

Albert Einstein: 50 horas en Zaragoza 1923-2023



Dani García-Nieto
Fernando Bartolomé
M^a Luisa Sarsa



R.S.E.F.

Real
Sociedad
Española de
Física

Secc. L. Aragón

Dibujos - Daniel García Nieto
Guión y textos - Fernando Bartolomé y M^a Luisa Sarsa



Unidad de
Cultura Científica
Universidad Zaragoza



Contenidos

Introducción	4
Albert Einstein, un retrato mínimo	6
Einstein en Zaragoza	16
Legado Científico	22





Introducción

Del 12 al 14 de marzo de 1923
Albert Einstein pasa un par de días en
Zaragoza, invitado por la Academia de
Ciencias de Zaragoza y la Facultad de
Ciencias de la Universidad.

El proyecto “Einstein, 50 horas en Zaragoza” es
una iniciativa de la Unidad de Cultura Científica de
la Universidad de Zaragoza.
Ha sido financiado por la Fundación Española para
la Ciencia y la Tecnología (FECYT) del Ministerio
de Ciencia e Innovación en la convocatoria 2021
de las *Ayudas para el fomento de la cultura
científica, tecnológica y de la innovación*
(Proyecto FCT-21-16704)

El proyecto cuenta además con el apoyo de:

- Ayuntamiento de Zaragoza
- Gobierno de Aragón
- Caja Rural de Aragón
- Centro de Astropartículas y Física de Altas Energías, de la Universidad de Zaragoza (CAPA)
- Instituto de Nanociencia y Materiales de Aragón, del CSIC y la Universidad de Zaragoza (INMA)
- Real Sociedad Española de Física

Coincidiendo con el centenario de la estancia de Einstein en Zaragoza, queremos visibilizar su legado científico y su figura.

Con la intención de despertar el interés de los más jóvenes por la ciencia a través de propuestas divulgativas innovadoras, hemos preparado esta “colección de viñetas”.





Albert Einstein, un retrato mínimo

Personaje del siglo XX

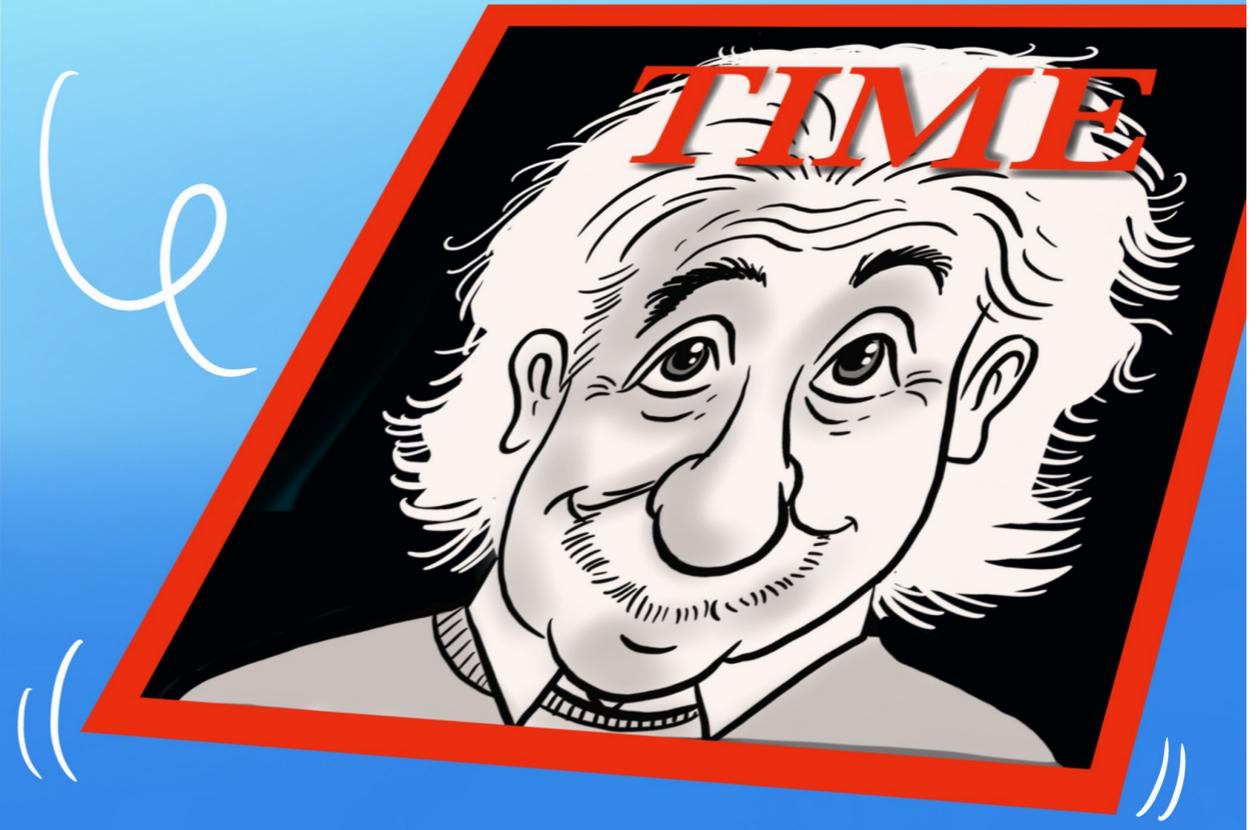
El 31 de diciembre de 1999, la revista TIME eligió a Albert Einstein "Personaje del Siglo XX".

Einstein es el icono popular del "científico".

Sus trabajos en Relatividad han establecido el marco en el que se fundamenta nuestra comprensión del Universo, la relación entre masa y energía, y la estructura del espacio-tiempo.

Explicó el efecto fotoeléctrico, desarrolló una teoría explicando las propiedades de los sólidos a baja temperatura, planteó experimentos "pensados" dirigidos a entender las cuestiones de fondo que subyacen en la visión cuántica de la naturaleza.

En 1999 la revista Time eligió a Albert Einstein 'Personaje del siglo XX'. Einstein es el icono popular del "científico genial". Su trabajo influye aún enormemente en nuestras vidas, en la tecnología que usamos y en nuestra comprensión del Universo.



Su trabajo, además, influye enormemente en nuestra vida cotidiana, puesto que son muchos los avances científicos y tecnológicos que surgen de o utilizan sus ideas: los láseres, el GPS...

