

Granada, a momentary dream





► I saw José Luis and Berta for the first time in 1981

► I saw José Luis and Berta for the first time in 1981

► In the summer of 1982, I went to Jülich ...

► I saw José Luis and Berta for the first time in 1981

► In the summer of 1982, I went to Jülich ...

...and lived in their apartment

► I saw José Luis and Berta for the first time in 1981

► In the summer of 1982, I went to Jülich ...

...and lived in their apartment

...the same I did in 1983 and 1986

► I saw José Luis and Berta for the first time in 1981

► In the summer of 1982, I went to Jülich ...

...and lived in their apartment

...the same I did in 1983 and 1986









► In september 1982, José Luis y Berta went to Granada for a conference

Quarks, mesons and isobars in nuclei

► In september 1982, José Luis y Berta went to Granada for a conference

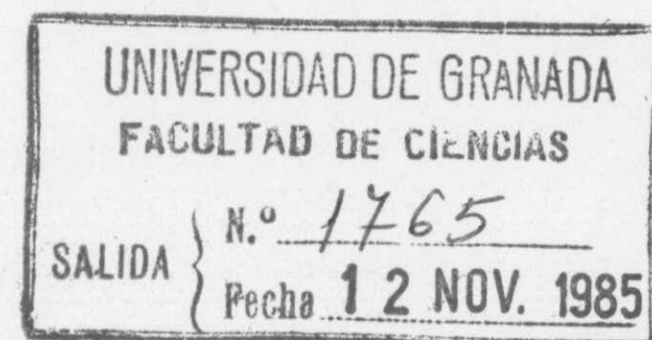
Quarks, mesons and isobars in nuclei



► ...and they defended their Ph. D. theses at the Universidad de Granada

► ...and they defended their Ph. D. theses at the Universidad de Granada

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208



EXCITACIONES 1^+ DE INVERSION DE ESPIN
EN EL NUCLEO ^{208}Pb

Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias, Sección
de Físicas por

JOSE LUIS TAIN ENRIQUEZ

Realizada bajo la dirección del Director del Instituto de Física Nuclear
Experimental II del Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich (R.F.Alemana),
Prof. Dr. D. Otto W. B. Schult, presentada por el Profesor Titular de Física
Atómica y Nuclear, Dr. D. Jesús Sánchez-Dehesa, y juzgada el día 21 de Octubre
de 1985, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el
siguiente tribunal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. RAFAEL GUARDIOLA BARCENA, Catedrático de la Universidad
de Granada

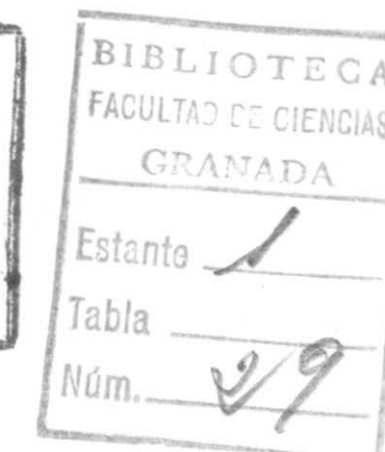
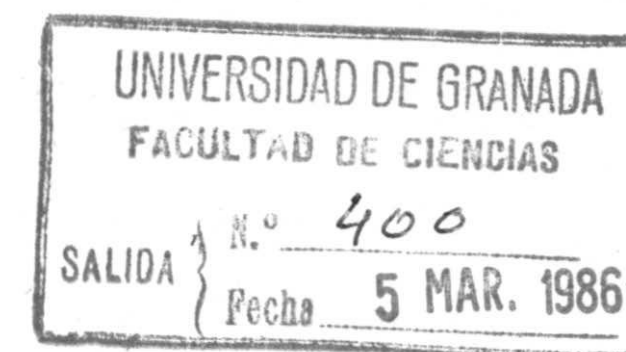
VOCALES: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad
de Sevilla
Prof. Dr. D. JOSE M^a. GOMEZ GOMEZ, Catedrático de la Universidad
de Salamanca
Prof. Dr. D. JUAN MARTORELL DOMENECH, Catedrático de la Universidad
de Palma de Mallorca

SECRETARIO: Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad
Autónoma de Madrid

Calificación obtenida:

APTO CUM LAUDE

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208



MULTIPLETES PARTICULA-FONON,
EXCITACIONES DE VARIAS PARTICULAS
Y MASAS DE NUCLEOS EN LA REGION DEL ^{146}Gd

Tesis presentada para optar al Grado de Doctor en Ciencias Físicas por

BERTA RUBIO BARROSO

Realizada bajo la dirección de los Profesores Dr. O. Schult, Catedrático de
la Universidad de Colonia (R.F.A.) y Dr. P. Kleinheinz, del Instituto de Fí-
sica Nuclear del K.F.A. de Jülich (R.F.A.) y actuando como ponente el Cate-
drático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de esta Universidad, Dr. D.
Rafael Guardiola Bárcena. Fue juzgada el día 10 de febrero de 1986, en la
Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente Tribu-
nal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Univer-
de Sevilla.

VOCALES: Prof. Dr. D. JOSE CAMPOS GUTIERREZ, Catedrático de la Universidad
Complutense de Madrid.

Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad
Autónoma de Madrid.

Prof. Dr. D. MANUEL LOZANO LEYVA, Profesor Titular de la Universi-
dad de Sevilla.

SECRETARIO: Dr. D. ANTONIO LALLENA ROJO, Profesor Colaborador de esta Uni-
versidad.

Calificación obtenida

APTO "CUM LAUDE"

► ...and they defended their Ph. D. theses at the Universidad de Granada

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
SALIDA { N.º 1765
Fecha 12 NOV. 1985

EXCITACIONES 1⁺ DE INVERSION DE ESPIN
EN EL NUCLEO ²⁰⁸Pb

Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias, Sección de Físicas por

JOSE LUIS TAIN ENRIQUEZ

Realizada bajo la dirección del Director del Instituto de Física Nuclear Experimental II del Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich (R.F.Alemana), Prof. Dr. D. Otto W. B. Schult, presentada por el Profesor Titular de Física Atómica y Nuclear, Dr. D. Jesús Sánchez-Dehesa, y juzgada el día 21 de Octubre de 1985, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente tribunal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. RAFAEL GUARDIOLA BARCENA, Catedrático de la Universidad de Granada

VOCALES: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad de Sevilla
Prof. Dr. D. JOSE M^a. GOMEZ GOMEZ, Catedrático de la Universidad de Salamanca
Prof. Dr. D. JUAN MARTORELL DOMENECH, Catedrático de la Universidad de Palma de Mallorca

SECRETARIO: Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid

Calificación obtenida:
APTO CUM LAUDE

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
SALIDA { N.º 400
Fecha 5 MAR. 1986

BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS
GRANADA
Estante 1
Tabla
Núm. 29

R. 31.330

MULTIPLETES PARTICULA-FONON,
EXCITACIONES DE VARIAS PARTICULAS
Y MASAS DE NUCLEOS EN LA REGION DEL ¹⁴⁶Gd

Tesis presentada para optar al Grado de Doctor en Ciencias Físicas por

BERTA RUBIO BARROSO

Realizada bajo la dirección de los Profesores Dr. O. Schult, Catedrático de la Universidad de Colonia (R.F.A.) y Dr. P. Kleinheinz, del Instituto de Física Nuclear del K.F.A. de Jülich (R.F.A.) y actuando como ponente el Catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de esta Universidad, Dr. D. Rafael Guardiola Bárcena. Fue juzgada el día 10 de febrero de 1986, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente Tribunal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad de Sevilla.

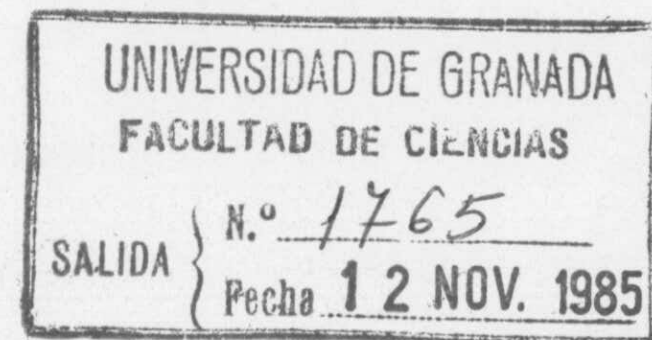
VOCALES: Prof. Dr. D. JOSE CAMPOS GUTIERREZ, Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid.
Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid.
Prof. Dr. D. MANUEL LOZANO LEYVA, Profesor Titular de la Universidad de Sevilla.

SECRETARIO: Dr. D. ANTONIO LALLENA ROJO, Profesor Colaborador de esta Universidad.

Calificación obtenida
APTO "CUM LAUDE"

► ...and they defended their Ph. D. theses at the Universidad de Granada

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208



EXCITACIONES 1^+ DE INVERSION DE ESPIN
EN EL NUCLEO ^{208}Pb

Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias, Sección
de Físicas por

JOSE LUIS TAIN ENRIQUEZ

Realizada bajo la dirección del Director del Instituto de Física Nuclear
Experimental II del Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich (R.F.Alemana),
Prof. Dr. D. Otto W. B. Schult, presentada por el Profesor Titular de Física
Atómica y Nuclear, Dr. D. Jesús Sánchez-Dehesa, y juzgada el día 21 de Octubre
de 1985, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el
siguiente tribunal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. RAFAEL GUARDIOLA BARCENA, Catedrático de la Universidad
de Granada

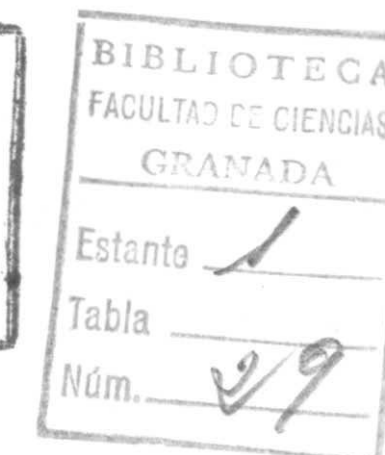
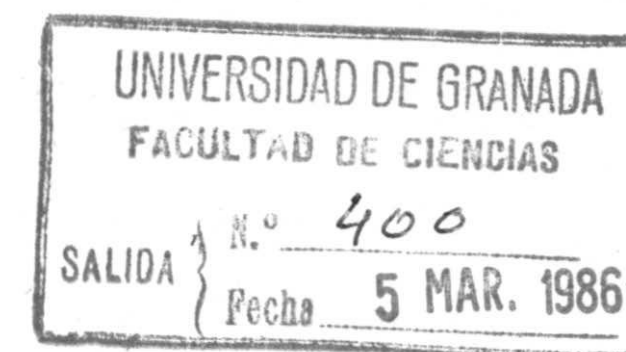
VOCALÉS: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad
de Sevilla
Prof. Dr. D. JOSE M^a. GOMEZ GOMEZ, Catedrático de la Universidad
de Salamanca
Prof. Dr. D. JUAN MARTORELL DOMENECH, Catedrático de la Universidad
de Palma de Mallorca

SECRETARIO: Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad
Autónoma de Madrid

Calificación obtenida:

APTO CUM LAUDE

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208



MULTIPLÉTES PARTICULA-FONON,
EXCITACIONES DE VARIAS PARTICULAS
Y MASAS DE NUCLEOS EN LA REGION DEL ^{146}Gd

Tesis presentada para optar al Grado de Doctor en Ciencias Físicas por

BERTA RUBIO BARROSO

Realizada bajo la dirección de los Profesores Dr. O. Schult, Catedrático de
la Universidad de Colonia (R.F.A.) y Dr. P. Kleinheinz, del Instituto de Fí-
sica Nuclear del K.F.A. de Jülich (R.F.A.) y actuando como ponente el Cate-
drático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de esta Universidad, Dr. D.
Rafael Guardiola Bárcena. Fue juzgada el día 10 de febrero de 1986, en la
Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente Tribu-
nal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Univer-
de Sevilla.

VOCALÉS: Prof. Dr. D. JOSE CAMPOS GUTIERREZ, Catedrático de la Universidad
Complutense de Madrid.

Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad
Autónoma de Madrid.

Prof. Dr. D. MANUEL LOZANO LEYVA, Profesor Titular de la Universi-
dad de Sevilla.

