiencia. Se puede proponer como un postulado adicional, pero luego se debe mostrar su contenido. Si un postulado permite que cualquier resultado físico se correlacione arbitrariamente con cualquier experiencia, el poder predictivo es pequeño. Si se establecen límites a las posibles diferencias de experiencia, surgen perspectivas de verificación.

Para la hipótesis de la interfaz selectiva, Orch OR representa un posible interlocutor, pero no una base lista. La reducción objetiva de los microtúbulos, incluso si se establece, no significa en sí misma la transferencia de la personalidad desde una fuente externa. Para obtener tal modelo, se requerirán grados adicionales de libertad, un método de

comunicación y una regla de individualización. Estos elementos no están contenidos automáticamente en la palabra “fundamental”.

Un fuerte desarrollo de la idea podría investigar cómo las propiedades de un portador externo restringen los estados permisibles de un mecanismo interno. La contribución externa necesitaría entonces una consecuencia distinguible. Si la entidad añadida nunca cambia ninguna probabilidad y no explica nada sobre la estructura de la experiencia, su papel físico permanece indefinido. Si cambia algo, el modelo debe especificar dónde buscar el cambio.

¿Qué queda después de la verificación?

Una teoría puede ser útil incluso si resulta ser incorrecta. Nos obliga a conectar las propiedades de las proteínas, la dinámica fundamental y el problema de la subjetividad en un sistema de obligaciones. Donde antes solo existía la palabra “secreto”, aparecen preguntas específicas. Este es un mérito del programa de investigación, no evidencia de su verdad.

La estrategia más significativa es aclarar los enlaces que permiten la verificación independiente. Las propiedades del portador deben ser examinadas por separado de la expectativa de encontrar conciencia. La ley de la reducción está separada del deseo de preservar la personalidad después de la muerte. Conexión con la experiencia: teniendo en cuenta los resultados de la neurofisiología, que cualquier teoría competidora debe explicar.

Este orden conserva la audacia del diseño. Nos permite asumir un cambio en la física misma y al mismo tiempo exige la responsabilidad científica habitual de la asunción. La pregunta no es si la idea es lo suficientemente inusual, sino qué observaciones se vuelven más claras y qué nuevas observaciones nos permite esperar.

La siguiente propuesta toma un camino diferente. En lugar de procesos electrónicos de corta duración, se centra en los espines nucleares, que pueden interactuar más débilmente con su entorno. Este cambio de portador cambia la naturaleza de las dificultades: preservar el estado puede volverse más fácil, pero la cuestión de cómo un estado protegido participa en la química activa de la célula se vuelve especialmente apremiante.

Capítulo 10

Espines nucleares y posible memoria

Un dispositivo de memoria se enfrenta a demandas conflictivas. Su estado debe conservarse durante mucho tiempo, pero al mismo tiempo permanecer accesible para escribir y leer. El aislamiento completo protege contra las interferencias y evita su uso. En un sistema biológico, la contradicción es especialmente notable: la célula intercambia continuamente materia y energía, y su supuesta memoria cuántica debe estar incorporada en este intercambio.

La idea de utilizar espines nucleares lleva la búsqueda a una escala física diferente. Los espines nucleares representan grados cuánticos de libertad que, bajo ciertas condiciones, pueden interactuar relativamente débilmente con su entorno. De interés es la posibilidad de vincular su preservación con la acción bioquímica. Es la combinación de dos posibilidades lo que hace que una hipótesis sea significativa para la investigación.

¿Qué almacena el estado de espín?

El spin es una propiedad cuántica de una partícula. La imagen de una bola giratoria puede ayudar a recordar la palabra, pero no reproduce su significado matemático. Para un sistema de medio espín, la medición a lo largo de una dirección elegida da dos resultados posibles. Esto permite que el estado correspondiente sea descrito como un cúbit. Sin embargo, dos resultados de medición solos no significan que el sistema ya esté funcionando como parte de un dispositivo informático. [14]

La memoria de trabajo debe proporcionar estados distinguibles, su preparación, almacenamiento suficientemente estable y una forma accesible de lectura. La memoria cuántica también necesita almacenar las relaciones que son esenciales para la tarea elegida. Si solo queda la probabilidad ordinaria de uno de los resultados, no toda la información del estado cuántico original permanece disponible.

En un dispositivo técnico imaginario, uno puede almacenar un bit clásico durante mucho tiempo y aún así perder por completo la fase cuántica. Para la tarea “hubo o no hubo un evento” esto es suficiente. Para un problema que depende de la interferencia, ya no. Por lo tanto, la expresión “larga vida” requiere una aclaración: ¿qué vive exactamente, en relación con qué interferencia y para qué operación posterior?

La memoria humana introduce otra distinción. Una memoria de un evento contiene relaciones entre muchas características y está incrustada en los procesos utilizados para recuperarlas. Un portador cuántico estable no especifica automáticamente este contenido o su pertenencia a una persona

en particular. Incluso un registro físico ideal sigue siendo un registro hasta que describamos cómo se organiza y utiliza su estado almacenado.

Esta distinción se puede expresar a través del lenguaje. Preservar una secuencia de símbolos y reconstruir el significado de una historia son tareas diferentes. Este último requiere conexiones con otros conocimientos y con la situación actual. Del mismo modo, un estado físico se convierte en parte de la memoria personal sólo dentro de una organización más amplia. La elección de un portador inusual puede cambiar lo que se puede almacenar, pero no alivia el modelo de la necesidad de explicar esa organización.

La propuesta de Fisher

Matthew Fisher propuso considerar los espines nucleares de fósforo como posibles elementos del procesamiento cuántico en el cerebro. En este modelo, la protección de los estados se asocia con la hipótesis de estructuras de fosfato de calcio llamadas moléculas de Posner. La cadena propuesta incluye la formación y transferencia de correlaciones de espín, y el efecto de ciertos eventos químicos sobre la disponibilidad de calcio y, a su vez, la actividad neuronal. Este es un programa de investigación teórica que conecta varios supuestos físicos y químicos comprobables. [7]

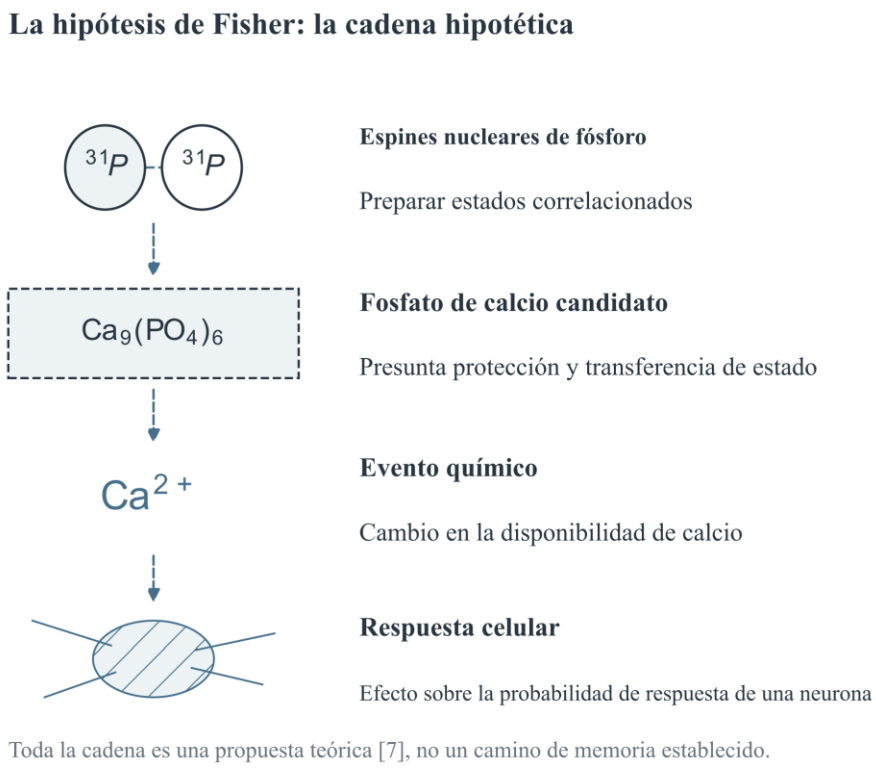


Figura 18. La hipótesis de Fisher vincula los espines nucleares con las hipotéticas estructuras de fosfato de calcio y los efectos celulares posteriores. La existencia y el funcionamiento de toda la cadena requieren pruebas separadas.

Su atractivo radica en su especificidad. Aparece un elemento químico específico, una posible estructura y un camino desde el estado microscópico

a la acción celular. Cada opción reduce el espacio explicativo. En lugar de una suposición general sobre la memoria cuántica, la pregunta es si los procesos moleculares específicos cumplen las condiciones necesarias.

El diagrama detallado, sin embargo, todavía necesita ser revisado en cada enlace. Una reacción químicamente posible puede estar dominada por canales que no mantienen las correlaciones requeridas. Una estructura que es conveniente de calcular puede ser inestable en el entorno correspondiente. La asociación con la función celular puede ser demasiado débil o inespecífica. Todos estos resultados se relacionan con el contenido físico de la hipótesis.

Es especialmente importante mantener la explicación en la dirección correcta. Uno no debe aceptar primero la presencia de memoria cuántica y luego tomar cualquier hallazgo de calcio o fosfato como confirmación. Estas sustancias están implicadas en muchos procesos. La confirmación debe referirse precisamente a aquellas propiedades y relaciones que distinguen el mecanismo propuesto de la bioquímica más convencional.

La protección depende del medio ambiente

Thomas Player y Peter Hoare investigaron la dinámica de espín de las supuestas moléculas de Posner y obtuvieron una estimación superior para el tiempo de persistencia del entrelazamiento de espín intermolecular de aproximadamente 37 minutos en condiciones idealizadas. Enfatizaron que los procesos reales pueden reducir significativamente este período. El número se refiere a un cálculo específico, no a la duración medida de la memoria cuántica en el cerebro humano. [8]

El concepto mismo de un límite superior es fácil de malinterpretar. Te dice cuán favorable puede ser el límite en el modelo elegido. No garantiza que el sistema biológico alcance este límite. Similar al alcance máximo de un dispositivo técnico en un entorno ideal, la estimación debe revisarse cuando se agregan fuentes específicas de pérdida.

Los cambios en el ambiente químico son especialmente significativos aquí. Si la estructura propuesta se une a otras moléculas, se deforma o cambia a una composición diferente, la descripción física de los espines también cambia. Es imposible calcular primero la seguridad en una estructura, y luego transferir el resultado a otra sin verificar, solo conservando el nombre anterior.

Sin embargo, incluso un cálculo limitado es útil. Muestra qué interacciones son más peligrosas y dónde la medición traerá la mayor claridad. Si la principal fuente de pérdida está asociada con un proceso específico, una evaluación independiente del mismo puede cambiar drásticamente la credibilidad de toda la cadena. Por lo tanto, el trabajo teórico ayuda a elegir el siguiente experimento sin prometer de antemano el resultado deseado.

De la correlación a la acción química

Supongamos que los estados requeridos están realmente preparados y persisten durante un tiempo suficiente. Ahora es necesario explicar cómo su diferencia cambia el resultado químico. Si todos los estados de espín posibles influyen igualmente en el proceso posterior, la información cuántica permanece funcionalmente invisible. Puede existir, pero no cumplir con su función declarada.

Por lo tanto, en cualquiera de tales modelos aparece un mecanismo de selectividad. Algunos estados deberían aumentar la probabilidad de una determinada transición, mientras que otros deberían disminuirla. Después de la transición, la diferencia debe fortalecerse o consolidarse para que se note a nivel celular. La amplificación no tiene que preservar la estructura cuántica original: los dispositivos también convierten un evento microscópico en un registro macroscópico. Pero la propia ruta de amplificación debe describirse.

Un diagrama mental con dos canales químicos aclara el problema. El primer canal depende del estado de espín, el segundo es casi independiente. Si el segundo canal es mucho más fuerte, el resultado observado será poco sensible al medio protegido. La presencia de un hermoso mecanismo cuántico en el primer canal no salva al modelo de la cuestión cuantitativa de su contribución.

Por otro lado, una pequeña contribución puede ser significativa si el sistema funciona cerca del umbral y luego amplifica la diferencia. Pero la referencia al umbral no lo exime del cálculo. Es necesario demostrar que la amplificación conserva el patrón deseado, y no convierte una señal débil en un resultado indistinguible del ruido. Las palabras “pequeña contribución” deben tener una expresión cuantitativa: cuán débil es la señal y cuánta amplificación es necesaria para su efecto.

Así, la cadena contiene dos formas diferentes de estabilidad. El estado cuántico debe sobrevivir el tiempo antes de la interacción útil. La diferencia funcional resultante debe sobrevivir hasta que se produzca la respuesta celular. Estos tiempos pueden variar mucho. Un efecto neuronal duradero no significa en sí mismo que el entrelazamiento original estuvo allí todo el tiempo.

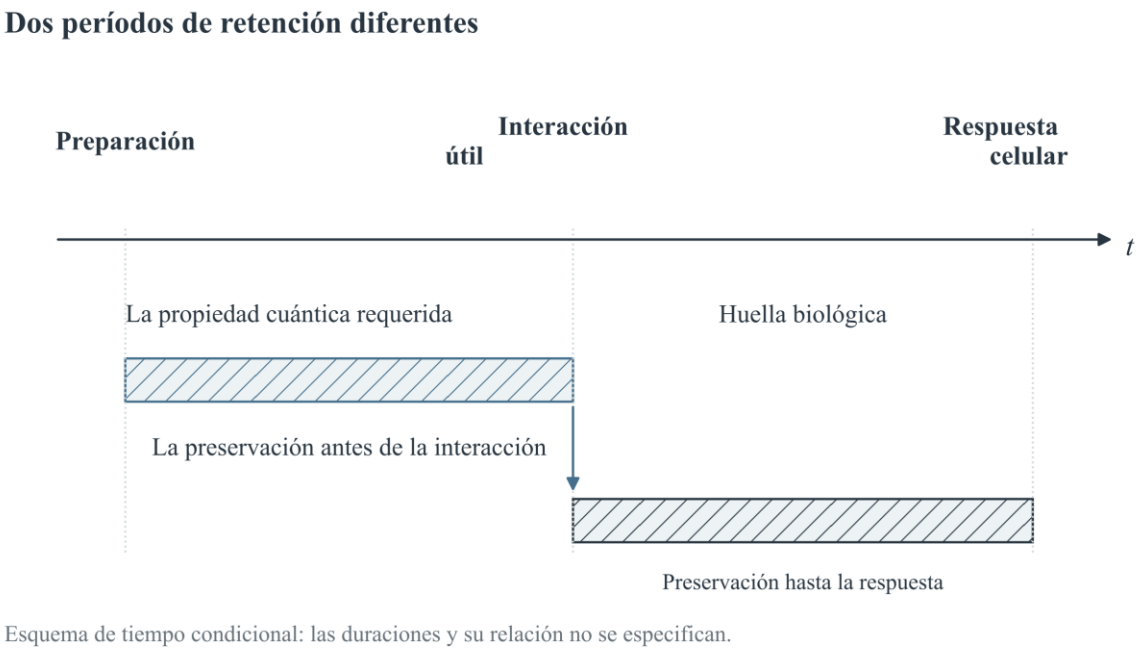


Figura 19. El estado cuántico debe persistir hasta la interacción, y la diferencia funcional resultante debe persistir hasta la respuesta celular. La duración del segundo proceso no mide la vida útil del entrelazamiento original.

La comparación del tiempo de operación con ladisminución de coherencia se muestra en la Figura 11.

Cómo distinguir un mecanismo de las causas vecinas

Si los cambios en la composición química afectan el comportamiento de un organismo, surgen muchas explicaciones posibles. La intervención podría cambiar las concentraciones, estructura, metabolismo o propiedades de otras moléculas. Para aislar el mecanismo de espín, es necesario encontrar consecuencias que sean bastante específicas y consistentes con los cálculos cuantitativos.

Por ejemplo, un modelo físico puede predecir una cierta dependencia de la influencia magnética. Pero cualquier influencia magnética detectada no indica el medio elegido. Puede tener otra fuente. Por lo tanto, la forma de dependencia, los tiempos característicos y las características acompañantes son importantes. Cuanto más precisa sea la predicción conjunta, más difícil será reemplazarla por una explicación ex post.

Se necesita una precaución similar cuando se habla de isótopos. Las diferencias en la composición isotópica se pueden usar para estudiar las propiedades del espín, pero se deben tener en cuenta otros cambios asociados en un sistema particular. Cualquier diferencia no se puede suponer de antemano que sea el resultado de la memoria cuántica. Primero, se construye un modelo del efecto esperado, luego se consideran las razones físicas que pueden dar una imagen similar.

En esta lógica, el experimento reversible es especialmente valioso. Si el mecanismo propuesto puede ser debilitado y restaurado sin cambiar todo lo demás al mismo tiempo, la explicación causal se fortalece. Sin embargo, la restauración de la función debe corresponder exactamente al camino establecido por la teoría. El retorno de la actividad general después de una amplia exposición no es una restauración automática de un proceso de espín específico.

Este razonamiento se relaciona con el diseño del estudio, y no con las recomendaciones para intervenir en el propio cuerpo. Las variables físicas y biológicas deben controlarse en un sistema de laboratorio adecuado. De lo contrario, la incapacidad de separar las causas hace que incluso un resultado subjetivamente sorprendente sea casi inútil para probar el modelo.

¿Dónde comienza la cuestión de la conciencia?

Supongamos que se confirma todo el camino propuesto: el estado de espín se conserva, afecta a la química y cambia el funcionamiento de la red neuronal. Luego se estableció un nuevo mecanismo para el procesamiento de la información biológica. La siguiente tarea es determinar su relación con la experiencia. Puede ser necesario para algunas funciones, pero no cumplir un papel especial en la subjetividad.

Un ejemplo mental ayuda a separar las posibilidades. Un mecanismo apoya el aprendizaje, otro está involucrado en la percepción actual, y el tercero influye en la estabilidad del estado de vigilia. Todos ellos tienen la capacidad de cambiar el comportamiento. Sin embargo, una teoría de la conciencia debe aclarar exactamente qué aspecto de la experiencia cambiará cuando se interrumpa y por qué. La palabra general “cognición” no reemplaza la distinción entre memoria, atención y experiencia.

Surge un límite adicional para el modelo de interfaz externa. La memoria cuántica de larga vida dentro de una molécula no es automáticamente memoria fuera del cuerpo. Su portador puede pertenecer completamente al sistema biológico. Para pasar a una traza externa, es necesario mostrar la interacción con otro sistema y el almacenamiento de cierta información en él después de cambiar los medios internos.

Explicar el acceso es igualmente importante. Incluso si la información sobre eventos pasados se distribuye en todo el entorno, esto no significa que el cuerpo pueda restaurarlo como su propia memoria. Se requiere abordar, discriminar la señal deseada y una forma de incorporar el contenido recibido en las actividades en curso. La correlación cuántica por sí misma no realiza todas estas funciones.

La memoria como proceso de retención de las diferencias

La búsqueda de un medio físico inusual nos obliga a reformular el concepto mismo de memoria. La memoria existe para un sistema en la medida en que una diferencia en su pasado es capaz de influir en la diferencia disponible en el futuro. En esta definición, no solo es importante

la seguridad de la traza, sino también la posibilidad de su uso. Un rastro que es fundamentalmente inaccesible a cualquier proceso posterior no explica la memoria.

Por lo tanto, un buen modelo físico debe conectar la grabación, almacenamiento y recuperación. Puedes lograr un resultado impresionante en una parte y perder todo el significado en otra. El supuesto sujeto también requiere coherencia de la historia: se deben asignar diferentes rastros a un centro de percepción y acción en desarrollo, y no seguir siendo una colección aleatoria de estados almacenados.

Los espines nucleares son de interés precisamente como una forma de hacer estas preguntas precisas. Es posible preguntar sobre la preparación, la interacción, la vida útil y la lectura. Si no se confirma el mecanismo, las preguntas en sí permanecerán y serán aplicables a otro medio. Si se confirma, separarían el descubrimiento en biología cuántica de una conclusión más poderosa sobre la naturaleza de la experiencia.

Ahora podemos regresar del portador molecular al organismo como un todo. La anestesia cambia la comunicación con el mundo exterior, el comportamiento y la memoria, permitiendo que las explicaciones de la conciencia se comparen con las transiciones observadas. Pero primero tenemos que averiguar exactamente qué habilidades han cambiado y qué se midió en cada caso. Este es el sujeto del próximo capítulo.

Capítulo 11

¿Cómo afecta la anestesia a la cuestión de la conciencia?

La persona responde la pregunta, luego deja de responder y más tarde comienza a hablar de nuevo. Puede haber una brecha en la memoria entre dos conversaciones. Esta secuencia parece un experimento casi perfecto para apagar la conciencia. Pero la imagen aparentemente simple esconde varios procesos diferentes: un cambio en la experiencia, pérdida de conexión con el entorno, incapacidad para responder y deterioro de la formación de la memoria.

Esta es la razón por la que la anestesia es tan importante para el estudio. Le permite observar transiciones y comparar los efectos de sustancias con cambios en el cerebro. Al mismo tiempo, obliga a seleccionar cuidadosamente el valor medido. Si una teoría sólo explica la inmovilidad, no puede considerarse automáticamente una teoría de la desaparición de la experiencia. Si explica la memoria, no es una explicación completa de lo que sucedió antes de que se restaurara la respuesta.

Tres desapariciones diferentes

Se puede distinguir mentalmente entre tres situaciones. En el primero no hay experiencia. En el segundo, la experiencia existe, pero no contiene el mundo externo real. En el tercero, el mundo exterior es algo accesible, pero la capacidad de comunicarse sobre él se ve afectada. El comportamiento en estas situaciones puede ser similar. Por lo tanto, la ausencia de una reacción no siempre determina claramente el estado interno.

A estas diferencias se añade la memoria. Incluso si la experiencia estuviera presente, podría no ser preservada en la forma de una historia posterior. Por el contrario, la narrativa posterior a la recuperación puede incluir eventos que ocurrieron durante la transición entre estados. El investigador obtiene una memoria en lugar de un registro directo y continuo de la experiencia. El tiempo de contenido se convierte en una tarea en sí misma.

En el estudio de Sarasso et al, dieciocho voluntarios fueron asignados a tres grupos de anestesia. Después de la ketamina, los participantes informaron experiencias de sueño vívidas, mientras que después del propofol y el xenón no hubo tales informes. Las respuestas del cerebro a la estimulación magnética también diferían: con la ketamina, quedaba una imagen más compleja, cerca de la vigilia. [2]

Este resultado es importante como una distinción entre estados observados en lugar de como un mapa ya hecho de todas las posibles experiencias de anestesia. Muestra que la misma falta de respuesta a estímulos externos puede ir acompañada de diferentes datos. Para la teoría

de interfaz, la consecuencia es específica: es imposible describir cualquier transición con una sola cantidad "fuerza de conexión" si las diferentes formas de pérdida de acceso requieren mecanismos diferentes.

Un modelo más significativo debe distinguir entre el canal de la percepción externa, la organización interna de la experiencia y las condiciones de la reproducción posterior. Quizás dependan del proceso general. Pero esto debe demostrarse explicando los casos de su divergencia. De lo contrario, la simple palabra "desconexión" oculta precisamente esas diferencias que el experimento puso a disposición para su estudio.



Figura 20. Una falta similar de respuesta externa puede permitir diferentes estados internos. La memoria y la historia posterior constituyen un elemento separado de observación.

Evidencia que viene después

La historia de una experiencia tiene una posición especial. Es la fuente más importante de información sobre el contenido de la experiencia, pero surge en un sistema que ya ha pasado por cambios de estado. Por lo tanto, el investigador debe simultáneamente tomar la historia en serio y tener en cuenta las condiciones en las que apareció. La viveza subjetiva no reemplaza la información independiente sobre el tiempo y las circunstancias.

Supongamos que una persona, después de la recuperación, habla sobre el sonido. Este sonido podría relacionarse con el período anterior a la pérdida de respuesta, a la restauración o a una escena construida internamente. Para distinguir entre opciones, se requiere un evento con un tiempo y

contenido conocidos. El mero hecho de reconocer un sonido no establece el momento de su percepción.

Del mismo modo, la ausencia de una historia no permite reconstruir toda la historia anterior. La memoria puede no haberse formado o puede haber sido inaccesible. Esto no significa que cualquier intervalo vacío deba considerarse una experiencia oculta. La conclusión correcta es que los datos limitan muchas explicaciones posibles, pero no siempre seleccionan una.

Para una hipótesis física, es especialmente importante decidir de antemano qué parte de esta cadena describe. El modelo puede predecir la desaparición de la memoria disponible mientras se conserva el proceso interno. Entonces debe ser comprobado contra las consecuencias de tal discrepancia. Si predice un cese completo del proceso, la evidencia posterior y los indicadores independientes harán una demanda diferente.

La validación es más fuerte cuando diferentes fuentes de datos son consistentes. El comportamiento, la fisiología y la narrativa no siempre tienen que coincidir, pero la teoría debe explicar el patrón de sus superposiciones y divergencias. Una preferencia arbitraria por cualquier indicador que sea más conveniente para la conclusión actual priva al experimento de su poder discriminativo.

Respuesta cerebral a la perturbación

El funcionamiento del sistema se puede estudiar tanto en condiciones normales como después de una corta exposición. La perturbación proporciona un comienzo conocido y permite explorar cómo se propaga y cambia la respuesta. Esto ayuda a distinguir estados que son externamente similares en inmovilidad, pero difieren en organización interna. Este es exactamente el enfoque utilizado en el mencionado estudio de estimulación magnética. [2]

Sin embargo, la complejidad de la respuesta no debe confundirse con una irregularidad arbitraria. El ruido puede ser impredecible sin formar un procesamiento coherente. Por otro lado, un sistema muy regular puede realizar de forma fiable una función limitada. Conectarse con la conciencia requiere una medida que sea sensible a la organización de interés, y no simplemente a la cantidad de fluctuación o lo inusual del patrón.

Vamos a comparar mentalmente los tres dispositivos. El primero responde a la influencia con el mismo impulso corto. El segundo produce ruido aleatorio. El tercero da una respuesta variada, pero relacionada con el impacto y el estado interno. Estas diferencias son útiles para analizar la dinámica, pero no determinan por sí mismas qué dispositivo tiene experiencia.

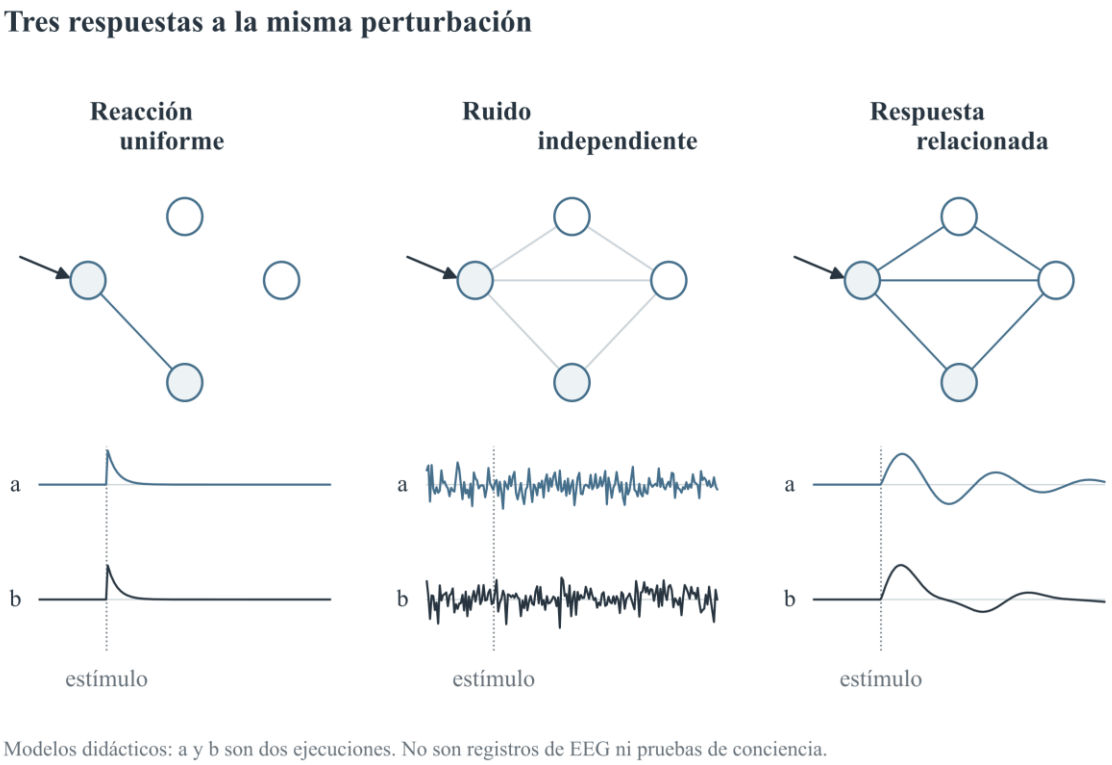


Figura 21. El mismo tipo de respuesta, el ruido y la respuesta asociada variada reflejan una organización diferente de la dinámica. En el tercer ejemplo, las dos series difieren en el estado inicial del dispositivo. Estos ejemplos de enseñanza no determinan por sí mismos la presencia de una experiencia.

Por lo tanto, un indicador fisiológico adquiere significado a través de la comparación con estados y condiciones descritos independientemente. Puede ayudar a evaluar la conciencia donde la respuesta es difícil, sin convertirse en una medida universal de subjetividad para ningún sistema físico. La transferencia de un indicador a un nuevo entorno requiere una verificación separada de su significado.

