

hemos realizado observaciones con novedosos polarímetros que corroboran nuestras predicciones teóricas. Por último, hemos observado por primera vez las señales de polarización producidas por el efecto Zeeman en líneas de FeH en manchas solares, resaltando su potencial interés para explorar empíricamente el magnetismo solar y estelar.

Finalmente, hemos investigado las señales de polarización lineal producidas por procesos de dispersión en líneas de MgH, C₂ y CN, las cuales han sido descubiertas recientemente mediante observaciones espectro-polarimétricas realizadas muy cerca del borde del disco solar. Hemos realizado un análisis exhaustivo de las propiedades de las bandas moleculares que producen señal de polarización lineal. Mediante la aplicación de la teoría cuántica de la polarización, investigamos cómo los procesos de bombeo óptico inducen desequilibrios en las poblaciones de los subniveles magnéticos

pertenecientes a cada nivel molecular e interferencias mecano-cuánticas entre ellos y cómo la presencia de débiles campos magnéticos modifica esta polarización atómica (y la polarización lineal emergente) a través del efecto Hanle. Enfatizamos que una interpretación rigurosa de la polarización por dispersión observada en las líneas moleculares requiere abandonar el uso de modelos unidimensionales de la atmósfera estelar y utilizar en su lugar modelos hidrodinámicos tridimensionales que describen la inhomogeneidad y el estado dinámico del plasma. Teniendo en cuenta la diferente sensibilidad al campo magnético que tienen las líneas de C₂ observadas, hemos sido capaces de poner algunas restricciones a las distribuciones de campo magnético turbulento en las zonas granulares, constatando que los campos magnéticos en tales zonas del plasma solar deben ser muy débiles.

ESTUDIO INFRARROJO DE ESTRELLAS OH/IR GALÁCTICA

Francisco M. Jiménez Esteban

Francisco.Jimenez-Esteban@hs.uni-hamburg.de

Tesis doctoral dirigida por Pedro Gracia Lario y Dieter Engels

Centro: ESAC–Estación de Seguimiento de Satélites ESA

Fecha de lectura: 23 de julio de 2004

En esta tesis presentamos un estudio de estrellas OH/IR galácticas llevado a cabo principalmente en el rango de longitudes de onda del infrarrojo, aunque para el análisis también hemos usado datos en el óptico y radio.

En primer lugar, hemos analizado 371 fuentes *IRAS* pertenecientes a la llamada ‘muestra de Arecibo’ de estrellas OH/IR. Se ha obtenido astrometría y fotometría en el infrarrojo cercano, y determinado las principales propiedades fotométricas de la muestra. Los pocos objetos sin contrapartida en el infrarrojo cercano han sido identificados como variables OH/IR fuertemente oscurecidas o como OH/IR no variables al comienzo de la fase post-AGB. La distribución relativa en el diagrama de colores *IRAS* [12]–[25] vs. [25]–[60] de las fuentes con y sin contrapartida óptica, al igual que sus característicos colores en el infrarrojo cercano, se han interpretado como una consecuencia del incremento del espesor óptico de sus envolturas circumstelares (ECS). La conexión entre los datos en el infrarrojo cercano y medio ha sido estudiada con la

ayuda del diagrama de colores K–[12] vs. [12]–[25], encontrando una clara correlación. Ésta ha sido interpretada como un indicador del incremento de la contribución de la emisión en el infrarrojo medio (procedente del polvo frío de la ECS) con respecto a la del infrarrojo cercano (procedente de la estrella central y del polvo caliente que la rodea) sobre el total de la distribución espectral de energía. Así, la distribución de las estrellas OH/IR observada en diagrama K–[12] vs. [12]–[25] se explica como la consecuencia de los diferentes espesores ópticos de sus ECS.

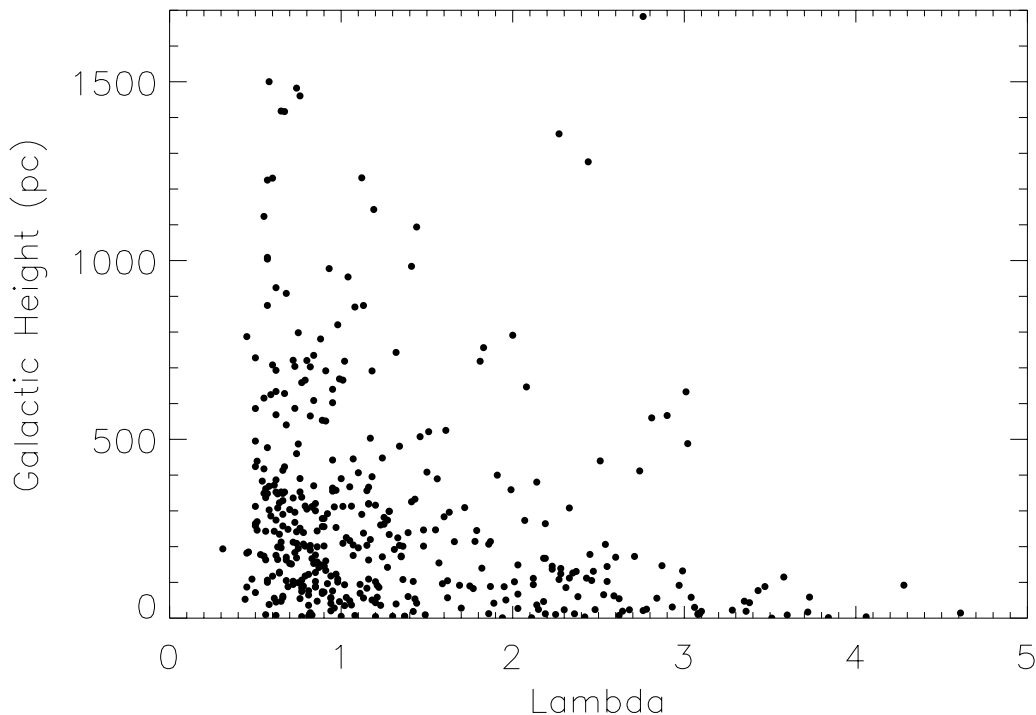
Posteriormente, se ha realizado el mismo análisis a una muestra de 94 estrellas OH/IR mucho más enrojecidas pertenecientes al catálogo GLMP, encontrando que sus propiedades fotométricas son una extensión de las encontradas para la ‘muestra de Arecibo’.

Como un subproducto, hemos creado el atlas de estrellas OH/IR más extenso existente hasta la fecha. Este atlas consiste en cartas de identificación en el óptico y en el infrarrojo cercano para un total

de 465 estrellas OH/IR, todas ellas estudiadas en esta tesis.

Con esta amplia muestra de estrellas OH/IR recopilada, hemos interpretado la secuencia de colores que muestran en el diagrama *IRAS* (que nosotros hemos denominado la ‘secuencia AGB rica en oxígeno’) en términos del estado evolutivo y/o de la masa de la estrella progenitora. Para ello, previamente hemos determinado la distribución de luminosidad de un grupo de estrellas OH/IR localizadas en la dirección del Bulbo Galáctico, y asumiendo que son parte de la población del mismo, hemos podido asignarles una distancia común

equivalente a la del Centro Galáctico. Dado que la distribución de luminosidad obtenida para estas estrellas está fuertemente concentrada entorno a $3500 L_{\odot}$, hemos asignado este valor al resto de estrellas OH/IR como una primera aproximación a su verdadera luminosidad. De este modo, hemos podido explorar tanto su distribución de distancia como de altura galáctica, encontrando una clara relación entre el parámetro λ (que incrementa a lo largo de la ‘secuencia AGB rica en oxígeno’) y la altura galáctica (ver figura), indicando que la fracción de estrellas con gran masa se incrementa con λ .



Distribución de la altura galáctica en función de λ para todas las fuentes estudiadas, excluyendo las pertenecientes al Bulbo Galáctico.

Basándonos en estos resultados, hemos propuesto un escenario evolutivo en el cual todas las estrellas OH/IR evolucionan desde la zona más azul de la ‘secuencia AGB rica en oxígeno’ hacia los colores más rojos, al tiempo que incrementan el espesor óptico de la ECS. Incluso las estrellas OH/IR de poca masa ($\approx 1 M_{\odot}$) son capaces de crear envolturas lo suficientemente gruesas como para prevenir su detección en el óptico justo al final de la fase AGB, apareciendo como fuentes muy enrojecidas

en el diagrama de colores *IRAS*. Sin embargo, sólo las estrellas más masivas son capaces de alcanzar los colores *IRAS* más rojos.

