

## El proyecto MINERvA y la Universidad de Guanajuato\*

J. Félix<sup>1</sup>\*, Z. Urrutia\*, J. Castorena\*, A. Higuera\*, R. Gutiérrez\* y G. Zavala\*\*

### RESUMEN

La física de altas energías experimental es relativamente nueva en México, no tiene más de 20 años. El grupo de física experimental del Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato (IFUG) (ahora División de Ciencias e Ingenierías, Campus León) es pionero en esta área de la física en México. Este grupo inició actividades en 1989, aproximadamente, con la colaboración Brookhaven National Laboratory BNL e766. Esta colaboración continuó con el experimento Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL e690), después con el FNAL e871, y actualmente con el FNAL e938, MINERvA (**Main INjector Experiment for v -A**). En las colaboraciones BNL e766, FNAL e690, y FNAL e871 se graduaron varios estudiantes de doctorado, de maestría y de licenciatura. El grupo de física de altas energías experimental ha contribuido básicamente con análisis de datos, hechos en el IFUG y en FERMILAB. En este ensayo exponemos, brevemente, la historia del grupo de física de altas energías experimental en sus primeros veinte años, y adelantamos la prospectiva para los próximos veinte años o más dentro del proyecto MINERvA (<http://minerva.fnal.gov>).

### ABSTRACT

Experimental high energy physics is relatively new in Mexico, it is no more than 20 years old. The group of Experimental High Energy Physics of the Instituto de Física de la Universidad de Guanajuato (IFUG) (Now División de Ciencias e Ingenierías, Campus León) is pioneer in this area of physics in México. This group started activities in 1989, approximately, with the collaboration Brookhaven National Laboratory BNL e766. And continue the collaboration with the experiment Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL e690), and with FNAL e871 and at this time with the experiment FNAL e938, MINERvA (**Main INjector Experiment for v -A**) collaboration. Inside the collaborations BNL e766, FNAL e690, and FNAL e871, many Ph.D, MSc. and BSc students graduated. The group from the Universidad de Guanajuato contributed basically with data analysis done at IFUG or at FERMILAB. In this essay we describe, briefly, the history of experimental high energy physics group in their first 20 years, and advance the prospective for its next twenty years inside the MINERvA project.

### INTRODUCCIÓN

La física de altas energías experimental tiene varias vertientes: la investigación de la parte física (J. Félix, Junio 1999; J. Félix, 2002, p. 97; J. Félix, 2002, p. 145; J. Félix, Agosto-Diciembre, 2006; J. Félix, 1995, p. 25; J. Félix, 2007), la investigación de la parte tecnológica (D.C. Christian, M.C. Berisso, J. Félix, *et al.*, 1994, p. 62; J. Félix y otros, 2005, p. 516. arXiv versión: hep-ex/0405034; J. Félix *et al.*, 1988, p. 583; E. P. Hartouni, D.A. Jensen, J. Félix, *et al.*, 1992, p. 161), y la investigación de la parte de técnicas de análisis de datos –matemáticas y herramientas computacionales– (J. Félix, 1999, p. 421). El motor, y motivación principal, de la investigación en física de altas energías experimental es la primera, y como consecuencia están las dos restantes; pero una sin las otras no tiene sentido, porque se retroalimentan una a la otra: un avance en física va aparejado con un avan-

#### Palabras clave:

MINERvA; Neutrino; Factor de forma; Interacción; Altas energías.

#### Keywords:

MINERvA; Neutrino; Form factor; Interaction; High energy physics.

\* Artículo invitado.

<sup>1</sup> Esta es una enorme oportunidad para estudiantes de física, matemáticas, ciencias computacionales, o ingeniería electrónica -de todos los niveles- para participar en el experimento MINERvA, y contribuir a la edificación de la física del Siglo XXI. Para información de cómo participar, comunicarse con el Dr. Julián Félix. Correo electrónico: felix@fisica.ugto.mx.

\* División de Ciencias e Ingenierías, Campus León de la Universidad de Guanajuato, León, Gto. 37150, México.

\*\* División de Ciencias Económico Administrativas, Campus Guanajuato de la Universidad de Guanajuato. Guanajuato, Gto. 36000, México.

ce tecnológico y un avance tecnológico, con un avance en la física. Y todas confluyen en un punto crucial: las técnicas de computación. De ahí que las técnicas computacionales sean cruciales en el desarrollo de la ciencia y de las tecnologías.

El grupo del IFUG en física de altas energías experimental fue el primer grupo que se formó en este Instituto, y continúa hasta estos días, y es el que dio origen al IFUG.

