

ESPECTROSCOPIA LÁSER DEL IODO

C. B. Suárez*

Programa Quinor, C.C.962, (1900) La Plata, Argentina

Usando espectroscopía de polarización se resolvió la estructura hiperfina del Iodo, lo cual puede lograrse en forma casi rutinaria y con relativa facilidad, una vez establecido el dispositivo experimental. Consiste en producir y detectar selectivamente un grupo de átomos o moléculas en un gas. Estos se orientan por bombeo óptico con luz polarizada, para luego ser detectados, observando su efecto en la polarización del haz de otro laser que se contrapropaga y oficia de sonda óptica. Se obtiene así un espectro de absorción simplificado, libre de ancho Doppler y con gran relación señal-ruido. En forma adicional se determinaron longitudes de onda de algunas líneas mediante un wavemeter, con la precisión requerida para un patrón secundario. Muchas aplicaciones se pueden derivar de esta técnica, perteneciente a la categoría sub-Doppler, con sensibilidad mayor que la denominada espectroscopía de saturación. Con singular ventaja permite distinguir entre diferentes líneas P, Q y R, para su asignación cuántica. Combinada con técnicas de OODR abre el camino a estudios de estados excitados. La incorporación de los elementos para producir la situación básica de la espectroscopía de polarización es muy económica, siempre y cuando se tenga el recurso elemental de un laboratorio de espectroscopía laser: un sistema sintonizable estable. Caso contrario, abstenerse!

Using polarization spectroscopy the HFS of Iodine has been completely resolved, which can be easily obtained once the experimental set up has been accomplished. This technique selectively produces and detects a group of atoms or molecules in a gas. These particles are oriented by means of optical pumping with polarized light and further are detected observing the effect on the polarization of another beam, in opposite direction through the sample and acting as an optical probe. With this procedure a simplified spectrum free of Doppler width and with a high signal to noise ratio is obtained. In addition, we have determined line position of some lines by means of a conventional wavemeter. Many other applications can benefit using this sub-Doppler technique, of a higher sensitivity than saturation spectroscopy. Particularly, one can distinguish P, Q and R lines for spectrum analysis and quantum assignment. Combined with OODR technique, polarization spectroscopy opens the way to excited states studies. It is emphasized the economy in adopting it, provided that a stable tunable laser system is available. Otherwise, refrain!

I. INTRODUCCIÓN

La espectroscopía de polarización es una técnica para marcar y detectar un grupo de átomos o moléculas en un gas. Esto es: los átomos de interés se orientan mediante bombeo óptico con un laser circularmente polarizado, y son detectados observando su influencia en la polarización de otro haz de un laser que oficia de sonda óptica.

Esta técnica se aplica al estudio de un sistema molecular, dando lugar a un espectro de absorción muy simplificado, y para obtener espectros libres de ancho Doppler y con una gran relación señal/ruido.

II. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO Y DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

La Fig. 1 muestra el dispositivo experimental empleado. Se hacen incidir dos haces, uno relativamente intenso, I_1 (bombeador) circularmente polarizado

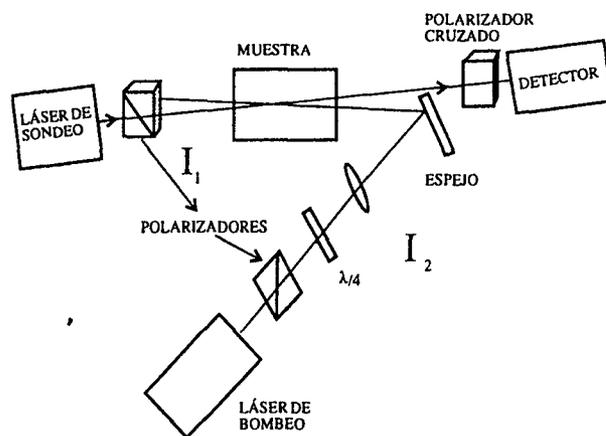


Fig. 1: Dispositivo Experimental.