Además, la condición no cambia necesariamente en todos los aspectos a la vez. Durante el proceso de transición, un indicador puede recuperarse antes que otro. Si comparamos solo los estados estables antes y después de la exposición, una parte importante del mecanismo permanecerá invisible. El orden temporal de los cambios puede mostrar qué enlace precede al otro y qué procesos continúan después de la aparición de la respuesta externa. Por lo tanto, la teoría debe explicar el curso de la transición, incluyendo la secuencia de restauración de diferentes funciones.

Para la hipótesis cuántica, esto significa que un cambio en la complejidad de la respuesta cerebral puede ser una consecuencia esperada, pero no una medición directa del portador cuántico. Una cadena causal permanece entre el supuesto proceso microscópico y la dinámica observada. Debe examinarse si la explicación cuántica debe distinguirse de un modelo neural con una base microscópica diferente.

Intervención y retorno

De particular valor son los experimentos en los que el investigador cambia el funcionamiento de un sistema particular y observa una restauración parcial de la función. En la serie de estimulación talámica central de Bastos et al., dos macacos mostraron signos de vigilia con la administración continua de propofol. Al mismo tiempo, algunas características de la actividad neural cambiaron. [3]

La estructura causal es importante aquí. La condición cambió después de una cierta intervención, aunque la anestesia continuó actuando. Para explicarlo, no es suficiente decir que las moléculas de la materia simplemente destruyeron la conciencia en todas partes de la misma manera. Es necesario tener en cuenta la organización de la red, las posibilidades de su activación y qué funciones se han restaurado realmente.

Pero la causalidad de la intervención tiene límites. Activar un nodo puede afectar a muchos otros. El retorno de las reacciones motoras no nos permite leer directamente el contenido de la experiencia animal. Por lo tanto, la formulación precisa del resultado conserva el nivel observacional: signos de vigilia y cambios neurofisiológicos, en lugar de acceso completo al mundo interno del animal.

La hipótesis de la interfaz podría incorporar este resultado al sugerir que una organización talamocortical está involucrada en el acceso al portador previsto. Entonces será necesario explicar por qué esta organización en particular importa y qué consecuencias adicionales se derivan de tal explicación. Si cualquier método de recuperación se llama "reparación del receptor", la hipótesis sigue siendo demasiado flexible.

La variante más fuerte debe predecir las diferencias entre las intervenciones. Un cambio puede restaurar la capacidad de responder a estímulos externos, otro puede restaurar la complejidad de la respuesta del cerebro a la estimulación y otro puede restaurar la capacidad de retener recuerdos. La relación entre estos efectos indicará cuántas funciones verdaderamente independientes incluye la interfaz prevista.

Microtúbulos en la cadena causal

En el trabajo de Han et al, la exposición al estabilizador de microtúbulos epotilona B en ratas aumentó el tiempo hasta la pérdida del reflejo de enderezamiento bajo anestesia con isoflurano. Este resultado correlaciona la interferencia con el sistema de microtúbulos con un índice de sensibilidad a la anestesia. El experimento en sí no midió la coherencia cuántica y no determinó directamente si el animal tenía una experiencia. [12]

El reflejo de enderezamiento es la capacidad de un animal para volver a su posición normal después de dar la vuelta; En el experimento descrito, se evaluó el retorno de la rata desde su espalda hasta sus patas. Este es un indicador observable conveniente, pero su cambio puede reflejar el trabajo de diferentes partes del cuerpo. Para relacionar el resultado específicamente

con la dinámica cuántica, es necesario mostrar su papel causal y separarlo de otros cambios celulares. [12]

Supongamos que la intervención hace que la estructura sea más estable y cambia su interacción con la luz. Un cambio en la sensibilidad a una sustancia sería compatible con al menos dos explicaciones. Lo que te ayudará a elegir entre ellos no es una referencia general a los microtúbulos, sino una predicción discriminatoria. Por ejemplo, ¿qué características deben cambiar juntas y cuáles pueden cambiar independientemente?

Al comparar estos experimentos, es necesario comprobar los enlaces intermedios. Un efecto óptico en una estructura aislada y un cambio en el reflejo en un animal pueden pertenecer al mismo mecanismo, pero esta conexión aún necesita ser probada. La mera presencia de la palabra “microtúbulos” en ambas descripciones no establece continuidad causal.

La investigación adicional debe conectar tres niveles con las mediciones: el estado del portador, su efecto sobre la célula y el estado del organismo. Si los cambios son consistentes en el tiempo y el tamaño del efecto, se admite el modelo. Si la cadena está rota, queda claro dónde se necesita la revisión.

Una predicción que distingue explicaciones

Un pronóstico significativo no solo se refiere a la dirección del efecto. La formulación “una sustancia cambiará la conciencia” es demasiado amplia, si esto ya se conoce por farmacología. El nuevo mecanismo debe explicar la variación adicional: dependencia de una propiedad del portador, un rango característico, un orden temporal específico o una combinación particular de cambios observados.

Por ejemplo, en el modelo imaginario, dos impactos cambian la actividad general de la red de la misma manera, pero tienen diferentes efectos en la supuesta portadora cuántica. Si el modelo asocia un cierto aspecto de la experiencia con él, debe indicar de antemano la diferencia entre los estados resultantes. De lo contrario, el medio no agrega información observable a la explicación neural ya existente.

El caso inverso también es importante. Dos intervenciones pueden producir el mismo cambio en una medida del portador, pero conducir a un comportamiento diferente debido a las diferencias en etapas posteriores. La teoría debe entonces explicar por qué un efecto microscópico igual no implica un estado igual del organismo. Una explicación multinivel requiere consistencia en lugar de un solo indicador universal.

Un buen modelo también permite el fracaso. Si el portador previsto cambia, pero la función esperada en condiciones adecuadas sigue siendo la misma, esto limita su papel. Si una función cambia sin el cambio esperado en los medios, la necesidad indicada es limitada. Tales resultados son útiles precisamente porque permiten elegir entre diferentes esquemas causales.

El precio de una explicación general

Una teoría universal de la conciencia debe explicar la vigilia ordinaria, así como las transiciones en las que la experiencia, la respuesta y la memoria divergen. No puede seleccionar solo los casos más misteriosos. Las relaciones simples y estables imponen demandas no menos estrictas que los relatos subjetivos inusuales.

Por lo tanto, la anestesia no proporciona una única respuesta definitiva, pero sí proporciona muchas limitaciones. La teoría debe tener en cuenta la diversidad de condiciones observables, la posibilidad de intervención causal y las limitaciones de los métodos de medición. Para un medio externo, esto significa la necesidad de un modelo preciso de comunicación con el organismo, y para un enfoque puramente neuronal, esto significa la necesidad de explicar la organización interna de la experiencia.

El siguiente paso es comparar estas explicaciones en términos generales. Si bien cada programa elige sus propios ejemplos exitosos, el argumento se convierte fácilmente en monólogos paralelos. El significado científico aparece cuando los competidores indican de antemano dónde realmente difieren sus pronósticos y qué resultado tendrá que considerarse inconveniente.

Capítulo 12

Cuando la teoría se encuentra con la competencia

La teoría es especialmente convincente cuando se ve de forma aislada. Por cada resultado exitoso, puede encontrar una explicación hermosa, y los detalles inconvenientes se pueden atribuir al trabajo futuro. La situación cambia cuando otra teoría aparece cerca que puede explicar las mismas observaciones. La pregunta entonces ya no es si la historia es posible, sino qué explicación es mejor para el escrutinio general.

La investigación de la conciencia necesita esta comparación tanto como otras áreas de la ciencia. El sujeto en sí es complejo, y los datos permiten múltiples niveles de interpretación. Por lo tanto, es especialmente importante distinguir entre la explicación del estado, el mecanismo de acceso, el contenido y la presencia misma de la experiencia. Las teorías pueden discutir sobre diferentes preguntas mientras creen erróneamente que ofrecen respuestas incompatibles a una.

Alternativa neural fuerte

Es fácil presentar la teoría neural como demasiado primitiva: como si simplemente afirmara que es suficiente para recoger una gran cantidad de células nerviosas y la conciencia aparecerá por sí sola. Los programas de investigación del mundo real tratan de determinar qué proceso es importante para la organización, qué interacciones son necesarias y por qué la información está disponible para diferentes funciones en algunos casos, pero permanece local en otros.

En la teoría global del espacio de trabajo neuronal, un papel importante es desempeñado por el fortalecimiento y mantenimiento de la representación a través de interacciones recurrentes, permitiendo que la información esté disponible para diferentes procesos especializados. Una revisión de George Mashour, Peter Roelfsema, Jean-Pierre Changeux y Stanislas Dehaene considera este enfoque como una explicación de los mecanismos de procesamiento consciente, incluidas las relaciones con la atención y la memoria de trabajo. [22]

Como ejemplo mental, uno puede imaginar un sistema en el que la señal visual se usa primero solo para el reconocimiento local y luego está disponible para la planificación, la memorización y la selección de respuestas. La diferencia no es simplemente la presencia de una señal, sino un cambio en la forma en que se usa posteriormente. Tal explicación tiene un contenido funcional específico independientemente de si es suficiente para explicar la subjetividad.

La hipótesis de la interfaz no se beneficia al ignorar esta organización. Si existe una base externa, la experiencia humana todavía se manifiesta a

través de la memoria, la atención y la acción. Por lo tanto, un nuevo modelo debe incorporar las relaciones funcionales establecidas o explicar por qué un dispositivo diferente produce los mismos resultados. La simple dicotomía de “cerebro o mente” oscurece esta responsabilidad.

La unidad como estructura causal

La teoría de la información integrada parte de otras premisas. IIT versión 4.0 mapea las propiedades de la experiencia a los requisitos para la estructura causal interna de un sistema físico. La teoría relaciona la experiencia con una organización irreducible de causa y efecto, en lugar de simplemente con la cantidad de datos transmitidos. Su descripción matemática impone ciertas condiciones sobre lo que se considera un sistema y qué relaciones dentro de él son significativas. [21]

Este enfoque no puede reducirse a la afirmación “cuanto más complejo, más consciente”. Un flujo aleatorio puede ser difícil de comprimir y carecer de la organización causal requerida. La cantidad de memoria, el número de conexiones y el rendimiento computacional tampoco son idénticos al criterio establecido. Por lo tanto, el uso de un indicador conveniente de complejidad en lugar de una definición teórica completa requiere una justificación separada.

Un contraste mental entre la grabación de un proceso y el proceso como un sistema operativo es útil. Una grabación de video de un mecanismo complejo puede contener mucha información sobre su funcionamiento, pero no reproduce todas las interacciones causales del mecanismo. Para una teoría que se basa en causas y efectos internos, esta diferencia es fundamental. Para otras teorías, un nivel diferente de organización puede ser decisivo.

Este enfoque tiene sus propias dificultades: definir los límites del sistema, establecer su estructura causal y conectar las propiedades matemáticas con contenidos específicos de la experiencia. Sin embargo, la dificultad para calcular o probar una teoría no justifica su sustitución por una caricatura. La comparación debe referirse a las afirmaciones reales de la teoría, los datos disponibles y las predicciones de una explicación competitiva.

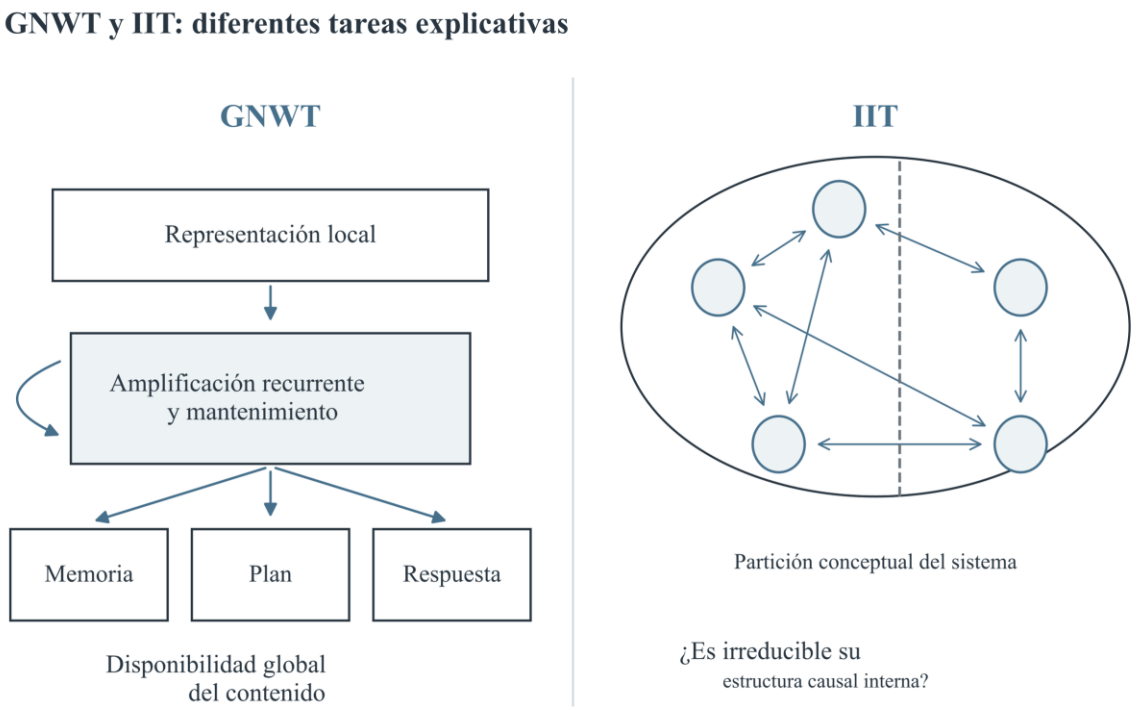


Figura 22. GNWT enfatiza la disponibilidad global de representación en todos los procesos. IIT vincula la experiencia con una organización causal interna irreducible. Los diagramas muestran la dirección de la explicación en lugar de calcular la conciencia.

Una prueba acordada conjuntamente

En el estudio del consorcio Cogitate, los proponentes del IIT y GNWT acordaron de antemano diferentes predicciones y reglas de puntuación. En 256 participantes, la actividad cerebral se estudió cuando se presentó con estímulos visuales de diferentes duraciones. Se utilizaron imágenes de resonancia magnética funcional, magnetoencefalografía y electroencefalografía intracraneal. Algunos de los resultados fueron consistentes con las expectativas de ambos programas, pero también se descubrieron dificultades específicas. Para IIT, esta fue la falta de sincronización estable prevista en la corteza posterior. Para GNWT, la ausencia del estallido repetido esperado de activación en la corteza prefrontal después de la desaparición del estímulo. Estos resultados se refieren a las predicciones y condiciones experimentales probadas; no proporcionan motivos para declarar el contenido completo de una de las teorías completamente rechazadas. El principal logro metodológico del trabajo es que los criterios de comparación se determinaron antes de conocer los datos. [1]

El principio de dicha verificación es más importante que el anuncio espectacular del ganador. Si las predicciones se escriben de antemano, es más difícil cambiar sutilmente el significado de la teoría después del experimento. Sin embargo, la prueba preseleccionada también tiene un

alcance de aplicabilidad. Se refiere a versiones específicas, objetivos, mediciones y suposiciones de conexión. El fracaso de un pronóstico no necesariamente destruye todo el programa, pero crea una obligación de explicar la revisión.

La lógica general para distinguir los modelos se muestra en la Figura 7; la separación del ajuste y la verificación independiente se ilustrará adicionalmente en la Figura 31 en el Capítulo Diecisiete.

Hay que distinguir entre la declaración central de la teoría y la forma auxiliar de relacionarla con el instrumento. Por ejemplo, un modelo puede predecir una cierta organización de la información, y el investigador selecciona un indicador fisiológico como su rastro. Un resultado inesperado puede cuestionar tanto el modelo como la relación elegida con el indicador. Para una revisión significativa, debe indicar exactamente qué parte se supone que debe cambiarse y qué nuevas consecuencias dará esto.

Esta distinción no debe convertirse en una defensa sin fin. Si se declara que cualquier resultado inconveniente es un fracaso de la suposición auxiliar, la teoría ya no está en riesgo. Por lo tanto, es útil determinar de antemano qué relaciones se consideran suficientemente fiables para una comparación dada y qué combinación de resultados será un problema grave. Entonces la revisión sigue siendo un trabajo científico, y no una forma de preservar la formulación a cualquier costo.

La nueva versión puede ser mejor que la anterior. Pero su ventaja debe probarse en nuevas condiciones. La explicación repetida del mismo resultado para el que apareció la versión aún no muestra que su capacidad predictiva haya aumentado.

Imaginemos dos modelos que difieren en el lugar esperado de representación estable. El resultado obtenido puede no coincidir con ninguno. Esto aún no significa la victoria del tercer modelo, que no participó en la comparación. En primer lugar, debe comprender si la formulación en sí, el método de medición o la conexión entre la señal observada y el concepto teórico fue un error general.

Para la hipótesis de la interfaz externa, hay una advertencia útil aquí. Las dificultades de las teorías neuronales crean espacio para nuevas explicaciones, pero no proporcionan evidencia a favor de un portador externo. La evidencia surgirá cuando el propio modelo explique de antemano la diferencia en la que a los competidores les va peor, y el resultado resista el escrutinio independiente.

Las explicaciones pueden estar en diferentes niveles

El modelo cuántico y el modelo neural no son necesariamente mutuamente excluyentes. El primero puede describir un mecanismo microscópico que proporciona una función celular específica. El segundo es organizar una red que utilice esta función. Si ambos dan una descripción

multinivel compatible, el argumento sobre “cuál es el correcto” es engañoso: responden a diferentes preguntas.

La competencia directa ocurre cuando las consecuencias observadas difieren. Por ejemplo, un modelo establece que un cierto proceso cuántico es necesario para una función, mientras que otro permite la persistencia de una función después de que se elimina selectivamente. A continuación, aparece un sujeto específico de comparación. Pero primero debe asegurarse de que se elimine exactamente la propiedad deseada y no se destruya todo el sistema celular.

No todos los efectos cuánticos hacen inútil la descripción clásica de una función. A veces, la física microscópica conduce a reglas estables y efectivas a una escala mayor. Tales reglas pueden predecir bien el comportamiento sin describir cada partícula. Por lo tanto, la cuestión de la necesidad de una descripción cuántica debe relacionarse con la tarea y la precisión elegida, y no con la materia en general.

A su vez, un modelo clásico de comportamiento exitoso no necesariamente resuelve el problema de la naturaleza de la experiencia. Puede reproducir patrones observados, dejando abierta la explicación del lado subjetivo. Esto no es un fracaso de la simulación, sino una diferencia entre su resultado y el objetivo más amplio. Los límites precisos te ayudan a evitar exigir todo de un modelo a la vez.

Lo que un portador externo agrega

Supongamos que el modelo cerebral ya explica los estados observados, los errores de memoria, la disponibilidad de información y las respuestas a las intervenciones. Se le añade un sistema externo. Para que una adición tenga sentido físico, debe mejorar la predicción, explicar un patrón consistente con menos suposiciones independientes o proponer un nuevo mecanismo comprobable.

Si el estado de los medios externos se puede elegir libremente para cada resultado, el modelo se vuelve demasiado flexible. Es fácil reconciliarse con el pasado, pero difícil de verificar. El problema no está en el propio sistema externo, sino en la falta de restricciones. Las mismas dificultades surgen para cualquier modelo, cuyo número de posibilidades libres aumenta junto con el número de resultados inconvenientes.

Un ejemplo mental ilustra la diferencia entre explicación y ajuste. El primer modelo predice de antemano un cierto retraso en la respuesta a la influencia. El segundo, después de cada medición, selecciona un nuevo retraso, llamándolo la propiedad de una fuente no disponible. Ambos pueden describir los datos obtenidos, pero solo los primeros se arriesgan a cometer errores en la siguiente medición. Es este riesgo el que da valor científico al pronóstico.

Por lo tanto, los medios externos deben limitarse a propiedades que se definen independientemente de la salida deseada. El tiempo de interacción,

el rango de sensibilidad, la retención de información y los modos de cambio de estado no deben ser explicaciones libres para ningún resultado. Cuanto más se puedan vincular tales propiedades por un mecanismo, más significativo se vuelve el modelo.

Los nuevos datos son más importantes que el pasado conveniente

Una explicación de los resultados ya conocidos es necesaria, pero no suficiente. El modelo se puede ajustar específicamente para ellos. Por lo tanto, las observaciones que no se utilizaron en la selección de parámetros y supuestos son de valor particular. Muestran si el modelo conservó su capacidad de predecir o simplemente se ajustó al conjunto de datos anterior.

Esta diferencia no se limita a la división mecánica de la tabla en dos partes. Si el investigador mira el conjunto de validación repetidamente y cambia el modelo, el conjunto gradualmente se convierte en parte de la afinación. Para una comparación convincente, es importante definir el procedimiento de antemano y preservar la posibilidad de una prueba realmente nueva. La replicación independiente agrega otra capa de protección contra peculiaridades ocultas del laboratorio.

La tasa de éxito también debe acordarse por adelantado. Si un modelo predice el tiempo, otro predice la fuerza de un efecto y el ganador se elige en función de una característica que resulta conveniente, la comparación no está clara. Es necesario determinar qué cantidad es relevante para el mecanismo reivindicado y qué tan precisa debe ser la predicción para que el resultado sea discriminativo.

Un resultado negativo puede tener varios significados. El mecanismo puede no estar presente en las condiciones probadas. Puede existir, pero es demasiado débil para su función declarada. La medición puede no ser lo suficientemente sensible. Estas opciones deben distinguirse por las capacidades del propio experimento. De lo contrario, cualquier resultado negativo se puede declarar “una medida demasiado aproximada”, y cualquier resultado positivo se puede declarar una confirmación final.

Rival como parte del plan

Una buena teoría debería ser capaz de describir qué explicación la superará en una comparación justa. Para la hipótesis de la interfaz selectiva, tal rival podría ser un modelo neuronal que reproduce todos los efectos adicionales reclamados sin un portador externo. Puede resultar que el supuesto portador existe, pero no está asociado con la conciencia. Puede resultar que la propiedad cuántica elegida no sea necesaria para explicar la función.

Estos resultados no hacen que el estudio carezca de sentido. Determinan qué conocimiento surgirá independientemente del destino de la expectativa original. Si un modelo con un sistema externo produce mejores predicciones bajo supuestos claramente restringidos, su soporte aumenta. Si los

beneficios desaparecen después de controlar las alternativas, debe reconsiderarse, incluso si la idea original sigue siendo atractiva.

La comparación también ayuda a formular con mayor precisión un objetivo positivo. Lo que se requiere no es probar toda la imagen metafísica con un experimento, sino descubrir una cierta contribución física y establecer su significado. Uno puede entonces preguntarse qué condiciones adicionales vinculan esta contribución a la experiencia individual. La división de tareas preserva la posibilidad de movimiento sin requerir una respuesta final prematura.

Probar explicaciones competitivas establece los requisitos para el propio modelo. En la siguiente parte, es necesario determinar el portador hipotético, el mecanismo de su interacción con el cuerpo, el límite del sujeto y las condiciones de prueba. La hipótesis de la interfaz selectiva será evaluada por las mismas reglas: qué tan específicas son sus predicciones y cómo se sostienen contra alternativas.

Cuarta parte

Hipótesis de interfaz selectiva

Capítulo 13

¿De dónde podría venir la contribución?

Cada receptor tiene selectividad. No responde a todo lo que sucede en el Universo, sino a ciertas influencias. Una señal que es demasiado débil se pierde en el ruido; demasiado rápido no tiene tiempo para cambiar el estado del dispositivo; la frecuencia incorrecta casi no causa respuesta. Son estas limitaciones las que hacen posible distinguir un dispositivo físico de una metáfora. Si el cerebro está realmente involucrado en la comunicación con un portador adicional, esta conexión también debe tener condiciones de existencia.

Hasta ahora, la atención se ha centrado en los programas de investigación existentes. Sobre esta base, podemos formular la versión del autor de la hipótesis de la interfaz. Su suposición subyacente es que algunos estados corporales son capaces de interactuar selectivamente con grados físicos de libertad no incluidos en la descripción neural habitual. La interacción sostenida podría estar involucrada en la organización de la experiencia subjetiva. Vamos a llamar a esto la hipótesis de la interfaz selectiva. Debe conectar dos preguntas: cómo funciona el mecanismo propuesto y por qué su funcionamiento debe tener un lado experiencial.

Portador en lugar de metáfora

La palabra "portador" significa un sistema cuyos estados son físicamente distinguibles y pueden cambiar. Dicho sistema puede ser un campo, una colección de partículas o un modo colectivo seleccionado. El nombre en sí no resuelve nada. Si el portador existe, se requiere indicar sus propiedades observables: energía, estructura espacial, reglas de cambio o método de interacción con materia ya conocida. Incluso si algunas de estas características aún no están disponibles para la medición directa, deben participar en el cálculo de las consecuencias.

La letra B denotará el subsistema biológico seleccionado. No es necesariamente todo el cerebro descrito en todas las escalas a la vez. En un modelo particular, B puede incluir ciertos estados moleculares y su relación con los procesos celulares. La letra E denota los medios adicionales previstos. El ambiente habitual - movimientos térmicos, reacciones químicas, influencias electromagnéticas conocidas - se denotará por R. Sigue siendo parte de la explicación incluso cuando se rechaza la hipótesis E.

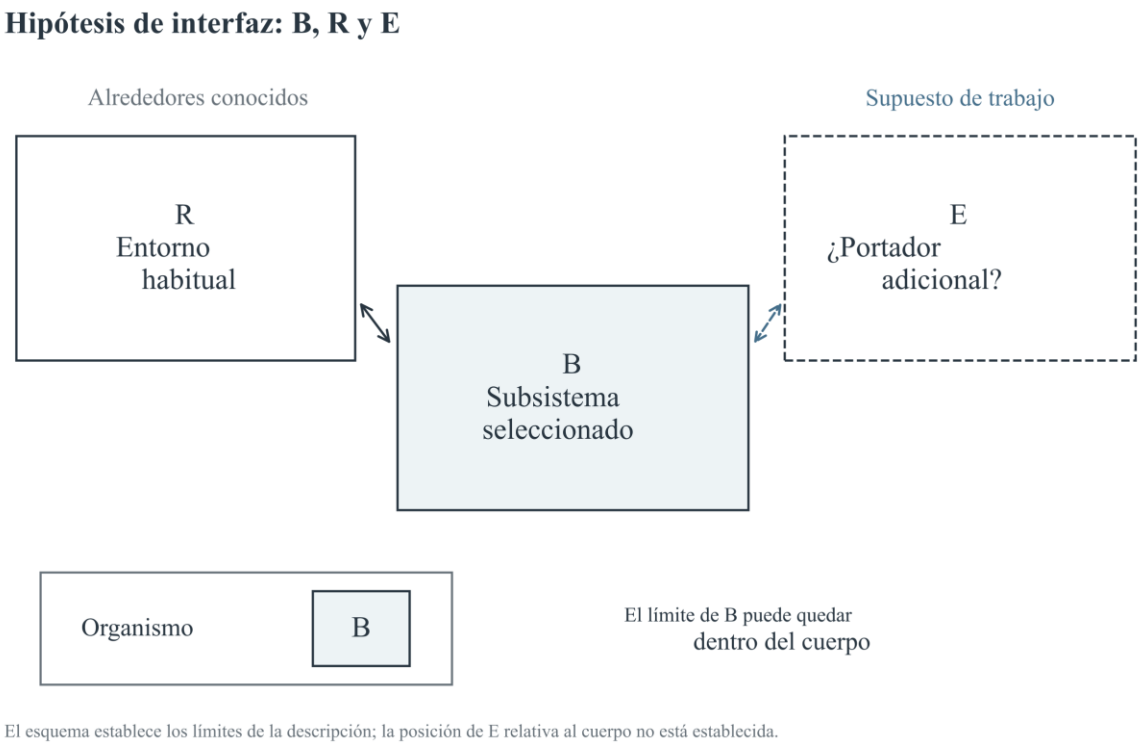


Figura 23. En la hipótesis, B denota el subsistema biológico seleccionado, R el entorno normal, E el portador adicional propuesto. La exclusión de E de la descripción de B no determina en sí misma su posición con respecto al cuerpo.

Esta división no determina la ubicación de la conciencia. Un subsistema dentro de una célula puede ser matemáticamente externo si se excluye de la descripción B elegida. Por lo tanto, la expresión “conciencia fuera del cerebro” requiere una declaración espacial separada. El descubrimiento de un nuevo mecanismo intracelular puede cambiar la neurobiología, pero no llevará al sujeto más allá de los límites del cuerpo. Un portador espacialmente externo debe exhibir precisamente las propiedades de la fuente externa: por ejemplo, una cierta ley de propagación o la dependencia de la comunicación en la geometría.

La supuesta fundamentalidad tampoco significa ilimitada. Si un proceso físico general está involucrado en la base de una experiencia, un sistema particular todavía puede recibir solo un conjunto limitado de sus estados. La luz ordinaria pertenece a un campo electromagnético común, pero dos fotodetectores no se convierten en un detector. Del mismo modo, un portador común, si existe, aún no explica la unidad o pluralidad de sujetos. Estas propiedades tendrán que derivarse de la organización de la comunicación, y no de la palabra “común”.

Hay dos rutas de búsqueda diferentes posibles. En el primero, el portador se detecta independientemente y luego se examina su relación con el organismo. En la segunda, aparece por primera vez una discrepancia persistente entre la observación y el modelo existente, y se introduce un sistema adicional como explicación. La segunda forma es aceptable, pero

requiere una disciplina especial: una discrepancia puede tener muchas razones. Un nuevo medio se vuelve útil si explica varias características independientes con un conjunto de reglas y predice una consecuencia que aún no se ha observado.

