

Draft

It is no longer a draft, but I like the label!

Spanish Teacher Programme
CERN, 11 – 16 October 2009

Follow – up
Francisco Barradas-Solas
Centro de Intercambios Escolares
Consejería de Educación
Comunidad de Madrid



Now this is not the end. It is not even the beginning of the end. But it is, perhaps, the end of the beginning.

Spanish Teacher Programme CERN, 11 – 16 October 2009



¿Y ahora qué...?

- Lo que podemos hacer en el aula
- Colaboración

¡Pero con modestia!

Hay más cosas en el mundo, y en particular en la enseñanza, que la física de partículas...

Spanish Teacher Programme
CERN, 11 – 16 October 2009



¿Y ahora qué...?

- Lo que podemos hacer en el aula
- Colaboración

Lo que podemos hacer en el aula

1. El *programa mínimo*

2. Adaptarse a la programación

3. Introducirlo en la programación

¡Pero **solos no!**

Se lo contamos a los **colegas del departamento** (¡como mínimo!)

Podemos empezar por aquí:

Revisar en colaboración con el departamento **la programación y la práctica docente** para ver si incluye los elementos **mínimos** de la física de partículas para todos los niveles y a partir de ahí...

Colaboración: ¿grupo de *Google*?

1. El *programa mínimo*

Habrá gente que no pueda o no quiera hacer otra cosa, pero ***no se puede*** ignorar lo que hemos aprendido estos días...

Un paso más allá de Rutherford, pero la idea es la misma.

(Friedman, Kendall & Taylor. SLAC – MIT ca. 1970)

Dentro de los protones hay algo duro...

Elementos *mínimos* de la física de partículas

En grado de profundidad creciente
(cada nivel supone el anterior)

1

Los **bloques mínimos** de los que está hecho el todo en el universo son las **partículas elementales**.

Muchas de estas partículas **se detectan** rutinariamente no sólo en los laboratorios científicos sino en los hospitales, etc.

2

Todo está hecho de partículas elementales; no sólo la materia, también la radiación.

Incluso ***las partículas son responsables de las interacciones*** (mediante el mecanismo de intercambio; las fuerzas electromagnéticas, por ejemplo, se deben al intercambio de fotones).

3

Hay dos grandes **grupos de partículas elementales**, las partículas que componen la **materia** y las que componen la **radiación** (EM) y son responsables de las **interacciones** (bosones intermediarios, como el fotón).

Dentro de las **partículas “materiales”** hay a su vez dos tipos: los **quarks** (de los que están hechos protones y neutrones) y los **leptones** (como el electrón).

El **método** (principal, no el único) utilizado para investigar la estructura de la materia a estas escalas es la **colisión de partículas**. Parte de la energía cinética con la que chocan las partículas en los aceleradores se emplea en la creación de nuevas partículas “de la nada”.

2. Adaptar la programación

Sin necesidad de alterar la programación más allá del programa mínimo se puede conseguir mucho.

La consigna es *sustituir los choques de coches por colisiones de partículas...*

Ver, por ejemplo:

Viaje al corazón de la materia:

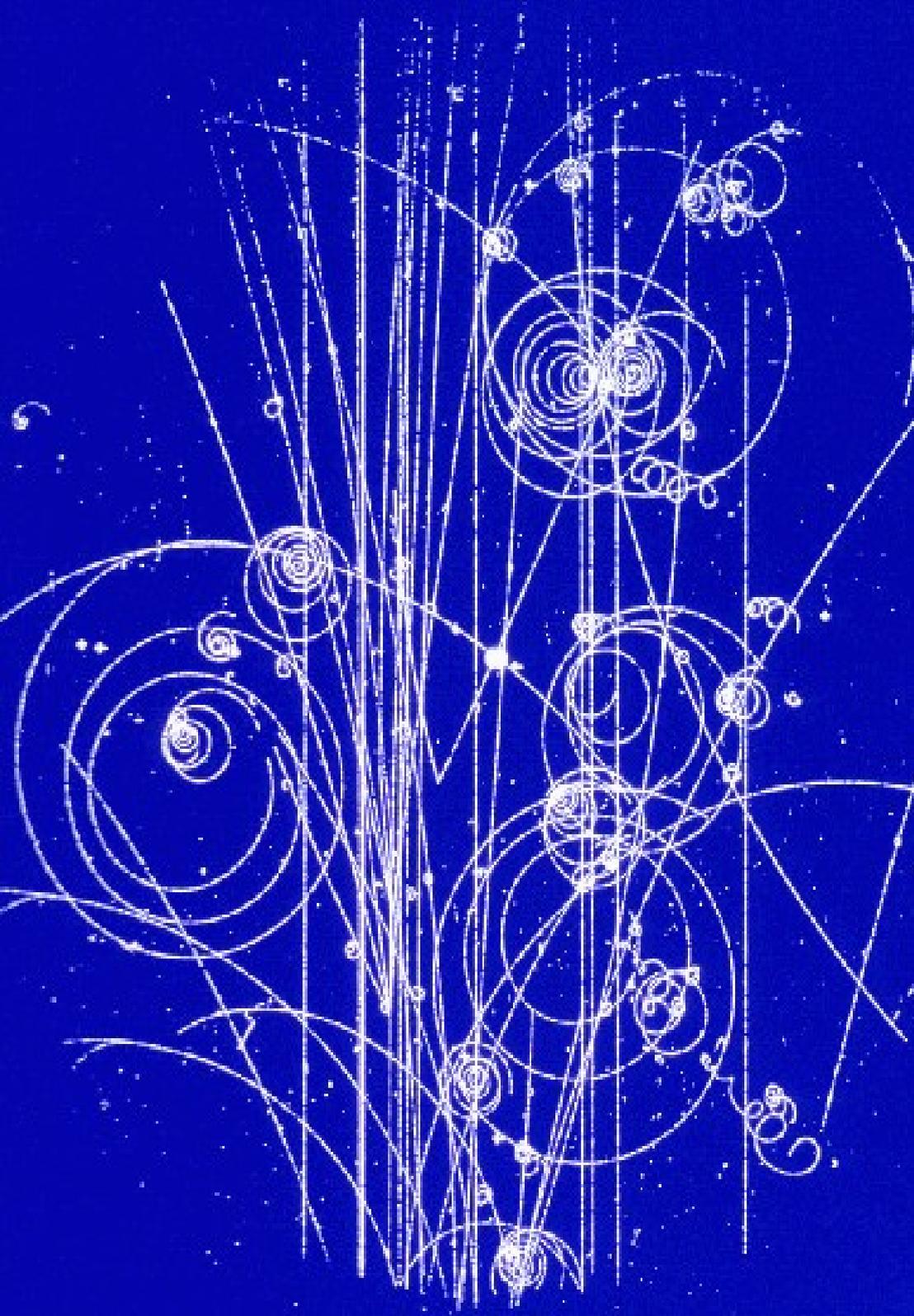
Física de partículas en el Instituto

3. Introducir la física de partículas en la programación de manera explícita

Lo que no excluye el camino 2.

Hay quien lo hace...

Una propuesta
del tipo 2:



Partículas de verdad

agujeros

Higgs

negros

antimateria

muones

gluones

gravitinos

supercuerdas

branas

quarks

fotones

electrones

**agujeros
de gusano**

**agujeros
negros**

Higgs

antimateria

muones

gluones

quarks

fotones

electrones

antimateria

muones

Partículas de verdad

fotones

electrones

antimateria

muones

Partículas de verdad
Ver para creer

fotones

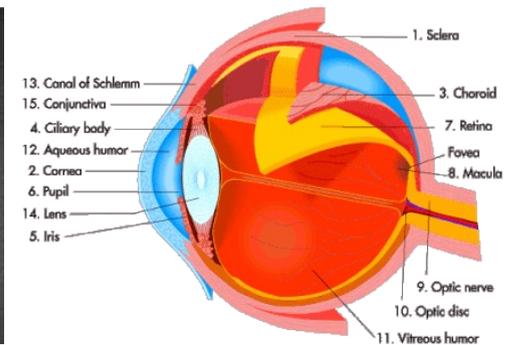
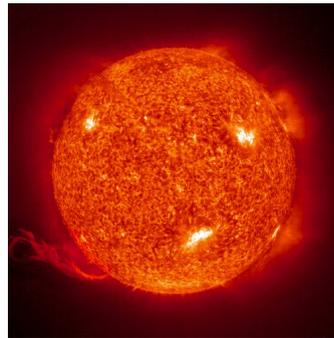
electrones

Candidatos para la detección fuera de los grandes laboratorios

Fotones

Ventajas:

- No hay escasez
- Tenemos detectores



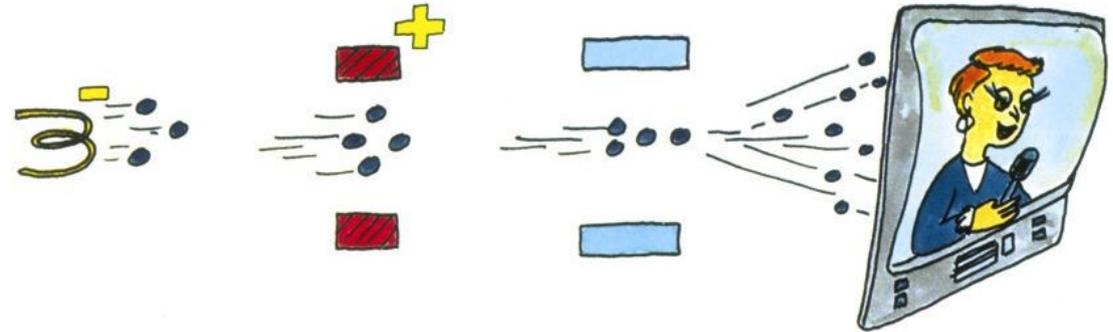
Inconvenientes: Demasiados fotones... **No nos sirven**

¿Y los electrones?

Electrones

Ventajas:

- No hay escasez
- Tenemos detectores

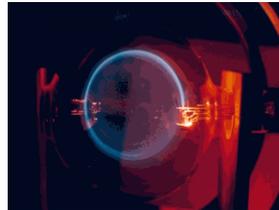


Inconvenientes:

- Demasiados electrones... **No nos sirven**

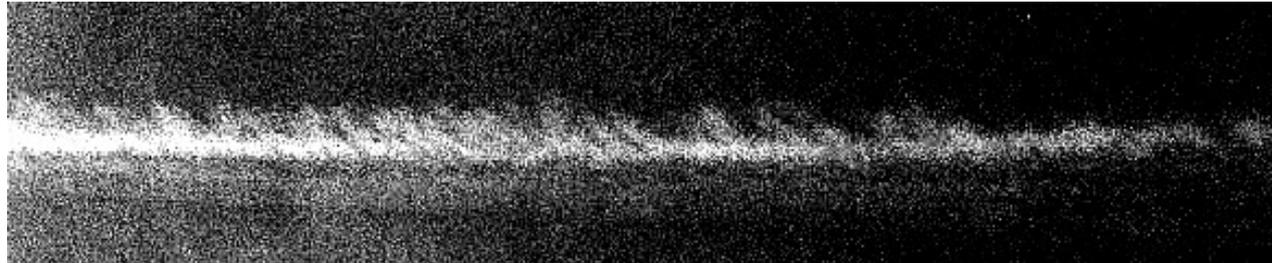
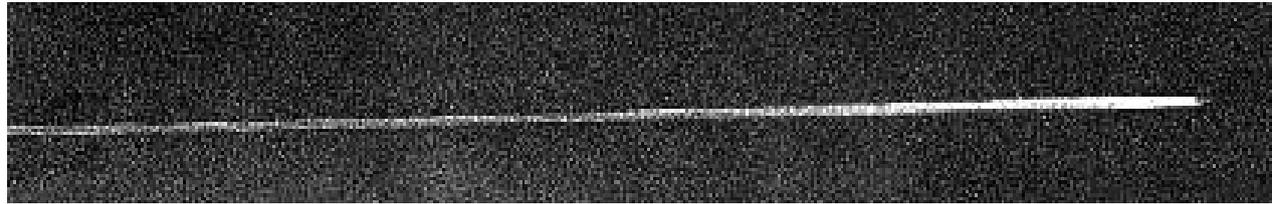
Aunque hay otra posibilidad...

