

# Белорусские астрономические олимпиады

## ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

### XVI РЕСПУБЛИКАНСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ

## Решения и схема оценивания заданий практического тура

*20 марта - 2 апреля 2010 года*

### Наблюдения (40 баллов)

#### Звездное небо (18 баллов)

(a) *К какой группе созвездий относится большая часть участка неба, изображенного на карте?*

На карте изображены весенние созвездия (2 балла).

(b) *Перечислите созвездия на данном участке карты.*

Жираф, Кассиопея, Андромеда, Персей, Треугольник, Рыбы, Пегас (7 баллов).

(c) *Цифрами 1-4 на карте обозначены галактики, туманности и звездные скопления. Укажите их тип и обозначения по одному из существующих каталогов.*

1. Галактика M31 (1 балл).

2. Галактика M33 (1 балл).

3. Рассеянное звездное скопление M34 (1 балл).

4. Двойное рассеянное звездное скопление  $\xi$  и  $h$  Персея (1 балл).

(d) *Цифрами 5-9 на карте обозначены звезды. Укажите их обозначения в формате «греческая буква + название созвездия», например,  $\alpha$  Центавра.*

5.  $\beta$  Андромеды (1 балл).

6.  $\alpha$  Кассиопеи (1 балл).

7.  $\beta$  Персея (1 балл).

8.  $\beta$  Треугольника (1 балл).

9.  $\delta$  Кассиопеи (1 балл).

#### Хиты космического телескопа им. Хаббла (22 балла)

(a) *Укажите тип объектов и названия планет, обозначенных на изображении буквами a-l.*

a. **Eagle nebula.** A STAR IS BORN: Towers of sculpted gas in the Eagle nebula (M16) are actually cocoons for embryonic stars.

b. **Lagoon nebula.** FUNNEL CLOUDS IN SPACE: Giant funnel-shaped clouds of gas (upper left) were captured in another stellar "maternity ward," the Lagoon nebula (M8).

c. **Cat's Eye.** DYING IN COLOR: Rings of gas surround the dying star NGC 6543, nicknamed the Cat's Eye.

d. **Twin Jet nebula.** STELLAR EXHAUST: The dying star M2-9 is nicknamed the Twin Jet nebula because the two tubes of gas streaming from it behave like exhaust from a jet engine.

e. **Abell 2218.** A "ZOOM LENS" IN SPACE: The arc-like pattern spread across the picture like a spider web is an illusion caused by the gravitational field of a cluster of galaxies called Abell 2218. This process, called gravitational lensing, magnifies, brightens, and distorts images of objects that lie far beyond the cluster, providing a powerful "zoom lens" for viewing galaxies that are so far away they could not normally be observed with the largest available telescopes.

f. **Antennae galaxies.** COSMIC COLLISION CREATES STARS: A collision between two spiral galaxies has spawned brilliant bursts of star birth.

g. **Eta Carinae.** BALLOONS OF GAS: A pair of billowing dust and gas clouds have been cast off by the massive dying star Eta Carinae.

h. **Supernova 1987A.** GASEOUS "HULA-HOOPS": A large pair of gaseous rings frame a glowing halo of gas surrounding the massive dying star Supernova 1987A.

i. **HDF.** GALLERY OF GALAXIES: Hubble peers back more than 10 billion years to reveal at least 1,500 galaxies at various stages of development.

j. **Saturn's auroras.** SATURN'S LIGHT SHOW: Saturn's north and south poles display spectacular oval-shaped curtains of light, called auroras, which were captured in ultraviolet light by Hubble's Space Telescope Imaging Spectrograph (STIS).

k. **Mars.** HOW'S THE WEATHER?: Hubble has been used to monitor weather conditions on Mars.

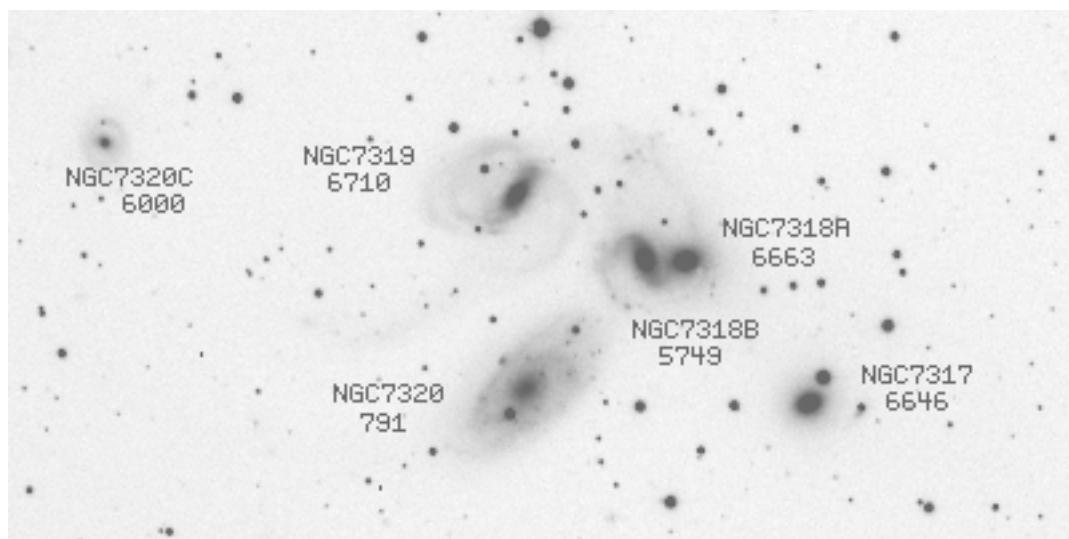
l. **NGC 4261.** FOOD FOR A BLACK HOLE: A spiral-shaped disk of dust is feeding a massive black hole in the galaxy, NGC 4261.

1 балл за каждый объект.

(b) Укажите тип галактик, обозначенных цифрами 1-5, на изображении известного скопления Квинтет Стефана.

По 2 балла за каждый тип.

1. NGC 7320 (Sab)
2. NGC 7319 (SBbc)
3. NGC 7318b (SBbc)
4. NGC 7318a (E2)
5. NGC 7317 (E4)



# Анализ данных (40 баллов)

## СПЕКТРОМЕТР HIRES

Каждый вопрос задачи оценивается 4 баллами.

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

Должно получиться  $50 \pm 10$ .

2. Определите шаг дискретизации спектра, сделав не менее 10 измерений и вычислив среднее значение. Выразите Ваш результат в км/с.

$$v_{res} = 2.00 \text{ км/с} \pm 0.02 \text{ км/с.}$$

3. Измерьте потоки 5 линий железа FeII и 2 линий магния MgII.

Данные приведены в таблице ниже. Точность определения должна составлять 0.1 при округлении.

4. Определите оптические толщины всех 7 линий поглощения.

Оптические толщины  $\tau_\lambda$ :

$$\tau_\lambda = \ln \frac{F_{0\lambda}}{F_\lambda} = \ln \frac{1}{F_\lambda} = -\ln F_\lambda.$$

Данные приведены в таблице ниже.

5. Измерьте ширины (в Ангстремах) всех линий на половине минимума потока.

Данные приведены в таблице ниже. Рекомендуемая допустимая точность:  $\pm 0.01 \text{ \AA}$ .

Линия	$\lambda_0$ [Å]	$\lambda$ [Å]	$F_\lambda$	$\tau_\lambda$	$\Delta\lambda_{FWHM}$ [Å]
MgII	2803.531092	8173.61	0.2775	1.282	0.2726
MgII	2796.3544035	8152.69	0.0763	2.574	0.2720
FeII	2600.172220	7580.72	0.3942	0.9309	0.2528
FeII	2586.649392	7541.30	0.7654	0.2674	0.2516
FeII	2382.764133	6946.88	0.3198	1.140	0.2318
FeII	2374.460155	6922.67	0.8948	0.1111	0.2310
FeII	2344.212817	6834.48	0.6700	0.4004	0.2280

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.

Должно получиться  $v_{FWHM} = 10.0$  км/с. При оценивании учитывается только правильность расчетов на основе данных, полученных в предыдущем вопросе (propagation error).

7. Определите красное смещение всех 7 линий и вычислите среднее значение, которое будем называть красным смещением для облака.

Должно получиться среднее значение  $z = 1.91547$  с точностью до знака при округлении как в записанной величине.

8. Используя результаты предыдущего вопроса, определите неопределенность красного смещения для облака  $\Delta z$ .

Можно использовать стандартное отклонение или стандартную ошибку среднего. Оценивается метод расчетов и порядок результата, который в случае использования стандартного отклонения определяется последней цифрой после запятой в красном смещении из предыдущего вопроса, а в случае применения стандартной ошибки среднего — на порядок выше.

9. Вычислите расстояние до облака (в Мпк).

Будем пренебрегать зависимостью параметра Хаббла от красного смещения (т. е. эффектами, описанными в решении короткой задачи 1 теоретического тура). С помощью релятивистского эффекта Доплера и закона Хаббла получим:

$$\frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} \times c = HD \implies D = 3360 \text{ Мпк.}$$

10. Вычислите неопределенность полученного расстояния  $\Delta D$  (в Мпк), которая обусловлена неопределенностью красного смещения  $\Delta z$ .

Пусть неопределенность красного смещения, определенная как стандартное отклонение или стандартную ошибку среднего (она разная у участников олимпиады, поэтому мы не можем привести ее значение здесь), равна  $\Delta z$ .

Поскольку

$$\frac{(1+z+\Delta z)^2 - 1}{(1+z+\Delta z)^2 + 1} = \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} + \frac{4(1+z)\Delta z}{(2+2z+z^2)^2} + O(\Delta z^2),$$

то

$$\Delta D = \frac{4(1+z)\Delta z}{(2+2z+z^2)^2} \times \frac{c}{H} = 550\Delta z \text{ Мпк.}$$

**ПРИЛОЖЕНИЕ: Расчет формулы для  $z + \Delta z$**

$$\begin{aligned} \frac{(1+z+\Delta z)^2 - 1}{(1+z+\Delta z)^2 + 1} &= \frac{(1+z)^2 + 2\Delta z(1+z) - 1}{(1+z)^2 + 2\Delta z(1+z) + 1} = \\ &= \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1 + 2\Delta z(1+z)} + \frac{2\Delta z(1+z)}{(1+z)^2 + 1 + 2\Delta z(1+z)} = \\ &= \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} - \frac{2\Delta z(1+z)}{[(1+z)^2 + 1]^2} [(1+z)^2 - 1] + \frac{2\Delta z(1+z)}{(1+z)^2 + 1} = \\ &= \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} + \frac{2\Delta z(1+z)}{[(1+z)^2 + 1]^2} [-(1+z)^2 + 1 + (1+z)^2 + 1] = \\ &= \frac{(1+z)^2 - 1}{(1+z)^2 + 1} + \frac{4(1+z)\Delta z}{(2+2z+z^2)^2}. \end{aligned}$$