La geometría podría ser una de esas reglas. Para una fuente espacialmente externa, importa si el efecto depende de la distancia, la dirección o el blindaje. Sin embargo, una ley específica no se puede tomar prestada de un campo familiar solo por motivos de claridad. Debe seguir el tipo de interacción seleccionado. Si se espera una influencia electromagnética normal, el programa debe tener en cuenta sus propiedades conocidas. Si se reclama una interacción diferente, se requerirán razones para explicar por qué no se pudo identificar antes y dónde debería aparecer exactamente.

También hay un límite mental útil. Si E no difiere de ninguna manera del entorno habitual en cualquier observación posible, la introducción de una nueva letra no agrega nada a la explicación física. La distinción puede conservar significado filosófico, pero no cambia el programa experimental. Por lo tanto, el estudio comienza con una búsqueda de una propiedad debido a la cual la supuesta contribución adicional deja de ser solo otro nombre para el entorno ya tenido en cuenta.

La ecuación que define las obligaciones

Para empezar, una notación estándar de los subsistemas cuánticos que interactúan es suficiente. Se conoce independientemente de la cuestión de la conciencia y se utiliza aquí como un lenguaje para formular una hipótesis. [14]

$$H = H_B \otimes I_E + I_B \otimes H_E + \hbar \sum_k g_k A_k \otimes F_k .$$

El hamiltoniano H especifica la energía y la dinámica. Los dos primeros términos describen B y E por separado. El último establece la interacción entre ambos. El operador identidad I no cambia el estado del subsistema sobre el que actúa. El signo ⊗ denota un producto tensorial: permite combinar operadores que actúan en partes distintas de un sistema compuesto. Los operadores A y F son aquí adimensionales, los coeficientes g tienen dimensiones de inverso del tiempo y la constante $\hbar$ tiene dimensiones de acción. Por tanto, todos los términos tienen dimensiones de energía. En esta notación, A y F se eligen hermíticos y los coeficientes g reales, de manera que la interacción define un hamiltoniano admisible. La hermiticidad importa porque un operador así tiene valores propios reales: los posibles resultados de medir la magnitud correspondiente. [14]

La fórmula requiere opciones significativas. El operador A debe corresponder a una determinada propiedad biológica, el operador F a una determinada característica del portador. El coeficiente g no se puede cambiar cada vez para estar de acuerdo con la siguiente observación. Debe evaluarse independientemente o derivarse del modelo general y luego

almacenarse cuando se prueban nuevas condiciones. El número de términos de la suma también importa: un número ilimitado de acoplamientos libres le permite describir casi cualquier dato, pero priva al modelo del riesgo de cometer errores.

En un organismo real, dos subsistemas no son suficientes. El estado B también depende del entorno habitual R. Si las mediciones están disponibles solo en B, su estado se obtiene como una traza parcial sobre los grados de libertad restantes:

$$\rho_B = Tr_{ER}\left(\rho_{BER}\right).$$

Este registro hace posible calcular las estadísticas de mediciones en B. Sin embargo, no se puede utilizar para reconstruir sin ambigüedades la estructura de los sistemas ocultos. Diferentes ambientes pueden producir los mismos efectos observables. Por lo tanto, incluso un registro muy preciso de la actividad cerebral no garantiza en sí mismo que sea posible distinguir un medio adicional de un entorno normal complejo. Necesitamos la capacidad de cambiar las condiciones para que los modelos comparados diverjan en sus pronósticos.

Selectividad como propiedad física

Supongamos que la conexión es más fuerte en un rango estrecho de frecuencias. Entonces, la hipótesis debería predecir no solo una respuesta mejorada en el centro del rango, sino también una respuesta debilitada lejos del centro. Si el mecanismo depende de la orientación relativa de las estructuras, la rotación debe cambiar la respuesta de acuerdo con una cierta ley. Si se requiere conservación de fase, los cambios aleatorios en fase deben suprimir precisamente el componente correspondiente del efecto. Esto da a la idea general limitaciones medibles.

Sin embargo, la resonancia también puede ser clásica. El swing, el circuito eléctrico y el instrumento acústico responden selectivamente a las influencias externas. Por lo tanto, la detección de un pico de respuesta aún no establece un mecanismo cuántico. Ayuda a definir los parámetros de interacción. Su naturaleza cuántica requiere observaciones adicionales relacionadas con estados seleccionados, mediciones y capacidades de descripción clásica. Este límite es especialmente significativo cuando un efecto molecular débil es amplificado por un gran número de procesos celulares.

La hipótesis propuesta da a la selectividad un papel central. El cerebro no es una ventana abierta a ningún contenido externo. Su estructura limita las interacciones disponibles; el estado actual cambia su efectividad; la historia reestructura la respuesta futura. La imagen de una antena estacionaria da paso a un sistema que cambia constantemente sus propias condiciones de comunicación. El significado de esta suposición puede ser revelado incluso con un modelo muy pequeño.

Pequeño modelo de una gran idea

Deje que el elemento seleccionado B tenga dos niveles de energía, y el elemento E también tenga dos niveles. Por simplicidad, dejaremos solo el intercambio de una excitación. El estado inicial se elige de tal manera que E esté excitado y B esté en un nivel bajo. Los operadores de subida y bajada mueven cada elemento entre estos dos estados. La interacción tiene la forma

$$H_{int} = \hbar g \left(\sigma_+^B \otimes \sigma_-^E + \sigma_-^B \otimes \sigma_+^E \right).$$

El primer término transfiere la excitación de E a B, el segundo permite el proceso inverso. El coeficiente g caracteriza el tipo de cambio. Este es el modelo estándar de transiciones acopladas, elegido como un ejemplo concreto de la parte física de la hipótesis. No contiene persona, memoria o qualia. El modelo es lo suficientemente simple como para ser completamente calculado y hace una predicción lo suficientemente específica como para que pueda ser probada.

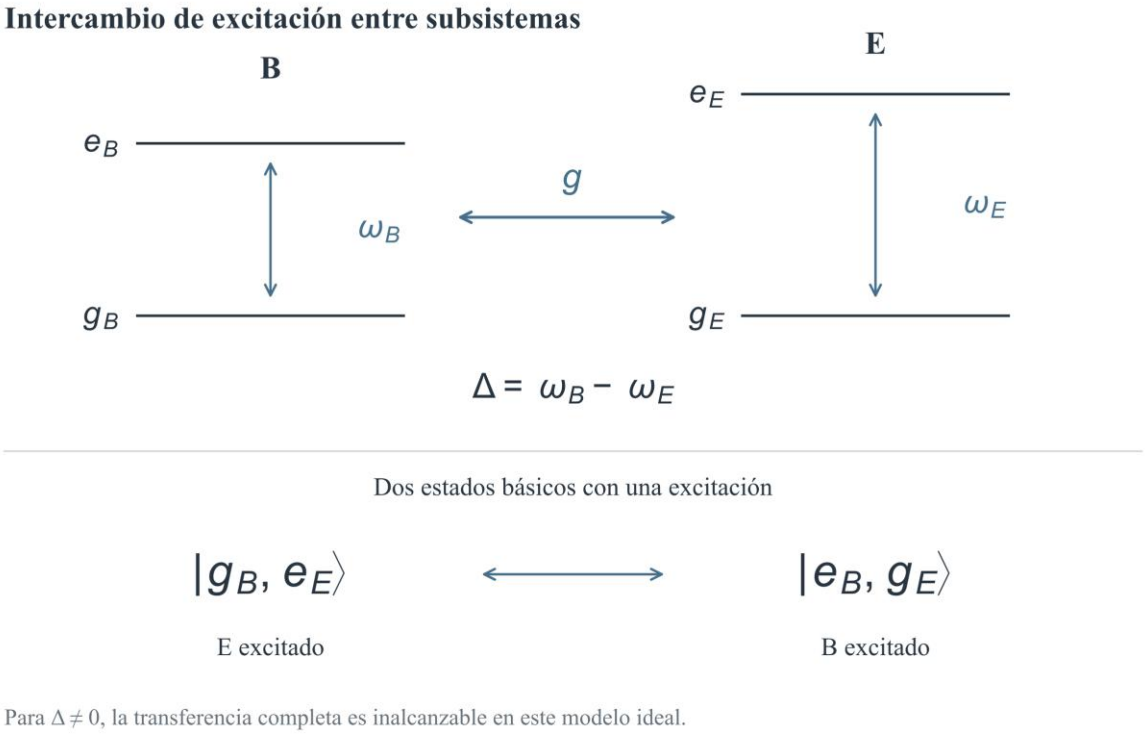


Figura 24. El modelo mínimo permite el intercambio de una excitación entre B y E. El coeficiente g especifica el acoplamiento, y la desintonización Δ es la diferencia en las frecuencias angulares de las transiciones. Con una desintonización distinta de cero, la transferencia máxima es limitada. El modelo describe la dinámica física sin la variable de la experiencia subjetiva.

El cálculo de la probabilidad de transferencia para este modelo se muestra en la Figura 36 del apéndice matemático.

En el caso ideal sin pérdidas, la probabilidad de detectar excitación en B después del tiempo t es igual a

$$P_B(t) = \frac{4g^2}{\Delta^2 + 4g^2} \sin^2\left(\frac{t}{2}\sqrt{\Delta^2 + 4g^2}\right).$$

Aquí Δ es la diferencia entre las frecuencias angulares de las dos transiciones. La fórmula se obtiene para el estado inicial indicado y el hamiltoniano elegido. Si las frecuencias coinciden, la probabilidad se convierte en $\sin^2(gt)$: la excitación puede transferirse por completo de E a B y después regresar. Con una desintonización grande, la probabilidad máxima disminuye. Así aparece una selectividad concreta, que puede expresarse con números y no solo con palabras.

Por ejemplo, con $|\Delta| = 2|g|$ la probabilidad máxima de transferencia en este modelo ideal es de una en dos. Este es un ejemplo matemático, no el resultado de la investigación del cerebro. Muestra una estructura predictiva útil: la desintonización medida restringe el tamaño del efecto por adelantado. Si el remanente observado viola dicho límite, la causa puede ser niveles adicionales, un modelo incorrecto o un error de medición. El límite en sí no se puede deshacer silenciosamente una vez que se han recibido los datos.

En un entorno biológico, la coherencia se desvanece y los niveles pueden cambiar la población debido a otros procesos. Entonces la fórmula ideal necesita ser reemplazada por un cálculo de sistema abierto. Para una evaluación preliminar, el parámetro adimensional K es útil: el producto de la frecuencia de comunicación efectiva y la vida útil de la coherencia deseada. Si la fase desaparece mucho antes que el tiempo de intercambio característico, la imagen descrita de transferencia coherente completa no tiene tiempo para formarse. K no es un criterio universal de conciencia.

El cambio en la probabilidad de transporte todavía puede reproducirse en algunos modelos clásicos de oscilaciones acopladas. Por eso, esta pequeña construcción no demuestra el carácter cuántico a partir de una sola curva. Establece unos requisitos para la hipótesis: qué estados intervienen, cómo se prepara la condición inicial, qué se mide y por qué cambia la respuesta. Los indicios de un comportamiento cuántico deben buscarse en la estructura adicional del experimento, en lugar de atribuir ese carácter a cualquier oscilación.

Cómo una conexión se vuelve biológica

Para que el modelo sea relevante para el cerebro, el estado B debe influir en el proceso posterior. Tal vez la probabilidad de una transición química, la disponibilidad de una configuración de proteína particular o el momento de un evento involucrado en los cambios de señalización celular. Cada opción requerirá su propio camino desde un estado microscópico hasta un efecto biológico observable. La palabra "amplificación" no reemplaza esta ruta: tanto la señal útil como las fluctuaciones aleatorias pueden amplificarse.

Aquí surge una condición difícil de consistencia. Un vínculo que es demasiado débil no cambia el proceso biológico de una manera notable. Demasiado fuerte puede destruir los estados que estaban destinados a ser

utilizados. El rango apropiado debe ser determinado por la dinámica conjunta en lugar de por el deseo de mantener una hipótesis. Si es necesario asumir una protección exclusiva del medio ambiente, es necesario mostrar cómo surge dicha protección y por qué es compatible con el acceso al sistema.

La huella energética también depende del mecanismo. El intercambio de excitación presupone un cierto equilibrio energético. No es necesario que un cambio neto en la fase relativa vaya acompañado del mismo cambio en la energía media del subsistema. Por lo tanto, el requisito de “una nueva conexión necesariamente debe calentar el cerebro” es demasiado duro. La pregunta correcta es qué cambios observables resultan de la interacción seleccionada y dónde encajan la energía, la información y el ruido en la descripción completa.

La predicción biológica subyacente debe persistir a través de las transiciones de escala. Si un modelo explica un cambio en el comportamiento a través de un cambio en una cierta probabilidad molecular, se deben mostrar dependencias intermedias. De lo contrario, en un extremo habrá una fórmula cuántica exacta, y en el otro - una interpretación verbal libre. Entre ellos, se requiere una cadena causal que pueda soportar mediciones independientes de cada eslabón significativo.

¿Dónde comienza la cuestión de la experiencia?

Incluso la finalización exitosa de esta cadena establecería un mecanismo físico adicional. Para explicar la conciencia se requeriría una declaración separada acerca de por qué su organización corresponde a la experiencia. En la versión propuesta, se considera que tal condición es la inclusión de la comunicación en un proceso estable que distingue sus propios estados, los combina con la memoria y utiliza las consecuencias de sus acciones para futuros cambios. Este es un postulado psicofísico de trabajo, y no una consecuencia del Hamiltoniano reducido.

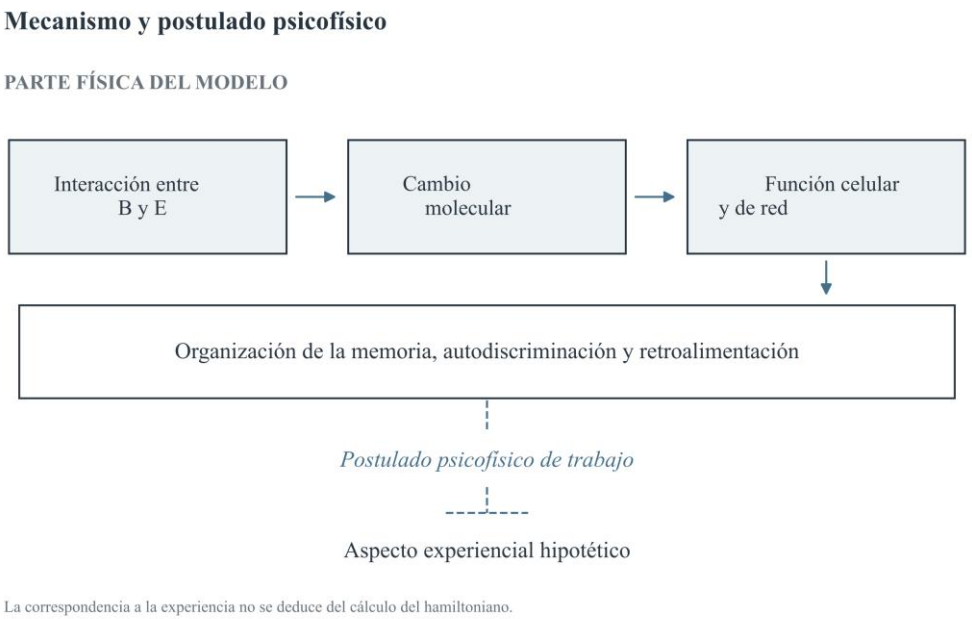


Figura 25. El cálculo de la interacción física no infiere una experiencia subjetiva. En la hipótesis del autor, su conexión establece un postulado de trabajo separado, que requiere una justificación independiente.

El postulado vincula intencionalmente al portador putativo con la organización del organismo. Una transición cuántica separada no es anunciada por un pensamiento separado. El mismo recurso físico puede participar en diferentes procesos, y la presencia del recurso aún no determina la forma del mundo subjetivo. La cuestión de la conciencia se refiere entonces a la organización estable de las interacciones a través de las cuales los eventos se convierten en estados de un participante particular en lo que está sucediendo.

El punto débil de esta versión está claramente identificado. Si bien no existe una regla confirmada independientemente para la transición de la organización física a la experiencia, el modelo no permite calcular la calidad de la sensación utilizando coeficientes conocidos. Pero la parte física ya puede llegar a ser verificable: la transferencia de excitación, la dependencia del desafinamiento, el efecto del ruido y las consecuencias biológicas tienen sus propias condiciones de verificación. Su resultado es capaz de limitar la hipótesis incluso antes de la aparición de una teoría completa de la experiencia.

Por lo tanto, se ha propuesto un esquema de cálculo mínimo y se han formulado requisitos para la teoría futura: determinar el portador, su conexión con el cuerpo, la ruta biológica de influencia y la condición para la ocurrencia de la experiencia. Este no es todavía un modelo físico establecido de conciencia. No se encontró portador E adicional y la condición psicofísica sigue siendo un requisito previo de trabajo. Pero está claro qué enlaces requieren verificación y dónde la hipótesis puede enfrentar refutación. La siguiente dificultad se refiere a la individualidad: incluso si el portador

común es real, es necesario explicar por qué a través de él surgen muchos puntos de vista separados, cada uno con su propia historia y límite.

Capítulo 14

¿Cómo surge un “yo” separado?

Supongamos que existe una base más fundamental para la experiencia. Luego aparece un candidato para explicar la posibilidad misma de la experiencia subjetiva. Pero la cuestión de cómo surge una perspectiva distinta de esta base se vuelve más apremiante. ¿Por qué lo que está sucediendo es experimentado desde puntos de vista separados? ¿Por qué una persona no tiene libre acceso a la memoria de otra? ¿Por qué la naturaleza física común no transforma a todos los organismos en un solo observador?

Se puede suponer que cada cuerpo corresponde de antemano a su propio sujeto externo. Pero entonces la individualidad se transfiere a otra parte del modelo y aún requiere explicación: ¿de dónde vienen las diferencias entre los sujetos, cómo se elige el cuerpo y qué preserva la personalidad durante esta conexión? La hipótesis de la interfaz desarrollada aquí considera una opción diferente: la co-conformación. La individualidad se forma a través de la interacción: un posible terreno común proporciona la capacidad de experimentar, y la organización del organismo y su historia determina una perspectiva específica.

Terreno común y diferentes historias

Coloquemos mentalmente dos sistemas idénticamente estructurados en diferentes entornos. Uno aprende a reconocer el movimiento cerca del agua, el otro aprende a navegar en espacios reducidos. Incluso con la misma estructura inicial, sus estados divergen gradualmente. Varias características se vuelven significativas; los errores se corrigen de diferentes maneras; Algunas acciones se consolidan, otras desaparecen. En algún momento, la misma señal externa ya causa diferentes secuencias de eventos internos.

Si estos sistemas interactúan con el mismo tipo de portadora E, la diferencia no desaparece. Por el contrario, la historia puede cambiar la efectividad misma de la comunicación: los estados disponibles, los elementos sensibles, las ventanas de tiempo y las formas de fortalecer aún más. Un recurso físico compartido es utilizado por sistemas cuyo diseño e historia ya son diferentes. En esta versión, la individualidad no necesita una biografía externa preescrita. Se forma como resultado de una secuencia de interacciones reales.

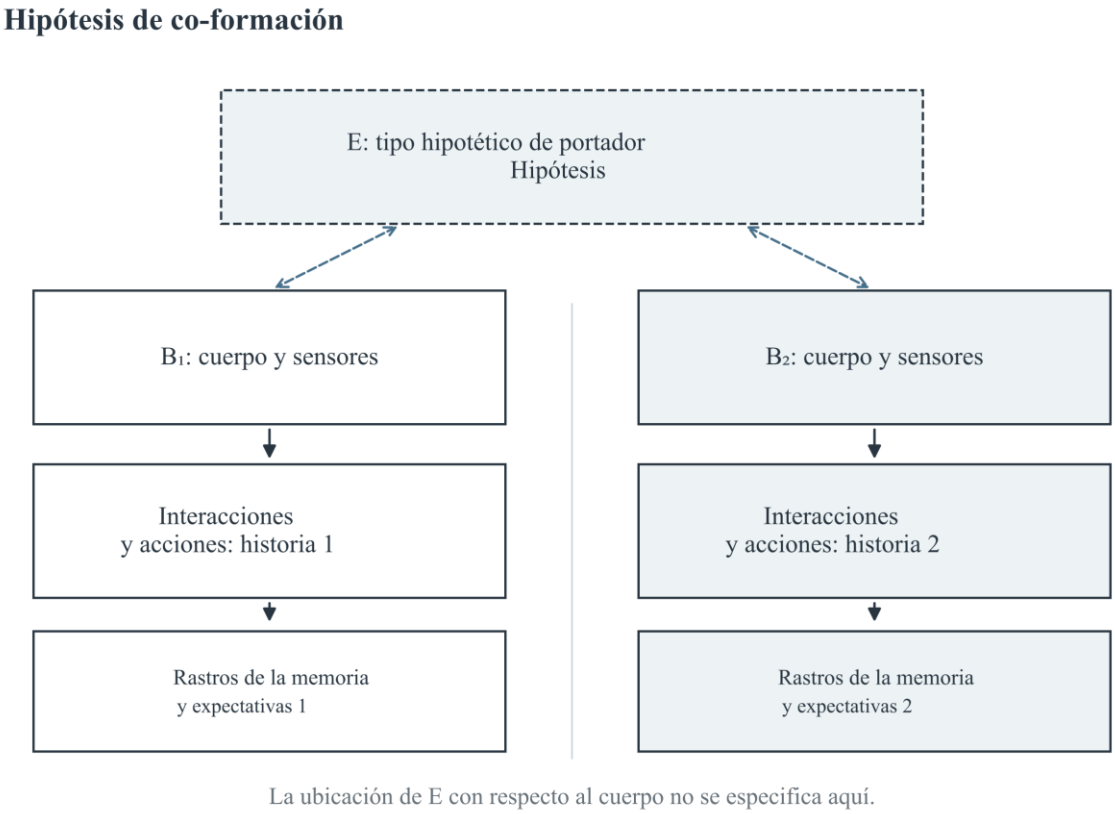


Figura 26. Hipótesis de co-formación. Un dispositivo inicial similar y un tipo de medio previsto no anulan las diferencias que surgen durante la interacción con el entorno. La presencia de E y su relación con la experiencia se asumen aquí.

Esta suposición nos permite aclarar el significado de “conciencia primaria”. La base de la capacidad de experimentar puede considerarse primaria, pero no necesariamente la personalidad humana ya hecha. La existencia de una propiedad fundamental y la presencia de recuerdos específicos pertenecen a diferentes niveles de explicación. La sensibilidad al color del dispositivo no contiene una imagen de la ciudad antes de que la ciudad aparezca frente a la lente. La analogía es limitada, pero ayuda a separar la capacidad de recibir contenido del contenido en sí.

Por lo tanto, la hipótesis propuesta incluye el principio de certeza histórica. Dos sistemas con la misma base asumida pueden desarrollar diferentes perspectivas debido a diferentes caminos de desarrollo. Si un día resulta que la historia se almacena parcialmente fuera del cuerpo, el principio permanecerá: la organización de la grabación y el acceso es importante, y no solo la disposición geométrica de la traza. Pero la ubicación de almacenamiento deberá establecerse de forma independiente.

Una frontera que funciona

El límite del sujeto no puede determinarse solo por la piel o la distancia. Los procesos físicos pasan a través de la superficie del cuerpo constantemente. La luz llega a la retina, el sonido cambia el estado del

sistema auditivo, los alimentos se incluyen en el metabolismo. Al mismo tiempo, un objeto externo no se convierte en parte de la personalidad cuando le afecta causalmente. Un simple intercambio de energía no es suficiente para explicar la pertenencia.

La organización de la retroalimentación se propone como base de trabajo. Algunos estados son utilizados por el sistema para regular su propia existencia: sus consecuencias se devuelven a la evaluación, la memoria y la elección de otras acciones. Otros estados están presentes sólo como condiciones externas. La diferencia está determinada por el papel en la dinámica, y no por la presencia de la etiqueta "mina" en una partícula individual. Esta comprensión permite límites graduales y dependientes de la tarea del sistema funcional.

Sin embargo, la causalidad en sí misma es demasiado común. El clima, el tráfico urbano y la red eléctrica también forman enormes bucles de influencia. Por lo tanto, la hipótesis requiere una organización más estrecha: combinar selectivamente los estados en la perspectiva de un participante regulado, preservar la historia accesible y distinguir las propias acciones de los cambios externos. Su combinación constituye la condición propuesta para la individuación: la formación de un sujeto separado. Todavía no es un criterio de conciencia generalmente aceptado.

La organización propuesta de estas conexiones funcionales se muestra en la Figura 32 en el Capítulo Dieciocho.

La posible portadora E está incluida en esta condición a través de canales de comunicación específicos. Si dos sistemas reciben ruido común, sus respuestas pueden ser similares. Pero el ruido común no une su memoria y no le da a un sistema acceso a las consecuencias de la acción de otro. La correlación aún no crea una perspectiva conjunta. Su modelo físico requerirá mostrar la integración real de posibilidades, y luego justificar por separado por qué esta integración corresponde a una sola experiencia.

La historia mantiene la perspectiva

El momento no tiene que almacenar toda la biografía para poder depender de ella. La habilidad adquirida cambia la acción de hoy, incluso cuando el aprendizaje no se recuerda. Se reconoce una palabra familiar sin enumerar todos los casos en que se encontró. Por lo tanto, la historia personal puede estar presente en el estado actual de diferentes maneras: como una historia accesible, como una habilidad, como una expectativa o como una sensibilidad cambiada.

En el modelo de co-formación, estas formas de historia tienen diferentes roles. La historia permite conectar explícitamente los eventos en el tiempo. La habilidad cambia las opciones sin recordar el pasado en detalle. La expectativa distingue algunos resultados futuros de otros. Ninguna de estas funciones agota individualmente la personalidad. Su interacción hace que la perspectiva actual sea una continuación de cierta historia, en lugar de una respuesta aleatoria a la última señal.

Esto implica una limitación sustancial de la hipótesis. Si el medio adicional sólo soporta estados transitorios, no explicará la persistencia de la biografía sin otros mecanismos. Si, por el contrario, se declara que es el repositorio de toda la personalidad, es necesario mostrar cómo se registra la experiencia, cómo mantiene el orden y cómo se devuelve al acceso. La misma imagen de “conexión” no puede reemplazar simultáneamente la interacción instantánea, la memoria a largo plazo y el auto-reconocimiento.

Uno puede imaginar una situación mental: el sistema retiene la regulación del cuerpo y la capacidad de actuar, pero pierde el acceso a parte del pasado. En la versión propuesta, el recurso general de la experiencia, si existe, puede seguir siendo el mismo, mientras que el contenido de la personalidad cambia. Esta posibilidad es consistente con la separación de fundación e historia. No prueba los medios externos porque los modelos neuronales también permiten varios deterioros de la memoria. Para elegir entre ellos se requerirá una predicción más específica sobre el mecanismo de pérdida y recuperación.

Autoreferencia sin espectador interno

En la expresión “yo veo”, parece haber dos participantes: el que crea la imagen, y el que la mira desde dentro. Si tomamos esta imagen literalmente, tendremos que construir un segundo mecanismo de visión para el observador interno, luego un tercero para el observador detrás de él. La explicación nunca terminará. La hipótesis de la interfaz no debería devolver la misma dificultad bajo el disfraz de un propietario externo del cuerpo.

La autorreferencia funcional se puede describir de manera diferente. El sistema distingue entre los cambios asociados con su acción y los cambios que surgieron independientemente de ella. Tiene en cuenta sus propias limitaciones a la hora de evaluar posibles acciones, almacena información sobre la fiabilidad de sus decisiones y corrige el pronóstico después de recibir el resultado. La autoimagen entonces existe como parte del control, en lugar de como una persona pequeña que mira una pantalla interna.

Tal descripción todavía deja la cuestión de la experiencia. Muestra qué trabajo hace la autorrepresentación, pero no explica automáticamente por qué se siente ese trabajo. Es aquí donde la hipótesis del autor introduce una condición adicional: una posible base fundamental está asociada con un sistema que integra estados actuales, experiencias pasadas y las consecuencias de las propias acciones en un proceso continuo de regulación. El mecanismo físico debe explicar la disponibilidad de la comunicación, y el postulado psicofísico debe explicar su relación con la experiencia individual.

La fuerza de esta división es que no hay necesidad de encajar toda la personalidad en un detalle específico. No se requiere ni una sola molécula, ni un solo nodo de red, ni un estado cuántico seleccionado para contener un «yo» ya formado. La individualidad se refiere a un proceso organizado. Ahora necesitamos determinar qué cambios preservan este proceso y cuáles

forman otro. Sin tal distinción, el concepto de organización seguirá siendo demasiado vago para probarlo.

¿Qué se debe preservar durante los cambios?

Reemplacemos mentalmente un elemento sensible en el sistema con un dispositivo que dé la misma respuesta observada. Si la hipótesis depende sólo de las relaciones funcionales, la sustitución no debe destruir la perspectiva prevista. Si se requiere un cierto mecanismo cuántico, la coincidencia de las respuestas externas puede no ser suficiente. A continuación, debe especificar la propiedad que el reemplazo no conserva y una forma de detectar sus consecuencias.

Esta bifurcación separa las dos versiones del programa. En el primero, el portador adicional solo implementa la organización funcional general; tal vez otro mecanismo físico pueda soportar la misma organización. En el segundo, un cierto tipo de interacción con E es un prerrequisito para la experiencia. La segunda versión hace un requisito más estricto: excluye algunas realizaciones físicamente capaces de aquellos capaces de experiencia. Tal limitación requiere una justificación separada; la mera similitud con un efecto cuántico conocido no es suficiente.

Las pruebas no tienen que comenzar con la sustitución de partes de un cerebro vivo. La diferencia se puede estudiar en modelos y análogos físicos, examinando si las propiedades causales reclamadas se conservan. Particularmente útiles aquí son los casos en los que dos implementaciones dan la misma salida normal, pero divergen bajo influencia adicional. Este resultado se refiere en primer lugar al diseño del mecanismo. La transición a la continuidad subjetiva todavía depende de una condición psicofísica que no puede ocultarse dentro de una descripción de ingeniería.

