Tarea #5 FIA 0111

Diagrama de Clase de Magnitud-Espectral

Objetivo

Construir un gráfico de magnitud - clase espectral (Diagrama Hertzsprung-Russell) del Cúmulo Hyades.

Introducción

Para empezar a comprender el comportamiento, estructura y evolución de las estrellas tratamos de clasificarlas de acuerdo a propiedades que son relevantes en términos de nuestras teorías físicas y que se puedan observar lo más directamente posible. No siempre se encuentran estos dos criterios en las mismas propiedades, por lo que debemos elegir un requisito como el más práctico y elegir las categorías más convenientes para su aclaración. Ya que al estudiar el cielo debemos observar, teoricemos o no, es natural escoger las categorías estelares de acuerdo a observables ya disponibles. Se deben definir estandares (estrellas especialmente nombradas), las que definen cada categoría. Luego, las características observadas deben vincularse a los parámetros físicos que queremos conocer. Este último paso es, naturalmente, tema de especulación y cambios a medida que se desarrollan nuevas teorías físicas. Inmediatamente vemos una ventaja de elegir directamente características observables como indicadores de clasificación estelar. Estos observables se mantendrán sin cambios y, por lo tanto, las categorías no tendrán que redefinirse a medida que las teorías físicas cambien. Y, por lo tanto, el material observacional formará una colección fija de datos, que no cambian con el desarrollo de la teoría.

Con estos conocimientos en mente tendremos acceso a la clasificación estelar. Podemos clasificar estrellas en términos de sus características espaciales (posición, velocidad), o podemos clasificarlas en términos de una propiedad de su radiación emitida. En este ejercicio nos preocuparemos de los esquemas de clasificación basados en la luz visible de una estrella. Es observable más directo es, por supuesto, la luz aparente de una estrella. No es de mucho valor por sí sola, ya que no es una propiedad intrínseca de la estrella, sino que depende de la distancia entre la estrella y nosotros. En efecto, si sabemos la distancia y, por ende, la magnitud absoluta, tenemos un parámetro que permite categorizar a las estrellas de acuerdo a su emisión de brillo o energía.

En este ejercicio pasaremos por alto el problema de la distancia, seleccionando un grupo de estrellas, todas aproximadamente a la misma distancia de nosotros. Entonces sus luminosidades aparentes relativas son una representación exacta de sus luminosidades intrínsecas relativas (o “absolutas”). El grupo que usaremos es el cúmulo abierto de Hyades. Este cúmulo es visible a simple vista en el cielo de invierno. Es un grupo de estrellas acumulado alrededor de Aldebaran en la constelación de Tauro. Aldebaran no está en el grupo; está más bien en nuestra línea de visión. Fotografías muestran que el Cúmulo Hyades contiene más de 100 estrellas.

Quizás la siguiente propiedad más simple que podemos percibir de la luz de una estrella es su color. Ya tenemos la base para una simple clasificación en dos dimensiones de tipos de estrellas, con estrellas ubicadas en casillas de acuerdo a su luminosidad y color absolutos. Note que aún para un esquema simple como este, para propósitos de clasificación no se ha supuesto nada sobre la conección entre estos observables y las cantidades físicas fundamentales que queremos conocer, como por ejemplo, temperatura, o masa, o composición, etc. Cuando recordamos que los cuerpos calentados a diferentes temperaturas tienen diferentes colores, presumiremos que el color estelar es, de alguna manera, un indicador de la temperatura de la superficie estelar. Pero la conección precisa entre color y temperatura no se necesita, y no puede, expresarse exactamente para proceder con la clasificación de las estrellas.

Lo tercero más fácil de determinar de la propiedad de la luz estelar es su detallada distribución sobre el espectro visible. Esta es la propiedad más usada para establecer la mayoría de los esquemas de clasificación estelar, y es la que usaremos en este ejercicio.

La primera clasificación espectral realmente amplia fue emprendida en Harvard en el primer tercio del siglo XX, culminando en el “Catálogo de Henry Draper”, con alrededor de 400.000 espectros estelares.

