

❖ 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<br>(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 возвещенных в квадрат величин.

2. В отличии 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  $\lambda$ .

3. Измерьте потоки 5 линий железа FeII и 2 линии 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  $\Delta z$ .
9. Вычислите расстояние до облака  $D$  (в Мпк).
10. Вычислите неопределенность полученного расстояния  $\Delta D$  (в Мпк), которая обусловлена неопределенностью красного смещения  $\Delta z$ .

*При расчетах используйте значения констант:*

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

*И следующее математическое выражение для малого  $\Delta x$  (если понадобится):*

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