Usar tubos de rayos catódicos especialmente diseñados como los que se encuentran en muchos Institutos.



Pero hay otra posibilidad...

Podemos construir un detector casero, una ***cámara de niebla***, en la que se observan cosas como éstas:



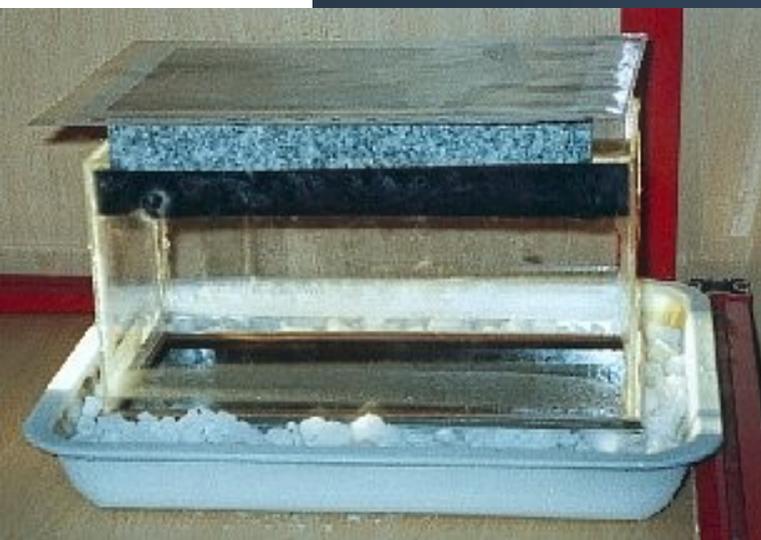
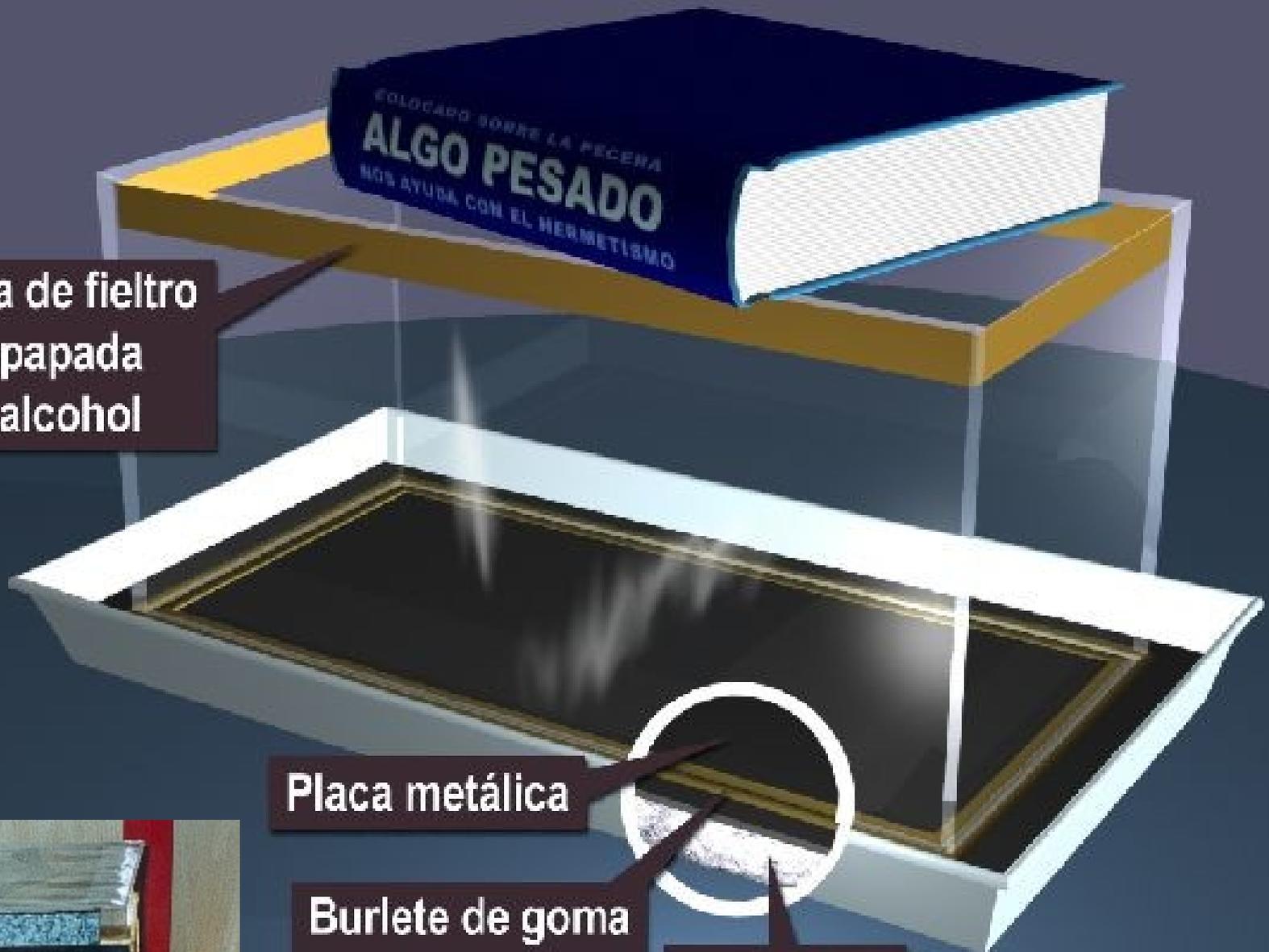
¡Se parecen a las estelas de los aviones!

Tira de fieltro empapada de alcohol

Placa metálica

Burlete de goma

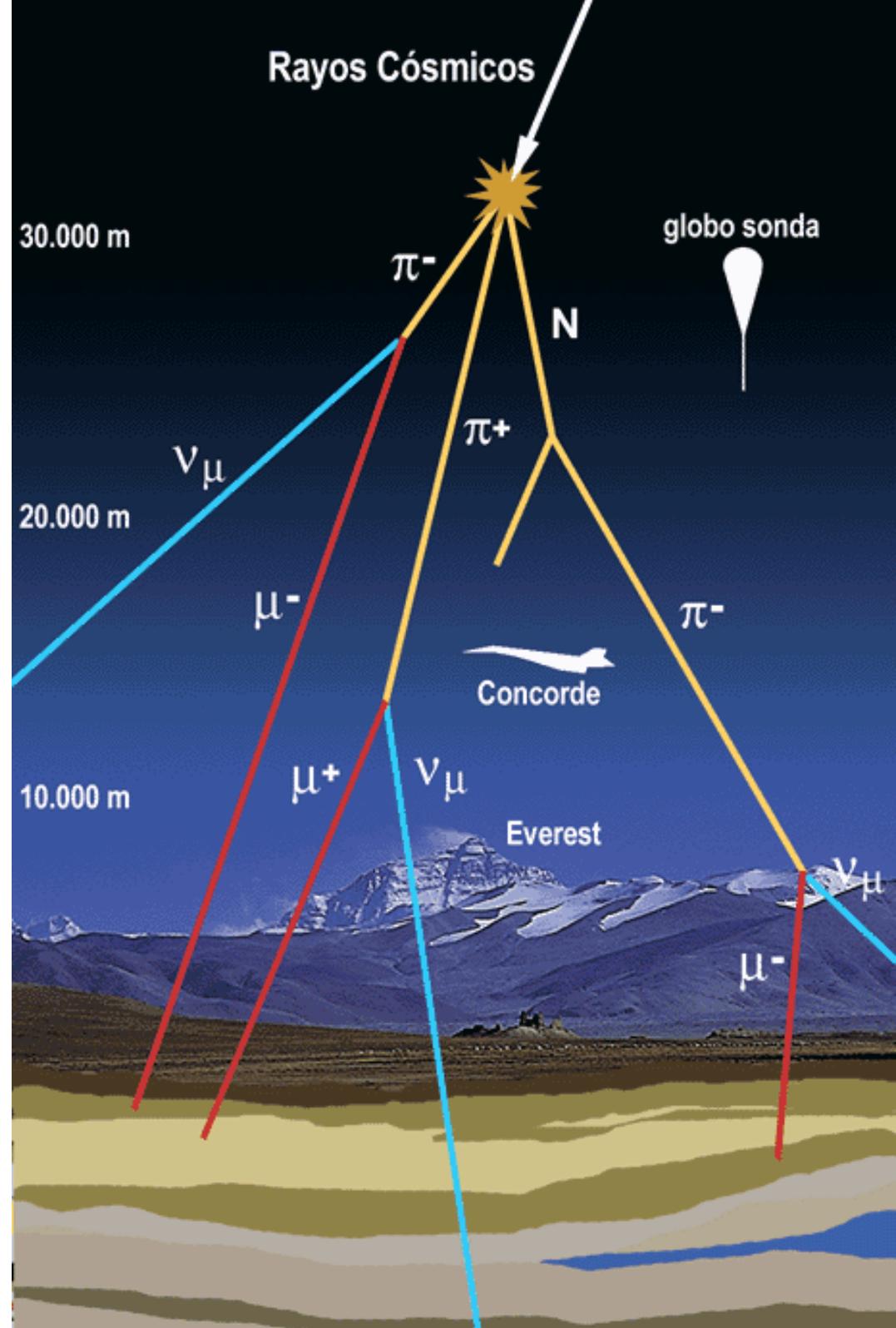
CO₂ sólido



En la cámara cerrada se va evaporando el alcohol y el más cercano al fondo se enfría hasta que el vapor de alcohol está sobresaturado y entonces...

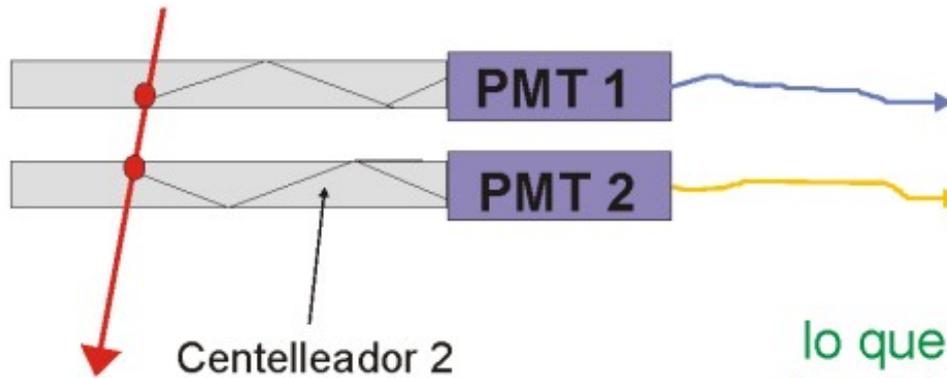


Se puede comprobar (ver más adelante) que la mayoría de las partículas detectadas son **muones** (μ) de los rayos cósmicos secundarios



Nuestro detector de rayos cósmicos

Se basa en el modelo que el LBNL (Laboratorio Nacional Lawrence de Berkeley, en los Estados Unidos de América) ha desarrollado para que pueda ser construido (¡con ayuda!) por profesores de Instituto y usado por sus alumnos.