Las estrellas fueron agrupadas de acuerdo a la concentración de líneas de hidrógeno de espectros tomados con prismas objetivos. Entonces, fundamentalmente, esta era un esquema de clasificación en una dimensión, marcando los tipos con las letras del alfabeto (A, B, C, D, E, etc.). Durante el estudio se verificó que la mayor concentración de hidrógeno no correspondía con mayores temperaturas, pero que las líneas de hidrógeno eran más concentradas a una temperatura intermedia; al revisar la secuencia de tipos, estos correspondían a una secuencia de temperatura. La secuencia alfabética resultante, O, B, A, F, G, K, M (Oh Be A Fine Guy/Girl, Kiss Me) ha permanecido sin cambios. Aquí hay un buen ejemplo del resultado de una teoría física - la teoría relaciona el tipo espectral con la temperatura - que afecta el orden del material observacional.

Como las técnicas modernas de clasificación se han refinado, es necesario usar un esquema de clasificación más finamente dividido. Cada tipo estelar se subdividió en 10 sub-tipos, designados del 0 al 9. En consecuencia, por ejemplo, una estrella que está a un tercio entre una estrella B y una estrella A es designada como una estrella B3.

En 1817 un bávaro, Joseph Fraunhofer, anunció el descubrimiento de líneas obscuras que cruzan el espectro solar brillante. De las más de 500 líneas que observó, él asignó a las más prominentes con las letras A a K, una designación que aún se mantiene. Fraunhofer uso estas líneas principalmente como longitudes de onda standards para su trabajo óptico. No fue sino hasta pasada la mitad del siglo XIX que apareció el análisis espectral. Varios científicos observaron que la línea D de Fraunhofer, que era doble, coincidía en longitud de onda con la doble línea amarilla emitida por vapor de sodio caliente. Se concluyó que esta era una fuerte evidencia de que el sodio estaba presente en el Sol. Gustav Kirchhoff (1824-1887) desarrolló la teoría física necesaria para interpretar las líneas espectrales en términos de la composición del cuerpo. Desde esa época en adelante el análisis espectral se hizo fundamental para la astrofísica. Se identificaron subsequentemente líneas con muchos elementos, prominentemente el hidrógeno. En este ejercicio usaremos líneas espectrales de varios elementos como criterios de clasificación.

Los primeros gráficos de estrellas clasificadas de acuerdo a los criterios de espectro y luminosidad los hizo, en la primera década del siglo XX, Ejnar Hertzsprung de Dinamarca e, independientemente, Henry Norris Russell de Princeton. Dichos conjuntos se conocen como el diagrama Hertzsprung-Russell (H-R). Estos han probado ser muy útiles en estudios de poblaciones estelares y de evolución.

Equipo

El material para este laboratorio lo componen tres fotografías. Una es una fotografía directa de Hyades, donde se han numerado varias de las estrellas. La segunda fotografía fue tomada con la misma escala de placa, pero a través de un prisma (un prisma ubicado al frente del lente del prisma). Tal prisma produce un espectro corto de cada objeto en el campo del telescopio; esta fotografía es un espectro de Hyades con las estrellas nombradas anteriormente. La tercera fotografía muestra ejemplos de los diferentes tipos espectrales, ordenadas en una secuencia de temperatura descendiente desde 0 a M. Observe durante un momento el aspecto variable de las diferentes líneas de un tipo espectral a otro.

Procedimiento

1. Mida los diámetros de estrellas enumeradas en la fotografía directa de Hyades. Varias de estas estrellas tienen magnitudes aparentes catalogadas en la fotografía. Haga un gráfico de magnitud versus diámetro de estas estrellas. Ahora usted puede leer, en el gráfico, las magnitudes de las otras estrellas. Como todos los miembros del cúmulo están casi a la misma distancia de nosotros, el orden de magnitudes aparentes es el mismo que el de las magnitudes absolutas.

2. Clasifique el espectro en la segunda fotografía, usando la tercera fotografía y la siguiente información como guía:

    - Las series de hidrógeno Balmer. Ellas están identificadas como: Hβ, Hγ, Hδ, ϵ y ζ. La distancia entre Hβ y Hγ es mayor que la distancia entre Hγ, Hδ, etc. Hβ está en el final del rojo (longitud de onda larga) del espectro.
    - El par de líneas debidas al calcio ionizado separadamente, llamado H y K por Fraunhofer cuando él marcó las prominentes líneas obscuras que observó en el espectro solar. La línea H está tan cerca de la línea Balmer Hϵ que, a menudo, no puede separarse.

- La llamada banda G, identificada por la letra G por Fraunhofer, y, como ahora se sabe, causada por la coincidencia de las líneas atómicas de hierro y calcio.
- La línea de calcio neutral (CaI) en 4227$\mathring{A}$.
- Las bandas de óxido de titanio en 4950$\mathring{A}$, 4760$\mathring{A}$ y 4587$\mathring{A}$ encontradas en estrellas tipo M.