SECRETARIO: Dr. D. ANTONIO LALLENA ROJO, Profesor Colaborador de esta Uni-
versidad.

Calificación obtenida

APTO "CUM LAUDE"

► ...and they defended their Ph. D. theses at the Universidad de Granada

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
SALIDA { N.º 1765
Fecha 12 NOV. 1985

EXCITACIONES 1⁺ DE INVERSION DE ESPIN
EN EL NUCLEO ²⁰⁸Pb

Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias, Sección de Físicas por

JOSE LUIS TAIN ENRIQUEZ

Realizada bajo la dirección del Director del Instituto de Física Nuclear Experimental II del Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich (R.F.Alemana), Prof. Dr. D. Otto W. B. Schult, presentada por el Profesor Titular de Física Atómica y Nuclear, Dr. D. Jesús Sánchez-Dehesa, y juzgada el día 21 de Octubre de 1985, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente tribunal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. RAFAEL GUARDIOLA BARCENA, Catedrático de la Universidad de Granada

VOCAL:

Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad de Sevilla

Prof. Dr. D. JOSE M^a. GOMEZ GOMEZ, Catedrático de la Universidad de Salamanca

Prof. Dr. D. JUAN MARTORELL DOMENECH, Catedrático de la Universidad de Palma de Mallorca

SECRETARIO: Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid

Calificación obtenida:

APTO CUM LAUDE

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
SALIDA { N.º 400
Fecha 5 MAR. 1986

BIBLIOTECA
FACULTAD DE CIENCIAS
GRANADA
Estante 1
Tabla
Núm. 29

R. 31.330

MULTIPLETES PARTICULA-FONON,
EXCITACIONES DE VARIAS PARTICULAS
Y MASAS DE NUCLEOS EN LA REGION DEL ¹⁴⁶Gd

Tesis presentada para optar al Grado de Doctor en Ciencias Físicas por

BERTA RUBIO BARROSO

Realizada bajo la dirección de los Profesores Dr. O. Schult, Catedrático de la Universidad de Colonia (R.F.A.) y Dr. P. Kleinheinz, del Instituto de Física Nuclear del K.F.A. de Jülich (R.F.A.) y actuando como ponente el Catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de esta Universidad, Dr. D. Rafael Guardiola Bárcena. Fue juzgada el día 10 de febrero de 1986, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente Tribunal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad de Sevilla.

VOCAL:

Prof. Dr. D. JOSE CAMPOS GUTIERREZ, Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid.

Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad Autónoma de Madrid.

Prof. Dr. D. MANUEL LOZANO LEYVA, Profesor Titular de la Universidad de Sevilla.

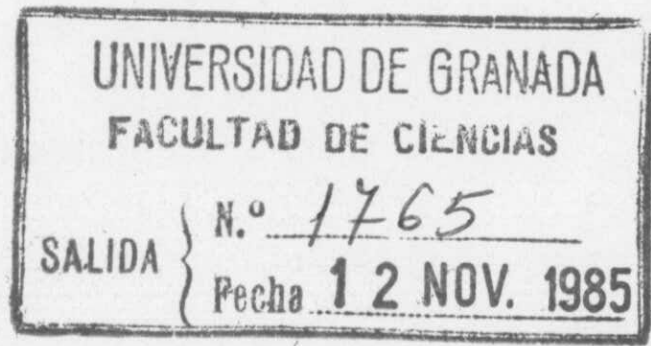
SECRETARIO: Dr. D. ANTONIO LALLENA ROJO, Profesor Colaborador de esta Universidad.

Calificación obtenida

APTO "CUM LAUDE"

► ...and they defended their Ph. D. theses at the Universidad de Granada

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208



EXCITACIONES 1⁺ DE INVERSION DE ESPIN
EN EL NUCLEO ²⁰⁸Pb

Tesis presentada para optar al grado de Doctor en Ciencias, Sección
de Físicas por

JOSE LUIS TAIN ENRIQUEZ

Realizada bajo la dirección del Director del Instituto de Física Nuclear
Experimental II del Centro de Investigaciones Nucleares de Jülich (R.F.Alemana),
Prof. Dr. D. Otto W. B. Schult, presentada por el Profesor Titular de Física
Atómica y Nuclear, Dr. D. Jesús Sánchez-Dehesa, y juzgada el día 21 de Octubre
de 1985, en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el
siguiente tribunal:

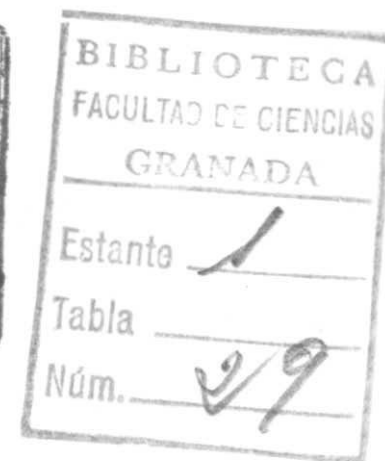
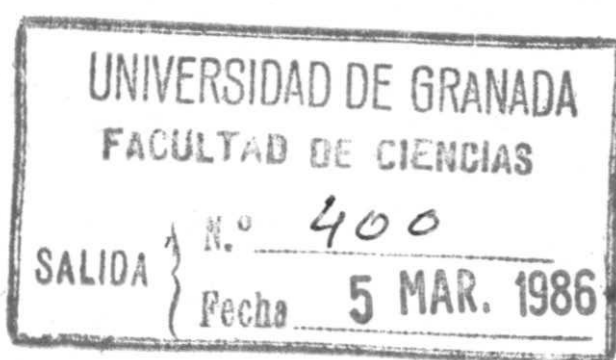
PRESIDENTE: Prof. Dr. D. RAFAEL GUARDIOLA BARCENA, Catedrático de la Universidad
de Granada

VOCALÉS: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Universidad
de Sevilla
Prof. Dr. D. JOSE M^a. GOMEZ GOMEZ, Catedrático de la Universidad
de Salamanca
Prof. Dr. D. JUAN MARTORELL DOMENECH, Catedrático de la Universidad
de Palma de Mallorca

SECRETARIO: Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad
Autónoma de Madrid

Calificación obtenida:
APTO CUM LAUDE

DEPARTAMENTO DE FISICA NUCLEAR
Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
(Spain)
Teléf. (958) 27 42 08
Int. 34 - 58 - 274208



MULTIPLÉTES PARTICULA-FONON,
EXCITACIONES DE VARIAS PARTICULAS
Y MASAS DE NUCLEOS EN LA REGION DEL ¹⁴⁶Gd

Tesis presentada para optar al Grado de Doctor en Ciencias Físicas por

BERTA RUBIO BARROSO

Realizada bajo la dirección de los Profesores Dr. O. Schult, Catedrático de
la Universidad de Colonia (R.F.A.) y Dr. P. Kleinheinz, del Instituto de Fí
sica Nuclear del K.F.A. de Jülich (R.F.A.) y actuando como ponente el Cate
drático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de esta Universidad, Dr. D.
Rafael Guardiola Bárcena. Fue juzgada el día 10 de febrero de 1986, en la
Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada, por el siguiente Tribu
nal:

PRESIDENTE: Prof. Dr. D. GONZALO MADURGA LACALLE, Catedrático de la Univer
de Sevilla.

VOCALÉS: Prof. Dr. D. JOSE CAMPOS GUTIERREZ, Catedrático de la Universidad
Complutense de Madrid.
Prof. Dr. D. ALFREDO POVES PAREDES, Catedrático de la Universidad
Autónoma de Madrid.
Prof. Dr. D. MANUEL LOZANO LEYVA, Profesor Titular de la Universi
dad de Sevilla.

SECRETARIO: Dr. D. ANTONIO LALLENA ROJO, Profesor Colaborador de esta Uni
versidad.

Calificación obtenida
APTO "CUM LAUDE"

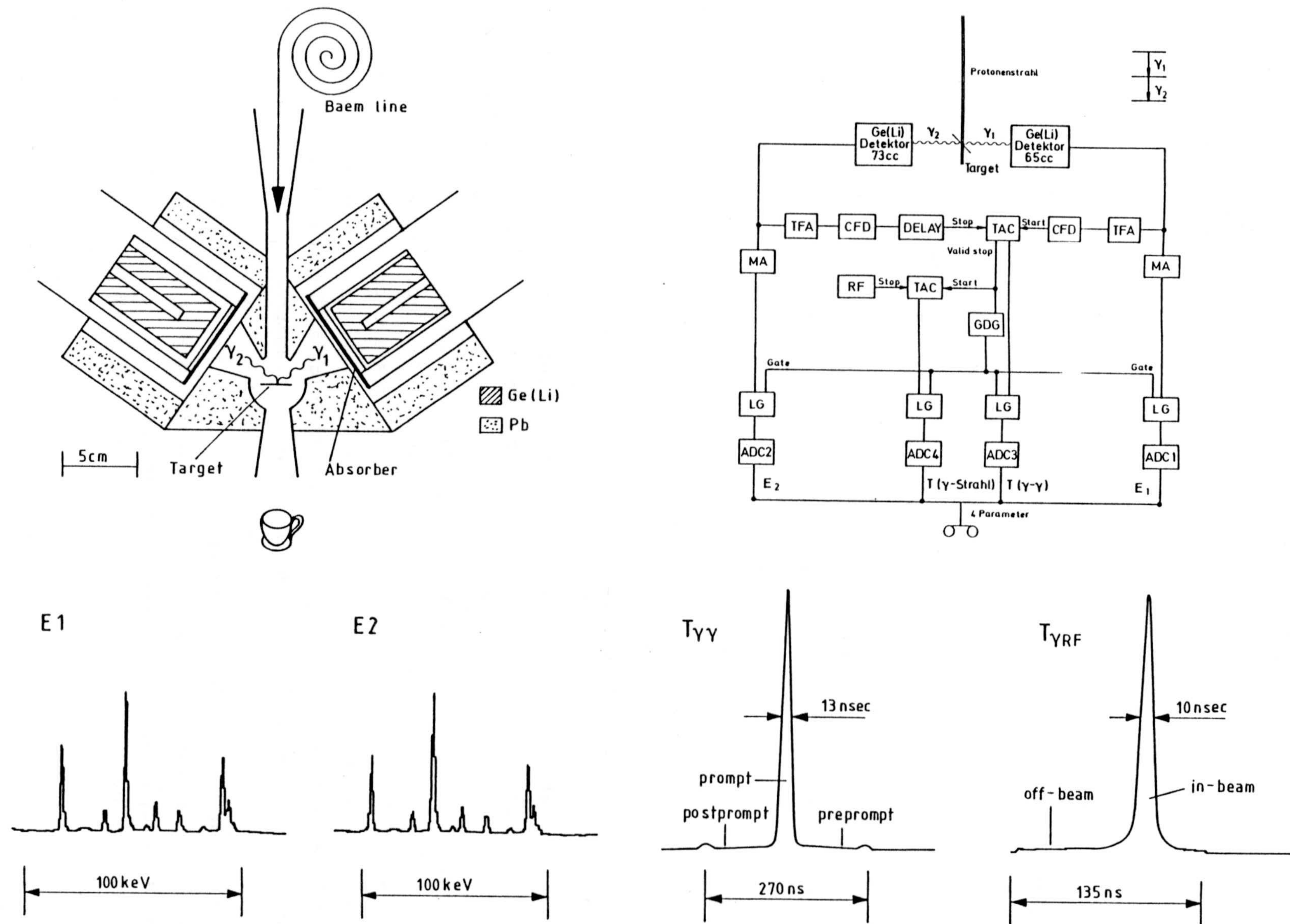


Fig. 5: Partes esenciales de un experimento de coincidencia a cuatro parámetros. En la parte superior izquierda se muestra la geometría del lugar de experimentación. El blindaje de plomo evita coincidencias casuales con radiación de fondo así como señales de rayos gamma retrodispersados. En la parte superior derecha se muestra el circuito electrónico empleado. Como resultado se obtienen dos señales proporcionales a la energía en los dos detectores E1 y E2, y dos señales proporcionales al tiempo: la primera correspondiente al tiempo transcurrido entre dos sucesos ocurridos en los dos detectores ($T_{\gamma\gamma}$) y la segunda correspondiente al tiempo transcurrido entre un suceso válido en un detector y la señal de radiofrecuencia del ciclotrón ($T_{\gamma RF}$). Los cuatro parámetros se escriben suceso a suceso en una cinta magnética. En la parte inferior se muestran las proyecciones para los cuatro parámetros.