En 1989 sólo estaba la colaboración de la Universidad de Guanajuato -IFUG- con el grupo BNL e766 de Brookhaven National Laboratory, en 1990 inició, en FERMILAB, la colaboración con el grupo FNAL e690 (J. Félix, 1998, AM; J. Félix, 1999, AIP; J. Félix, 1998 p. 133. J. Félix, 1998, AM; J. Félix, 1998, BSMF).

Ambos experimentos proponen estudiar reacciones exclusivas protón-protón e investigar la producción de charm en estas reacciones (A. Gara, B.C. Knapp, J. Félix, *et al.*, 1994, p. 1847; E. A. Buenrostro C., G.I. Quintero G., y J. Félix, 1997, p. 482; J. Félix, *et al.*, 1996, p. 22; J. Félix y otros, 1999, p. 5213; Z. Urrutia, J. Félix, 1999, p. 82; M. H. L. S. Wang, E.P. Hartouni, J. Félix *et al.*, 2001, 082002; M. Huang, J. Félix *et al.*, 2004, 011802; M. Sosa, J. Félix y otros, 1999, p. 913). El primero tomó datos a 27.5 GeV, recabó datos por 15 días y almacenó 300 millones de eventos, de los cuales el 1% (tres millones de eventos) fue reconocido como reacciones exclusivas pp. Este experimento significó avances de tipo computacional -contó con la computadora más capaz de su tiempo; de tipo tecnológico -contó con el sistema de cámaras multi-alamblicas más eficiente de su tiempo-; y de tipo física -pudo reconstruir eventos exclusivos de hasta 20 partículas en el estado final. Todos estos logros muy significativos para México y el resto del mundo. El segundo experimento tomó datos a 800 GeV, recabó datos por un año y almacenó 5 mil millones de eventos, de los cuales el 1% (50 millones de eventos) también resultó constituido por eventos exclusivos pp.

Para el análisis de datos de estos experimentos se instaló una computadora VAX y una VAX II esclava, la más avanzada de su tipo en México. Se construyeron varios dispositivos en el IFUG y en el Instituto de Física de la UNAM, como partes electrónicas, partes del detector Cerenkov, se probaron foto tubos y se participó en el ensamblado del sistema experimental y en la toma de datos -esto último en FERMILAB, en el laboratorio G-. Se graduaron varios estudiantes de doctorado, maestría, y licenciatura.

Ambos experimentos continúan produciendo física en el IFUG (J. Félix, 1999, p. 827; J. Félix, 2001, p.

1741; J. Félix *et al.*, 2002, 061801; J. Félix *et al.*, 2003, p. 805; J. Félix, 2007, October; J. Félix, 2007, p. 70; V. M. Castillo-Vallejo, J. Félix, V. Gupta, 2005).

En año 1999 el grupo de física de altas energías experimental inició la colaboración FNAL e871 (HyperCP) (<http://ppd.fnal.gov/experiments/e871/>). En este experimento participamos en la toma de datos y en el análisis de datos. Este experimento estudió reacciones inclusivas pCu a 800 GeV. Y buscó la violación de CP en decaimientos hiperónicos tipo cascada-anti cascada y lambda cero-anti-lambda cero (C. G. White, R.A. Burnstein, J. Félix y otros, 1999, p. 451; H. K. Park, J. Félix *et al.*, 2005, 21801; H. K. Park, R. A. Burnstein, A. Chakravorty, A. Chan, J. Félix, L. Lederman *et al.*, 2002, p. 111801; J. Félix y otros, 2006, 24001; J. Félix y otros, 2005, 021801; J. Félix y otros, 2005, p. 516; J. Félix y otros, 2005, 051102; J. Félix y otros, 2005, p.11; J. Félix y otros, 2005, 101804; J. Félix y otros, 2005, 152001; J. Félix y otros, 2005, 181801; M. Huang, J. Félix *et al.*, 2004, 011802; M. J. Longo, J. Félix *et al.*, 2004, 111101; R. A. Burnstein, J. Félix *et al.*, 2004; T. Holmstrom, J. Félix *et al.*, 2004, 262001).

Para el análisis de datos se instaló una computadora Alfa Digital, la más avanzada de su tipo en la Universidad de Guanajuato. Por ejemplo introducía procesadores a 600 MHz; dos discos duros de 36 GB cada uno, a 7500 rpm; lectora de CD; lectora de cintas de 8mm; conexión a red; sistema operativo UNIX. Es una computadora robusta, hoy en día todavía funciona.

También en este experimento se graduaron algunos estudiantes de maestría y de licenciatura.

