

Talleres Bling Bling Universe

Unidad 1: Colores

NÉSTOR ESPINOZA¹ & CLAUDIA ARAYA²
4 de Diciembre, 2014

Abstract

“Colores” es la primera unidad del programa Bling Bling Universe. Ésta pretende introducir uno de los conceptos más importantes para entender la astronomía moderna (el color) y ligar su interpretación con conceptos físicos tales como la longitud de onda y temperatura. Además, la unidad pretende introducir el concepto de magnitudes, una de las piezas fundamentales a comprender para poder trabajar con grandes cantidades de datos astronómicos.

Keywords: astronomía, color, luz, temperatura, magnitudes

Reseña

La idea fundamental de esta unidad son los de introducir el concepto de color, logrando que los estudiantes puedan identificar las dificultades que presenta el tratar de generar un punto común para definir los colores de acuerdo a nuestros sentidos (e.g., ¿qué es azul claro y oscuro?), comprendiendo que es necesario identificar otros marcos de referencia para poder definir “color”.

Una vez realizada la identificación y comprensión del problema, los estudiantes deberán relacionar este problema con los conceptos de magnitudes, longitudes de onda y, finalmente, temperatura, para poder darle un sentido físico al fenómeno del color. Esto lo lograrán a través de experiencias prácticas usando datos del Sloan Digital Sky Survey (SDSS), las que van desde la intuición detrás del concepto de magnitud relacionado con el color

¹nestor.espinoza@fisicaitinerante.cl

²claudia.araya@fisicaitinerante.cl

(i.e., color como diferencia de magnitudes), hasta el cálculo de temperaturas estelares usando la Ley de Wien y la posterior identificación del color de una estrella solamente observando su espectro. Finalmente, en la unidad se introducen los diagramas color-color y color-magnitud, los que serán herramientas fundamentales en las siguientes unidades.

Objetivo general

El objetivo general de la unidad es que los estudiantes sean capaces de comprender el concepto de color, ligándolo con fenómenos físicos tales como las ondas electromagnéticas (luz), sus propiedades (e.g., longitud de onda) e interacción con la materia (temperatura), aplicando esto a datos astronómicos reales, interpretando y evaluando la significancia física de estos.

Objetivos específicos

1. Comprender el concepto de color y su ligazón con la luz y la interacción de esta con la materia.
2. Comprender el concepto de magnitud y relacionarlo con la interacción de la luz con la materia.
3. Analizar datos astronómicos reales, y evaluar la(s) herramienta(s) apropiada(s) a ocupar en cada uno de los problemas presentados.
4. Aplicar la ley de Wien para calcular temperaturas estelares.
5. Comprender los diagramas color-color y color-magnitud, aplicándolo a datos reales y evaluando el significado físico de los distintos ejes en el diagrama.

Calendario de sesiones

El siguiente es un calendario de sesiones correspondientes a las primeras clases de un taller típico del programa correspondiente a esta primera unidad. Cada sesión deberá durar 1:20 hrs. (90 minutos).

Clase 1: Introducción al taller y colores

Objetivo

Realización del pre-test, conocer al curso, presentar el proyecto (y el taller) e introducir las dificultades de la definición de color (obj. específicos 1 y 2).

Contenidos y actividades

- Iniciar clase con el pre-test (~20 mins.).
- ¿Qué es BBU, quienes somos y por qué nos interesa el curso? (~10 + 20 mins.).
- Discusión: ¿qué es color? Ejercicio 1 de la guía “Colores”, definición de diferencia de “magnitudes” como definición de color en astronomía (e.g., $u - g$, $g - r$, etc.; ~ 40 mins.).

Clase 2: Colores, magnitudes y luz

Objetivo

Introducir el concepto de magnitud y su relación con el sistema de filtros. Relacionar el color con la longitud de onda/frecuencia de la luz e introducir el espectro electromagnético. Introducir a los estudiantes a observaciones de espectros estelares y aplicar esto al análisis de los mismos.

Contenidos y actividades

- Recordar lo realizado en clase anterior. Clarificar conceptos, dudas, etc. (~ 10 mins.).
- Discusión del significado de magnitudes y su relación con las mediciones en astronomía (i.e., la única información que recibimos es luz). Introducción del sistema de filtros en astronomía y parámetros que definen el color de la luz (~ 20 mins.).
- Introducción al espectro electromagnético, y a la curva de Planck como el caso límite de “infinitos filtros”. Aplicar esto al reconocimiento de colores y temperaturas de espectros estelares (Ejercicio 7; ~ 20 mins.).
- Introducción de la ley de Wien para el calculo de temperaturas estelares (Ejercicio 7 y 11; ~ 20 mins.).
- Creación de diagramas color-color como aproximación a observacion de espectros estelares (Ejercicio 14; ~ 20 mins.).

