

# ПРАКТИЧЕСКАЯ КОСМОЛОГИЯ

## Практический тур

### Решение и схема оценивания

27 марта 2013 года

*'Data! Data! Data', he cried impatiently.*

*'I can't make bricks without clay'.*

— Sir Arthur Conan Doyle

- (a) Участники олимпиады выбирают 20 **положительных** значений красных смещений.
- (b) Постоянная Хаббла — угловой коэффициент линейной зависимости  $cz$  от  $D$ . Независимо от того, какие точки выбраны, должно получиться значение в диапазоне от 51 до 88 км/с/Мпк. Жюри проверяет результат согласно данным, которые использовались участниками.
- (c) Стандартная ошибка  $s$  должна лежать в диапазоне от 3.5 до 23 км/с/Мпк. Конкретное значение проверяется по фактическим данным.  
Коэффициент распределения Стьюдента  $t_{90} = 1.734$ .

$$H \pm t_{90}s$$

- (d) Пусть возраст Вселенной — хаббловский, тогда:

$$\Delta t[Myr] \equiv (t - t_0)[Myr] = 9778[Myr] \times \left( \frac{1}{h} - \frac{1}{h_0} \right),$$

$Myr$  — миллионы лет,  $h \equiv H / (100 \text{ [км/с/Мпк]})$ . Ответ проверяется с точностью, соответствующей точности  $H$  (вероятнее всего, 2 значащие цифры). Засчитывается округление до 2 или 1 значащей цифры.

- (e) Найдем среднее взвешенное значение и его стандартную ошибку согласно определению:

$$\bar{H} = \frac{H/s^2 + H_0/s_0^2}{1/s^2 + 1/s_0^2},$$

$$S_{\bar{H}} = \sqrt{\frac{1}{1/s^2 + 1/s_0^2}}.$$

Конкетное значение жюри будет рассчитывать, основываясь на  $\bar{H}$  участников олимпиады.

## Заключительный этап XIX Республиканской олимпиады по астрономии

(f) Спиральные с перемычками: 48.5%, спиральные: 25%, эллиптические: 24%. Некоторые типы галактик определены неоднозначно, поэтому полученные участниками числа могут слегка отличаться от приведенных. При проверке жюри будет это учитывать.

(g) Связь между угловой площадью  $A$  и поверхностной яркостью  $sb$  выводим из определения звездных величин:

$$sb = m + 2.5 \log(A) \Rightarrow$$

$$A_{M31} = 1.0 \times 10^4 \text{ square arcsec}, \quad A_{SMC} = 5.8 \times 10^4 \text{ square arcsec}.$$

Галактика NGC4697 имеет тип E6, следовательно отношение ее видимых полуосей:

$$\frac{b}{a} = 1 - 6/10 = 0.4.$$

Угловая площадь галактики:

$$A = \pi ab = 0.4\pi a^2 = 33.1 \text{ square arcsec}.$$

Ее радиус:

$$R = \sqrt{\frac{A}{0.4\pi}} \frac{D_{kpc}}{206265} \simeq 0.27 \text{ кпк}.$$

(h) С учетом данных в приложении, наблюдаемый тип  $n_a$  связан с физическим  $n_{ph}$  соотношением:

$$n_a(\alpha) = \text{Round} \left[ 10 \times \left( 1 - \sqrt{\sin^2(\alpha) + (1 - n_{ph}/10)^2 \cos^2(\alpha)} \right) \right].$$

Если угол ориентации  $\alpha$  подчиняется равномерному распределению, вероятность наблюдения типа  $n_a$  у галактики  $n_{ph}$  пропорциональна длине горизонтальных участков на графиках  $n_a(\alpha)$  (см. рисунок 1). С учетом одинакового числа галактик каждого физического типа, вероятности каждого наблюдаемого типа складываются с перенормировкой полной вероятности на единицу.

Таблица ниже и рисунок 2 содержат расчетные вероятности (Calc.) и определенные на основе выборки (Obs.).

Type	Calc.	Obs.
E0	0.220	0.0357
E1	0.127	0.214
E2	0.0770	0.179
E3	0.0546	0.179
E4	0.0393	0.0714
E5	0.0279	0.214
E6	0.0181	0.107
E7	0.00871	0.0

