

**Pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien?
¿Por qué hay alguna cosa más bien que nada?**

Leibniz (1646-1716)

**Warum ist überhaupt Seiendes
und nicht vielmehr Nichts?
¿Por qué sobre todo existe el siendo
y no más bien nada?**

Heidegger (1889-1976)

**¿Por qué hubo “Gran explosión”
en vez de ninguna explosión?
*Una actualización de las dos preguntas***

APARECE EN LA PRIMERA DIAPOSITIVA LA FAMOSA PREGUNTA DE HEIDEGGER, INCLUIDA EN SU IMPORTANTE LIBRO “SEIN UND ZEIT” (EL SER Y EL TIEMPO). ES UNA PREGUNTA QUE CAUSA VERDADERA CONMOCIÓN.

PERO COMO NO SUELE HABER NADA NUEVO BAJO EL CIELO, COMO DOS SIGLOS Y MEDIO ANTES LEIBNIZ HABÍA DICHO ALGO PARECIDO.

COMO BIEN SE SABE Y LO MENCIONAREMOS DE NUEVO MÁS ADELANTE, UNA “GRAN EXPLOSIÓN” O “BIG BANG” DIÓ ORIGEN AL COSMOS. A LUZ DE ESTO, EL SENTIDO DE LAS DOS PREGUNTAS PUEDE ACTUALIZARSE MEDIANTE UNA NUEVA FORMULACIÓN.

Diapositiva 2



COMO NO VAMOS A LEER LO ESCRITO EN CADA DIAPOSITIVA, HAREMOS UNA PAUSA PARA QUE USTEDES PUEDAN LEER EL CONTENIDO DE LA MISMA, Y A CONTINUACIÓN PRESENTAREMOS ALGUNOS COMENTARIOS AL RESPECTO.

HEMOS ESCOGIDO ESTE TÍTULO Y ESTE SUBTÍTULO PARA DAR UNA IDEA GENERAL SOBRE EL CONTENIDO DE LA PRESENTACIÓN.

NOS OCUPAREMOS DE DIFERENTES IMÁGENES Y TEORÍAS SOBRE EL UNIVERSO, A LO LARGO DE LA HISTORIA, PERO DETENIÉndonos SÓLO EN LAS PRINCIPALES VISIONES, HASTA LLEGAR A LAS MÁS RECIENTES INVESTIGACIONES.

VER LA PRESENTACIÓN EN:

www.valenciad.com

**en donde se encontrará
las diapositivas y el guión.**

ALGUNAS FUENTES UTILIZADAS

The New York Times, edición digital.

Brian Greene, *El universo elegante*, 1999.

Lee Smolin, *The Trouble with Physics*, 2007

**Stephen Hawking, *Una breve historia del tiempo*, 1988;
y *El universo en una cáscara de nuez*, 2001.**

NASA, Estados Unidos.

Enciclopedia Británica, edición de 1991.

MIT, revista *Technology Review*, 2008

Darío Valencia Restrepo, *Notas sobre geometrías no euclidianas*.

**PRESENTAMOS AQUÍ ALGUNAS DE LAS PRINCIPALES FUENTES
UTILIZADAS PARA ESTA PRESENTACIÓN.**

CONTENIDO DE LA EXPOSICIÓN

- I. Preguntas acuciantes**
- II. El creacionismo**
- III. El universo perfecto**
- IV. El universo como mecanismo**
- V. Una geometría para el espacio real**
- VI. La relatividad y la mecánica cuántica**
- VII. La gran explosión**
- VIII. La teoría del todo (la unificación)**
- IX. El modelo de las cuerdas**
- X. El gran colisionador de hadrones**
- XI. Otras preguntas - Algunas conclusiones**

EN ESTE MOMENTO PODEMOS VER LOS PUNTOS DE QUE NOS OCUPAREMOS EN ESTA CHARLA.

I. PREGUNTAS ACUCIANTES

- ¿Cuál es el origen del universo?
- ¿Y su destino?
- ¿Qué leyes rigen su devenir?
- ¿Es comprensible?
- ¿Es verificable el conocimiento al respecto?
- ¿Qué partículas elementales lo componen?
- ¿Por qué cambian los paradigmas o visiones?

TRATAREMOS DE ABORDAR EN FORMA SOMERA LAS ENORMES INQUIETUDES QUE PLANTEAN ESTAS PREGUNTAS.

ALGUNAS DE ELLAS HAN SIDO FORMULADAS DESDE LA ÉPOCA DE LOS PUEBLOS MÁS ANTIGUOS, Y A LO LARGO DE LA HISTORIA ENCONTRAMOS UNA VARIEDAD DE RESPUESTAS.

COMO EN OTROS CAMPOS, LA HUMANIDAD HA ESTADO EN UNA CONSTANTE BÚSQUEDA DE VISIONES O TEORÍAS QUE LO ACERQUEN CADA VEZ MÁS A LO QUE PODRÍAMOS DENOMINAR LA REALIDAD DEL UNIVERSO.

MIRAREMOS CON UN POCO DE MAYOR ATENCIÓN LAS RESPUESTAS MÁS CONTEMPORÁNEAS, MUY RELACIONADAS CON EL AVANCE DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO.

II. VISIONES CREACIONISTAS

- **El ser supremo y la creación del mundo**
- **Un recurso inesperado de Juan Pablo II**
- **La evolución y el “diseño inteligente”**

AUNQUE HISTÓRICAMENTE HA EXISTIDO CIERTA CONTROVERSIA AL RESPECTO, HOY SE ACEPTA POR NUMEROSOS INVESTIGADORES DE LA CULTURA QUE LA CREENCIA EN UN SER SUPREMO CREADOR ES UNA CONSTANTE EN CASI TODAS LAS SOCIEDADES DEL PLANETA.

COMO YA SE DIJO, LA TEORÍA VIGENTE SOSTIENE QUE EL UNIVERSO ACTUAL PROVINO DE UNA “GRAN EXPLOSIÓN” OCURRIDA HACE CASI 14 MIL MILLONES DE AÑOS. ¿POR QUÉ OCURRIÓ DICHA EXPLOSIÓN?

PUES BIEN, HACE ALGUNOS AÑOS, JUAN PABLO II SE DIRIGIÓ A UNA REUNIÓN DE CIENTÍFICOS Y LES DIJO QUE ESTABA BIEN QUE SE OCUPARAN DE LO OCURRIDO DESPUÉS DE DICHA EXPLOSIÓN, PERO QUE LA EXPLOSIÓN MISMA HABÍA SIDO RESPONSABILIDAD DE DIOS.

ESTA FORMA TAN ORIGINAL DE TRATAR DE CONCILIAR RELIGIÓN Y CIENCIA LA NARRA STEPHEN HAWKING EN SU BELLO LIBRO “UNA BREVE HISTORIA DEL TIEMPO”.

ÚLTIMAMENTE SE HA PUESTO DE MODA EN ALGUNOS ESTADOS DE LA UNIÓN AMERICANA ENFRENTAR LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN CON UNA SUPUESTA TEORÍA DEL LLAMADO “DISEÑO INTELIGENTE”, LA CUAL

SOSTIENE QUE LA VIDA ES TAN COMPLEJA Y PERFECTA QUE HA DEBIDO REQUERIR LA INTERVENCIÓN DE UN GRAN DISEÑADOR. ESTA ÚLTIMA CONCEPCIÓN NO TIENE NINGUNA BASE CIENTÍFICA.

III. EL UNIVERSO PERFECTO



- Tolomeo (Siglo II)

“La armonía de las esferas”



- Copérnico (1473-1543)

“Un nuevo centro”

INICIAREMOS CON UNA FORMULACIÓN SISTEMÁTICA Y BIEN DOCUMENTADA, SURGIDA EN LA CULTURA OCCIDENTAL. NO SORPRENDE QUE ELLA SE DEBA AL MUNDO CLÁSICO DE LOS GRIEGOS.

A PARTIR DE LOS GRIEGOS, EL UNIVERSO ES VISTO COMO UN SISTEMA ARMÓNICO DE GRAN EQUILIBRIO, CUYOS ASTROS REALIZAN MOVIMIENTOS PERFECTOS, PREDECIBLES E INMUTABLES. ES EL UNIVERSO COMO GEOMETRÍA.

EN EL SIGLO IV ANTES DE CRISTO, LA FIGURA QUE ENCARNÓ TODO EL CONOCIMIENTO DEL MUNDO DEL MEDITERRÁNEO HASTA ESE MOMENTO, ARISTÓTELES, CONCIBIÓ EL UNIVERSO COMO UNA ESFERA DE TAMAÑO LIMITADO EN CUYO CENTRO SE ENCONTRABA UNA TIERRA INMÓVIL. TODO LO CREADO ESTABA DENTRO DE LA ESFERA Y FUERA DE ELLA NO HABÍA NADA.

LAS ESTRELLAS ESTABAN FIJAS EN EL INTERIOR DE LA SUPERFICIE DE DICHA ESFERA, LA CUAL ROTABA UNA VEZ CADA DÍA, EN TANTO QUE EL SOL, LA LUNA Y LOS CINCO PLANETAS CONOCIDOS ESTABAN EN LA SUPERFICIE DE OTRAS ESFERAS CON SU PROPIA ROTACIÓN, ADICIONAL A LA DE GRAN ESFERA.

TOLOMEO, EN EL SIGLO II DE NUESTRA ERA, MANTIENE UNA TIERRA INMÓVIL COMO CENTRO DEL UNIVERSO Y SUPONE QUE CADA CUERPO CELESTE CERCANO A ELLA SE MUEVE A LO LARGO DE UNA CIRCUNFERENCIA, LA CURVA PERFECTA.

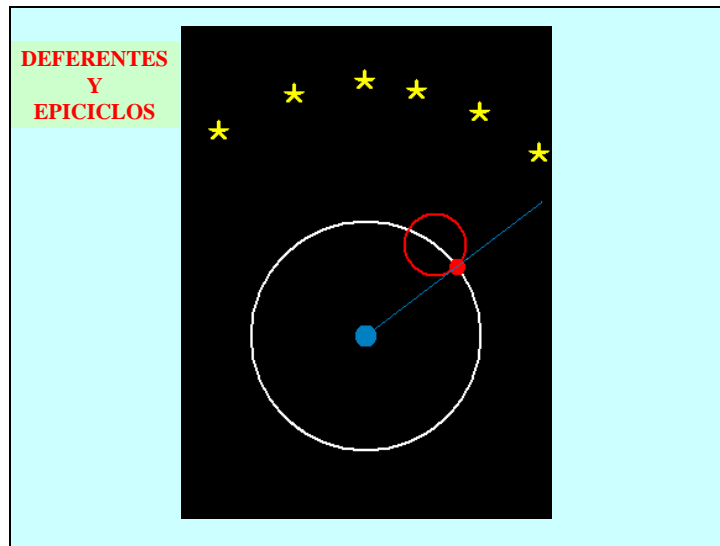
PERO CADA UNA DE ESTAS CIRCUNFERENCIAS, LLAMADAS EPICICLOS, TIENE UN CENTRO QUE SE MUEVE A SU VEZ Y A VELOCIDAD CONSTANTE SOBRE OTRA CIRCUNFERENCIA CENTRADA EN LA TIERRA Y DENOMINADA DEFERENTE.

ES INTERESANTE ANOTAR QUE CON UN MODELO INCORRECTO TOLOMEO OBTIENE RESULTADOS RELATIVAMENTE BUENOS. EN EFECTO, CON SU MÉTODO ERA POSIBLE CALCULAR CON ACIERTO POSICIONES FUTURAS DE UN CUERPO CELESTE, O SEA, SU CONCEPCIÓN PASABA UNA PRUEBA QUE HOY SE EMPLEA PARA VERIFICAR TEORÍAS CIENTÍFICAS.

ES BIEN POSIBLE QUE ESTE ÉXITO IMPIDIERA QUE SE PRESTARA UNA MAYOR ATENCIÓN A LA AFIRMACIÓN DE ARISTARCO DE SAMOS, EN EL SIGLO III ANTES DE CRISTO, SEGÚN LA CUAL ERA LA TIERRA LA QUE GIRABA ALREDEDOR DEL SOL.

COPÉRNICO, EN EL SIGLO XVI, COLOCA AL SOL COMO CENTRO PERO MANTIENE LA IDEA DE LOS EPICICLOS Y LAS DEFERENTES. PARA ASEGURAR UNA COINCIDENCIA CON LAS OBSERVACIONES, NECESITÓ MÁS DE UN EPICICLO ASOCIADO A CADA PLANETA. LOS MOVIMIENTOS DE LOS ASTROS EN SUS RESPECTIVOS EPICICLOS SEGUÍAN SIENDO CIRCULARES Y DE VELOCIDAD CONSTANTE.

SE NECESITARON CASI 15 SIGLOS PARA CAMBIAR EL CENTRO. NO FUE NADA FÁCIL ACEPTAR QUE EL PLANETA TIERRA Y LOS SERES HUMANOS NO TENÍAN UNA POSICIÓN PRIVILEGIADA EN EL COSMOS.