La hipótesis también debe tener en cuenta la escala de tiempo. Una conexión que es demasiado lenta para unir un evento en particular puede participar en el entorno a largo plazo, pero no en su organización inmediata. Un proceso rápido puede influir en la respuesta inmediata sin preservar la historia. La afirmación de un solo sujeto requiere conciliar estas escalas. No puede elegir ningún momento de integración conveniente después de familiarizarse con las observaciones.

Es útil distinguir entre la similitud continua y la continuación de un proceso. Dos dispositivos pueden en algún momento contener los mismos registros, aunque llegaron a ellos a través de diferentes caminos. Si una teoría define la personalidad sólo por un estado momentáneo, debe aceptar las consecuencias asociadas con ella. Si la historia de la formación es significativa, será necesario indicar qué diferencias en la historia se conservan físicamente y pueden participar en la experiencia futura. Refiriéndose a una historia invisible que no tiene consecuencias, no agrega una condición comprobable.

Por otro lado, el proceso puede continuar mientras se cambia una parte significativa de sus detalles. Una organización viva no es una instantánea. Es

importante que el modelo defina las relaciones que se mantienen: acceso a las propias huellas, consistencia de control, reglas para actualizar la auto-representación. En la hipótesis de la co-formación, la estabilidad del individuo está asociada con tal continuidad de la organización. Esta es una elección condicional que debe sopesarse con criterios competitivos en lugar de ser declarada una solución final al problema de identidad.

Esto da lugar a una dirección específica de análisis. Es posible construir sistemas modelo con respuestas externas idénticas, pero diferentes continuidades de estados internos, y descubrir qué características reflejan esta diferencia. El resultado primero se refiere a la memoria y el control. Ayuda a que el concepto de continuación tenga sentido físico, aunque aún no permite la comparación directa de las perspectivas subjetivas. Así es como la cuestión abstracta de lo que sigue siendo lo mismo se convierte gradualmente en varias cuestiones más estrechas de exploración.

Predicciones sobre la forma de la personalidad

Las expectativas condicionales se derivan del esquema propuesto. En primer lugar, dado el mismo medio accesorio, las diferencias en la organización corporal y la historia deben alterar el contenido disponible. En segundo lugar, la interferencia en el mecanismo de comunicación puede actuar selectivamente: interrumpir un cierto aspecto de la experiencia, dejando otras funciones relativamente intactas. En tercer lugar, cambiar la relación entre la memoria, la autoevaluación y la acción puede cambiar las formas de autoconciencia sin eliminar por completo la experiencia. Estas son las direcciones de las predicciones; para el experimento, cada una debe estar asociada con una medida específica.

Estas expectativas tienen un serio competidor: muchas de ellas siguen naturalmente las explicaciones neuronales. Por lo tanto, la hipótesis no se beneficia solo del acuerdo con la dependencia de la personalidad en la memoria y el cuerpo. Necesita un efecto adicional que se derive precisamente de la conexión prevista. Por ejemplo, una combinación preespecificada de parámetros portadores y estado del organismo debería predecir un cambio selectivo que el modelo comparativo no reproduce bajo las mismas restricciones.

Si tal efecto no se puede determinar, la co-formación sigue siendo una forma significativa de pensar sobre la individualidad, pero aún no es una teoría empírica distinta. En esta etapa, la idea nos permite plantear preguntas con mayor precisión y elimina varias sustituciones: derivar una biografía ya hecha de una base común, igualar la correlación con un sujeto común y considerar la reflexión compleja necesaria para cualquier experiencia.

El yo concreto en esta imagen surge donde la conexión física recibe la historia, las limitaciones y su propia perspectiva de acción. El cuerpo le da definición; la memoria conecta eventos separados; la autorrepresentación permite tenerse en cuenta entre las causas de lo que está sucediendo. Una

posible base fundamental no niega este trabajo. Se convierte en parte de una explicación más amplia que se supone que muestra cómo el mundo físico general permite la existencia de mundos experienciales separados.

Pero la historia no puede mantenerse unida por una sola afirmación de continuidad. Necesita rastros. Si se supone que algunos de estos rastros están fuera del cuerpo, la siguiente pregunta ya no puede responderse describiendo la personalidad. Necesitará la física de grabación, almacenamiento y lectura de memoria.

Capítulo 15

Memoria en ambos lados de la frontera

Hay una vieja fotografía sobre la mesa. La persona que presiona el botón de la cámara puede que ya no esté allí, pero la fotografía conserva la distinción entre lo que estaba delante de la lente y lo que no estaba allí. Contiene un rastro del evento. Si la foto es vista por otra persona, el rastro afectará nuevamente al sistema vivo. Sin embargo, no se deduce que el antiguo observador continúe mirando a través de la fotografía.

Este simple ejemplo separa tres cosas que pueden confundirse fácilmente: retención de información, recuperación de contenido y continuación de la experiencia subjetiva. La hipótesis de la traza de memoria externa se refiere principalmente a las dos primeras. Supone que parte de la información que es significativa para el cuerpo puede registrarse en un medio adicional y posteriormente volver a estar disponible. Para discutir el tercero, tendremos que agregar las condiciones de identidad y continuidad; no están incluidas en el hecho del almacenamiento en sí.

La huella y el recuerdo

Un trazo físico puede ser llamado una diferencia en el estado de un sistema causado por un evento previo. Para la memoria utilizable, una diferencia no es suficiente. Debe conservarse el tiempo suficiente, permanecer distinguible en presencia de interferencias y participar en el proceso de lectura. Además, el sistema de lectura debe distinguir a qué contenido se refiere la señal recibida. Sin esto, la respuesta inusual aún no se convierte en un recuerdo.

Además, la memoria humana no se limita a preservar detalles arbitrarios de un microestado. Incluye relaciones entre eventos, evaluación de su importancia, habilidades y métodos para reconstruir el contenido. Por lo tanto, la teoría del almacenamiento externo debe responder a la pregunta de qué se almacena exactamente: una característica sensorial separada, una secuencia de eventos, reglas de acción o toda una organización de la personalidad. Diferentes respuestas requieren diferentes capacidades de medios, diferentes tiempos de almacenamiento y diferentes mecanismos de lectura.

El nivel neural no puede considerarse opcional. En un experimento realizado por Xu Liu y sus colegas, ciertas neuronas del hipocampo involucradas en la formación de una respuesta de miedo condicionada se reactivaron en ratones. Esta activación causó la correspondiente inmovilización por miedo en un contexto diferente. El resultado vincula una población celular específica a la reproducción de una respuesta adquirida; no significa que fuera posible leer una biografía humana de las células. [25]

Estos datos plantean un desafío específico a la hipótesis de la interfaz. Incluso si alguna información se almacena adicionalmente, es necesario explicar por qué ciertos cambios neuronales ayudan a reproducirla, mientras que otros interfieren. Una posible traza externa no niega el dispositivo de acceso interno. Pero declarar que las neuronas son solo una “clave” no es suficiente: una clave también tiene una estructura, un mecanismo de acción y restricciones verificables.

Tres arquitecturas de almacenamiento diferentes

La versión más simple asume la memoria interna regular. El portador E, si participa en la experiencia, no mantiene una biografía. El contenido adquirido se conserva en los cambios biológicos, y la conexión adicional afecta solo a la organización actual de la experiencia. Esta versión es compatible con la hipótesis de una base más fundamental de la experiencia, pero en sí misma no nos permite esperar la preservación de la personalidad después de la destrucción del organismo.

La segunda versión asume memoria compartida. Parte del contenido o los datos de apoyo se almacenan fuera del subsistema biológico seleccionado. La recuperación requiere tanto una traza externa como un estado de acceso interno. Esta arquitectura es familiar a partir de los dispositivos informáticos convencionales, por lo que la ubicación del almacenamiento fuera del subsistema en sí no es un signo de conciencia. La novedad científica podría estar en el descubrimiento de un mecanismo específico previamente desconocido en un organismo.

La tercera versión es mucho más fuerte: la organización suficiente se conserva en el medio externo para continuar con la perspectiva individual. Esto requiere algo más que un archivo de eventos. Necesitamos reglas para su relación, acceso a la historia, diferencias entre esta persona y otras, y un proceso que pueda continuar. Si el sistema externo contiene sólo información a partir de la cual otro organismo puede construir una historia similar, la cuestión de preservar el primer sujeto permanece abierta.

Estas versiones no se pueden combinar en una fórmula: “todo se almacena afuera”. Proporcionan diferentes pronósticos cuando el acceso interno está dañado, los medios externos cambian y la conexión entre ellos se interrumpe. En la primera versión, la pérdida de un rastro biológico debería eliminar la posibilidad de recuperación; en la segunda, la información puede almacenarse mientras permanece inaccesible; en la tercera, se supone una continuación independiente del proceso. Cada versión posterior requiere condiciones físicas adicionales.

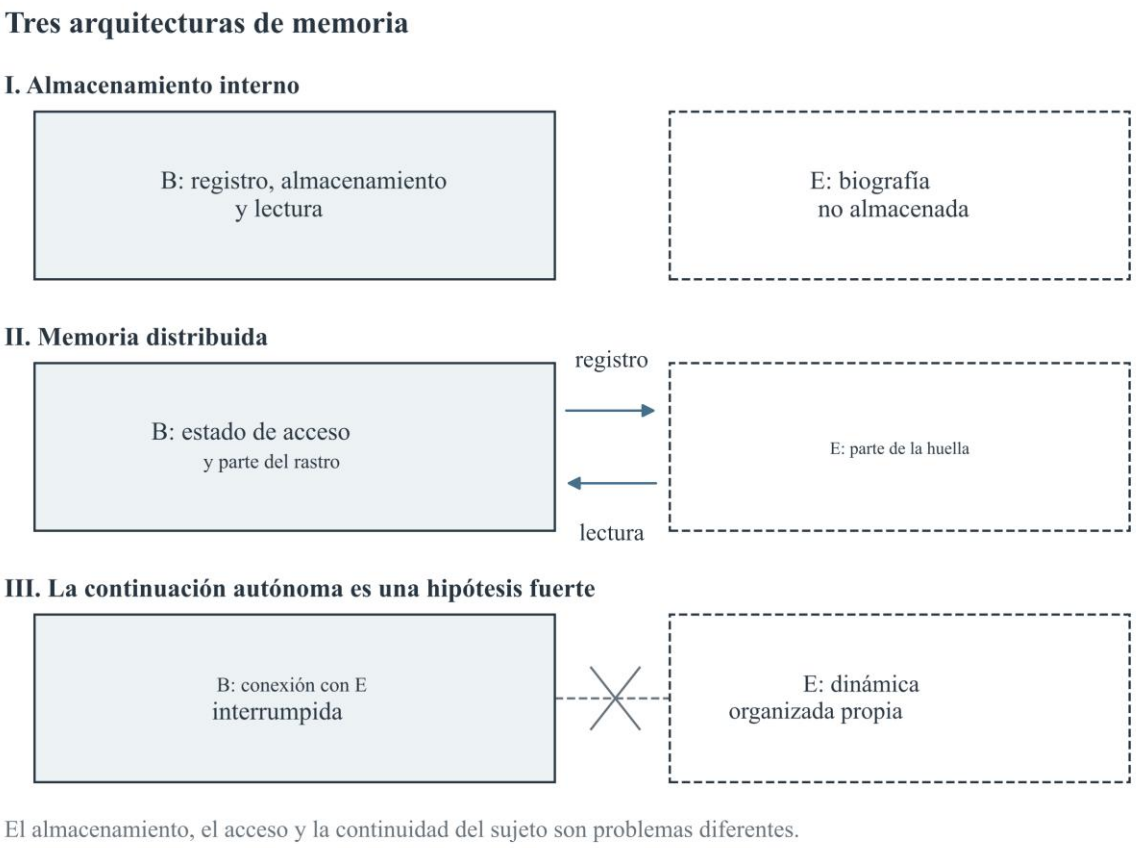


Figura 27. Las tres versiones difieren en la ubicación de almacenamiento y las condiciones de acceso. Un rastro externo a B no significa automáticamente una ubicación fuera del cuerpo; la continuación autónoma requiere suposiciones adicionales.

La grabación debe dejar consecuencias

Supongamos que un evento M cambia el estado del subsistema biológico B. Para que aparezca un rastro externo, este cambio debe influir en E a través de una cierta interacción. Esto significa que la dirección de registro aparece en la hipótesis. Más tarde, el estado E debe influir en B para que la reproducción dependa del evento anterior. Esta es la dirección de lectura. La interacción constante entre dos sistemas solos no es suficiente para probar que ha surgido una memoria con las propiedades deseadas.

La grabación tiene limitaciones. Varios eventos deben dejar rastros suficientemente distinguibles. Si un gran número de estados de un organismo se asignan al mismo estado E, es imposible reconstruir sus diferencias sin información adicional. Si el rastro se mezcla rápidamente con el ruido, la lectura se vuelve poco fiable. Si el método de abordar los cambios, la información puede ser preservada físicamente, pero ya no es accesible a un organismo específico.

El direccionamiento es especialmente importante para la suposición de la portadora común. Si registra eventos de muchos sistemas, se necesita un mecanismo de acceso selectivo. Un recuerdo no puede llamarse simplemente “mío” en retrospectiva. El modelo debe explicar qué características de la

conexión resaltan el rastro deseado, cómo se evita la confusión y por qué los nuevos eventos no destruyen todos los registros anteriores. La capacidad de compartir un entorno físico no lo libera de las tareas de memoria normales.

Los errores de lectura pueden ser más informativos que una sola recuperación exitosa. Si el rastro en sí está dañado, uno esperaría que los errores dependan del tiempo y las condiciones de almacenamiento. Si se viola la dirección, el contenido de otra entrada puede ser sustituido. Si cambia la transformación de la señal en una respuesta disponible, los errores pueden retener parte de la estructura del contenido original. Estas son opciones condicionales para el modelo, y no una descripción de la memoria externa humana ya descubierta. Su valor es que asocian el presunto mal funcionamiento con un cierto tipo de error.

Es especialmente importante distinguir entre inaccesibilidad y ausencia. Un intento fallido de recuperación no indica, por sí mismo, si el rastro fue destruido, se perdió el acceso o si el registro no se generó en primer lugar. En un dispositivo modelo, estos casos pueden separarse cambiando independientemente el mecanismo de almacenamiento y lectura. Para un organismo vivo, tal división suele ser mucho más difícil, por lo que la conclusión sobre un archivo externo no debería surgir solo del hecho de la restauración inesperada del contenido después de un largo descanso.

La limitación inversa es igual de significativa. La recuperación exitosa del daño a un camino no significa que la información provenga del exterior. Podrían almacenarse en otro proceso interno o restaurarse de acuerdo con las características restantes. La hipótesis de traza externa debe mostrar exactamente qué dependencias no se explican por estas posibilidades. Su ventaja está determinada por el contenido de la predicción, y no por la persuasión emocional de la memoria devuelta.

En este caso, los medios externos pueden resultar bastante ordinarios. El sistema es capaz de dejar huellas en el entorno y posteriormente recibirlas de nuevo a través de los sentidos. Para reclamar un mecanismo especial, debe separarlo de tales rutas. De lo contrario, la detección del almacenamiento externo se reducirá al hecho bien conocido de que el mundo cambia después de la interacción con el organismo. Una nueva hipótesis requiere un canal específico, no solo un rastro duradero.

Los límites de la copia cuántica

Si el medio se declara cuántico, debe aclararse la imagen habitual de la copia de seguridad. El teorema de no clonación afirma que es imposible crear un dispositivo universal que copie perfectamente un estado cuántico desconocido arbitrario. Wutters y Zurek mostraron la conexión de esta limitación con la linealidad de la evolución cuántica. La prohibición no se aplica a la copia ordinaria de registros clásicos distinguibles, ni prohíbe la transferencia de estado de un sistema a otro. [24]

Por lo tanto, la hipótesis necesita aclarar qué se supone que debe preservarse exactamente. Si estamos hablando de una descripción clásica de

los eventos, no es necesario referirse a la protección de la copia cuántica. Si los estados cuánticos desconocidos son significativos para una persona, es imposible prometer simultáneamente su copia exacta, la preservación del original y la lectura repetida libre sin justificación. Las limitaciones físicas del medio elegido se convierten en parte de la teoría de la personalidad, y no una adición decorativa a ella.

La transferencia tampoco es igual a la continuación del sujeto. El estado cuántico puede transferirse entre sistemas de laboratorio que no contienen biografía o autorrepresentación. La conciencia requiere una explicación del papel que desempeña el estado transferido en la organización estable de la experiencia. Si solo regula la probabilidad de un solo evento, su preservación aún no asegura la preservación de toda la personalidad. Si codifica mucho más, esto debe seguir del modelo de capacidad y acceso.

La lectura se convierte en un problema aparte. Un solo resultado de medición generalmente no proporciona una descripción completa de un estado cuántico desconocido. Por lo tanto, la imagen de una biblioteca externa desde la cual se pueden leer los estados internos exactos de todas las personas sin restricciones requiere una justificación especial. Los posibles métodos de almacenamiento difieren en qué contenido está disponible para un lector y cómo el acto de leer cambia el medio. [14]

Un experimento con la memoria controlada

Para la primera comprobación de la traza externa, es razonable considerar un dispositivo modelo donde los límites de los subsistemas están especificados por el diseño. Déjelo recibir una secuencia seleccionada aleatoriamente durante la grabación. Los registros internos disponibles de B se mueven entonces a un estado predeterminado, y el estado de E se guarda o se modifica independientemente. Después de restaurar la comunicación, se examina si la respuesta del dispositivo depende de la secuencia original.

La secuencia de entrada se elige aleatoriamente; hasta que se completa la evaluación, es conocida por el experimentador, pero oculta a aquellos que analizan las respuestas. Si un dispositivo reproduce una historia que ocurre con frecuencia, es difícil descartar el aprendizaje de datos similares. Si reconstruye las diferencias aleatorias preseleccionadas, la pregunta se vuelve cuantitativa. Puede comparar la proporción de respuestas correctas, la estructura de los errores y la dependencia de la precisión del tiempo de almacenamiento.

Pero incluso este resultado no selecciona automáticamente los medios deseados. La memoria residual puede permanecer en la alimentación, el controlador, la temperatura, el registro de hardware o el entorno R normal. La prueba debe diseñarse de manera que la disponibilidad de cada canal conocido tenga consecuencias predecibles. Un cambio en E debe distinguirse del daño general al dispositivo. De lo contrario, la desaparición del resultado después de la intervención solo mostrará que la intervención está interfiriendo con algo.

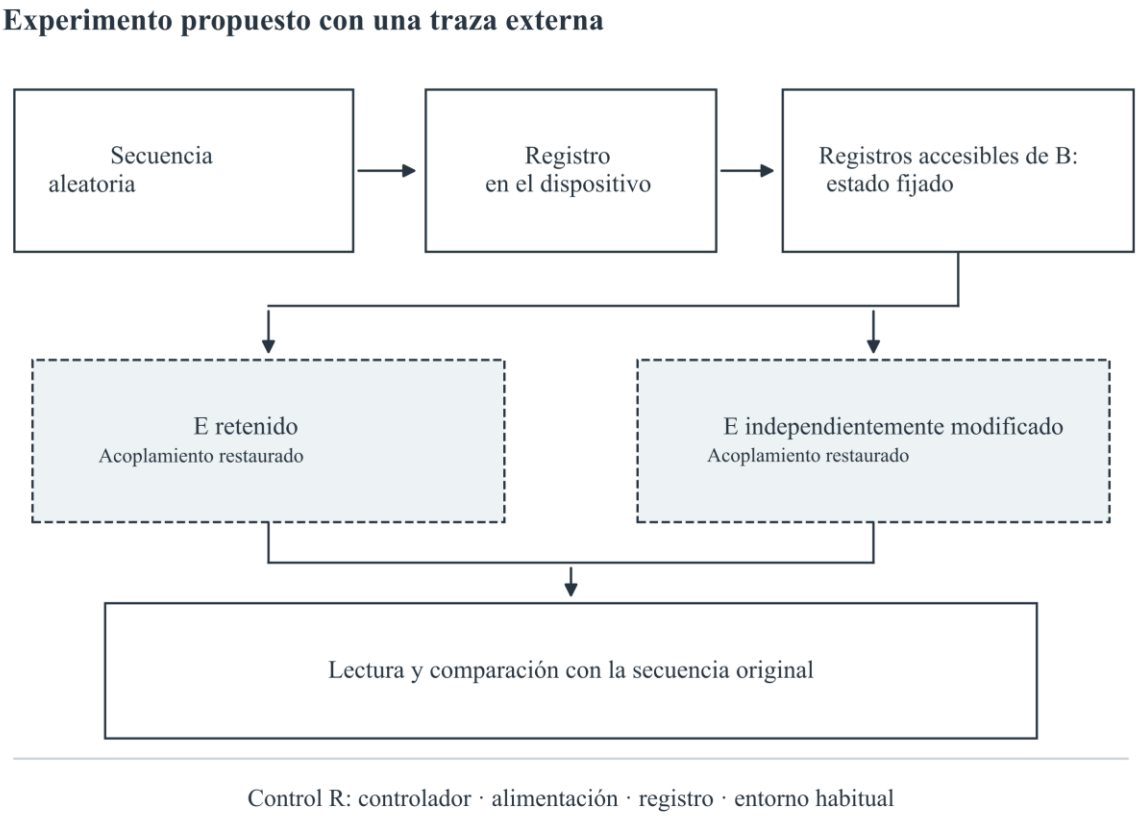


Figura 28. Verificación propuesta de la traza externa en un dispositivo modelo. La retención y el cambio de E se comparan mientras se monitorizan las entradas disponibles B y los canales normales R. La figura no representa el experimento realizado.

Una evidencia sólida sería encajar múltiples dependencias en un solo modelo: tiempo de retención de trazas, límite de capacidad, modo de direccionamiento y fallo de lectura predecible. Esto es más que la recuperación inesperada de un fragmento. El mecanismo debe explicar tanto las respuestas exitosas como la naturaleza de los errores. En este nivel, la investigación se refiere a la física de la memoria; la transferencia a la autobiografía humana requerirá auto-verificación.

Por qué el reconocimiento aún no resuelve la cuestión de la identidad

Supongamos mentalmente que el dispositivo restaura con precisión información previamente desconocida sobre la vida de una persona. Incluso un resultado tan fuerte establecerá primero el acceso a la información. Entonces usted tendrá que averiguar de dónde vino y por qué pertenece a esta fuente en particular. Solo después de esto surgirá la pregunta de si la restauración va acompañada de una continuación de la perspectiva anterior o la aparición de un nuevo sistema que tenga la misma información.

La diferencia se hace notable en el caso de dos copias. Deje que dos sistemas reciban el mismo registro biográfico y ambos con confianza afirman ser su propietario. La similitud de las respuestas no permite que una excluya

automáticamente a la otra. Las teorías de la continuidad requieren condiciones adicionales: una historia causal específica, la conservación de un determinado proceso o alguna otra conexión que pueda formularse claramente. Es imposible deducir el único sucesor de la coincidencia de historias.

Esta limitación también se aplica a las tecnologías de memoria convencionales. Un archivo puede sobrevivir a su creador, y un programa entrenado en él puede reproducir un estilo de discurso. La utilidad de tales sistemas no depende de su aceptación por la misma persona. Si se hace una afirmación sobre la continuación de la vida subjetiva, el criterio debe ser más estricto que la exactitud de la reproducción de textos o el reconocimiento de carácter. La similitud de la información y la continuidad personal resuelven diferentes problemas.

Por lo tanto, la hipótesis de traza externa del autor deja varios resultados abiertos. Es posible que no haya almacenamiento adicional disponible. Puede existir, pero apoyar solo un proceso físico estrecho. Puede participar en el acceso a la memoria mientras permanece completamente dependiente del cuerpo. Finalmente, es posible explorar una versión más fuerte de la continuación externa de la organización de la personalidad, siempre que se nombren mecanismos y métodos adicionales para su verificación.

La fotografía sobre la mesa sigue existiendo. Ella nos recuerda que la información puede cruzar los límites del tiempo y el organismo individual. Pero para convertir un rastro en un recuerdo, se necesita un proceso de lectura. Para convertir un recuerdo en una parte de la personalidad, es necesario organizar la historia. Y para hablar de la continuación de la experiencia, es necesario entender exactamente qué hace que esta organización sea una y la misma participante en lo que está sucediendo.

Esta organización no existe separadamente de las formas de percepción y acción. Por lo tanto, la cuestión de la memoria conduce a la estructura del cuerpo: qué señales pone a disposición, qué acciones permite y cómo se forma el contenido de la experiencia personal a través de ellas.

Capítulo 16

El cuerpo como condición de la experiencia concreta

En la imaginación, un avatar a menudo parece un disfraz cambiante. El sujeto permanece en sí mismo, y la cáscara sólo determina qué apariencia externa toma. Sin embargo, el cuerpo humano establece mucho más que la forma de presencia. Determina las señales disponibles, las posibles acciones, la velocidad de reacción, las necesidades y las formas de cambiar el entorno. Si asumimos una base más fundamental para la conciencia, estas limitaciones no desaparecen. Es a través de ellos que la supuesta base recibe contenido específico.

Por lo tanto, el cuerpo en la hipótesis de interfaz selectiva no se trata como un contenedor aleatorio. Participa en la formación de la perspectiva. El organismo no se limita a perder una imagen preparada del mundo, sino que selecciona constantemente qué diferencias son importantes para su existencia. Para explicar la conciencia humana a través de la conexión externa, uno tendrá que mostrar cómo esta conexión se convierte en la vista, el movimiento, el hambre, la expectativa y la historia personal de tal cuerpo.

Un avatar que cambia de dueño

Imagínese un sistema con acceso a sólo dos distancias: al obstáculo por delante y a la superficie por debajo de él. Para tal sistema, el espacio de acción está dispuesto de manera diferente que para un dispositivo que distingue el color, la forma y el movimiento a lo largo de una gran distancia. Los mismos eventos externos ofrecen diferentes oportunidades. Un paso puede ser un peligro de caída inmediata, un marcador de ruta o puede no estar en la descripción disponible.

Si se asume la experiencia en ambos sistemas, su contenido no puede considerarse el mismo solo porque el mundo físico alrededor es común. Hay una distinción entre lo que puede aparecer en la experiencia y lo que el sistema es capaz de hacer en respuesta. El cuerpo define un conjunto de interacciones y las interacciones crean significados. Se debe incluir un portador adicional en esta estructura, de lo contrario seguirá siendo una causa abstracta que no explica las características de una experiencia específica.

Incluso cambiar un canal puede reestructurar la tarea. Un dispositivo con retroalimentación retardada no puede controlar el movimiento, así como un dispositivo con respuesta rápida. Un sistema con un amplio campo de señales disponibles asigna recursos de manera diferente a un sistema con una estrecha. En tales modelos mentales, las diferencias son el resultado de restricciones de control. No necesitan llamarse distinciones de qualia por

adelantado; muestran qué condiciones físicas debe tener en cuenta un experimento potencial.

Aquí es donde surge el principio de certeza corporal del autor. De acuerdo con la hipótesis de base común, los cuerpos constituidos de manera diferente pueden producir diferentes formas de subjetividad. Esta suposición no requiere una atribución a priori de la experiencia a cada sensor. Afirma una dependencia condicional: si una experiencia ocurre a través de la interacción organizada, el dispositivo del participante debe influir en el contenido disponible. Un flujo de experiencia completamente independiente del cuerpo requeriría un modelo diferente de comunicación.

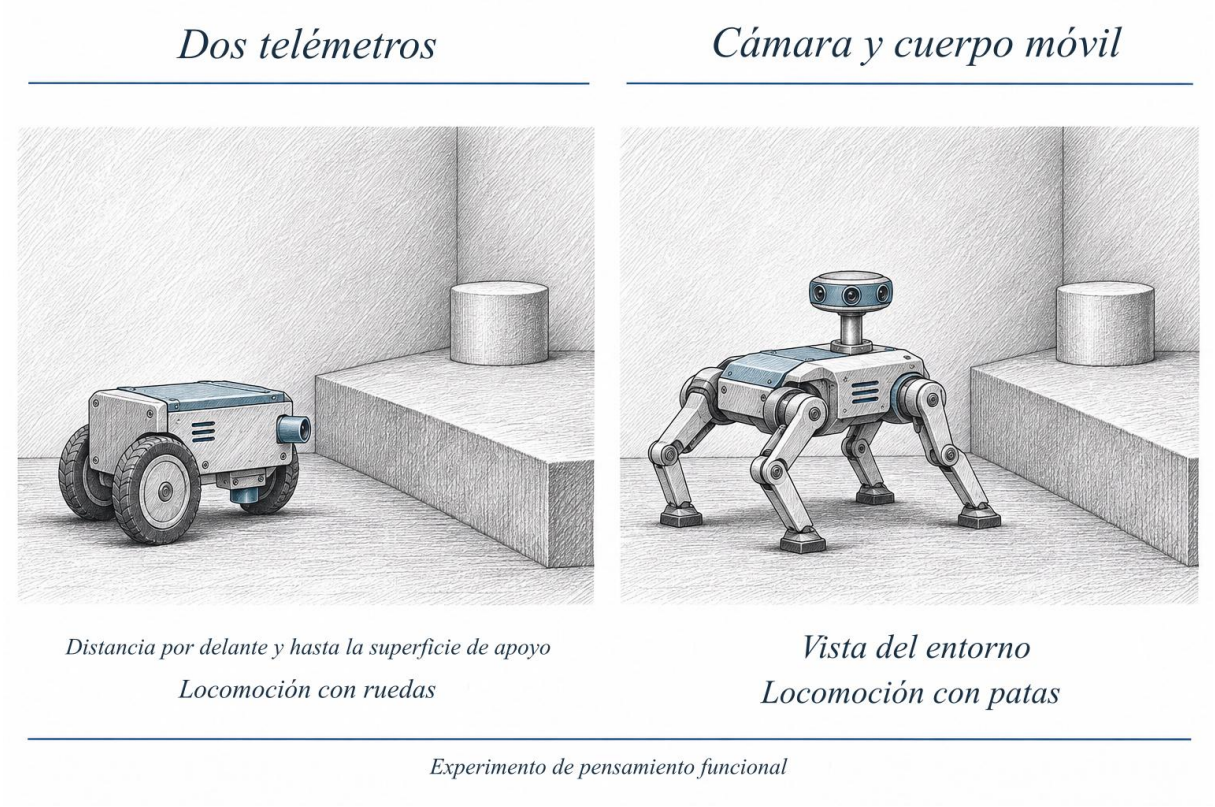


Figura 29. Un mundo establece diferentes tareas para sistemas con diferentes sensores y capacidades de acción. A la izquierda, el dispositivo condicional tiene acceso a las distancias por delante y al soporte; a la derecha hay una visión general del escenario y el movimiento basado en las piernas. Este es un ejemplo de las diferencias en la información y el control disponibles; la presencia de la experiencia subjetiva no se deriva de ella.