A hombros de gigantes

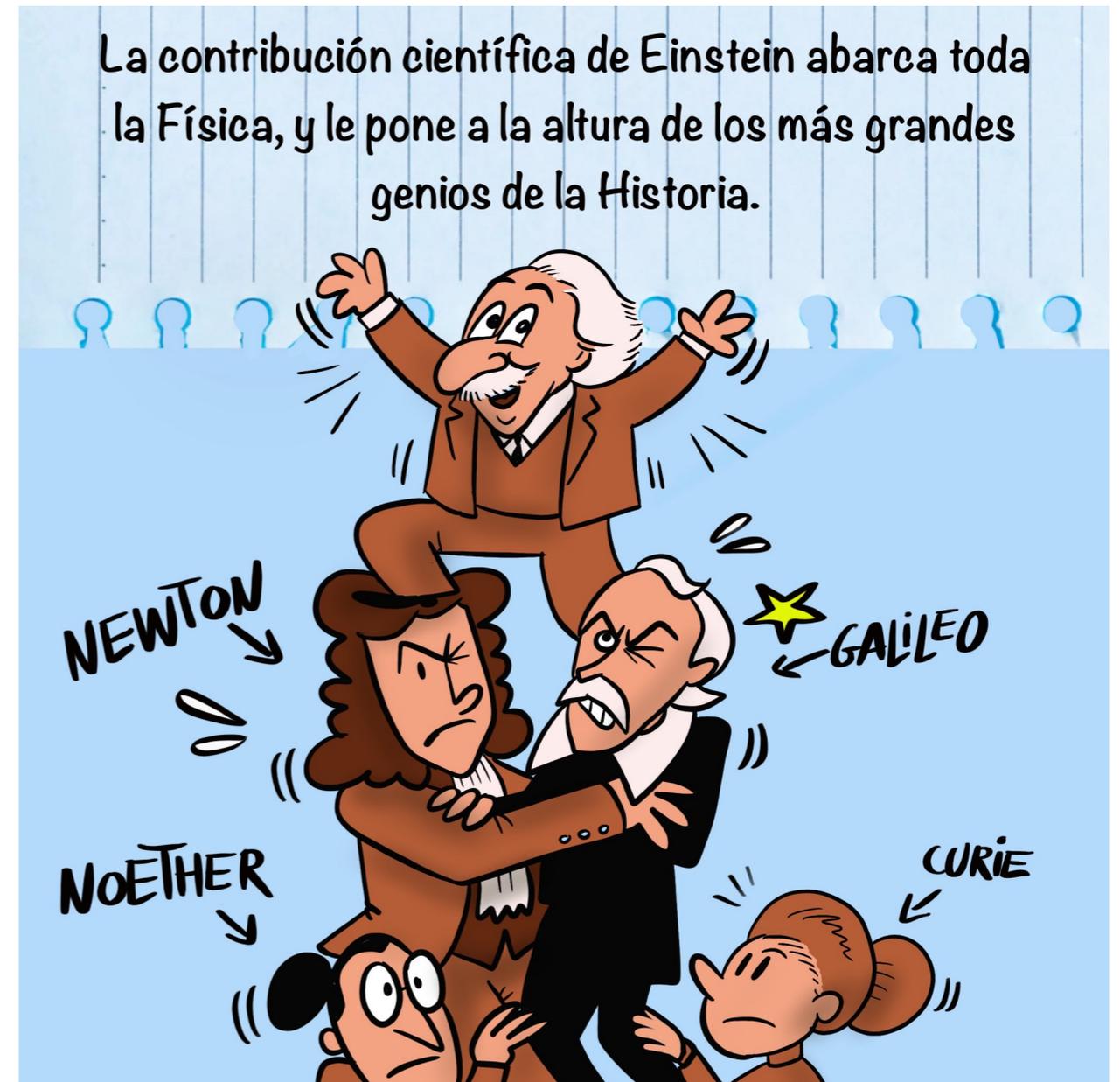
Albert Einstein fue el físico más importante del siglo XX, y uno de los científicos más relevantes de la historia.

La contribución científica de Einstein resiste sin apuros cualquier comparación, sea con Sir Isaac Newton, Galileo Galilei, Charles Darwin, o Michael Faraday.

La viñeta hace referencia a la frase que Isaac Newton escribió a Robert Hooke en una carta en 1676:

*Si he podido ver más allá,
ha sido porque iba a hombros de gigantes*

Einstein expresó siempre gran consideración por sus colegas, en particular por algunas de las mejores científicas del siglo XX: Marie Sklodowska-Curie, Lise Meitner, y Hendrika van Leeuwen, por ejemplo.



Mención especial merece su aprecio por la matemática Emmy Noether, cuyos teoremas fueron fundamentales para el desarrollo de la Relatividad General y buena parte de la Física del siglo XX. La altísima opinión que Einstein expresó por todas ellas tampoco facilitó mucho sus carreras, que en general fueron auténticas carreras de obstáculos.

Einstein equivocado

Hasta cuando “no daba en el clavo”, Einstein lo hacía de un modo genial y creativo.

Para que las ecuaciones de campo de su Relatividad General reflejasen el modelo de Universo aceptado en su tiempo, Einstein incluyó un término constante, que en cierto modo "se oponía" a la atracción gravitatoria, la constante cosmológica. El propio Einstein consideró que este hecho fue su mayor error, cuando se confirmó la expansión del Universo en 1929.

Sin embargo, a finales del siglo XX, la observación de aceleración en la expansión del Universo requirió introducir de nuevo en las ecuaciones este término, ahora denominado "energía oscura", que supone un 68% del contenido de materia-energía del Universo.

También formuló los "estados cuánticos entrelazados", con los que pensó demostrar la incompletitud de la física cuántica como teoría para describir el Universo.

Pero hasta cuando se equivocaba lo hacía de un modo genial y creativo: la “constante cosmológica”, que él consideró su mayor error, es lo que hoy llamamos “energía oscura”, el ingrediente mayoritario del Universo.



Sin embargo, los estados entrelazados existen, y se comportan como la teoría predice (por incomprensible que nos parezca), siendo la base de las nuevas tecnologías cuánticas.

Aspect, Clauser y Zeilinger recibieron el premio Nobel 2022 por su trabajo sobre estados entrelazados.

Alumno A. Einstein

Uno de los bulos mas extendidos sobre Einstein es que fue un mal estudiante

Se ha escrito muy a menudo, y es generalmente aceptado, que Einstein fue un mal estudiante, y que tenía problemas con las matemáticas en el instituto.

No es verdad: sus biógrafos atestiguan que sacaba muy buenas notas en matemáticas y física.

Sí es cierto que se le atragantaban otros temas, como la historia y sobre todo, los idiomas. De hecho, suspendió el examen de ingreso en el politécnico de Zurich (ETH) en 1895 por una nota mediocre en la prueba de francés.

Tuvo que prepararse durante un año para aprobar el ingreso en 1896.

De joven sacaba buenas notas en Matemáticas y Física, pero se le atragantaban la historia y los idiomas: suspendió el examen de ingreso en el politécnico de Zúrich) por la prueba de Francés... y tuvo que prepararse la EVAU de entonces en un año extra.



Los idiomas nunca fueron lo suyo. Aunque era evidentemente capaz de dar sus charlas en francés (como hizo en Zaragoza) y utilizar el inglés (vivió en Princeton desde 1933), sólo se sentía cómodo en alemán, al menos para expresar ideas científicas elaboradas. Él mismo se refiere a su “*deficiente francés*” durante su estancia en España.

Annus Mirabilis

Con 26 años, y siendo un empleado de la Oficina de Patentes de Berna revolucionó la física para siempre.

1905 es su "año milagroso"

Al terminar la carrera en el ETH, Einstein no consiguió una posición académica que le permitiese dedicarse a la investigación científica. Finalmente aceptó un puesto en la oficina de patentes de Berna.

Tenía 26 años y un trabajo algo aburrido, pero que le obligaba a pensar en los fundamentos científicos de los inventos que debía valorar. En 1905 preparó su tesis doctoral y publicó una serie de trabajos revolucionarios: es su "año milagroso".

Einstein revoluciona la Física de arriba a abajo con la publicación de esos cuatro artículos fundamentales.

1905: Con 26 años, y siendo empleado en la Oficina de patentes de Berna, Einstein revoluciona la Física de arriba a abajo con la publicación de cuatro artículos fundamentales, además de su tesis doctoral.



Durante ese año Einstein contribuye a la ciencia y la tecnología del S. XX como nadie más lo ha hecho. Sus contribuciones de 1905 tienen implicaciones en (casi) todas las áreas de la ciencia.

Mileva Marić

¿Contribuyó Mileva Marić a la Relatividad Especial de Einstein? Probablemente nunca obtendremos una respuesta con certeza.