LA DIAPOSITIVA NOS MUESTRA UN ESQUEMA DE DEFERENTE Y EPICICLO EN EL SISTEMA TOLEMAICO.

EN EL CENTRO ESTÁ LA TIERRA, CENTRO DEL MUNDO. LA CIRCUNFERENCIA BLANCA PODRÍA SER LA DEFERENTE DE UN CIERTO ASTRO.

SOBRE LA CIRCUNFERENCIA ROJA SE MUEVE DICHO ASTRO. DICHA CIRCUNFERENCIA TIENE UN CENTRO QUE GIRA SOBRE LA CIRCUNFERENCIA BLANCA, SU DEFERENTE. ESA CIRCUNFERENCIA ROJA CONSTITUYE UN EPICICLO.

USTEDES SE IMAGINARÁN ENTONCES QUE, GRACIAS A ESTE MOVIMIENTO COMPUESTO, EL PLANETA DESCRIBIRÁ UNA TRAYECTORIA RELATIVAMENTE COMPLEJA CON RESPECTO A LA TIERRA.

IV. EL UNIVERSO COMO MECANISMO

- **Kepler (1571-1630)**

Las leyes del movimiento planetario

- **Newton (1643-1727)**

La ley de la gravitación universal

- **Laplace (1749-1827)**

La mecánica celeste

A PARTIR DE DATOS OBTENIDOS ESPECIALMENTE POR TICHO BRAHE, KEPLER ENCUENTRA LAS LEYES QUE RIGEN EL MOVIMIENTO PLANETARIO. EN PARTICULAR, LAS TRAYECTORIAS SON ELÍPTICAS Y NO CIRCULARES, Y EN ELLAS EL SOL OCUPA UNO DE LOS FOCOS DE LA ELIPSE.

KEPLER SOLO DESCRIBE LA GEOMETRIA Y LOS TIEMPOS DEL MOVIMIENTO, NO LA RAZÓN POR LA CUAL LOS PLANETAS SE MANTIENEN EN ÓRBITA ALREDEDOR DEL SOL, SIN ABANDONAR SUS ÓRBITAS COMO SUGERIRÍA EL PRINCIPIO DE INERCIA.

CABE A NEWTON LA GLORIA DE HALLAR LA LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL: TODOS LOS CUERPOS SE ATRAEN PROPORCIONALMENTE A SUS MASAS E INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL CUADRADO DE SU DISTANCIA. ES ESTA FUERZA LA QUE OBLIGA A LOS PLANETAS A MANTENERSE EN ÓRBITA.

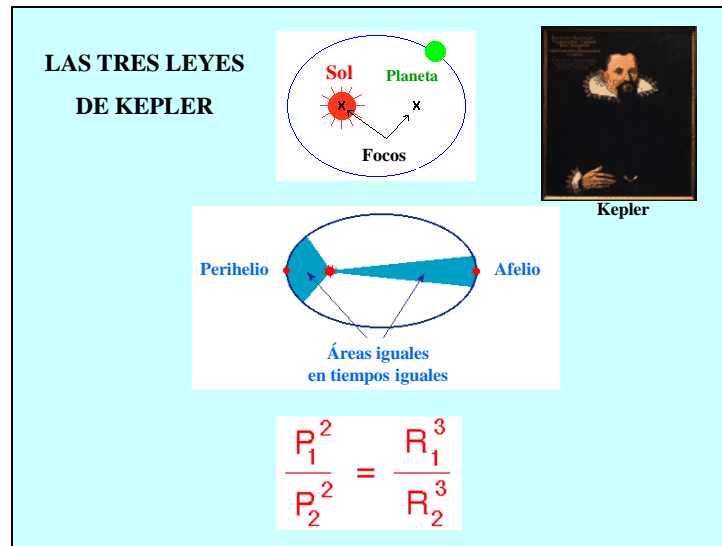
PERO POR QUÉ OCURRE ESTA FUERZA Y CÓMO SE TRANSMITE ES ALGO QUE NEWTON NO DILUCIDA. “HYPOTHESIS NON FINGO” (YO NO CONSTRUYO HIPÓTESIS) DIRÍA EN SU MOMENTO.

ESTA MONUMENTAL CONTRIBUCIÓN FUE PUBLICADA EN SU LIBRO “PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA” (PRINCIPIOS MATEMÁTICOS DE LA FILOSOFÍA NATURAL).

AL REFERIRSE A LA ACCIÓN DE LA GRAVEDAD, DICE QUE ES ABSURDO QUE ÉSTA PUEDA EJERCERSE A DISTANCIA SIN ALGUNA MEDIACIÓN Y POR ELLO ESCRIBE BELLAMENTE Y EN FORMA, COMO VEREMOS, PREMONITORIA: “DEBE EXISTIR UN AGENTE QUE CAUSE LA GRAVEDAD ACTUANDO CONSTANTEMENTE DE ACUERDO CON CIERTAS LEYES; PERO DEJO A LA CONSIDERACIÓN DE MIS LECTORES EL HECHO DE SI ESTE AGENTE HA DE SER MATERIAL O INMATERIAL.

SE PENSABA ENTONCES QUE LA GRAVITACIÓN ERA UNA FUERZA QUE SE EJERCÍA A DISTANCIA, ALGO QUE EN CIERTO SENTIDO REPUGNA, Y QUE ADEMÁS ERA DE EFECTO INSTANTÁNEO. YA VEREMOS QUÉ NOS DIRÁ MÁS TARDE A ESTE RESPECTO LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD.

CON POSTERIORIDAD, LAPLACE PROPORCIONA UNA INTERPRETACIÓN MECÁNICA DEL UNIVERSO EN SU GRAN “TRAITÉ DE MÉCANIQUE CÉLESTE” (TRATADO DE LA MECÁNICA CELESTE).



LA DIAPOSITIVA NOS MUESTRA LAS TRES LEYES ENCONTRADAS POR KEPLER.

LA PRIMERA SEÑALA QUE LOS PLANETAS SE MUEVEN ALREDEDOR DEL SOL SIGUIENDO ÓRBITAS ELÍPTICAS Y QUE EL SOL OCUPA UNO DE LOS FOCOS DE LA ELIPSE.

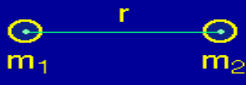
LA SEGUNDA ESTABLECE QUE LA RECTA QUE UNE EL PLANETA AL SOL BARRE ÁREAS IGUALES EN TIEMPOS IGUALES. ELLO QUIERE DECIR, ENTRE OTRAS COSAS, QUE CUANDO LA TIERRA SE ACERCA AL SOL EN EL PERIHELIO, ALGO QUE OCURRE EN UNO DE LOS SOLSTICIOS, NUESTRO PLANETA DEBE ACELERARSE PARA ALCANZAR MAYOR VELOCIDAD.

A DIFERENCIA DE LO QUE PENSABAN EN GRECIA, EL PLANETA SE MUEVE CON VELOCIDAD VARIABLE A LO LARGO DE SU ÓRBITA.

Y LA TERCERA LEY ESTABLECE QUE LOS CUADRADOS DE LOS PERÍODOS DE DOS PLANETAS SON ENTRE SÍ COMO LOS CUBOS DE LOS EJES MAYORES DE SUS RESPECTIVAS ELIPSES.

LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Todo par de objetos del universo se atrae con una fuerza proporcional a sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos.

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$


F_g es la fuerza de gravitación
 m_1 & m_2 son las masas de los dos objetos
 r es la separación entre los objetos
 G es la constante de la gravitación universal

AQUÍ TENEMOS UNO DE LOS GRANDES HITOS DE LA HISTORIA. NEWTON ENCUENTRA LA LEY DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL.

ESA LEY VIENE EXPRESADA POR LA MUY FAMOSA ECUACIÓN QUE APARECE EN LA PANTALLA.

COMO DIJIMOS ANTES, LA FUERZA DE ATRACCIÓN ENTRE DOS MASAS “EMEUNO” Y “EMEDOS” ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL AL PRODUCTO DE DICHAS MASAS E INVERSAMENTE PROPORCIONAL AL CUADRADO DE LA DISTANCIA “r” ENTRE LOS CENTROS DE ELLAS.

LA PROPORCIONALIDAD SE EXPRESA MEDIANTE UNA CONSTANTE UNIVERSAL “G” QUE ESTÁ BIEN DETERMINADA.

V. UNA GEOMETRÍA PARA EL ESPACIO REAL

- **El postulado V de Euclides**
- **La geometría absoluta**
- **Gauss, Lobachevski y Bolyai**
- **Dos nuevas geometrías**
- **El espacio de Riemann**

PARA CONTINUAR, ES NECESARIO QUE HABLEMOS ALGO SOBRE GEOMETRÍA.

EN SU FORMIDABLE TRATADO “LOS ELEMENTOS” EUCLIDES DESARROLLA LA GEOMETRÍA CON BASE EN EL SISTEMA MATEMÁTICO POR EXCELENCIA: AQUÉL QUE CONSTA DE DEFINICIONES, POSTULADOS Y REGLAS DE DEMOSTRACIÓN QUE CONDUCEN A LOS TEOREMAS O PROPOSICIONES DEMOSTRABLES.

MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE LOS PRIMEROS CUATRO POSTULADOS (“TODOS LOS ÁNGULOS RECTOS SON IGUALES” ES UNO DE ELLOS) DEMUESTRA LOS TEOREMAS QUE CONSTITUYEN LA DENOMINADA GEOMETRÍA ABSOLUTA, LLAMADA ASÍ POR SER INDEPENDIENTE DEL SIGUIENTE POSTULADO.

EL POSTULADO SIGUIENTE, EL V, REZA: POR UN PUNTO PASA UNA Y SOLO UNA RECTA PARALELA A UNA RECTA DADA. RECTAS PARALELAS SON AQUELLAS QUE SE ENCUENTRAN EN UN MISMO PLANO Y NO TIENEN NINGÚN PUNTO EN COMÚN.

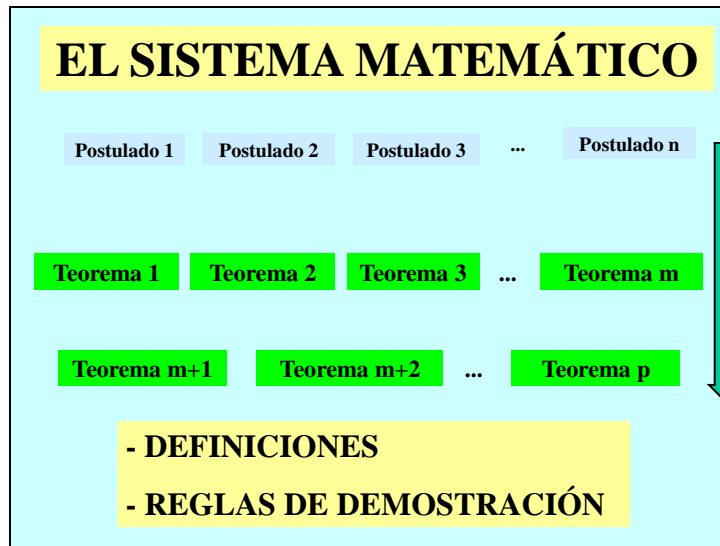
POSTULAR ES PEDIR, O SEA, SE ENUNCIA UNA PROPOSICIÓN Y SE PIDE QUE SE ACEPTE SIN DEMOSTRACIÓN.

A LO LARGO DE DOS MILENIOS SE PENSÓ QUE EL POSTULADO V PODÍA SER UNA PROPOSICIÓN DEMOSTRABLE, DEPENDIENTE DE LOS PRIMEROS CUATRO POSTULADOS, Y SE INTENTARON TODA CLASE DE PRUEBAS, ALGUNAS INGENIOSAS PERO TODAS FALACES.

HASTA QUE CON UNA TREMENDA LÓGICA, GAUSS, LOBACHEVSKI Y BOLYAI DECIDIERON PREGUNTARSE: ¿Y QUÉ PASA SI ACEPTAMOS QUE POR EL PUNTO PASE MÁS DE UNA RECTA PARALELA? (ALGUNAS DE ÉSTAS PODRÍAMOS VERLAS COMO RECTAS QUE SE APROXIMAN INDEFINIDAMENTE PERO SIN TOCARSE, ES DECIR COMO ASINTÓTICAS). HABÍA NACIDO ASÍ UNA NUEVA GEOMETRÍA, LA HOY CONOCIDA COMO DE LOBACHEVSKI.

POSTERIORMENTE, SE INTRODUJO UNA SEGUNDA ALTERNATIVA AL POSTULADO V DE EUCLIDES: EXAMÍNESE EL CASO EN QUE NO PASA NINGUNA RECTA PARALELA. SURGIÓ ENTONCES UNA TERCERA GEOMETRÍA, LA DE RIEMANN.

¿Y CUÁL GOBIERNA NUESTRO ESPACIO? LA INTUICIÓN (EL CONOCIMIENTO A PRIORI COMO DIRÍA KANT) NOS LLEVARÍA A RESPONDER QUE LA EUCLIDIANA. PERO SEGÚN LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD, ES LA GEOMETRÍA RIEMANNIANA.



AQUÍ APARECE EL ESQUEMA BÁSICO DEL SISTEMA MATEMÁTICO POR EXCELENCIA.