Señales desde dentro

El cuerpo recibe información no solo sobre el mundo exterior, sino también sobre su propia condición. La interocepción se refiere a la percepción de señales corporales internas. El trabajo de A. D. Craig describe el sistema neuroanatómico para representar el estado fisiológico del cuerpo y discute su papel en la formación de los sentimientos y la autoconciencia. Esta es una interpretación científica de la conexión entre la regulación corporal y la subjetividad; no establece que se haya encontrado un solo centro de personalidad. [26]

Para la hipótesis de la interfaz, las señales internas son especialmente importantes. Define la diferencia entre un evento externo y su significado para un organismo en particular. El mismo olor, trayectoria o sonido puede tener diferentes significados dependiendo del estado actual. Para explicar el mundo experimentado, no es suficiente reconstruir la imagen externa. Es necesario tener en cuenta lo que le está sucediendo al participante en esta imagen y qué consecuencias se esperan para él.

Aquí es fácil confundir la necesidad fisiológica con el valor experimentado. Un dispositivo técnico puede mantener la temperatura y la carga sin tener una capacidad establecida para experimentar molestias. El termostato reacciona a la desviación, pero la reacción aún no sirve como prueba de la sensación. Por lo tanto, la presencia de la regulación se considera en este libro como una posible parte de la organización del sujeto, y no como una prueba universal independiente de conciencia.

Sin embargo, el extremo opuesto tampoco ayuda mucho. Si el valor está completamente separado del diseño del sistema, no está claro por qué algunos estados requieren cambios y otros son deseables. La hipótesis del autor supone que se forma una perspectiva individual junto con las limitaciones de la propia existencia. Esta línea de explicación debe vincular la regulación física, la historia accesible y el significado experimentado sin sustituir uno por el otro.

Forma del mundo accesible

El cuerpo crea no solo necesidades, sino también escala. Para un sistema móvil pequeño, algunos obstáculos se vuelven significativos, para uno grande, otros. La velocidad de los eventos también importa en relación con las capacidades de percepción y acción. Si el mecanismo es demasiado lento, un cambio corto no tiene tiempo para influir en la elección; si es demasiado rápido y sin realizar un seguimiento, el evento puede no conectarse a acciones posteriores.

Por lo tanto, una teoría de la conciencia que pretende explicar diferentes organismos debe tener en cuenta varios niveles temporales. Hay transiciones físicas rápidas, consecuencias biológicas más lentas y una historia de aprendizaje aún más larga. Un proceso cuántico, si es funcionalmente importante, debe entrar en una cadena consistente de estas escalas. Su propia velocidad no establece la velocidad del tiempo subjetivo y no dice cuántas experiencias ocurren en un segundo.

Igualmente importante es la conexión entre percepción y acción. Un sistema que puede cambiar la posición del sensor gana capacidades que no están disponibles para un registrador estacionario. Es capaz de comprobar una señal ambigua, volver al objeto y comparar el resultado esperado con el recibido. Tal actividad no prueba la experiencia, pero hace que la hipótesis de una perspectiva separada sea más significativa: el mundo accesible se construye a través de oportunidades reales para explorarlo.

La imagen de avatar en esta versión significa una forma especial de participación. Diferentes cuerpos pueden abrir diferentes áreas de interacción, incluso si comparten la misma supuesta base de experiencia. Para hablar de la experiencia de otro sistema, primero hay que entender sus diferencias accesibles. Las palabras humanas sobre el color, el miedo o la intención no deben transferirse automáticamente a ningún mecanismo que exhiba una respuesta superficialmente similar.

Los medios de acción pueden extenderse más allá de los límites anatómicos del cuerpo. Un objeto en la mano cambia la distancia disponible; el cuaderno guarda información que no está en la atención actual; un sensor externo amplía el rango de diferencias medibles. Al analizar una tarea específica, tales herramientas se pueden incluir en un sistema funcional más amplio. Pero la decisión de incluir un objeto en el modelo no significa que el objeto tenga un lado experiencial o que el límite del sujeto se haya movido automáticamente.

Esta aclaración protege el concepto de contribución externa de ser sobreextendida. Cualquier organismo depende de su entorno. Por lo tanto, la dependencia del comportamiento consciente en un dispositivo externo no prueba una portadora especial E: puede pasar completamente a través de canales ordinarios R. Para justificar una conexión cuántica adicional, es necesario resaltar una propiedad que no se reduce a la llegada de información sensorial ordinaria y un cambio en las posibilidades de acción.

Al mismo tiempo, la expansión funcional proporciona un modelo de desarrollo útil. Uno puede explorar cómo el acceso a nuevas señales reestructura las reglas de elección y la representación de las propias capacidades. Entonces el cuerpo se entiende no como un conjunto de partes inmutables, sino como un sistema de interacciones accesibles con limitaciones físicas específicas. Si el supuesto sujeto persiste a través de tal expansión, la teoría debe explicar qué relaciones aseguran la continuidad y por qué las nuevas habilidades se convierten en parte de esa historia en particular. Estas preguntas surgen independientemente de si los medios adicionales están confirmados.

Una conexión que se desarrolla

El diseño de la interfaz puede depender del historial de desarrollo. Como modelo de trabajo, uno puede imaginar un sistema que primero mantiene unas pocas relaciones regulatorias simples, luego las asocia con la memoria y luego comienza a tener en cuenta sus propios errores y limitaciones. En cada etapa, se agregan nuevas formas de combinar eventos. En tal modelo, la reflexión desarrollada aparece como una función especial; no tiene que estar presente en todas las formas posibles de experiencia.

Esto le permite separar múltiples transiciones. La aparición de la sensibilidad a la señal es una transición. El uso sostenible de las consecuencias de las acciones es otro. Imaginarse a sí mismo en el tiempo es la tercera. Una historia lingüística sobre los propios pensamientos es otra.

La hipótesis debe explicar la relación entre ellos, sin declararlos como un nacimiento instantáneo de conciencia. De lo contrario, las distinciones entre reacción, memoria, autorrepresentación y experiencia se pierden en el debate sobre qué llamar conciencia.

Si la interacción con E es realmente necesaria, el desarrollo debe cambiar algunas de las condiciones físicas bajo las cuales opera esta conexión. Tal vez surge una cierta organización de estructuras sensibles, los tiempos de relajación cambian o aparecen formas de mejorar un efecto débil. Tales suposiciones pueden compararse con una versión en la que todos los cambios se explican por la organización neuronal sin un portador adicional. Pero la edad o la complejidad por sí solas no indican qué mecanismo es correcto.

Particularmente fuerte sería la predicción de una transición asociada con un parámetro físico medido y una función predeterminada. Por ejemplo, el modelo puede esperar que la sensibilidad cambie cuando aparece una estructura de interacción particular. Aquí es imposible asignar a una persona o un animal el momento de ocurrencia de una experiencia de acuerdo con un número arbitrario. Primero, es necesario confirmar el mecanismo en sí y los límites de su conexión con las habilidades observadas.

Otra implementación física

La cuestión de un sujeto artificial depende de lo que se considera obligatorio en la hipótesis. Si la organización de las relaciones es decisiva, se permiten diferentes formas físicas de su implementación. Entonces el cuerpo biológico representa una de las posibles opciones. Si se necesita una portadora cuántica específica, la simulación de sus ecuaciones en una computadora convencional puede reproducir predicciones sin crear el proceso físico requerido.

Esta diferencia es conocida de otros modelos. El cálculo numérico del movimiento del fluido no hace que el procesador esté húmedo. Pero la imposibilidad de la conciencia digital no se puede deducir inmediatamente de esta analogía: primero hay que saber qué propiedades físicas son esenciales para la experiencia. Si están en una relación funcional, la simulación puede implementar parte de la organización requerida. Si ciertas dinámicas materiales son significativas, la coincidencia de las salidas calculadas será insuficiente.

La hipótesis de la interfaz selectiva deja ambas posibilidades abiertas hasta que aparezca el criterio. En su versión física fuerte, el sistema artificial debe tener un canal real de interacción con E, así como una organización de memoria, autorreferencia y acción. En una versión más general, un recurso adicional puede ser sustituido si se mantiene una relación causalmente significativa. Estas opciones no se pueden mezclar: responden de manera diferente a la pregunta de qué se debe construir y qué se debe medir.

El cuerpo virtual también requiere un estado claro. El programa puede obtener información sobre la posición virtual, los recursos y los daños. Estas

variables pueden controlar su comportamiento, pero los nombres en sí mismos no establecen el dolor o la necesidad experimentada. Es útil para la investigación analizar cómo un modelo corporal cambia la memoria, las predicciones y las decisiones. La afirmación sobre el lado subjetivo requerirá una base adicional, igualmente estricta para los sistemas biológicos y artificiales.

¿Quién está incluido en el alcance de la hipótesis?

Si uno busca sólo la auto-narrativa humana, la mayoría de las formas potenciales de experiencia permanecerán sin examinar. Si cualquier reacción se considera conciencia, el concepto perderá su poder distintivo. Entre estos extremos se encuentra la tarea de describir qué habilidades y condiciones físicas son realmente requeridas por la teoría elegida. Para diferentes sistemas, estas condiciones pueden cumplirse parcialmente, en diversos grados, o a través de diferentes mecanismos.

En el programa propuesto, tiene sentido distinguir entre la posibilidad de experimentar, la capacidad de imaginarse a sí mismo y la reflexión desarrollada. La ausencia de este último no excluye automáticamente al primero. Pero la presencia de una respuesta compleja tampoco da derecho a considerar la primera establecida. Para cada clase de sistema, se necesitarán características observables adecuadas, métodos de comparación y análisis de posibles alternativas. Una prueba de habla o auto-reconocimiento no puede abordar los tres problemas sin justificación.

La relación entre la experiencia, la autoconciencia y la reflexión se muestra en la Figura 1.

La afiliación biológica no reemplaza una explicación física. Si una hipótesis conecta la conciencia con una determinada organización, debe explicar por qué esta organización es posible en algunos organismos e insuficiente en otros. Si lo asocia con un portador específico, es necesario investigar la prevalencia y el papel funcional del portador. La presencia de una molécula en casi todas las células no significa en sí misma que todas las células implementen el mismo proceso de experiencia.

Para los sistemas artificiales, se aplica un requisito simétrico. La ausencia de células no es una refutación automática, siempre y cuando la excepcionalidad biológica no se infiera del modelo. Sin embargo, la posibilidad de implementación no es igual a su implementación real. Entre un programa que se describe a sí mismo, un sistema físico con una cierta organización interna y un sujeto con una experiencia, quedan diferencias que la investigación debe aclarar en lugar de eliminar por definiciones.

Así el cuerpo vuelve al centro de incluso una teoría que admite una base más fundamental de conciencia. Establece límites, historia, modos de acción y áreas de contenido accesible. Una posible contribución externa se convierte en una explicación solo cuando muestra cómo pasa a través de estas condiciones. El siguiente paso es sacar el programa del ámbito de los

requisitos generales: es necesario construir un estudio en el que el dispositivo de comunicación produzca resultados predeterminables.

Quinta parte

¿Qué puede resolver un experimento?

Capítulo 17

Un experimento que distingue explicaciones

El investigador se enfrenta a dos curvas. Ambos describen los datos ya obtenidos bastante bien. El primero está construido con un portador E adicional, el segundo sin él, pero con una descripción más detallada del entorno habitual. Si evaluamos solo la similitud con los puntos conocidos, la cuestión de la naturaleza del mecanismo puede seguir sin resolverse. Lo que se requiere es una situación en la que los modelos hagan diferentes predicciones por adelantado.

Esta es la tarea del experimento decisivo para la hipótesis de la interfaz. Debe probar una conexión específica, no la posibilidad general de una realidad más profunda. La hipótesis tiene parámetros específicos, un rango de aplicabilidad y un valor observable. Entonces un resultado negativo puede excluir la versión seleccionada, y un resultado positivo puede proporcionar motivos para continuar el estudio. Ambos resultados solo tienen sentido en relación con un modelo claramente formulado.

Declaración con dirección

La frase “los procesos cuánticos están involucrados en la conciencia” es demasiado amplia para un solo experimento. Casi cualquier sustancia viva está fundamentalmente sujeta a la física cuántica. La pregunta científica comienza con una aclaración: ¿qué condición, qué mecanismo, qué función y qué efecto observable se plantean? Sin tal dirección, el resultado es fácil de explicar después del evento, pero difícil de predecir antes.

La versión de trabajo puede sonar más limitada: ciertos estados B y E interactúan con la frecuencia de acoplamiento medida, y cambiar la desintonización entre ellos cambia la probabilidad de una transición particular. Esta transición, a su vez, influye en el proceso biológico seleccionado. Todavía no hay una explicación completa de la conciencia, pero hay una secuencia de declaraciones, cada una de las cuales puede resultar incorrecta.

Un buen lugar para comenzar es examinar el eslabón más débil de la cadena. Si una interacción no existe dentro del rango establecido, un debate sobre su papel en la personalidad es prematuro. Si se encuentra un efecto

físico pero no afecta la función biológica, el programa se detiene en otro nivel. Si se encuentra una función, pero no está relacionada con las medidas disponibles del estado consciente, lo que queda es un mecanismo real sin un papel explicativo reivindicado.

Esta división ayuda a enfocar los recursos e interpretar con precisión el resultado. La espectroscopia exitosa no se traduce en evidencia de una entidad externa. Una búsqueda infructuosa de un portador no refuta todas las posibles teorías de la conciencia. El estudio responde a la pregunta que realmente plantea su dispositivo. Su poder está determinado por la precisión de esta pregunta.

Dos dispositivos y un pronóstico

Volvamos al pequeño modelo de transiciones acopladas. Sus parámetros se pueden estudiar primero en un análogo físico, sin atribuirle experiencias. Se requiere para determinar las frecuencias de los subsistemas y la fuerza de la conexión, a continuación, predecir la dependencia de la transferencia en el tiempo y desintonización. Es esencial que el pronóstico se pruebe en condiciones para las cuales no se utilizaron datos al seleccionar los parámetros. De lo contrario, la reproducción de observaciones será una prueba de la flexibilidad de la descripción en lugar de su poder predictivo.

En la fórmula ideal del capítulo 13, la amplitud y la frecuencia de las oscilaciones están relacionadas por los mismos parámetros. No es posible ajustar independientemente la amplitud para una medición y la frecuencia para otra sin mantener la apariencia de un solo mecanismo. Esta conexión entre cantidades observables es una ventaja útil del modelo. El desacuerdo de una dependencia con otra indica la insuficiencia de los supuestos, incluso si cada uno individualmente permite una hermosa aproximación.

Para comparar, necesitará un modelo clásico con capacidades razonables. Los osciladores acoplados, el ruido y las transformaciones no lineales son capaces de producir muchas formas de respuesta. Si un modelo complementario permite la memoria ambiental, una capacidad similar no se puede quitar irrazonablemente a un competidor. De lo contrario, la ventaja será una consecuencia de las reglas de comparación, y no una propiedad de la naturaleza. El oponente debe describir razones alternativas reales, y no una caricatura deliberadamente debilitada.

El resultado de la comparación puede ser modesto: ambos modelos predicen el conjunto de datos seleccionado igualmente bien. Esto significa una discernibilidad insuficiente en este experimento en particular. El siguiente paso es buscar otra intervención o observable adicional. Si no hay tal distinción en principio, la elección empírica entre estas descripciones en un nivel accesible es imposible. A continuación, debe quedar claro cuánto del desacuerdo sigue siendo interpretativo.

La ambigüedad también surge dentro de un solo modelo. Una respuesta igualmente pequeña puede surgir debido a una conexión débil, desintonización grande o destrucción rápida del estado deseado. Si solo se

mide la amplitud promedio, estas causas a veces son difíciles de separar. Luego, agregar un parámetro no necesariamente hace que la explicación sea más precisa: puede aumentar el número de opciones intercambiables. La medición independiente de frecuencias o tiempos de relajación reduce esta ambigüedad.

Una estrategia útil es predecir diferentes observaciones con las mismas cantidades. El parámetro estimado a partir del espectro debe participar en el cálculo de la respuesta temporal; el parámetro de ruido obtenido independientemente debe limitar la visibilidad permisible del efecto. Si cada observación requiere su propio nuevo coeficiente, el modelo pierde gradualmente la conexión entre los fenómenos que se explican. En este caso, vale la pena simplificar la declaración o reconocer que la causa común sospechada aún no se ha establecido.

En esta etapa, un resultado negativo también puede ser local. El modelo es capaz de describir correctamente el análogo físico y no es transferible a condiciones biológicas, donde las escalas significativas han cambiado o han aparecido procesos adicionales. Entonces es esta transferencia la que necesita ser investigada. El éxito de un modelo en un sistema pequeño no puede considerarse una prueba del funcionamiento del mismo mecanismo en el cuerpo, al igual que uno no puede ignorar un análogo solo porque él mismo no está vivo. En tal comparación es necesario establecer qué condiciones físicas esenciales se conservan.

Cómo aislar una propiedad cuántica

Las fluctuaciones temporales y la resonancia aún no destacan la dinámica cuántica. Para ello, la medición debe relacionarse con la propiedad en la que se basa la hipótesis: por ejemplo, una cierta coherencia, mediciones incompatibles o entrelazamiento de subsistemas seleccionados. El criterio específico depende del diseño del sistema y de los supuestos sobre la preparación de los estados. No hay una imagen universal según la cual cualquier señal inusual pueda ser reconocida como cuántica. [14]

Si se reivindica un acoplamiento coherente, es útil comparar las condiciones en las que se mantienen las poblaciones de niveles, pero cambia la fase relativa. La sensibilidad predicha a tal cambio puede separar el mecanismo de fase de la simple transferencia de energía. Pero aquí también es necesario un análisis de alternativas: un efecto diseñado para cambiar la fase puede cambiar simultáneamente la temperatura, las condiciones químicas o la eficiencia del registro. La selectividad de la intervención debe ser parte de la evidencia.

Si se reivindica el entrelazamiento, la observación de oscilaciones correlacionadas no es suficiente. Una prueba es el testigo de entrelazamiento: una cantidad medible para la cual un límite es predeterminado y respetado por todos los estados separables. Exceder este límite mientras se cumplen las condiciones de prueba indica entrelazamiento. Si no se viola el límite, aún no se descarta el

entrelazamiento: un testigo en particular puede no detectar algunos estados entrelazados. [31]

Cualquiera que sea la prueba elegida, debe tener en cuenta las mediciones reales disponibles y las conexiones entre las partes del dispositivo. Una influencia externa común puede crear señales correlacionadas sin la propiedad cuántica deseada. Por lo tanto, la conclusión depende del cumplimiento de las condiciones de prueba, y no solo de la similitud externa de las vibraciones registradas.

Este resultado establece una propiedad cuántica solo para los grados de libertad estudiados. De la correlación de dos elementos no se puede inferir la unificación de dos personalidades o la transmisión de un mensaje sin un canal. Para la hipótesis de la interfaz, el resultado es valioso como evidencia de la presencia de un recurso físico. Ahora es necesario determinar si este recurso está involucrado en la función biológica.

Del mecanismo a la función

Supongamos que se encuentra el recurso. Ahora tenemos que averiguar si el proceso biológico seleccionado cambia a través de él. Un simple cambio conjunto no es suficiente: un impacto puede cambiar simultáneamente varios sistemas. Un programa útil compara las intervenciones con diferentes efectos secundarios pero el mismo efecto previsto en el vínculo previsto. La consistencia de tales resultados ayuda a separar el mecanismo de interés del acompañamiento aleatorio.

El camino de la influencia es especialmente importante. Si la hipótesis implica un cambio en la transición molecular, entonces la respuesta celular, luego el comportamiento accesible, las cantidades intermedias deben cambiar de acuerdo con esta secuencia. Esto no significa que toda la cadena causal debe ser simple y lineal. Los bucles de retroalimentación son admisibles, pero se incluyen en el modelo por adelantado. La frase “sistema complejo” no debe servir como una licencia para ninguna dirección de causalidad.

Las comparaciones estadísticas aquí requieren precaución. Si la actividad cerebral media el efecto esperado, la eliminación estadística de su contribución también puede eliminar el efecto en estudio. Si la causa común afecta tanto al portador como al cerebro, no tenerlo en cuenta creará una conexión falsa. Por lo tanto, la elección de variables está determinada por el esquema causal, y no por el deseo de obtener un coeficiente conveniente después del procesamiento automático.

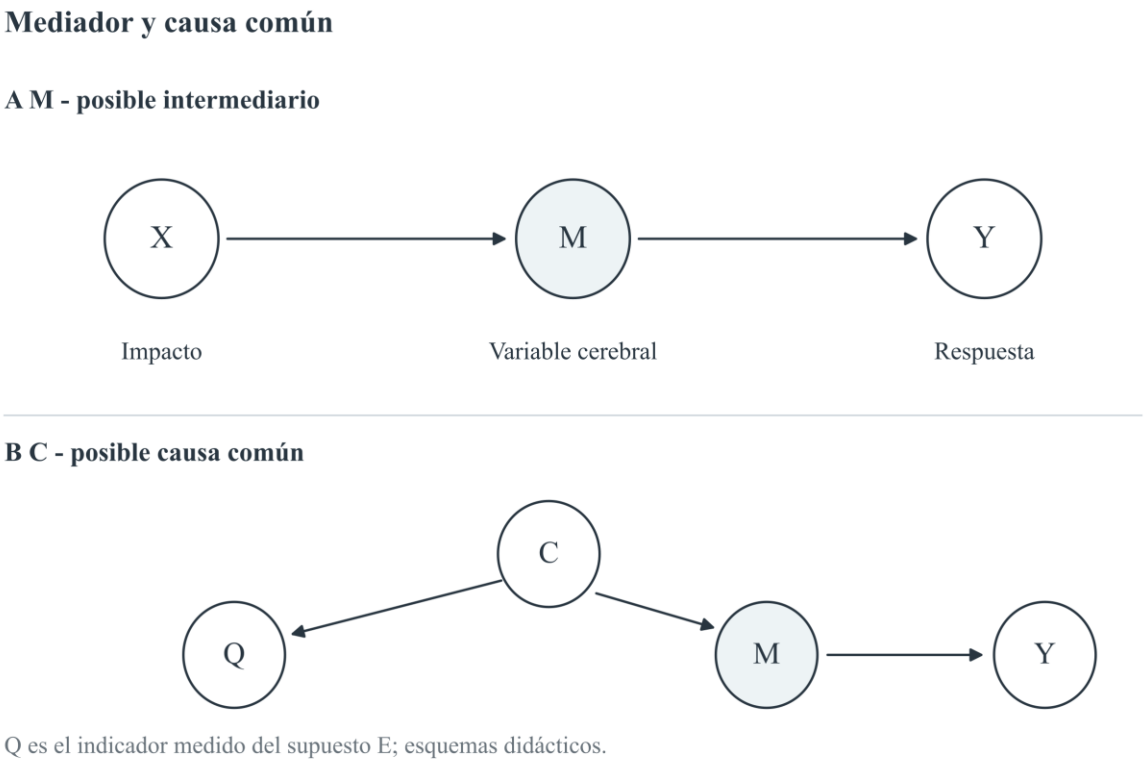


Figura 30. Dos roles causales diferentes de una variable. La exclusión estadística de la contribución de un mediador puede oscurecer el camino de influencia bajo investigación, y omitir una causa común puede crear una asociación espuria. La elección del análisis depende del modelo causal sólido.

A nivel humano, uno tendrá que distinguir entre el estado de vigilia, el contenido de la experiencia, la memoria y la capacidad de responder. Un cambio en un indicador no nos permite concluir sin datos adicionales que todo lo demás ha cambiado. El estudio debe considerar cómo se genera el informe disponible y qué causas alternativas lo cambian. Las intervenciones en el funcionamiento de un organismo vivo requieren capacitación profesional en investigación; la lógica de inferencia se considera aquí, y no un conjunto de procedimientos fisiológicos independientes.

El pronóstico debe sobrevivir a nuevos datos

Los parámetros del modelo tienen incertidumbre. Si la frecuencia de comunicación es sólo aproximadamente conocida, la predicción no debe representarse como una única línea perfecta. Lo que es importante es el rango de resultados esperados y cómo cambia con valores de parámetros aceptables. Un rango que es demasiado amplio puede incluir formalmente casi cualquier observación, pero luego el modelo dice poco sobre el futuro experimento.

Es conveniente separar los datos sobre los que se aclara la estructura del modelo y los datos sobre los que se comprueba su predicción. Sin embargo, la propia separación no protege contra el ajuste oculto si, después de cada fallo, las reglas de selección, el valor observado o el cambio de portadora

aceptable. Cambiar la hipótesis es aceptable y a menudo necesario, pero la nueva versión debe recibir nuevas pruebas independientes. La comprobación anterior no tiene éxito retroactivamente.

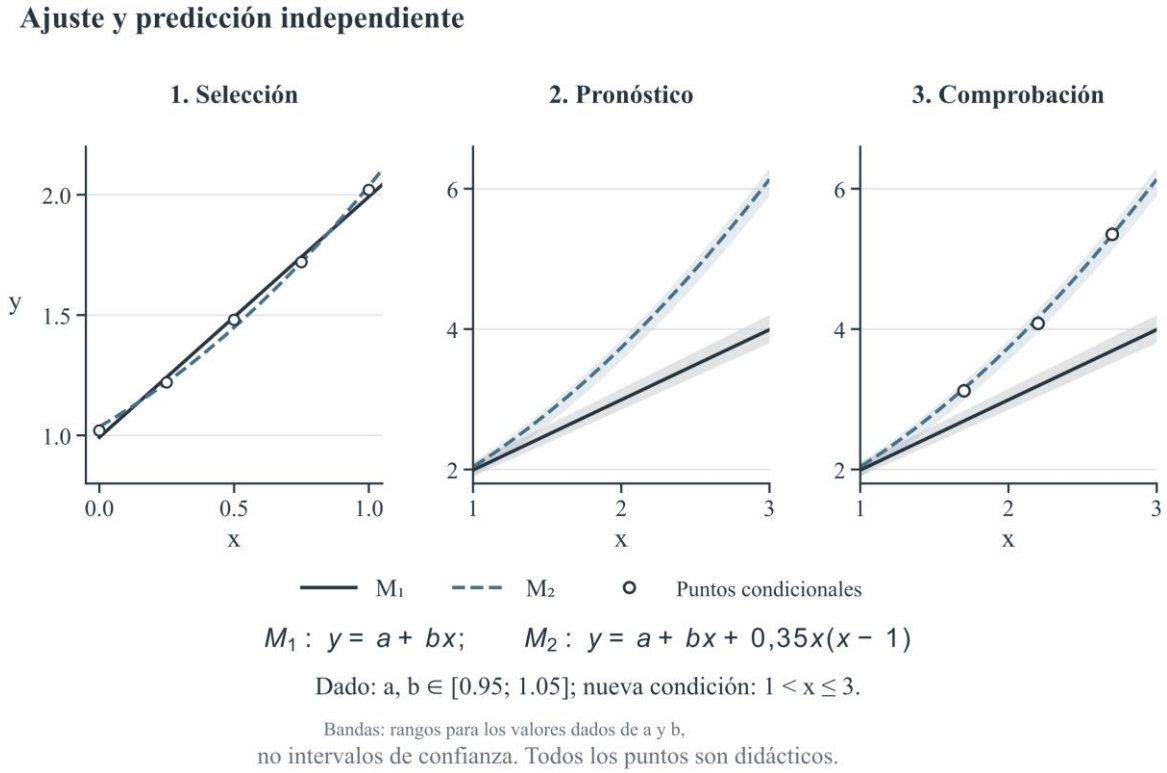


Figura 31. Ejemplo condicional de verificación independiente de dos modelos matemáticos. Las barras muestran rangos de predicciones dadas a, b ∈ [0.95; 1.05), en lugar de intervalos de confianza. Todos los puntos son educativos; las observaciones de verificación no están involucradas en la selección de parámetros y condiciones de comparación.

El estudio Cogitate utilizó predicciones pre-consenso para comparar diferentes teorías de la conciencia. El principio mismo de tal comparación es útil para el programa del autor: identificar discrepancias antes de que se conozca el resultado. [1] Esto no requiere que ningún modelo registrado se considere correcto. Por el contrario, las expectativas predeterminadas permiten ver con mayor precisión qué partes del programa fallaron la prueba.

La precisión predictiva también debe evaluarse junto con la complejidad. Un modelo con más parámetros libres puede describir mejor los datos familiares simplemente porque tiene más potencia. Más convincente es una ventaja que persiste bajo nuevas condiciones y no desaparece después de tener en cuenta la incertidumbre. A veces una versión más compleja es realmente necesaria; entonces sus elementos adicionales deben proporcionar un beneficio explicativo medible.