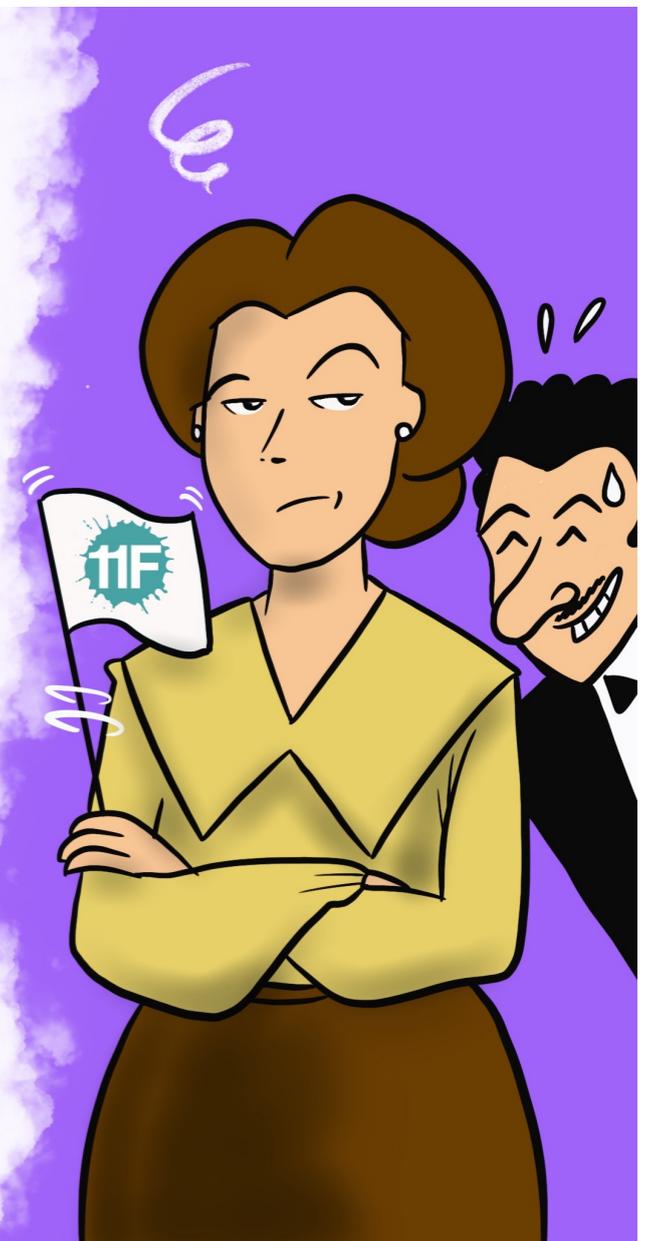
Algunos autores afirman que la primera mujer de Einstein, Mileva Marić, pudo ayudarlo en su trabajo sobre Relatividad Especial. Mileva estudió física en el ETH y en la misma clase que Einstein, y pasó un curso en Heidelberg estudiando matemáticas.

Su carrera académica, sin embargo, se truncó muy pronto, al quedarse embarazada de la primera hija de ambos, Lieserl. que murió (o fue dada en adopción, no está claro) siendo muy pequeña. Tuvieron dos hijos más, pero se separaron en 1914 y se divorciaron en 1919.

No hay acuerdo entre los historiadores acerca del papel de Mileva en los artículos sobre relatividad de 1905, pero desde luego, Mileva no firma las publicaciones, y ni siquiera figura en los agradecimientos.

¿Ayudó la primera mujer de Einstein, Mileva Marić, que también había estudiado Física y Matemáticas, en su trabajo sobre Relatividad Especial? A principios del S. XX las mujeres tenían muy difícil seguir una carrera científica por los prejuicios sociales, académicos y familiares. Como tantas otras mujeres, Mileva abandonó su carrera profesional al casarse y tener una hija. Se separaron en 1914.

Hoy en día, todavía hay que seguir peleando por una igualdad efectiva entre mujeres y hombres en ciencia.



A principios del S. XX las mujeres tenían muy difícil seguir una carrera científica, debido a prejuicios sociales, académicos y familiares. Hoy en día, todavía hay mucho por hacer para alcanzar una igualdad efectiva entre mujeres y hombres en ciencia

Una violencia indómita

Marzo de 1923, solo 5 años tras la 1ª Guerra Mundial, fue un momento de gran inestabilidad política en Europa

Unos meses antes de la visita de Einstein a España, Mussolini, del Partido Nacional Fascista recibió el encargo del rey de formar Gobierno en Italia saltándose la vía parlamentaria.

Casi al mismo tiempo y tras 5 años de guerra que siguieron a la revolución de 1917, Rusia, Ucrania, y Bielorrusia crean la Unión Soviética.

Unos meses después, Hitler intentó hacerse con el poder en Alemania en el fallido "Putsch de Múnich". Aunque acabó en la cárcel, sólo cumplió uno de los cinco años de condena, y aprovechó para escribir "*Mi lucha*".

En España, Primo de Rivera dio un golpe contra la Constitución de 1876 con el visto bueno de Alfonso XIII, en septiembre de 1923, y su dictadura duró hasta 1930. Incluso el Ayuntamiento de Zaragoza vivía tiempos muy revueltos: de 1920 a 1925 se suceden 8 alcaldes, alguno de ellos nombrado por sorteo al no llegarse a un acuerdo suficiente entre los ediles zaragozanos.

1923. Son años convulsos: gobiernos totalitarios suben al poder en toda Europa. Grupos racistas violentos campan a sus anchas. Einstein, judío y ya catedrático en Berlín, es amenazado de muerte.



En 1922, grupos racistas violentos campaban a sus anchas en Alemania. Einstein, catedrático en Berlín, ya era una celebridad internacional. Su trabajo es atacado como "ciencia judía", y recibe muy serias amenazas de muerte.

Tuvo que renunciar a varios compromisos y conferencias, y a representar a la ciencia alemana ante la Sociedad de Naciones.

Para "desaparecer" durante un tiempo, aceptó una invitación a visitar Japón y Palestina. Tras ese viaje, vino a España.

Pacifista...

Einstein estuvo involucrado en el movimiento por la paz desde antes de la 1ª Guerra Mundial.

En tiempos convulsos, ya antes de la Gran Guerra, se opuso al nacionalismo, al militarismo, al racismo, y al uso de la violencia...

...pero estaba en clara minoría. Cuando comenzó la guerra, más de cien miembros de la élite cultural alemana firmaron un manifiesto público en apoyo del nacionalismo y el patriotismo alemanes.

Como respuesta, Einstein intentó publicar junto a otros pocos académicos un *contramanifiesto* denunciando la guerra, pero ninguno de los periódicos alemanes publicó ese texto considerado “antipatriótico”.

Einstein fue siempre
decididamente
antinacionalista y
pacifista



El nacionalismo es una
enfermedad infantil, es el
sarampión de la Humanidad.

Sus textos hablan por sí solos. Valgan dos ejemplos:

«el nacionalismo es una enfermedad infantil, el sarampión de la humanidad». (6/3/1921)

“Debemos comenzar a inculcar a nuestros hijos contra el militarismo educándolos en el espíritu del pacifismo. Nuestros libros de texto glorifican la guerra y ocultan el horror. Enseñemos la paz en lugar de la guerra.”

...pero no un “pacifista absoluto”

Como tantos científicos judíos, Einstein emigra a los Estados Unidos huyendo del nazismo, estableciéndose definitivamente en Princeton desde 1933.

En 1942, su colaborador húngaro Laszlo Szilard, judío y refugiado en América como él, le convence para que firme una carta al Presidente Roosevelt advirtiéndole de que los Estados Unidos deberían ponerse a trabajar inmediatamente en fabricar una bomba atómica antes de que los nazis consigan tenerla.

Ante la amenaza que representa un ejército nazi con poderío nuclear, Einstein acaba por renunciar a sus principios antimilitaristas y firma la carta, poniendo la semilla de lo que acabó siendo el Proyecto Manhattan, en el que sin embargo no participó directamente.

En 1933 emigra a EEUU y se establece en Princeton, donde vivirá toda su vida. En 1942 escribe al presidente Franklyn Delano Roosevelt y le advierte de que EEUU debería tener una bomba atómica antes que los nazis.



Más tarde, llegó a arrepentirse de haber dado incluso ese paso. En una entrevista con la revista Newsweek, dijo: “si hubiera sabido que los alemanes no lograrían desarrollar una bomba atómica, no habría hecho nada”.



Einstein en Zaragoza

Invitación ferroviaria

Einstein viene a España de visita entre febrero y marzo de 1923, en principio para visitar Barcelona y Madrid

El Institut d'Estudis Catalans, la Junta para Ampliación de Estudios y la Universidad de Madrid habían invitado a Einstein a España. Escribieron las cartas de invitación figuras de la talla de Julio Rey Pastor y Esteban Terradas. El propio Santiago Ramón y Cajal le escribió personalmente reiterando las invitaciones institucionales.

El día 1 de marzo, cuando el tren que le llevaba desde Barcelona a Madrid se detiene media hora en la estación de Campo Sepulcro (luego "El Portillo"), una delegación de la Academia de Ciencias y de la Universidad de Zaragoza le aborda en el tren, invitándole a pasar un par de días en Zaragoza a su vuelta de Madrid.

En 1923 viaja a España. Cuando el tren que le lleva de Madrid a Barcelona se detiene media hora en Zaragoza, una delegación de la Academia de Ciencias y de la Universidad le invita a pasar un par de días en la capital de Aragón a su vuelta de Madrid.



Einstein mandó un telegrama desde Madrid confirmando su llegada a Zaragoza en el rápido del día 12 de marzo.

La delegación estaba formada, entre otros, por el catedrático de física Jerónimo Vecino y por Casimiro Lana, químico de Sariñena y amigo de Einstein desde tiempo atrás.

La pizarra perdida

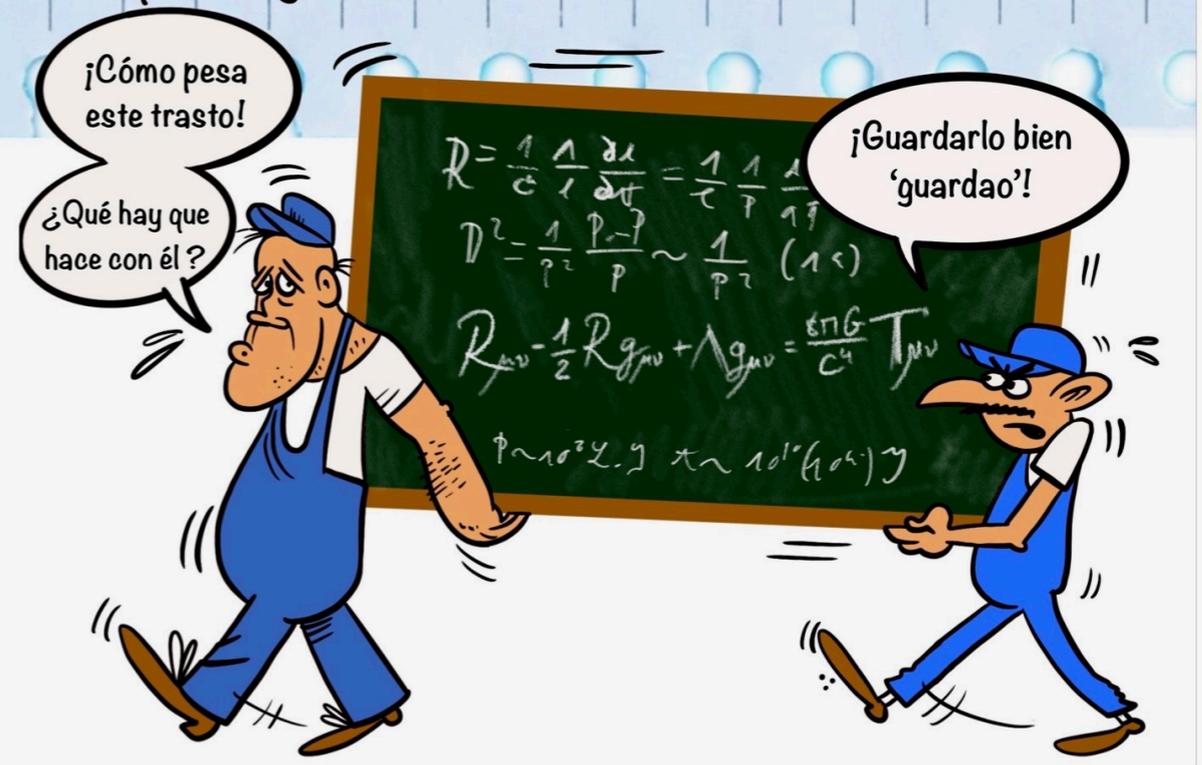
El Rector pidió que la pizarra utilizada por Einstein en sus charlas se guardase como recuerdo de la ocasión, pero en la actualidad está perdida... ¿para siempre?

El 12 de marzo de 1923 Einstein llega, con su segunda esposa, Elsa, a Zaragoza. Einstein dio esa misma tarde su primera charla en el Paraninfo, sobre Relatividad Especial, y la segunda en la tarde del día 13, sobre Relatividad General.

Asiste mucha gente, no solo los universitarios de ciencias, sino también muchos ciudadanos curiosos: Einstein era ya una celebridad mundial, con un premio Nobel recién concedido.

El rector Royo Villanova se teme que el público intente salir de la sala una vez que vean que la charla es en francés y que el tema no es precisamente fácil de entender. Para evitarlo, ordenó cerrar las puertas de la sala paraninfo en cuanto empezó la conferencia.

El 12 de marzo de 1923 Einstein da su charla en un Paraninfo abarrotado. Los organizadores se temen que los asistentes se escaqueen cuando sepan que la conferencia es en francés, ¡así que ordenan cerrar las puertas!
Las pizarras que el genio utiliza son guardadas con tanto celo que... hoy en día se desconoce cuál fue su destino.



Otra curiosidad: Einstein tenía que enviar a Estocolmo una foto oficial a la Fundación Nobel, como todos los premiados. El cónsul alemán en Zaragoza, Gustavo Freudenthal, era fotógrafo profesional... así que la "foto Nobel" de Einstein está hecha en Zaragoza (en el Art-Studio Freudenthal, C/Coso 31)

Cumpleaños feliz

“Hasta el momento presente, sólo he percibido el latir del alma española en Zaragoza. En Barcelona y Madrid experimenté el encanto de vuestro arte, que expresa la personalidad española, pero ha sido en Zaragoza donde he encontrado una expresión robusta y elocuente de vuestra fisonomía regional”

El día 13 de marzo se celebra en su honor una comida en el Centro Mercantil (o como se le ha llamado siempre en Zaragoza, el “casino mercantil”, en Coso 29).

La Academia de Ciencias y la Universidad de Zaragoza agasajan así al sabio visitante. Asistieron todas las autoridades de la Ciudad (el alcalde, el gobernador, el cónsul alemán...) y de la Universidad (el rector y los vicerrectores, decanos, los profesores de Ciencias...)



Como el día siguiente Einstein cumpliría 44 años, invitó a champán a todos los asistentes, brindando por el alma española, que pudo percibir en Zaragoza.

La ciencia en Zaragoza de los 20

Einstein no acepta visitar Zaragoza por casualidad. En aquella época, al comienzo de la edad de plata de la ciencia española, en Zaragoza trabajaban importantes científicos

Reconocidos químicos como Antonio de Gregorio Rocasolano y Paulino Savirón, que continuaban la estela del fundador Bruno Solano, físicos como Jerónimo Vecino, o matemáticos como Zoel García de Galdeano daban clase e investigaban en la Facultad de Ciencias de Zaragoza. Figuras de la talla de Santiago Ramón y Cajal, Julio Rey Pastor o Miguel Catalán fueron alumnos de la Facultad.

El día 14 de marzo Einstein visitó el Laboratorio de Investigaciones Biológicas, en el que gracias a un moderno *ultramicroscopio*, y al trabajo teórico de Einstein sobre movimiento Browniano, Rocasolano estudiaba la dinámica de coloides biológicos.

En el Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas de Rocasolano se utiliza el trabajo de Einstein sobre Movimiento Browniano para estudiar el movimiento y el tamaño de partículas en líquidos de origen biológico.

... su fórmula para la distancia recorrida demuestra que la micela de ovo-albúmina en disolución coloidal mide cuatro milésimas de micra y bla-bla-bla...



Rocasolano colaboraba con científicos de talla internacional, como Richard Zsigmondy, que recibió el premio Nobel de Química en 1925 por su trabajo en coloides. El laboratorio estaba en el edificio de las Facultades de Medicina y Ciencias, que hoy es el Paraninfo de la Universidad de Zaragoza.

Y allá va la despedida...

Einstein heredó de su madre la pasión por la música, que le acompañó toda su vida

El día de su cumpleaños, 14 de marzo, y tras la visita al laboratorio de Rocasolano en la Facultad de Ciencias, Einstein visita el “Instituto General y Técnico”, anexo al antiguo edificio de la Universidad, en el barrio de la Magdalena. Era entonces el único instituto de educación secundaria en Zaragoza.

Antes de irse hacia la estación para coger un tren a Barcelona, los Einstein comieron en su hotel, el “Universo y Cuatro Naciones”, en la calle Don Jaime nº52, hoy desaparecido.

Como despedida, la Academia de Ciencias de Zaragoza le mandó una rondalla de jotas al hotel... y a Einstein le encantaron: al parecer, le gustaron tanto que se emocionó y besó a la jotera y todo.

Como despedida, la Academia de Zaragoza le manda una rondalla de jotas al hotel. El genio de la ciencia se emociona y... besa a la jotera.



Einstein fue toda su vida un enamorado de la música. Tocaba muy bien el violín desde niño, y también el piano. En Zaragoza tocó el violín, acompañado por la zaragozana Trinidad Castillo en una recepción en el consulado alemán. También asistió a una zarzuela en el Teatro Principal.

Legado Científico



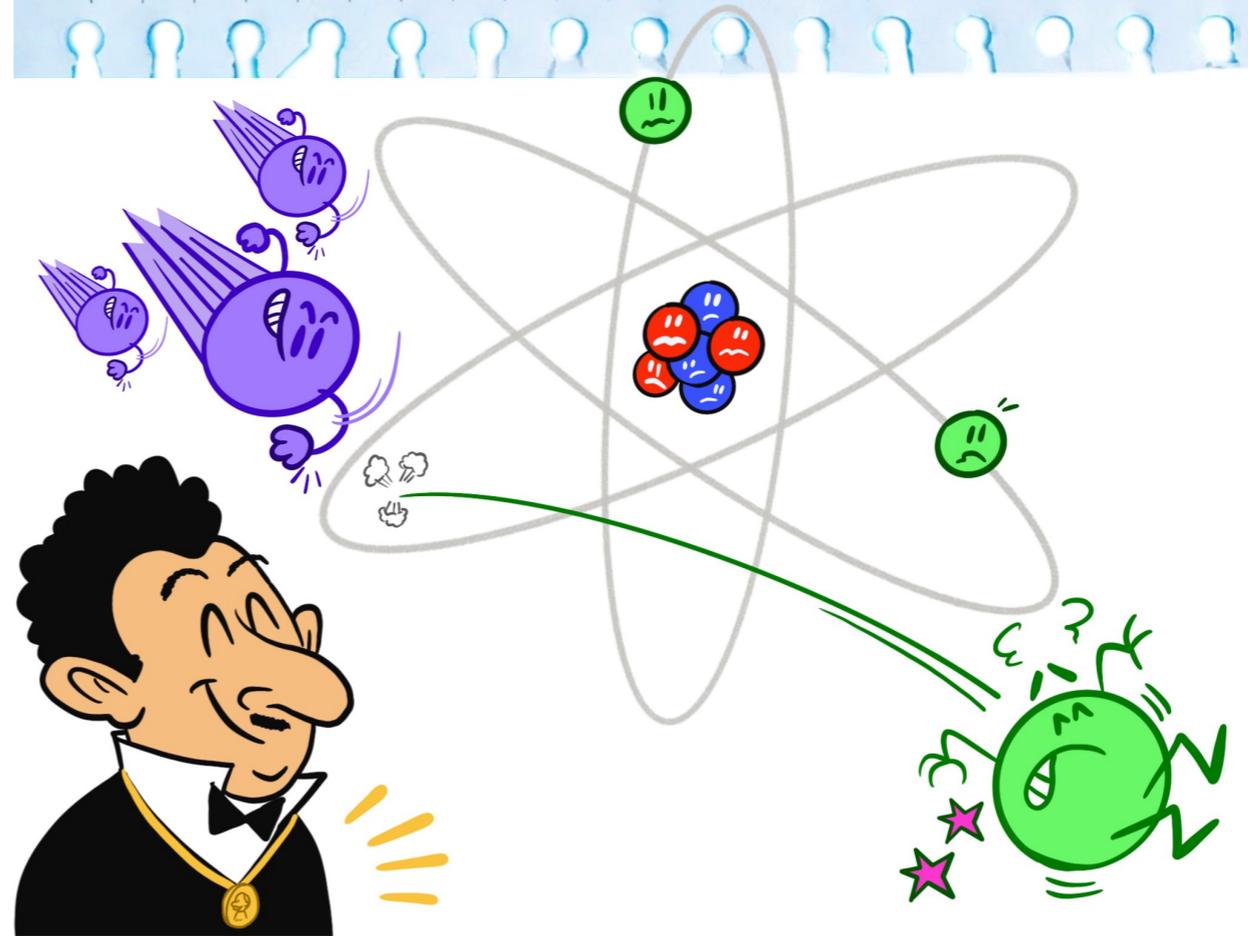
Efecto fotoeléctrico

En el primero de sus artículos de 1905, Einstein explicó el efecto fotoeléctrico. Por este trabajo se le concedió el Premio Nobel de Física de 1921... en 1922

La luz ultravioleta arranca electrones de los metales, incluso a muy baja intensidad. Sin embargo, la infrarroja no lo hace, por mucha intensidad de luz que apliquemos. Esto no lo podía explicar la teoría ondulatoria, basada en la interpretación de la luz como ondas electromagnéticas.

Einstein propone que la luz está compuesta por paquetes "individuales" de energía a los que llama "cuantos de luz". La energía de cada paquete depende de su frecuencia (es decir, de su color) y no de la intensidad del haz.

En el primero de sus artículos de 1905, Einstein explica el efecto fotoeléctrico, que hasta entonces... ¡no había manera de entenderlo! Por este trabajo, en el que Einstein demuestra que la luz está formada por partículas, se le concedió el Premio Nobel de Física en 1922.



Einstein "acepta" los *cuantos* que Planck propuso en 1900 para explicar la emisión y absorción de luz.

Pero para Einstein, no solo el intercambio de energía ocurre en paquetes sino que la luz misma son paquetes de energía, los "cuantos de luz" a los que ahora llamamos "fotones".

Movimiento Browniano

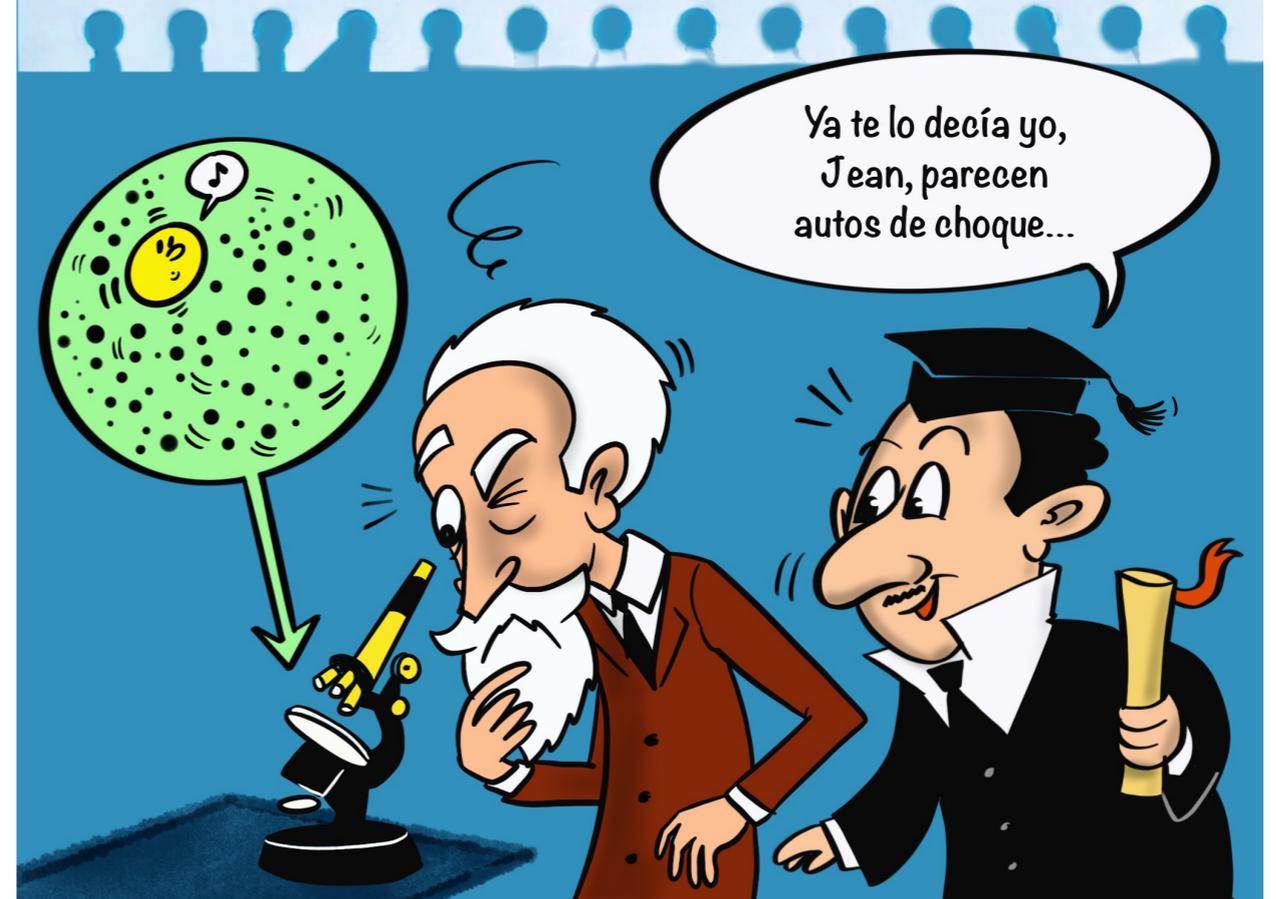
Si observamos un fluido o un gas, todas las partículas inmersas en él (polvo, polen...) mantienen un movimiento continuo y al azar, que fue descubierto por R. Brown en 1827.

Einstein analizó el movimiento Browniano utilizando la mecánica estadística en dos publicaciones de 1905 (un artículo y su tesis doctoral).

Las conclusiones del trabajo de Einstein permiten relacionar magnitudes experimentales (velocidad de las partículas, viscosidad y densidad del líquido) con los tamaños de los átomos o moléculas que constituyen el líquido. El experimento debía medir la velocidad de las partículas (con un microscopio), así como la viscosidad y la densidad del líquido.

Así Einstein ofrece una vía para determinar el tamaño de átomos y moléculas, y para calcular cuántos hay en un volumen de fluido (el famoso número de Avogadro)

En otro artículo y en su tesis doctoral, Einstein analiza el "movimiento Browniano", que es la agitación al azar del polvo, el polen, cualquier partícula inmersa en un líquido o en un gas. Gracias a las fórmulas de Einstein, la existencia de los átomos y las moléculas se pudo demostrar con experimentos. Por ello, el francés Jean Perrin ganó el premio Nobel de 1926



Se puede considerar que su trabajo posibilitó demostrar experimentalmente la existencia de los átomos y las moléculas, que aún era motivo de debate hacia 1905.

El francés Jean Perrin demostró que Einstein estaba en lo cierto, puesto que el número de Avogadro determinado con su método coincidía con el obtenido mediante métodos químicos, convenciendo por fin a todo el mundo de que los átomos son una realidad.

Relatividad especial

Toda la evidencia experimental (así como las leyes de Maxwell del electromagnetismo) evidenciaban que la velocidad de la luz es constante.

Einstein actualiza bajo la premisa de la constancia de la velocidad de la luz el principio de relatividad de Galileo: un experimento realizado en un sistema de referencia inercial tendrá idéntico resultado en cualquier otro sistema inercial.

La Relatividad Especial tiene consecuencias en fuerte desacuerdo con el “sentido común” como la dilatación del tiempo y la contracción del espacio para un observador en movimiento, así como la desaparición del concepto absoluto de simultaneidad.

Las leyes del electromagnetismo indican que la velocidad de la luz es constante... siempre! ¿Qué pasa si nos lo creemos? Lo que pasa se llama Relatividad Especial y cambia para siempre nuestro concepto del espacio y del tiempo.



Dos relojes en movimiento relativo medirán el tiempo de forma diferente, y el efecto será más importante cuando la velocidad relativa de los relojes se acerca a la de la luz.

No debe confundirse con la Relatividad General, formulada por Einstein en 1915–1916 (ver página 27).

$E = mc^2$

La fórmula más famosa de la ciencia:

$$E=mc^2$$

¡masa y energía son equivalentes!

Einstein derivó la fórmula $E = mc^2$ en 1905, como una consecuencia de su teoría de la Relatividad Especial.

La ecuación nos dice que la energía es igual a la masa por la velocidad de la luz al cuadrado. Como la velocidad de la luz es un número muy grande, hasta en cantidades nimias de masa hay muchísima energía “empaquetada”.

Si tienes mucha (pero mucha!) energía de cualquier tipo en un volumen pequeño, puede convertirse en masa: puedes hacer que algunas partículas con masa aparezcan a partir de la energía, y también viceversa.

Por eso la ecuación es especialmente relevante en el ámbito de la física de partículas, como en los grandes aceleradores.

En el último papel de su ‘año milagroso’ deduce su famosa ecuación $E=mc^2$ que determina que energía y masa son equivalentes.



En realidad, la ecuación completa es un poco más complicada, pero $E = mc^2$ es la forma más famosa, por ser más simple.

La forma completa es $E = \sqrt{(mc^2)^2 + (pc)^2}$ y se aplica incluso a partículas sin masa, como los fotones: si la cantidad de movimiento "p" es muy pequeña o nula, la ecuación se queda en $E = mc^2$.

Relatividad general

Es una teoría de la gravedad, vista como un efecto de la curvatura del espacio-tiempo en presencia de una masa

La Relatividad General es la gran obra de Einstein. En ella la gravedad deja de ser una interacción que no sabemos de dónde surge, y que actúa a distancia entre dos masas cualesquiera, como era en la teoría de Newton.

La gravedad en Relatividad General es un efecto de la curvatura del espacio-tiempo, producida por la presencia de masa:

La masa le dice al espacio-tiempo cómo curvarse, y el espacio-tiempo les dice a las masas cómo moverse.

Si uno estuviera dentro de un ascensor sin ver el exterior, no podríamos distinguir si estamos bajo la acción de un campo gravitatorio o simplemente acelerando en el espacio exterior con el ascensor dentro de un cohete, alejados de cualquier masa.

Su gran teoría es la Relatividad General: la masa le dice al espacio-tiempo cómo curvarse, y el espacio-tiempo le dice a la masa cómo moverse... ¡La gravedad no es sino la percepción de la curvatura del espacio-tiempo!



Esta equivalencia solo es posible si la masa gravitatoria y la masa inercial son la misma, lo que constituye el “Principio de equivalencia”.

Las predicciones de la Relatividad General han sido comprobadas repetidamente en numerosos experimentos y observaciones astronómicas.

El eclipse de 1919

La noticia de la comprobación experimental fue dada a conocer por los periódicos en primera plana: Einstein se convierte en una celebridad mundial.

La Relatividad General predice, entre otras muchas cosas, que la trayectoria de un rayo de luz se curva al pasar cerca de un objeto muy masivo, como el sol.

El astrónomo inglés A. S. Eddington promovió dos expediciones, a isla Príncipe y a Brasil, para observar la posición de las estrellas que estarían en la trayectoria del sol en el cielo durante el eclipse total de mayo de 1919.