En el 2004, para fortalecer la infraestructura de análisis de datos se compró una *sgi Octane 2*, que también significó un gran avance en su tiempo para el IFUG. Con dos procesadores a 600 MHz, cada uno; tres discos duros de 73 GB cada uno; discos externos; lector de CD; conexión a red; sistema operativo UNIX; lectora de cintas de 8 mm. También con este equipo se han graduado algunos estudiantes de doctorado y de licenciatura. Y es fundamental para los estudios físicos que realizamos (J. Félix, 1999, 827; V. M. Castillo-Vallejo, J. Félix, V. Gupta, 2005; J. Félix, 2001, p. 1741; J. Félix *et al.*, 2002, 061801; J. Félix *et al.*, 2003, p. 805; J. Félix, October, 2007; J. Félix y otros, 2007, p. 70; J. Félix, 1997, p. 363; J. Félix, 2007, p. 6).

Actualmente el equipo anterior, y algunas PC's, forman parte de una red local, base central de un laboratorio para el análisis de datos en el IFUG. A este laboratorio se ha integrado una supercomputadora de 5 nodos, con capacidad para crecer hasta 25 nodos, que se integra al análisis de datos en física de altas energías. Actualmente cuenta con 12 nodos y 84 procesadores.

En el 2007 el grupo de física de altas energías experimental solicitó, y fue aceptado, su ingreso a la colaboración MINERvA (FNAL e938, <http://minerva.fnal.gov/>). Este experimento está en vías de construcción. Su propósito básico es estudiar reacciones neutrino-nucleón (con nucleón igual a C, Fe, y Pb); medirá cerca de diecisiete secciones transversales neutrino-nucleón; estudiará factores de forma; podrá medir algunos parámetros asociados al neutrino, como su masa, su espín y sus oscilaciones.

Es este experimento el grupo participará en desarrollo de hardware –construcción de detectores–; software –desarrollo de simuladores; simulación Monte-Carlo del espectrómetro; diseño, instalación, operación, y calibración del haz terciario del neutrinos; identificación de partículas.

La supercomputadora anterior, expandida será usada completamente en este experimento para la simulación y el análisis de datos. Se espera hacerla evolucionar hasta al menos 450 nodos, 3600 procesadores, con una gran capacidad de almacenamiento en disco duro, memoria RAM, y discos duros de más de 500 GB a 15K rpm, con conexión a red de 10 GHz. También en este caso será un gran avance en sistemas computacionales no sólo en el IFUG sino en México y Latinoamérica.

#### El experimento BNL e766

Este experimento se realizó en el Brookhaven National Laboratory, en Nueva York USA. Participan la Universidad de Guanajuato y varias universidades de los Estados Unidos (La Universidad de Columbia, la Universidad de Texas AM, la Universidad de Massachussets en Amherts, y FERMILAB).

La colaboración fue un reto tecnológico en su tiempo. Su objetivo fue, y lo sigue siendo actualmente, estudiar reacciones exclusivas pp a 27.5 GeV. El sitio del experimento es el [www-e690.fnal.gov](http://www-e690.fnal.gov). Básicamente consistió de un haz de protones incidentes sobre un blanco de Hidrógeno líquido; imponiendo condiciones de conservación de momento y energía se seleccionaron las reacciones exclusivas.

Con un sistema de cámaras multialámbricas, un par de hodoscopios, un detector Cerenkov, y campo magnético se logró reconstruir las trayectorias de las partículas, los momentos, y la identidad de las mismas.

Las partículas inestables se reconstruyeron mediante los productos de decaimiento. Por ejemplo la Lambda cero decae en un protón y en un pión.

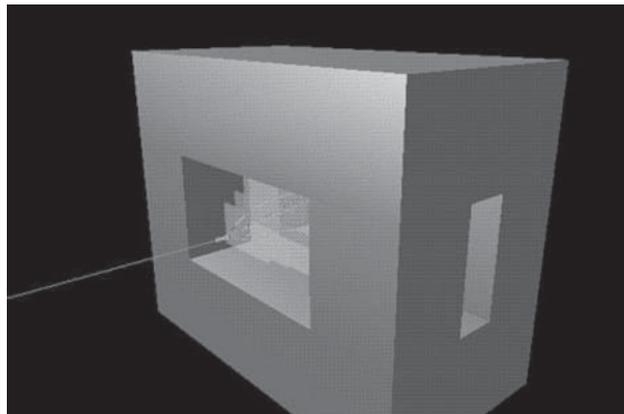


Figura 1. Espectrómetro del BNL e766 y el FNAL e690.