Finalmente, hemos estudiado en detalle las propiedades fotométricas de una muestra de 25 fuentes *IRAS* galácticas, seleccionadas todas ellas como posibles candidatas a estrellas variables de largo periodo en una etapa avanzada de la fase AGB. Los resultados presentados son el producto de un programa de seguimiento llevado a cabo durante

más de 10 años. Nuestro estudio incluye también el análisis detallado de las curvas de luz, el cual muestra que, en muchos casos, éstas están lejos

de ser simétricas y presentan variaciones seculares que aún están por explicar.

GALAXIAS, CÚMULOS DE GALAXIAS Y EL INTERCAMBIO DE CAMPO MAGNÉTICO

África Castillo Morales

acm@ugr.es

Tesis doctoral dirigida por Eduardo Battaner López y Sabine Schindler

Centro: Departamento de Física Teórica y del Cosmos, Universidad de Granada

Fecha de lectura: 5 de noviembre de 2004

Los cúmulos de galaxias están formados por varios componentes observables: cientos de galaxias, gas caliente entre las mismas y, para algunos cúmulos, partículas relativistas y campo magnético. Estos componentes emiten radiación en diferentes longitudes de onda, desde radio hasta rayos X. La combinación de las observaciones realizadas en este amplio rango de frecuencias junto con los modelos teóricos, nos permite tener un mejor conocimiento de estos objetos.

En esta tesis presentamos el análisis de las distribuciones del gas y de la materia oscura en una muestra de diez cúmulos de galaxias cercanos ($0.03 < z < 0.09$) cuyas temperaturas se encuentran entre 4.4 y 9.4 keV. Estos cúmulos de galaxias han sido estudiados en detalle a través de sus observaciones en rayos X a partir de las cuales se han deducido propiedades físicas globales como la masa del gas y la masa total del cúmulo, la fracción en masa del gas y su extensión relativa. Hemos analizado las posibles correlaciones entre estas propiedades comparándolas con los resultados obtenidos para el caso de cúmulos de galaxias más distantes. En este análisis se ha encontrado una dependencia interesante entre la extensión relativa del gas (expresada como la razón entre las fracciones en masa del gas en los radios r_{500}^1 y $0.5 \times r_{500}$) y la masa total del cúmulo. La extensión del gas relativa a la extensión de la materia oscura tiende a ser mayor en los cúmulos menos masivos. Esta dependencia podría estar relacionada con la intervención de procesos de precalentamiento del medio intracumular durante la formación de estas estructuras.

Además, presentamos en esta tesis las nuevas observaciones en rayos X obtenidas para dos

cúmulos de galaxias morfológicamente diferentes, CL 0939+4713 y RBS797. La determinación del estado dinámico de los cúmulos de galaxias a diferentes desplazamientos al rojo es muy importante para la Cosmología. El observatorio de rayos X *XMM-Newton* ofrece la posibilidad de realizar un estudio espectroscópico con mayor resolución, permitiéndonos obtener mejores mapas de temperatura y metalicidad. Hemos analizado la observación del cúmulo CL 0939+4713 ($z=0.41$), obtenida con *XMM-Newton*, confirmando que se trata de un sistema dinámicamente joven. Esta conclusión se ve apoyada por la distribución de temperatura encontrada en este cúmulo: se distingue una región de temperatura más elevada entre los dos subcúmulos principales, indicando que se encuentran al comienzo de un proceso de fusión.

En varios cúmulos de galaxias cercanos se ha detectado la interacción entre el gas del medio intracumular y la radiofuente situada normalmente en el centro del cúmulo, observándose una anticorrelación entre la emisión en rayos X y la radioemisión. En la observación realizada con el satélite *Chandra* mostramos la presencia de depresiones en la emisión de rayos X del cúmulo RBS797, donde se distinguen claramente mínimos en la emisión cerca del centro del cúmulo. Probablemente, el gas del medio intracumular se ha visto desplazado desde las regiones de menor hacia las de mayor emisión en rayos X, debido a la presión de las partículas relativistas contenidas en los radio lóbulos. RBS797 ha sido el primer cúmulo de galaxias distante en el que se ha encontrado evidencia de este tipo de interacción.

Las observaciones en la longitud de onda de radio

¹ r_{500} se define como el radio dentro del cual la densidad media del cúmulo es 500 veces la densidad crítica.