

¿AZAR OBJETIVO O SUBJETIVO?

OBJECTIVE OR SUBJECTIVE CHANCE?

HANS-ULRICH OBRIST

Anton Zeilinger, estrella de la escena física internacional y uno de los principales investigadores en el campo de la física cuántica y la comunicación cuántica, presentó su primera verificación experimental de la teleportación cuántica en 1997. ¿Qué significa esto? El sueño del teletransporte es ser capaz de viajar por el sencillo método de reaparecer en un lugar lejano. En la jerga de *Star Trek*, eso se conoce como "proyección". Hans Ulrich Obrist conversa con Anton Zeilinger sobre la noción de azar objetivo y azar subjetivo, sobre los riesgos de la ciencia, sobre Einstein, sobre la coincidencia y sobre la belleza de hacer posible lo imposible.

Hans-Ulrich Obrist (HUO) El 12 de agosto de 2000 el *Corriere della Sera* publicó un extenso artículo sobre sus investigaciones, y desde entonces han aparecido artículos similares en diarios de todo el mundo. Artistas como Armin Linke se están tomando un gran interés por sus trabajos. ¿De qué manera entra el concepto de teletransporte en el mundo del arte?

Anton Zeilinger (AZ) La verdad es que no puedo explicarlo. Mis estudios sobre el teletransporte se publicaron durante los dos últimos meses de 1997, y a finales de ese mismo año fueron objeto de un gran interés mediático. En el año 2000 este interés volvió a activarse.

HUO ¿Puede hablarnos de los comienzos del teletransporte?

AZ Todo se remonta a mi época de estudiante. Por aquel entonces no había en la Universidad de Viena un plan de estudios cerrado. Nunca estudié la mecánica cuántica de manera sistemática, pero elegí esa materia deliberadamente para los exámenes.

Anton Zeilinger, star of the international physicist scene and one of the leading researchers in the fields of Quantum Physics and Quantum Communication, presented the first experimental verification of quantum teleportation in 1997. What does this mean? The dream of teleportation is to be able to travel by simply reappearing at some distant location. In *Star Trek* language this is known as beaming. Hans-Ulrich Obrist meets Anton Zeilinger and talks to him about the notion of objective chance and subjective chance, about the risks of science, about Einstein, about coincidence, about the beauty of making the impossible possible.

Hans-Ulrich Obrist (HUO) On 12 August 2000 there was a big article about your research in the Italian daily, the *Corriere della Sera*, and since then articles have been published all over the world. Artists like Armin Linke are studying your work. How did the topic of teleportation find its way into the world of art?

Anton Zeilinger (AZ) That is something I really can't explain. My paper on teleportation was published in the last couple of months of 1997 and by the end of that year it was causing a great surge of media interest. In 2000 it suddenly all started again.

HUO Can you tell me something about the beginnings of teleportation?

AZ The beginnings go back to when I was a student. At that time the University of Vienna didn't have a fixed syllabus. I had



ANTON ZEILINGER. Foto | Photo Marleen Wynants.

Me impresionó mucho, y no me ha abandonado desde entonces. Durante la década de 1990 tuve al fin los recursos y la oportunidad de montar un laboratorio. Luego, en 1993, un grupo de seis investigadores internacionales plantearon por primera vez la cuestión. En ese momento me pareció algo imposible, una idea que sólo podía ocurrírseles a los teóricos.

HUO El punto de partida de los teóricos era considerado como un imposible por parte de los científicos que trabajaban en laboratorios. Y sin embargo, usted quiso abordar el problema, comprobar si lo imposible también podía ser posible.

AZ Unos dos años más tarde se puso de manifiesto que lo habíamos conseguido. A partir de entonces el único problema era la planificación. ¿Cómo desarrollar la idea? ¿Cuál era la mejor estrategia? ¿Cuáles los mejores métodos?