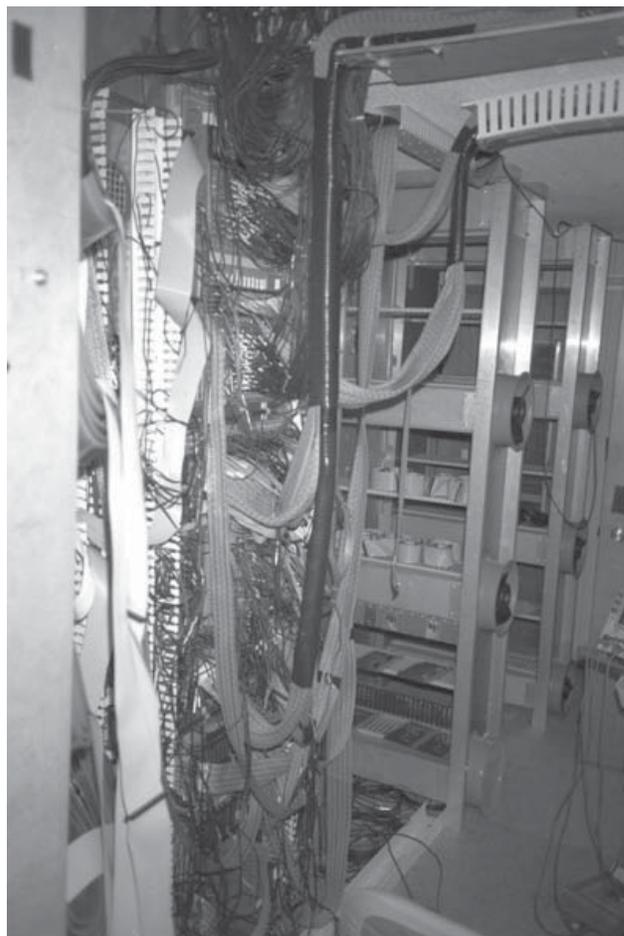


Figura 2. Aspecto de la electrónica usada. Sistema de adquisición de datos.

En este experimento se descubrió la polarización de la lambda cero, en reacciones exclusivas, como función del momento transversal, y el momento longitudinal, de la lambda cero. También se descubrió la polarización de lambda cero como función de la masa invariante del objeto difractado  $M_x(\text{lambda cero-kaon más})$ .

#### El experimento FNAL e690

Este experimento se realizó en el Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia IL USA. Participan la Universidad de Guanajuato y varias universidades de los Estados Unidos. Es un experimento gemelo del BNL e766; la diferencia crucial es la energía a la que tomó datos el e690: 800 GeV. Y esto hizo que la aceptación del detector fuera diferente. Y la física que se estudia, también diferente.



Figura 3. Barra de la página de Internet del experimento FNAL e690.

De este experimento hay información en [www-e690.fnal.gov](http://www-e690.fnal.gov). En este experimento se descubrió la polarización de lambda cero en reacciones exclusivas pp a 800 GeV, como función del momento longitudinal y transversal de la lambda cero y como función de la masa difractada del objeto (lambda cero  $K^+$ ).

#### El experimento FNAL e871

Este experimento se realizó en el Fermi National Accelerator Laboratory, Batavia IL USA. Participa la Universidad de Guanajuato y varias universidades del mundo. Su objetivo principal es estudiar reacciones inclusivas  $pCu$  a 800 GeV, y medir la violación de paridad en decaimientos cascada-anti cascada y otras. Información sobre este experimento se encuentra en (<http://ppd.fnal.gov/experiments/e871/>).



Figura 4. Barra de la página de Internet del experimento HyperCP.

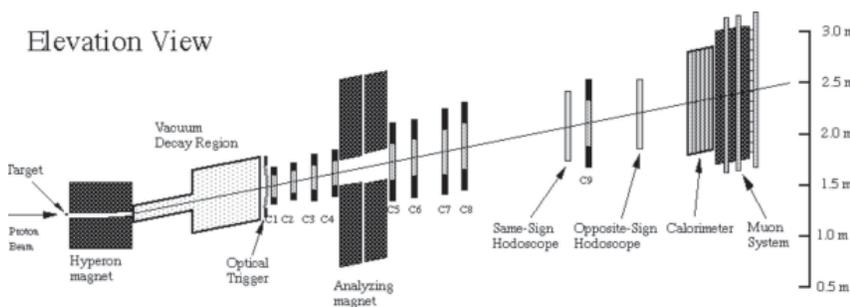


Figura 5. Esquema del espectrómetro del experimento FNAL e871.