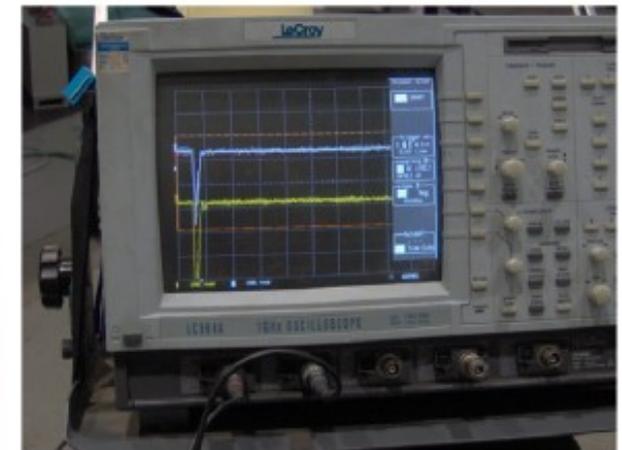
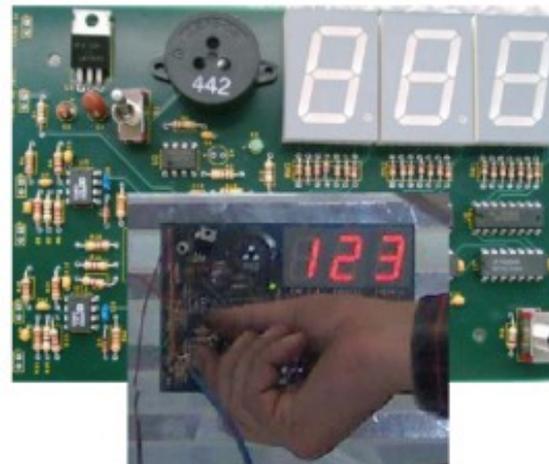
Las señales eléctricas pueden verse en un osciloscopio

...o se pueden llevar a un circuito para procesarlas,

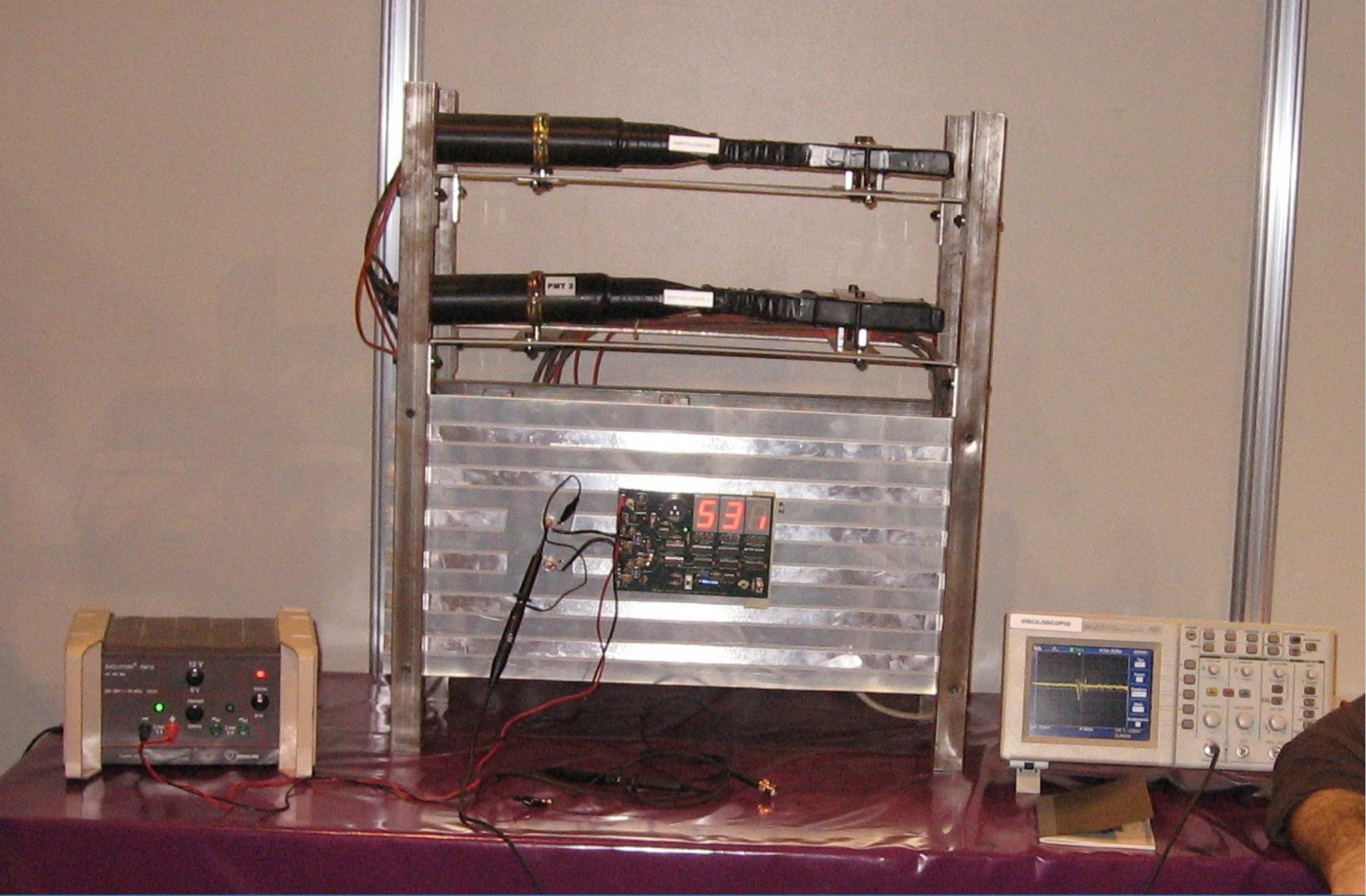
lo que permite contar las coincidencias y así poder estudiarlas.

Una **partícula** cargada de alta energía atraviesa dos “plásticos centelleadores” y produce en cada uno de ellos un pequeño destello de luz (●) que los “fotomultiplicadores” (PMT) transforman en una señal eléctrica (una corriente)

Exigir la coincidencia entre dos detectores para registrar una partícula nos ayuda a descartar “falsos positivos”.



donde es fácil ver cuándo hay una coincidencia.



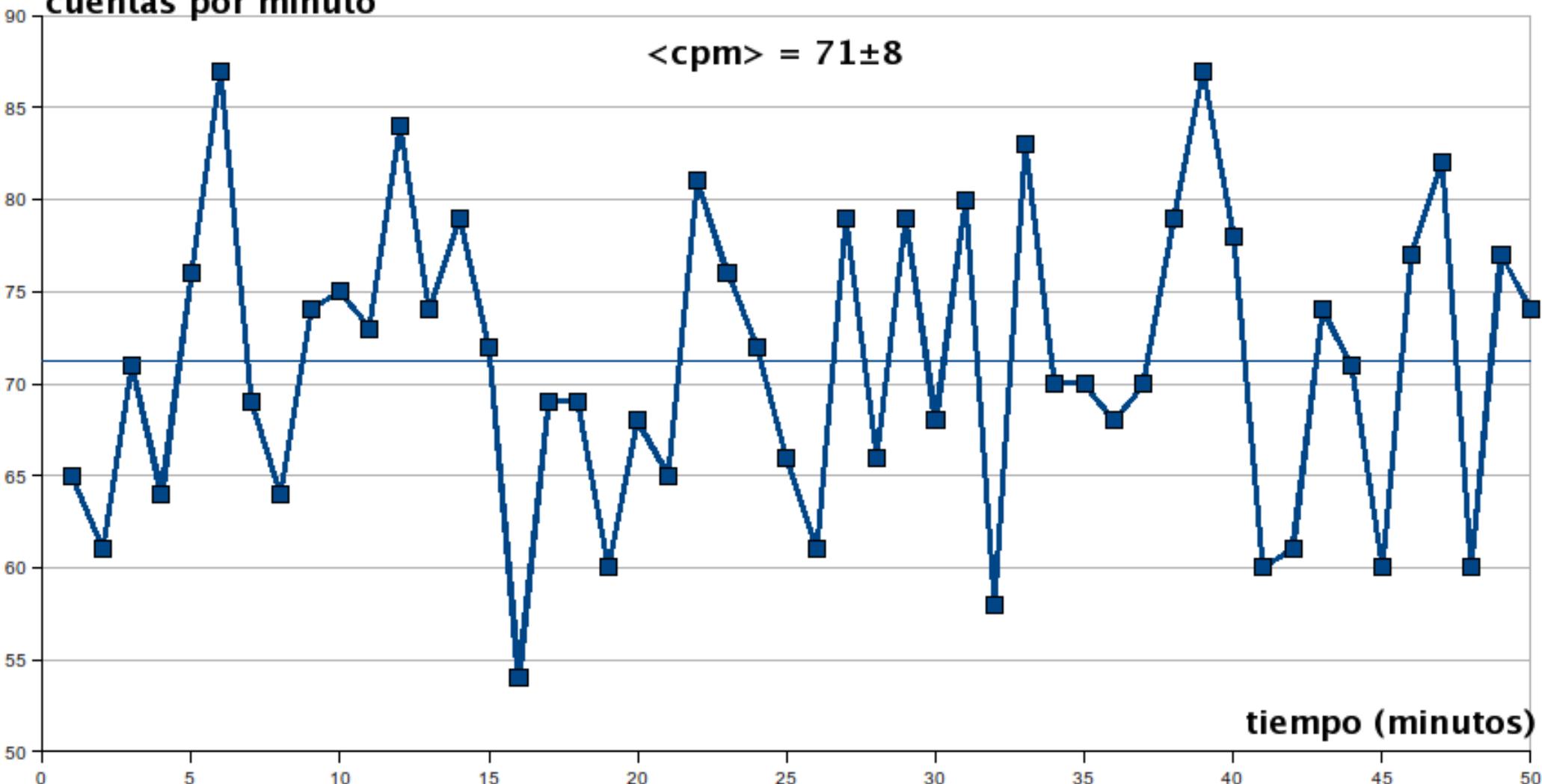
¡Gracias a Luciano Romero (CIEMAT, Madrid)!
y a Antonio Ferrer del IFIC, Valencia.