La posición “aparente” de dichas estrellas debería diferir un poquito de su posición “normal” vista cualquier noche, por la curvatura de los rayos de luz que nos llegan desde ellas al pasar cerca del sol.

Es como un ligero “espejismo” debido a la curvatura del espacio-tiempo causada por la tremenda masa del sol.



En un día normal, el brillo del sol no nos deja verlas, pero durante un eclipse total, la luna nos tapa al sol por entero: la coincidencia de tamaños aparentes de la luna y el sol desde la tierra permite la comprobación de la Relatividad General... ¡un poco de chiripa!

Las observaciones de Eddington confirmaron la predicción de Einstein, y supusieron la aceptación de la Relatividad General.

Ondas Gravitacionales

Cien años después de la publicación de la teoría, se confirma la existencia de ondas gravitacionales

La Teoría de la Relatividad General

El 14 de septiembre de 2015, la colaboración LIGO detectó de forma simultánea en sus dos detectores, que están separados por 3.800 km (en Hanford, Washington y en Livingston, Luisiana) una señal que coincidía con lo esperable para el proceso de órbita mutua de un par de agujeros negros hacia el colapso y la subsiguiente fusión en un único agujero negro resultante.

Esta señal fue también la primera detección directa de un agujero negro, un objeto que en sí mismo es también una predicción de la Relatividad General: una región del espacio-tiempo tan densa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar a su atracción gravitatoria.

Cien años después seguimos confirmando predicciones de su teoría: en 2015 el laboratorio LIGO comprobó que los agujeros negros no solo existen sino que producen ondas gravitatorias cuando colapsan.



Con esta detección se inauguró una nueva astronomía que utiliza ondas gravitacionales además de radiación electromagnética (luz visible, infrarroja, rayos X, ondas de radio...), u otras partículas como neutrinos o rayos cósmicos.

“Dios no juega a los dados”

Einstein mantuvo acaloradas discusiones con los más grandes científicos del siglo XX, en particular con su amigo Niels Bohr, que lideraba la interpretación “ortodoxa” de la física cuántica

Los debates Einstein-Bohr versaban sobre la interpretación de la física cuántica formulada en 1925.

Einstein no podía admitir que la Naturaleza tuviese un carácter intrínsecamente probabilístico.

Si la física cuántica sólo ofrecía una descripción así, tenía que ser una teoría incompleta.

Bohr y sus colegas respondieron siempre de modo satisfactorio a las pegas que Einstein encontraba en la teoría, en ocasiones gracias a efectos relativistas, lo que no deja de tener cierta retranca.

El clímax del debate fueron dos artículos de 1935, ambos titulados “¿Puede considerarse completa la descripción mecanocuántica de la realidad?”, uno de Einstein, Podolsky y Rosen (EPR), y el otro de Bohr.

En su madurez, la teoría cuántica que había impulsado siendo joven no le convence desde un punto de vista filosófico. Piensa que en la Física tiene que haber algo más que azar y probabilidad. Sus debates con Niels Bohr son muy famosos.



El de EPR es hoy su artículo más citado, con más de 10.000 citas, casi todas en el siglo XXI: en él se proponen estados entrelazados como ejemplo de la imposibilidad de que la mecánica cuántica sea una teoría completa. Einstein estaba equivocado en lo filosófico, pero estos estados, cuya existencia se ha verificado experimentalmente, son la base del desarrollo de las actuales *tecnologías cuánticas*.

Pregúntale a Einstein

Queremos que los alumnos de Aragón participen en este evento enviándonos sus video-preguntas:

y tú...

¿qué le preguntarías a Einstein?

Para más información:

Visita la web de la UCC de UniZar:

<https://ucc.unizar.es/einstein/presentacion>

También puedes contactarnos por email:

einsteinzaragoza@unizar.es

O seguirnos en redes con el *hashtag*:

#EinsteinZaragoza

Canal **Youtube** de la Universidad de Zaragoza:

https://www.youtube.com/channel/UCku-FIVOpvxH6D-YEo_fAuQ?app=desktop

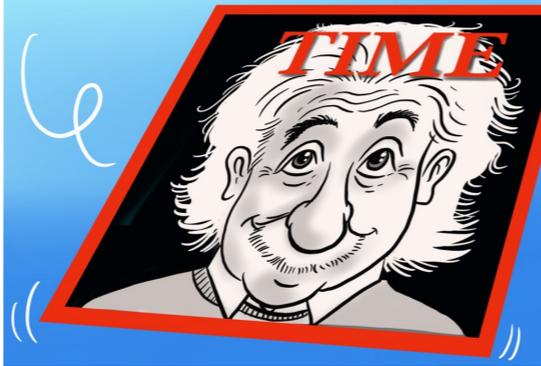


Subiremos las preguntas y respuestas a la página web del evento y al canal de **YouTube** de la UCC de UniZar

Albert Einstein: 50 horas en Zaragoza 1923-2023



En 1999 la revista Time eligió a Albert Einstein 'Personaje del siglo XX'. Einstein es el icono popular del "científico genial". Su trabajo influye aún enormemente en nuestras vidas, en la tecnología que usamos y en nuestra comprensión del Universo.



Algunos autores creen que la primera mujer de Einstein, Mileva Marić, pudo ayudarlo en su trabajo sobre Relatividad Especial. No se sabe con seguridad cuánto hay de cierto en ello pero desde luego Mileva no firma ese artículo. A principios del S. XX las mujeres tenían muy, muy difícil seguir una carrera científica por los prejuicios sociales, académicos y familiares. Como tantas otras mujeres entonces, Mileva abandonó su carrera profesional al casarse.



Hoy en día, todavía hay que seguir peleando por una igualdad efectiva entre mujeres y hombres en ciencia.

1923. Son años convulsos: gobiernos totalitarios suben al poder en toda Europa. Grupos racistas violentos campan a sus anchas. Einstein, judío y ya catedrático en Berlín, es amenazado de muerte.



La contribución científica de Einstein abarca toda la Física, y le pone a la altura de los más grandes genios de la Historia.



Pero hasta cuando se equivocaba lo hacía de un modo genial y creativo: la "constante cosmológica", que él consideró su mayor error, es lo que hoy llamamos "energía oscura", el ingrediente mayoritario del Universo.



Einstein fue siempre decididamente antinacionalista y pacifista



El nacionalismo es una enfermedad infantil, es el sarampión de la Humanidad.

En 1933 emigra a EEUU y se establece en Princeton, donde vivirá toda su vida. En 1942 escribe al presidente Franklyn Delano Roosevelt y le advierte de que EEUU debería tener una bomba atómica antes que los nazis.



De joven sacaba buenas notas en Matemáticas y Física, pero se le atragantaban la historia y los idiomas: suspendió el examen de ingreso en el politécnico de Zúrich por la prueba de Francés... y tuvo que prepararse la EVAU de entonces en un año extra.



1905: Con 26 años, y siendo empleado en la Oficina de patentes de Berna, Einstein revolucionó la Física de arriba a abajo con la publicación de cuatro artículos fundamentales, además de su tesis doctoral.



En 1923 viaja a España. Cuando el tren que le lleva de Madrid a Barcelona se detiene media hora en Zaragoza, una delegación de la Academia de Ciencias y de la Universidad le invita a pasar un par de días en la capital de Aragón a su vuelta de Madrid.



El 12 de marzo de 1923 Einstein da su charla en un Paraninfo abarrotado. Los organizadores se temen que los asistentes se escaqueen cuando sepan que la conferencia es en francés, así que ordenan cerrar las puertas! Las pizarras que el genio utiliza son guardadas con tanto celo que... hoy en día se desconoce cuál fue su destino.



Se celebra una comida en el Casino Mercantil en su honor y con ocasión de su 44 cumpleaños.



En el Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas de Rocasolano se utiliza el trabajo de Einstein sobre Movimiento Browniano para estudiar el movimiento y el tamaño de partículas en líquidos de origen biológico.



En el último papel de su 'año milagroso' deduce su famosa ecuación $E=mc^2$ que determina que energía y masa son equivalentes.