Заключительный этап XIX Республиканской олимпиады по астрономии

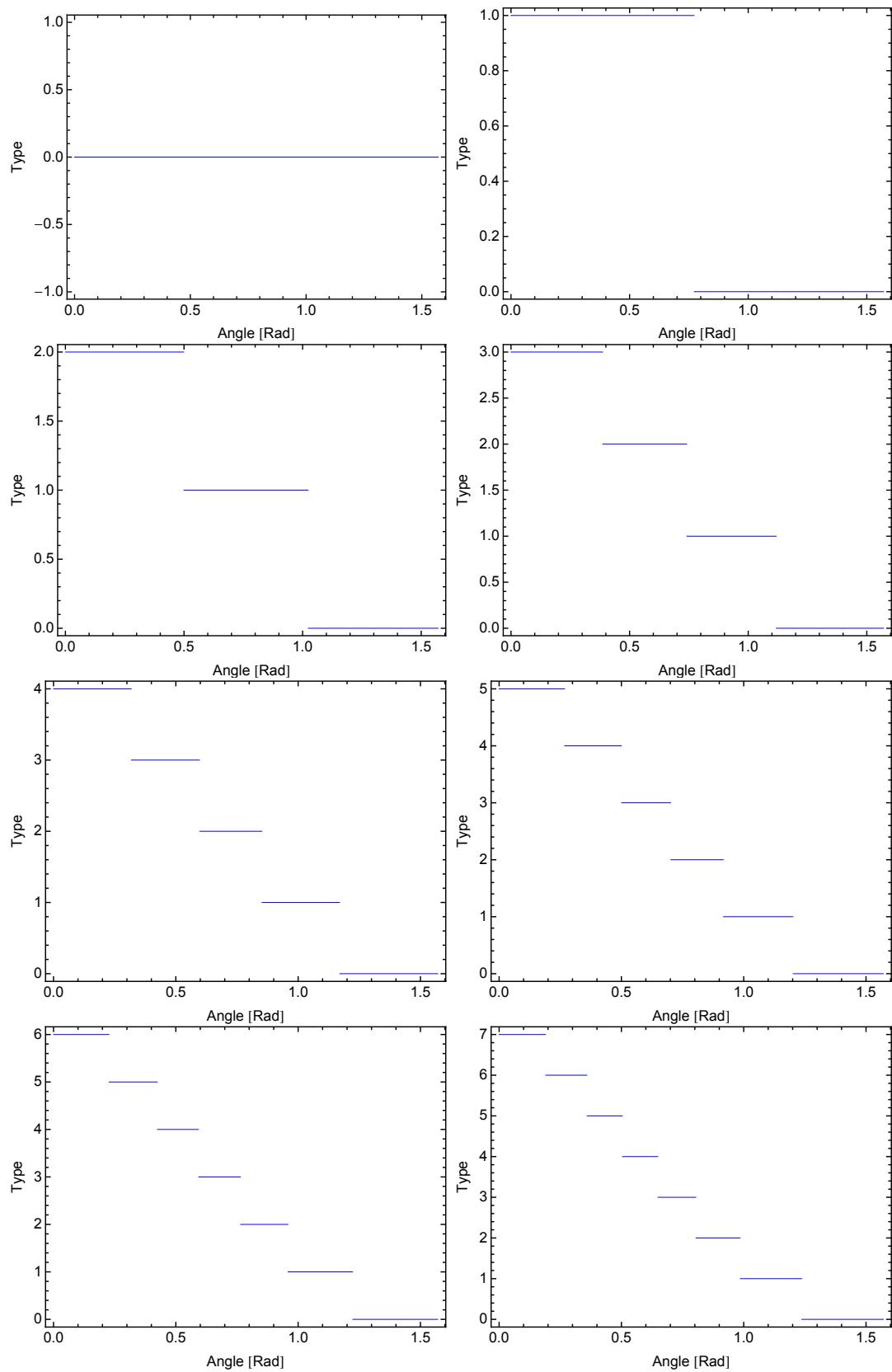


Рис. 1: Зависимость наблюдаемых типов эллиптических галактик от угла ориентации для физических типов (сверху-направо соответственно): E0 — E7

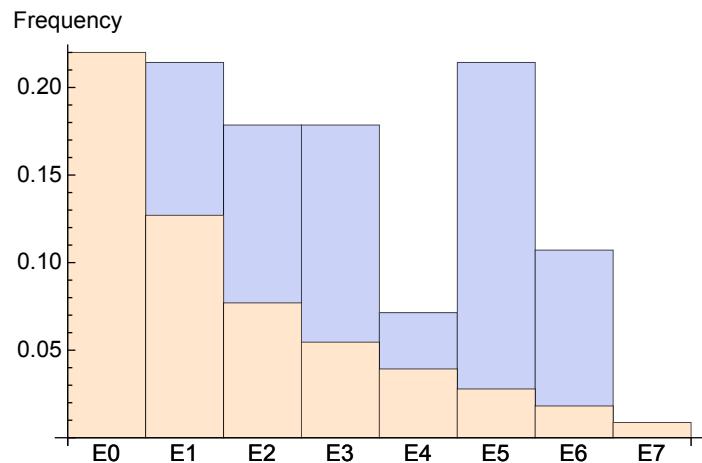


Рис. 2: Вероятности наблюдения эллиптических галактик: оранжевый цвет — теоретическое распределение, сиреневый — на основе выборки

Задача оценивается 50 баллами