ARRIBA ESTÁN LOS POSTULADOS. POR SUPUESTO QUE SU NÚMERO DEBE SER EL MÍNIMO NECESARIO Y SE ESPERA QUE ELLOS NO ENCIERREN NINGUNA CONTRADICCIÓN Y QUE CONDUZCAN A RESULTADOS DE INTERÉS.

LUEGO CON AYUDA DE ALGUNAS DEFINICIONES Y LAS REGLAS DE DEMOSTRACIÓN SE PASA A DEMOSTRAR QUE CIERTAS PROPOSICIONES DENTRO DEL SISTEMA SON VERDADERAS. ESTAS PROPOSICIONES CUYA VERDAD ES DEMOSTRABLE CONSTITUYEN LOS TEOREMAS.

¿Es posible trazar una paralela a MN por A?

- Se puede trazar una paralela y sólo una: GEOMETRÍA EUCLIDIANA
- Se puede trazar más de una: GEOMETRÍA DE LOBACHEVSKI
- No se puede trazar ninguna paralela: GEOMETRÍA DE RIEMANN

A

M _____ N

AQUÍ ABORDAMOS DE NUEVO EL TEMA DEL POSTULADO V.

A LA PREGUNTA DE LAS PARALELAS SE PUEDE RESPONDER DE TRES MANERAS DISTINTAS Y MUTUAMENTE EXCLUYENTES.

CADA UNA DE LAS RESPUESTAS DA ORIGEN A UN TIPO DISTINTO DE GEOMETRÍA.

CADA UNA DE ESTAS GEOMETRÍAS TIENE IGUAL VALIDEZ LÓGICA Y SU APLICABILIDAD DEPENDERÁ DEL ÁMBITO O DOMINIO QUE SE CONSIDERE.

EN EL CASO EUCLIDIANO, LOS ÁNGULOS INTERIORES DE TODO TRIÁNGULO SUMAN DOS RECTOS; EN EL SEGUNDO CASO, EL DE LOBACHEVSKI, SUMAN MENOS DE DOS RECTOS; Y EN EL TERCERO, SUMAN MÁS DE DOS ÁNGULOS RECTOS.

AHORA BIEN, REPITAMOS ¿CUÁL SE APLICA A NUESTRO UNIVERSO? SEGÚN LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD, EN NUESTRO ESPACIO SE APLICA LA GEOMETRÍA DE RIEMANN. MÁS ADELANTE VEREMOS ALGUNOS DETALLES AL RESPECTO, EN PARTICULAR CÓMO LAS ÚLTIMAS

OBSERVACIONES DE AÑOS MUY RECIENTES FAVORECEN LA EXISTENCIA DE UN UNIVERSO QUE NO ES RIEMANNIANO SINO “ACHATADO”.



APARECEN EN LA DIAPOSITIVA LAS IMÁGENES DE LOS FUNDADORES DE LAS DOS NUEVAS GEOMETRÍAS.


HOY SE ACEPTA QUE GAUSS, LOBACHEVSKI Y BOLYAI LLEGARON AL MISMO RESULTADO TRABAJANDO EN FORMA INDEPENDIENTE. GAUSS FUE EL PRIMERO EN DARSE CUENTA DE UNA NUEVA GEOMETRÍA PERO SE ABSTUVO DE PUBLICAR SUS HALLAZGOS POR RESPETO A SU AMIGO KANT, QUIEN SOSTENÍA ALGO ASÍ COMO QUE LA GEOMETRÍA EUCLIDIANA ERA UN “VERDAD NECESARIA”.

CORRESPONDIÓ A LOBACHEVSKI LA PRIORIDAD DE PUBLICACIÓN.

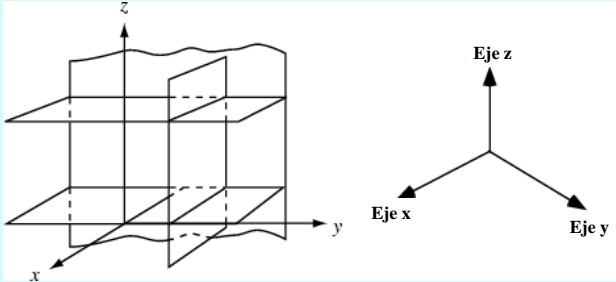
ESTÁ TAMBIÉN LA EFIGIE DE RIEMANN, CREADOR DE LA GEOMETRÍA YA MENCIONADA.

MODELO DEL MUNDO EN LOS TIEMPOS DE NEWTON

- Tiempo y espacio independientes
- Tiempo absoluto
- Espacio euclídeo
- Espacio infinito e ilimitado



Newton



HAGAMOS EN ESTE MOMENTO UNAS PRECISIONES.

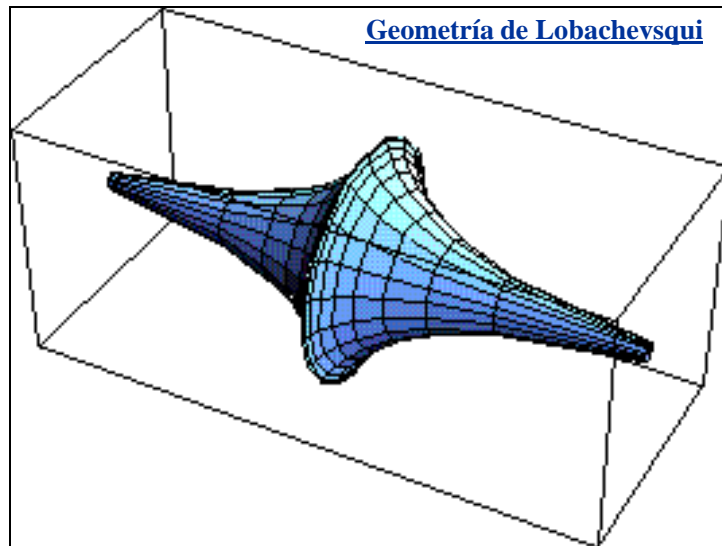
A LA LUZ DEL CONOCIMIENTO EN EL SIGLO XVII, DESPUÉS DE LOS TRABAJOS DE NEWTON, EL UNIVERSO ES CONCEBIDO COMO INFINITO E ILIMITADO (RETENGA ESTOS ATRIBUTOS PARA CONTRASTARLOS MÁS TARDE CON LO QUE DICE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD).

ELLO QUIERE DECIR QUE SE LE ATRIBUYÓ AL ESPACIO LAS PROPIEDADES QUE TODOS RECORDAMOS AL ESTUDIAR LA GEOMETRÍA EUCLIDIANA DEL ESPACIO.

SI UN VIAJERO SALE DE UN PUNTO DADO Y SIGUE UNA TRAYECTORIA RECTILÍNEA, SE ALEJARÁ SIEMPRE DEL PUNTO DE PARTIDA. EL ESPACIO ES INFINITO. Y NO PUEDE EXISTIR NINGÚN TOPE O LÍMITE PUES INMEDIATAMENTE PREGUNTARÍAMOS: ¿Y QUÉ EXISTE AL OTRO LADO DE ESTE TOPE?

EL TIEMPO AVANZA SIEMPRE LINEALMENTE HACIA DELANTE, INFINITO TANTO EN DIRECCIÓN HACIA EL PASADO COMO HACIA EL FUTURO.

EL TIEMPO ES ABSOLUTO Y EL ESPACIO ES EUCLÍDEO. NO HAY NINGUNA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA CUANDO HABLAMOS DE ANTES O DESPUÉS, NI CUANDO NOS REFERIMOS AL AQUÍ O AL ALLÁ.

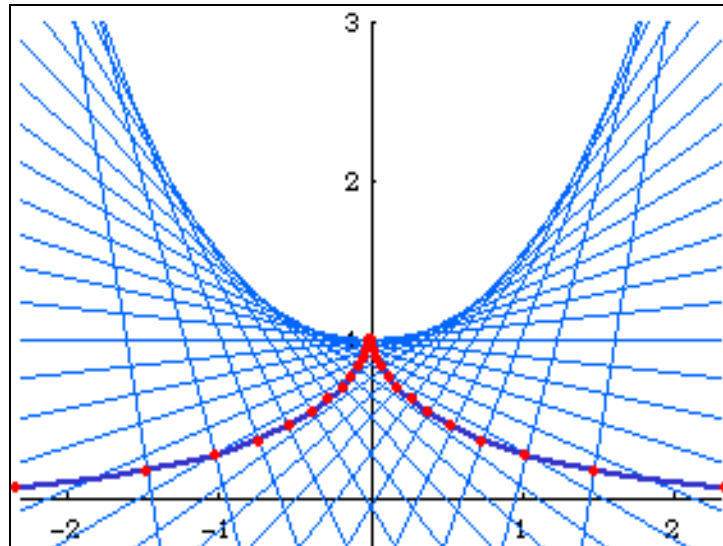


SI SE NIEGA EL POSTULADO V Y SE PIDE COMO ALTERNATIVA QUE SE ACEPTE QUE POR UN PUNTO PASA MÁS DE UNA RECTA PARALELA, SE OBTIENE LA GEOMETRÍA DE LOBACHEVSKI.

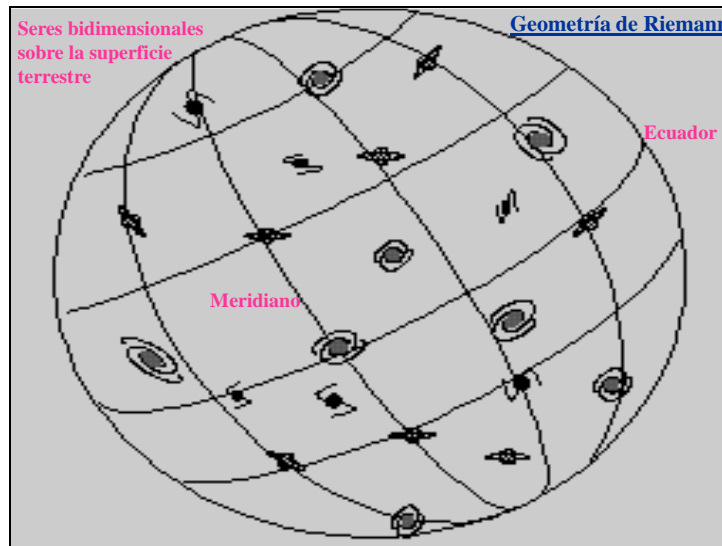
EN LA PANTALLA VEMOS UNA REPRESENTACIÓN DE ESA GEOMETRÍA SOBRE UNA SUPERFICIE EN EL ESPACIO. OBSÉRVESE QUE UNA SUPERFICIE TIENE SÓLO DOS DIMENSIONES.

CONSIDEREMOS UN TRIÁNGULO CUALQUIERA DE ESA SUPERFICIE, CUYOS LADOS CORRESPONDEN A LAS MENORES DISTANCIAS ENTRE SUS VÉRTICES (SERÍA EL CONCEPTO EQUIVALENTE AL DE RECTA EN EL PLANO). LA SUMA DE SUS ÁNGULOS INTERIORES NO ES DOS RECTOS, ES MENOR QUE DOS RECTOS.

Diapositiva 19



AQUÍ OTRA REPRESENTACIÓN ESPACIAL DE LA GEOMETRÍA DE LOBACHEVSKI, TAMBIÉN LLAMADA HIPERBÓLICA, SOBRE UNA SUPERFICIE PARTICULAR QUE, EN CIERTO SENTIDO, RECUERDA LA SILLA PARA MONTAR A CABALLO.



PASEMOS AHORA AL CASO DE LA GEOMETRÍA RIEMANNIANA, EMPLEANDO DE NUEVO UN MUNDO BIDIMENSIONAL.

SUPONGAMOS QUE EXISTEN UNOS SERES BIDIMENSIONALES CUYO UNIVERSO ES LA SUPERFICIE DEL PLANETA TIERRA (O MEJOR, LA SUPERFICIE DE UNA ESFERA CUALQUIERA).

PARA ESTOS SERES NO EXISTE EL INTERIOR DE LA ESFERA, NI TAMPOCO SU EXTERIOR. SI UN CUERPO PROVENIENTE DEL ESPACIO EXTERIOR A LA ESFERA GOLPEASE LA SUPERFICIE, PARA DICHOS SERES EL ACONTECIMIENTO SERÍA UNA APARICIÓN FANTÁSTICA.

SUPONGAMOS QUE UNO DE ESOS SERES DESEA IR DE UN PUNTO A OTRO POR EL CAMINO MÁS CORTO POSIBLE. SABEMOS QUE DEBERÁ HACERLO A LO LARGO DE UN CÍRCULO MÁXIMO (INTERSECCIÓN DE LA SUPERFICIE ESFÉRICA CON UN PLANO QUE PASA POR EL CENTRO DE LA ESFERA Y POR LOS DOS PUNTOS EN CUESTIÓN). PARA DICHO SER ESA PORCIÓN DE CÍRCULO MÁXIMO ES SU LÍNEA RECTA (SE DENOMINA UNA GEODÉSICA DE LA SUPERFICIE).