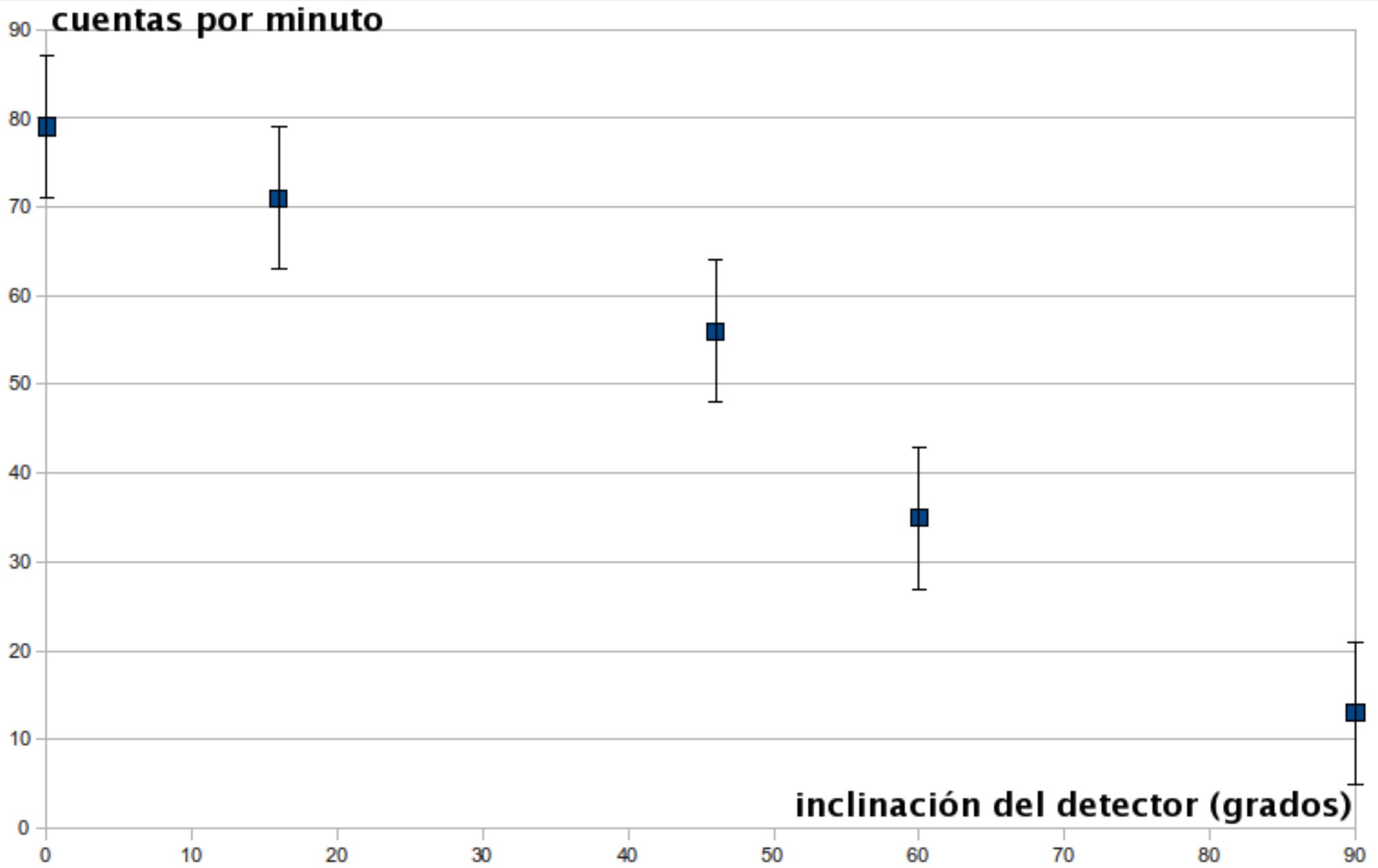
Datos tomados por alumnos de 2º de Bachillerato Del I. E. S. "Alpajés" de Aranjuez (Madrid)

cuentas por minuto

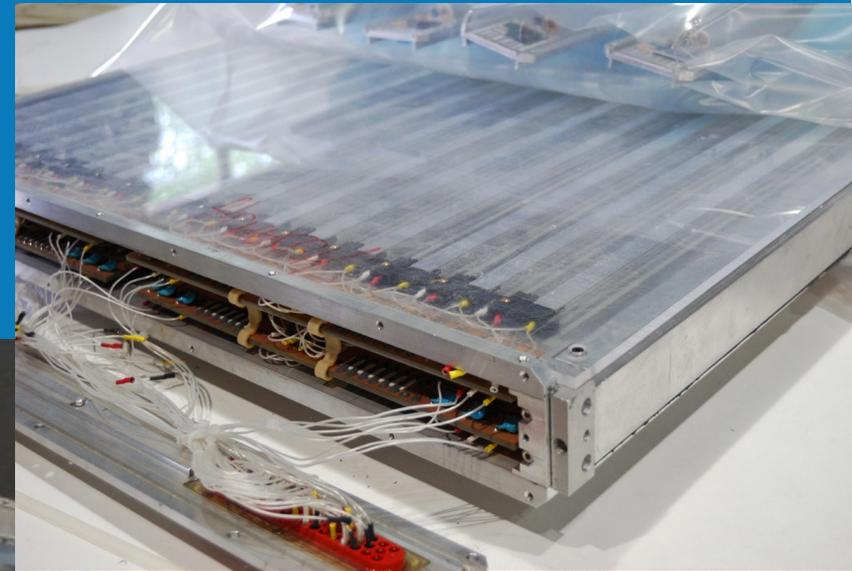
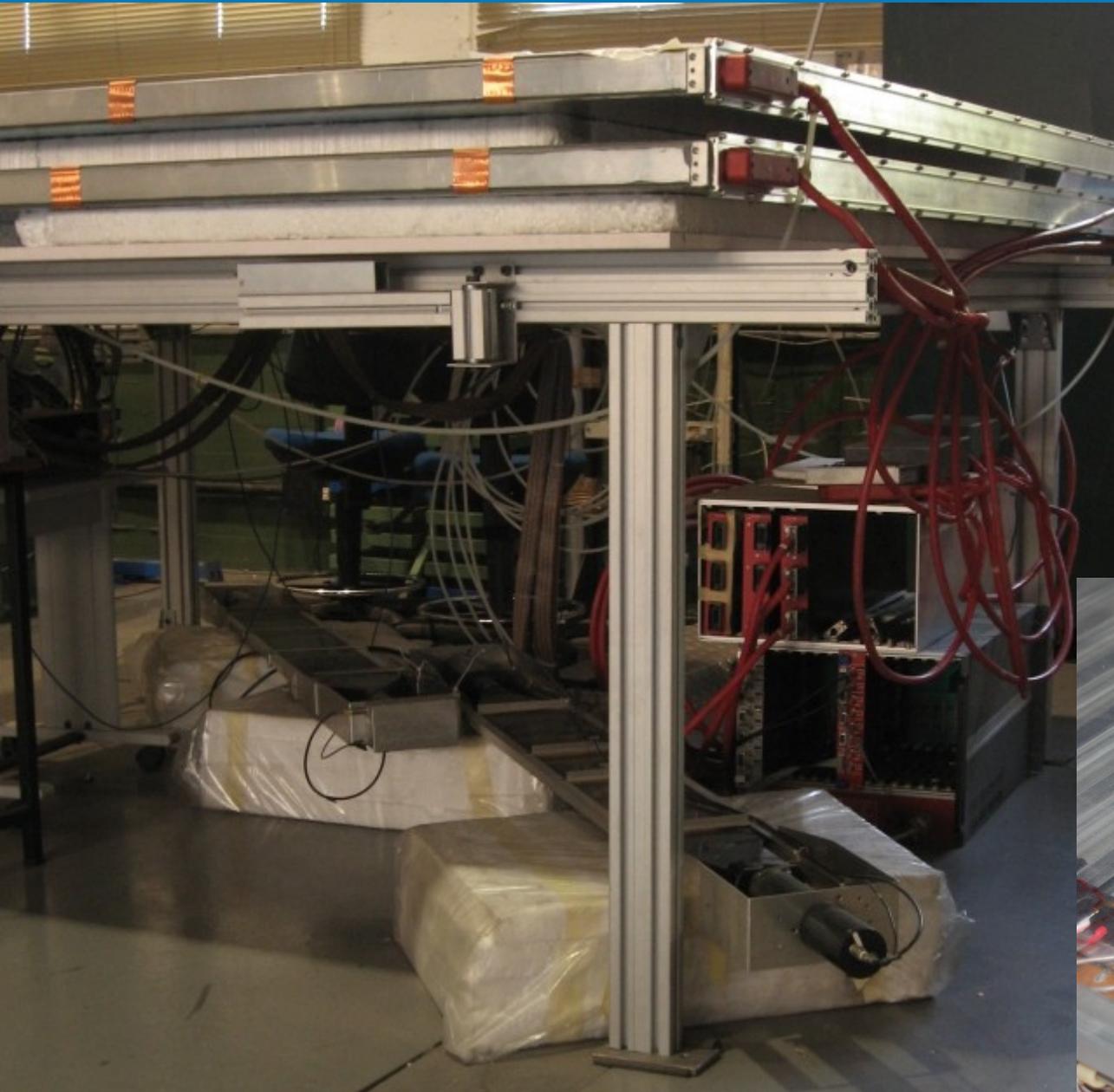
$\langle \text{cpm} \rangle = 71 \pm 8$

tiempo (minutos)





Cámaras de deriva del detector CMS. CIEMAT - Madrid



Detalle de los
hilos





Estación de muones
cósmicos hecha con los
mismos ingredientes:

Dos camaritas arriba
(para medir el paso de
las partículas cargadas
en dos dimensiones) y
otras dos abajo, para
buscar coincidencias

CIEMAT, Madrid

¿Se podrá acceder a los
datos *remotamente*?

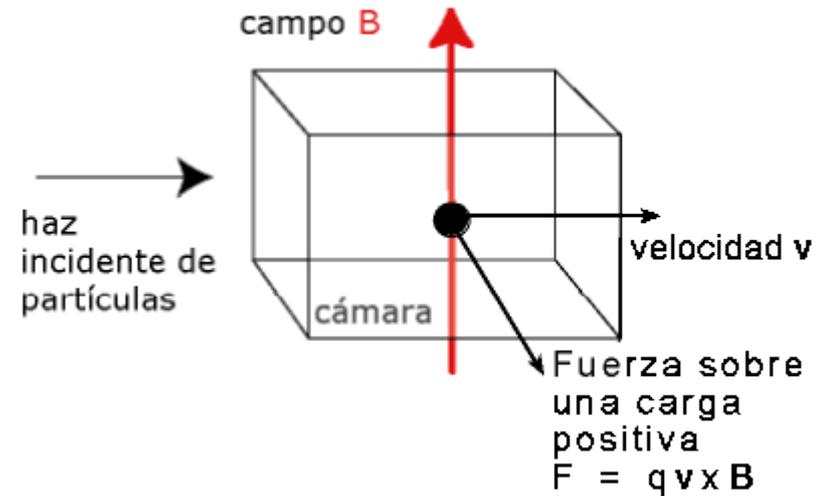
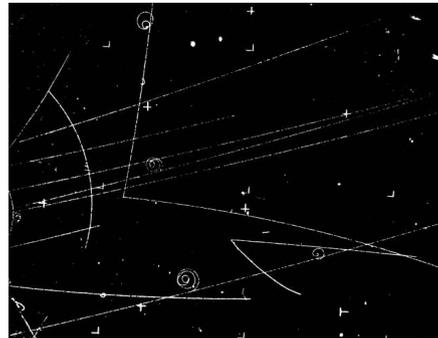
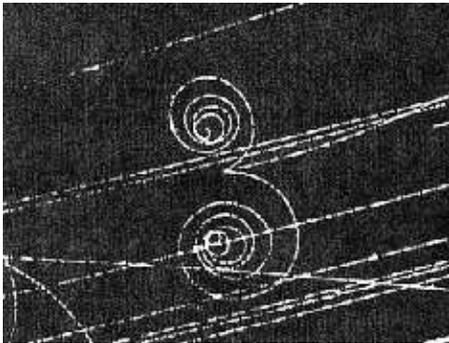
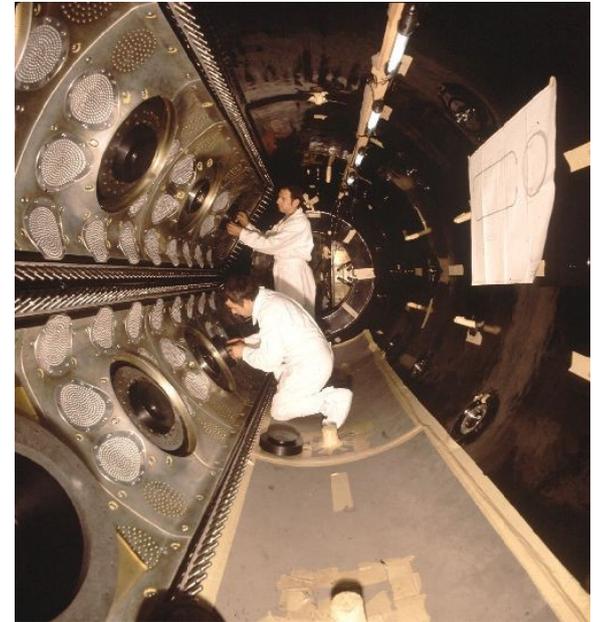
Partículas de verdad ¿para qué?