HUO Hace algunas semanas coincidí en París con Gregory Chaitin. Habló mucho del riesgo y de la idea de que la diferencia

never studied quantum mechanics systematically but I consciously chose the subject for the exams. It grabbed me and has never let me go since. In the 1990s I finally had the resources and the opportunity to set up a laboratory. Then, in 1993, an international group of six people put the subject of teleportation forward. At the time I thought it was impossible, an idea only theorists could have.

HUO The theorists' starting point was something considered impossible by scientists working in laboratories. And yet you still wanted to tackle the problem: to see if the impossible might just be possible.

AZ After roughly two years it was obvious that we had got it. Then it was only a problem of planning. How do you pursue the idea? What is the best strategy? What methods are best?

HUO A few weeks ago I met up with Gregory Chaitin in Paris. He talked a lot about risk and about the idea that the difference between art and science is not as great as people always think. When scientific "breakthroughs" are achieved they often have to do with the risk involved in doing something that might possibly prove impossible.

AZ All the same, enjoying the element of risk is no reason for doing our sort of work. The important thing is to do something you yourself find fascinating. During our basic research phase, which started years ago, quite a few of my colleagues told me I was wasting my time. They said there was nothing left to discover in quantum mechanics. All that was left to discuss was the aspect of technical applications. They said that fundamental experiments were uninteresting.

HUO In the field of art people talk about obsession. Could we call this a case of scientific obsession?

AZ It depends what obsession is. It gets a hold on you, you really want to do it whatever happens. You have the feeling that you have reached a point where things are getting interesting. The difference between our work and art is that ultimately what we do is tested by experiments carried out on nature. It must be seen to work. That is the difference between art and science. At least between art and the natural sciences. The knowledge involved in humanities is something different again.

HUO My next question is one I am sure you are often asked, but even at the risk of boring you, I must say that the connection between teleportation and science fiction literature is something

entre el arte y la ciencia no es tan grande como la gente suele pensar. Los "hitos" científicos suelen ser fruto del riesgo que implica atreverse a hacer algo que tal vez resulte ser imposible.

AZ En todo caso, el gusto por el riesgo no es razón suficiente para abordar este tipo de trabajo. Lo importante es hacer algo que a uno le fascine. Durante la fase inicial de la investigación, que empezó hace años, algunos de mis colegas me dijeron que estaba perdiendo el tiempo. Decían que no quedaba nada por descubrir en el terreno de la mecánica cuántica. El único aspecto que aún estaba abierto a la discusión era el de sus aplicaciones técnicas. Afirmaban que los experimentos fundamentales carecían de interés.

HUO En el terreno del arte la gente habla de obsesión. ¿Podríamos considerar esta cuestión como un caso de obsesión científica?

AZ Depende de qué entendamos por obsesión. Es algo que te atrapa, que tienes que hacer a toda costa. Tienes la sensación de haber alcanzado un punto en el que las cosas se ponen interesantes. La diferencia entre nuestro trabajo y el arte es que lo que hacemos se pone a prueba mediante experimentos realizados en la naturaleza. Hay que comprobar que funciona. Esa es la diferencia entre el arte y la ciencia. Al menos entre el arte y las ciencias naturales. El conocimiento de las ciencias humanas es diferente.

HUO Estoy seguro de que la pregunta que voy a hacerle se la hacen muy a menudo, pero aun a riesgo de aburrirle, tengo que decir que me interesa mucho la relación entre el teletransporte y los relatos de ciencia ficción. ¿Ha tenido alguna importancia para usted, como investigador, que los autores de ciencia ficción escribiesen sobre este asunto hasta de que su existencia pudiera demostrarse científicamente? ¿Hay alguna relación?

AZ No, no la hay. La ciencia ficción me resulta entretenida, pero no en el mismo nivel. La ciencia ficción es literatura; es ficción y poesía. Desde luego que puede tener alguna influencia que a mí se me escape. Normalmente no sabemos cuáles son las razones que nos impulsan a hacer las cosas. Lo que contamos *a posteriori* suele ser una historia fabricada al servicio de nuestros propios fines. Este es el famoso problema de la historia oral.