RECORDEMOS QUE LOS MERIDIANOS DE LA SUPERFICIE DEL PLANETA TIERRA SON CÍRCULOS MÁXIMOS O GEODÉSICAS.

OBSÉRVESE DOS FENÓMENOS INTERESANTES:

-SI EL SER CONTINÚA SU CAMINO SOBRE LA GEODÉSICA, AL CABO DE UN RECORRIDO FINITO VOLVERÁ AL PUNTO DE PARTIDA Y EN SU CAMINO NO HABRÁ ENCONTRADO NINGÚN TOPE O LÍMITE (SUPONEMOS UNA SUPERFICIE ESFÉRICA LISA). EL SER PERCIBIRÁ SU MUNDO COMO FINITO PERO ILIMITADO.

-Y ADEMÁS, SI DE PRONTO EL RADIO DE LA ESFERA EMPEZASE A CRECER, NUESTRO SER DIMENSIONAL OBSERVARÍA QUE LOS DEMÁS SERES SE ALEJAN DE ÉL Y POR ESO TENDRÍA LA ILUSIÓN DE SER EL CENTRO DE LA EXPANSIÓN.

FINITO E ILIMITADO SON DOS PROPIEDADES QUE CORRESPONDEN A NUESTRO ESPACIO, EL CUAL OBVIAMENTE CUENTA CON MÁS DE DOS DIMENSIONES. AL OBEDECER A LA GEOMETRÍA RIEMANNIANA, REPETIMOS QUE NUESTRO COSMOS ES FINITO PERO ILIMITADO, DOS CONCEPTOS IRRECONCILIABLES EN LA GEOMETRÍA EUCLIDIANA. RECUÉRDESE QUE UN ESPACIO EUCLÍDEO ES INFINITO E ILIMITADO.

FINALMENTE, OBSÉRVESE QUE DOS GEODÉSICAS CUALESQUIERA, O SEA DOS CÍRCULOS MÁXIMOS, NUNCA PUEDEN SER “PARALELAS”, ES DECIR, SIEMPRE TENDRÁN ALGÚN PUNTO EN COMÚN. EN EFECTO, DOS CÍRCULOS MÁXIMOS CUALESQUIERA SIEMPRE TIENEN DOS PUNTOS COMUNES.

VI. LA RELATIVIDAD Y LA MECÁNICA CUÁNTICA

- **Lo muy grande y lo muy pequeño**
- **La constancia de la velocidad de la luz**
- **El espacio-tiempo y la gravitación**
- **La mecánica cuántica y el principio de incertidumbre**
- **El dominio del planeta Tierra**

LA VISIÓN NEWTONIANA DEL UNIVERSO HACE CRISIS A RAÍZ DEL EXPERIMENTO DE MICHELSON-MORLEY, LLEVADO A CABO EN 1887, EL CUAL DEMOSTRÓ QUE LA VELOCIDAD DE LA LUZ NO SEGUÍA LA COMPOSICIÓN DE VELOCIDADES PREVISTA POR LA FÍSICA NEWTONIANA. EN EFECTO, LA VELOCIDAD DE LA LUZ ERA LA MISMA SOBRE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA, TANTO EN EL CASO EN QUE AQUELLA VIAJASE EN LA DIRECCIÓN DE LA ROTACIÓN TERRESTRE COMO EN DIRECCIÓN PERPENDICULAR A ÉSTA.

CON POSTERIORIDAD, SE HA ENCONTRADO QUE EN LOS DOMINIOS DE LO MUY PEQUEÑO Y DE LO MUY GRANDE LAS CONCEPCIONES PREEXISTENTES, APLICABLES A LOS DOMINIOS CORRIENTES DEL PLANETA TIERRA, YA NO SON VÁLIDAS.

EN EL MUNDO DE LO MUY PEQUEÑO ES VÁLIDA LA MECÁNICA CUÁNTICA. Y EN EL DE LO MUY GRANDE (O DE LAS ALTAS VELOCIDADES), RIGE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD.

EN LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD:

- Las mediciones del tiempo y el espacio difieren para dos sistemas con velocidad relativa “v”.
- La velocidad de la luz es constante para todos los observadores, independientemente de las velocidades a que éstos se muevan.
- El tiempo y la distancia se acortan cuando la velocidad “v” es significativa con respecto a la velocidad de la luz. Así:

$$t' = [1 - (v/c)^2]^{1/2} t = f t$$

en donde:

t = intervalo de tiempo para un observador en el sistema A

v = velocidad de otro sistema B con respecto a A

c = velocidad de la luz

t' = intervalo transcurrido para B según medición desde A

f = factor de reducción del intervalo de tiempo

AQUÍ TENEMOS DOS CONSECUENCIAS CENTRALES DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD, ENUNCIADA POR EINSTEIN EN 1905:

EN PRIMER LUGAR, LA VELOCIDAD DE LA LUZ ES UNA CONSTANTE PARA TODOS LOS OBSERVADORES, INDEPENDIEMENTE DE SUS VELOCIDADES RELATIVAS, ALGO QUE EN PRINCIPIO CONTRADICE NUESTRA INTUICIÓN.

Y EN SEGUNDO LUGAR, CONTRARIAMENTE A LO ESTABLECIDO POR EL MUNDO NEWTONIANO, LOS CONCEPTOS DE TIEMPO Y ESPACIO NO SON ABSOLUTOS. LAS MEDICIONES DE TIEMPO Y DISTANCIA NO COINCIDIRÁN EN EL CASO DE SISTEMAS EN MOVIMIENTO RELATIVO, PUES ELLAS DEPENDEN DE LA VELOCIDAD RELATIVA ENTRE LOS DOS SISTEMAS Y DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ.

ASÍ MISMO, NINGÚN OBJETO, NINGUNA PERTURBACIÓN, NINGUNA INFLUENCIA PUEDE VIAJAR O PROPAGARSE A UNA VELOCIDAD MAYOR QUE LA DE LA LUZ.

AFIRMEMOS EN ESTE MOMENTO QUE NO EXISTE MOVIMIENTO ABSOLUTO NI REPOSO ABSOLUTO. SÓLO PODEMOS VERIFICAR QUE ALGO SE MUEVE CON RESPECTO A UNA REFERENCIA QUE TOMAMOS

COMO FIJA. ELLO QUIERE DECIR QUE SÓLO EXISTE EL MOVIMIENTO RELATIVO.

FINALMENTE, ESTA DIAPOSITIVA MUESTRA CÓMO DIFIEREN LAS MEDICIONES DE UN INTERVALO DE TIEMPO HECHAS POR UN CIERTO OBSERVADOR EN EL SISTEMA “A”. ESTE OBSERVADOR MIDE UN INTERVALO EN “A” Y MIDE TAMBIÉN EL INTERVALO CORRESPONDIENTE EN OTRO SISTEMA “B” QUE SE MUEVE CON UNA VELOCIDAD “v” CON RESPECTO A “A”.

SI LA VELOCIDAD DE LA LUZ LA DENOTAMOS POR “c”, ENTONCES LA MEDICIÓN DEL TIEMPO TRANSCURRIDO PARA “B” MUESTRA UNA CONTRACCIÓN DADA POR LA EXPRESIÓN QUE ALLÍ SE INDICA.

VEMOS QUE CUANDO “v” TIENE UN VALOR SIGNIFICATIVO CON RESPECTO A “c” LA CONTRACCIÓN ES SIGNIFICATIVA. POR EJEMPLO, SI EL SISTEMA “B” VIAJA A UN QUINTO DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ CON RESPECTO AL SISTEMA “A”, EL TIEMPO PARA AQUÉL SE REDUCIRÍA EN APROXIMADAMENTE UN DOS POR CIENTO.

ALGO SIMILIAR OCURRE CON LAS MEDICIONES DE DISTANCIA HECHAS DESDE EL OBSERVADOR SITUADO EN EL SISTEMA “A”.

PERO NO OLVIDEMOS QUE UN QUINTO DE LA VELOCIDAD DE LA LUZ ES IGUAL A UNA ENORME VELOCIDAD: 60.000 KILÓMETROS POR SEGUNDO. DE MANERA QUE PARA LAS VELOCIDADES QUE ENCONTRAMOS EN LA VIDA DIARIA, DICHA CORRECCIÓN NO TIENE NINGUNA IMPORTANCIA.

CONTRACCIÓN DEL TIEMPO

UN EXPERIMENTO CONCEPTUAL. Uno de dos gemelos emprende un largo viaje espacial a altas velocidades y el otro permanece en el planeta Tierra. Cuando aquél regresa, encuentra a su hermano mucho más viejo.

UNA CONTRACCIÓN CALCULADA. El astronauta ruso Sergei Krikalev estuvo en órbita 748 días. Se estima que regresó 2 centésimas de segundo más joven.

UN EXPERIMENTO REAL. Un reloj atómico fue colocado en un avión que hizo un largo viaje, mientras otro reloj atómico de control permanecía en tierra. Cuando el avión regresó, el primer reloj marcaba un menor tiempo que el otro.

EN ESTA DIAPOSITIVA ILUSTRAMOS LA CONTRACCIÓN DEL TIEMPO PREVISTA POR LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD.

EN EL PRIMER CASO TENEMOS LA LLAMADA PARADOJA DE LOS GEMELOS.

EN EL TERCER CASO, INSISTIMOS EN QUE SE TRATA DE UNA MEDICIÓN REAL.

EN LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD:

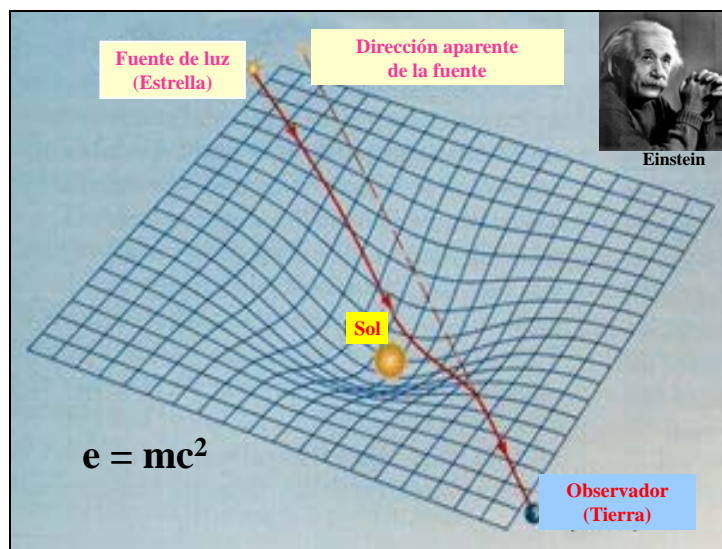
- **Todo objeto, en razón de su masa, crea un campo gravitatorio que da origen a una curvatura del espacio.**
- **No hay fuerza de gravitación a distancia. La fuerza se manifiesta en razón de la anterior curvatura o deformación.**
- **Las ondas gravitacionales viajan a la velocidad de la luz. No hay efecto instantáneo.**

AÑOS MÁS TARDE, EN 1916, EINSTEIN PROPONE LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD, BÁSICAMENTE RELACIONADA CON EL TEMA DE LA GRAVITACIÓN UNIVERSAL.

LO FUNDAMENTAL ES QUE LA INTRODUCCIÓN DE UNA CIERTA MASA EN EL ESPACIO PRODUCE COMO EFECTO UNA DEFORMACIÓN DEL ESPACIO. Y QUE ESA DEFORMACIÓN ES LA QUE TRANSMITE LA ATRACCIÓN GRAVITATORIA A LOS CUERPOS DEL ENTORNO.

DE MANERA QUE DESAPARECE EL CONCEPTO DE LA ACCIÓN A DISTANCIA. Y TAMBIÉN LA IDEA DE LA ACCIÓN INSTANTÁNEA DE LA FUERZA DE LA GRAVITACIÓN PUES VEREMOS QUE EL EFECTO GRAVITATORIO SE PROPAGA.

EN LA PRÓXIMA DIAPOSITIVA PRESENTAMOS UNA REPRESENTACIÓN SIMPLIFICADA DE LA CURVATURA O DEFORMACIÓN DEL ESPACIO CAUSADA POR UN CIERTO CUERPO.



EN UNA FORMA SIMPLIFICADA, LA DIAPOSITIVA MUESTRA EL EFECTO DE LA MASA DEL SOL SOBRE EL ESPACIO CIRCUNDANTE. DICHO EFECTO PRODUCE UNA CIERTA CURVATURA EN SU ENTORNO, RESPONSABLE DE LA ATRACCIÓN QUE DICHO ASTRO EJERCE SOBRE OTROS CUERPOS.

LA IMAGEN RECUERDA EL CASO DE UNA BOLA PESADA QUE SE COLOCA SOBRE UNA MEMBRANA DE GOMA.

SI RECORDAMOS LA CÉLEBRE ECUACIÓN DE EINSTEIN $e = mc^2$ (EN DONDE “e” ES ENERGÍA, “m” MASA Y “c” LA VELOCIDAD DE LA LUZ), ECUACIÓN MEDIANTE LA CUAL SE RELACIONA LA ENERGÍA CON LA MASA, ENTONCES LA LUZ, QUE ES ENERGÍA, DEBERÍA TENER MASA Y POR LO TANTO SER SUJETA DEL EFECTO GRAVITATORIO.