- Ver para creer...
- Aprender Física:
 - **Mecánica clásica**
 - **Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos**
 - **Leyes de conservación**
 - Relatividad especial
 - Mecánica cuántica
 - Antimateria
 - Incluso, claro, Física de partículas...

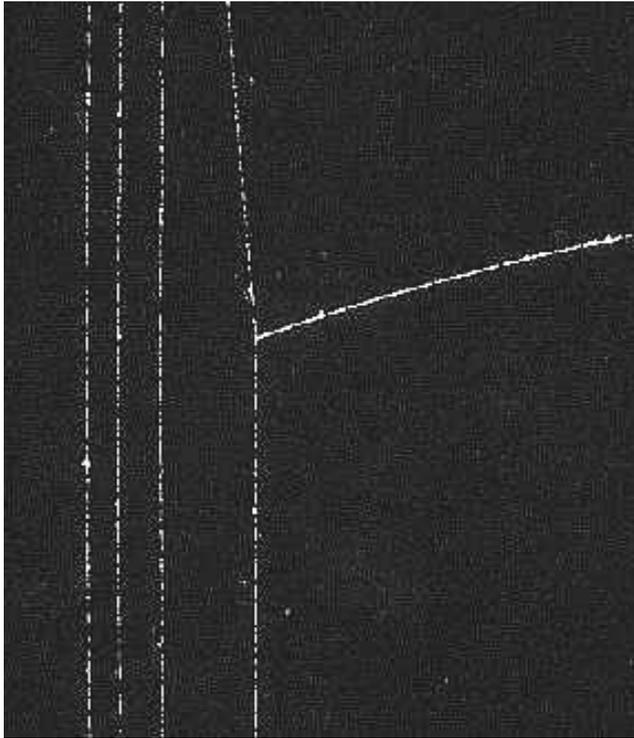
¿Cómo?

Con imágenes y datos de ***cámaras de burbujas*** u otros detectores

Una cámara de burbujas es el inverso de una de niebla: en una cámara llena de un líquido sobrecalentado, las partículas cargadas dejan trazas de burbujas



Mecánica clásica (billar subatómico)

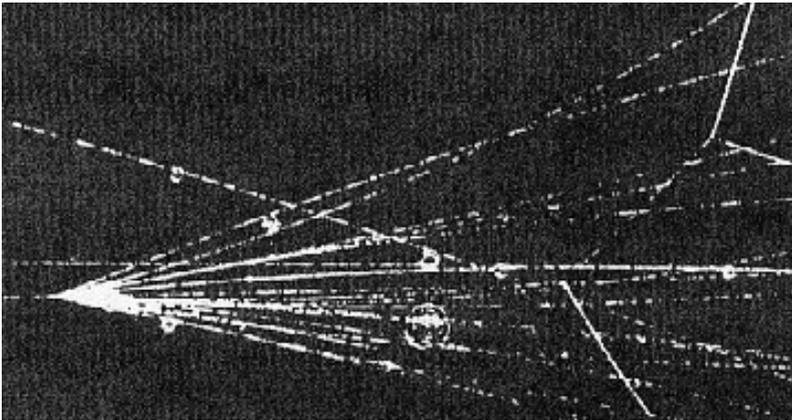


Cuatro protones entran en una cámara de burbujas llena de hidrógeno líquido (van de abajo hacia arriba).

Uno de ellos choca con un protón estacionario del líquido y lo pone en movimiento.

La colisión se puede analizar mediante la mecánica clásica: es un choque elástico en el que se conservan el momento y la energía.

Pero no siempre es billar...
($E = mc^2$ en acción)



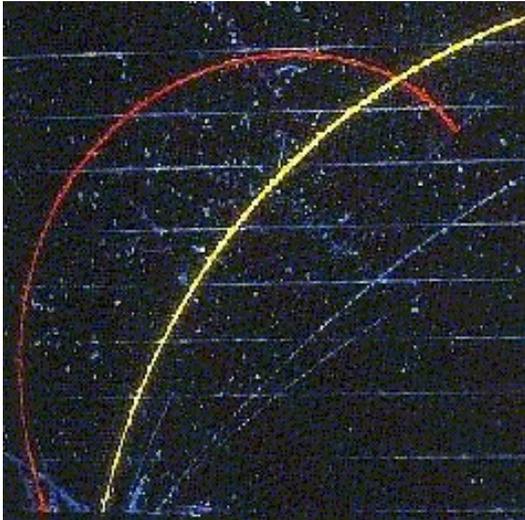
Ahora en el choque se han “producido” al menos dieciséis partículas que no existían antes de la colisión.

Es un caso claro de “conversión” de energía cinética en masa.

Pero hay más; otra partícula (la que entra oblicuamente por arriba) sí se comporta como una bola de billar. Todo depende de la energía...

La fuerza de Lorentz

(movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos)

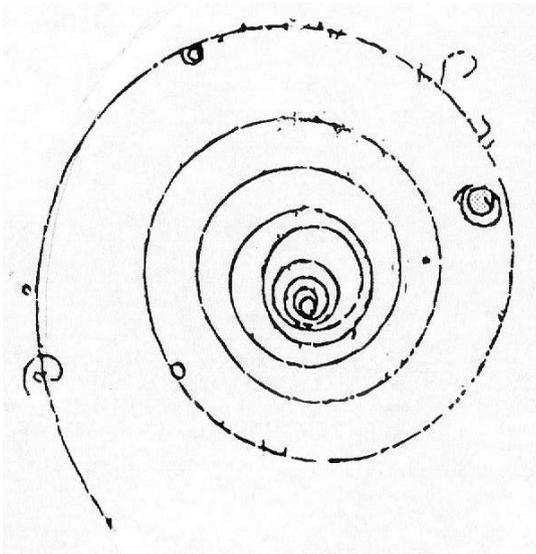


Cuando una partícula cargada entra en un campo magnético con una velocidad perpendicular a él, comienza a describir una trayectoria circular de radio

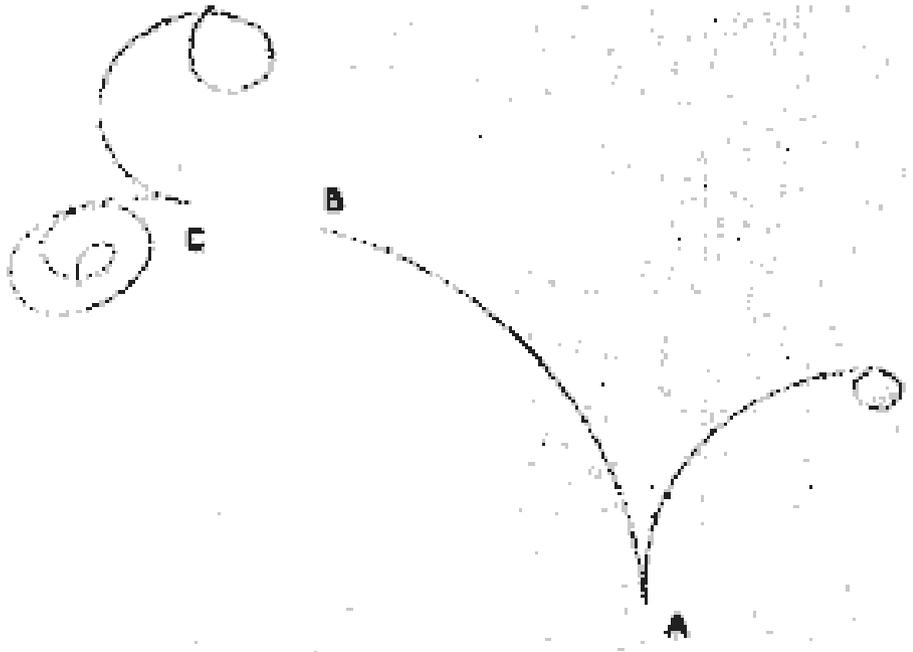
$$R = p/qB,$$

donde p es el momento lineal, q la carga eléctrica y B el campo.

En una cámara, las partículas van perdiendo energía y momento, R disminuye...



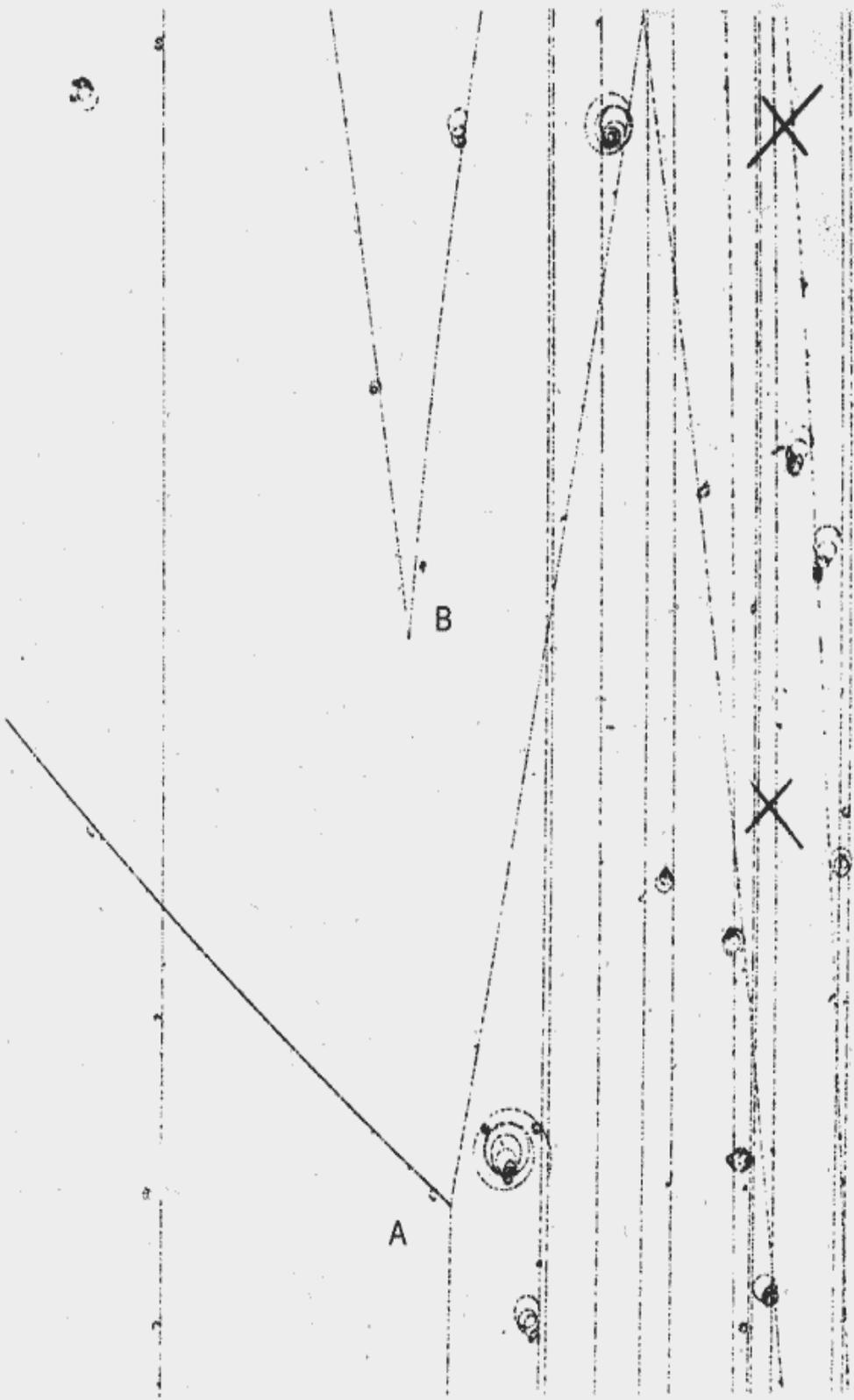
Antipartículas y conservación de la carga y el momento lineal