Preguntas frecuentes hechas en clase

La siguiente es una recopilación de preguntas típicas hechas en clase por estudiantes del taller junto con explicaciones detalladas de las respuestas. Si bien muchas veces no toda la información entregada aquí es entregada directamente como una respuesta, es bueno para los tutores tener esta información de todas maneras pues les permitirá tener una visión más global del problema, pudiendo entonces realizar las simplificaciones pertinentes al nivel del curso.

1. ¿Cómo se mide exactamente una magnitud?

La respuesta simple es que la magnitud se mide directamente del **flujo** (i.e. energía por unidad de área y tiempo), recibido en la Tierra, de un objeto astronómico en un determinado rango de longitudes de onda: se mide cuántos fotones nos llegan de un objeto astronómico con un determinado filtro, y ese número se introduce a una función que retorna la magnitud. Por supuesto, las magnitudes son calibradas por efectos atmosféricos y de sensibilidades del detector³.

La función usada para convertir de flujos a magnitudes en el SDSS, aún así, no es exactamente la “histórica” en astronomía a través de logaritmos mediante

$$m = -2.5 \log_{10}(f/f_0),$$

donde f es el flujo detectado en la Tierra y f_0 es el punto cero de la escala de magnitud (i.e., la magnitud de un objeto de magnitud igual a cero). El SDSS usa magnitudes “asinh” (Lupton, Gunn & Szalay, 1999), de acuerdo a la fórmula

$$m = -a \left[\sinh^{-1} \left(\frac{f/f_0}{2b} \right) + \ln(b) \right],$$

donde a y b son constantes y f_0 es, nuevamente, el clásico punto cero, pero aplicado a esta (nueva) escala de magnitudes. Las gracias de este sistema es que (1) no tiene problemas con flujos negativos y, (2) si se escoge inteligentemente la constante “ a ”, entonces a alta señal a ruido se recupera la escala “histórica” de magnitudes; dejando $a = 2.5 / \ln(10)$ (el valor adoptado por el SDSS), puede verse que para altos valores de f/f_0 esta escala justamente tiene la forma “histórica”; i.e., para $f/f_0 \gg 1$,

$$m = -a \left[\sinh^{-1} \left(\frac{f/f_0}{2b} \right) + \ln(b) \right] \approx -2.5 \log_{10}(f/f_0),$$

independiente de la constante b . Esta última debe, por supuesto, calcularse dependiendo de los filtros a usar. Estas tablas se pueden encontrar en Stoughton et al. (2002); específicamente en la Tabla 21 de dicho artículo.

³Para un detalle de este proceso, léase: <https://www.sdss3.org/dr8/algorithms/fluxcal.php#counts2mag>

2. Si las magnitudes son una medición de cuánta luz recibo en un cierto rango de longitudes de onda, ¿por qué no puedo medir el color comparando directamente los números de una dada magnitud entre dos objetos?

Las razones son varias, siendo dos las principales: (1) el comparar magnitudes entre dos objetos distintos tiene el problema de que la distancia entre esos dos objetos no es la misma; por lo mismo, estar recibiendo menos fotones (y, por tanto, tener una mayor magnitud) en un cierto filtro no quiere decir necesariamente que ese objeto emite intrínsecamente menor flujo en ese rango de longitudes de onda: ¡puede ser que recibes menos flujo simplemente porque el objeto está más lejos! (2) Incluso si dos objetos están a la misma distancia y tienen la misma magnitud no quiere decir que tengan el mismo color por el simple hecho de que no todos tienen el mismo tamaño. Una estrella más “roja” puede parecer emitir la misma cantidad de fotones en longitudes de onda más azules que una estrella más “azul” simplemente porque es más grande y, por tanto, puede lanzar más de esos fotones hacia nosotros. Esto tiene que ver con el hecho de que nosotros desde la Tierra observamos (para efectos de magnitudes medidas con el SDSS) la energía integrada en toda la superficie de un objeto astronómico (i.e., una medición de la *luminosidad* del objeto; la energía emitida por unidad de tiempo); de esta manera, la razón entre los flujos observados en la Tierra es proporcional no solo a los flujos intrínsecos de cada objeto, sino que también a la razón entre las áreas de éstos.

Referencias

1. Stoughton et al., 2002, “*Sloan Digital Sky Survey: Early Data Release*”, AJ, 123, 485S.
2. Lupton, R., Gunn, J. & Szalay, A., 1999, “*A Modified Magnitude System that Produces Well-Behaved Magnitudes, Colors, and Errors Even for Low Signal-to-Noise Ratio Measurements*”, AJ, 118, 1406L.