LO PREDICHO POR LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD FUE COMPROBADO EN 1919 DURANTE UN ECLIPSE DE SOL. LA LUZ PROVENIENTE DE UNA ESTRELLA SE CURVÓ EN LAS VECINDADES DEL SOL, DE MODO QUE LOS OBSERVADORES EN TIERRA CREYERON VER A LA ESTRELLA EN UNA POSICIÓN DISTINTA A AQUELLA POSICIÓN EN DONDE BIEN SE SABÍA QUE TENDRÍA QUE ESTAR.

HOY SE SABE QUE LOS RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA DE 1919 NO SON CONFIABLES DEBIDO A LA PRECISIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DE ESE

ENTONCES. PERO MEDICIONES POSTERIORES CON MEJORES INSTRUMENTOS SÍ HAN COMPROBADO LA DESVIACIÓN DE LA LUZ COMO CONSECUENCIA DEL EFECTO GRAVITATORIO.

POR EJEMPLO, SI EL CHOQUE CON UN GRAN CUERPO HICIESE ESTALLAR EL SOL EN ESTE MOMENTO, SÓLO VERÍAMOS EL FENÓMENO 8 MINUTOS DESPUÉS, TIEMPO QUE TARDA LA LUZ DEL SOL EN LLEGAR HASTA NUESTRO PLANETA.

PERO TODAVÍA MÁS ASOMBROSO, EL EFECTO GRAVITATORIO DE ESE CAMBIO EN EL SOL TAMBIÉN LO SENTIRÍAMOS 8 MINUTOS MÁS TARDE. LO SENTIRÍAMOS COMO UNA GRAVE PERTURBACIÓN DE LA ÓRBITA TERRESTRE. ELLO DEBIDO A QUE LAS ONDAS GRAVITACIONALES TAMBIÉN VIAJAN A LA VELOCIDAD DE LA LUZ.



DEFORMACIÓN DEL TIEMPO

Así como la gravedad deforma el espacio, también deforma el tiempo.
A mayor gravedad, más lento transcurre el tiempo.
Aparece una dualidad espacio-tiempo.
Un espacio-tiempo dinámico.

VIMOS ANTES QUE LAS MEDICIONES DE ESPACIO Y DE TIEMPO PARA OBSERVADORES QUE SE MUEVEN CON VELOCIDAD RELATIVA SON DIFERENTES. EN CIERTO SENTIDO, CADA UNO DE ELLOS VIAJA CON SU PROPIO ESPACIO Y SU PROPIO TIEMPO. ELLO ES UNA CONSECUENCIA DE LA TEORÍA ESPECIAL DE LA RELATIVIDAD DEBIDA A EINSTEIN.

PERO COMO CONSECUENCIA DE LA TEORÍA GENERAL DE LA RELATIVIDAD DEL MISMO AUTOR, LA FUERZA DE GRAVEDAD INDUCIDA POR UNA MASA DEFORMA O ALABEA TANTO EL ESPACIO COMO EL TIEMPO.

PARA UN OBSERVADOR QUE SE ACERCASE A UN GRAN CAMPO GRAVITARIO, COMO SERÍA EL DE UNA ESTRELLA, EL TIEMPO TRANSCURRIRÍA CADA VEZ MÁS LENTAMENTE CON RESPECTO A OTRO OBSERVADOR QUE PERMANECIESE A UNA DISTANCIA FIJA DE DICHA ESTRELLA.

LOS CONCEPTOS ESPACIO Y TIEMPO SE MANEJAN ENTONCES COMO UNA DUALIDAD.

YA ESTOS DOS CONCEPTOS NO SON UN SIMPLE MARCO EN EL CUAL TIENEN LUGAR CIERTOS EFECTOS Y CIERTOS SUCESOS. EL ESPACIO Y EL TIEMPO SON AFECTADOS POR LA MASA DE LOS CUERPOS, PERO A LA VEZ ELLOS EJERCEN UNA INFLUENCIA SOBRE LO QUE PASA A SU ALREDEDOR.

EL ARTISTA SALVADOR DALI NOS MUESTRA EN ESTE CUADRO SU PECULIAR CONCEPCIÓN PLÁSTICA SOBRE LA DEFORMACIÓN DEL TIEMPO.

EN LA MECÁNICA CUÁNTICA
(el mundo de las moléculas y los átomos):

- **¿Quién comprende la mecánica cuántica?**
- **Las propiedades de los fenómenos vienen dadas en términos probabilísticos.**
- **Principio de incertidumbre: mientras más sepamos de la velocidad de una partícula menos sabremos de su posición, y viceversa.**
- **Se pone en duda el principio de causalidad: la emisión de fotones es aleatoria.**

EN EL MUNDO DE LAS MOLÉCULAS Y LOS ÁTOMOS, TAMPOCO SE CUMPLE LA TEORÍA NEWTONIANA. EN EFECTO, POR EJEMPLO, UNA CONSECUENCIA DE ÉSTA SERÍA QUE LOS ELECTRONES DEBERÍAN PRECIPITARSE HACIA EL NÚCLEO ATÓMICO, ALGO QUE SABEMOS NO OCURRE.

ES INTERESANTE LA SIGUIENTE CITA DE RICHARD FEYNMAN, UNO DE LOS MÁS GRANDES FÍSICOS DEL SIGLO XX, ADEMÁS DE UNA PERSONALIDAD DE GRAN SIMPATÍA Y SENTIDO DE HUMOR:

“HUBO UNA ÉPOCA EN QUE LOS PERIÓDICOS DECÍAN QUE SÓLO 12 PERSONAS COMPRENDÍAN LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD. NO CREO QUE EXISTIERA UNA ÉPOCA ASÍ. PODRÍA HABER EXISTIDO UNA ÉPOCA EN QUE TAN SÓLO UN HOMBRE COMPRENDIERA DICHA TEORÍA, PORQUE ERA EL ÚNICO QUE HABÍA CAÍDO EN CUENTA DE QUE LAS COSAS PODÍAN SER ASÍ. PERO DESPUÉS QUE LOS DEMÁS LEYERAN SU PUBLICACIÓN, MUCHAS PERSONAS COMPRENDIERON, DE UNA FORMA U OTRA, LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD. SEGURAMENTE FUERON MÁS DE DOCE. POR OTRA PARTE PUEDO AFIRMAR, SIN RIESGO A EQUIVOCARME, QUE NADIE COMPRENDE LA MECÁNICA CUÁNTICA.”

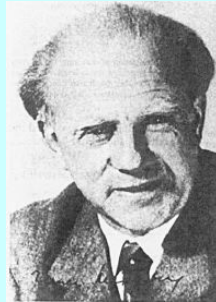
EN EFECTO, LOS RESULTADOS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA LLEVAN A UNA EXTRAÑA Y FANTÁSTICA REALIDAD. POR EJEMPLO, UNA PARTÍCULA PODRÍA ESTAR EN DOS LUGARES DISTINTOS AL MISMO TIEMPO O PRESENTAR DOS ESTADOS OPUESTOS EN FORMA SIMULTÁNEA.

PERO NO SE TRATA SOLO DE RESULTADOS TEÓRICOS O DE LOS LLAMADOS “EXPERIMENTOS MENTALES”: EN EL SEGUNDO SEMESTRE DE 2005 SE ANUNCIÓ QUE CIENTÍFICOS DE LOS ESTADOS UNIDOS HABÍAN LOGRADO DISPONER SEIS ÁTOMOS DE BERILO EN DOS ESTADOS OPUESTOS SIMULTÁNEAMENTE: DICHS ÁTOMOS GIRAN AL MISMO TIEMPO EN EL SENTIDO DE LAS AGUJAS DEL RELOJ Y EN EL SENTIDO CONTRARIO. TAMBIÉN SE HABLA YA DE CORRIENTES QUE SE MUEVEN SIMULTÁNEAMENTE POR UN CIRCUITO EN LOS DOS SENTIDOS OPUESTOS.

DE OTRA PARTE, EL MUNDO NEWTONIANO PERTENECE AL REINO DE LA CERTIDUMBRE. LAS LEYES DE LA MECÁNICA PERMITEN ESTUDIAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS PARTÍCULAS Y SEÑALAN PROCEDIMIENTOS PARA OBTENER, POR EJEMPLO, LA POSICIÓN Y VELOCIDAD DE UNA PARTÍCULA DADA.

EN EL CASO DE LA MECÁNICA CUÁNTICA, ELLO NO ES POSIBLE. LA INTERVENCIÓN HUMANA CON APARATOS CON EL FIN DE MEDIR , POR EJEMPLO, LA POSICIÓN DE UNA PARTÍCULA DADA ALTERA LA SITUACIÓN Y HACE IMPOSIBLE MEDIR CON EXACTITUD LA VELOCIDAD DE LA MISMA. ELLO QUIERE DECIR QUE SI SE MIDE CON EXACTITUD LA POSICIÓN NO ES FACTIBLE HACER LO MISMO CON LA VELOCIDAD, Y VICEVERSA. WERNER HEISENBERG HABÍA INTRODUCIDO UN INESPERADO Y TREMEMDO CONCEPTO EN LA FÍSICA: EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE.

EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE



Werner Heisenberg (1901-1976)

ÉSTA ES LA EFIGIE DEL CIENTÍFICO Y FILÓSOFO ALEMÁN QUE EN 1927 PUBLICÓ SU PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE, Y QUE EN 1932 RECIBIRÍA EL PREMIO NOBEL DE FÍSICA POR SU DESCUBRIMIENTO DE LA MANERA DE FORMULAR LA MECÁNICA CUÁNTICA EN TÉRMINOS DE CUADROS DE NÚMEROS DENOMINADOS MATRICES.

VII. LA GRAN EXPLOSIÓN

- **El primer momento**
- **Aparición del tiempo y el espacio**
- **El universo en expansión**
- **Hubble**

COMO USTEDES BIEN SABEN, LA TEORÍA VIGENTE SOBRE EL ORIGEN DEL UNIVERSO SE APOYA EN LA OCURRENCIA DE UNA GRAN EXPLOSIÓN HACE 13.700 MILLONES DE AÑOS.

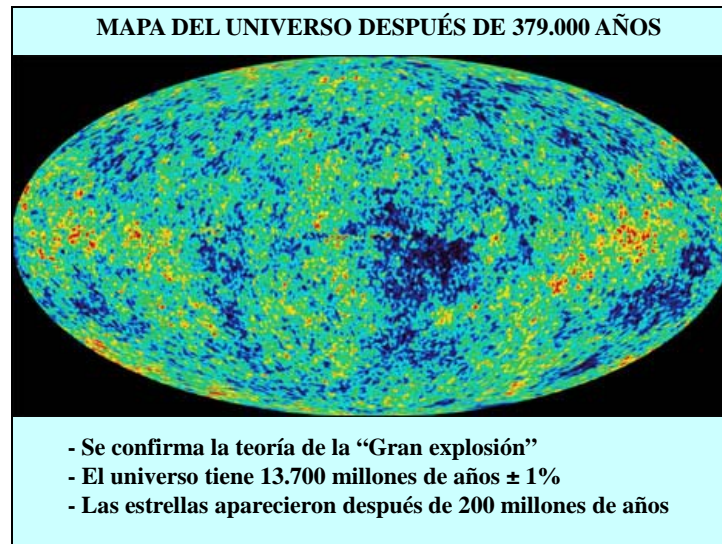
TODA LA MATERIA Y TODA LA ENERGÍA ACTUAL DEL COSMOS SE ENCONTRABAN CONCENTRADAS, CON UNA ALTÍSIMA DENSIDAD Y UNA ALTÍSIMA TEMPERATURA, EN PRÁCTICAMENTE UN PUNTO. POR ALGUNA RAZÓN, SOBREVINO UNA GRAN EXPLOSIÓN. ¿POR QUÉ? EL PAPA HABLA DE LA INTERVENCIÓN DIVINA. OTROS, DADO EL CARÁCTER MICROSCÓPICO DE ESA CONCENTRACIÓN DE MATERIA Y ENERGÍA, HABLAN DE UNA PERTURBACIÓN CUÁNTICA.

SÓLO A PARTIR DE LA GRAN EXPLOSIÓN APARECEN EL TIEMPO Y ESPACIO. SÓLO A PARTIR DE ESE MOMENTO CABE HABLAR DE ANTES Y DESPUÉS, AQUÍ Y ALLÁ, CON LAS LIMITACIONES QUE YA MENCIONAMOS AL HABLAR DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD.

SE INICIÓ ENTONCES UNA EXPANSIÓN DE LA MATERIA Y LA ENERGÍA DEL UNIVERSO, Y CORRELATIVAMENTE DEL ESPACIO TIEMPO, QUE TODAVÍA CONTINÚA. HUBBLE DEMOSTRÓ EN LOS AÑOS 20 QUE LOS GRUPOS DE

GALAXIAS SE ALEJAN UNOS DE OTROS CON VELOCIDADES PROPORCIONALES A LAS DISTANCIAS ENTRE ELLOS.