HUO En sus escritos, afirma usted que el teletransporte llegará a ser posible incluso con las moléculas, a largo plazo. En ese caso estaríamos hablando de una "transportación" real.

AZ Exactamente. Hasta el momento sólo ha sido posible teletransportar los fotones, que son partículas de luz. Son los elementos más pequeños que podemos manejar en el laboratorio. Eso se demostró por primera vez en 1997.

HUO ¿Y cómo están investigando sobre la teletransportación de las moléculas?

that interests me. Has it been of any importance to you as a research scientist that science fiction authors wrote about teleportation before its existence could be scientifically proved? Is there any connection?

AZ No, there isn't. Although I do find science fiction entertaining, but not at the same level. Science fiction is literature, it's fiction and poetry. It may, of course, have some influence without me being aware of it. Our motives for doing things are normally not clear to us. The stories we tell each other afterwards are generally invented to suit our own purposes. That is the famous problem with oral history.

HUO In your writings you have claimed that teleportation will even be possible with molecules in the long term. Then we would be dealing with actual "beaming".

AZ That is right. So far only protons, particles of light, have been teleported. They are the smallest elements we can deal with in a laboratory. We proved that for the first time in 1997.

HUO And now you are working on the teletransportation of molecules?

AZ We are working on teleportation, as we call it. Teletransportation would be too concrete for me, too similar to transport, that would be crazy (laughs). Our next goal is to manage distances of a few hundred metres, perhaps a few kilometres with light particles. Molecular technology is way behind light technology, which has been around for more than a hundred years - just think of optics. At the moment we are working on the famous football molecules. I don't know if you are familiar with them. They are very pretty and really look like footballs. But we have still got a long way to go before we achieve the teleportation of molecules. We are talking about at least a decade or more.

HUO But you consider it possible?

AZ I can't see any reason why it shouldn't be likely and possible.

HUO Do you assume that the original will be destroyed during the process?

AZ We aren't teleporting the object, only the information. We are transferring all the information from the original to a new original. The recipient will be made of matter which must already be at the reception end, that is true, but it will carry all

AZ Lo llamamos teletransporte. Teletransportación me parece demasiado concreto, demasiado parecido al transporte; sería una locura. Nuestro siguiente objetivo es controlar distancias de unos cuantos cientos de metros, acaso unos cuantos kilómetros, con partículas luminosas. La tecnología molecular está muy por detrás de la tecnología de la luz, que se ha estudiado durante más de cien años. Pensemos, por ejemplo, en la óptica. En este momento estamos trabajando con las famosas moléculas balón. No sé si usted las conoce. Son muy hermosas y parecen de verdad un balón de fútbol. Pero aún nos queda mucho camino por recorrer antes de conseguir teletransportar las moléculas. Como mínimo una década, o quizá más.

HUO Pero, ¿lo cree posible?

AZ No veo ninguna razón para pensar que no sea probable o posible.

HUO ¿Cree que el original se destruirá durante el proceso?

AZ No teletransportamos el objeto; sólo la información. Transferimos toda la información del original a un nuevo original. El recipiente estará hecho de materia, y esta materia tiene que estar presente en el receptor; esto es verdad, pero llevará toda la información y no será distinta del original. Y eso nos lleva a la vieja cuestión filosófica: ¿Qué significa la identidad? ¿Cuándo son idénticos dos objetos? Para mí, como físico, sólo puede haber un criterio concebible. Si algo contiene todas las características del original, entonces es el original.

HUO ¿El original no se destruye si sólo se transfiere la información?

AZ La información se transfiere en el sentido de que se extrae realmente del original.

HUO ¿Y eso supone la destrucción del original?

