

Constantes ópticas de hielos de NH_3 y $\text{NH}_3:\text{N}_2$ en el infrarrojo medio y cercano

B. Maté, Y. Rodríguez-Lazcano, A. Zanchet, V. J. Herrero, O. Gálvez and R. Escribano

e-mail: belen.mate@csic.es

Departamento de Física Molecular, Instituto de Estructura de la Materia IEM-CSIC, Madrid.

El nitrógeno es el cuarto elemento más abundante en el universo, después del hidrógeno, el oxígeno y el carbono, y se encuentra principalmente en forma de amoníaco (NH_3) y nitrógeno molecular (N_2). En nuestro Sistema Solar el amoníaco ha sido detectado, por ejemplo, en las atmósferas de los gigantes gaseosos. A través de observaciones de una banda a $2.2 \mu\text{m}$ en el infrarrojo cercano (NIR), asignada a hielo de amoníaco, éste ha sido identificado en la superficie de algunos objetos helados de nuestro Sistema Solar como Enceladus, Miranda, o Charon, o incluso en objetos de cinturón de Kuiper como Quaoar⁽¹⁾. La presencia de amoníaco en la superficie de estos cuerpos lejanos, que están sometidos al bombardeo constante de partículas energéticas y rayos cósmicos, sólo puede ser entendida si la superficie se renueva de algún modo. Se ha propuesto que esta renovación superficial puede deberse a criovulcanismo, o a la liberación hacia la superficie de especies procedentes de capas internas.

La mayor parte de nuestro conocimiento sobre la composición de los hielos astrofísicos proviene de observaciones en el IR medio y cercano. La interpretación de estas observaciones está basada en estudios de laboratorio de las distintas especies heladas. Nuestro grupo en el Instituto de Estructura de la Materia se dedica a la investigación de estos sistemas, y hemos estudiado tanto especies puras como mezclas, o especies iónicas^(2,3). Del espectro IR es posible extraer la dependencia con la longitud de onda de parte real ($n(\nu)$) e imaginaria ($k(\nu)$) del índice de refracción de la sustancia estudiada. Estas magnitudes, también conocidas como constantes ópticas, son una característica intrínseca del hielo y resultan muy útiles a la comunidad astrofísica porque permiten simular el espectro de la sustancia en cualquier configuración.

Entre las diversas publicaciones dedicadas al estudio de las constantes ópticas de hielo de amoníaco, el conjunto más completo referido a amoníaco amorfo es el de Wood y Roux⁽⁴⁾, que miden n y k entre 2.7 y $20 \mu\text{m}$ para NH_3 a 20 K . En este trabajo hemos estudiado el espectro infrarrojo medio y cercano de hielo de amoníaco puro a 15 K y de sus modificaciones en mezclas con nitrógeno (ver Figura 1). Estos datos pueden ser útiles para inferir la presencia de N_2 (inactivo en infrarrojo) indirectamente a través del espectro de NH_3 , en los objetos donde ambos coexistan.

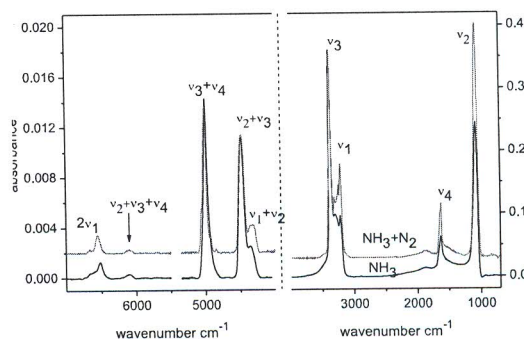


Figura 1. Espectros NIR y MIR de NH_3 a 15 K (negro) y de una mezcla $\text{NH}_3:\text{N}_2$ (1:1.7) a 15 K (rojo).

Además, hemos determinado las constantes ópticas del hielo de amoníaco a 15 K y a 30 K, para el intervalo espectral entre 7000-500 cm^{-1} (1.4- 20 μm), más amplio que en publicaciones previas. También hemos determinado los índices ópticos para una mezcla ($\text{NH}_3:\text{N}_2$) (1:1.7) a 15 K. En la Figura 2 se han representado a modo de ejemplo los índices n y k obtenidos en el infrarrojo cercano, en las regiones con k distinta de cero. Finalmente hemos realizado un procesamiento térmico de mezclas de $\text{NH}_3:\text{N}_2$ crecidas a 15 K y 30 K, calentándolas a 5 K/min hasta 85 K, por encima de la temperatura de cristalización del amoníaco. Se observa que el nitrógeno afecta al grado de cristalinidad final de la muestra a 85 K (ver Figura 3).

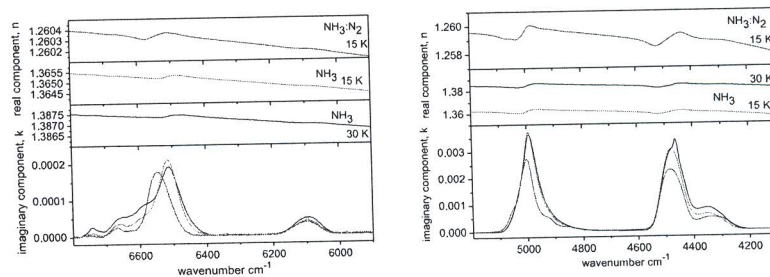


Figura 2. Índices ópticos en el NIR de hielo de NH_3 a 15 K (negro), 30 K (rojo) y de una mezcla $\text{NH}_3:\text{N}_2$ (1:1.7) a 15 K (azul). En el caso de la mezcla la constante k ha sido referida a la fracción de amoníaco en la muestra.

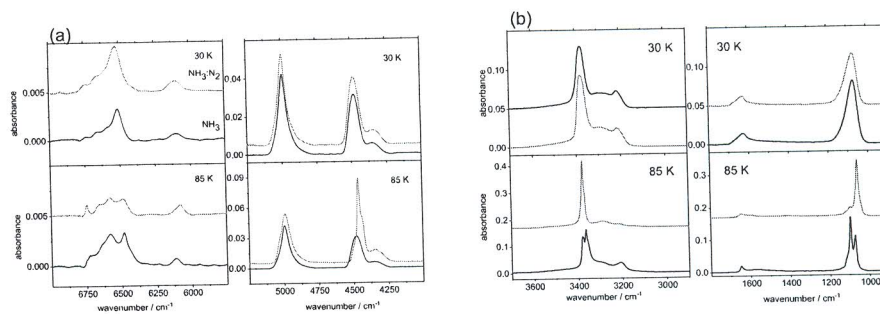


Figura 3. (a) Espectros NIR y (b) MIR de hielos de NH_3 (negro) y $\text{NH}_3:\text{N}_2$ (rojo) generados a 30 K (paneles superiores) y calentados a 85 K (paneles inferiores)

Referencias

1. D. C. Jewitt and J. Luu, Nature 432, 731-733 (2004).
2. O. Gálvez, B. Maté, V.J. Herrero, and R. Escribano, Astrophys. J. 703, 2101-2107 (2009).
3. B. Maté, V. Herrero, Y. Rodríguez-Lazcano, et al. Astrophys. J. 759:90 (7pp) (2012).
4. B. E. Wood and J. A. Roux, J. Opt. Soc. Am. 72, 720-728 (1982).