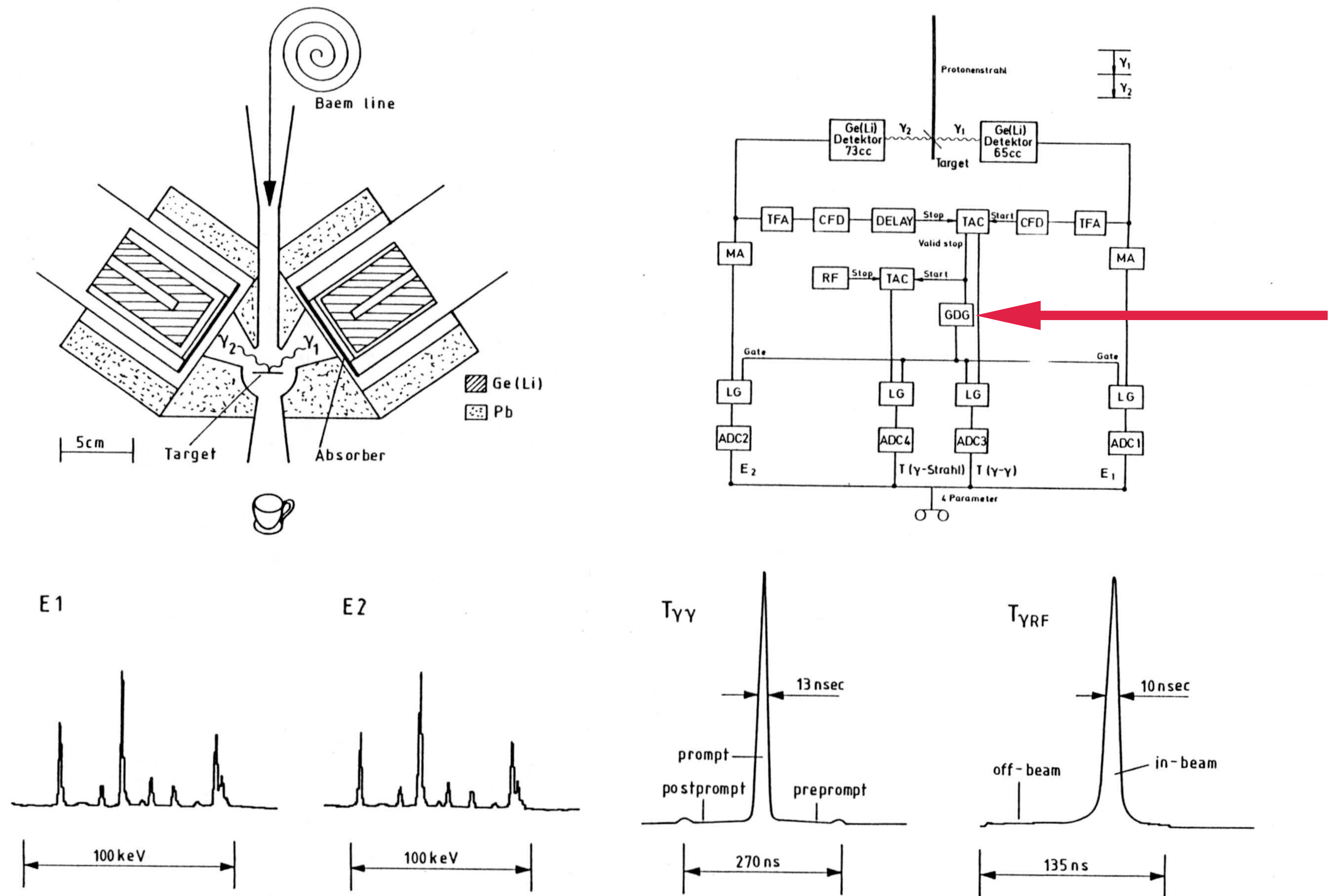


Fig. 5: Partes esenciales de un experimento de coincidencia a cuatro parámetros. En la parte superior izquierda se muestra la geometría del lugar de experimentación. El blindaje de plomo evita coincidencias casuales con radiación de fondo así como señales de rayos gamma retrodispersados. En la parte superior derecha se muestra el circuito electrónico empleado. Como resultado se obtienen dos señales proporcionales a la energía en los dos detectores E1 y E2, y dos señales proporcionales al tiempo: la primera correspondiente al tiempo transcurrido entre dos sucesos ocurridos en los dos detectores ($T_{\gamma\gamma}$) y la segunda correspondiente al tiempo transcurrido entre un suceso válido en un detector y la señal de radiofrecuencia del ciclotrón ($T_{\gamma RF}$). Los cuatro parámetros se escriben suceso a suceso en una cinta magnética. En la parte inferior se muestran las proyecciones para los cuatro parámetros.

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

...we had learned how to use the fractional parentage coefficients and a colleague, M^a. Cruz Boscá worked with them using “los huevitos”...

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

...we had learned how to use the fractional parentage coefficients and a colleague, M^a. Cruz Boscá worked with them using “los huevitos”...

IV. CALCULO DE ELEMENTOS DE MATRIZ

El problema que normalmente se plantea es el cálculo de valores esperados de operadores

$$\langle \Psi | O(1,2, \dots, n) | \Psi \rangle$$

en donde Ψ es una función antisimétrica de n partículas. Vamos a hacer un estudio del caso en que el operador O sea escalar, suponiendo varias posibilidades de acoplamiento para la función de ondas, y en los casos particularmente útiles de operadores de un cuerpo

$$O(1,2,\dots,n) = \sum_i V(i) \quad (58)$$

y de dos cuerpos

$$O(1,2,3,\dots,n) = \sum_{i < j} V(i,j) \quad , \quad V(i,j) = V(j,i) \quad (59)$$

Supondremos siempre que estos operadores son escalares bajo rotaciones, de forma que los elementos de matriz son diagonales en las terceras componentes de momento angular, e independientes de ellas, de acuerdo con el teorema de Wigner-Eckart.

Operadores de un cuerpo

A. Configuraciones simples

Vamos a calcular

$$X = \left\langle \begin{array}{c} \text{Diagram 1: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right| \sum_{i=1}^n V(i) \left| \begin{array}{c} \text{Diagram 2: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (60)$$

Dado que las funciones de onda son antisimétricas, cada uno de los términos de la suma $V(i)$ contribuye por igual al valor de X , de forma que

$$X = n \left\langle \begin{array}{c} \text{Diagram 1: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right| V(n) \left| \begin{array}{c} \text{Diagram 2: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (61)$$

El elemento de matriz resultante lo calcularemos del siguiente modo: usando los c.f.p. separaremos la partícula n en ambas funciones de onda, integraremos para las partículas $1,2,\dots, n-1$ usando las relaciones de

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

...we had learned how to use the fractional parentage coefficients and a colleague, M^a. Cruz Boscá worked with them using “los huevitos”...

IV. CALCULO DE ELEMENTOS DE MATRIZ

El problema que normalmente se plantea es el cálculo de valores esperados de operadores

$$\langle \Psi | O(1,2, \dots, n) | \Psi \rangle$$

en donde Ψ es una función antisimétrica de n partículas. Vamos a hacer un estudio del caso en que el operador O sea escalar, suponiendo varias posibilidades de acoplamiento para la función de ondas, y en los casos particularmente útiles de operadores de un cuerpo

$$O(1,2,\dots,n) = \sum_i V(i) \quad (58)$$

y de dos cuerpos

$$O(1,2,3,\dots,n) = \sum_{i < j} V(i,j) \quad , \quad V(i,j) = V(j,i) \quad (59)$$

Supondremos siempre que estos operadores son escalares bajo rotaciones, de forma que los elementos de matriz son diagonales en las terceras componentes de momento angular, e independientes de ellas, de acuerdo con el teorema de Wigner-Eckart.

Operadores de un cuerpo

A. Configuraciones simples

Vamos a calcular

$$X = \left\langle \begin{array}{c} \text{Diagram 1: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right| \sum_{i=1}^n V(i) \left| \begin{array}{c} \text{Diagram 2: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (60)$$

Dado que las funciones de onda son antisimétricas, cada uno de los términos de la suma $V(i)$ contribuye por igual al valor de X, de forma que

$$X = n \left\langle \begin{array}{c} \text{Diagram 1: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right| V(n) \left| \begin{array}{c} \text{Diagram 2: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (61)$$

El elemento de matriz resultante lo calcularemos del siguiente modo: usando los c.f.p. separaremos la partícula n en ambas funciones de onda, integraremos para las partículas 1,2,... n-1 usando las relaciones de

- 23 -

ortogonalidad, y así nos quedará X expresado en función de elementos de matriz de operadores de un cuerpo

$$X = n \sum_{\gamma \gamma' \gamma \gamma'} \langle p^n: \alpha X | p^{n-1}: \gamma \gamma' \rangle \langle p^n: \alpha X | p^{n-1}: \gamma' \gamma \rangle$$

$$= n \sum_{\gamma \gamma' \gamma \gamma'} \delta_{\gamma \gamma'} \delta_{\gamma \gamma'} \langle p^n: \alpha X | p^{n-1}: \gamma \gamma' \rangle \langle p^n: \alpha X | p^{n-1}: \gamma' \gamma \rangle \langle p | V | p \rangle \quad (62)$$

$$= n \sum_{\gamma \gamma' \gamma \gamma'} \delta_{\gamma \gamma'} \delta_{\gamma \gamma'} \langle p^n: \alpha X | p^{n-1}: \gamma \gamma' \rangle \langle p^n: \alpha X | p^{n-1}: \gamma' \gamma \rangle \langle p | V | p \rangle \quad (*)$$

Teniendo en cuenta las deltas de Kronecker y la regla de suma de los c.f.p. resulta

$$X = n \langle p | V | p \rangle \quad (63)$$

: el número de partículas por el elemento de matriz de una partícula.

B. Funciones de onda de dos capas

Vamos a calcular ahora el elemento de matriz

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \text{Diagram 1: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, \beta \end{array} \right| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \left| \begin{array}{c} \text{Diagram 2: Circle with } p^m \text{ and } \alpha, \beta \end{array} \right\rangle \quad (64)$$

Para ello descompondremos la función de ondas de la izquierda con ayuda de las OPP,

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{n! m!}{(n+m)!}} \left\langle \sum_{OPP} \varepsilon_P P \left(\begin{array}{c} \text{Diagram 1: Circle with } p^n \text{ and } \alpha, \beta \end{array} \right) \right| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \left| \begin{array}{c} \text{Diagram 2: Circle with } p^m \text{ and } \alpha, \beta \end{array} \right\rangle \quad (65)$$

Dado que la función de ondas de la derecha es totalmente antisimétrica, y el operador totalmente simétrico, todos los términos de esta suma valdrán lo mismo para cualquier valor de la permutación. En total hay $(n+m)!/n!m!$

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

...we had learned how to use the fractional parentage coefficients and a colleague, M^a. Cruz Boscá worked with them using “los huevitos”...

IV. CALCULO DE ELEMENTOS DE MATRIZ

El problema que normalmente se plantea es el cálculo de valores esperados de operadores

$$\langle \Psi | O(1,2, \dots, n) | \Psi \rangle$$

en donde Ψ es una función antisimétrica de n partículas. Vamos a hacer un estudio del caso en que el operador O sea escalar, suponiendo varias posibilidades de acoplamiento para la función de ondas, y en los casos particularmente útiles de operadores de un cuerpo

$$O(1,2,\dots,n) = \sum_i V(i) \quad (58)$$

y de dos cuerpos

$$O(1,2,3,\dots,n) = \sum_{i < j} V(i,j), \quad V(i,j) = V(j,i) \quad (59)$$

Supondremos siempre que estos operadores son escalares bajo rotaciones, de forma que los elementos de matriz son diagonales en las terceras componentes de momento angular, e independientes de ellas, de acuerdo con el teorema de Wigner-Eckart.