#### El experimento FNAL e938. MINERvA

Desde 1997 había recibido invitación del Dr. Morfin para colaborar en el proyecto MINOS (física de neutrinos). Es hasta el 2004 que iniciamos las pláticas en FERMILAB, Sta. Fé Nuevo México (PANIC 2005), Puerto Vallarta México para participar en la colaboración MINERvA. En Febrero del 2007 el Dr. Jorge Morfin visita el IFUG, dicta un seminario acerca de la colaboración MINERvA e iniciamos las pláticas para formalizar la participación del grupo de altas energías del IFUG en la colaboración MINERvA.

En Mayo del 2007 solicitamos, el grupo experimental del IFUG en física de altas energías –y el Dr. Gerardo Zavala de la UCEA-, el ingreso formal a la colaboración MINERvA; después de ciertas discusiones y formalidades fuimos aceptados como colaboradores, comprometiéndonos a trabajar, junto con tres estudiantes doctorales y 5 estudiantes de maestría, en software para reconstrucción de trayectorias, generación de eventos, estudios de Monte Carlo del detector de MINERvA, identificación de partículas, montaje y estudio de la detección, la eficiencia, y calibración de los planos de detección del detector de MINERvA. Desde que fuimos aceptados en la colaboración MINERvA hemos participado en reuniones de grupo vía telefónica con FERMILAB desde el IFUG cada martes o viernes.

Del 30 de noviembre al 15 de diciembre del 2007, el Dr. Gerardo Zavala y el Dr. Julián Félix realizaron una estancia de investigación en FERMILAB, colaboración MINERvA, que les permitió ver de cerca el trabajo de la colaboración. Participaron en la reunión de grupo del 12 al 14 de diciembre en FERMILAB. Visitamos las instalaciones del experimento MINERvA, platicamos con los miembros e identificamos las actividades y los profesores con los que trabajaremos como sigue:

1. Desarrollo de software para generación de eventos, reconstrucción de trayectorias, e identificación de partículas.
2. Estudio del detector de MINERvA vía Monte Carlo.
3. Participación en el montaje, estudio del funcionamiento, y calibración de los planos de detección del detector de MINERvA.
4. Procesamiento de datos reales y generación y procesamiento de datos Monte Carlo.
5. Análisis de datos para medición de cantidades físicas.



Figura 6. Esquema del detector MINERvA y el sitio donde se instalará. Cien metros bajo tierra y en el sitio del experimento MINOS.

Cada uno de los puntos anteriores forman los objetivos particulares de esta colaboración.

Los siguientes estudiantes, todos adscritos a los programas del IFUG, participarán en las actividades anteriores: Zaida Urrutia, Ranferí Gutiérrez (nivel doctoral) y Jorge Castorena, Aarón Higuera, y Edgar Valencia (nivel maestría). Más otro estudiante doctoral en sistemas computacionales, dos estudiantes de maestría en sistemas computacionales y cinco estudiantes de licenciatura en física.

El experimento e938 de FERMILAB (MINERvA) se describe en <http://minerva.fnal.gov>.

Básicamente consistirá en un haz de neutrinos asociados al muón con energía promedio de 3.5 GeV incidente sobre blancos de Hierro, Carbón, y Plomo. Todo el detector se construirá para ese propósito y se instalará cerca del detector de MINOS –también experimento de FERMILAB–.

Las metas principales del experimento MINERvA son las siguientes:

1. Estudiar las interacciones neutrino del muón-nucleones.
2. Medir secciones transversales de las reacciones exclusivas donde ocurre  $\Delta S=0$ ,  $\Delta S=1$ , y  $\Delta S=2$ . Cerca de 17 secciones transversales diferentes.
3. Medir factores de forma en las interacciones neutrino del muón-nucleones.
4. Medir la violación de CP en sistema de neutrinos.

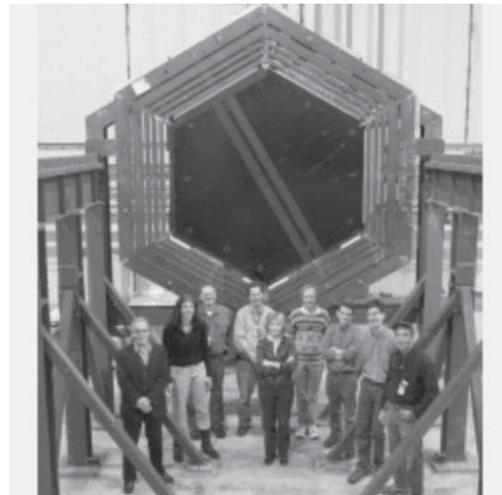


Figura 7. Aspecto de uno de los planos detectores del espectrómetro de MINERvA.

Tomará datos por cerca de 4 años y se espera coleccionar cerca de 750 K eventos en cada uno de los blancos. Todas las mediciones se harán con una alta estadística y se espera que los errores sistemáticos sean menores que los errores estadísticos.

La metodología general del experimento MINERvA se describe en el sitio <http://minerva.fnal.gov>.

La metodología particular a seguir en la colaboración consistirá en armar grupos de trabajo divididos en cada uno de las áreas, que seguirán las metodologías de estudio y de investigación ya establecidas. Por ejemplo, los siguientes:

1. Desarrollo de software para generación de eventos, reconstrucción de trayectorias, e identificación de partículas.
2. Estudio del detector de MINERvA vía Monte Carlo.
3. Participación en el montaje, estudio del funcionamiento, y calibración de los planos de detección del detector de MINERvA.

4. Procesamiento de datos reales y generación y procesamiento de datos Monte Carlo.
5. Análisis de datos para medición de cantidades físicas.

Las metodologías particulares para el análisis de datos dependen del sistema físico particular que se estudie. En general se describen en el sitio <http://minerva.fnal.gov>. Y en particular, por ejemplo medir la polarización de  $\Lambda^0$  en reacciones exclusivas, en la bibliografía mundial –Referencias, J. Félix y otros–.

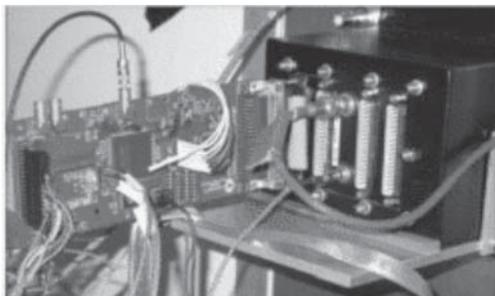


Figura 8. Aspecto de la electrónica en el experimento MINERvA.

En esta colaboración se planea la instalación de un sistema de adquisición de datos y una supercomputadora para el análisis de datos en el proyecto MINERvA, en el IFUG.

La idea central es acceder los datos de MINERvA desde el IFUG, transferirlos, almacenarlos, y procesarlos en el IFUG, y devolver los productos del procesamiento de datos.

Quizá la colaboración se prolongue por diez años y continúe con el procesamiento de datos de MINOS y NOvA, para hacer minería de datos en el IFUG. Esto está sujeto a negociación con los directivos de los respectivos experimentos.

## CONCLUSIONES

La física de altas energías experimental es relativamente nueva en México. El grupo de física de altas energías experimental del IFUG tiene cerca de veinte años y fue pionero en esta área de la física en México.

Esta área de la física tiene enormes potenciales tecnológicos porque siempre se están construyendo nuevos dispositivos para investigar fenómenos naturales que ocurren a energías elevadas. Además de que continuamente se están desarrollando técnicas de detección de partículas, técnicas de análisis de datos, y técnicas de computación y de súper computación. Muchos avances de hoy en día que están revolucionando la sociedad nacieron en esta área de la física, por ejemplo el Internet –que a estas fechas ya tiene 20 años y ha transformado todos los aspectos de la vida, por ejemplo compras, consultas médicas, dictado de cursos, reportes periodísticos, etc.–.

El grupo de física de altas energías experimental, dentro de la colaboración MINERvA, requiere de estudiantes que deseen trabajar en esta

área. Los interesados pueden comunicarse con el Dr. Julián Félix al correo [felix@fisica.ugto.mx](mailto:felix@fisica.ugto.mx).

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo parcialmente apoyado por la Universidad de Guanajuato, apoyo a la investigación científica, 2007/2008; por CONACYT proyecto 80249; CONACYT apoyo a investigadores SNI; proyecto MINERvA (FNAL e938).

## REFERENCIAS

- A. Gara, B.C. Knapp, J. Félix, *et al.*, *Light-Meson Spectroscopy in Fermilab Experiment E690*. II Nuovo Cimento, Vol. 107 A, pag. 1847 a 1855, Italia, 1994.
- C. G. White, R.A. Burnstein, J. Félix y otros *Search for direct CP violation in  $\Lambda^0$  and Cascade hyperon decays*, Nucl. Phys. B, 71 pags. 451-456 (1999).
- D. C. Christian, M.C. Berisso, J. Félix, *et al.*, *High Rate Drift Chambers*. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Vol. A345, pag. 62 a 71, Holanda, 1994.
- E. A. Buenrostro C., G.I. Quintero G., y J. Félix. *Determinación de la masa de  $\Lambda^0$  y de anti- $\Lambda^0$  producidas en reacciones pp*. Rev. Mex. de Fis. 43, No. 3 (1997) 482-488.
- E. P. Hartouni, D.A. Jensen, J. Félix, *et al.*, *High Speed Simultaneous Measurement of Pulse Area and time-of-flight for Photomultiplier Signals*. Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Vol. A317, pag. 161 a 169, Holanda, 1992.
- H. K. Park, J. Félix *et al.*, *Evidence for the decay  $\Sigma^+ \rightarrow p \mu^+ \mu^-$* . Phys. Rev. Lett. 94, 21801 (2005).
- H. K. Park, R.A. Burnstein, A. Chakravorty, A. Chan, J. Félix, L. Lederman, *et al.*, *Observation of the decay  $K^- \rightarrow \pi^+ \mu^- \mu^-$  and measurement of the branching ratios for  $K^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$* . Phys. Rev. Lett. 88 111801 (2002).
- J. Félix *On Theoretical Studies of  $\Lambda^0$  Polarization*, Mod. Physics Lett. A., 14, No. 13, 827-842 (1999).
- J. Félix  *$\Lambda^0$  Polarization in Exclusive and Inclusive  $p$ Nucleus Reactions*. Mod. Phys. Lett. A, Vol. 16, No. 27 (2001)1741-1749.