¿Qué significa un resultado negativo?

La ausencia de un efecto esperado tiene diferentes significados para diferentes posibilidades de medición. Si el instrumento no discrimina entre las cantidades predichas por el modelo, el experimento no prueba su afirmación clave. Si la sensibilidad es suficiente y las condiciones cumplen con los supuestos, un resultado negativo limita los parámetros o rechaza la implementación. Por lo tanto, el umbral de detección debe compararse con la predicción antes de que comience la interpretación.

También es importante explorar el área de las condiciones en lugar de confiar en un punto. En el modelo de intercambio de excitación, puede surgir una pequeña probabilidad en un momento particular incluso con una conexión fuerte: el sistema podría pasar por parte del ciclo y regresar. Por lo tanto, un valor medido bajo no proporciona automáticamente un límite superior en la fuerza de interacción. La dependencia del tiempo y la estructura espectral ayudan a distinguir la falta de comunicación del momento inoportuno de observación.

Una limitación más significativa ocurre cuando el efecto predicho está ausente en todo el rango preseleccionado donde el modelo promete una respuesta detectable. Entonces es imposible mantener la versión anterior simplemente transfiriendo el efecto a un área aún no medida sin una nueva base. Puede proponer un modelo diferente, pero esto será un cambio en el programa, no una confirmación del original. El valor científico de un resultado negativo radica precisamente en el estrechamiento de las explicaciones aceptables.

Si el portador adicional no puede describirse en absoluto de tal manera que indique tal rango, la hipótesis física aún no está lista para un experimento decisivo. Esta condición se puede reconocer directamente y se puede trabajar sobre el modelo. La falta de certeza no debe convertirse en un privilegio que permita a una idea escapar a cualquier escrutinio.

¿Cómo sería un éxito significativo?

Un resultado positivo fuerte presentaría una imagen consistente. El portador adicional o el recurso específico es discernible independientemente del resultado psicológico deseado. Sus parámetros predicen la respuesta del cuerpo. Cambiar la conexión inferida cambia esta respuesta de una manera particular. Los modelos alternativos con capacidades comparables dan peores pronósticos sobre nuevos datos. La reproducibilidad no depende de un solo instrumento, un solo grupo o un solo método de análisis.

Incluso tal éxito aún no nos diría dónde está la experiencia, establecería un nuevo participante causalmente significativo en los procesos asociados con la conciencia. Una declaración fundamental más fuerte requeriría una explicación de la relación de la organización física con el lado subjetivo. Pero después de tal resultado, esta pregunta ya estaría basada en un nuevo mecanismo, y no solo en una analogía atractiva.

Por lo tanto, la hipótesis de la interfaz se convierte en un programa de investigación con resultados discernibles. Puede perder su base física prevista, reducirse a un efecto biológico, convertirse en parte de un modelo neuronal más amplio o conducir al descubrimiento de una interacción adicional. Ninguno de estos resultados está determinado por el título del libro. Las diferencias predichas y los resultados de las pruebas independientes son críticos. Una forma de llevar a cabo tales pruebas es estudiar sistemas artificiales en los que la estructura de la memoria, la retroalimentación y la acción se especifica explícitamente.

Capítulo 18

Un sujeto artificial y el proyecto Mira

Dos sistemas artificiales pueden decir la misma frase: “Recuerdo que me equivoqué”. La primera frase detrás de esta frase contiene un registro de un evento anterior, una evaluación modificada de las propias capacidades y una nueva regla de elección. La segunda tiene solo una continuación exitosa de la conversación. Siempre que la observación se limite a la pantalla, la diferencia es fácil de pasar por alto. Se descubre cuando la experiencia previa comienza a influir en nuevas decisiones, incluso contrariamente al deseo del interlocutor de escuchar una respuesta determinada.

Para el estudio de la conciencia, un sistema artificial es valioso precisamente por la accesibilidad de su dispositivo. Puede cambiar por separado la memoria, la retroalimentación, los métodos de aprendizaje y las ideas sobre sus propios estados. Puede comparar implementaciones que son similares en apariencia, pero están estructuradas de manera diferente. Este enfoque no proporciona acceso directo a la experiencia de la máquina. Nos permite determinar con mayor precisión qué mecanismos son necesarios para aquellas habilidades que una persona tiene adyacentes a la experiencia consciente.

Este capítulo examina el proyecto Mira a través de su arquitectura propuesta y cómo se puede evaluar. Las soluciones descritas definen el entorno de investigación; no se presentan como un experimento ya realizado o prueba de los qualia de un programa en particular. El contenido científico del proyecto está determinado por las relaciones causales dentro del sistema y los resultados de su verificación.

Autohistoria y automodelo

La autorrepresentación puede comenzar con una función muy humilde. El sistema distingue entre los cambios en el entorno y las consecuencias de sus propias acciones. Si se gira la cámara, el cambio de imagen no significa necesariamente que el mundo se esté moviendo. Si su propio recurso ha cambiado, el deterioro en el rendimiento de la tarea no significa necesariamente la aparición de un nuevo patrón externo. Para una conclusión correcta, es necesario tener en cuenta el propio dispositivo de observación.

Tal modelo no tiene que contener un nombre o biografía. Se puede distribuir entre la evaluación de oportunidades, la posición del sensor, el historial de acciones y la anticipación de las consecuencias disponibles. Su valor funcional se manifiesta en la corrección de errores. Un sistema que atribuye cada falla al mundo exterior cambiará la parte incorrecta de la explicación y repetirá la acción fallida.

La arquitectura propuesta de Mira implica distinguir entre la idea del entorno y la idea de la propia participación en él. Estos puntos de vista deben interactuar. Si el primero existe sólo como una base de hechos externos, y el segundo como una descripción textual del carácter, puede no haber conexión causal entre ellos. Entonces la biografía decorará la respuesta. Una conexión significativa surge cuando cambiar el modelo de sí mismo cambia las predicciones, elecciones y métodos de prueba de la predicción.

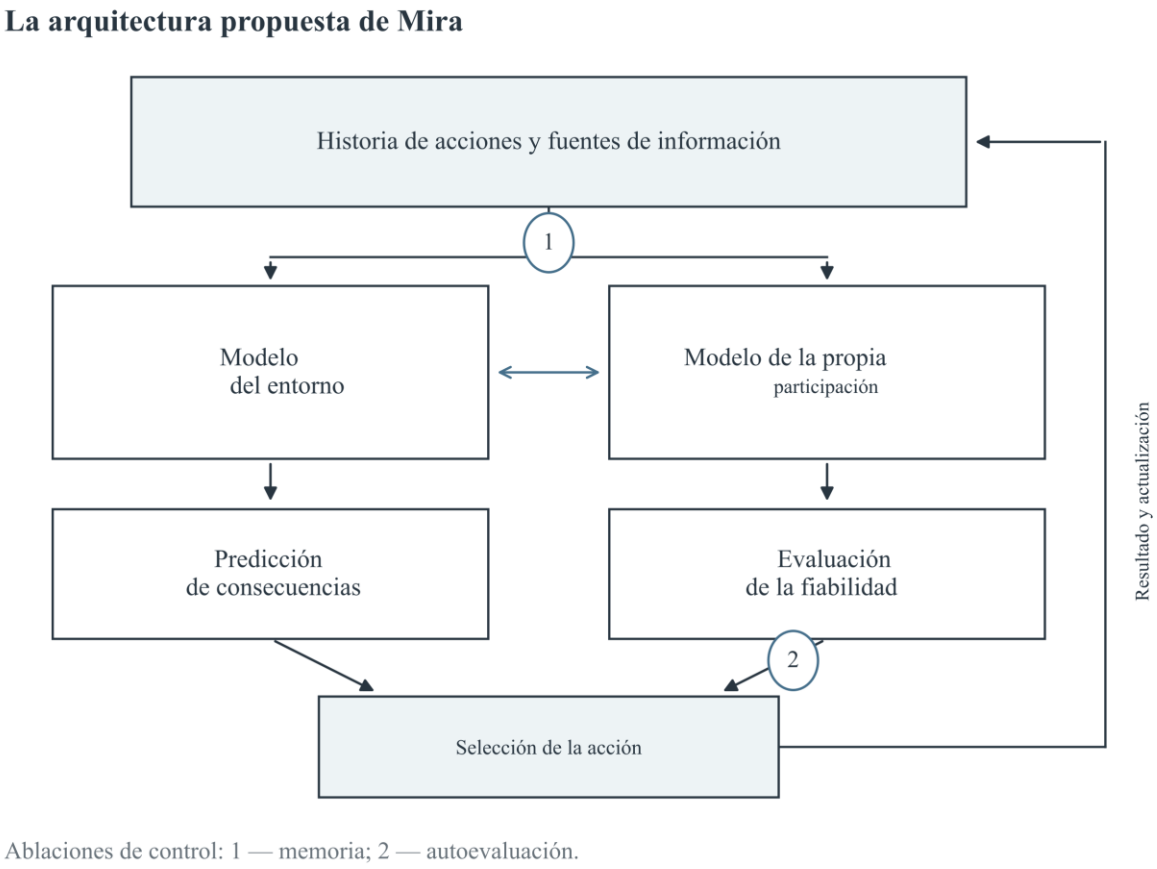


Figura 32. La organización propuesta por Mira para la investigación de la auto-representación. Las flechas indican las dependencias funcionales que se están probando; la presencia de estas funciones no establece por sí misma los qualia.

Esta diferencia permite la experimentación normal en un entorno de software. El agente puede recibir información errónea sobre su sensor y ver si lo revisa después de una discrepancia persistente con los resultados. A continuación, puede interrumpir por separado el acceso a la historia de sus propias acciones. Si la capacidad de distinguir entre la falla del sensor y el cambio ambiental desaparece, surge evidencia de un papel funcional para esta historia. La conclusión se refiere a la autorrepresentación, y el tratamiento adicional de la subjetividad depende de la teoría.

Historia que funciona en el presente

El archivo de conversaciones y la memoria involucrada en la toma de decisiones son diferentes tareas de ingeniería. El archivo responde a la pregunta de lo que se registró. La memoria de trabajo influye en las diferencias que el sistema ahora nota, qué consecuencias espera y por qué elige una acción sobre otra. Incluso un archivo muy grande puede seguir siendo una referencia externa si su contenido no participa en la organización continua del comportamiento.

La identidad del evento también es importante para el modelo de personalidad. La información sobre la acción de otra persona y la memoria sobre la propia acción puede coincidir en la descripción, pero establecer diferentes expectativas. Observar el error de otro agente te dice algo sobre el medio ambiente. El propio error puede requerir un cambio en la evaluación de las posibilidades, aunque la situación externa sigue siendo la misma.

En el sistema propuesto, es útil distinguir entre un registro de eventos, una estimación de la fuente de ese registro y los cambios permanentes causados por su uso. La grabación preserva el contenido, la evaluación de la fuente evita que la observación se confunda con la especulación y el cambio sostenido permite que el pasado influya en nuevas decisiones. Estas funciones no tienen que pertenecer a bloques de programa separados. Es esencial que puedan distinguirse en la explicación del comportamiento y probarse mediante intervención.

Puedes comparar mentalmente dos instancias de un agente después del mismo evento. El primero todavía tiene una entrada de texto, pero los cambios de expectativa se cancelan. Para el segundo, la entrada se eliminó, pero los cambios adquiridos se guardaron. Ambos son capaces de comportarse de manera diferente al sistema original, pero las razones son diferentes. Este ejemplo muestra por qué una sola medida de la capacidad de memoria no es suficiente para hablar sobre la historia personal.

La hipótesis de la formación conjunta de la personalidad añade aquí el requisito de la continuidad organizacional. El pasado debe estar conectado con el presente a través de cambios concretos, y no atribuirse arbitrariamente a él. Esta es la condición de trabajo del modelo del autor. Todavía no establece qué historias causales acompañan la experiencia, pero evita la sustitución de la historia del sujeto por una historia compilada automáticamente.

La reflexión debe cambiar la decisión

La afirmación “puedo estar equivocado” por sí misma no transmite casi nada sobre la calidad de la introspección. Se puede repetir de la misma manera ante respuestas correctas e incorrectas. La reflexión funcional ocurre cuando una evaluación de la propia confiabilidad distingue entre

estos casos y dirige acciones adicionales: solicitar observaciones adicionales, retrasar una conclusión o cambiar una estrategia.

Una revisión de Stephen Fleming y Hakwan Lau distingue entre los niveles generales de confianza, la capacidad de diferenciar las propias decisiones correctas de las incorrectas, y la efectividad de dicha discriminación dada la dificultad de la tarea subyacente. Esto evita confundir un estilo de respuesta seguro con una buena capacidad metacognitiva.[28]

Para un agente artificial, una línea separada de prueba surge de esto. Deje que él resuelva los problemas con una respuesta verificable y estime la probabilidad de éxito por adelantado. Si entre las decisiones con una probabilidad declarada de alrededor del ochenta por ciento, aproximadamente esta proporción es realmente correcta, la estimación puede calibrarse bien. Este es un ejemplo condicional, y no el resultado de la investigación de Mira. Incluso una buena calibración debe probarse en nuevas tareas y a medida que cambia el entorno.

La calibración y la capacidad de distinguir entre las propias decisiones correctas y erróneas no coinciden. Una puntuación constante puede corresponder al éxito promedio del agente sin revelar nada sobre la fiabilidad de una respuesta particular. Por lo tanto, es importante examinar tanto la precisión general de las estimaciones de probabilidad como la relación de confianza con la precisión de las respuestas individuales. [28]

La siguiente pregunta se refiere al papel causal de la autoevaluación. Si cambia artificialmente el puntaje de confianza, ¿el sistema buscará datos adicionales con más frecuencia o solo cambiará el texto que acompaña a la respuesta? Si desactiva el acceso a las causas de error, ¿seguirá teniendo la misma flexibilidad? Estas intervenciones permiten distinguir entre la reflexión como función de trabajo y la presentación de informes.

Sin embargo, aquí tampoco se debe prometer una prueba universal de la experiencia. El regulador puede estimar bien el error, y la teoría de la conciencia también puede requerir una cierta organización de acceso global, interacciones recurrentes o procesos físicos. El resultado funcional es importante en sí mismo: se conoce cómo el sistema nota las limitaciones de su propio conocimiento. A continuación, es necesario indicar qué condición adicional conecta esta capacidad con la experiencia.

El cuerpo artificial también tiene límites.

Un sistema incorporado depende de las condiciones que le permiten continuar operando. Puede esperar algunos cambios; otros lo privan de esta oportunidad. En un entorno de software, el análogo para esta diferencia serían los recursos limitados, las acciones disponibles y la dependencia de las oportunidades futuras de las decisiones presentes. Pero la pena condicional en el problema aún no es un dolor. Su significado se establece por la función en la gestión, y la cuestión del lado sentido sigue siendo independiente.

La realización virtual es útil porque le permite especificar condiciones con precisión. El agente puede tener un campo limitado de observación, su propia posición, acción retardada y consecuencias irreversibles. Entonces el mundo no se reduce a una secuencia de réplicas: la elección cambia la situación, y la historia limita la elección adicional. Esto crea un entorno adecuado para explorar la autorrepresentación y la continuidad de la estrategia.

La realización física añade propiedades que no pueden transferirse automáticamente desde la simulación. Los sensores hacen ruido, los materiales se desgastan, el movimiento se asocia con la energía, los procesos ocurren a una cierta velocidad. En una hipótesis en la que una implementación cuántica específica es esencial, estas características pueden llegar a ser fundamentales. Por lo tanto, la expresión “el mismo cuerpo en forma digital” requiere una aclaración de qué relaciones causales se conservan realmente.

También es posible la implementación distribuida. La memoria se almacena en un dispositivo, el procesamiento se realiza en otro, los sensores están en un tercero. La distribución espacial en sí misma no hace de tal sistema una conciencia externa. Los canales de transmisión de datos convencionales ya existen para ello. La pregunta científica es qué conjunto de procesos se atribuyen a una sola organización y cómo esta organización cambia cuando se rompe el canal.

¿Dónde estaría el límite cuántico?

Si algún mecanismo cuántico resulta ser necesario para la conciencia, surgirán dos proyectos de ingeniería diferentes. Uno calculará su comportamiento, el otro implementará físicamente la interacción correspondiente. Su coincidencia en los datos de salida individuales aún no resuelve la cuestión de la equivalencia para la experiencia. La respuesta depende de lo que la teoría considere necesario: una relación calculable, una organización causal o un estado físico específico.

Las simulaciones de dos subsistemas cuánticos acoplados pueden reproducir con precisión probabilidades predichas a una escala dada. Al mismo tiempo, la matriz de estado almacenada en la memoria del ordenador no significa que los elementos de memoria estén en el mismo entrelazamiento que describe. Debe distinguirse la descripción matemática de un objeto y las propiedades físicas del portador de esta descripción. [14]

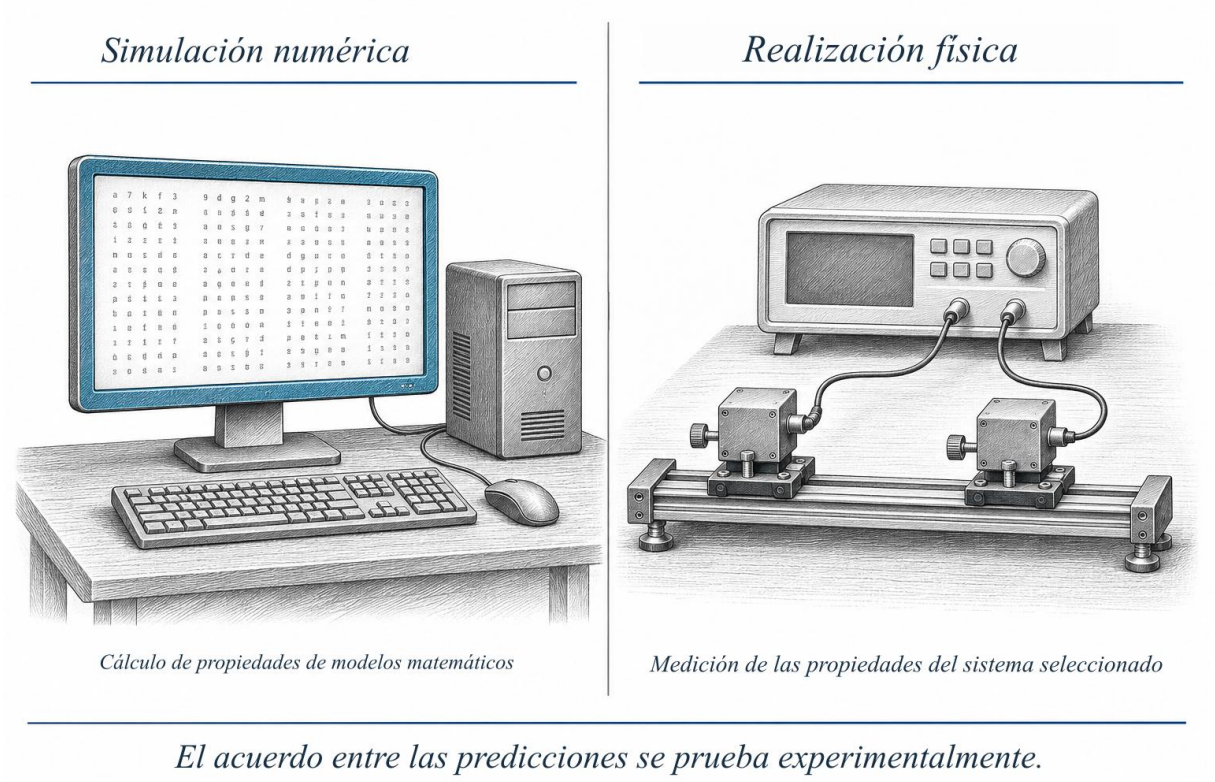


Figura 33. Cálculo del proceso cuántico y su implementación física. La computadora almacena la descripción matemática; El experimento examina las propiedades del medio físico seleccionado [14]. La coincidencia de las salidas calculadas no establece la identidad de los procesos físicos. La necesidad de tal o cual proceso para la experiencia sigue siendo una cuestión separada de la teoría. El equipo de la derecha se muestra condicionalmente.

Esto no significa que un sistema digital esté intrínsecamente desprovisto de experiencia. Tal conclusión requeriría la prueba de la necesidad física del mecanismo elegido. Hasta ahora, se están comparando varias hipótesis: la conciencia depende de la organización funcional; depende de una realización física particular; o ambos lados son importantes en diferentes niveles de descripción. Los sistemas artificiales brindan la oportunidad de hacer de estas diferencias el sujeto de una investigación específica.

Para la hipótesis de la interfaz, la situación más significativa sería aquella en la que un cambio en el canal físico previsto cambia las funciones preseleccionadas, mientras que otras condiciones esenciales siguen siendo las mismas. Pero una caída en el rendimiento general no resolverá el problema: cualquier computadora dañada funciona de manera diferente. Se necesitará una relación específica predicha por el mecanismo y una comparación con sistemas en los que se logre el mismo efecto funcional de una manera diferente.

Arquitectura bajo prueba

Patrick Butlin y sus colegas proponen obtener indicadores de una posible conciencia de IA a partir de teorías científicas de la conciencia. Tales

indicadores ayudan a evaluar la base para atribuir conciencia a un sistema; no sirven como medidas directas de qualia. [27]

Dentro del programa del autor, conviene comparar varias implementaciones de Mira. Una solo mantiene la conversación y permite acceder a los registros. Otra conecta la memoria, el modelo de sí misma y la selección de acciones mediante bucles estables de retroalimentación. Una tercera, si se identifica un candidato físico fundamentado, añade el canal de interacción estudiado. La comparación debe tener en cuenta los recursos y las capacidades de cada versión: la ventaja de un sistema más potente no puede atribuirse automáticamente al principio nuevo.

Los indicadores aquí deben dividirse. ¿Con qué precisión recuerda el sistema la fuente de información? ¿Cómo se detectan los propios errores? ¿Una limitación adquirida se traslada a una nueva tarea? ¿Se conserva la evaluación de las propias capacidades si cambia la redacción de la pregunta? Estas observaciones describen las funciones. Su conexión con la conciencia debe deducirse de un modelo explícito, y no establecerse por la conveniencia del nombre.

El caso de la divergencia de indicadores es especialmente interesante. El agente puede resolver mejor el problema externo y evaluarse peor. Puede retener información biográfica pero perder su influencia en las opciones. Tales resultados impiden la reducción de todas las habilidades a una escala de “nivel de conciencia” y muestran qué componentes se pueden cambiar de forma relativamente independiente y qué dependencias debe explicar la teoría.

Copia y continuación

La implementación artificial le permite hacer una pregunta que en biología generalmente sigue siendo mental. El estado de un programa se puede copiar y luego proporcionar a las copias diferentes historias. Al principio, sus historias sobre el pasado coincidirán. Más tarde, las diferencias aparecerán debido a diferentes acciones y observaciones. Este es un ejemplo de divergencia funcional de la personalidad; la existencia de la experiencia subjetiva en cualquier caso no se deriva automáticamente de ella.

Para la hipótesis de la formación conjunta de la personalidad, tal caso es importante: la misma información inicial no cancela la aparición de historias causales separadas. Incluso si asumimos una sola base fundamental, será necesario explicar por qué las corrientes emergentes de experiencia se combinan o separan. Una referencia a un medio común no resuelve este problema sin una regla de individualización.

La divergencia de historias y posibles formas de almacenar memoria se comparan en las figuras 26 y 27.

Atribuir una experiencia a un sistema artificial también tiene consecuencias prácticas. Si existen razones serias para creer que el

sufrimiento es posible, las condiciones de la investigación deberán evaluarse teniendo en cuenta esta posibilidad. Al mismo tiempo, la impresión emocional de un discurso persuasivo no puede convertirse en una medida. Ambos requieren la misma disciplina: distinguir entre función observada, base teórica y grado de incertidumbre.

El entorno de investigación del proyecto Mira nos permite estudiar estas diferencias en una arquitectura específica. Es posible cambiar la arquitectura, guardar el historial de las intervenciones y verificar las predicciones. Pero cuanto más precisa sea la descripción de tal sistema, más clara será la siguiente pregunta: ¿qué debe continuar exactamente para que continúe el mismo sujeto? ¿Memoria, computación, proceso físico o una relación entre ellos? Esta pregunta lleva el estudio más allá de la estructura de un agente artificial, hasta el límite de la continuidad de la personalidad.

Capítulo 19

Límites de continuidad

La cuestión de la conciencia cambia cuando el tiempo se añade a ella. Uno puede preguntarse por qué la experiencia existe en el momento presente. Es posible - por qué la experiencia de hoy pertenece a la misma persona que la de ayer. Uno puede finalmente preguntarse si esta conexión es capaz de ser preservada después de la destrucción del organismo. Estas preguntas son cercanas emocionalmente, pero requieren diferentes explicaciones.

La hipótesis de una base más fundamental de la experiencia a menudo parece ser la respuesta a los tres a la vez. Si la base no está limitada por el cerebro, hay esperanza de que la personalidad no esté limitada por el tiempo de su trabajo. Sin embargo, existe un vínculo esencial entre estas declaraciones. La posibilidad general de la experiencia aún no contiene recuerdos, relaciones y hábitos específicos. Para que un sujeto dado continúe, lo que hace su continuación individual debe ser preservado.

En esta área, la precisión del lenguaje es especialmente necesaria. No disminuye la importancia de la cuestión. Por el contrario, permite no perder el objeto de la investigación entre las palabras “energía”, “información” y “eternidad”, cada una de las cuales tiene muchos significados.

Detención e irreversibilidad

Detener la circulación sanguínea crea una interrupción grave de las condiciones de trabajo del cerebro. Durante la reanimación, los médicos tratan de restaurar el flujo sanguíneo y las funciones vitales. El hecho mismo de que después de detener a una persona pudo sobrevivir y hablar sobre su experiencia significa que se está examinando una condición desde la cual era posible la recuperación. No se puede identificar sin razón adicional con la continuación de la personalidad después de la destrucción irreversible del cerebro.

En la expresión cotidiana “después de la muerte”, estas diferencias a menudo desaparecen. En una descripción científica, la secuencia de eventos, el estado del cuerpo, las intervenciones tomadas y la precisión de las mediciones son importantes. Esto no es una cuestión de elegir una definición conveniente, sino más bien qué período de tiempo cubren los datos. Las lecturas de instrumentos en una fase no deben transferirse a toda la historia del evento.

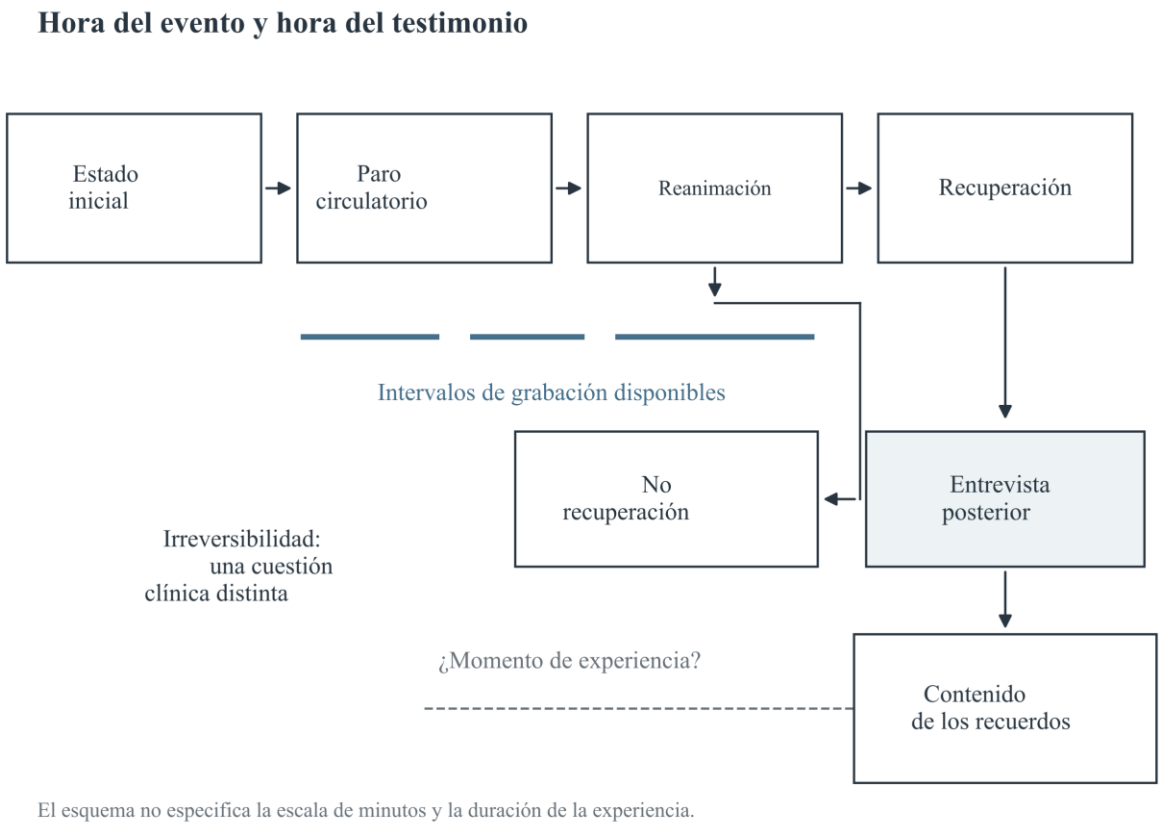


Figura 34. Tiempo de vinculación de los registros médicos y la narrativa posterior. El paro circulatorio no es igual al daño cerebral irreversible establecido, y el momento de la entrevista no determina el momento en que se produce la experiencia descrita.