Operadores de un cuerpo

A. Configuraciones simples

Vamos a calcular

$$X = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V(i) \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (60)$$

Dado que las funciones de onda son antisimétricas, cada uno de los términos de la suma $V(i)$ contribuye por igual al valor de X , de forma que

$$X = n \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \middle| V(n) \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (61)$$

El elemento de matriz resultante lo calcularemos del siguiente modo: usando los c.f.p. separaremos la partícula n en ambas funciones de onda, integraremos para las partículas $1,2,\dots, n-1$ usando las relaciones de

- 23 -

ortogonalidad, y así nos quedará X expresado en función de elementos de matriz de operadores de un cuerpo

$$X = n \sum_{\gamma\gamma', \alpha\alpha'} \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma \gamma \rangle \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma' \gamma' \rangle \times \left\langle \begin{array}{c} \rho^{n-1} \\ \gamma \gamma \end{array} \middle| V_n \middle| \begin{array}{c} \rho^{n-1} \\ \gamma' \gamma' \end{array} \right\rangle \quad (62)$$

$$= n \sum_{\gamma\gamma', \alpha\alpha'} \delta_{\gamma\gamma'} \delta_{\alpha\alpha'} \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma \gamma \rangle \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma' \gamma' \rangle \langle \rho | V | \rho \rangle \quad (*)$$

Teniendo en cuenta las deltas de Kronecker y la regla de suma de los c.f.p. resulta

$$X = n \langle \rho | V | \rho \rangle \quad (63)$$

: el número de partículas por el elemento de matriz de una partícula.

B. Funciones de onda de dos capas

Vamos a calcular ahora el elemento de matriz

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (64)$$

Para ello descompondremos la función de ondas de la izquierda con ayuda de las OPP,

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{n! m!}{(n+m)!}} \left\langle \sum_{\text{OPP}} \varepsilon_P P \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (65)$$

Dado que la función de ondas de la derecha es totalmente antisimétrica, y el operador totalmente simétrico, todos los términos de esta suma valdrán lo mismo para cualquier valor de la permutación. En total hay $(n+m)!/n!m!$

- 24 -

OPP, de forma que tendremos

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{(n+m)!}{n! m!}} \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^m \\ 1,2,\dots,m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (66)$$

A continuación descomponemos la función de ondas de la derecha

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \sum_{\text{OPP}} \varepsilon_P P \begin{array}{c} \rho^m \\ 1,2,\dots,m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (67)$$

Vamos a usar la siguiente notación

$$X_{nm} = X_1 + X_2$$

en donde X_1 corresponde al operador $\sum_{i=1}^n V(i)$, y X_2 al $\sum_{i=n+1}^{n+m} V(i)$. Si examinamos el término X_1 vemos que en la función de ondas de la izquierda las partículas $1,2,\dots,n$ están en la capa ρ y las $n+1, n+2, \dots, n+m$ están en la capa δ : cualquier permutación en la suma de la derecha de (67), salvo la identidad, nos llevará una partícula de índice $i > n+1$ a la capa ρ , y como el operador no afecta a las partículas de índices mayores que n , tendríamos cero por ortogonalidad. Así, la única contribución no nula corresponde a la permutación identidad, y es

$$X_1 = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (68)$$

Podemos integrar para las coordenadas $n+1, n+2, \dots, n+m$, obteniendo

$$X_1 = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \end{array} \right\rangle \quad (69)$$

que es el caso estudiado anteriormente, de forma que queda

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

...we had learned how to use the fractional parentage coefficients and a colleague, M^a. Cruz Boscá worked with them using “los huevitos”...

... and they published several papers around 1991

IV. CALCULO DE ELEMENTOS DE MATRIZ

El problema que normalmente se plantea es el cálculo de valores esperados de operadores

$$\langle \Psi | O(1,2, \dots, n) | \Psi \rangle$$

en donde Ψ es una función antisimétrica de n partículas. Vamos a hacer un estudio del caso en que el operador O sea escalar, suponiendo varias posibilidades de acoplamiento para la función de ondas, y en los casos particularmente útiles de operadores de un cuerpo

$$O(1,2,\dots,n) = \sum_i V(i) \quad (58)$$

y de dos cuerpos

$$O(1,2,3,\dots,n) = \sum_{i < j} V(i,j), \quad V(i,j) = V(j,i) \quad (59)$$

Supondremos siempre que estos operadores son escalares bajo rotaciones, de forma que los elementos de matriz son diagonales en las terceras componentes de momento angular, e independientes de ellas, de acuerdo con el teorema de Wigner-Eckart.

Operadores de un cuerpo

A. Configuraciones simples

Vamos a calcular

$$X = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V(i) \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (60)$$

Dado que las funciones de onda son antisimétricas, cada uno de los términos de la suma $V(i)$ contribuye por igual al valor de X , de forma que

$$X = n \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \middle| V(n) \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \right\rangle \quad (61)$$

El elemento de matriz resultante lo calcularemos del siguiente modo: usando los c.f.p. separaremos la partícula n en ambas funciones de onda, integraremos para las partículas $1,2,\dots,n-1$ usando las relaciones de

- 23 -

ortogonalidad, y así nos quedará X expresado en función de elementos de matriz de operadores de un cuerpo

$$X = n \sum_{\gamma\gamma',\alpha\alpha'} \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma \gamma \rangle \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma' \gamma' \rangle \times \left\langle \begin{array}{c} \rho^{n-1} \\ \gamma \gamma \end{array} \middle| V_n \middle| \begin{array}{c} \rho^{n-1} \\ \gamma' \gamma' \end{array} \right\rangle \quad (62)$$

$$= n \sum_{\gamma\gamma',\alpha\alpha'} \delta_{\gamma\gamma'} \delta_{\alpha\alpha'} \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma \gamma \rangle \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma' \gamma' \rangle \langle \rho | V | \rho \rangle \quad (*)$$

Teniendo en cuenta las deltas de Kronecker y la regla de suma de los c.f.p. resulta

$$X = n \langle \rho | V | \rho \rangle \quad (63)$$

: el número de partículas por el elemento de matriz de una partícula.

B. Funciones de onda de dos capas

Vamos a calcular ahora el elemento de matriz

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (64)$$

Para ello descompondremos la función de ondas de la izquierda con ayuda de las OPP,

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{n!m!}{(n+m)!}} \left\langle \sum_{\text{OPP}} \varepsilon_P P \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (65)$$

Dado que la función de ondas de la derecha es totalmente antisimétrica, y el operador totalmente simétrico, todos los términos de esta suma valdrán lo mismo para cualquier valor de la permutación. En total hay $(n+m)!/n!m!$

OPP, de forma que tendremos

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{(n+m)!}{n!m!}} \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (66)$$

A continuación descomponemos la función de ondas de la derecha

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \sum_{\text{OPP}} \varepsilon_P \begin{array}{c} \rho^m \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (67)$$

Vamos a usar la siguiente notación

$$X_{nm} = X_1 + X_2$$

en donde X_1 corresponde al operador $\sum_{i=1}^n V(i)$, y X_2 al $\sum_{i=n+1}^{n+m} V(i)$. Si examinamos el término X_1 vemos que en la función de ondas de la izquierda las partículas $1,2,\dots,n$ están en la capa ρ y las $n+1,n+2,\dots,n+m$ están en la capa δ : cualquier permutación en la suma de la derecha de (67), salvo la identidad, nos llevará una partícula de índice $i > n+1$ a la capa ρ , y como el operador no afecta a las partículas de índices mayores que n , tendríamos cero por ortogonalidad. Así, la única contribución no nula corresponde a la permutación identidad, y es

$$X_1 = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \quad (68)$$

Podemos integrar para las coordenadas $n+1, n+2,\dots,n+m$, obteniendo

$$X_1 = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \end{array} \right\rangle \quad (69)$$

que es el caso estudiado anteriormente, de forma que queda

► At that time, we tried to collaborate calculating matrix element that Berta and her Ph. D. supervisor, Peter Kleinheinz, were interested in...

...we had learned how to use the fractional parentage coefficients and a colleague, M^a. Cruz Boscá worked with them using “los huevitos”...

... and they published several papers around 1991

- 22 -

IV. CÁLCULO DE ELEMENTOS DE MATRIZ

El problema que normalmente se plantea es el cálculo de valores esperados de operadores

$$\langle \Psi | O(1,2, \dots, n) | \Psi \rangle$$

en donde Ψ es una función antisimétrica de n partículas. Vamos a hacer un estudio del caso en que el operador O sea escalar, suponiendo varias posibilidades de acoplamiento para la función de ondas, y en los casos particularmente útiles de operadores de un cuerpo

$$O(1,2,\dots,n) = \sum_i V(i) \tag{58}$$

y de dos cuerpos

$$O(1,2,3,\dots,n) = \sum_{i < j} V(i,j), \quad V(i,j) = V(j,i) \tag{59}$$

Supondremos siempre que estos operadores son escalares bajo rotaciones, de forma que los elementos de matriz son diagonales en las terceras componentes de momento angular, e independientes de ellas, de acuerdo con el teorema de Wigner-Eckart.

Operadores de un cuerpo

A. Configuraciones simples

Vamos a calcular

$$X = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V(i) \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \right\rangle \tag{60}$$

Dado que las funciones de onda son antisimétricas, cada uno de los términos de la suma $V(i)$ contribuye por igual al valor de X , de forma que

$$X = n \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \middle| V(n) \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha, X \end{array} \right\rangle \tag{61}$$

El elemento de matriz resultante lo calcularemos del siguiente modo: usando los c.f.p. separaremos la partícula n en ambas funciones de onda, integraremos para las partículas $1,2,\dots, n-1$ usando la

- 23 -

ortogonalidad, y así nos quedará X expresado en función de elementos de matriz de operadores de un cuerpo

$$X = n \sum_{\gamma \gamma' \gamma''} \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma \gamma' \rangle \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma' \gamma'' \rangle$$
$$\times \left\langle \begin{array}{c} \rho^{n-1} \\ \gamma \gamma' \end{array} \middle| V_n \middle| \begin{array}{c} \rho^{n-1} \\ \gamma' \gamma'' \end{array} \right\rangle \tag{62}$$
$$= n \sum_{\gamma \gamma' \gamma''} \delta_{\gamma \gamma'} \delta_{\gamma' \gamma''} \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma \gamma' \rangle \langle \rho^n: \alpha X | \rho^{n-1}: \gamma' \gamma'' \rangle \langle \rho | V | \rho \rangle \tag{*}$$

Teniendo en cuenta las deltas de Kronecker y la regla de suma de los c.f.p. resulta

$$X = n \langle \rho | V | \rho \rangle \tag{63}$$

: el número de partículas por el elemento de matriz de una partícula.

B. Funciones de onda de dos capas

Vamos a calcular ahora el elemento de matriz:

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \tag{64}$$

Para ello descompondremos la función de ondas de la izquierda con ayuda de las OPP,

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{n! m!}{(n+m)!}} \left\langle \sum_{\text{OPP}} \varepsilon_P P \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \tag{65}$$

Dado que la función de ondas de la derecha es totalmente antisimétrica, y el operador totalmente simétrico, todos los términos de esta suma valdrán lo mismo para cualquier valor de la permutación. En total hay $(n+m)!/n!m!$

OPP, de forma que tendremos

$$X_{nm} = \sqrt{\frac{(n+m)!}{n! m!}} \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^m \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \tag{66}$$

A continuación descomponemos la función de ondas de la derecha

$$X_{nm} = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^{n+m} V_i \middle| \sum_{\text{OPP}} \varepsilon_P P \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,2,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \tag{67}$$

Vamos a usar la siguiente notación

$$X_{nm} = X_1 + X_2$$

en donde X_1 corresponde al operador $\sum_{i=1}^n V(i)$, y X_2 al $\sum_{i=n+1}^{n+m} V(i)$. Si examinamos el término X_1 vemos que en la función de ondas de la izquierda las partículas $1,2,\dots,n$ están en la capa ρ y las $n+1, n+2, \dots, n+m$ están en la capa δ : cualquier permutación en la suma de la derecha de (67), salvo la identidad, nos llevará una partícula de índice $i > n+1$ a la capa ρ , y como el operador no afecta a las partículas de índices mayores que n , tendríamos cero por ortogonalidad. Así, la única contribución no nula corresponde a la permutación identidad, y es

$$X_1 = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \beta \end{array} \right\rangle \tag{68}$$

Podemos integrar para las coordenadas $n+1, n+2, \dots, n+m$, obteniendo

$$X_1 = \left\langle \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \end{array} \middle| \sum_{i=1}^n V_i \middle| \begin{array}{c} \rho^n \\ 1,\dots,n \\ \alpha \end{array} \right\rangle \tag{69}$$

que es el caso estudiado anteriormente, de forma que queda

M^a. Cruz Boscá was in the Ph. D. commission of Luis M. García Raffi in 1995

► in 1986, I went again to Jülich to work with Giampaolo Co' ...

► in 1986, I went again to Jülich to work with Giampaolo Co' ...



► also in 1986, some time before, José Luis was hired as Assistant Laboratory Professor at the Departamento de Física Moderna of the Universidad de Granada...

► also in 1986, some time before, José Luis was hired as Assistant Laboratory Professor at the Departamento de Física Moderna of the Universidad de Granada...

... he was at the University of Granada for a few months, until the people at IFIC offered him a position with the prospect of obtaining a permanent position in the short term.

► also in 1986, some time before, José Luis was hired as Assistant Laboratory Professor at the Departamento de Física Moderna of the Universidad de Granada...

... he was at the University of Granada for a few months, until the people at IFIC offered him a position with the prospect of obtaining a permanent position in the short term.

► At that time, José Luis was simulating a detector: ORANGE...

► also in 1986, some time before, José Luis was hired as Assistant Laboratory Professor at the Departamento de Física Moderna of the Universidad de Granada...

... he was at the University of Granada for a few months, until the people at IFIC offered him a position with the prospect of obtaining a permanent position in the short term.

► At that time, José Luis was simulating a detector: ORANGE...

...he called his programs "Naranjito-1", "Naranjito-2",...

► also in 1986, some time before, José Luis was hired as Assistant Laboratory Professor at the Departamento de Física Moderna of the Universidad de Granada...

... he was at the University of Granada for a few months, until the people at IFIC offered him a position with the prospect of obtaining a permanent position in the short term.

► At that time, José Luis was simulating a detector: ORANGE...

...he called his programs "Naranjito-1", "Naranjito-2",...

...I tried to learn what this curious Monte Carlo simulation technique was, but he escaped from Granada too soon...

Garganta del Cares, Asturias, 1987



- The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

J.L. Taín, A.M. Lallena, et al.

Proposal for the Construction of a Gamma-Ray Beam-Line at the spanish Synchrotron (2004)

J.L. Taín, A.M. Lallena, et al.
Proposal for the Construction of a Gamma-Ray Beam-Line at the spanish Synchrotron (2004)

PHYSICAL REVIEW C **103**, 054603 (2021)

Resonance photoproduction of pionic atoms at the proposed Gamma Factory

Victor V. Flambaum

School of Physics, University of New South Wales, Sydney 2052, Australia;

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55128 Mainz, Germany;

and Helmholtz-Institut, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 55128 Mainz, Germany

Junlan Jin


Department of Modern Physics, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China

Dmitry Budker

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, 55128 Mainz, Germany;

Helmholtz-Institut, GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, 55128 Mainz, Germany;

and Department of Physics, University of California, Berkeley, California 94720, USA

 (Received 3 November 2020; revised 23 February 2021; accepted 13 April 2021; published 3 May 2021)

We present a possibility of direct resonance production of pionic atoms (Coulomb bound states of a negative pion and a nucleus) with a rate of up to $\approx 10^{10}$ per second using the gamma-ray beams from the Gamma Factory.

DOI: [10.1103/PhysRevC.103.054603](https://doi.org/10.1103/PhysRevC.103.054603)

is, *Annu. Rev. Nucl. Sci.* **20**, 467

t, K. Baumann, and W. Thirring, n pi-mesonic atoms, *Phys. Rev.* **96**,

als of π -mesonic atoms, *Phys. Rev.*

, A. Sótér, A. Dax, and D. Barna, c helium atoms, *Nature (London)*

Factory Proposal for CERN, Tech- t, 2015), [arXiv:1511.07794](https://arxiv.org/abs/1511.07794).

pez-Urrutia, A. Derevianko, V. V. , A. Petrenko, S. Pustelny, A. and M. Zolotarev, Atomic physics ry at CERN, *Ann. Phys. (Berlin)*

omb potential on the π^- photopro- duction, *Nucl. Phys. B* **18**, 246 (1970).

[8] E. Friedman and A. Gal, In-medium nuclear interactions of low-energy hadrons, *Phys. Rep.* **452**, 89 (2007).

[9] T. Yamazaki, R. S. Hayano, K. Itahashi, K. Oyama, A. Gillitzer, H. Gilg, M. Knülle, M. Münch, P. Kienle, W. Schott, H. Geissel, N. Iwasa, and G. Münzenberg, Discovery of deeply bound π^- states in the $^{208}\text{Pb}(d, ^3\text{He})$ reaction, *Z. Phys. A* **355**, 219 (1996).

[10] H. Gilg, A. Gillitzer, M. Knülle, M. Münch, W. Schott, P. Kienle, K. Itahashi, K. Oyama, R. S. Hayano, H. Geissel,

N. Iwasa, G. Münzenberg, and T. Yamazaki, Deeply bound π^- states in ^{207}Pb formed in the $^{208}\text{Pb}(d, ^3\text{He})$ reaction. I. Experimental method and results, *Phys. Rev. C* **62**, 025201 (2000).

[11] H. Geissel, H. Gilg, A. Gillitzer, R. S. Hayano, S. Hirenzaki, K. Itahashi, M. Iwasaki, P. Kienle, M. Münch, G. Münzenberg, W. Schott, K. Suzuki, D. Tomono, H. Weick, T. Yamazaki, and T. Yoneyama, Deeply Bound $1s$ and $2p$ Pionic States in ^{205}Pb and Determination of the s -Wave Part of the Pion-Nucleus Interaction, *Phys. Rev. Lett.* **88**, 122301 (2002).

[12] J. Nieves and E. Oset, Direct production of pionic atoms from radiative trapping of pions in flight, *Nucl. Phys. A* **553**, 595 (1993).

[13] K. J. Raywood, J. B. Lange, G. Jones, M. Pavan, M. E. Sevier, D. A. Hutcheon, A. Olin, D. Ottewell, S. Yen, S. J. Lee, K. S. Sim, A. Altman, E. Friedman, and A. Trudel, Search for deeply bound pionic states in ^{208}Pb via radiative atomic capture of negative pions, *Phys. Rev. C* **55**, 2492 (1997).

[14] J. L. Taín *et al.*, Proposal for the construction of a gamma-ray beam line at the Spanish synchrotron ALBA, 2004 (unpublished).

[15] B. Strandberg, K. G. Fissum, J. R. M. Annand, W. J. Briscoe, J. Brudvik, F. Cividini, L. Clark, E. J. Downie, K. England, G. Feldman, D. I. Glazier, K. Hamilton, K. Hansen, L. Isaksson, R. Al Jebali, M. A. Kovash, A. E. Kudryavtsev, V. Lensky, S. Lipschutz, M. Lundin, M. Meshkian, D. G. Middleton, L. S. Myers, D. O'Donnell, G. V. O'Rielly, B. Oussena, M. F. Preston, B. Schröder, B. Seitz, I. I. Strakovsky, M. Taragin,

J.L. Taín, A.M. Lallena, et al.
Proposal for the Construction of a Gamma-Ray Beam-Line at the spanish Synchrotron (2004)

上海激光电子伽马源的建设与试运行

王宏伟^{1,2,3}, 范功涛^{1,2,3}, 许杭华¹, 刘龙祥¹, 张岳¹, 郝子锐¹, 杨宇萱^{3,4},
金晨^{2,3}, 陈开杰^{3,5}, 李志才^{1,6}, 焦普^{1,7}, 周梦蝶^{1,7}, 王振伟^{2,3}

- (1. 中国科学院上海高等研究院, 上海 201210;
- 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
- 3. 中国科学院上海应用物理研究所, 上海 201800;
- 4. 郑州大学物理学院, 郑州 450001;
- 5. 上海科技大学物质科学与技术学院, 上海 201210;
- 6. 南华大学核科学技术学院, 湖南 衡阳 421001;
- 7. 河南师范大学物理学院, 河南 新乡 453007)

摘要: 介绍了上海光源线站工程之一的上海激光电子伽马源 (Shanghai Laser Electron Gamma Source, SLEGS) 光束线站的建设与试运行情况, 在 SLEGS 装置上可以开展核物理、核天体物理等基础研究、开展伽马辐照、伽马成像及伽马活化等应用研究。SLEGS 光束线站在 2021 年 12 月通过工艺验收, 2022 年 10 月进入到试运行阶段, 2023 年 9 月对用户开放运行。SLEGS 是国际上首台采用变换碰撞角度连续改变伽马束能量的光束线站, 具有最好的能量扫描精度、流强密度以及高效的能量调节能力。试运行阶段 SLEGS 光束线站重点解决了伽马束能谱和流强的在线监测问题, 主要完成了平坦效率谱仪 (FED) 测量光中子截面的实验方法学研究, 以及开展了伽马成像、伽马活化、正电子产生等应用平台的拓展和研究。随着逆康普顿散射技术的发展和用需求增加, 未来短脉冲、高极化、高通量以及小型化的激光康普顿散射光源将会迎来更好的发展机遇, 将在核物理、天体物理、粒子物理、极化物理, 以及航空航天、医学检测、能源开发等伽马源应用研究领域发挥重要的作用。

关键词: 激光康普顿散射; SLEGS; 光核反应; 集体运动

中图分类号: O571.1; O571.42⁺4 **文献标志码:** A **DOI:** 10.11804/NuclPhysRev.41.2023CNPC38

0 激光电子伽马源

20 世纪 60 年代激光器出现以后, 就提出利用激光与相对论电子碰撞产生高能光子的概念^[1], 1978 年意大利建造了第一台基于激光康普顿散射 (Laser Compton Scattering, LCS) 的伽马源装置 LADON^[2], 1984 年前后美国建成高伽马能量的 LEGS 装置^[3]和日本同期建成基于同步辐射装置 (TERAS) 的 LCS 束线站^[4]。此后美国建成有 HIγS@TUNL^[5], PLEIADES@LLNL^[6], T-RAY/M-RAY@LLNL^[7]等装置, 90 年代以后日本基于同步辐射装置 SPring-8^[8], SAGA^[9], UVSOR-II/III^[10], NewSUBARU^[11]等相继建成激光电子伽马源线站, 此后西班牙光源^[12], 加拿大光源^[13], 韩国浦项光源^[14]等同步辐射装置上也提出类似的激光电子伽马源线站的

概念设计, 但最终都没有获批建设。2016 年欧盟提出 ELI-NP 项目^[15], 计划建设基于电子直线加速器的逆康普顿散射伽马源分支 (GBS), 2020 年更名为 VEGA, 目前仍未建成。

1 SLEGS 装置及研究平台

上海激光电子伽马源 (Shanghai Laser Electron Gamma Source, SLEGS) 光束线站基于上海同步辐射装置 (SSRF, 简称为上海光源) 建设的, 2016 年作为上海光源线站工程 (二期) 16 条建设线站之一获得国家发改委立项资助^[16], SLEGS 线站 2018 年开工建设, 2021 年 12 月底工艺验收, 2022 年下半年开始试运行, 2023 年 9 月向用户开放运行^[17]。国内类似装置有清华大学在汤姆逊

Accel Beams, 2010, 13: 070703.

[8] NAKANO T, EJIRIA H, FUJIWARA M, et al. Nucl Phys A, 1998, 629: 559c.

[9] KANEYASU T, TAKABAYASHI Y, IWASAK Y, et al. Nucl Instr and Meth A, 2011, 659: 30.

[10] ALBERT F, ANDERSON S G, GIBSON D J, et al. Phys Rev ST Accel Beams, 2011, 14: 050703.

[11] AMANO S, HORIKAWA K, ISHIIHARA K, et al. Nucl Instr and Meth A, 2009, 602: 337.

[12] TAIN J L, LALLEN A M, EBRAHIM M, et al. Proposal for the Construction of a Gamma-Ray Beam Line at the Spanish Synchrotron ALBA, December, 2004.

[13] WURTZ W A. Considerations for the Construction of a Gamma ray Beam Line at the Canadian Light Source. Canadian Light Source, Apr 22, 2010.