- J. Félix *et al.*, Lambda0 Polarization in 800 GeV/c pp to pLambda0K+. Phys. Rev. Lett. 88, 061801 (2002).
- J. Félix *et al.*, Resonances and Lambda0 polarization in 800 GeV/c pp to pLambda0K+. Nucl. Phys. A 721 (2003) 805c-808c.
- J. Félix. *AntiLambda0 Polarization in pNucleus reactions*. International Review of Physics, October, (2007).
- J. Félix y otros *Measurement of the Asymmetry in the Decay anti-Omega+ to anti-Lambda0 K+ to anti-p pi+ K+*. Phys. Rev. Lett 96. 242001 (2006).
- J. Félix y otros, *Evidence for the Decay Sigma-plus to proton + mu-plus + mu -minus*. Phys. Rev. Lett. 94, 021801 (2005). arXiv versión: hep-ex/0501014.
- J. Félix y otros, *HyperCP: A high-rate spectrometer for the study of charged hyperon and kaon decays*. Nucl. Instrum. Methods A 541, 516 (2005). arXiv versión: hep-ex/0405034.
- J. Félix y otros, *Measurement of the alpha Asymmetry Parameter for the Omega-minus to Lambda + K-minus Decay*. Phys. Rev. D 71, 051102 (R) (2005). arXiv versión: hep-ex/0501014.
- J. Félix y otros, *Observation of Parity Violation in the Omega-minus to Lambda + K-minus Decay*. Phys. Lett. B 617, 11 (2005). arXiv versión: hep-ex/0505010. Fermilab preprint: FERMILAB-PUB-05-124-E, May 2005, 8.
- J. Félix y otros, *Search for Delta-S = 2 Nonleptonic Hyperon Decays*. Phys. Rev. Lett. 94 101804 (2005). arXiv versión: hep-ex/0503036.
- J. Félix y otros, *Search for exotic Baryons in 800 GeV pp to pCascade+-pi+-X Reactions*. Phys. Rev. Lett. 95, 152001 (2005).
- J. Félix y otros, *Search for the Lepton-Number-Violating Decay Xi-minus to Lambda p + mu-minus + mu-minus*. Phys. Rev. Lett. 94, 181801 (2005). arXiv versión: hep-ex/0505025.
- J. Félix y otros. *Lambda0 Polarization and its relations with nucleonic resonances*. Nucl. Phys. B 167(2007) 70-72.
- J. Félix, *El quantum en la física de altas energías*, Boletín de la Sociedad Mexicana de Física, Vol. 16, Num. 3, pag. 145-149, 2002.
- J. Félix, *Los problemas científicos más grandes y no resueltos al inicio del siglo XXI*. Acta Universitaria (Univ. De Guanajuato), Vol. 9, 1. Junio 1999.
- J. Félix, *et al.*, Estudio de las Propiedades Eléctricas y estequiométricas de Películas de CdTe Depositadas por la Técnica HWFE. Revista Mexicana de Física, Vol. 33, pag. 583 a 598, México, 1988.
- J. Félix, *et al.*, Study of Lambda0 Polarization in pp to p Lambda0 K+pi+pi+pi- at 27.5 GeV. Physical Review Letters, Vol. 76, pag. 22 a 26, Estados Unidos de América, 1996.
- J. Félix, *Leon Lederman científico y educador*. AM, León Gto. 1998.
- J. Félix, *Leon Lederman, the Big boss*. VII Mexican Workshop on Particles and Fields. Mérida Yucatán. Nov. 1999. AIP conference Proceedings. 2000.
- J. Félix, *Reunión del grupo experimental FNAL-E871 en el IFUG*. Boletín de la Soc. Mex. de Fis. Vol. 12, 3 (1998) 133.
- J. Félix, *Visita del profesor Lederman al estado de Guanajuato y al IFUG*. AM, León Gto. 1998.
- J. Félix, *Visita del profesor Leon Lederman al IFUG*. Boletín de la Soc. Mex. de Fis. 1998 .
- J. Félix, y otros, *Study of Lambda0 Polarization in four different exclusive pp reactions at 27.5 GeV/c*. Phys. Rev. Lett. 82, 5213 (1999).
- J. Félix. *La Antimateria*. Acta Universitaria (Univ. de Guanajuato), Vol. 5, pag. 25 a 39, México, 1995.
- J. Félix. *La interpretación semántica de la mecánica cuántica*, Boletín de la Sociedad Mexicana de Física Vol. 16, Num. 2, pag. 97-108, 2002.
- J. Félix. *Reunión del Grupo Experimental, FNAL E690/BNL E766*, Bol. Soc. Mex. de Fis. 9-2, 1995.
- J. Félix. *Reunión del Grupo Experimental, FNAL-E871 en el IFUG*, Bol. Soc. Mex. De Fis. Vol. 12, Num. 3, pag. 133, México, 1998.
- J. Félix. *On Experimental Studies of Lambda0 Polarization*. Modern Physics Letters A, Vol. 12, pag. 363 a 370, Singapur, 1997.
- J. Félix. *Angular Distribution Technique to Measure Lambda0 Polarization*. Rev. Mex. de Fis. 45 (4) 421-422, (1999).
- J. Félix. *La teoría especial de la Relatividad*. CONTEXTURAS. Publicación de la Universidad Iberoamericana. Año 7, No. 21; Agosto-Diciembre 2006.
- J. Félix. *Lambda0 Polarization in exclusive and Inclusive p-Nucleus Reactions*. Nuclear Physics B 167(2007)66-69.
- J. Félix. *Los Neutrinos*. Acta Universitaria, Vol. 17, No. 2. (2007).
- M. A. Reyes, J. Félix *et al.* *Partial wave analysis of the Centrally Produced Ks Ks System at 800 GeV/c*, Phys. Rev. Lett., 81, 4079 (1998).
- M. H. L. S. Wang, E.P. Hartouni, J. Félix, *et al.*, *Precise Measurement of the Sigma0 mass*. Physical Review D, Vol. 56, pags. 2544-2547, Estados Unidos de América, 1997.
- M. H. L. S. Wang, E.P. Hartouni, J. Félix, *et al.*, *Diffractionally Produced Charm Final States in 800-GeV/c pp Collisions*. Phys. Rev. Lett. Vol 87, 082002 (2001).
- M. Huang, J. Félix *et al.*, *A new measurement of Cascade- to Lambda0pi- decay parameter*. Phys. Rev. Lett. 93, 011802 (2004).
- M. J. Longo, J. Félix *et al.*, *High Statistics Search the theta+(1.54) pentaquark state*. Phys. Rev. D 70 111101(R) (2004). Rapid Communication. FERMI-LAB-PUB-04-333-E, Oct. 2004.
- M. Sosa, J. Félix, y otros *Spin-parity analysis of the centrally produced K0K+-pi+- system at 800 GeV/c*, Phys. Rev. Lett., 83, 913-915 (1999).
- R. A. Burnstein, J. Félix *et al.*, *HyperCP: A high rate spectrometer for the study of charged hyperon and kaon decays*. Nucl. Inst. And Res. Meth. A (2004).
- T. Holmstrom, J. Félix *et al.*, *Search for CP violation in charged Cascade and Lambda0 hyperon decays*. Phys. Rev. Lett. 93, 262001 (2004). ArXiv version hep-ex/0412038.
- V. M. Castillo-Vallejo, J. Félix, V. Gupta, *Lambda0 Polarization as function of target density*. Int. Journal of Mod. Phys. A, Vol. 20, No. 10 April (2005).
- Z. Urrutia, J. Félix, *Determinación de la vida media de K0*. Rev. Mex. de Fis. 45 (1) 82-87, (1999).