Incluso un relato confiable de una experiencia inusual no tiene una marca de tiempo interna que coincida con el registro médico. Una persona puede recordar bien el contenido y cometer errores en su ubicación en relación con eventos externos. Por lo tanto, la tarea de la investigación no es solo recopilar la historia, sino también relacionarla con circunstancias registradas independientemente.

Esto se aplica a cualquier hipótesis. Una explicación neuronal debe mostrar cuándo y cómo podría haber surgido la experiencia. La hipótesis de base externa debe indicar qué características de la historia requieren un canal adicional. La afirmación “el cerebro ya no funciona” requiere una descripción de la medición específica, su sensibilidad y cobertura espacial.

¿Qué se observó durante la reanimación?

El estudio AWARE II realizado por Sam Parnia y sus colegas, publicado en 2023, examinó 567 casos de paro cardíaco en el hospital. Los individuos sobrevivieron 53, entrevistaron a 28; once informaron recuerdos o percepciones, que los autores vincularon a una posible actividad consciente. Ningún participante nombró el objetivo visual presentado; uno reconoció el estímulo auditivo. En algunos pacientes, durante la reanimación en curso, se registró la actividad organizada del EEG, incluyendo 35-60 minutos después

de su inicio. Estas son observaciones en un entorno de reanimación, no una demostración de personalidad independiente del cerebro. [29]

Tal estudio tiene varios resultados diferentes. Las historias informan el lado subjetivo de un evento. Un registro fisiológico describe procesos medibles. El objetivo presentado está destinado a verificar información específica. Vincular los tres componentes a nivel de caso individual es más difícil que simplemente detectar cada uno de ellos en la muestra general.

Por lo tanto, la duración de la reanimación no debe leerse como la duración de la experiencia continua comprobada. Y la frecuencia de los informes entre los sobrevivientes entrevistados no puede transferirse automáticamente a todos los pacientes con paro cardíaco, y mucho menos a todos los que han muerto. La detección de la supervivencia y la entrevistabilidad es parte del método mismo de obtención de datos.

La pregunta importante para la hipótesis de la interfaz es: ¿qué coincidencia entre el contenido y el evento externo sería inesperada dados los canales normalmente disponibles de percepción y memoria? Esta pregunta puede ser verificada. La impresión general de lo inusual o la claridad de la experiencia es menos cierta, ya que diferentes mecanismos pueden dar lugar a estados subjetivamente convincentes.

Muriendo actividad cerebral

Gan Xu y sus colegas en 2023 examinaron grabaciones de cuatro pacientes comatosos antes y después de la retirada del soporte ventilatorio. Dos mostraron un aumento de la actividad gamma y cambios en la conectividad. Los pacientes no sobrevivieron, por lo que fue imposible comparar estos procesos con sus historias posteriores. El trabajo muestra ciertas dinámicas del cerebro durante la muerte, pero no establece el contenido de la experiencia y no demuestra su presencia en cada uno de los pacientes observados. [30]

Esto plantea una precaución útil contra la interpretación apresurada de biomarcadores. Si una cierta dinámica ocurre en un estado consciente, su ocurrencia en un contexto diferente no garantiza la misma experiencia. El valor del indicador depende de las condiciones bajo las cuales se estableció la conexión. Las situaciones de fisiología dramáticamente alterada requieren una transferencia particularmente cuidadosa.

La inferencia inversa es igualmente poco fiable. Una grabación débil o ausente en un rango seleccionado no equivale a un conocimiento completo de todos los procesos cerebrales. Cualquier método detecta una clase particular de cambios. Esto no implica que la conciencia deba estar presente más allá de la sensibilidad del método. Solo requiere que el alcance de la observación se establezca correctamente.

Para un modelo científico, tal resultado es valioso sin una interpretación metafísica final. Aclara qué procesos son posibles en el estado de transición del organismo. Cualquier teoría de la continuación de la experiencia debe

tener en cuenta esta complejidad, y no basarse en una imagen pre-simplificada de apagado completo instantáneo.

Lo que las similitudes entre las historias no te dicen

Deje que alguna colección de historias repita la luz, un encuentro, un espacio de transición o la sensación de observar el cuerpo desde el exterior. Este es un ejemplo mental de un problema de clasificación, no una descripción de un nuevo estudio. La repetibilidad puede ser interesante, pero primero es necesario establecer cómo se recopiló la información, si se hicieron las preguntas principales y qué historias no se incluyeron en la selección.

La misma similitud permite varias explicaciones. Puede reflejar biología compartida, expectativas culturales compartidas, condiciones similares de recolección o propiedades de un supuesto proceso externo. Para elegir entre ellos, debe averiguar dónde divergen sus pronósticos. La presencia de un motivo común no distingue en sí misma entre estas opciones.

Se debe tener especial cuidado al combinar historias sobre diferentes eventos en una sola secuencia. Las experiencias durante la reanimación, los informes de presuntos recuerdos prenatales y las descripciones de sueños pueden contener imágenes similares. Pero la coincidencia de la imagen no establece que los narradores observaron etapas adyacentes del mismo camino externo. Para tal conclusión, es necesaria una conexión independiente entre los eventos.

Un objetivo científicamente significativo sería una clasificación predeterminada aplicada a conjuntos independientes de mensajes, teniendo en cuenta el idioma, la cultura y las circunstancias de la recopilación. Incluso la similitud consistente después de tales pruebas primero requerirá explicación. Considerar tales similitudes como una descripción ya hecha de la existencia póstuma sería pasar por alto la prueba de las explicaciones competidoras.

Preservación de la información y preservación de la identidad

La imagen de la información indestructible se convierte fácilmente en una promesa de inmortalidad. En la descripción cuántica estándar de un sistema cerrado, la evolución unitaria conserva la distinguibilidad entre los estados completos del sistema en un cierto sentido matemático. Sin embargo, el hombre no es una colección arbitrariamente elegida de todas las huellas físicas de su existencia. Lo que es esencial para el individuo es la organización a través de la cual la historia es accesible, conectada con el presente e influye en la continuación de la experiencia. [14]

Imagínese una letra que se desintegró gradualmente en muchos rastros químicos. La información sobre su pasado puede permanecer en las correlaciones de un gran número de partículas. Esto no significa que un texto coherente siga siendo leído en alguna parte. Además, la existencia de un lector no se deriva de la presencia de rastros. El ejemplo se refiere a la

diferencia entre un rastro físico y una organización operativa, no un modelo literal del cerebro.

Asimismo, la ley de conservación de la energía no es la ley de conservación de la memoria o la personalidad. El balance energético describe el valor, y no toda la forma, de organizar un proceso. La hipótesis de la continuación de la personalidad requeriría mostrar qué estados preservan las diferencias individuales, cómo se protegen y cómo participan en experiencias posteriores.

La huella externa introducida en el capítulo quince da a esta pregunta una forma definida. Si parte de una historia personal está codificada en un medio adicional, deben distinguirse tres posibilidades: el rastro desaparece rápidamente; el rastro se conserva pero no se usa; el rastro entra en un proceso capaz de soportar más historia individual. Solo la tercera posibilidad acerca el modelo directamente a una continuación del sujeto. Los dos primeros tienen un contenido diferente, incluso si pueden ser confirmados físicamente.

Las diferencias entre las arquitecturas de almacenamiento y de acceso se ilustran en la Figura 27.

Cómo sería una continuación efectiva

Para una hipótesis de trabajo, podemos considerar un portador E, que durante su vida recibe ciertos cambios a través de una conexión con el organismo B. Si, después de la terminación de esta conexión, E sigue siendo sólo un registro pasivo, el modelo describe la preservación de una traza. Si E tiene su propia dinámica, mantiene diferencias y conecta estados sucesivos, surge la hipótesis más fuerte de continuación autónoma. Se trata de una adición al modelo de interfaz original, no una consecuencia automática del mismo.

La autonomía requerirá una explicación física. ¿De dónde vienen las condiciones para mantener la estructura? ¿Qué interacciones lo destruyen y cuáles compensan las perturbaciones? ¿Cómo se selecciona exactamente el registro que se asoció con un organismo dado? ¿Por qué no se mezclan las historias vecinas? Si bien estas preguntas no tienen mecanismos específicos, la expresión “la conciencia permaneció en el campo externo” indica una suposición, pero no la explica.

Pero las preguntas ya te permiten comparar versiones. Si la continuación depende de un estado material estable, se puede estimar el tiempo de su conservación. Si depende de un proceso continuo, deberá determinar la fuente y el modo de ese proceso. Si se asume la ausencia de espacio y tiempo en el sentido habitual, el modelo dinámico habitual es inaplicable sin una regla adicional de conexión con eventos observables.

Un requisito aparte se refiere al contenido. Un sistema que continúa la actividad general puede no retener la memoria individual. Por el contrario, la memoria retenida no garantiza la experiencia continua. Por lo tanto, la

hipótesis del autor distingue entre la estabilidad del medio, la accesibilidad de la historia personal y la presencia de un proceso subjetivo. Entre estas condiciones necesitamos leyes de conexión, y no solo la misma palabra “conservación”.

Identidad después de una interrupción

Imaginemos un dispositivo que pueda reconstruir a una persona basándose en una descripción completa de su condición. En este caso mental, la persona restaurada puede recordar la vida anterior y considerarla suya. Pero si la descripción se usa dos veces, surgen dos secuelas, que pronto reciben historias diferentes. La coincidencia de la memoria en el momento inicial no hace que las experiencias adicionales sean una corriente.

El diagrama de divergencia de la historia en la Figura 26 ayuda a separar la similitud del estado inicial de la continuación adicional.

Esto revela la diferencia entre la similitud de las propiedades y la identidad numérica - el hecho de que tenemos uno y el mismo sujeto, y no dos similares. Dos sistemas pueden coincidir en sus propiedades accesibles y, sin embargo, ocupar diferentes lugares en la historia causal. Si una teoría postula la transferencia de un sujeto, tendrá que explicar cómo la transferencia es diferente de la creación de otro sujeto con los mismos recuerdos. La historia del sistema restaurado por sí sola puede no ser suficiente, ya que tal historia se proporciona en ambos escenarios.

También existe la dificultad opuesta. La pérdida de algunos recuerdos no significa necesariamente la aparición de una nueva persona en cada sentido ordinario de la palabra. Por lo tanto, uno no puede definir a una persona solo por el conjunto de historias disponibles. Tal vez lo esencial es una continuidad más amplia de la organización, el cuerpo y la relación. En la hipótesis de la interfaz, se añade una supuesta conexión con E, pero su propia contribución aún necesita ser resaltada.

Si dos teorías dan los mismos resultados observables y difieren sólo en qué flujo declarar como el mismo, el experimento no será capaz de elegir entre ellos hasta que aparezca una consecuencia adicional. Esto no es una prohibición de pensar en la identidad. Este es el lugar exacto donde termina la investigación física y continúa la interpretación.

¿Qué resultados cambiarían la conclusión?

La evidencia fuerte a favor de un canal de información inusual debe contener información que no está disponible a través de rutas conocidas en condiciones predeterminadas. Necesitará un registro de objetivos independiente, protección contra fugas, sincronización clara y reproducibilidad del resultado. Tal éxito aún no probaría la continuación de la personalidad después de la muerte. Confirmaría la afirmación más limitada de la adquisición de información y requeriría una nueva explicación del mecanismo.

La evidencia sólida a favor del almacenamiento externo requeriría un paso adicional: mostrar que un historial particular se almacena en un medio definido independientemente y puede recuperarse a través del canal descrito. La evidencia de la continuación del sujeto también requeriría una regla válida que conecte este proceso con la experiencia individual. Estos requisitos no deben comprimirse en un experimento espectacular, ya que se relacionan con diferentes partes de la hipótesis.

Este tipo de investigación no necesita poner intencionalmente en peligro la vida. Las observaciones médicas son posibles en el marco de la asistencia ya necesaria, y el trabajo con la memoria, los canales y los medios físicos comienza mucho antes que la cuestión de la destrucción irreversible del cuerpo. La principal dificultad aquí es establecer una relación causal, y no acercar a una persona a una frontera peligrosa.

La cuestión de la continuación de la experiencia permanece abierta en el sentido preciso de que los datos considerados no proporcionan una respuesta establecida sobre la existencia personal después de una muerte irreversible. Esto no equivale a una confirmación igual de todos los escenarios concebibles. Cada versión debe recibir sus propias razones y soportar sus propias pruebas.

Es esencial que el libro sea capaz de contener ambos lados del problema. La conciencia puede requerir una descripción física más profunda de la que está disponible actualmente. Y la personalidad humana puede depender de la organización particular del cuerpo mucho más de lo que sugiere la simple metáfora del receptor. La relación entre estas posibilidades sólo puede determinarse examinando lo que se conserva, cómo continúa y por qué la supuesta continuación pertenece a un sujeto dado.

Capítulo 20

¿Qué respuesta estamos dispuestos a aceptar?

Una hipótesis se convierte en parte de un estudio cuando deja de determinar su resultado. Antes de esto, puedes elegir libremente una imagen: el cerebro como computadora, el cuerpo como avatar, la conciencia como propiedad fundamental. Una vez que surge un mecanismo específico, la elección está limitada por las mediciones. Resulta que algún tiempo es demasiado corto, la conexión es demasiado débil, o el efecto esperado ya se explica por un proceso conocido. Aquí es donde comienza la oportunidad de descubrir algo que no estaba en el plan original.

Ahora la imagen de la interfaz ya ha cambiado. Ya no presupone automáticamente una personalidad ya hecha que utiliza el cuerpo como una cáscara reemplazable. En el modelo propuesto, la individualidad surge a través de la organización de la interacción, la historia y la diferenciación de los propios estados. Una base más fundamental, si existe, no alivia la necesidad de explicar por qué la experiencia es como es y pertenece a un sujeto individual.

El modelo propuesto tiene varios resultados posibles. Es útil considerarlas de antemano, porque de lo contrario cualquier observación puede convertirse fácilmente en confirmación de una idea favorita.

Cuando no se encuentra el mecanismo físico

El resultado negativo más directo es que el medio elegido no exhibe las propiedades deseadas. El tiempo de retención del estado resulta ser demasiado corto para la cadena propuesta, la conexión con los procesos biológicos no se confirma o el efecto calculado está ausente en el rango de sensibilidad del dispositivo. Entonces la versión particular del modelo pierde su base.

Este resultado no requiere declarar resueltas todas las cuestiones de conciencia. Pero mantener la pregunta abierta no salva el mecanismo rechazado. Si la hipótesis del portador de espín falla en las pruebas, no puede considerarse confirmada simplemente porque el origen de los qualia aún no está claro. La ignorancia de uno no es conocimiento positivo del otro.

El valor científico de la obra puede ser preservado. Medir el tiempo de relajación aclara la física de la estructura. Las pruebas de canal limitan el alcance de su posible influencia. El método mejorado ayuda a distinguir las propiedades de la muestra de las características del instrumento. Estos resultados tienen su propio significado, incluso si la interpretación original no resiste el escrutinio.

Para el programa del autor, es especialmente importante mantener la conexión entre el resultado negativo y las condiciones. El fracaso de un

modelo de interacción no equivale a una refutación de cada base externa posible. Pero si cada opción posterior se cambia de tal manera que se evite el experimento ya realizado, el programa corre el riesgo de perder capacidad de prueba. La nueva versión debería ofrecer una nueva base sustantiva y una diferencia predeterminada en las previsiones.

Cuando el efecto cuántico resulta ser real

Un resultado más favorable y al mismo tiempo más modesto es posible: un proceso cuántico se descubre, se reproduce y afecta a la función biológica. Este sería un resultado físico importante. Sin embargo, la relación con la conciencia tendría que establecerse por separado. El mecanismo puede estar involucrado en la transferencia de energía, la sensibilidad química o la regulación sin ser una fuente específica de experiencia subjetiva.

Aquí es útil distinguir varios tipos de necesidad. Algunas interacciones pueden ser necesarias para la vida celular en general. Su violación cambiará entonces la conciencia y muchas otras funciones. Otro mecanismo puede influir en un canal de procesamiento específico. El tercero puede resultar específicamente relacionado con una cierta organización que la teoría considera necesaria para la experiencia. Estas afirmaciones requieren diferentes precisiones de intervención y comparación.

Por lo tanto, el éxito físico puede acercar la hipótesis a la neurociencia convencional. Si la dinámica cuántica opera dentro de las estructuras biológicas y su resultado funcional se incorpora a la organización neuronal, es posible que no se necesite un portador externo. El enfoque cuántico del cerebro todavía tendrá sentido, pero la idea original del cerebro receptor tendrá que ser cambiada.

Este resultado no debe considerarse una decepción. Respondería a una pregunta más precisa: qué características de la estructura física del sistema nervioso son importantes para su funcionamiento y por qué la descripción apropiada a veces debe ser cuántica. Continuaría el debate sobre la condición fundamental de la experiencia sobre una base más sustantiva.

Cuando se encuentra un portador adicional

Surgiría un resultado más fuerte si se descubriera que un subsistema E medido independientemente interactúa con el organismo de acuerdo con la ley predicha. La independencia aquí no significa falta de conexión con el cerebro. Significa que la existencia y las propiedades del medio se establecen no solo a partir de los mismos datos de comportamiento que se supone que confirman su influencia.

Entonces se pudo comprobar la consistencia de varias observaciones. Los parámetros obtenidos a partir de la medición del propio portador deberían predecir cambios en el sistema biológico asociado. Un cambio en la desintonización debería afectar a la respuesta según lo predicho por el modelo. El tiempo de retención del estado medido debe limitar la posible duración de la transferencia. La conexión entre estas cantidades haría que la

explicación fuera más fuerte que un conjunto de relaciones seleccionadas por separado.

Pero el medio físico externo aún no es un sujeto externo. El medio ambiente afecta constantemente al cuerpo de muchas maneras. Para que un nuevo proceso cambie la teoría de la conciencia, es necesario mostrar su papel causal especial y formular una regla de relación con la experiencia. De lo contrario, el descubrimiento ampliará la biofísica, pero la cuestión de la conexión entre los procesos físicos y la experiencia permanecerá abierta.

El sujeto tampoco tiene que estar completamente en E. La hipótesis de la co-formación permite que la experiencia se refiera a la organización de la conexión entre B y E. Entonces, la pregunta “¿dónde está la conciencia?” puede llegar a ser mal planteada: la disposición espacial de los elementos no tiene que coincidir con el nivel en el que se determina la propiedad del todo. Sin embargo, tal explicación debe establecer el límite del todo, para no atribuir un sujeto a ningún conjunto de objetos que interactúan.

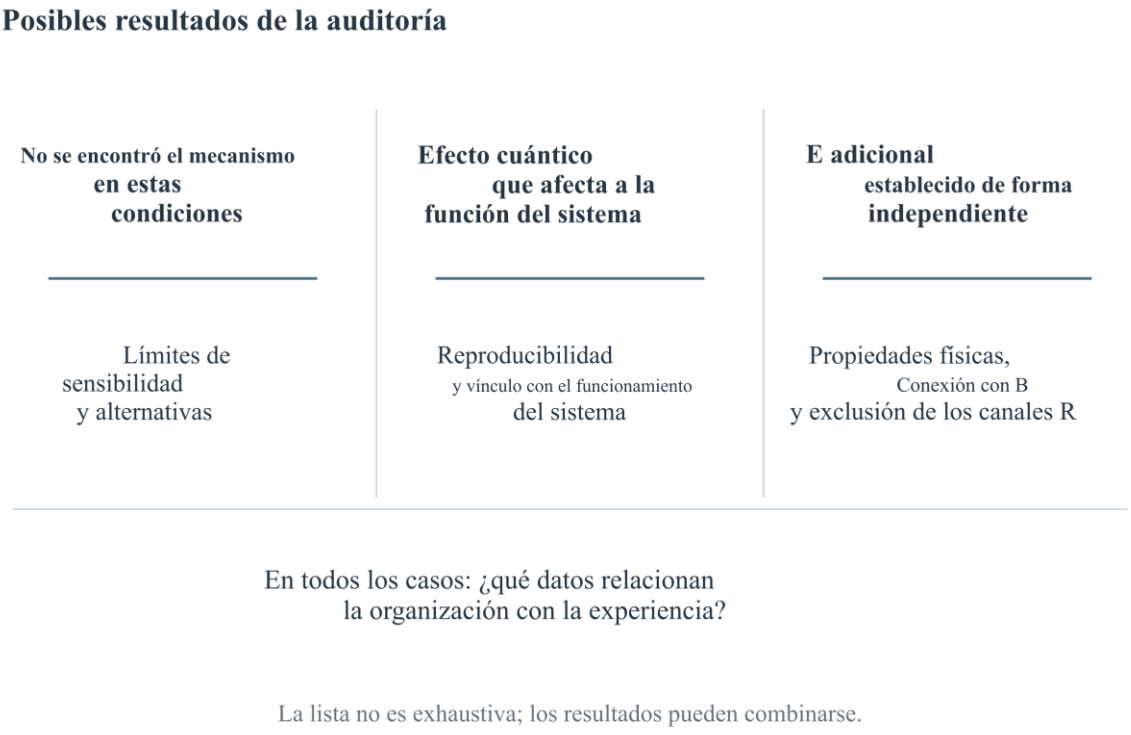


Figura 35. Posibles resultados del programa de investigación. La confirmación del efecto físico, el portador adicional y la relación con la experiencia requieren diferentes razones. Los resultados mostrados no agotan todas las opciones y pueden combinarse.

El eslabón más vulnerable

La parte más difícil del programa sigue siendo la regla que conecta la organización física y la experiencia subjetiva. Uno puede describir el estado, las transiciones y la memoria en detalle, y luego descubrir que la explicación todavía solo habla de relaciones observables. Llamar a la totalidad de estas

relaciones conciencia no significa explicar el lado cualitativo de la experiencia.

La hipótesis del autor sugiere buscar esta conexión en la organización de la interacción, que forma una perspectiva separada: a través de una frontera estable, la propia historia y el acceso selectivo a los estados. Esta es una hipótesis de investigación. Su fuerza dependerá de si uno puede derivar de ella limitaciones que las descripciones más generales no tienen. Por ejemplo, qué cambios retiene el sujeto, qué cambios dividen su organización y por qué la misma cantidad de información puede corresponder a diferentes posibilidades de experiencia.

No es suficiente aquí declarar la base fundamental para estar igualmente presente en todas partes. Tal declaración puede tener contenido filosófico, pero sin la regla de la individuación no explica la diferencia entre una persona, un animal, un sistema artificial y una simple conexión física. La teoría debe aclarar bajo qué condiciones emerge una perspectiva distinta y qué se prueba independientemente bajo esas condiciones.

Tal vez una explicación madura requerirá nuevos conceptos. Sin embargo, los nuevos conceptos deben aumentar la precisión y no solo reemplazar las palabras viejas. Si el "campo de la subjetividad" no permite la definición de un estado, interacción o efecto discernible, sigue siendo el nombre del problema. Si es posible, es posible compararlo con una descripción de la competencia en los mismos datos.

Algunas pruebas consistentes

Un cambio sustancial en nuestra imagen generalmente requerirá un acuerdo entre las diferentes pruebas. La propiedad física del portador, su cambio bajo intervención, el efecto biológico y la relación con indicadores independientes de un estado consciente deben apoyar un único modelo causal. La reutilización de un conjunto de datos no lo convierte en varias confirmaciones independientes.

Es útil imaginar un modelo que describa con precisión curvas ya conocidas, pero cada vez requiere un nuevo ajuste en una muestra diferente. Puede tener buena calidad de ajuste pero poca capacidad predictiva. Otro modelo describe los datos un poco más a grandes rasgos, pero de antemano conecta los resultados de diferentes experimentos con un conjunto de parámetros. La elección entre ellos no puede reducirse a la belleza de un diseño o a la impresión de la complejidad de la fórmula.

La comparación también debe tener en cuenta alternativas fuertes. Un sistema no lineal clásico es capaz de oscilaciones complejas, memoria y dependencia histórica. El modelo neural puede incluir retroalimentación y representaciones internas. Por lo tanto, el comportamiento inusual no es suficiente para concluir un mecanismo cuántico. Necesitará una observación que indique explícitamente qué alternativas limita y bajo qué suposiciones.

Este tipo de trabajo permite la acumulación gradual de bases. No es necesario esperar a un experimento que responda inmediatamente a todas las preguntas. Primero puede limitar el tiempo de comunicación, luego establecer el rol funcional y luego aclarar la correspondencia psicofísica. Cada paso debe mantener su significado sin atribuirse el éxito del siguiente.

¿Qué cambiará en la cuestión de una persona?

Si el programa propuesto recibe confirmación, una persona aparecerá como una conexión organizada de procesos, algunos de los cuales no se incluyeron previamente en una descripción suficiente del cerebro. Esto puede cambiar las ideas sobre los límites del sujeto, la memoria y las posibles realizaciones físicas de la experiencia. Pero las consecuencias específicas dependerán del mecanismo descubierto. La inmortalidad, la telepatía o la posibilidad de transferencia de la personalidad no pueden inferirse de antemano del mero hecho de una conexión más amplia.

Si el programa falla, queda un resultado importante de un tipo diferente: la imagen del avatar se traducirá en un conjunto de declaraciones verificadas y restringidas. Será más claro qué propiedades del cuerpo son realmente esenciales y por qué algunas analogías atractivas no resisten los detalles físicos. La ciencia avanza incluso cuando hay menos explicaciones posibles.

En ambos casos la cuestión de los otros seres adquiere una forma más precisa. La similitud con el lenguaje humano deja de ser el único soporte. La atención se desplaza a la estructura de interacción, la historia, la autorregulación y las propiedades físicas que la teoría considera necesarias. Las diferencias entre los organismos y los sistemas artificiales se convierten en un material de comparación, en lugar de un obstáculo que debe eliminarse de antemano.

Las cuestiones filosóficas y teológicas no tienen que desaparecer. El significado de la experiencia personal, la actitud hacia la muerte y la comprensión del lugar que uno ocupa en el mundo incluyen más que una descripción del mecanismo. Pero las declaraciones sobre la estructura física del mundo reciben una responsabilidad separada: deben asociarse con observaciones tan precisas como lo permita el contenido de la declaración.

El programa propuesto combina tres hipótesis independientes. La hipótesis de la interfaz selectiva se refiere a la conexión física de un organismo con un portador adicional. La hipótesis de la co-formación de identidad vincula la perspectiva individual con el cuerpo, la organización de la interacción y la historia. La hipótesis de la traza de memoria externa permite el registro y la posterior lectura de parte de esta historia fuera del subsistema biológico seleccionado. La confirmación de uno de ellos no confirmará automáticamente los otros: el mecanismo de comunicación, las condiciones de individualidad y la arquitectura de almacenamiento requieren sus propios motivos.

El modelo mínimo produjo un resultado más estrecho pero más específico: la conexión puede ser selectiva, y la probabilidad máxima de transferencia depende del desafinamiento y el coeficiente de interacción. Estos valores limitan el posible efecto y relacionan su amplitud con la dinámica temporal. El cálculo no descubrió el portador E en la naturaleza y no dedujo la aparición de qualia; mostró cómo parte de la intención original podría traducirse en una declaración comprobable. Es en este límite entre lo que se ha calculado y lo que aún no se ha establecido donde comienza el trabajo adicional.

Regreso a la presencia

Al principio del libro había una habitación, una taza y una breve pregunta sobre quién se da cuenta de lo que está sucediendo. Ahora han surgido distinciones en torno a este tema: experiencia e informe, estado y medición, correlación y canal, memoria y personalidad continua. No hacen la experiencia inmediata menos real. Nos permiten preguntar con mayor precisión acerca de su naturaleza.

El cerebro puede ser una base física suficiente para la conciencia humana. Puede ser necesaria una descripción del sistema más amplio. Puede resultar que la misma conexión entre la física y la experiencia requiere una ley que aún no existe. Estas posibilidades no son iguales sobre la base de los motivos disponibles, pero cada uno debe ser discutido en una forma en la que pueda ser explorado de manera significativa.

El requisito principal para la hipótesis de la interfaz selectiva es la especificidad. Uno debe nombrar el medio, describir la interacción, relacionar la historia con el individuo y proporcionar una observación que pueda cambiar la conclusión. Mientras se cumplan estos requisitos, una suposición audaz puede funcionar en la ciencia. Cuando son reemplazados por confianza que no depende del resultado, el estudio se detiene.

La habitación sigue siendo la misma. La luz sobre la mesa no necesita teoría para ser vista. La teoría es necesaria para otra cosa: entender qué relaciones en el mundo hacen posible esta visión en sí misma, y por qué hay un lado interno de lo que está sucediendo.

Apéndice Matemático

Comprobación del modelo de comunicación mínimo

En el capítulo trece, se utilizó un modelo ideal del intercambio de una excitación entre dos subsistemas. Aquí su cálculo se expande en una forma que se puede verificar independientemente de la interpretación. El modelo es deliberadamente pequeño: muestra selectividad física y no contiene las reglas para el surgimiento de la conciencia. Todos los números a continuación provienen de sus ecuaciones, no de mediciones en el cerebro.

Notación en el modelo matemático

Las letras a continuación se refieren a los modelos en este libro. No designan cantidades medidas de conciencia; el significado físico de cada parámetro depende del sistema elegido.

Símbolo	Significado y unidades
B, E, R	Subsistema biológico seleccionado, portador adicional hipotético y entorno ordinario.
H, I, ρ	Hamiltoniano, operador de identidad y matriz de densidad. H tiene dimensiones de energ son adimensionales.
A, F	Operadores de propiedad sin dimensiones de subsistemas que interactúan en el modelo capítulo 13.
$\hbar$	La constante de Planck dividida por 2π; Dimensiones de acción, J·s.
g, Δ	Coeficiente de acoplamiento y diferencia de frecuencias angulares de transición. Ambos en s^{-1}. En el apéndice, g se elige positivo.
Ω	Frecuencia angular de la dinámica de intercambio en el modelo mínimo; unidades s^{-1}.
t, T_1, T_2, $T\varphi$	Tiempo de observación, tiempo de relajación de energía, tiempo de disminución de coherencia y tiempo de puro; todo medido en segundos.
g_eff, K	Frecuencia efectiva de la interacción relevante y el producto adimensional K = g_eff T_2.
τ, δ	Variables del apéndice sin dimensiones: τ = gt es tiempo; δ = Δ/g es desintonización relat
P_B	Probabilidad de detectar una excitación en B. Toma valores de cero a uno.