[14] AHNA J K, KIM E S. Nucl Instr and Meth A, 2004, 528: 600.

[15] HABS D, TAJIMA T, ZAMFIR V. Nuclear Physics News, 2011, 21: 23. and ELI-NP White Book[EB/OL].[2023-06-20]. <http://www.eli-np.ro/documents/ELI-NP-WhiteBook.pdf>.

[16] WANG Hongwei, FAN Gongtao, LIU Longxiang, et al. Nuclear Physics Review, 2020, 37(1): 53. (in Chinese) (王宏伟, 范功涛, 刘龙祥, 等. 原子核物理评论, 2020, 37(1): 53.)

[17] WANG H W, FAN G T, LIU L X, et al. Nucl. Sci. Tech., 2022, 33: 87.

[18] DU Yingchao, HUANG Wenhui, YAN Lixin, et al. High Power Laser and Particle Beams, 2009, 21(2): 265. (in Chinese) (杜应超, 黄文会, 颜立新, 等. 强激光与粒子束, 2009, 21(2): 265.)

[19] DU Yingchao, CHEN Han, ZHANG Hongze, et al. High Power Laser and Particle Beams, 2022, 34: 104010. (杜应超, 薛寒, 张鸿泽, 等. 强激光与粒子束, 2022, 34: 104010.)

[20] AN Guangpeng, CHI Yunlong, DANG Yongle, et al. Matter and Radiation at Extremes, 2018, 3(4): 219.

[21] TANG Guangyi, CHEN Shanhong, CHEN Yuan, et al. Rev Sci Instr, 2020, 91(3): 033109.

[22] SI M, CHEN S, HUANG Y, et al. Eur Phys J D, 2022, 76: 63.

[23] TAKAHASHI T, AN G, CHEN Y, et al. Eur Phys J C, 2018, 78: 893.

[24] U S Department of Energy, Oct 27, 2008, Next-Generation Photon Sources for Grand Challenges in Science and Energy[R]. Washington D C : U.S. Department of Energy United States, 2009.

[25] GRAVES W S, BESSUILLE J, BROWN P, et al. Phys Rev ST Accel Beams, 2014, 17: 120701.

[26] WELLER HENRY R, AHMED M W, GAO H Y, et al. Progress in Particle and Nuclear Physics, 2009, 62: 2573.

[27] TANAKA K A, SPOHRK M, BALABANSKI D L, et al. Matter and Radiation at Extremes, 2020, 5: 024402,

[28] KAWANO T, CHO Y S, DIMITRIOU P, et al. 2020(1): 109. doi: 10.1016/j.nds.2019.12.002

[29] GE Zhigang, XU Ruirui, WU Haicheng, et al. EPJ Web of Conferences, 2020, 239: 09001.

[30] XU H H, FAN G T, WANG H W, et al. Nucl Instr and Meth A, 2022, 1033: 166742.

[31] HAO Z R, FAN G T, WANG H W, et al. Nucl Instr and Meth A, 2021, 1013: 165638.

[32] HAO Z R, FAN G T, WANG H W, et al. Nucl Instr and Meth B, 2022, 519: 9.

[33] KUANG Pan, SONG Longlong, CHEN Kaijie, et al. Nuclear Physics Review, 2023, 40(1): 58. (in Chinese) (匡攀, 宋龙龙, 陈开杰, 等. 原子核物理评论, 2023, 40(1): 58.)

[34] HAO Z R, FAN G T, LIU L X, et al. Nuclear Techniques, 2020, 43(11): 57. (in Chinese) (郝子锐, 范功涛, 刘龙祥, 等. 核技术, 2020, 43(11): 57.)

[35] CHEN Kai-Jie, LIU Long-Xiang, HAO Zi-Rui, et al. Nucl Sci and Tech, 2023, 34: 47.

[36] LIU Longxiang, WANG Hongwei, HAN Jianlong, et al. System for Automatic Data Acquisition: ZL-2016-1-008934.7[P]. 2020-03-20. (刘龙祥, 王宏伟, 韩建龙, 等. 自动获取数据的系统: ZL-2016-1-008934.7[P]. 2020-03-20.)

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

J.L. Taín, A.M. Lallena, et al.
Proposal for the Construction of a Gamma-Ray Beam-Line at the spanish Synchrotron (2004)

第 41 卷 第 1 期 2024 年 3 月	原 子 核 物 理 评 论 Nuclear Physics Review	Vol. 41, No. 1 Mar., 2024
文章编号: 1007-4627(2024)01-0067-08	编辑推荐	
上海激光电子伽马源的建设与试运行		
王宏伟 ^{1,2,3} , 范功涛 ^{1,2,3} , 许杭华 ¹ , 刘龙祥 ¹ , 张 岳 ¹ , 郝子锐 ¹ , 杨宇萱 ^{3,4} , 金 晨 ^{2,3} , 陈开杰 ^{3,5} , 李志才 ^{1,6} , 焦 普 ^{1,7} , 周梦蝶 ^{1,7} , 王振伟 ^{2,3} (1. 中国科学院上海高等研究院, 上海 201210; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 中国科学院上海应用物理研究所, 上海 201800; 4. 郑州大学物理学院, 郑州 450001; 5. 上海科技大学物质科学与技术学院, 上海 201210; 6. 南华大学核科学技术学院, 湖南 衡阳 421001; 7. 河南师范大学物理学院, 河南 新乡 453007)		
摘要: 介绍了上海光源线站工程之一的上海激光电子伽马源 (Shanghai Laser Electron Gamma Source, SLEGS)		
· 74 ·	原 子 核 物 理 评 论	第 41 卷

Construction and Trial Operation of Shanghai Laser Electron Gamma Source
WANG Hongwei ^{1,2,3,1)} , FAN Gongtao ^{1,2,3} , XU Hanghua ¹ , LIU Longxiang ¹ , ZHANG Yue ¹ , HAO Zirui ¹ , YANG Yuxuan ^{3,4} , JIN Sheng ^{2,3} , CHEN Kaijie ^{3,5} , LI Zhicai ^{1,6} , JIAO Pu ^{1,7} , ZHOU Mengdie ^{1,7} , WANG Zhenwei ^{2,3} (1. Shanghai Advanced Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201210, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Science, Shanghai 201800, China; 4. School of Physics, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 5. School of Physics Science and Technology, ShanghaiTech University, Shanghai 201210, China; 6. School of Nuclear Science and Technology, University of South China, Hengyang 421001, Hunan, China; 7. School of Physics, Henan Normal University, Xinxiang 453007, Henan, China)
美国建成高伽马能量的 LEGS 装置 ^[1] 和日本同期建成基于同步辐射装置 (TERAS) 的 LCS 束线站 ^[4] 。此后美国建成有 HIγS@TUNL ^[5] , PLEIADES@LLNL ^[6] , T-RAY/M-RAY@LLNL ^[7] 等装置, 90 年代以后日本基于同步辐射装置 SPring-8 ^[8] , SAGA ^[9] , UVSOR-II/III ^[10] , NewSUBARU ^[11] 等相继建成激光电子伽马源线站, 此后西班牙光源 ^[12] , 加拿大光源 ^[13] , 韩国浦项光源 ^[14] 等同步辐射装置上也提出类似的激光电子伽马源线站的
上海激光电子伽马源 (Shanghai Laser Electron Gamma Source, SLEGS) 光束线站基于上海同步辐射装置 (SSRF, 简称为上海光源) 建设的, 2016 年作为上海光源线站工程 (二期) 16 条建设线站之一获得国家发改委立项资助 ^[16] , SLEGS 线站 2018 年开工建设, 2021 年 12 月底工艺验收, 2022 年下半年开始试运行, 2023 年 9 月向用户开放运行 ^[17] 。国内类似装置有清华大学在汤姆逊
收稿日期: 2023-07-25; 修改日期: 2024-02-25 基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFA1602400); 国家自然科学基金资助项目 (12275338, 12005280); 核数据重点实验室基金 (JCKY2022201C152); 中国科学院国际人才计划访问学者项目 (2021VMA0025) 作者简介: 王宏伟 (1971-), 男 (蒙古族), 内蒙古赤峰人, 研究员, 博士, 从事实验核物理研究; E-mail: wanghw@sari.ac.cn

第 1 期	王宏伟等: 上海激光电子伽马源的建设与试运行	· 73 ·
	Accel Beams, 2010, 13: 070703.	[22] SI M, CHEN S, HUANG Y, et al. Eur Phys J D, 2022, 76: 63.
[8]	NAKANO T, EJIRIA H, FUJIWARA M, et al. Nucl Phys A, 1998, 629: 559c.	[23] TAKAHASHI T, AN G, CHEN Y, et al. Eur Phys J C, 2018, 78: 893.
[9]	KANEYASU T, TAKABAYASHI Y, IWASAK Y, et al. Nucl Instr and Meth A, 2011, 659: 30.	[24] U S Department of Energy, Oct 27, 2008, Next-Generation Photon Sources for Grand Challenges in Science and Energy[R]. Washington D C : U.S. Department of Energy United States, 2009.
[10]	ALBERT F, ANDERSON S G, GIBSON D J, et al. Phys Rev ST Accel Beams, 2011, 14: 050703.	[25] GRAVES W S, BESSUILLE J, BROWN P, et al. Phys Rev ST Accel Beams, 2014, 17: 120701.
[11]	AMANO S, HORIKAWA K, ISHIIHARA K, et al. Nucl Instr and Meth A, 2009, 602: 337.	[26] WELLER HENRY R, AHMED M W, GAO H Y, et al. Progress in Particle and Nuclear Physics, 2009, 62: 2573.
[12]	TAIN J L, LALLENA A M, EBRAHIM M, et al. Proposal for the Construction of a Gamma-Ray Beam Line at the Spanish Synchrotron ALBA, December, 2004.	[27] TANAKA K A, SPOHRK M, BALABANSKI D L, et al. Matter and Radiation at Extremes, 2020, 5: 024402,
[13]	WURTZ W A. Considerations for the Construction of a Gamma ray Beam Line at the Canadian Light Source. Canadian Light Source, Apr 22, 2010.	[28] KAWANO T, CHO Y S, DIMITRIOU P, et al. 2020(1): 109. doi: 10.1016/j.nds.2019.12.002
[14]	AHNA J K, KIM E S. Nucl Instr and Meth A, 2004, 528: 600.	[29] GE Zhigang, XU Ruirui, WU Haicheng, et al. EPJ Web of Conferences, 2020, 239: 09001.
[15]	HABS D, TAJIMA T, ZAMFIR V. Nuclear Physics News, 2011, 21: 23. and ELI-NP White Book[EB/OL].[2023-06-20]. http://www.eli-np.ro/documents/ELI-NP-WhiteBook.pdf.	[30] XU H H, FAN G T, WANG H W, et al. Nucl Instr and Meth A, 2022, 1033: 166742.
[16]	WANG Hongwei, FAN Gongtao, LIU Longxiang, et al. Nuclear Physics Review, 2020, 37(1): 53. (in Chinese) (王宏伟, 范功涛, 刘龙祥, 等. 原子核物理评论, 2020, 37(1): 53.)	[31] HAO Z R, FAN G T, WANG H W, et al. Nucl Instr and Meth A, 2021, 1013: 165638.
[17]	WANG H W, FAN G T, LIU L X, et al. Nucl. Sci. Tech., 2022, 33: 87.	[32] HAO Z R, FAN G T, WANG H W, et al. Nucl Instr and Meth B, 2022, 519: 9.
[18]	DU Yingchao, HUANG Wenhui, YAN Lixin, et al. High Power Laser and Particle Beams, 2009, 21(2): 265. (in Chinese) (杜应超, 黄文会, 颜立新, 等. 强激光与粒子束, 2009, 21(2): 265.)	[33] KUANG Pan, SONG Longlong, CHEN Kaijie, et al. Nuclear Physics Review, 2023, 40(1): 58. (in Chinese) (匡攀, 宋龙龙, 陈开杰, 等. 原子核物理评论, 2023, 40(1): 58.)
[19]	DU Yingchao, CHEN Han, ZHANG Hongze, et al. High Power Laser and Particle Beams, 2022, 34: 104010. (杜应超, 陈寒, 张鸿泽, 等. 强激光与粒子束, 2022, 34: 104010.)	[34] HAO Z R, FAN G T, LIU L X, et al. Nuclear Techniques, 2020, 43(11): 57. (in Chinese) (郝子锐, 范功涛, 刘龙祥, 等. 核技术, 2020, 43(11): 57.)
[20]	AN Guangpeng, CHI Yunlong, DANG Yongle, et al. Matter and Radiation at Extremes, 2018, 3(4): 219.	[35] CHEN Kai-Jie, LIU Long-Xiang, HAO Zi-Rui, et al. Nucl Sci and Tech, 2023, 34: 47.
[21]	TANG Guangyi, CHEN Shanhong, CHEN Yuan, et al. Rev Sci Instr, 2020, 91(3): 033109.	[36] LIU Longxiang, WANG Hongwei, HAN Jianlong, et al. System for Automatic Data Acquisition: ZL-2016-1-008934.7[P]. 2020-03-20. (刘龙祥, 王宏伟, 韩建龙, 等, 自动获取数据的系统: ZL-2016-1-008934.7[P]. 2020-03-20.)