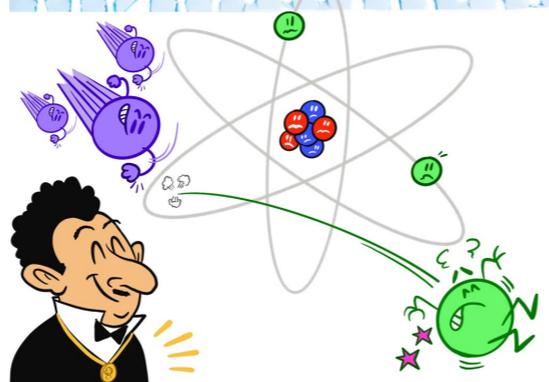
Su gran teoría es la Relatividad General: la masa le dice al espacio-tiempo cómo curvarse, y el espacio-tiempo le dice a la masa cómo moverse... ¡La gravedad no es sino la percepción de la curvatura del espacio-tiempo!



Como despedida, la Academia de Zaragoza le manda una rondalla de jotas al hotel. El genio de la ciencia se emociona y... besa a la jotera.



En el primero de sus artículos de 1905, Einstein explica el efecto fotoeléctrico, que hasta entonces... ¡no había manera de entenderlo! Por este trabajo, en el que Einstein demuestra que la luz está formada por partículas, se le concedió el Premio Nobel de Física en 1922.



El eclipse solar de 1919 demuestra una predicción de la Teoría General de la Relatividad: la gravedad curva la luz. ¡Varias estrellas parecían no estar en su lugar habitual por influencia del Sol!



Cien años después seguimos confirmando predicciones de su teoría: en 2015 el laboratorio LIGO comprobó que los agujeros negros no solo existen sino que producen ondas gravitatorias cuando colapsan.



En otro artículo y en su tesis doctoral, Einstein analiza el "movimiento Browniano", que es la agitación al azar del polvo, el polen, cualquier partícula inmersa en un líquido o en un gas. Gracias a las fórmulas de Einstein, la existencia de los átomos y las moléculas se pudo demostrar con experimentos. Por ello, el francés Jean Perrin ganó el premio Nobel de 1926



Las leyes del electromagnetismo indican que la velocidad de la luz es constante... ¡siempre! ¿Qué pasa si nos lo creemos? Lo que pasa se llama Relatividad Especial y cambia para siempre nuestro concepto del espacio y del tiempo.

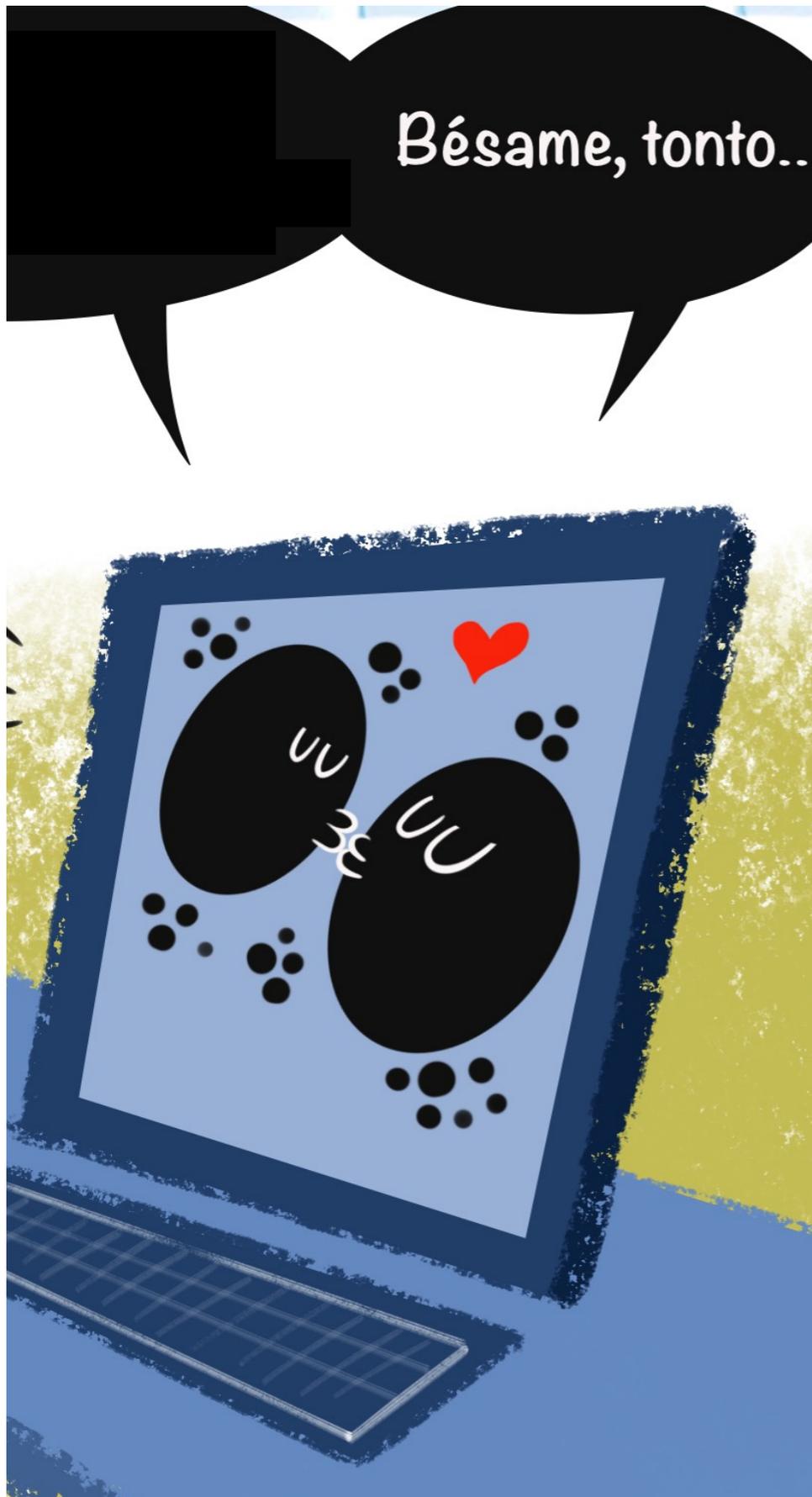


En su madurez, la teoría cuántica que había impulsado siendo joven no le convence desde un punto de vista filosófico. Piensa que en la Física tiene que haber algo más que azar y probabilidad. Sus debates con Niels Bohr son muy famosos.



Y tú, ¿qué le preguntarías a Einstein? Mandadnos vuestros vídeos. ¡Dile a tu profe que se enrolle!





Algunos enlaces...

Sobre Relatividad Especial:

https://www.youtube.com/watch?v=-E_WOXNf_VI&t=0s

<https://www.youtube.com/watch?v=HVbWtwQLHKk>

Sobre Relatividad General

<https://www.youtube.com/watch?v=VTPZFXzUqZg>

Sobre Ondas Gravitacionales

<https://www.youtube.com/watch?v=0fHkEoINWfc>

<https://www.youtube.com/watch?v=X7RJHxeCulY>

Sobre estados entrelazados:

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-52905149>

<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/>

https://www.youtube.com/watch?v=xM_klvOK4f4

Sobre Emmy Noether:

<https://mujeresconciencia.com/2015/03/23/emmy-noether-matematica/>

<https://www.youtube.com/watch?v=tNNyAyMRsgE>

Sobre Marie Curie:

<https://mujeresconciencia.com/2015/09/14/el-arduo-camino-al-nobel-de-marie-curie/>

Sobre Lise Meitner:

<https://mujeresconciencia.com/2015/03/04/lise-meitner-la-cientifica-que-descubrio-la-fision-nuclear/>

Sobre algunos errores de Einstein:

<https://www.youtube.com/watch?v=C2J6RvykSDI>

Sobre los totalitarismos y la violencia en el S XX.

https://www.youtube.com/watch?v=iYCK_IK4OQw