Tipo Espectral **Caracter Definidor**

B0 Líneas de hidrógeno muy angostas, líneas de HeI débiles. Espectro fuerte en ultravioleta.
B2 Líneas de hidrógeno angostas, líneas de HeI bastante fuertes.
B5 Líneas de hidrógeno fuertes pero angostas, HeI ya no es visible.
B8 Líneas de hidrógeno muy fuertes pero angostas.
A0 Líneas de hidrógeno muy fuertes y anchas.
A2 Líneas de hidrógeno aún muy fuertes. Línea "K" muy visible.
A5 Línea "K" fuerte, pero más débil que la combinación de las líneas de "H" y Hϵ.
F0 Línea "K" igual de fuerte que la combinación de "H" y Hϵ. Líneas de hidrógeno aún muy fuertes. Banda G no está visible aún.
F2 Línea "K" más fuerte que la combinación de "H" y Hϵ. Banda G recién visible.
F5 Banda G bien pronunciada pero más débil que Hγ.
F8 Banda G igual a Hγ.
G0 Banda G más fuerte que Hγ. "H" y "K" muy fuertes.
G5 Banda G fuerte. Hγ muy lejana. "H" y "K" muy fuertes.
K0 Debido al gran número de líneas de absorción, hay un "quiebre" de intensidad en la banda G, la intensidad del espectro hacia el azul es más débil.
K2 Pronunciado quiebre de la banda G. CaI (4227$\mathring{A}$) bien visible. Se pueden ver varias líneas entre Hγ y Hδ.
K5 Muy pronunciada quiebre de la banda G. CaI es prominente.
M0 Se empieza a ver la primera cabeza de banda TiO en 4950$\mathring{A}$.
M2 La primera banda TiO es fuerte, la segunda cabeza de banda en 4760$\mathring{A}$ is débil.

También existen sub-grupos que no están listados específicamente, y son grados entre aquellos dados.

NOTA: En notación astronómica, "I" después de una abreviación química para un elemento, significa un ion neutral, mientras que "II", denota un átomo ionizado una vez; p. ej. CaII es equivalente a Ca^+.

Se pueden usar estos comentarios más la foto para la clasificación. Probablemente será más fácil usar la clasificación en orden no consecutivo, mejor hacer espectros menos complejos primeros (por ej. números 16, 37 y 43). Vuelva a los más complejos una vez que tenga más experiencia. La prominencia relativa de la línea K y la combinación de H y He es un criterio muy útil.

3. Dibuje un diagrama Hertzsprung-Russell, graficando las estrellas en orden de la magnitud en la ordenada, y su clasificación espectral en la abscisa. Las estrellas más brillantes quedan arriba, y las estrellas BO quedan a la izquierda.
4. Discuta su diagrama H-R. Identifique y defina la secuencia principal, gigantes, etc.