*Investigador Independiente del CONICET; suarez@quinor.edu.ar

zado, y otro más débil, linealmente polarizado I_2 (sonda), colineal pero en direcciones opuestas a través de la muestra. Inicialmente, bloqueando el primer haz la luz lineal no puede pasar a través de los polarizadores cruzados. Sin embargo, cuando los láseres se sintonizan en determinada transición el laser que bombea (I_1 ya desbloqueado) orientará los átomos, equivalente a una distribución anisotrópica para la orientación del vector momento angular.

Así la muestra se comporta como birrefringente para el haz número 2, linealmente polarizado, quedando el plano de polarización ligeramente rotado, pasando luz al detector. El efecto es análogo al efecto Faraday, donde la distribución anisotrópica de J para todas las moléculas es causada por un campo magnético que en nuestro caso no existe. Además, sólo las moléculas que interactúan con el haz 2, monocromático, responden a esta anisotropía¹. La magnitud de la despolarización de la sonda depende del porcentaje de átomos orientados, lo cual depende de la intensidad del haz bombeador y de la sección eficaz de la transición bombeada. Optimizando las condiciones se obtienen señales muy fuertes. Para ello es preciso utilizar polarizadores de gran calidad y evitar la birrefringencia de las ventanas que encierran a la muestra. A fin de lograr anular el ensanchamiento Doppler es preciso que los dos haces provengan del mismo láser. Además, ambos haces deben ser los más colineales posible. En principio, lo observado corresponde sólo a la despolarización, ya que el polarizador cruzado evita el pasaje de toda otra luz, dando lugar a una señal libre de fondo y de allí la gran relación señal/ruido.

III. NUESTRA APLICACIÓN

Hemos aplicado esta técnica al caso del espectro del Iodo, el cual exhibe una estructura espectroscópica muy densa, pero ya previamente conocida². El espectro adjunto (Fig.2) muestra una línea (6329 Å) totalmente resuelta en sus componentes hiperfinas, debido a la muy alta resolución que permite alcanzar la espectroscopía de polarización, del orden de los 100 millones. El sistema láser empleado fue el modelo 599 Autoscan de Coherent que incluye un láser de Argon para el bombeo y uno de colorantes, comandados por una computadora personal. La salida del sistema se hace incidir sobre el dispositivo experimental descrito y la señal detectada se grafica con un registrador tipo x-y. Adicionalmente, se utilizan las marcas de interferencia de un etalon para establecer una escala graduada alrededor de al menos una longitud de onda conocida. Debe señalarse

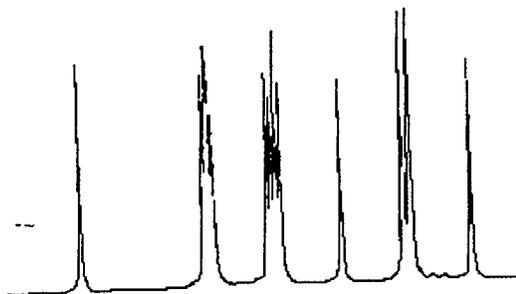


Fig. 2: Estructura hiperfina del Iodo ($\lambda=6329\text{Å}$)

que entre las dos líneas extremas se tiene sólo una diferencia del orden de 0.1 cm^{-1} , siendo el ancho de las líneas de alrededor de 5 MHz (depende de la estabilidad del sistema láser), por lo que las referencias son muy escasas y espaciadas. Esto justifica la medición de mayor número de líneas standards para su empleo en espectroscopía láser. Parte de la señal emergente y monitoreada por el registrador, se envió a un "wavemeter". Básicamente éste consiste (Fig.3) en un interferómetro de Michelson al que entran dicha señal y la de un haz de referencia, que en nuestro caso correspondía a un láser de He-Ne ($\lambda 6402.839\text{ Å}$), que así oficia de patrón de longitudes de onda, a su vez estabilizado mediante otra

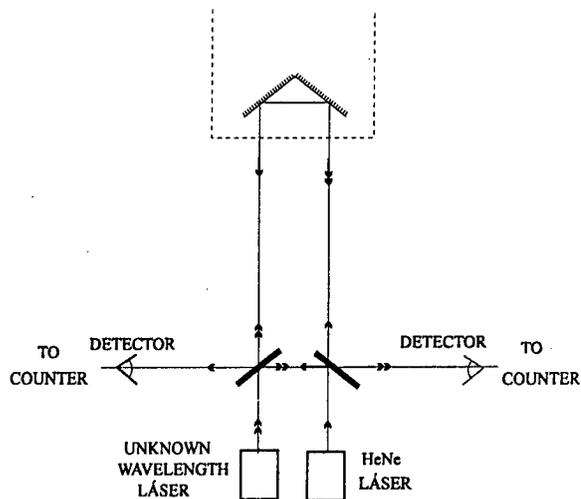


Fig. 3: Esquema del "wavemeter"

línea de referencia. El sistema electrónico del wavemeter cuenta las franjas de interferencias que barren ambos haces simultáneos, y de su cociente se infiere la longitud de onda desconocida (o su frecuencia, claro). De esta forma realizamos medidas para algunas líneas, aunque en realidad cada una es el promedio de una serie de 50 determinaciones, lo cual insume cierto tiempo durante cuyo transcurso se deben minimizar las variaciones en la sintonía del sistema láser (haces bombeador y sonda) y asegurar la estabilidad del láser de He-Ne patrón. De este modo logramos diversas medidas, pero dado el objeto de este trabajo, rescatamos por su calidad las dos siguientes:

$$6379.05269 \pm 0.00004$$

$$6402.83405 \pm 0.00005$$

Ångstroms en vacío, correspondientes a dos componentes hiperfinas de sendas líneas del Iodo.

IV. CONCLUSIONES

Usando espectroscopía de polarización se resolvió la estructura hiperfina del Iodo con relativa facilidad, lo cual contrasta con situaciones ahora antiguas en la que esto constituía un tema importante de tesis. Como aplicación de esta gran resolución, del orden de los 100 millones, se midieron algunas líneas del Iodo mediante un "wavemeter" con gran precisión. Se debe destacar que estas determinaciones son de mejor calidad que las que se realizan con un espectrómetro de transformada de Fourier, tan en boga actualmente. Son muchas las aplicaciones que se pueden derivar de esta técnica y en realidad éste es el principal motivo de la presente comunicación,

esto es promocionar en nuestro medio su uso.

En efecto, las ventajas que reúne la espectroscopía de polarización se resume diciendo que pertenece a la categoría superior de técnicas sub-Doppler, con una sensibilidad mayor a la que se logran con espectroscopía de saturación. Permite distinguir entre líneas P, Q y R en espectros moleculares, con singular ventaja para la asignación de estos espectros, en general muy complicados. Su combinación con OODR abre el camino a estudios más detallados de estados excitados.

Además, su incorporación en laboratorios de espectroscopía láser ya *existentes* es muy económica, pues los elementos extras necesarios son mínimos. Desde luego, se supone que se dispone del recurso básico de un laboratorio tal, es decir, un sistema láser sintonizable estable. De lo contrario es mejor abstenerse de esta sugerencia.

AGRADECIMIENTOS

A la Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) por costear mi viaje y estadía en la Universidad de Kaiserslautern, Fachbereich Physik, Alemania y al profesor Dr.W.Demtroder por su cordial hospitalidad.

REFERENCIAS

1. W.Demtroder, "*Laser Spectroscopy*", Springer Series in Chemical Physics, Springer-Verlag, segunda edición, 1982.
2. H. J. Foth y F. Spieweck, Chem. Phys. Lett. **65**, 347 (1979)