

ACTIVIDADES EXPERIMENTALES A BAJAS ENERGÍAS

E.V. Alonso

Centro Atómico Bariloche

Describiremos una facilidad para el estudio de colisiones atómicas a bajas energías que está actualmente en construcción en la División Colisiones Atómicas del Centro Atómico Bariloche. Consiste en un acelerador de iones con un rango de energías de 0.1-10KeV y una cámara de colisiones de ultra alto vacío. Los productos de las colisiones son analizados en energía con un espectrómetro por tiempo de vuelo (T.O.F.) y un analizador electrostático.

El acelerador consta de una fuente de iones Colutrón de baja dispersión en energía ($\sim 0.2\text{eV}$), una lente de Einzel y un Filtro de Wien para el análisis de masa de los proyectiles. En el rango 0.1-0.6KeV los iones son extraídos a energías superiores a 0.6KeV y luego desacelerados a la energía final.

Posteriormente los iones son deflectados 18° para su inyección en la cámara de colisiones. Esta cámara está formada por una parte inferior por donde el haz es inyectado, y una parte superior por donde salen los productos de las colisiones. La parte superior rota respecto a la inferior para modificar el ángulo de observación. Un sistema de bombeo diferencial permite mantener una presión de 10^{-9} Torr en la zona de interacción, incluso durante los cambios en el ángulo de observación. La cámara de colisiones estará provista de un cañón de iones con fuente de cátodo frío para la limpieza de las muestras sólidas y un cañón de electrones para el análisis de los blancos por espectrometría Auger. La energía de las partículas cargadas puede medirse con un analizador electrostático de resolución variable entre 1% y 10%. Las partículas neutras (o cargadas) pueden analizarse con el T.O.F.. El sistema de pulsado del haz para la espectrometría por tiempo de vuelo está montado entre el desacelerador y el deflector de 18° , en el acelerador de iones. El largo del tubo de vuelo es de ~ 1 metro. Con este largo se calcula obtener una resolución del 1% para protones de 10KeV. El equipo ha sido especialmente diseñado para el estudio de los procesos de cambio de carga de los proyectiles en superficies sólidas. También puede estudiarse la dependencia en ángulo y energía de los iones emitidos por el sólido durante el bombardeo iónico. La masa de los iones emitidos puede identificarse mediante la determinación simultánea de su

velocidad y energía, efectuando la espectrometría por tiempo de vuelo en el analizador electrostático. Sin embargo el proyecto inmediato para este equipo es estudiar las colisiones entre átomos pesados a bajas energías. Esta es un área de colisiones atómicas poco estudiada, principalmente debido a las dificultades existentes en su tratamiento teórico.

A altas energías /1-3/ (de algunas decenas de KeV), son importantes los procesos de excitación de capas internas, tratables con modelos basados en la aproximación de partícula independiente /7,8,9/ para los electrones internos.

A muy bajas energías /4-6/ la colisión puede describirse con los diagramas de energía potencial, teniendo en cuenta sólo unos pocos canales finales.

A las energías intermedias de nuestro interés (0.1 - 10 KeV), se puede esperar una apreciable contribución de los procesos de excitación de las capas externas a las pérdidas de energía del proyectil. En estos casos, los estados finales accesibles pueden ser muchos, y el cálculo mediante el uso de diagramas de energía potencial se hace muy difícil /10,11/. Si se trata de evaluar transferencias medias de energía inelástica los modelos estadísticos como el de Firsov /12/ pueden ser de gran utilidad, y en este punto residirá el peso de nuestra investigación.

El modelo de Firsov ha sido suficientemente probado para energías de algunas decenas de KeV, por ejemplo, comparándolo con mediciones de frenamiento de iones en láminas delgadas o de iones canalizados en monocristales /13/.

El modelo se utiliza también a bajas energías a pesar de no haber sido comparado con el experimento. Por ejemplo:

- i) En la espectropía por retrodispersión de iones de bajas energías (LEISS) para determinar la influencia de los procesos inelásticos en la posición de los picos de los espectros de energía /14/.
- ii) En el cálculo del rango de proyectiles atómicos en sólidos.
- iii) En el proceso de emisión de electrones inducido por impacto iónico en sólidos, para evaluar el número de electrones excitados sobre el nivel de vacío /15/.

Dado el grado de aplicación del modelo, resulta importante compararlo con experimentos realizados a bajas energías.

En particular, estudiaremos sistemas como $\text{Xe}^+ \rightarrow \text{Xe}$, $\text{Hg}^+ \rightarrow \text{Xe}$, etc., en el rango de energías 0.1 - 10 KeV. De la medición de los espectros de energía de los iones dispersados y/o de los átomos de retroceso extraeremos información sobre los procesos de excitación electrónica (y en forma global, de la transferencia de energía de movimiento al sistema electrónico del par colisionante), en función del ángulo de dispersión.

Este estudio se complementará con mediciones de las distribuciones en ángulo y energía de los electrones generados por las colisiones. En el futuro la investigación podría continuarse con mediciones de pérdida de energía en colisiones con sólidos.

Los resultados serán comparados con las predicciones del modelo de Firsov, y luego se trabajará en la introducción de otros formalismos estadísticos, como los modelos de Thomas - Fermi y Hartree - Fock dependientes del tiempo, que han sido empleados en colisiones nucleares y recién ahora son tenidos en consideración en el campo de colisiones atómicas.

Referencias:

1. C. Smoek, W.F. Van der Weg, B. Geballe y P.K. Rol, *Physica* 35, 1, 1967
2. M.P. McCaughey, E.J. Knystautas y E. Everhart, *Phys. Rev.* 175, 14, 1968
3. T.M. Kavanagh, M.E. Cunningham, R.C. Der, R. Fortner, J.M. Khan, J. Zaharis y J.D. García, *Physical Review Letters* 25, 1473, 1970
4. E. Grant Jones, *Phys. Rev.* A26, 1938, 1982
5. H.L. Rothwell, Jr., R.C. Amme y B. Van Zyl, *Phys. Rev.* A19, 970 (1969)
6. U. Buck, L. Mattera, D. Pust, y D. Haaks, *Chem. Phys. Letters* 62, 562, 1979
7. U. Fano y W. Lichten, *Phys. Rev. Letters* 14, 627, 1965
8. W. Lichten, *Phys. Rev.* 164, 131, 1967
9. M. Barat y W. Lichten, *Phys. Rev.* A6, 211, 1972
10. J.C. Brenot, D. Dhucq, J.P. Gauyack, J. Pommier, V. Sidis, M. Barat y E. Pollack, *Phys. Rev.* A11, 1245, 1975
11. B. Kelly, *Proceedings of the 3rd Int. Workshop on Inelastic Ion-Surface Collisions (Feldkirchen-Westerham, 1980)* Pag. 224
12. O.B. Firsov, *Zh. Eksp. Teor. Fiz* 36, 1517, 1959 (*Sov. Phys. - JETP*, 9, 1076, 1959)

13. S.A. Cruz, C. Vargas-Aburto, D.K. Brice, E.V. Alonso y D.G. Armour, Phys. Rev. A 27, 2403, 1983
14. W. Heiland y E. Taglauer, Nuclear Instruments & Methods, 132, 535, 1976
15. E.V. Alonso, B.A. Baragiola, J. Ferron, M.M. Jakas y A. Oliva-Florio, Phys. Rev. B22, 80, 1980