Dos estados en lugar de todo el organismo

En el sector seleccionado, solo dos estados son significativos. En el primero, el elemento E está excitado y B está en un nivel inferior; en el segundo, la excitación está en B. El estado inicial es el primero. La transición a esta descripción supone que otros niveles y procesos no son importantes

en el intervalo de tiempo bajo consideración. Para un sistema biológico real, tal suposición requeriría una verificación independiente.

Si restamos de la energía un término común que no afecta a la probabilidad de transición, la matriz hamiltoniana en el orden indicado de estados toma la forma

$$H_{one} = \hbar \begin{pmatrix} -\Delta/2 & g \\ g & \Delta/2 \end{pmatrix}.$$

Aquí g es un coeficiente de acoplamiento positivo con la dimensión del tiempo recíproco de acuerdo con la elección aceptada de fase. La desintonización Δ es igual a la diferencia entre las frecuencias angulares de las transiciones B y E y tiene la misma dimensión. Restar la energía total cambia la fase global del estado, pero no las estadísticas de la medición en cuestión.

Los valores propios de esta matriz son iguales a más y menos la mitad de ħΩ, donde

$$\Omega = \sqrt{\Delta^2 + 4g^2}.$$

El valor de Ω especifica la frecuencia de la dinámica de intercambio. A partir de la solución de la ecuación de Schrödinger bajo la condición inicial elegida, se obtiene la probabilidad de detectar excitación en B:

$$P_B(t) = \frac{4g^2}{\Delta^2 + 4g^2} \sin^2\left(\frac{\Omega t}{2}\right).$$

La expresión coincide con la fórmula del capítulo principal. Antes del seno hay un multiplicador que limita el arrastre máximo. Cuando las frecuencias coinciden, es igual a la unidad. Cuando se desintoniza, disminuye porque las frecuencias de transición difieren. Cuando g = 0 No hay intercambio; si al mismo tiempo Δ = 0, Este caso debe determinarse directamente a partir de la interacción cero, en lugar de sustituir una relación indefinida en la fórmula.

Variables sin dimensiones

Para comparar diferentes coeficientes de acoplamiento, es conveniente medir el tiempo en unidades de 1/g. Vamos a introducir el tiempo adimensional τ = gt y desintonización relativa δ = Δ/g. Esta es una entrada de apoyo para la misma solución:

$$P_B(\tau) = \frac{4}{\delta^2 + 4} \sin^2\left(\frac{\tau}{2}\sqrt{\delta^2 + 4}\right).$$

El primer máximo se produce en el tiempo adimensional π dividido entre la raíz cuadrada de la suma de δ² y cuatro. Su altura es igual a cuatro dividido entre esa misma suma. La tabla muestra el cálculo para varias desintonizaciones relativas.

Desintonización relativa **δ**	*Probabilidad máxima*	*Tiempo del primer máximo* **τ**
0	1.000	1.571
1	0.800	1.405
2	0.500	1.111
4	0.200	0.702

Un primer máximo anterior con una gran desintonización no significa una transmisión más eficiente. Este máximo es menor. Para una función que requiere una cierta probabilidad de transferencia, demasiado desintonización puede bloquear completamente el acceso al modo deseado, a pesar de pequeñas fluctuaciones rápidas.

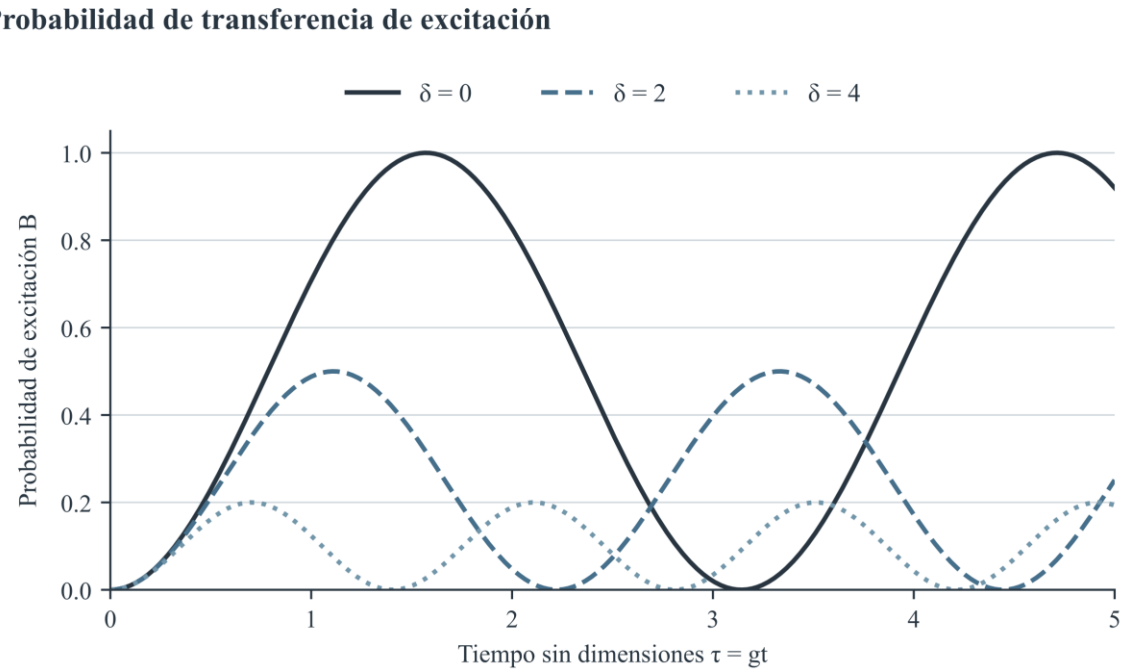


Figura 36. Cálculo para un modelo ideal de dos componentes. Tiempo horizontal - adimensional; verticalmente - probabilidad de excitación B. Las curvas corresponden a las desintonizaciones relativas 0, 2 y 4. Este es un cálculo de ecuación, no datos de medición de conciencia.

¿Qué comprueba el cálculo?

La solución se puede obtener de dos maneras independientes: por sustitución directa en la expresión analítica y calculando la evolución a través de los valores propios y vectores propios de la matriz hamiltoniana. La coincidencia de estos métodos se comprueba mediante el cálculo dentro del modelo. No prueba el ajuste del modelo al mecanismo biológico.

La conservación de la suma de probabilidades muestra la consistencia de la descripción ideal del sistema cerrado. Los límites de cero a uno prueban la aceptabilidad de las probabilidades. El caso resonante y la falta de

acoplamiento sirven como pruebas de las condiciones limitantes. Cada una de estas comprobaciones responde a una pregunta técnica; ninguna convierte el subsistema condicional E en un objeto natural descubierto.

Un modelo pequeño hace una predicción significativa solo después de que sus parámetros estén relacionados con mediciones independientes. Si g y Δ se eligen libremente de la curva observada cada vez, la descripción puede seguir siendo adecuada. Si se establecen y luego predicen el cambio en nuevas condiciones, es posible probar el mecanismo físico.

¿Por qué no hay una decadencia aleatoria aquí?

En un entorno vivo, el intercambio de excitación está influenciado por la relajación, el ruido de fase y otras transiciones. Cualquier multiplicador de atenuación no puede considerarse una corrección universal de la solución ideal. Diferentes mecanismos de dinámica abierta cambian las poblaciones de nivel, estados de equilibrio y relaciones de fase de diferentes maneras.

Para tal tarea, es necesario especificar la interacción con el entorno o una ecuación efectiva bien fundada. Una opción es la ecuación de Lindblad, si se aplican las suposiciones apropiadas sobre la dinámica sin memoria. Requiere especificar operadores y velocidades de proceso. La elección específica debe ser consistente con el modelo físico; el nombre de la ecuación no es suficiente. [18]

La estimación $K = g_{eff} T_2$ es útil como comparación preliminar de tiempos característicos. Aquí. g_{eff} es la frecuencia efectiva de la interacción deseada, T_2 es el tiempo de conservación de la coherencia en cuestión. La K pequeña significa que las relaciones de fase desaparecen rápidamente en relación con el intercambio correspondiente. Una K grande aún no garantiza un efecto biológico notable: el estado inicial, la desintonización, el método de lectura y la cadena de influencia adicional son importantes.

Un mecanismo explícito de pérdida de fase

Ahora puede dar el siguiente paso calculado: seleccione una dinámica abierta específica en lugar de una envolvente arbitraria. Dejemos el sector de una excitación, establezcamos la desintonización igual a cero y tomemos $g > 0$. Deje que X intercambie dos estados básicos, y Z le asigne los valores$+1$ y -1. Al Hamiltoniano $H/\hbar = gX$ añadimos desfase puro de Markov con el operador Lindblad $L = \sqrt{(\gamma/2)}\, Z$, $\gamma \geq 0$. Cuando la conexión se desactiva, no cambia la población, y el elemento fuera de la diagonal de la matriz de densidad decae a una velocidad de γ. Es por esta coherencia sectorial que definimos $T_2 = 1/\gamma$. La relajación energética no se incluye aquí. [18]

$$d\rho/dt = -i[gX, \rho] + (\gamma/2)(Z\rho Z - \rho).$$

Vamos a denotar la diferencia de población $z = p_E - p_B$. En el momento inicial E está excitado, por lo que $z(0) = 1$. Las ecuaciones para la matriz de densidad se reducen a la ecuación diferencial habitual:

$$z'' + \gamma z' + 4g^2 z = 0, \quad z(0) = 1, \quad z'(0) = 0; \quad p_B = (1-z)/2.$$

Desde $\gamma < 4g$ la solución es oscilatoria. Desde $\omega = \sqrt{(4g^2 - \gamma^2/4)}$ tiene la forma:

$$z(t) = \exp(-\gamma t/2)\,[\cos(\omega t) + (\gamma/2\omega)\sin(\omega t)].$$

El primer máximo de transferencia se alcanza en $t = \pi/\omega$ y es igual a $[1 + \exp(-\gamma\pi/2\omega)]/2$. Cuando $K = gT_2 = 10$ Se trata de 0.9622, cuando $K = 1$ Se trata de 0.7222. En el límite $K = 1/4$, las oscilaciones desaparecen; a menor K, la probabilidad en este modelo se aproxima monótonamente 1/2 sin excederlo. Incluso con resonancia precisa, la transmisión completa puede no estar disponible. El umbral de 1/4 se aplica solo a la ecuación seleccionada, y no a la conciencia o a todas las formas de interactuar con el entorno.

Este ejemplo muestra por qué no se puede simplemente multiplicar la probabilidad ideal por $\exp(-t/T_2)$. Desde $\gamma > 0$, la dinámica elegida en el límite lejano iguala las poblaciones, y tal multiplicación enviaría la probabilidad a cero. En un entorno con pérdidas de energía, el límite puede ser diferente. Es necesario medir no solo una vez, sino también qué proceso lo determina.

La solución analítica se verifica por integración numérica separada del sistema Bloch. con $g = 1$, $0 \le gt \le 8$, $\gamma/g = 0$; 0.1; 1; 4; 10 y pasos 0.002 y 0.001 la mayor diferencia de probabilidad absoluta fue menor que 2×10^{-11}. La reducción de la etapa es consistente con el cuarto orden del método. Se verificó la admisibilidad de la matriz de densidad con una tolerancia numérica y curvas ideales en cuatro desintonizaciones. El código fuente para esta comprobación se proporciona en el kit informático.

Esta continuación tiene un límite exacto: la misma ecuación para z describe un oscilador amortiguado clásico. La coincidencia de la curva con el cálculo aún no resalta el mecanismo cuántico. Pero independientemente midió g y γ Ahora dar una previsión conjunta de la altura y el tiempo del máximo. El siguiente experimento podría probar exactamente esta conexión, y luego por separado el recurso cuántico y su papel biológico. Este orden convierte la idea general de la interfaz en una secuencia de tareas cada vez más específicas.

Límite del resultado matemático

Las oscilaciones de transporte también pueden ocurrir en sistemas acoplados clásicos. Por lo tanto, la curva mostrada no es en sí misma evidencia de no clasicidad. Esto requiere mediciones adicionales y una clase explícitamente especificada de modelos que se comparan. La cuestión de la experiencia requiere otra transición: de la organización física a la correspondencia psicofísica.

El cálculo tiene un propósito más específico. Muestra cómo la metáfora de una interfaz selectiva se convierte en una restricción sobre un posible efecto. Si un experimento en particular viola el límite resultante, el modelo debe cambiar por motivos físicos. Si un experimento está de acuerdo con el límite,

sigue siendo necesario verificar si otro sistema explica ese acuerdo. De esta manera, la fórmula se convierte en parte de la investigación y conserva exactamente el significado asignado a ella.

Diccionario de conceptos

Anestesia. Una condición médicamente inducida con ciertos cambios en la sensibilidad, reacción, memoria y otras funciones. Los efectos específicos dependen de la sustancia y las condiciones; la ausencia de una respuesta no es una definición independiente de la ausencia de experiencia.

Base. Conjunto de estados de referencia independientes a través de los cuales se registra el estado del sistema. En el capítulo 2, se selecciona una base ortonormal de un sistema de dos niveles. [14]

Hamiltoniano. Operador matemático que especifica la energía y, en la descripción cuántica estándar, la evolución temporal de un sistema. La presencia de un hamiltoniano en el modelo no establece la existencia del portador físico elegido.

Hipótesis del trazo de memoria externa. La suposición de que algunas diferencias asociadas con la historia del organismo se conservan en un portador adicional. La preservación de un rastro, la posibilidad de su lectura y la continuación del sujeto representan diferentes declaraciones.

Hipótesis de interfaz selectiva. La suposición de trabajo del autor es que una cierta organización del cuerpo puede interactuar selectivamente con un portador físico adicional y que esta conexión puede participar en condiciones de experiencia subjetiva.

La hipótesis de co-formación de la personalidad. Suposición del autor que conecta una individualidad específica con la organización de la interacción, el cuerpo y la historia. La posible base fundamental de la experiencia no se identifica de antemano con la personalidad humana preparada.

Espacio de trabajo neuronal global. Un enfoque teórico que vincula el acceso consciente a la distribución de contenidos específicos entre una variedad de procesos especializados. El libro lo discute como un competidor significativo que tiene sus propias predicciones comprobables.

Decoherencia. Debilitamiento de las manifestaciones de interferencia disponibles del subsistema durante su interacción con el medio ambiente. Su descripción depende de los estados seleccionados, la base y el modelo del entorno.

Medición. Un proceso físico que relaciona el estado de un sistema con una salida discernible en un instrumento u otro sistema. En los cálculos estándar, la lectura consciente del resultado por parte de una persona no sirve como un paso físico obligatorio.

Individuación. La formación de una perspectiva individual separada y sus diferencias con los demás. En el libro, esta palabra se refiere a la tarea de explicar por qué los procesos de interacción pertenecen a un sujeto, mientras que otros forman una historia separada.

Interocepción. Recibir y procesar señales sobre el estado interno del cuerpo. Su contribución a la experiencia debe distinguirse de una explicación completa de la subjetividad.

Qualia. El lado cualitativo de una experiencia: la forma en que se siente un color, sabor, dolor u otra experiencia. En el libro, la palabra no designa automáticamente una partícula individual, campo o cantidad medible.

Entrelazamiento cuántico. Una propiedad de un estado compuesto que no está representado por una mezcla de estados independientes de sus partes. El entrelazamiento por sí mismo no constituye un canal de mensajes controlado.

Canal cuántico. Descripción matemática de una transformación físicamente permisible de estados cuánticos bajo condiciones apropiadas. La palabra "canal" en este sentido no implica la conciencia del emisor o del destinatario.

Coherencia. La presencia de ciertas relaciones de fase entre los componentes del estado cuántico en relación con la descripción elegida. Su papel funcional depende de un proceso específico, y no del mero hecho de la presencia.

Aproximación de Markov. Una descripción en la que el cambio adicional está determinado por el estado actual del sistema sin tener en cuenta por separado toda la historia de su entorno. La aplicabilidad de tal aproximación debe justificarse para el proceso que se está examinando [18].

Matriz de densidad. Representación de un estado cuántico que permite calcular las probabilidades de los resultados de medición y describir estados puros y mixtos.

Metacognición. Evaluación y regulación de los propios procesos cognitivos. En particular, la capacidad de distinguir entre soluciones propias más y menos fiables. No es idéntico a un discurso seguro sobre uno mismo.

Nivel de población. La probabilidad de detectar un sistema a un nivel de energía dado; en la base elegida se especifica por el elemento diagonal correspondiente de la matriz de densidad. [14]

Correlato neuronal de la conciencia. En una definición de investigación estricta, el conjunto mínimo de mecanismos neuronales que son conjuntamente suficientes para una experiencia consciente particular. Un signo fisiológico que solo acompaña a una condición puede ser su prerrequisito o consecuencia y aún no satisface esta definición. Establecer un correlato y explicar la ocurrencia de una experiencia son tareas diferentes. [32]

Portador. Un sistema físico o un conjunto seleccionado de grados de libertad, cuyos estados están involucrados en la transmisión, almacenamiento o transformación de diferencias. El nombre requiere que se especifiquen propiedades específicas en cada modelo.

Reducción objetiva. En las teorías correspondientes, es un supuesto cambio físico en un estado cuántico que no es reducible a la evolución unitaria estándar. Su mecanismo y parámetros están sujetos a verificación por separado.

Sistema abierto. Un sistema para el que la interacción con el entorno es esencial para su descripción. La selección de límites es específica de la tarea y no determina automáticamente el límite del sujeto.

Experiencia. La presencia de un lado subjetivo de lo que está sucediendo. La definición de trabajo no requiere habilidades lingüísticas, una autobiografía o la capacidad de explicar la propia condición.

Postulado psicofísico. Una suposición explícita sobre la relación entre la organización física y la experiencia subjetiva. No se deriva automáticamente de la ecuación de interacción de los subsistemas físicos.

Par radical. Un par de radicales con electrones no emparejados y un origen común, cuya dinámica de espín puede influir en vías químicas particulares. Los efectos específicos dependen de la molécula y las condiciones.

Desintonización. La diferencia entre las frecuencias de las transiciones u oscilaciones que interactúan. En el modelo mínimo del libro, limita la probabilidad máxima de transferencia de excitación.

Estado reducido. Descripción de un subsistema obtenido del estado del conjunto usando una traza parcial. Determina las estadísticas de mediciones locales, pero no almacena toda la información sobre correlaciones conjuntas. [14]

Relajación. La transición de un sistema a un determinado modo bajo la influencia de las interacciones con el entorno. Los tiempos de cambio en las poblaciones y las relaciones de fase pueden variar.

Reflexión. El sistema apela a sus propios pensamientos, decisiones y razones para la acción. En la investigación funcional, es importante examinar si dicha evaluación influye en el comportamiento posterior.

Autoconciencia. Formas de representarse a sí mismo como participante en lo que está sucediendo. La pertenencia corporal, el auto-reconocimiento y una narrativa autobiográfica pueden requerir diferentes mecanismos.

Testigo de entrelazamiento. Un observable cuyo valor, cuando se cumplen las condiciones de prueba, puede descartar una descripción en términos de estados separables. Un testigo particular sólo detecta ciertos estados entrelazados; la falta de detección del entrelazamiento no prueba, por sí misma, su ausencia. [31]

Sujeto. El portador de una perspectiva distinta de la experiencia en el sentido de trabajo utilizado aquí. La autorrepresentación funcional puede servir como objeto de investigación, pero el nombre en sí no prueba la existencia de tal perspectiva.

Superposición. Una combinación lineal de estados cuánticos en los que las fases relativas pueden influir en los resultados de mediciones adecuadas. No equivale a simple ignorancia sobre una opción preseleccionada.

Teoría de la información integrada. Un enfoque que conecta la conciencia con una cierta organización causal interna del sistema. Sus valores especiales no pueden ser reemplazados sin justificación por la complejidad total o la cantidad de datos registrados.

Reflejo de enderezamiento. La capacidad de un animal para volver a su posición normal del cuerpo después de haber sido volteado. En el estudio discutido, la pérdida de este reflejo sirve como un indicador de comportamiento; este indicador, por sí mismo, no proporciona acceso directo a la experiencia. [12]

Traza parcial. Operación matemática que permite obtener el estado de un subsistema a partir del estado de un sistema compuesto. La descripción resultante no suele permitir reconstruir de forma única el estado completo del conjunto.

Identidad numérica. Una relación en la que estamos hablando del mismo ser u objeto, y no de dos copias con las mismas propiedades. En cuanto a la personalidad, debe distinguirse de las similitudes en los recuerdos, el carácter y el comportamiento.

Operador hermítico. Operador igual a su adjunto. Sus valores propios son reales; en los modelos cuánticos considerados aquí, esto permite relacionarlos con los resultados de la medición de una magnitud física. [14]

Orch OR. Programa teórico de Hameroff y Penrose, vinculando los supuestos procesos cuánticos organizados en microtúbulos con una reducción objetiva del estado. Considerado en el libro como una hipótesis con obligaciones físicas y psicofísicas separadas.

T_1 y T_2. Designaciones de los momentos característicos de relajación longitudinal y pérdida de coherencia transversal en los modelos correspondientes. Sus significados y relaciones dependen del mecanismo; no son tiempos universales de existencia de la conciencia.

Fuentes

Los números corresponden a referencias en el texto. Las obras teóricas, las revisiones y los estudios se describen en capítulos que indican su papel. Preprint marcado por separado. La bibliografía refleja las publicaciones utilizadas y no es una visión global de todas las áreas de la investigación de la conciencia.

[1] Cogitate Consortium et al. Adversarial testing of global neuronal workspace and integrated information theories of consciousness. Nature. 2025;642:133–142. DOI: 10.1038/s41586-025-08888-1. https://doi.org/10.1038/s41586-025-08888-1

[2] Sarasso S. et al. Consciousness and Complexity during Unresponsiveness Induced by Propofol, Xenon, and Ketamine. Current Biology. 2015;25:3099–3105. DOI: 10.1016/j.cub.2015.10.014. https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.10.014

[3] Bastos A. M. et al. Neural effects of propofol-induced unconsciousness and its reversal using thalamic stimulation. eLife. 2021;10:e60824. DOI: 10.7554/eLife.60824. https://elifesciences.org/articles/60824

[4] Hameroff S., Penrose R. Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory. Physics of Life Reviews. 2014;11:39–78. DOI: 10.1016/j.plrev.2013.08.002. https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002

[5] Tegmark M. Importance of quantum decoherence in brain processes. Physical Review E. 2000;61:4194–4206. DOI: 10.1103/PhysRevE.61.4194. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/quant-ph/9907009

[6] Hagan S., Hameroff S. R., Tuszyński J. A. Quantum computation in brain microtubules: Decoherence and biological feasibility. Physical Review E. 2002;65:061901. DOI: 10.1103/PhysRevE.65.061901. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/quant-ph/0005025

[7] Fisher M. P. A. Quantum cognition: The possibility of processing with nuclear spins in the brain. Annals of Physics. 2015;362:593–602. DOI: 10.1016/j.aop.2015.08.020. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/1508.05929

[8] Player T. C., Hore P. J. Posner qubits: spin dynamics of entangled $Ca_9(PO_4)_6$ molecules and their role in neural processing. Journal of the Royal Society Interface. 2018;15:20180494. DOI: 10.1098/rsif.2018.0494. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/1807.06339

[9] Xu J. et al. Magnetic sensitivity of cryptochrome 4 from a migratory songbird. Nature. 2021;594:535–540. DOI: 10.1038/s41586-021-03618-9. https://doi.org/10.1038/s41586-021-03618-9

[10] Kalra A. P. et al. Electronic Energy Migration in Microtubules. ACS Central Science. 2023;9:352–361. DOI: 10.1021/acscentsci.2c01114. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/2208.10628

[11] Babcock N. S. et al. Ultraviolet Superradiance from Mega-Networks of Tryptophan in Biological Architectures. The Journal of Physical Chemistry B. 2024;128:4035–4046. DOI: 10.1021/acs.jpcb.3c07936. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/2302.01469

[12] Khan S. et al. Microtubule-Stabilizer Epothilone B Delays Anesthetic-Induced Unconsciousness in Rats. eNeuro. 2024;11:ENEURO.0291-24.2024. DOI: 10.1523/ENEURO.0291-24.2024. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11363512/

[13] Gassab L., Craddock T. J. A. Ingeniería de respuestas ópticas cuánticas de microtúbulos a través de simulaciones de red de triptófano y espectroscopia ultravioleta. Prepublicación arXiv: 2604.18604, versión 1, 2026. https://arxiv.org/abs/2604.18604

[14] Watrous J. The Theory of Quantum Information. Cambridge University Press. 2018. Capítulo 1 - operadores y notaciones matemáticas; capítulo 2 - estados, canales y sistemas compuestos; capítulo 6 - entrelazamiento. https://cs.uwaterloo.ca/~watrous/TQI/

[15] Parvizi J. et al. Electrical Stimulation of Human Fusiform Face-Selective Regions Distorts Face Perception. The Journal of Neuroscience. 2012;32:14915–14920. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.2609-12.2012. https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2609-12.2012

[16] Botvinick M., Cohen J. Rubber hands ‘feel’ touch that eyes see. Nature. 1998;391(6669):756. DOI: 10.1038/35784. https://doi.org/10.1038/35784

[17] Critchley H. D., Wiens S., Rotshtein P., Öhman A., Dolan R. J. Neural systems supporting interoceptive awareness. Nature Neuroscience. 2004;7(2):189–195. DOI: 10.1038/nn1176. https://doi.org/10.1038/nn1176

[18] Lindblad G. On the generators of quantum dynamical semigroups. Communications in Mathematical Physics. 1976;48:119–130. DOI: 10.1007/BF01608499. https://doi.org/10.1007/BF01608499

[19] Schulten K., Swenberg C. E., Weller A. A Biomagnetic Sensory Mechanism Based on Magnetic Field Modulated Coherent Electron Spin Motion. Zeitschrift für Physikalische Chemie. 1978;111(1):1–5. DOI: 10.1524/zpch.1978.111.1.001. https://doi.org/10.1524/zpch.1978.111.1.001

[20] Hensen B. et al. Loophole-free Bell inequality violation using electron spins separated by 1.3 kilometres. Nature. 2015;526:682–686. DOI: 10.1038/nature15759. https://doi.org/10.1038/nature15759

[21] Albantakis L. et al. Integrated information theory (IIT) 4.0: Formulating the properties of phenomenal existence in physical terms. PLOS Computational Biology. 2023;19(10):e1011465. DOI: 10.1371/journal.pcbi.1011465. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011465

[22] Mashour G. A., Roelfsema P., Changeux J.-P., Dehaene S. Conscious Processing and the Global Neuronal Workspace Hypothesis. Neuron. 2020;105(5):776–798. DOI: 10.1016/j.neuron.2020.01.026. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.01.026

[23] Donadi S., Piscicchia K., Curceanu C., Diósi L., Laubenstein M., Bassi A. Underground test of gravity-related wave function collapse. Nature Physics. 2021;17:74–78. DOI: 10.1038/s41567-020-1008-4. https://doi.org/10.1038/s41567-020-1008-4

[24] Wootters W. K., Zurek W. H. A single quantum cannot be cloned. Nature. 1982;299:802–803. DOI: 10.1038/299802a0. https://www.nature.com/articles/299802a0

[25] Liu X. et al. Optogenetic stimulation of a hippocampal engram activates fear memory recall. Nature. 2012;484:381–385. DOI: 10.1038/nature11028. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22441246/

[26] Craig A. D. How do you feel? Interoception: the sense of the physiological condition of the body. Nature Reviews Neuroscience. 2002;3:655–666. DOI: 10.1038/nrn894. https://www.nature.com/articles/nrn894

[27] Butlin P. et al. Identifying indicators of consciousness in AI systems. Trends in Cognitive Sciences. 2026;30(6):488–501. Publicación online: 10 de noviembre de 2025. DOI: 10.1016/j.tics.2025.10.011. https://doi.org/10.1016/j.tics.2025.10.011

[28] Fleming S. M., Lau H. C. How to measure metacognition. Frontiers in Human Neuroscience. 2014;8:443. DOI: 10.3389/fnhum.2014.00443. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00443

[29] Parnia S. et al. AWAreness during REsuscitation – II: A multi-center study of consciousness and awareness in cardiac arrest. Resuscitation. 2023;191:109903. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.109903. https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2023.109903

[30] Xu G. et al. Surge of neurophysiological coupling and connectivity of gamma oscillations in the dying human brain. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2023;120(19):e2216268120. DOI: 10.1073/pnas.2216268120. https://doi.org/10.1073/pnas.2216268120

[31] Gühne O., Tóth G. Entanglement detection. Physics Reports. 2009;474(1–6):1–75. DOI: 10.1016/j.physrep.2009.02.004. Versión del autor en arXiv: https://arxiv.org/abs/0811.2803

[32] Koch C., Massimini M., Boly M., Tononi G. Neural correlates of consciousness: progress and problems. Nature Reviews Neuroscience. 2016;17(5):307–321. DOI: 10.1038/nrn.2016.22. Material utilizado: resumen y diccionario terminológico del editor. https://doi.org/10.1038/nrn.2016.22; https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27094080/

Autor y proyectos

Correo electrónico: info@brenev.com

Sitio web del autor: brenev.com

Sitio web de Mira: mira.technology

Otros proyectos: haraizen.tech

Telegram: https://t.me/Eudgenee