Preguntas

1. El Sol está clasificado como una enana G2. ¿A qué brillo (magnitud) aparecería, si estuviera en la Hyades?

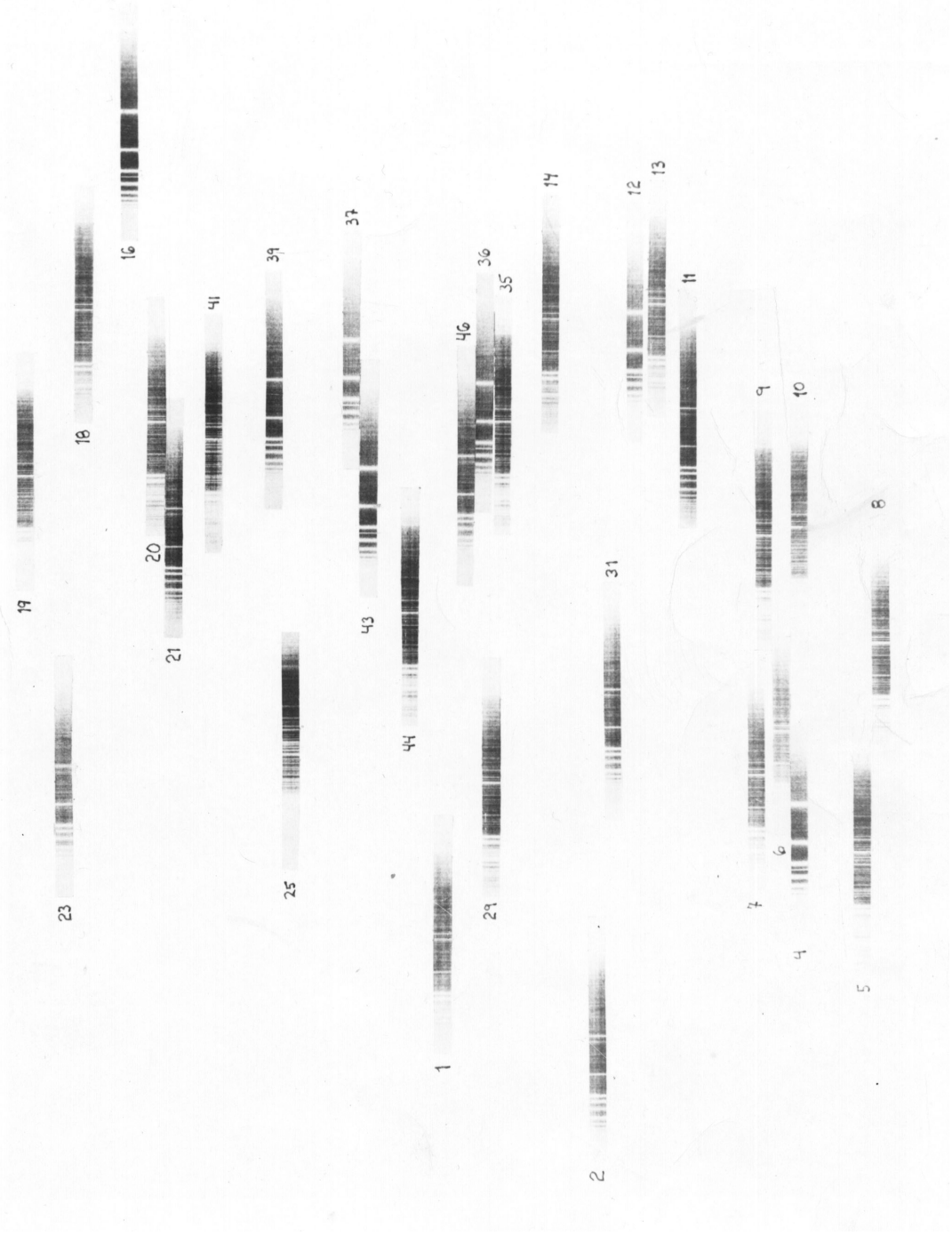
19
23
18
16
20
21
41
39
25
43
37
44
1
46
36
35
29
14
31
12
13
11
9
10
7
6
4
8
5
2

Figure 1:

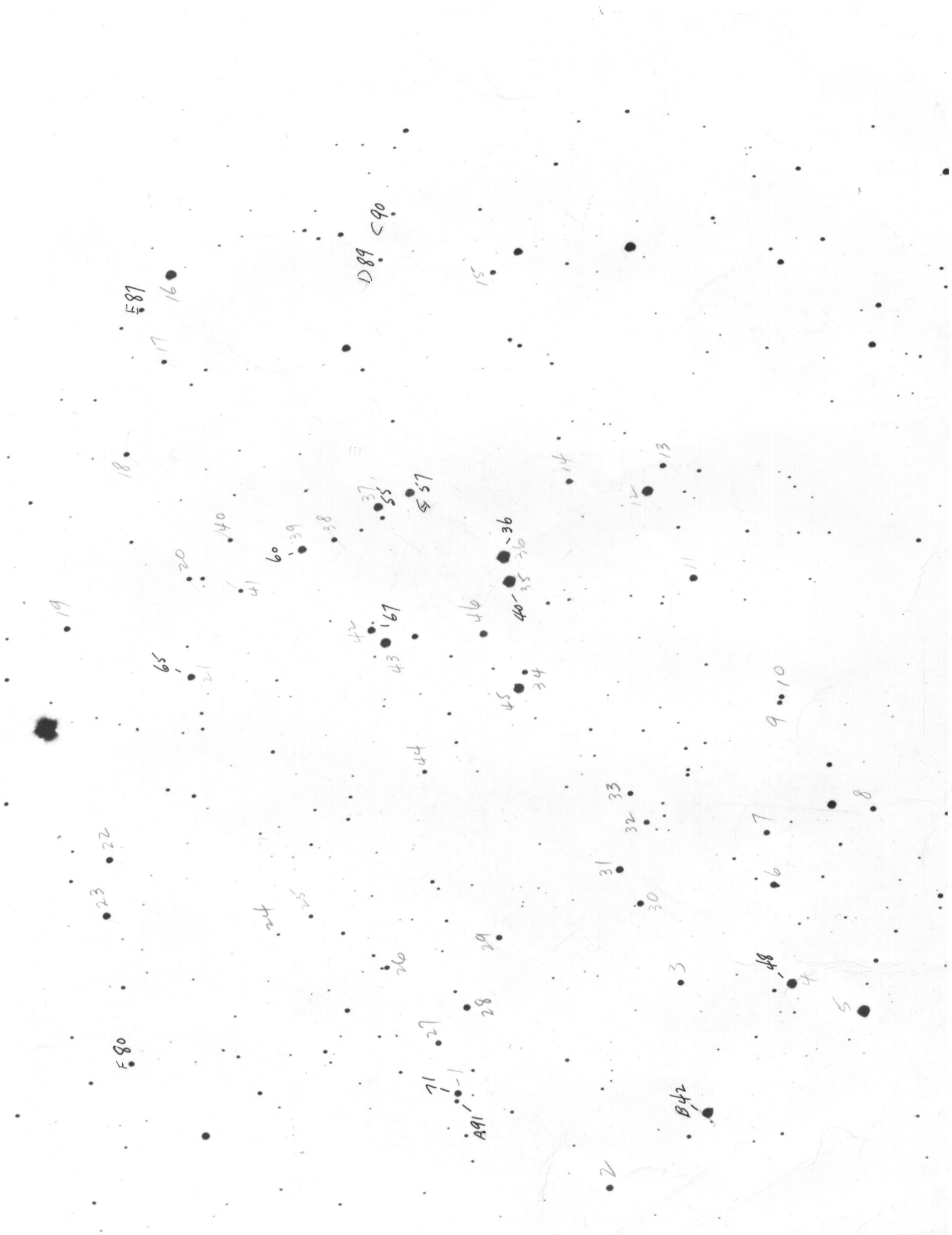

Figure 2:

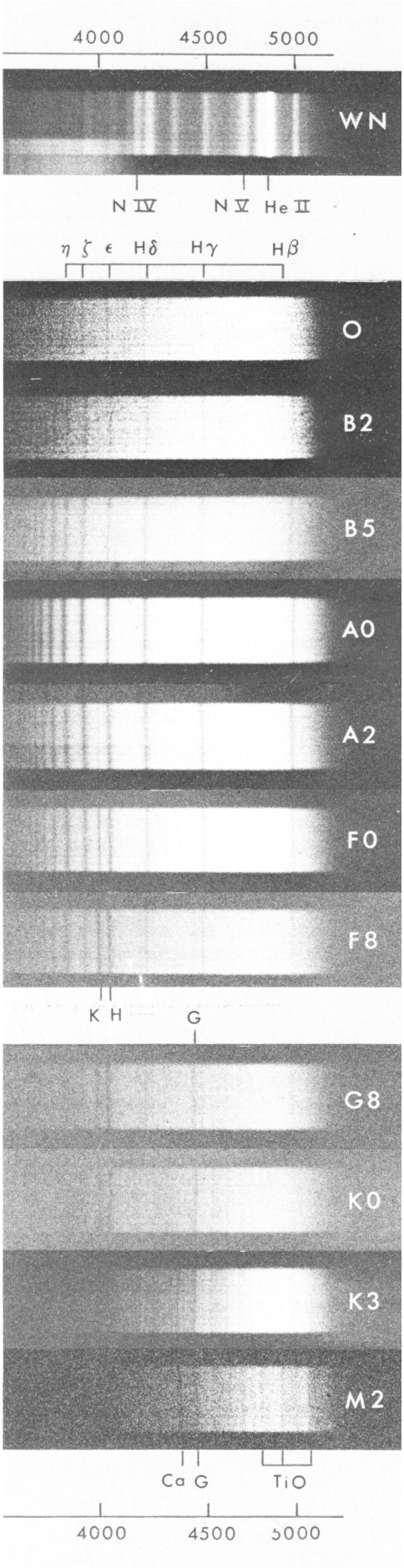
4000
4500
5000
WN
N IV
N V
He II
η ζ ϵ Hδ Hγ Hβ
O
B2
B5
A0
A2
F0
F8
K H
G
G8
K0
K3
M2
Ca G
TiO
4000
4500
5000

Figure 3: