



REPÚBLICA ARGENTINA  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
Dependiente de la Presidencia de la Nación  
CENTRO ATOMICO BARILOCHE

RESUMENES DE LA  
REUNION ANUAL DE COLISIONES ATOMICAS

CENTRO ATOMICO BARILOCHE  
28 al 31 de marzo de 1983

## REUNION ANUAL DE COLISIONES ATOMICAS

CENTRO ATOMICO BARILOCHE - del 28 al 31 de MARZO 1983

### LUNES 28

- |            |                 |   |
|------------|-----------------|---|
| 14:30 hrs. | - M. Jakas      | - Transmisión de moléculas en láminas delgadas.   |
| 15 "       | - L. De Ferrari | - Correcciones cuánticas a la pérdida de energía. |
| 16 "       | - N. Arista     | - Pérdida de energía de partículas en planzas.    |
| 16:30 "    | - D. Fujii      | - Método variacional en la colisión elástica e-H. |

### MARTES 29

- |           |                      |   |
|-----------|----------------------|---|
| 9:30 hrs. | - E. Alonso          | - Modelo de Firsov modificado.  |
| 10 "      | - O. Grizzi          | - Excitación de la capa K en Berilio.   |
| 11 "      | - M. Jakas           | - Dependencia angular del poder de frenamiento.                               |
| 11:30 "   | - C. Gonzalez Lepera | - Captura al continuo con proyectiles moleculares.                            |
| 14:30 "   | - C. Soliverz        | - Extensión del método de Heitler-London para cálculos moleculares.           |
| 15 "      | - S.A. Maluendes     | - Cálculo de energía rotacionales de moléculas lineales en campos eléctricos. |
| 15:30 "   | - G.A. Arteca        | - Una nueva técnica de suma para expansiones en serie.                        |
| 16:30 "   | - R. Baragiola       | - Electrones rápidos de colisiones lentas.                                    |
| 17 "      | - G. Zampieri        | - Excitación de Ne en colisiones con superficies.                             |

### MIERCOLES 30

- |         |                             |   |
|---------|-----------------------------|---|
| 9 hrs.  | - W. Meckbach               | - Transferencia electrónica al continuo de proyectiles iónicos.                                   |
| 9:30 "  | - P. Focke                  | - Electrones convoy producidos por $H^+$ en C.  |
| 10 "    | - R. Piacentini             | - Factores de traslación.   |
| 11 "    | - J.I. Casaubon             | - Proyección de estados moleculares sobre estados atómicos viajantes.                             |
| 11:30 " | - J.M. Maldagan             | - Excitación de blancos monoeléctricos por impacto de proyectiles atómicos o iónicos no desnudos. |
| 14:30 " | - SEMINARIO<br>M. Fernandez | - Teoremas hiperviriales y teoría de perturbaciones de Rayleigh-Schroedinger.                     |

### JUEVES 31

- |           |                |  |
|-----------|----------------|--|
| 9:30 hrs. | - V.H. Ponce   | - Factores de traslación.  |
| 10 "      | - R. Rivarola  | - Procesos de doble dispersión.  |
| 11 "      | - C. Garibotti | - Efectos de apantallamiento coulombiano.  |
| 11:30 "   | - C. Falcon    | - Método de trayectorias clásicas aplicadas al cálculo de Secc. ef. de captura e ionización. |

TARDE: - Temas a fijar

## TRANSMISION DE MOLECULAS EN LAMINAS DELGADAS

M.M. Jakas

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Utilizando la teoría de transporte y una funcional variacional hemos calculado la probabilidad de transmisión de moléculas de  $H_2^+$  y  $HeH^+$  con velocidades de bombardeo comprendidas en el intervalo:  $2 < V < 5$  en unidades atómicas, y para tiempos de pasaje:  $1 < t < 20$ , en unidades de  $10^{-15}$  seg. Los mecanismos involucrados en el cálculo son: las dispersiones múltiples, la explosión coulombiana, el frenamiento y la fluctuación en el frenamiento. Los resultados de nuestro cálculo muestran un buen acuerdo con mediciones existente y permite además evaluar en qué medida afectan cada uno de los parámetros de este problema a la probabilidad de transmisión, como ser: la velocidad de bombardeo, la separación internuclear inicial y la orientación inicial del eje internuclear, etc.

## TRATAMIENTO CLASICO Y CUANTICO PARA LA PERDIDA DE ENERGIA DE IONES CARGADOS EN PLASMAS NO DEGENERADOS

L. De Ferrara

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y  
Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Se estudia la pérdida de energía de iones en plasmas en el marco de colisiones binarias introduciendo comportamientos cuánticos a través de la sección eficaz de transporte. Se desarrollan aproximaciones en la dependencia con la velocidad relativa que permiten integrar la pérdida de energía en una distribución de Maxwell-Boltzmann.

La expresión obtenida para la pérdida de energía reproduce resultados previos para casos límites, clásicos y cuánticos.

## PERDIDA DE ENERGIA DE PARTICULAS EN PLASMAS

N. Arista

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Se describe el scattering inelástico de partículas cargadas en un plasma a temperatura  $T$ , utilizando un análisis anterior para la función dieléctrica del plasma  $\epsilon(k, \omega)$ , dependiente de longitudes de onda y frecuencias.

La descripción se aplica a plasmas cuánticos de degeneración arbitraria. Se analiza en particular el caso de bajas velocidades,  $v < v_e$  ( $v_e$  ~ velocidad media de los electrones del plasma), donde el poder de frenamiento  $dE/dx$  depende linealmente de la velocidad  $v$ , obteniéndose los siguientes resultados:

(a) Plasmas degenerados ( $k_B T \ll E_F$ ):

$$\frac{1}{v} \frac{dE}{dx} = F(n) = \frac{2}{3\pi} \left[ \ln(1 + \pi V_F) - \frac{\pi V_F}{1 + \pi V_F} \right],$$

donde  $V_F$  es la velocidad de Fermi y  $n = V_F^3/3\pi^2$  (en u.a.) es la densidad. Este límite corresponde al resultado de Fermi-Teller, que es poco sensible al valor de la densidad del plasma.

(b) Plasmas no degenerados ( $k_B T \gg E_F$ ):

$$\frac{1}{v} \frac{dE}{dx} = F(n, T) = \frac{\alpha n}{(k_B T)^{3/2}} \left[ \ln \left( \frac{k_B T}{\hbar \omega_p} \right) + \frac{1}{3} \right],$$

donde  $\alpha = 4(2\pi)^{1/2}/3$  y  $\omega_p$  es la frecuencia de plasma. Este resultado da una dependencia aproximadamente lineal en  $n$  (Arista, Brandt, Phys.Rev. A23, 1898 (1981)).

Finalmente se obtiene una expresión analítica válida en todo el rango de valores de  $k_B T/E_F$  que permite conectar estos dos casos límite. La aproximación analítica reproduce muy bien los resultados del cálculo numérico, basados en una integración que incorpora los efectos de respuesta dieléctrica del plasma.

En particular, este estudio permite establecer los límites de validez de la aproximación de Fermi-Teller.

## METODO VARIACIONAL EN LA COLISION ELASTICA e-H

Darcy Hioe Fujii

Conselho Nacional de Pesquisas (Brasil)

Presentamos aquí un método variacional para calcular la sección eficaz diferencial del proceso de dispersión electrón-átomo (para el caso del átomo de hidrógeno). Calculamos la 2ª aproximación de Born, usando la energía como parámetro variacional. De esta manera obtenemos la sección eficaz, la cual expresamos en forma fraccional según el principio variacional de Schwinger.

Es entonces posible determinar la energía del estado intermedio exigiendo que la sección eficaz elástica sea máxima para ángulo cero.

Determinando ese valor para cada energía del electrón incidente se evalúan las distribuciones angulares.

## MODELO DE FIRSOV MODIFICADO

E. Alonso

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Hemos efectuado un análisis detallado del modelo de Firsov, modificado por Cheshire, para el cálculo de la transferencia inelástica media de energía en colisiones atómicas.

En este análisis hemos determinado la importancia relativa de distintos parámetros del modelo, tales como, a) precisión de las funciones de onda electrónica b) velocidad de los electrones atómicos, c) posición del plano de Firsov y d) inclusión de la trayectoria de las partículas colisionantes.

Hemos comparado el modelo con los resultados experimentales de otros autores tomando en consideración las condiciones geométricas de cada experimento, y encontramos un acuerdo cuantitativo en general poco satisfactorio (dentro de un factor 2), pero buen comportamiento cualitativo.

## CREACION DE VACANCIAS EN LA CAPA K DEL Be EN COLISIONES ATOMICAS

O. Grizzi

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Estudiamos los diferentes mecanismos de creación de vacancias en la capa K del Be cuando es bombardeado por iones de Ne y Ar a energías menores que 10keV. A partir de la medición de los umbrales de energía para los procesos de excitación y de las tasas de emisión de electrones Auger del Be, encontramos que: a) al bombardear con  $Ne^+$ , las vacancias se producen preferentemente en la colisión simétrica entre átomos del blanco (B-B), puestos en movimiento por el proyectil y b) al bombardear con  $Ar^+$  son efectivas ambas colisiones, las asimétricas entre proyectil y átomo del blanco (P-B) y las B-B, estimándose que dominan las primeras.

Los resultados obtenidos para  $Ne^+$ -Be nos llevaron a evaluar, mediante un programa de Monte Carlo, en qué proporción contribuyen las colisiones P-B y las colisiones B-B a la tasa Auger total, para diferentes proyectiles a energías comprendidas entre 10 y 100 keV. Con esta simulación se explicaron satisfactoriamente mediciones realizadas en trabajos previos.

## DEPENDENCIA ANGULAR DEL PODER DE FRENAMIENTO

M.M. Jakas

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Se estudia experimental y teóricamente la pérdida de energía  $\Delta E(\sigma)$  para iones  $H^+$  y  $He^+$  que atraviesan láminas delgadas de C y Al en función del ángulo de salida o para energías de bombardeo entre 50 y 200 keV. Se observa una fuerte dependencia entre la pérdida de energía y el ángulo  $\sigma$ . Siendo que para las condiciones dadas el frenamiento es esencialmente electrónico, el efecto implica una correlación entre la pérdida de energía inelástica  $Q(\sigma)$  y el ángulo de dispersión  $\theta$  en cada colisión.

Por medio de la ecuación de transporte obtenemos una expresión que vincula  $\Delta E(\sigma)$  con  $Q(\sigma)$ . De esta forma pueden interpretarse los resultados en términos de los distintos tipos de colisiones que ocurren para cada ángulo de observación.

## CAPTURA AL CONTINUO CON PROYECTILES MOLECULARES RAPIDOS

C. Gonzalez Lepera

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Hemos calculado la sección eficaz de captura en 1° y 2° aproximación de Born para la colisión entre dos protones separados por una distancia  $R$  como proyectil y un átomo de hidrógeno como blanco. Para distancias de separación  $R$  muy pequeñas la sección eficaz (para la 1° aproximación) tiende al valor obtenido para el caso de átomo unido mientras que para  $R = 1$  u.a. el comportamiento es similar al de dos protones independientes.

## EXTENSION DEL METODO DE HEITLER-LONDON PARA CALCULOS MOLECULARES

C.E. Soliverex

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

El método de Heitler-London para cálculos moleculares presenta dos graves complicaciones: la falta de ortogonalidad y la dimensión limitada de la base atómica que se elige. Esto hace difícil una aplicación de la teoría standard de perturbaciones que permita introducir la contribución de estados excitados. Se discute como obviar estos problemas utilizando la teoría de Hamiltonianos Efectivos (C.E. Soliverex, Phys.Rev. A24, 4 (1981)) y de Hamiltonianos equivalentes de intercambio (W.J. Caspers, Physics 1, 45 (1964)).



## CALCULO DE ENERGIAS ROTACIONALES DE MOLECULAS LINEALES EN CAMPOS ELECTRICOS

S.A. Maluendes

Instituto de Investigaciones Fisico-químicas Teóricas y Aplicadas (La Plata)

El método experimental hipervirial perturbativo, combinación de la teoría de perturbaciones, las relaciones hiperviriales y el teorema de Hellmann-Feynman, permite calcular con suma facilidad las correcciones perturbativas de un gran número de sistemas cuánticos perturbados. En esta comunicación se muestra como obtener perturbativamente los autovalores rotacionales de moléculas lineales, en la aproximación del rotor rígido, sometidas a campos eléctricos débiles y muy fuertes.

Las series perturbativas obtenidas son válidas en los límites de campos eléctricos débiles y fuertes. Se muestra un método que permite unir ambas series, obteniendo expresiones que reproducen con gran exactitud los autovalores rotacionales en presencia de campos eléctricos de intensidades arbitrarias.

## UNA NUEVA TECNICA DE SUMA PARA EXPANSIONES EN SERIE

G.A. Artega

Instituto de Investigaciones Fisico-químicas Teóricas y Aplicadas (La Plata)

Se presentan los fundamentos y las aplicaciones de un nuevo método para sumar series divergentes. El método, que puede ser considerado la generalización de funcionales semiclásicos, se basa en una transformación de variable que permite incrementar significativamente el radio de convergencia de varios tipos de series. Se dan detalles de la aplicación del método a los osciladores anarmónicos, valores medios estadísticos y el efecto Zeeman del átomo de Hidrógeno. Los resultados obtenidos son válidos en todo el rango de valores del parámetro de perturbaciones, y las expresiones derivadas poseen la correcta dependencia analítica con el mismo.

## ELECTRONES RAPIDOS DE COLISIONES LENTAS

R. Baragiola

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Hemos encontrado que son emitidos electrones con energías máximas asombrosamente altas, del orden de  $0.5 E_{CM}$  para colisiones Ar-Au a algunos keV. Los estudios preliminares indican que la energía media y máxima de los electrones crecen monótonamente con el número atómico del blanco y en forma aproximadamente lineal con la energía del proyectil.

## EXCITACION DE Ne EN COLISIONES CON SUPERFICIES

G. Zampieri

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Hemos medido espectros de energía de electrones emitidos en colisiones de  $Ne^+$  con blancos sólidos de Mg, Al y Si, en el rango de energía del proyectil de 0.4 - 3.0 keV. En el rango de energía de los electrones de 20-30 eV, encontramos sólo dos picos que corresponden a la autoionización de los estados  $Ne^{**} [2p^4 (^3P, ^1D) 3s^2]$ . A diferencia de los espectros de colisiones en fase gaseosa, el pico con el carozo  $^3P$  es el más intenso.

Interpretamos nuestros resultados con un modelo de reflexión y excitación del proyectil en su colisión con la superficie. El mecanismo de excitación es similar al de las colisiones en fase gaseosa; nuevos efectos aparecen como consecuencia del continuo de estados electrónicos en el sólido.

TRANSFERENCIA DE ELECTRONES AL CONTINUO DE PROYECTILES IONICOS  
W. Meckbach  
Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Los posibles procesos de transferencia colisional de electrones al continuo son dos: Captura electrónica al continuo (ECC) y pérdida electrónica al continuo (ELC). En el primer caso el origen del electrón es el target, el segundo es la simple ionización de un proyectil que trajo un electrón ligado a la colisión.

Se discuten las distribuciones doblemente diferenciales obtenidas para los casos de proyectiles de  $H^+$  y  $H^0$  que interactúan con un blanco de He. Estos casos son prototipos para ECC y ELC, respectivamente.

En ambos procesos la sección eficaz  $d\sigma/d\hat{v} = d\sigma/vd^2dv$ , donde  $v$  es la velocidad del electrón emitido muestra un factor divergente  $1/|\hat{v}-\hat{v}_1|$ , siendo  $v_1$  la velocidad del ion.

Se verifican experimentalmente discrepancias con respecto a esta forma esféricamente simétrica de la sección eficaz, midiendo distribuciones doblemente diferenciales de los electrones emitidos, en función de su energía  $E_e$  y ángulo  $\theta$  de emisión con respecto a la dirección del haz iónico. Para ECC aparece una fuerte asimetría en espectros medidos longitudinalmente ( $\theta = 0$ ), la cual no se verifica para ELC.

Sin embargo para ELC aparece una anisotropía de la emisión electrónica, la cual se estudia construyendo líneas de nivel de la distribución tridimensional de los electrones. Esto permite una comparación sensible con una reciente discusión teórica por Day y Briggs, demostrándose que esta teoría no describe los detalles de la estructura anisotrópica observada.

## ELECTRONES CONVROY PRODUCIDOS POR $H^+$ en C

P. Focke

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y  
Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Se describen las mediciones que se realizan en nuestro laboratorio sobre los espectros de electrones convoy (EC) producidos por un haz de  $H^+$  incidente sobre láminas de C. Se estudian el ancho y la asimetría de los espectros y se interpretan en términos de una sección eficaz divergente, característica para las teorías de transformación de electrones al continuo. Se comparan estos resultados con similares obtenidos en blancos gaseosos. Se presentan las principales teorías sobre producción de EC y sus desacuerdos con las mediciones.

Las mediciones favorecen un proceso de pérdida.

Finalmente se muestra la distribución angular de una cúspide de EC, aspecto hacia el cual se orientan actualmente nuestras mediciones.

## FACTORES DE TRANSLACION EN LAS COLISIONES ATOMICAS

R.D. Piacentini

Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR)

Se analizan diferentes propuestas para describir la transferencia de impulso en las colisiones de intercambio de carga electrónico. Se consideran las colisiones que involucran un electrón y dos centros nucleares en representación molecular, mediante el empleo de funciones de onda exactas. La evolución dinámica del sistema relativo se describe en aproximación semi-clásica de parámetro de impacto.

Se presentan resultados recopilados para los iones  $H^{2+}$ ,  $Li^{3+}$  y  $C^{6+}$  incidentes sobre hidrógeno atómico en el rango de energía de los keV/amu, donde se muestra la sensibilidad de los cálculos a los distintos factores de translación empleados y al número de estados y tipo de representación molecular (adiabática o diabática) empleados.

## PROYECCION DE ORBITALES MOLECULARES SOBRE ESTADOS ATOMICOS VIAJANTES

J.I. Casaubon

Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR)

Se muestra la necesidad de calcular las proyecciones de estados moleculares a grandes distancias (estados atómicos fijos) sobre estados atómicos viajantes para:

- 1° Describir correctamente las condiciones iniciales de la colisión al usar origen en el proyectil.
- 2° Conocer la probabilidad de captura a un estado definido  $n, l, m$  cuando el origen se coloca en el blanco.

Se obtiene una fórmula analítica para la proyección. Se presenta un programa de cálculo. Se deducen algunos casos particulares a partir de la fórmula general analítica que coinciden con cálculos directos de la integral particular y con los datos del programa.

## EXCITACION DE BLANCOS MONOELECTRONICOS POR IMPACTO DE PROYECTILES ATOMICOS O IONICOS NO DESNUDOS

J.M. Maldagan

Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR)

Se aplica el modelo del potencial estático al cálculo de la sección eficaz diferencial de excitación de hidrógeno ( $n=2$ ) por impacto de helio simplemente ionizado en el rango de energías medias.

Se estudia la influencia de dicho potencial sobre la sección diferencial y se muestra la poca relevancia de los estados intermedios de captura. Un buen acuerdo con recientes datos experimentales es obtenido.

## TEOREMAS HIPERVIRIALES Y TEORIA DE PERTURBACIONES DE RAYLEIGH-SCHROEDINGER

F.M. Fernandez

Instituto de Investigaciones Físicoquímicas Teóricas y Aplicadas  
(La Plata)

El objeto de este seminario es mostrar un procedimiento rápido y eficiente para calcular los términos perturbativos de Rayleigh-Schrodinger.

El método se basa en la combinación de los teoremas hiperviriales y el teorema de Hellmann-Feynman y puede ser aplicado a un gran número de modelos mecano-cuántico sencillos cuyo potencial posee una forma apropiada. Las correcciones perturbativas se obtienen a partir de una fórmula de recurrencia que puede tratarse tanto en forma analítica como numérica.

El empleo del método se ilustra mediante el oscilador anarmónico cuántico y los osciladores acotados. Además se muestra brevemente y en forma general qué tipos de problemas pueden resolverse de este modo.

## FACTORES DE TRASLACION

V.H. Ponce

Centro Atómico Bariloche (CNEA)

Se consideraron dos formas alternativas para el factor de fase que acompaña en la función de onda de un proceso de colisión a bajas energías. En un caso se emplea un factor para cada estado molecular del desarrollo de dicha función de onda, y en el otro un factor común a todas ellas. En ambos casos se describe el proceso de optimización de la forma funcional de estos factores, y la influencia que dicha forma tiene en las probabilidades de excitación y cambio de carga. Se consideró en detalle el sistema  $H^+ + H$ .

## PROCESOS DE DOBLE DISPERSION

R.D. Rivarola

Instituto de Física Rosario (CONICET-UNR)

Se estudian procesos de simple intercambio de carga en las colisiones ión-átomo a energías altas e intermedias. Se analiza la influencia que los efectos de doble dispersión de Thomas (1927) tienen sobre secciones eficaces diferenciales  $\frac{d\sigma}{d\Omega}$  y totales  $\sigma$ , en sistemas mono- o multi-electrónicos.

Se presentan muy recientes resultados experimentales de  $d\sigma/d\Omega$  (Cocke et al, 1983) que muestran por primera vez el pico de Thomas para los sistemas  $p+He(1s^2)-H+He^+(1s)$  y  $p+Ne-H+Ne^+(K^{-1})$  a diferentes energías. Se compara el primer caso con resultados teóricos obtenidos con la aproximación de onda distorsionada del continuo (CDW) para una energía de laboratorio de 5 MeV, obteniéndose un buen acuerdo cualitativo entre teoría y experiencia. Utilizando el mismo modelo teórico se calcula  $d\sigma/d\Omega$  para los sistemas  $p+Ne-H+Ne^+(K^{-1})$  a una energía de laboratorio de 1.5 MeV y  $p+C-H+C^+(K^{-1})$  a energías de laboratorio de 0.4 MeV y 0.6 MeV. La comparación con los resultados experimentales de Horsdal-Pedersen y colaboradores (1982) es excelente. Parte de los resultados aquí presentados están incluidos en el trabajo de Rivarola y Salin (1983).

### Referencias

Thomas LH, 1927, Proc.Roy.Soc. A114 561-76

Cocke CL, Stoeckli H y Horsdal-Pedersen E, 1983, comunicación privada.

Horsdal-Pedersen E, Folkman F y Pedersen N H, 1982, J.Phys. B: Atom.Molec.Phys. 15 739-62

Rivarola R.D. y Salin A, 1983, preprint.

## EFECTOS DE APANTALLAMIENTO COULOMBIANO

C.R. Garibotti

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas e  
Instituto Balseiro (UNC y CNEA)

En cálculos de colisiones atómicas es usual considerar que todas las interacciones son coulombianas y que se extienden a distancias infinitas. Este es una abstracción de la situación real, donde las distancias de interacción sí tienen una cota dada por la separación entre las partículas del haz o del blanco, aceptable en la mayoría de los casos. Aquí se demuestra que dicha hipótesis no es válida cuando las partículas interactuantes, reales o intermedias virtuales, se mueven con pequeña velocidad relativa. Se muestra que el apantallamiento de la interacción puede dar efectos observables en las secciones eficaces, a través de factores en las amplitudes de dispersión en y fuera de la capa energética.

## METODO DE TRAYECTORIAS CLASICAS APLICADO AL CALCULO DE SECCIONES EFICACES DE CAPTURA E IONIZACION

C. Falcon

Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET, Bs.As.)

Se presentan resultados para las secciones eficaces de ionización e intercambio de carga en colisiones ión-átomo hidrogenoide utilizando el método de trayectorias clásicas.

Se discuten las posibilidades de extender el método al tratamiento de sistemas a más de un electrón mediante la utilización de potenciales efectivos dentro de la aproximación de electrones independientes.

Se describe el procedimiento para el cálculo de secciones eficaces diferenciales y su aplicación al estudio de colisiones proyectil hidrogenoide - blanco neutro con ionización de electrones del proyectil.