AZ El original deja de contener la información específica. Es muy curioso. Estamos hablando de estados cuánticos, en los que un sistema deja de poseer cualesquiera de sus características. Desde el punto de vista filosófico, estos procesos son increíblemente fascinantes, ni siquiera se han llegado a abordar todavía. Casi me atrevería a decir que la gran mayoría de los físicos consideran que las cuestiones filosóficas son una frivolidad. Eso a pesar de que gran parte de los descubrimientos más importantes son obra de gente que se ha preocupado mucho por las cuestiones filosóficas. Esto es evidente si analizamos la historia de la ciencia.

HUO ¿Ha estudiado usted filosofía?

AZ Sí. Me interesan mucho las cuestiones fundamentales de la vida. Por desgracia no hay suficientes filósofos dispuestos a pensar radicalmente en la posibilidad de que nuestra visión del mundo pudiera ser incorrecta. Los filósofos, igual que algunos físicos,

the information and will be no different from the original. And that raises the very old philosophical question: what does identity mean? When are two objects identical? For me as a physicist there can only be one conceivable criterion. If something carries all the characteristics of the original, then it is the original.

HUO The original wouldn't be destroyed if only the information was transferred?

AZ The information is transferred in the sense that it is really drawn out of the original.

HUO Does this lead to the breakdown of the original?

AZ The original doesn't have the specific information any more. That is really funny. We are now talking about quantum states in which a system no longer possesses any characteristics. From a philosophical point of view these processes are incredibly fascinating and have never even been touched on. I would almost go as far as to say that the vast majority of physicists consider these philosophical questions frivolous. Despite the fact that a great deal of the most significant progress ever made has been the work of people who gave a lot of thought to philosophical questions - you can see that if you look at the history of science.

HUO Have you studied philosophy at all?

AZ Yes, I have. The fundamental questions of life interest me. Unfortunately there are not nearly enough philosophers you can talk to who are willing to think radically about the possibility that our views on the world might be incorrect. Philosophers, and some physicists as well, often spend too much time thinking about what other great philosophers said at some time in the past. In that way I am revolutionary. You have to throw some things overboard if you want to make any progress.

HUO You mean, overcome the tendency to quote other people?

AZ You can't only quote. I don't want people to get the impression that I am running down the great men of the past; most of them were men, weren't they? Quite the contrary. But you have to clear your mind. Otherwise you become a walking library.

HUO How do you define coincidence?

AZ For me there are two different forms of coincidence which

suelen dedicar demasiado tiempo a pensar en lo que dijeron otros grandes filósofos en tiempos pasados. En ese sentido me considero revolucionario. Para evolucionar es necesario tirar algunas cosas por la borda.

HUO ¿Se refiere a abandonar la tendencia a citar los trabajos de otros?

AZ Uno no puede limitarse a citar. No quiero que la gente tenga la impresión de que desprecio a los grandes hombres del pasado; porque la mayoría fueron hombres, ¿no es cierto? Todo lo contrario. Pero hay que tener la mente clara. De lo contrario te conviertes en una biblioteca ambulante.

HUO ¿Cómo define usted la coincidencia?

AZ Para mí hay dos tipos de coincidencia que son intrínsecamente distintos. A uno lo llamo coincidencia objetiva y al otro coincidencia subjetiva. Las coincidencias subjetivas son aquellas que no me permiten saber porqué ocurre un hecho determinado (por ejemplo, si usted y yo nos encontramos casualmente en la calle), pero luego puedo reconstruir la situación y entender porqué las cosas tomaron ese rumbo. Si tiro los dados y me sale un seis, es porque he girado la mano de una manera determinada, por la naturaleza de la mesa, etcétera. Puedo ofrecer una razón de porqué ha ocurrido lo que ha ocurrido, o al menos esa razón es concebible. Las coincidencias objetivas tienen que ver con un hecho fortuito sin causa alguna, ni siquiera una causa oculta. En la mecánica cuántica este tipo de coincidencias objetivas son muy comunes. Nos encontramos ante algo que surge de pronto y carece de una causa en el pasado, que es completamente nuevo. Esto se conoce como acto de creación elemental. Surge de la nada. Dicho sea de paso, ésta es la razón por la que Einstein criticó la mecánica cuántica. Porque confiere al azar una función enteramente nueva. Einstein no fue capaz de entender esto, y no quiso entenderlo. Pero fue uno de los pocos que comprendió hasta qué punto la mecánica cuántica conduciría a una nueva visión del mundo. Y ése es un logro intelectual increíble. El hecho de que luego no tuviera razón es secundario. Suele ser más importante formular una pregunta que responderla correctamente. El descubrimiento de la coincidencia pura es sin duda uno de los principales logros intelectuales del siglo xx.

HUO En este contexto, ¿dónde situaría usted la noción de riesgo?

AZ Ésa es una buena pregunta. También en sentido general. ¿Qué sentido tiene lo que uno hace como físico? ¿Qué significa para uno mismo como persona, para su vida? Tiene consecuencias. Cuando la gente acepta el concepto de coincidencia pura, su visión del mundo se vuelve mucho más abierta. En todo caso estamos a merced de lo impredecible. La incertidumbre es la clave de la identidad humana. Muchos poetas han dicho esto una y otra vez. Pero me parece muy curioso que la ciencia llegue a la misma conclusión.

are intrinsically different from each other. I call one type objective coincidences and the other subjective coincidences. Subjective coincidences are those where I don't know why a specific thing happens (for example, if I meet you by chance in the street) but afterwards I can reconstruct the situation and understand why things took place the way they did. Or when I throw a six, that happens because I turned my hand a certain way, because of the nature of the table and so on. I can give a reason for what happened, or at the very least, a reason is conceivable. Objective coincidences have to do with a chance event for which there is no cause, not even a hidden one. In quantum mechanics we are familiar with these objective coincidences. Here we are dealing with something which arises and cannot be traced back to a cause in the past, it is completely new. It has been termed an elementary act of creation. It arises from nothing. Incidentally, that is the main reason why Einstein criticized quantum mechanics. Because it gives chance a completely new function. He wasn't able and didn't want to understand that. But he was one of the very few who realized to what extent quantum mechanics would lead to a new way of looking at the world. That is an incredible intellectual achievement. The fact that he turned out to be wrong is of secondary importance. It is often more important to raise a question than to answer it correctly. The discovery of pure coincidence is certainly one of the most important intellectual discoveries of the 20th century.

HUO Where would you put the concept of risk in this context?

AZ That is a good question. In a general sense as well. What is the meaning of what you do as a physicist? What does it mean for you as a person, for your life? It has consequences. When people have accepted this concept of pure coincidence, their way of looking at life becomes much more open. We are at the mercy of the unforeseeable anyway. Uncertainty is the centrepiece of human identity. A great many poets have said that again and again. But I do find it funny that science comes to the same conclusion.

HUO A pragmatic question for you – what risks do you take?

AZ You have to be guided by what you find interesting and you have to assess risks: is something impossible or is it only very, very difficult? People's existence is at stake as well. You have got students working there and they want to get a job, too, later on.

HUO And risk in the philosophical sense?

HUO Una pregunta pragmática: ¿Qué riesgos asume usted?

AZ Tienes que guiarte por lo que te resulta interesante y tienes que valorar los riesgos: eso es imposible o al menos es muy, muy difícil. La vida de la gente también está en juego. Trabajas con estudiantes que luego quieren un puesto de trabajo.

HUO ¿Y el riesgo en el sentido filosófico?

AZ Toda decisión entraña el riesgo de equivocarse. Eso hace que la vida sea romántica e interesante. Sin ese riesgo, la vida sería muy insulsa. Si la visión del mundo de la física clásica fuese la correcta, si todo funcionase como un reloj, la vida sería terriblemente descorazonadora. Por otro lado, no cabe duda de que estamos a merced del riesgo.