Por debajo entra un fotón que la cámara no registra (no tiene carga!) que en *A* da lugar a un par $e^+ - e^-$ que giran en sentidos opuestos.

El positrón se aniquila en *B* con un electrón atómico. Uno de los fotones producidos da lugar en *C* a otro par electrón - positrón.

Y así podríamos seguir...

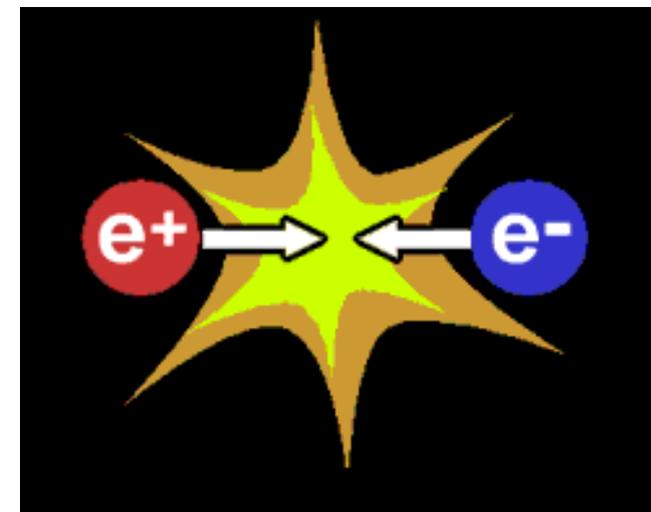


Un haz de kaones negativos entra en una cámara de burbujas de hidrógeno líquido.

¿Qué podemos hacer con esta imagen y los datos (momentos y energías de las partículas registradas) que la acompañan?

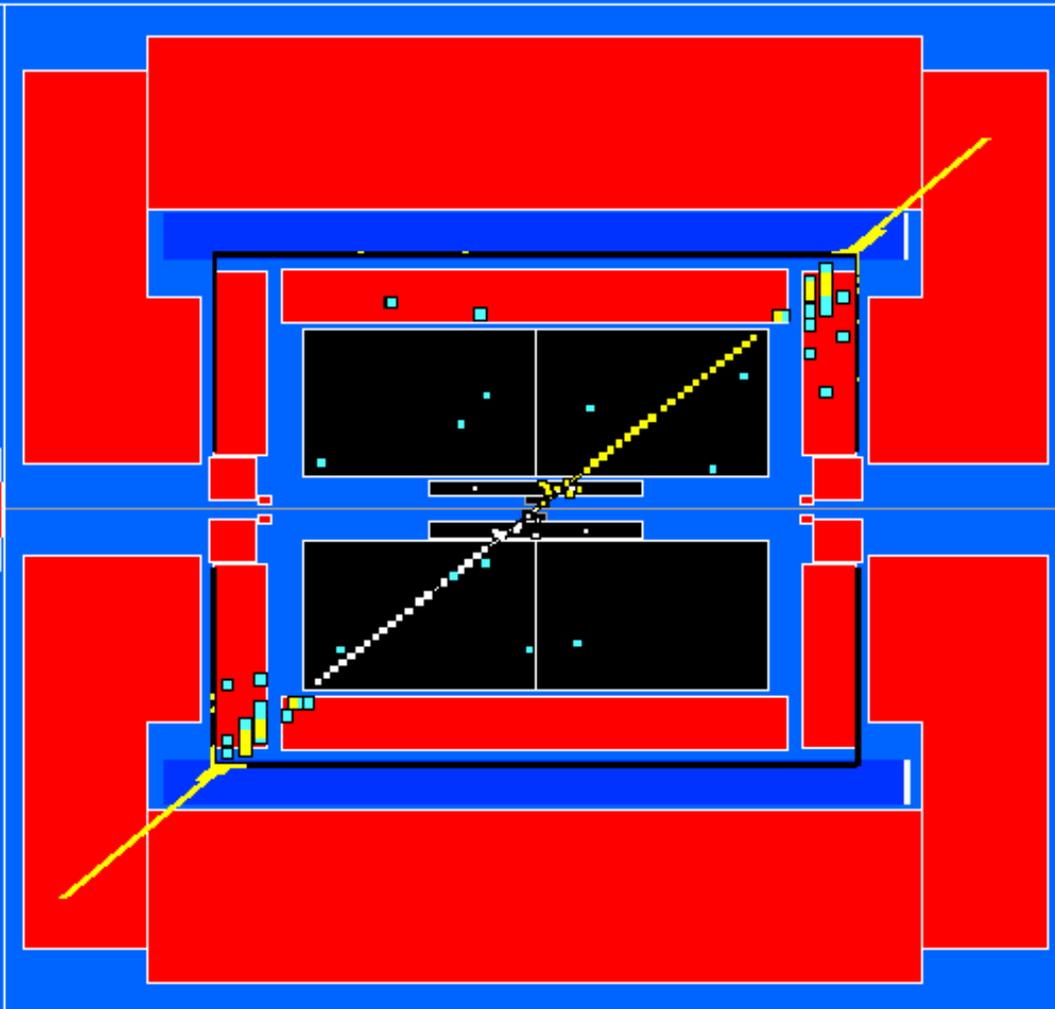
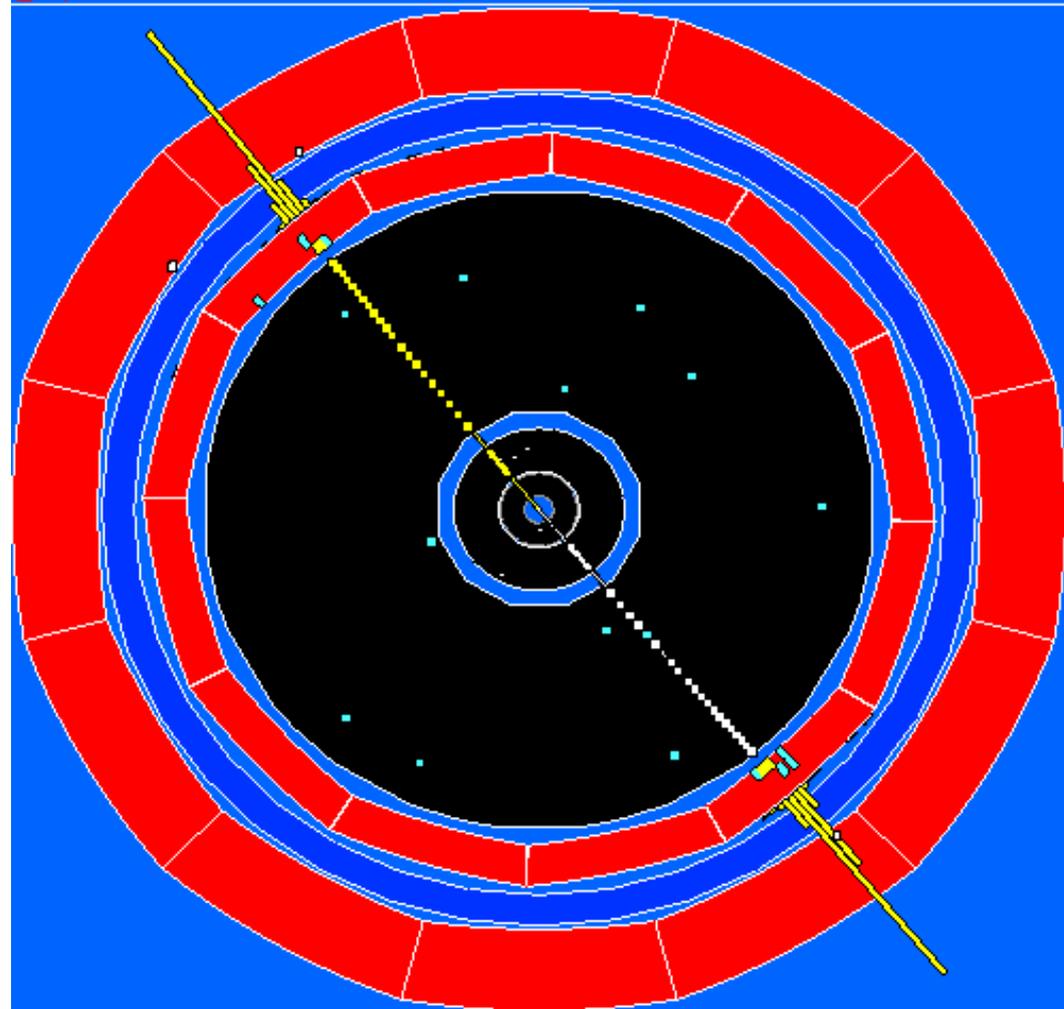
Conservación del momento lineal

Detector ALEPH, LEP

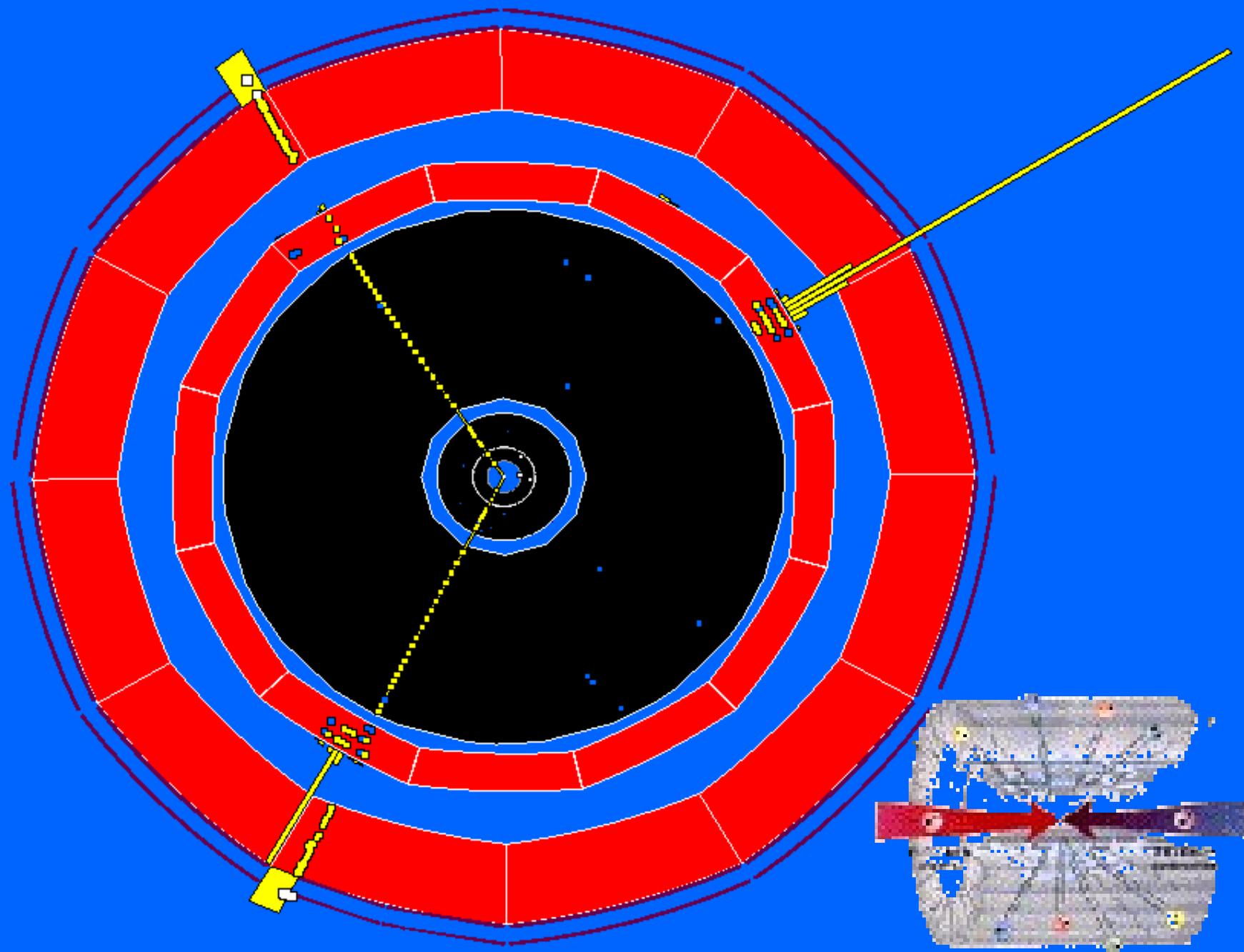


 ALEPH DALI

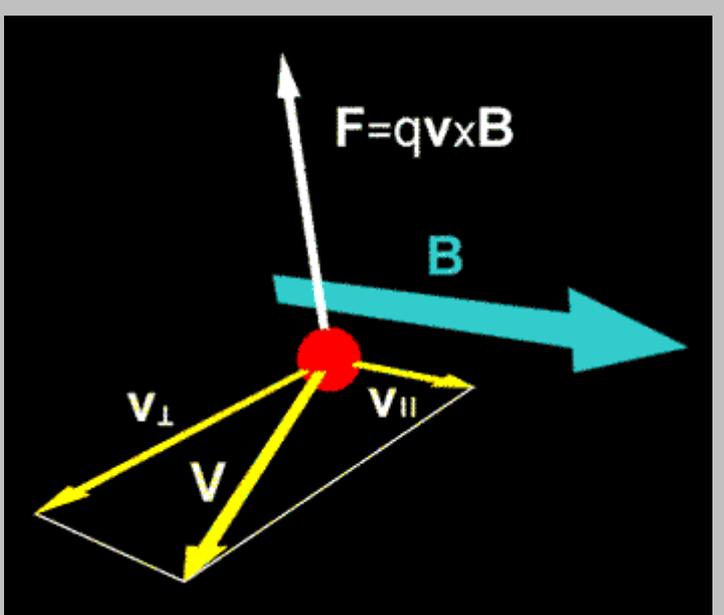
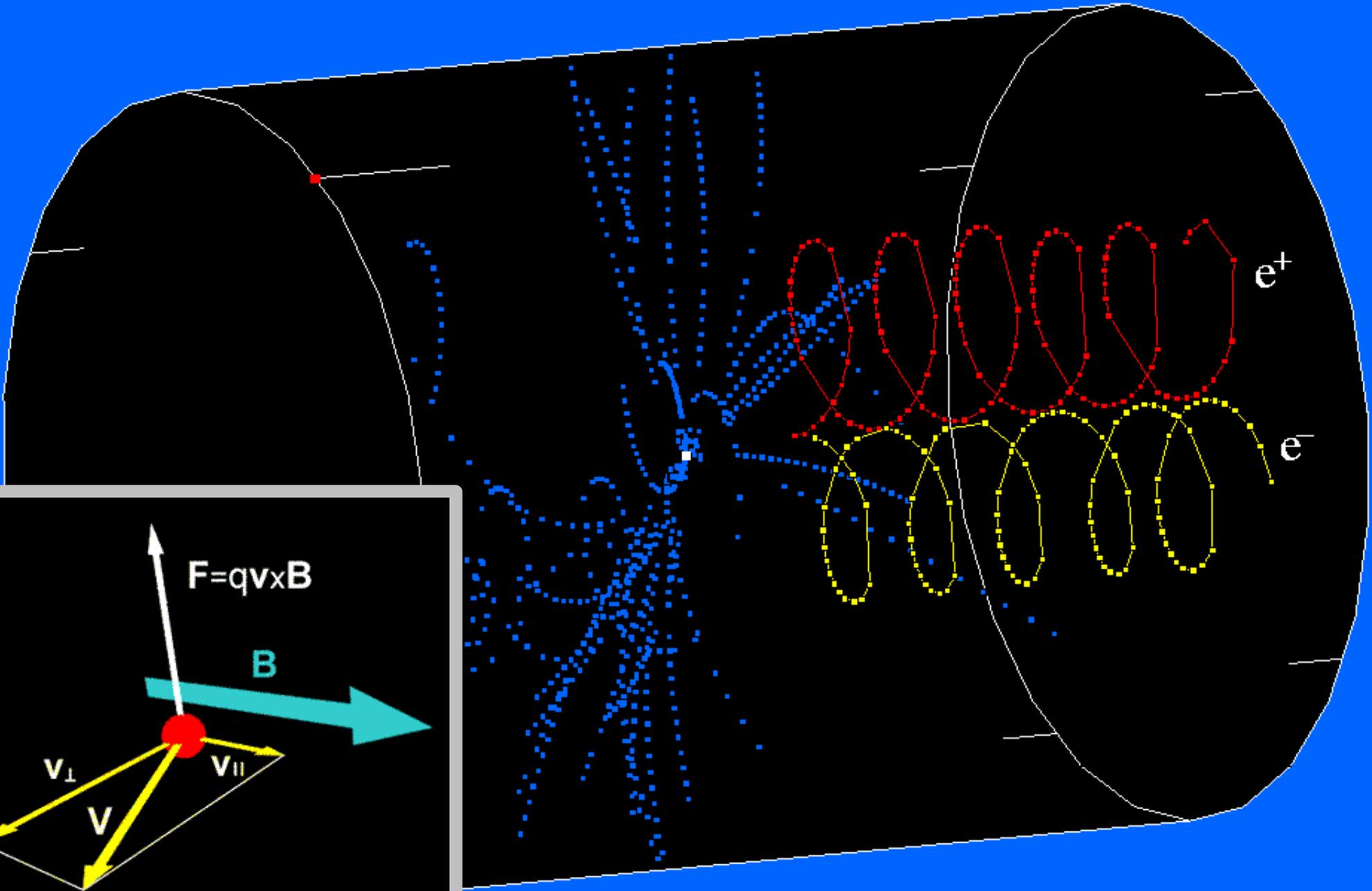
Run=15995 Evt=5435



Otra de conservación del momento lineal



Movimiento de partículas cargadas en campos magnéticos



Materiales:

HST: teachers.web.ch

CERN: www.cern.ch (*Aleph*, CDS...)

QuarkNet: quarknet.fnal.gov

Acercándonos al LHC:

http://www.lhc-closer.es/index_es.html

Moi - même

<http://palmera.pntic.mec.es/~fbarrada/>

■ ■ ■

Otros enfoques: Ciencia y ficción:

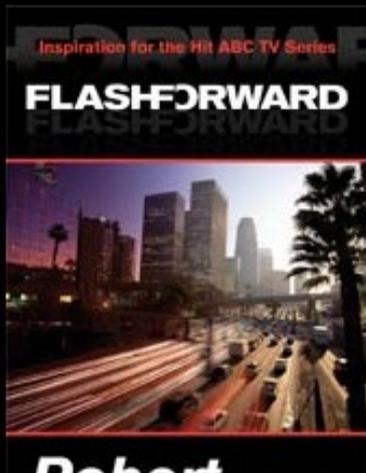
European Organization for Nuclear Research

SCIENCE AND FICTION: FLASHFORWARD



CERN > FlashForward

Two minutes and seventeen seconds that changed the world...



Robert Sawyer's novel FlashForward is currently being transformed into a big budget [ABC TV series](#). Sawyer's story follows a research team using the particle accelerator at CERN in pursuit of the elusive Higgs Boson, a theoretical subatomic particle. But instead of finding the Higgs, the consciousness of the entire human race is thrown ahead by twenty-one years.

Chapter excerpts:

[Chapters 1 and 2](#)
[Chapter 12](#)

SCIENCE BEHIND THE STORY



CERN physicist John Ellis talks about the science behind the FlashForward story.

http://www.uslhc.us/lhc_in_flashforward

<http://flashforward.web.cern.ch/flashforward/>

<http://newscenter.lbl.gov/feature-stories/2009/09/17/flashforward/>

Física de partículas y medicina:

<http://palmera.pntic.mec.es/~fbarrada/aula/aula0.html>

– Física de partículas y medicina

Se trata de encontrar la relación entre una noticia de prensa que habla de la extensión de la tomografía de emisión de positrones como técnica diagnóstica y las dificultades que supone su alto coste con la imagen de un suceso en el colisionador LEP del CERN.

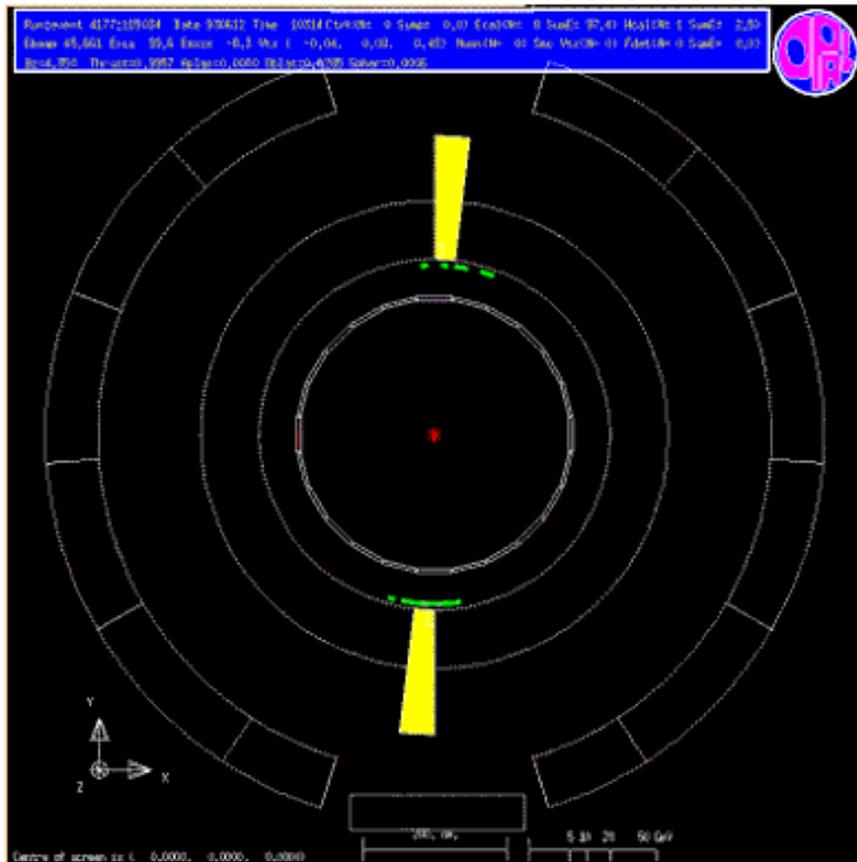


Foto CERN

Reconstrucción de un suceso en el colisionador LEP del CERN. En el punto rojo del centro se han hecho chocar un electrón y un positrón.

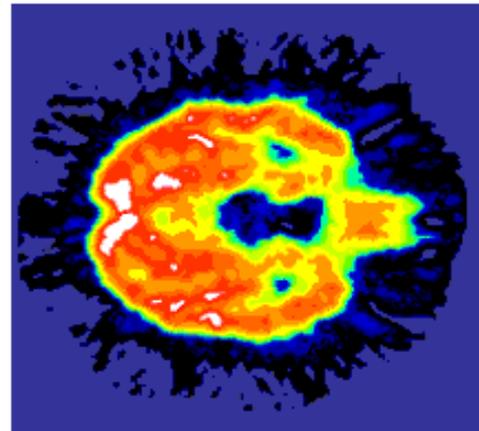


Foto Brunel University

Imagen del cerebro por escáner PET. Se usan para el diagnóstico médico y para investigar, por ejemplo, cómo cambia cuando se piensa o se lee...

A primera vista, la relación puede no existir, pero cuando se rasca un poco la superficie, sí aparece un enlace directo y natural... Tal como se empleó en el aula, los alumnos sabían interpretar las imágenes del detector (ver la sección 2.4 de la Introducción para alumnos y las secciones 4.2.2b y 3.2 de la Introducción para profesores)

**Otras cosas en
las que podéis
participar al
volver**

Exposición fotográfica sobre el CERN: pronto en Madrid ¡Habrá visitas guiadas! Jesus.Puerta.Pelayo@cern.ch

http://www.i-cpan.es/ginter/

CPAN - Exposición: El CERN ... Correo dinámico :: Entrada (... CERN - Physics Department



El CERN a través de los ojos de Peter Ginter, la visión de un poeta

A pocos kilómetros de la orilla del lago de Ginebra, el laboratorio de física de partículas más grande del mundo está inmerso en una misión fundamental - descubrir de qué está hecho el Universo y cómo funciona. Durante más de medio siglo, el CERN, la Organización Europea de Investigación Nuclear, ha explorado las fronteras de la ciencia. Para llevar a cabo esta investigación, el CERN fomenta la comunicación entre naciones, amplía las fronteras de la tecnología, y participa en la formación de futuros científicos.

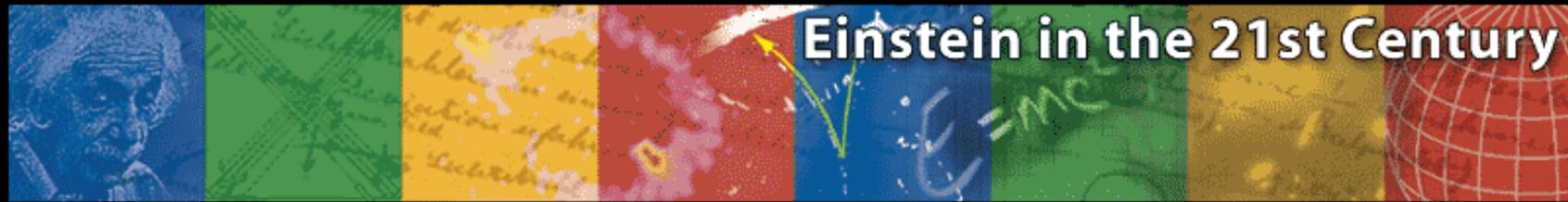
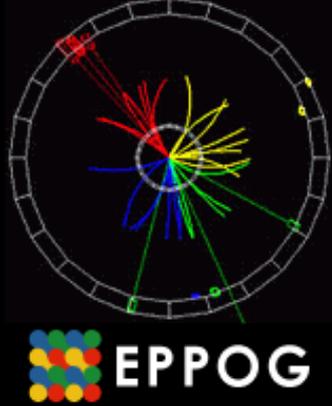
LA EXPOSICIÓN **FECHAS Y LUGARES** **GALERÍA** **PETER GINTER** **PATROCINADORES Y COLABORADORES**



chocan las partículas, arrojando luz sobre los misterios de la materia y el Universo.

El Proyecto CPAN (Consolider-Ingenio 2010) trae a España una exposición itinerante de fotografías al aire libre realizadas por Peter Ginter sobre las labores de construcción del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) y sus detectores situados en el CERN (Suiza).

Enterrado a 100 metros bajo tierra en la frontera franco-suiza, el LHC es un anillo de 27 kilómetros donde colisionarán minúsculas partículas en el centro de cuatro inmensos detectores. Estas herramientas de gran precisión revelan lo que sucede en el momento en el que



Hands on Particle Physics

International Masterclasses for High School Students

- Home
- Participate!
- **Masterclasses**
 - News
 - Schedule
 - Agendas
 - Organisation
 - Resources
- Physics
- Links
- Press
- Institutes
- Imprint

EPPOG Masterclasses

5th International Particle Physics Masterclasses 2009

Discover the world of Quarks and Leptons with real data

- What are the fundamental building blocks of matter?
- How can I identify them?
- Which forces hold them together?
- How do these forces work?
- How far have the secrets of forces and matter been understood so far?

Each year about 5000 high school students in 22 countries come to one of about 80 nearby universities or research centres for one day in order to unravel the mysteries of particle physics. Lectures from active scientists give insight in topics and methods of basic research at the fundamentals of matter and forces, enabling the students to perform measurements on real data from particle physics experiments themselves. At the end of each day, like in an international research collaboration, the participants join in a video conference for discussion and combination of their results.

Vosotros, y luego vuestros alumnos, hacéis física de partículas con vuestras propias manos. ¡Con datos reales!

Otros programas del CERN para profesores



Pht@CERN2009/1

from **Thursday 26 March 2009**
(15:50)
to **Sunday 29 March 2009**
(21:45)
Europe/Zurich
at **CERN (593-R-010)**
chaired by: **Mick Storr**
support: mick.storr@cern.ch



High School Teachers 2009

from **Sunday 28 June 2009**
(09:00)
to **Saturday 18 July 2009**
(09:00)
Europe/Zurich
at **CERN (593 R-010)**
chaired by: **Mick Storr CERN**
support: mick.storr@cern.ch



News

HST2010 will take place from
4 - 24 July. Applications will
open in December.

**El programa HST 2010 tendrá
lugar del 4 al 24 de julio.**

¡Solicitudes desde diciembre!

Videoconferencias a través de EVO con Pablo García Abia (CIEMAT / CMS)

Registrarse

Perfil

Empezar

[¿Usuario/Contraseña olvidado?](#)

EVO Player BETA

INFO - HELP

[Documentación](#) [FAQ](#)
[Hardware Recommendation](#)
[Comentarios/Ayuda](#) [Phone bridge](#)

Currently Active:
Users 252 Meetings 40

[LHC Meetings](#) in September 2009:
CMS 909 ATLAS 541
ALICE 116 LHCB 86

Visita al CIEMAT:

Estación de muones cósmicos y más cosas.

¿16 de noviembre a las 16 h?

How to reach us | Contact

Ciemat
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas

CMS group website

Home | CIEMAT | CIEMAT directory | CIEMAT mail | CIEMAT linux | Spanish version | EVO

CERN | iCMS | CMS agendas | CMS-CIEMAT agendas | CERN directory | CERN mail | CMS hypernews | CMS Twik

Group activities

- DT assembly
- DT electronics
- DT commissioning
- DT DPG
- Analysis
- EW POG
- MC production

Internal links

- CIEMAT talks
- Publications
- Theses
- Photos

Group news 01/08/08

CIEMAT Basic Research Department - High Energy Physics Division - CMS experiment group

Members

Physicists

Visitas al CERN con alumnos



The screenshot shows the 'Come to CERN' website. The browser address bar displays 'http://outreach.web.cern.ch/outreach/visits/'. The page features the CERN logo and the title 'Come to CERN'. A search bar is located in the top right corner. Below the title, there are navigation tabs for 'Events and exhibitions', 'Visits', 'The Globe', and 'Contact'. A large banner image shows a group of people in hard hats and safety vests standing near a large orange industrial machine. The word 'VISITS' is overlaid on the bottom of this image. Below the banner, there is a sidebar with a list of links: 'General information', 'Itineraries', 'Safety', and 'Booking form'. The main content area has a heading 'General information' followed by 'Organising a tour of an experiment'. Below this, a paragraph begins with 'CERN's Visits Service organises tours of its experimental areas and facilities, which are free of charge. Tours in several languages are organised on Mondays to Saturdays starting at 9'.

Solicitud

Alojamiento y transporte (mejor en bus)

Posibles visitas en la zona

Podemos preguntar a Esperanza...

Colaboración a distancia

¿Grupo de Google?

<http://groups.google.com/group/fisica-de-particulas-en-el-instituto>

Google grupos

Física de partículas en el instituto

Buscar en este grupo

Buscar en Grupos

Página principal

Este grupo pretende ser una herramienta de colaboración para profesores interesados en introducir -de forma razonable- la física de partículas en el Instituto.

[\[editar mensaje de bienvenida\]](#)

 **Miembros** 4 miembros [ver todos»](#) + invitar a miembros



 **Orbitales (tú)**
Propietario del grupo  **Pablo**
Miembro

 **Páginas** Las 2 páginas [ver todos»](#) + añadir página

- [La cámara de niebla: partículas de verdad](#)
Última actualización de Orbitales - 23 sep - Autor: 1 - de 1 páginas
- [Enlaces](#)
Última actualización de Orbitales - 11 sep - Autor: 1 - de 1 páginas

 **Archivos** Los 5 archivos [ver todos»](#) + subir archivo

- [gal3 kplus3pi11\[1\].gif](#)
Última actualización de Orbitales - 23 sep
- [Cómo construir una cámara de niebla casera.pdf](#)
Última actualización de Orbitales - 17 sep

Página principal

- Debates
- Miembros
- Páginas
- Archivos

[Acerca de este grupo](#)
[Editar mi suscripción](#)
[Configuración del grupo](#)
[Tareas de administración](#)
[Invitar a miembros](#)



Algunas preguntas para que vayáis pensando las respuestas

1. ¿Merece la pena este programa? (organizarlo y venir; personal y profesionalmente)

2. ¿Qué os ha parecido? ¿Qué cambiaríais?

3. ¿Tenéis intención de cambiar *algo* de lo que hacéis en el aula?

¿Un correo mío con un cuestionario?

Os pediría por favor que os tomárais un rato para contestar. O por escrito...