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► Apart from the bad experience, I learned:

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► Apart from the bad experience, I learned:

–our community can sometimes seem a bit lazy ...

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► Apart from the bad experience, I learned:

–our community can sometimes seem a bit lazy ...

something understandable:
in general, we find it difficult
to escape our comfort zone

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► Apart from the bad experience, I learned:

–our community can sometimes seem a bit lazy ...

something understandable:
in general, we find it difficult
to escape our comfort zone

... but ultimately everyone ends up cooperating

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► Apart from the bad experience, I learned:

–our community can sometimes seem a bit lazy ...

something understandable:
in general, we find it difficult
to escape our comfort zone

... but ultimately everyone ends up cooperating

–the key is to have someone to pull the cart, who stays on top of each of the declared participants, who pursues them (because there are always some who like to be pursued) and who pushes the machine to ensure that the objective is achieved

Toscana, Italia, 2010



► And very recently HENSA++ ...

► And very recently HENSA++ ...

Granada, October 2020

► And very recently HENSA++ ...

Granada, October 2020



► And very recently HENSA++ ...

Granada, October 2020

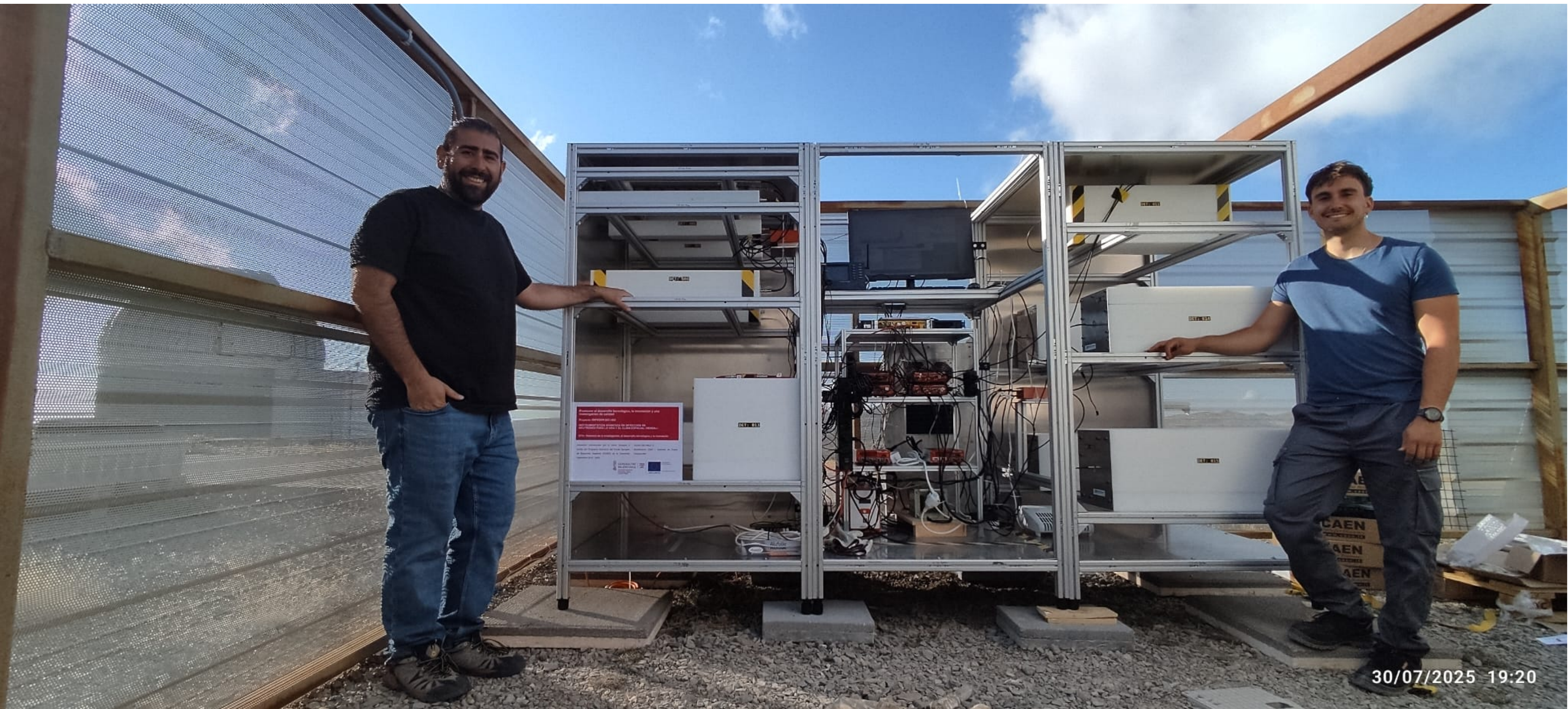


Rooftop Facultad de Ciencias



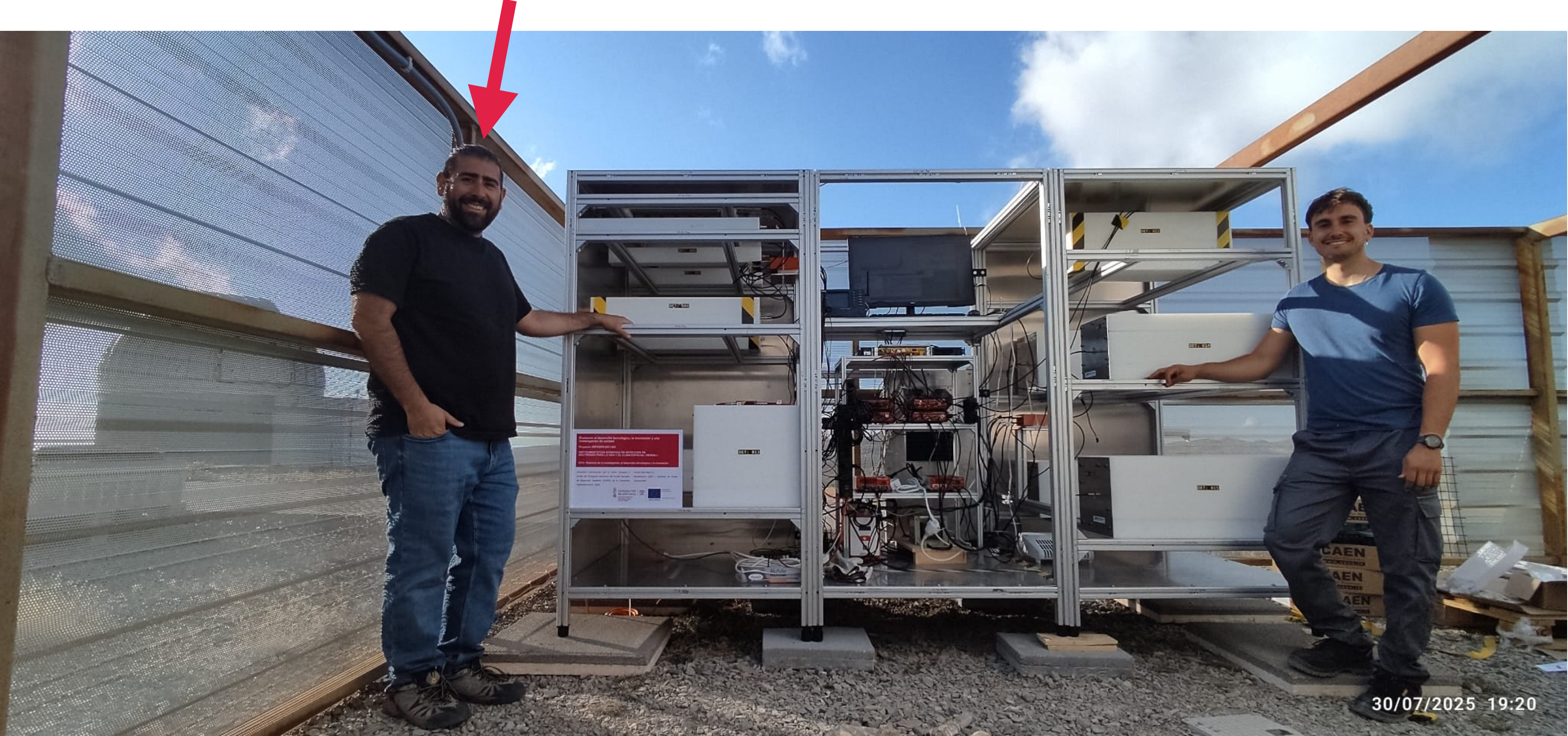
► And very recently HENSA++ ...

► And very recently HENSA++ ...



► And very recently HENSA++ ...

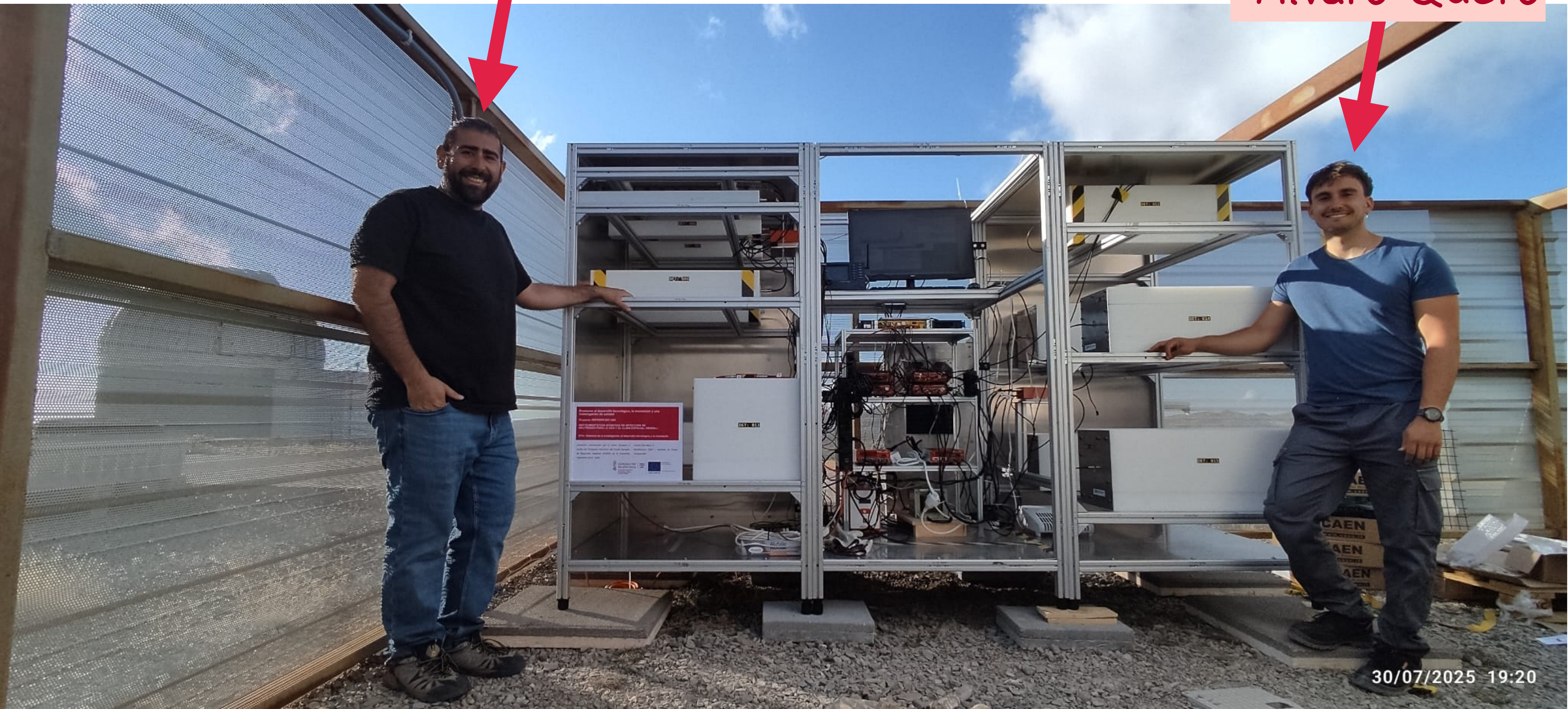
► Coordinator: Ariel Tarifeño-Saldivia



► And very recently HENSA++ ...