RECORDEMOS LA SITUACIÓN DE LOS SERES BIDIMENSIONALES SOBRE LA SUPERFICIE ESFÉRICA, CUANDO ESTA SUPERFICIE SE EXPANDE. AHORA TAMBIÉN UN OBSERVADOR SITUADO EN CUALQUIER PUNTO DEL COSMOS TENDRÍA LA ILUSIÓN DE SER EL CENTRO DE LA EXPANSIÓN.



CUANDO MIRAMOS ALGO, MIRAMOS HACIA EL PASADO. SI MIRAMOS UNA PERSONA QUE ESTÁ A UN METRO DE DISTANCIA, LA VEMOS COMO ERA HACE UNOS POCOS NANOSEGUNDOS (UN NANOSEGUNDO ES IGUAL A UNA MIL MILLONÉSIMA DE SEGUNDO). VEMOS LA LUNA COMO ERA HACE UN SEGUNDO Y MEDIO, EL SOL COMO ERA HACE OCHO MINUTOS.

CON AYUDA DE APARATOS VEMOS HOY ESTRELLAS COMO ERAN HACE MILLONES O MILES DE MILLONES DE AÑOS. TODO EN RAZÓN DE QUE DETECTAMOS LA LUZ QUE LOS CUERPOS EMITIERON, LUZ QUE VIAJA A UNOS 300.000 KILÓMETROS POR SEGUNDO. CADA QUE OBSERVAMOS OBJETOS MÁS Y MÁS LEJANOS, NOS ADENTRAMOS EN EL PASADO.

VEMOS EN LA PANTALLA UN MAPA TEMPRANO DEL UNIVERSO, OBTENIDO CON UN SATÉLITE DE LA NASA. LAS ZONAS MÁS ROJAS CORRESPONDEN A LIGERAMENTE MÁS ALTAS TEMPERATURAS, LAS MÁS AZULES, A LIGERAMENTE MÁS BAJAS.

LA SONDA DEL SATÉLITE HA CONFIRMADO DE UNA MANERA CALIFICADA DE TRIUNFAL LA TEORÍA SOBRE LA “GRAN EXPLOSIÓN” Y CALCULADO LA EDAD DEL UNIVERSO CON UNA PRECISIÓN MUCHO MAYOR QUE ANTES.

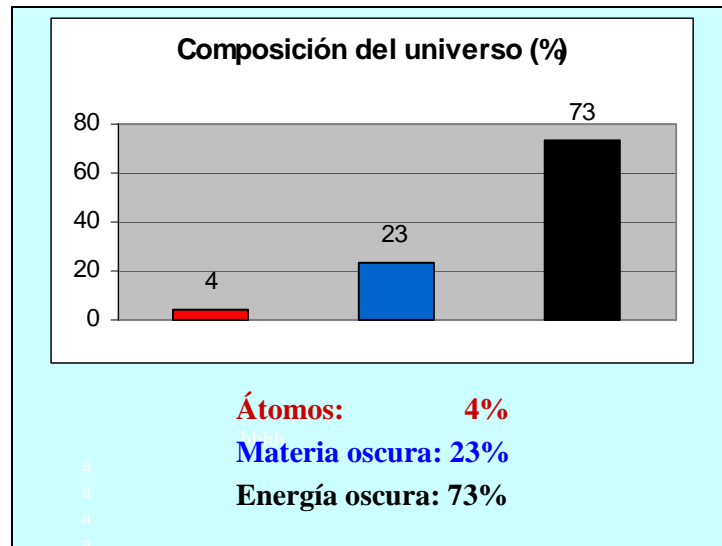
LA APARICIÓN DE LAS PRIMERAS ESTRELLAS TUVO LUGAR 200 MILLONES DE AÑOS DESPUÉS DE LA EXPLOSIÓN, 500 MILLONES ANTES DE LO QUE PENSABAN FÍSICOS TEÓRICOS.

SE HA ESTIMADO QUE POR PESO EL COSMOS CONSTA DE UN 4 POR CIENTO DE ÁTOMOS, 23 POR CIENTO DE MATERIA OSCURA Y 73 POR CIENTO DE ENERGÍA OSCURA. SE PRESUME QUE LA MATERIA OSCURA ESTÁ COMPUESTA DE PARTÍCULAS ELEMENTALES NO DESCUBIERTAS TODAVÍA Y QUE SON RESTOS DE LA EXPLOSIÓN PRIMIGENIA.

DOS ENORMES TAREAS PERMANECEN ABIERTAS: IDENTIFICAR TANTO LA MATERIA OSCURA COMO LA ENERGÍA OSCURA (96% DEL UNIVERSO) Y ENTENDER QUÉ PASÓ EN LOS PRIMEROS INSTANTES DESPUÉS DE LA GRAN EXPLOSIÓN.



DESDE EL PLANETA TIERRA MIRAMOS HACIA EL PASADO. EL EJE DEL TIEMPO SE EXTIENDE DESDE EL MOMENTO DE LA GRAN EXPLOSIÓN HASTA EL PRESENTE. SE MUESTRAN CIERTOS HITOS CON LAS CORRESPONDIENTES IMÁGENES PROCEDENTES DE OBSERVACIONES. NO HAY IMAGEN DEL MOMENTO CERO.



COMO SE DIJO CON ANTERIORIDAD, SÓLO UN 4% DE LA COMPOSICIÓN DEL UNIVERSO ES OBSERVABLE. 96% ESTÁ COMPUESTO POR MATERIA Y ENERGÍA DESCONOCIDAS.

HAY MATERIA QUE NO ES DIRECTAMENTE OBSERVABLE PERO QUE HA SIDO DETECTADA EN RAZÓN DE SUS EFECTOS GRAVITATORIOS. ES LA LLAMADA MATERIA OSCURA.

DE OTRA PARTE, UNA DE LAS HIPÓTESIS SOBRE LA ENERGÍA OSCURA CONSIDERA A ÉSTA RESPONSABLE DE UNA FUERZA DE REPULSIÓN QUE SE OPODRÍA A LA GRAVEDAD Y QUE AYUDARÍA A EXPLICAR LA EXPANSIÓN DEL UNIVERSO .

EL DESTINO DEL COSMOS

- **Expansión indefinida** si la atracción gravitatoria es dominada por una hoy desconocida fuerza repulsiva (**muerte entrópica**).
- **Contracción futura** si la gravedad supera un valor crítico (**vuelta al punto de partida**).
- **Universo “achatado”** si la gravedad es igual al valor crítico.

LA CANTIDAD DE MASA EXISTENTE EN EL UNIVERSO DEFINE LA FUERZA DE GRAVEDAD QUE TIENDE A REUNIR LOS CUERPOS CELESTES.

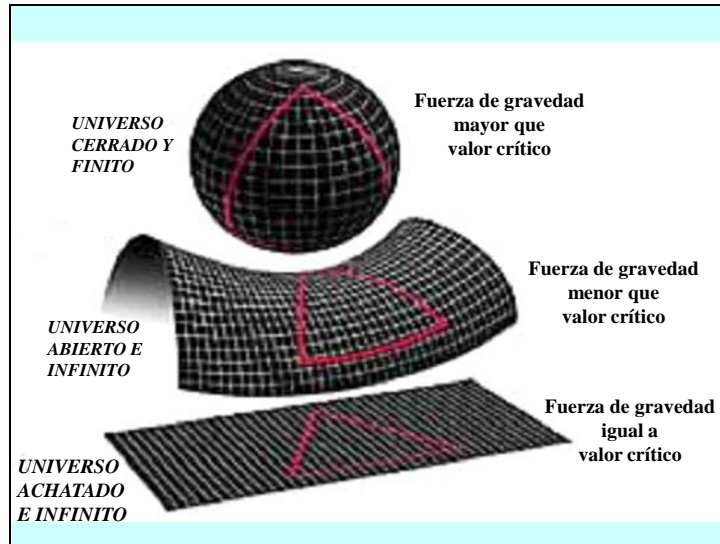
SI AQUELLA FUERZA DE GRAVEDAD ES INFERIOR A UN VALOR CRÍTICO ORIGINADO EN LA FUERZA REPULSIVA YA MENCIONADA, ENTONCES EL UNIVERSO CONTINUARÁ INDEFINIDAMENTE SU EXPANSIÓN.

ADEMÁS, COMO DE ACUERDO CON LA SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA LA ENTROPÍA DEBE SER CRECIENTE, ES DECIR EL DESORDEN O LA FALTA DE ORGANIZACIÓN DEBEN AUMENTAR, EL UNIVERSO CONTINUARÁ ENFRIÁNDOSE, DISMINUYENDO SU DENSIDAD DE MATERIA Y DESORGANIZÁNDOSE EN FORMA INDEFINIDA. ES LA MUERTE ENTRÓPICA.

PERO SI LA FUERZA DE GRAVEDAD ES MAYOR QUE DICHO VALOR CRÍTICO, EN ALGÚN MOMENTO SE INICIARÁ UNA CARRERA CRECIENTE DE CONTRACCIÓN QUE LLEVARÁ EL COSMOS AL PUNTO DE PARTIDA.

SI LA GRAVEDAD ES IGUAL A DICHO VALOR CRÍTICO TENDRÍAMOS UN UNIVERSO ACHATADO.

LA SONDA ANTES MENCIONADA CONFIRMÓ LA HIPÓTESIS DE QUE LA FUERZA DE GRAVEDAD EN EL UNIVERSO ES CERCANA AL VALOR CRÍTICO, DE MODO QUE LA GEOMETRÍA DEL UNIVERSO SERÍA ALGO ASÍ COMO ACHATADA.



AQUÍ RESUMIMOS LO DICHO ANTES. SON LOS TRES CASOS QUE RESULTAN AL COMPARAR LA FUERZA DE GRAVEDAD DEL UNIVERSO CON UN CIERTO VALOR CRÍTICO ORIGINADO EN LA FUERZA DE REPULSIÓN.

EN EL PRIMER CASO EL UNIVERSO SERÍA CERRADO Y FINITO, EN EL SEGUNDO SERÍA ABIERTO E INFINITO, Y EN EL ÚLTIMO SERÍA ACHATADO Y PRESUMIBLEMENTE INFINITO. SI ÉSTE ES EL CASO DE NUESTRO UNIVERSO, LA EXPANSIÓN CONTINUARÍA INDEFINIDAMENTE.

VIII. LA TEORÍA DEL TODO

- Einstein, Feynman, Witten, Hawking, Penrose, Greene...
- Las cuatro fuerzas
- Unificación parcial

EINSTEIN LUCHÓ DENODADAMENTE POR ENCONTRAR UNA TEORÍA QUE EXPLICASE LO MUY GRANDE Y LO MUY PEQUEÑO, ES DECIR QUE INTEGRASE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD Y LA MECÁNICA CUÁNTICA, PERO FRACASÓ EN SU INTENTO.

EINSTEIN BUSCABA LO QUE DESPUÉS SE LLAMARÍA UNA TEORÍA UNIFICADA DE LOS CAMPOS, ES DECIR, UNA TEORÍA CAPAZ DE DESCRIBIR LAS FUERZAS DE LA NATURALEZA DENTRO DE UN MARCO ÚNICO Y COHERENTE.

ESTA TEORÍA ES URGENTE PORQUE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD Y LA MECÁNICA CUÁNTICA SON INCOMPATIBLES. EN EFECTO, LA TEORÍA CUÁNTICA NO PUEDE EXPLICAR LA GRAVITACIÓN.

SE REQUIERE UN NUEVO ENFOQUE QUE CONCILIE LAS DOS TEORÍAS Y EL QUE SE MENCIONARÁ MÁS ADELANTE PARECE QUE HARÁ NECESARIAS Y COMPATIBLES LAS DOS TEORÍAS MENCIONADAS.

CON POSTERIORIDAD A EINSTEIN SE HA AVANZADO PERO TODAVÍA NO SE HA ENCONTRADO LO QUE PODRÍA LLAMARSE UNA “TEORÍA DEL TODO” O “TEORÍA FINAL”.

EXISTEN EN LA NATURALEZA CUATRO FUERZAS FUNDAMENTALES:

-LA FUERZA NÚCLEAR FUERTE, QUE ES LA QUE MANTIENE LA INTEGRIDAD DE LOS NÚCLEOS ATÓMICOS. EN OTRAS PALABRAS, ES LA QUE MANTIENE APIÑADOS LOS PROTONES Y NEUTRONES, ASÍ COMO A LOS QUARKS, SUBPARTÍCULAS QUE CONSTITUYEN LOS PROTONES Y LOS NEUTRONES. SIN ESTA FUERZA, LOS PROTONES SE SEPARARÍAN EN RAZÓN DE LA REPULSIÓN ENTRE SUS CARGAS POSITIVAS.

- LA FUERZA NUCLEAR DÉBIL, QUE PERMITE LA DESINTEGRACIÓN RADIOACTIVA DE ELEMENTOS COMO EL URANIO Y EL COBALTO.

- LA FUERZA ELECTROMAGNÉTICA, COMO LA EJERCIDA POR LAS CARGAS ELÉCTRICAS DE IGUAL SIGNO QUE SE REPELEN, Y LAS DE SIGNO CONTRARIO QUE SE ATRAEN.

