

✦ Белорусские астрономические олимпиады ✦

Задания для заключительного этапа
XVI Республиканской олимпиады по астрономии
29 марта — 2 апреля 2010 года

ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР (анализ данных)

31 марта 2010 года



СПЕКТРОМЕТР HIRES

Исследование спектров небесных тел — один из наиболее мощных методов современной астрофизики, позволяющий определять физические характеристики объектов, расстояния и скорости движения. В данной части практического тура мы смоделировали для Вас работу одного из лучших современных спектрографов — HIRES (High Resolution Echelle Spectrometer) на телескопе Keck на Гавайских островах.

С помощью представленного Вам виртуального спектрометра получен спектр далекого квазара HE1341-1020 в красной и ближней инфракрасной областях. Оказалось, что на фоне непрерывного спектра точечного источника-квазара видны узкие линии поглощения железа и магния. Они принадлежат межгалактическому газопылевому облаку, находящемуся между нами и квазаром на одной линии.

На экране компьютера Вы можете видеть спектр поглощения, изменять масштаб любого его участка и определять точные значения потока в зависимости от длины волны. Непрерывная составляющая спектра (континуум) нормирована на единицу. Это сделано для удобства определения характеристик линий поглощения.

В данной задаче, проводя анализ спектра, Вам предстоит исследовать некоторые инструментальные характеристики спектрометра и определить физические условия в межгалактическом газопылевом облаке, вызывающем поглощение.

Ниже в таблице приведены лабораторные длины волн линий железа FeII и магния MgII, которые Вы можете видеть в спектре.

Линия	Длина волны (в Ангстремах)
MgII	2803.531092
MgII	2796.3544035
FeII	2600.172220
FeII	2586.649392
FeII	2382.764133
FeII	2374.460155
FeII	2344.212817

1. Отношением сигнал-шум (SNR) спектра называют отношение полезного сигнала в континууме к шуму. В нашем случае, с учетом нормировки континуума и безразмерности потоков излучения,

$$\text{SNR} = \frac{1}{N},$$

где N — поток шума.

Определите отношение сигнал-шум, используя среднеквадратичное значение потока шума и выполнив 15-20 измерений.

Подсказки: 1) Нормированный поток — безразмерная физическая величина. 2) Если при измерении оказалось, что поток излучения в каком-то участке спектра составляет, например, 1.15, то это означает, что поток шума = $1.15 - 1 = 0.15$. 3) Среднеквадратичное значение — корень квадратный из среднего значения множества возведенных в квадрат величин.

2. В отличие от реального спектрометра, наш виртуальный HIRES несколько идеализирован. В нем разрешающая способность спектра обусловлена только шагом дискретизации. Определите шаг дискретизации, сделав не менее 10 измерений и вычислив среднее значение. Выразите Ваш результат в км/с с помощью следующего соотношения:

$$v_{res} = c \frac{\Delta\lambda_{res}}{\lambda},$$

где v_{res} — разрешающая способность в км/с, $\Delta\lambda_{res}$ — измеренная разрешающая способность в ангстремах на измеренной длине волны λ .

3. Измерьте потоки 5 линий железа FeII и 2 линий магния MgII.
4. Определите оптические толщины всех 7 линий поглощения.
5. Измерьте ширины (в Ангстремах) всех линий на половине минимума потока.
6. Выразите полученные в предыдущем вопросе ширины линий в км/с и рассчитайте их среднее значение. *Примечание: используйте соотношение аналогичное примененному для вычисления шага дискретизации.*
7. Определите красное смещение всех 7 линий и вычислите среднее значение, которое будем называть красным смещением для облака.
8. Используя результаты предыдущего вопроса, определите неопределенность красного смещения для облака Δz .
9. Вычислите расстояние до облака D (в Мпк).
10. Вычислите неопределенность полученного расстояния ΔD (в Мпк), которая обусловлена неопределенностью красного смещения Δz .

При расчетах используйте значения констант:

Скорость света в вакууме	2.9979×10^8 м/с
Постоянная Планка h	6.6261×10^{-34} Дж·с
Постоянная Больцмана	1.380662×10^{-23} Дж/К
Параметр Хаббла	70.5 км/(с·Мпк)

И следующее математическое выражение для малого Δx (если понадобится):

$$\frac{1}{x + \Delta x} \sim \frac{1}{x} - \frac{\Delta x}{x^2}.$$