► Coordinator: Ariel Tarifeño-Saldivia

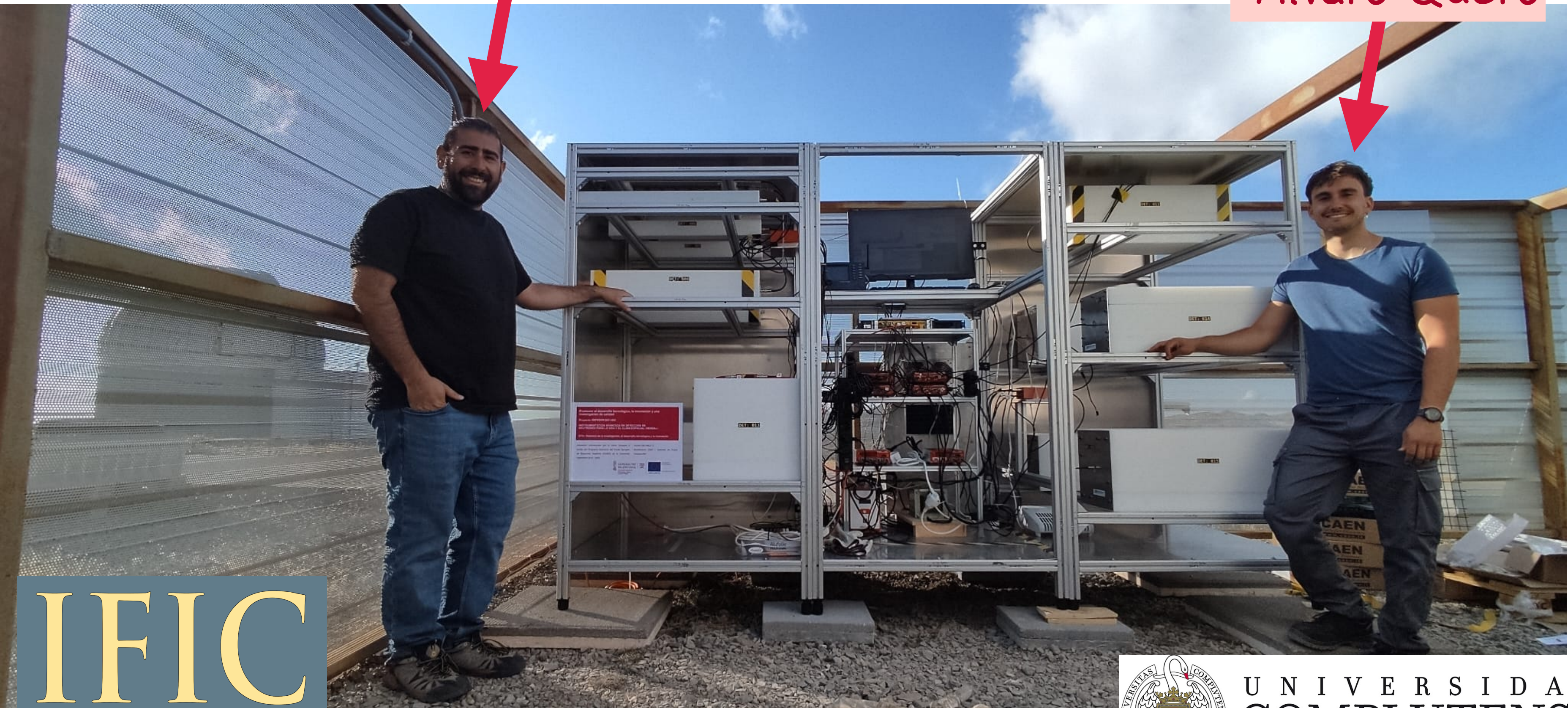
Álvaro Quero



► And very recently HENSA++ ...

► Coordinator: Ariel Tarifeño-Saldivia

Álvaro Quero



IFIC
INSTITUT DE FÍSICA
CORPUSCULAR

TRIUMF

CAPA

Centro de Astropartículas y
Física de Altas Energías
Universidad Zaragoza



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

HZDR
HELMHOLTZ ZENTRUM
DRESDEN ROSSENDORF



Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques



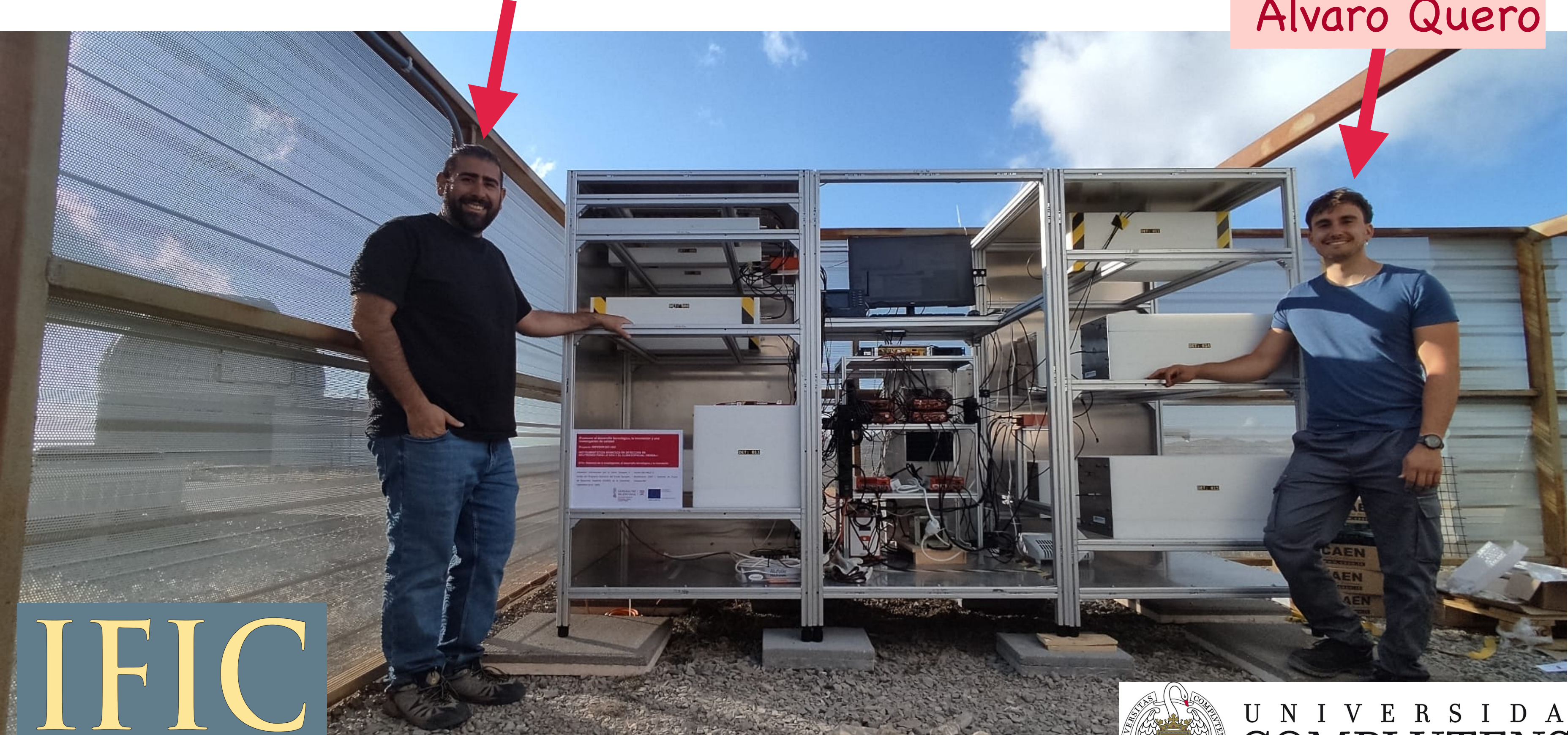
UNIVERSIDAD
DE GRANADA

► And very recently HENSA++ ...

... finally a true 'scientific' collaboration

► Coordinator: Ariel Tarifeño-Saldivia

Álvaro Quero



IFIC
INSTITUT DE FÍSICA
CORPUSCULAR

TRIUMF

CAPA

Centro de Astropartículas y
Física de Altas Energías
Universidad Zaragoza



UNIVERSIDAD
COMPLUTENSE
MADRID

HZDR
HELMHOLTZ ZENTRUM
DRESDEN ROSSENDORF

GOBIERNO
DE ESPAÑA
MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN

Ciemat
Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Institut de Tècniques Energètiques



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

► José Luis has been teaching classes at the University of Granada in:

- Ph. D. program: Física Médica, 1997-98 and 1998-99
- Ph. D. program: Avances Clínicos y Tecnológicos en Radiología, Medicina Física y Física Médica, 1999-2000 to 2001-02
- Ph. D. program: Bioingeniería y Física Médica, 2004-05 to 2008-09
- Master: Métodos y Técnicas Avanzadas en Física, 2006-07 to 2011-12
- Master en Física: Radiaciones, Nanotecnología, Partículas y Astrofísica, since 2014-15

Monasterio de los Jerónimos y
Fundación Rodríguez Acosta.
Granada 2024



Villa Romana, Salar, Granada 2025



1982 - 2025

1982 - 2025

... not bad, 43 years and we are still talking to each other...

1982 - 2025

... not bad, 43 years and we are still talking to each other...

... I can not think of a better way to celebrate than with some "aceitunicas" and a glass of good beer or wine ...

1982 - 2025

... not bad, 43 years and we are still talking to each other...

... I can not think of a better way to celebrate than with some "aceitunicas" and a glass of good beer or wine ...



Granada, a momentary dream





► And very recently HENSA++ ... finally a true 'scientific' collaboration



► And very recently HENSA++ ... finally a true 'scientific' collaboration

Granada, octubre 2020



- The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

► The report on nuclear applications at ALBA synchrotron...in 2004

Proposal for the Construction of
a Gamma-Ray Beam-Line
at the spanish Synchrotron ALBA

A GAMMA-RAY BEAM LINE FOR NUCLEAR PHYSICS AND APPLICATIONS AT THE SPANISH SYNCHROTRON ALBA

J.L. Tain

Instituto de Física Corpuscular, CSIC/Universitat de València
Apartado de Correos 22085, E-46071 València, Spain

Abstract

We will present the concept of the proposed gamma-ray beam line for the ALBA synchrotron light source, which is to be built near Barcelona. The gamma-rays will be produced by Compton backscattering of laser light from the ring electrons. Without affecting machine performance it will be possible to produce high-intensity beams with energies up to 500 MeV. In the new set-up, the beam is naturally focused and easily polarised. The beam energy could be defined by collimation at the lower energies and by internal tagging at high energies. Such gamma-ray beams could be used to study photonuclear processes of interest in basic nuclear physics, ranging from nuclear structure at low energies to sub-nucleonic degrees of freedom at high energies, as well as astrophysics. In addition, the gamma-ray beams could be used to obtain nuclear data relevant to the fields of dosimetry, radiation shielding and radiation therapy. Other applications include the non-destructive inspection of objects and their elemental analysis.

Nuclear Science

OECD 

Shielding Aspects of Accelerators, Targets and Irradiation Facilities – SATIF 7

Workshop Proceedings
Sacavém, Portugal
17–18 May 2004



N U C L E A R • E N E R G Y • A G E N C Y