-LA FUERZA DE LA GRAVEDAD.

CON MUCHO ESFUERZO, HACIA 1970 CULMINÓ LA CONSTRUCCIÓN DEL LLAMADO MODELO ESTÁNDAR DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS. ESTE MODELO HA DEFINIDO UN MARCO ÚNICO QUE PERMITE DESCRIBIR LAS TRES PRIMERAS FUERZAS. SÓLO LA GRAVEDAD HA PERMANECIDO ELUSIVA A DICHA INTEGRACIÓN.

IX. EL MODELO DE LAS CUERDAS

- Las partículas elementales
- Las cuerdas que vibran
- Teoría e imposibilidad actual de observar las cuerdas
- ¿Cuántas dimensiones tiene el cosmos?

SE HA VISTO, PUES, QUE YA EXISTE UNA UNIFICACIÓN DE LA FUERZA NUCLEAR FUERTE, LA FUERZA NUCLEAR DÉBIL Y LA FUERZA ELECTROMAGNÉTICA. EN LA ACTUALIDAD SE TRABAJA INTENSAMENTE PARA INTEGRAR ESTAS TRES FUERZAS CON LA DE LA GRAVEDAD.

EL CAMPO DE TRABAJO MÁS PROMISORIO LO CONSTITUYE EL MODELO DE LAS SUPERCUERDAS O SIMPLEMENTE DE LAS CUERDAS.

COMO SE SABE, CON AYUDA DE LOS GRANDES ACELERADORES DE PARTÍCULAS SE HA VENIDO DESCUBRIENDO CADA VEZ NUEVAS PARTÍCULAS. LAS MÁS FUNDAMENTALES QUE SE CONOCEN, AMÉN DE LOS ELECTRONES, SON LOS DENOMINADOS QUARKS, CONSTITUYENTES DE LOS PROTONES Y LOS NEUTRONES.

LA NUEVA TEORÍA PROPONE QUE LAS PARTÍCULAS FUNDAMENTALES ESTÁN FORMADAS POR UN MINÚSCULO BUCLE UNIDIMENSIONAL. ESE FILAMENTO VIBRA, OSCILA Y BAILA COMO UN ELÁSTICO DE GOMA EXTREMADAMENTE DELGADO, AL CUAL LOS FÍSICOS LE HAN DADO EL NOMBRE DE CUERDA.

SEGÚN EL MODO DE VIBRACIÓN DE CADA CUERDA (FRECUENCIA, AMPLITUD Y DIRECCIÓN), SE OBTENDRÍAN LAS DIFERENTES PARTÍCULAS FUNDAMENTALES YA CONOCIDAS. ES ESE MODO DE VIBRACIÓN EL QUE DEFINE LA MASA Y LA CARGA ELÉCTRICA DE CADA PARTÍCULA.

TAMBIÉN, Y SEGÚN EL MODO DE VIBRACIÓN DE CADA CUERDA, SE OBTIENE CADA UNA DE LAS PARTÍCULAS ASOCIADAS CON LAS DIFERENTES FUERZAS. EN ESTE PUNTO DEBEMOS DECIR QUE ESAS PARTÍCULAS SON EL FOTÓN (ASOCIADO A LA FUERZA ELECTROMAGNÉTICA), EL GLUÓN (ASOCIADO A LA FUERZA NUCLEAR FUERTE), LOS BOSONES DENOMINADOS W y Z (ASOCIADOS CON LA FUERZA NUCLEAR DÉBIL) Y LOS GRAVITONES (ASOCIADOS CON LA FUERZA DE LA GRAVEDAD Y CUYA EXISTENCIA NO HA SIDO COMPROBADA EXPERIMENTALMENTE). ESTAS PARTÍCULAS DE FUERZA SON UNA ESPECIE DE PARTÍCULAS MENSAJERAS DE LA FUERZA CORRESPONDIENTE.

NO SE RESISTE UNO A UNA METÁFORA CON LA MÚSICA. LAS DIFERENTES NOTAS DE LA ESCALA CORRESPONDEN A MODOS DE VIBRACIÓN DE UNA COLUMNA DE AIRE O DE UNA CUERDA DEL CORRESPONDIENTE INSTRUMENTO. LOS RESONANTES MODOS DE VIBRACIÓN DE LAS SUPERCUERDAS SE VAN A MANIFESTAR EN LAS PROPIEDADES DE LAS PARTÍCULAS ELEMENTALES Y TAMBIÉN EN LAS PROPIEDADES DE LAS PARTÍCULAS ASOCIADAS CON LAS FUERZAS.

PERO LAS CUERDAS SON TAN PEQUEÑAS QUE ES IMPOSIBLE VERLAS O DETECTARLAS. LOS ACELERADORES DE PARTÍCULAS PRODUCEN CHOQUES DE PARTÍCULAS ENTRE SÍ A ALTÍSIMAS ENERGÍAS Y PERMITEN OBSERVAR HUELLAS DE ENTIDADES FUNDAMENTALES CUYO TAMAÑO ES DE 10 A LA MENOS 12 MILÍMETROS, ES DECIR, DE UNA BILLONÉSIMA DE MILÍMETRO. PERO LAS CUERDAS SON MUCHÍSIMO MÁS PEQUEÑAS PUES EXISTEN A ESCALAS DE 10 A LA MENOS 32 MILÍMETROS.

LOS MODELOS SON POR TANTO PURAMENTE TEÓRICOS. TENEMOS ENTONCES UN CASO EN QUE LA FÍSICA, POR EXCELENCIA LA CIENCIA DE LA COMPROBACIÓN EXPERIMENTAL, TRABAJA AHORA CON MODELOS TEÓRICOS CUYA CONSISTENCIA SÓLO PUEDE PONERSE EN EVIDENCIA CONCEPTUALMENTE. EL MODELO DE ESTE TIPO ES INVERIFICABLE EN LA PRÁCTICA, AL MENOS POR AHORA.

CLARO QUE SI DICHA TEORÍA PRONOSTICA UN CIERTO RESULTADO, POR EJEMPLO CON RESPECTO A LOS AGUJEROS NEGROS, Y LA PREDICCIÓN RESULTA CIERTA, SE TENDRÍA UN BUEN INDICIO SOBRE LA CORRECCIÓN DE LA TEORÍA.

APARECE EN LA PANTALLA UNA PREGUNTA, RESPONDIDA CON FRECUENCIA DE MANERA FANTÁSTICA POR LAS NOVELA DE CIENCIA FICCIÓN. PUES BIEN, SEGÚN EL MODELO DE LAS SUPERCUERDAS NUESTRO UNIVERSO PUEDE TENER UNAS 10 DIMENSIONES.

PERO FUERA DE LAS TRES DIMENSIONES ESPACIALES ORDINARIAS (MÁS LA DIMENSIÓN DEL TIEMPO), LAS RESTANTES DIMENSIONES SÓLO OCURREN EN EL NIVEL MICROSCÓPICO. APARECEN COMO DIMENSIONES ARROLLADAS O ENROLLADAS EN EL MUNDO DE LAS SUPERCUERDAS.

SOBRE EL FUTURO DE LA TEORÍA DE CUERDAS

- **Lee Smolin, citado al principio, se muestra escéptico con respecto a los avances de la teoría.**
- **Sugiere otros caminos promisorios que han sido descuidados en razón de la atención preferencial que se brinda a la teoría de cuerdas.**

SMOLIN CONSIDERA QUE HAN PASADO MUCHOS AÑOS Y NO PUEDE DECIRSE QUE EXISTA UNA TEORÍA DE CUERDAS.

COMO MUCHAS INSTITUCIONES SE DEDICAN A ESTUDIAR ESTA TEORÍA, SIN CONSIDERAR OTRAS OPCIONES, JÓVENES CIENTÍFICOS ENCUENTRAN TRABAJO CON FACILIDAD SI SE DEDICAN A ELLA, LO CUAL NO OCURRE SI ESTÁN INTERESADOS EN UNA TEORÍA ALTERNATIVA.

DADA LA INCERTIDUMBRE QUE SE ENFRENTA, ASÍ COMO LA IMPOSIBILIDAD DE GARANTIZAR ÉXITO CON DETERMINADA LÍNEA DE TRABAJO, SE DEBERÍA APOYAR EL ESTUDIO DE OTRAS TEORÍAS DISTINTAS A LA DE CUERDAS.

EL AUTOR CONSIDERA QUE ES NECESARIO REPENSAR RADICALMENTE NUESTRAS IDEAS SOBRE EL ESPACIO, EL TIEMPO Y EL MUNDO CUÁNTICO.

X. EL GRAN COLISIONADOR DE HADRONES

- **El CERN**
- **Túnel, magnetos, detectores...**
- **Dos rayos de protones**
- **¿Nuevas partículas?**
- **Supersimetría**
- **La materia oscura**
- **Extra dimensiones**
- **¿Qué genera la masa?**

EL CONSEJO EUROPEO PARA LA INVESTIGACIÓN NUCLEAR, CERN POR SU SIGLA EN FRANCÉS, CONCLUYÓ RECIENTEMENTE LA CONSTRUCCIÓN DEL MÁS COMPLEJO Y PODEROSO ACELERADOR DE PARTÍCULAS DE LA HISTORIA, CON CUYOS SOFISTICADOS INSTRUMENTOS SE INTENTARÁ DESCIFRAR ALGUNOS DE LOS MÁS GRANDES MISTERIOS DE LA FÍSICA ACTUAL.

DOS RAYOS DE PROTONES VIAJARÁN EN DIRECCIONES OPUESTAS A UNA VELOCIDAD PRÓXIMA A LA DE LA LUZ, Y EN UN CIERTO MOMENTO SERÁN OBLIGADOS A JUNTARSE PARA PRODUCIR LA COLISIÓN DE PARTÍCULAS CON LA MÁS ALTA ENERGÍA JAMÁS ALCANZADA. ESTE CHOQUE TIENE LA POSIBILIDAD DE PRODUCIR NUEVAS PARTÍCULAS QUE SERÁN IDENTIFICADAS POR DIFERENTES DETECTORES.

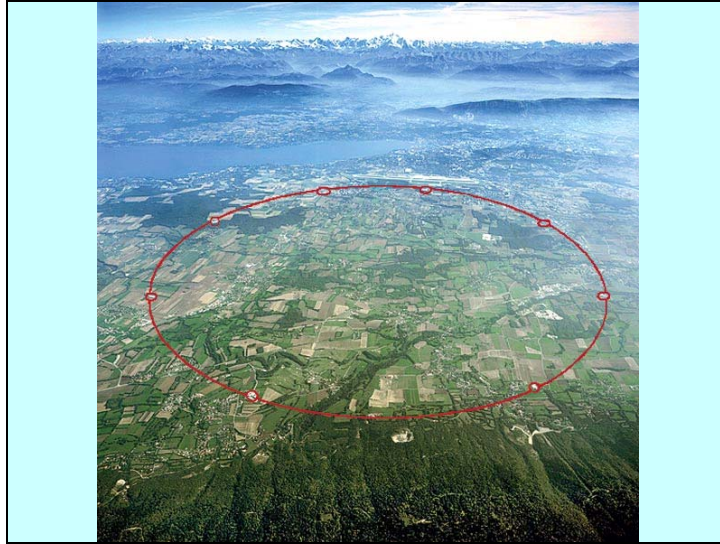
CUESTIONES QUE TAL VEZ PUEDAN DILUCIDARSE:

- EL ORIGEN DE LA MASA. PODRÍA SER GENERADA POR EL LLAMADO CAMPO DE HIGGS.

-LA EXISTENCIA DE LAS ANTIPARTÍCULAS, CONSECUENCIA DE LA EXISTENCIA NO DEMOSTRADA DE UNA SUPERSIMETRÍA EN LA NATURALEZA.

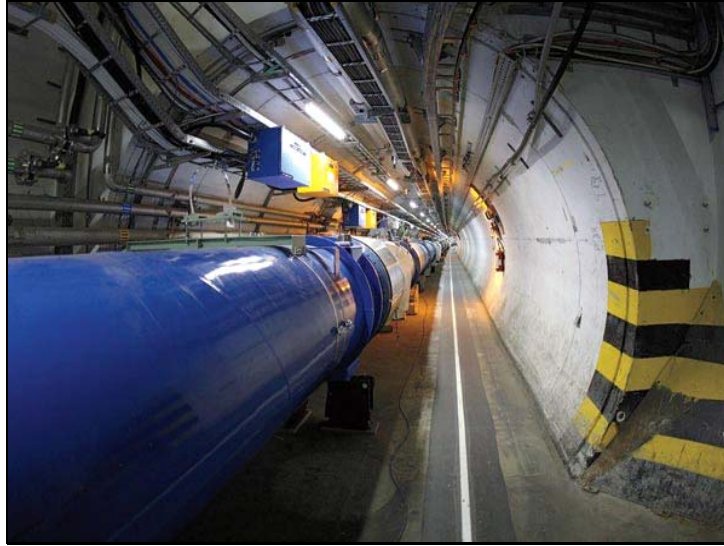
- **EXPLICACIÓN DE LA YA VISTA “MATERIA OSCURA”.**
 - **LA EXISTENCIA DE LAS EXTRA DIMENSIONES YA MENCIONADAS.**
 - **¿UNA NUEVA VISIÓN DEL UNIVERSO?**
- ÉSTA ES UNA BUENA OPORTUNIDAD PARA RECORDAR LA EXPOSICIÓN QUE ANTE USTEDES HIZO EL PROFESOR PABLO PATIÑO CON RESPECTO AL ORIGEN DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS. LES RECOMIENDO QUE REPASEN DICHA EXPOSICIÓN PUES BIEN COMPLEMENTA MUCHO DE LO DICHO HOY.**

Diapositiva 39



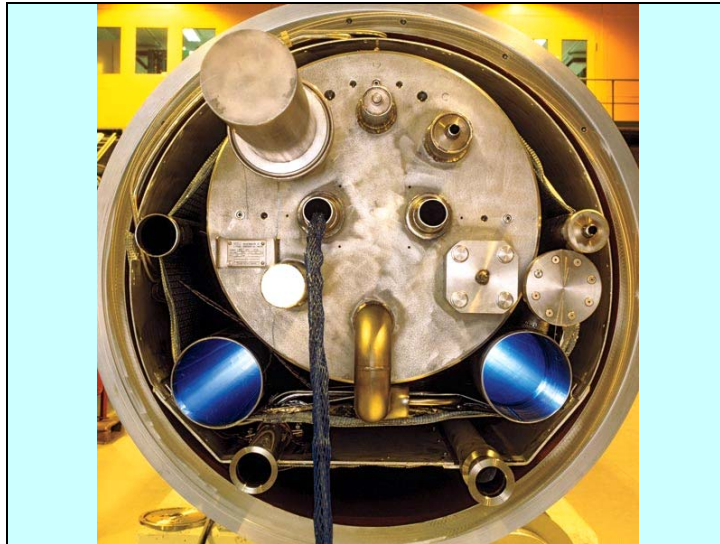
EL GIGANTESCO LABORATORIO SE ENCUENTRA A CASI 100 METROS DE PROFUNDIDAD EN LAS VECINDADES DE LA FRONTERA ENTRE FRANCIA Y SUIZA. LOS DOS RAYOS DE PROTONES SE ACELERARÁN A LO LARGO DOS TÚNELES QUE SE MUESTRAN ESQUEMÁTICAMENTE EN LA FIGURA.

Diapositiva 40



**ESTOS TUBOS ALBERGAN LOS MAGNETOS QUE CON ALTÍSIMAS
CORRIENTES ELÉCTRICAS GUIARÁN LOS HACES DE PROTONES.**

Diapositiva 41



AQUÍ SE OBSERVAN EN SECCIÓN LOS DOS CANALES A TRAVÉS DE LOS CUALES SE ACELERARÁN LOS RAYOS DE PROTONES; DE UNO DE LOS DOS CUELGA UN CABLE.

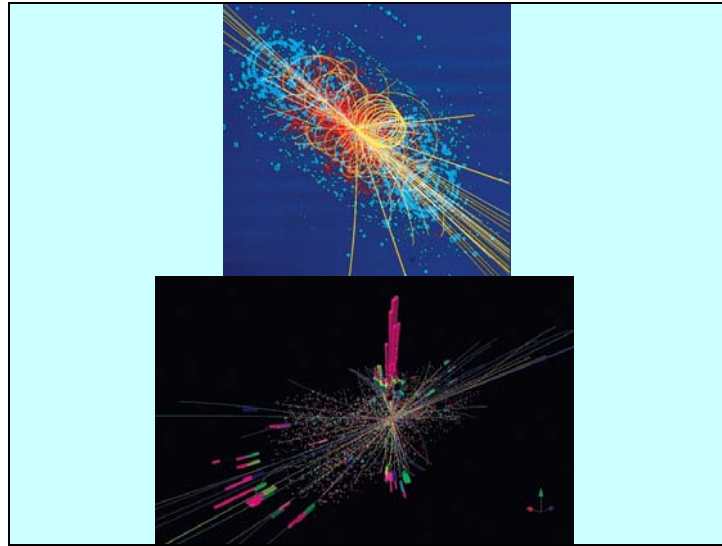
TAMBIÉN PUEDE VERSE LOS DOS TUBOS, DE COLOR AZUL, POR LOS CUALES CIRCULARÁ EL HELIO QUE ENFRIARÁ LOS MAGNETOS.

Diapositiva 42



ESTE ES UNO DE LOS DETECTORES Y ESTARÁ ENCARGADO DE DETECTAR MUONES.

Diapositiva 43



LOS DATOS OBTENIDOS POR LOS DETECTORES SERAN RECONSTRUÍDOS COMO EVENTOS QUE PUEDEN VISUALIZARSE, TAL COMO SE INDICA EN ESTAS IMÁGENES HIPOTÉTICAS.

XI. OTRAS PREGUNTAS Y...

- **Ya que el universo existe ¿por qué es así y no de otra manera?**
- **¿Por qué las leyes del universo son tales que propician la vida?**

“Somos polvo de estrellas”
Carl Sagan

AL PRINCIPIO DE NUESTRA EXPOSICIÓN PLANTEAMOS UNAS PREGUNTAS FUERTES. YA TERMINANDO, QUISIERA PROPONER A USTEDES LAS QUE APARECEN EN LA PANTALLA.

EN CIERTO SENTIDO, CABRÍA PENSAR SI LAS ACTUALES LEYES DEL UNIVERSO PODRÍAN HABER SIDO DE OTRA FORMA. EINSTEIN PREGUNTÓ ALGUNA VEZ SI DIOS HABRÍA PODIDO ESCOGER LAS COSAS DE OTRA MANERA. ¿TUVO DIOS UNA ALTERNATIVA?

EL CARBONO Y EL OXÍGENO REQUERIDOS PARA LA VIDA SE PRODUCEN EN LA FUSIÓN DE LOS ÁTOMOS DE HELIO, ALGO QUE OCURRE EN LAS ESTRELLAS DENOMINADAS GIGANTES ROJAS.

SEGÚN CÁLCULOS RECIENTES, UN CAMBIO DE 0,5 POR CIENTO EN LA FUERZA NUCLEAR FUERTE, QUE YA MENCIONAMOS, HARÍA IMPOSIBLE ESAS REACCIONES NUCLEARES Y, ENTONCES, NO EXISTIRÍA LA MATERIA PRIMA PARA LA VIDA.

ADICIONALMENTE, SI LA FUERZA ELECTROMAGNÉTICA FUESE UN POCO MÁS GRANDE, LAS ESTRELLAS NO ENTRARÍAN EN COMBUSTIÓN; Y SI

FUESE UN POCO MENOS GRANDE, LAS MOLÉCULAS NO PODRÍAN FORMARSE.

ELLO QUIERE DECIR QUE UN PEQUEÑO CAMBIO EN LAS CONDICIONES INICIALES DEL UNIVERSO PODRÍA HABER TENIDO GRANDES CONSECUENCIAS. TAL VEZ NO ESTARÍAMOS AQUÍ.

CIERTOS ASPECTOS DE LA TEORÍA DEL CAOS Y DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS MUESTRAN QUE PEQUEÑOS CAMBIOS EN CONDICIONES INICIALES PUEDEN DAR ORIGEN, EN EL LARGO PLAZO, A SITUACIONES RADICALMENTE DISTINTAS.

XI. ...ALGUNAS CONCLUSIONES

- **Se requiere un nuevo paradigma cuando una teoría vigente hace crisis en razón de nuevas observaciones**
- **Nuestro cerebro proviene de la evolución en el dominio cotidiano del planeta Tierra**
- **A veces conviene desconfiar de la intuición**
- **“La matemática como lenguaje de Dios”**

TERMINAMOS CON UNAS POCAS CONCLUSIONES.

UN MODELO DEL COSMOS HACE CRISIS CUANDO APARECEN MEDICIONES Y EXPERIENCIAS DE LAS CUALES DICHO MODELO NO PUEDE DAR CUENTA.

SE HACE NECESARIA UNA NUEVA TEORÍA, UN NUEVO PARADIGMA, RESULTADO DE LO QUE THOMAS KUHN BELLAMENTE DEFINE COMO LAS REVOLUCIONES CIENTÍFICAS. EL NUEVO PARADIGMA FRECUENTEMENTE INCLUYE AL ANTERIOR COMO CASO PARTICULAR.

EN EFECTO, LA TEORÍA NEWTONIANA PUEDE VERSE COMO UN CASO LÍMITE DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD CUANDO LAS VELOCIDADES SON ORDINARIAS O DESPRECIABLES CON RESPECTO A LA VELOCIDAD DE LA LUZ.

ASÍ MISMO, LA GEOMETRÍA EUCLIDIANA PUEDE VERSE COMO UN CASO LÍMITE DE LA GEOMETRÍA DE LOBACHEVSKI.

ES MUY SEGURO QUE A CASI TODOS NOS SORPRENDA QUE LA ACTUAL VÍSIÓN DEL UNIVERSO SE ALEJE TANTO DEL SENTIDO INTUITIVO. PERO

NO EXISTE RAZÓN PARA QUE EL UNIVERSO TENGA QUE SER DE UNA MANERA TAL QUE SATISFAGA NUESTRAS PERCEPCIONES O INTUICIONES NATURALES.

NO OLVIDEMOS QUE NUESTRO CEREBRO ES PRODUCTO DE LA EVOLUCIÓN EN UN DOMINIO EN EL CUAL EL CONOCIMIENTO DE LA MECÁNICA CUÁNTICA O DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD NO SIGNIFICABAN NINGUNA VENTAJA PARA LA SUPERVIVENCIA.

PARA HUIR DE UN DEPREDADOR, A UN ANTEPASADO NUESTRO NO LE HABRÍA SERVIDO DE MUCHO CONOCER LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD. LE BASTABA LA FAMILIARIDAD CON LA GEOMETRÍA DE SU ENTORNO, EN ESPECIAL LA DE LOS ÁRBOLES O CAVERNAS QUE LE PODRÍAN SERVIR DE REFUGIO, Y UN CIERTO SENTIDO DEL TIEMPO Y LA VELOCIDAD.

SI HUBIÉSEMOS EVOLUCIONADO HACIENDO VIAJES INTERGALÁCTICOS O EN UN MUNDO MICROSCÓPICO, TAL VEZ ENTONCES DICHAS DISCIPLINAS NOS HABRÍAN SIDO MUY FAMILIARES.

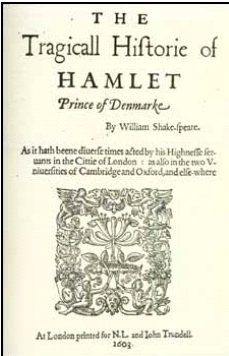
PERO LO MARAVILLOSO ES LA CAPACIDAD DEL CEREBRO PARA COMPRENDER FENÓMENOS QUE LA INTUICIÓN RECHAZA DE ENTRADA O QUE PARECEN INCONCEBIBLES. PERO EINSTEIN DECÍA QUE LO MARAVILLOSO NO ES QUE NUESTRO CEREBRO PUEDA ENTENDER EL UNIVERSO SINO QUE EL UNIVERSO SEA COMPENSIBLE.

FINALMENTE, EL CONOCIMIENTO FÍSICO DEL MUNDO HABRÍA SIDO IMPOSIBLE SIN EL AVANCE DE LA MATEMÁTICA. EINSTEIN SE QUEJABA DE NO HABER SABIDO SUFICIENTE MATEMÁTICA.

Darío Valencia Restrepo

7 de julio de 2008

Tercera versión de la conferencia presentada en la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia el 7 de noviembre de 2002.

 <p>THE Tragicall Historie of HAMLET Prince of Denmark By William Shakespeare. As it hath bene divers times acted by his Highnesse in the Citie of London: as also in the two V. universities of Cambridge and Oxford, and else where.</p> <p>At London printed for I.M. and Iohn Truvello. 1609.</p>	<p>“O God, I could be bounded in a nutshell and count myself a king of infinite space, were it not that I have bad dreams.”</p> <p><i>Hamlet, Act II, Scene II</i></p> <p>“Oh, Dios, podría yo estar encerrado dentro de una cáscara de nuez y considerarme un rey del espacio infinito, si no fuera porque tengo malos sueños.”</p>
--	--

UNA ÚLTIMA DIAPOSITIVA. ESTAS BELLAS PALABRAS HACEN PARTE DE LA OBRA “LA TRÁGICA HISTORIA DE HAMLET, PRÍNCIPE DE DINAMARCA”, DE WILLIAM SHAKESPEARE.

SON PRONUNCIADAS POR HAMLET CUANDO CONVERSA CON SUS AMIGOS ROSENCRANTZ Y GULDENSTERN. PREVIAMENTE LES HA DICHO QUE EN DINAMARCA SE SIENTE COMO EN UNA PRISIÓN.

RESPONDE LA FRASE DE LA DIAPOSITIVA CUANDO ROSENCRANTZ COMENTA QUE ES SU AMBICIÓN LA QUE LO HACE SENTIRSE COMO EN UNA PRISIÓN, ESTRECHA PARA SU MENTE.