HUO Hay algo que no he entendido sobre la cuestión de la coincidencia. Usted escribió algo sobre un dado; decía que se tiraba un dado en Budapest, y salía un seis, y que se tiraba otro dado en Viena o en cualquier otra ciudad y el resultado también era seis. Eso es casi telepatía, ¿verdad?

AZ Se trata del famoso fenómeno del entrecruzamiento, que se pone de manifiesto en el teletransporte. Tienes dos sistemas cuánticos, y antes de ser observados ninguno de los dos posee ninguna característica. Luego observas uno y, por puro azar, por pura coincidencia objetiva, el sistema adopta una característica. En el caso de los dados, tiras un número determinado y, en ese mismo momento, el otro dado, que está muy lejos, saca exactamente el mismo número. Eso significa que tenemos dos casos de coincidencia objetiva que están relacionados. Se podría decir que el uno es la causa del otro. Pero no es el caso.

HUO Tiramos un dado en Budapest, tiramos un dado en Viena, y en los dos casos nos encontramos con coincidencias objetivas.

AZ Eso es. Coincidencias idénticas pero muy alejadas. Y sin ninguna causa para lo ocurrido.

HUO ¿Hay alguna relación entre los dos dados?

AZ No, no la hay. Su origen es el mismo. Pero en el momento en que se lanzan no hay ninguna relación. Este fenómeno es la base del teletransporte.

HUO ¿Cuál es su museo favorito?

AZ Me gusta visitar todo tipo de museos. Por ejemplo, el Museo de Historia del Arte de Viena. Hace no mucho tiempo hubo una exposición de arte persa maravillosa. También me gusta el arte moderno, y las exposiciones técnicas y científicas. En estas exposiciones hay una curiosidad muy positiva... no se frena nada. Creo que sería muy interesante acercarse a todos los campos. Pero a fin de cuentas lo que cuenta en un museo no es lo que se muestra sino las ideas que hay detrás. Cuando te asalta una nueva idea, no importa para nada de dónde viene.

AZ Every decision carries with it the risk that it might be wrong. That makes life romantic and interesting. Without that risk, life would be as dull as ditchwater. If the view of the world we get in classical physics were right and everything worked like clockwork that would really be extremely distressing. On the other hand we are, of course, at the mercy of risk.

HUO On the subject of coincidence there is something I haven't understood. You write something about a dice, that a dice is thrown in Budapest and the result is a six, and another dice is thrown in Vienna or in some other town and the result is also a six. That is almost telepathic, isn't it?

AZ That is the famous phenomenon of cross-linking, which comes into its own in teleportation. You have got two quantum systems and before they were observed neither had any characteristics. I observe one and by pure chance, the objective coincidence again, it takes on a characteristic. In the case of the dice, you throw a specific number, and at that moment the other dice, which is a long way away, will show exactly the same number. That means we have got two cases of objective coincidence which are connected. You could say that one causes the other. But that is not the case.

HUO We throw a dice in Budapest, we throw a dice in Vienna, in both cases we are dealing with virtually objective coincidences.

AZ Right. Identical coincidences a long distance apart. But there is nothing causing what has happened.

HUO Is there a connection between the two dice?

AZ No, there isn't. They come from the same source. But at the moment when they are thrown there is no connection. This phenomenon is the basis of teleportation.

HUO What is your favourite museum?

AZ I like going to all sorts of museums. For instance, the museum of art history in Vienna. Not long ago there was a beautiful exhibition of Persian art there. I go and look at modern art as well, and technical and scientific exhibitions. There's positive curiosity about everything there – with no holds barred. It would be exciting to draw the different fields closer together. But ultimately what counts in a museum is not what is on show but the ideas behind the exhibits. When a new idea strikes you it doesn't matter in the least where it comes from.