

# **ГАЛАКТИКИ. СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ ВСЕЛЕННОЙ**

## **8-9. Определение скорости удаления галактик по их спектрам**

**Цель:** вычислить скорости удаления галактик по красному смещению линии Н $\alpha$  в их спектрах, построить график зависимости скорости удаления от расстояния до галактики и проанализировать его.

Американский астроном Эдвин Хаббл обнаружил, что в спектрах далёких галактик линии смещены в красную сторону относительно их нормального положения. Это явление назвали *красным смещением*. Количественно красное смещение  $z$  характеризуется относительным изменением длины волны спектральных линий:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0},$$

где  $\lambda_0$  — длина волны спектральной линии в лаборатории;  $\lambda$  — в наблюдаемом спектре.

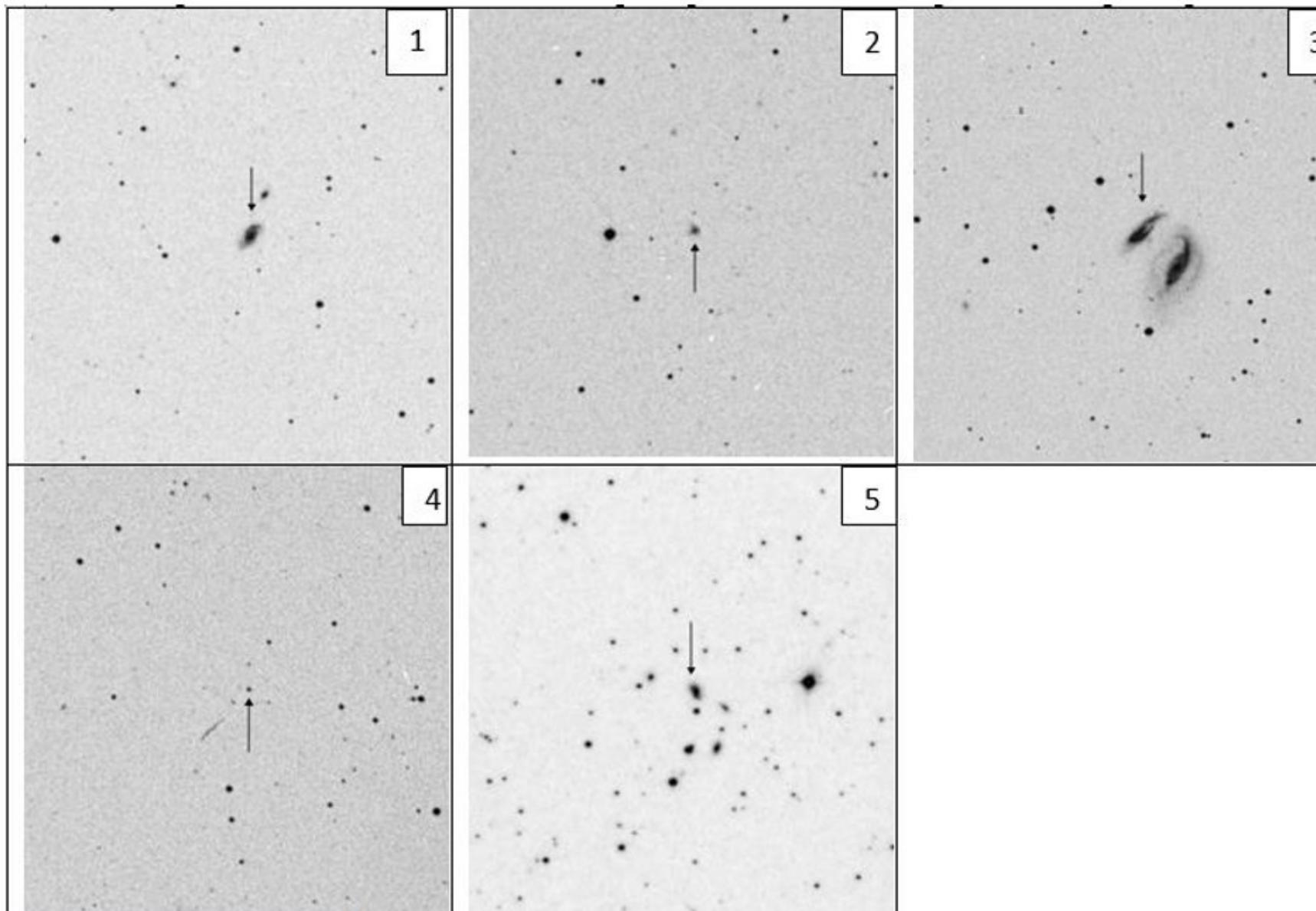
По известному красному смещению можно определить скорость удаления (или приближения) галактики:

$$v = c \cdot \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = c \cdot z,$$

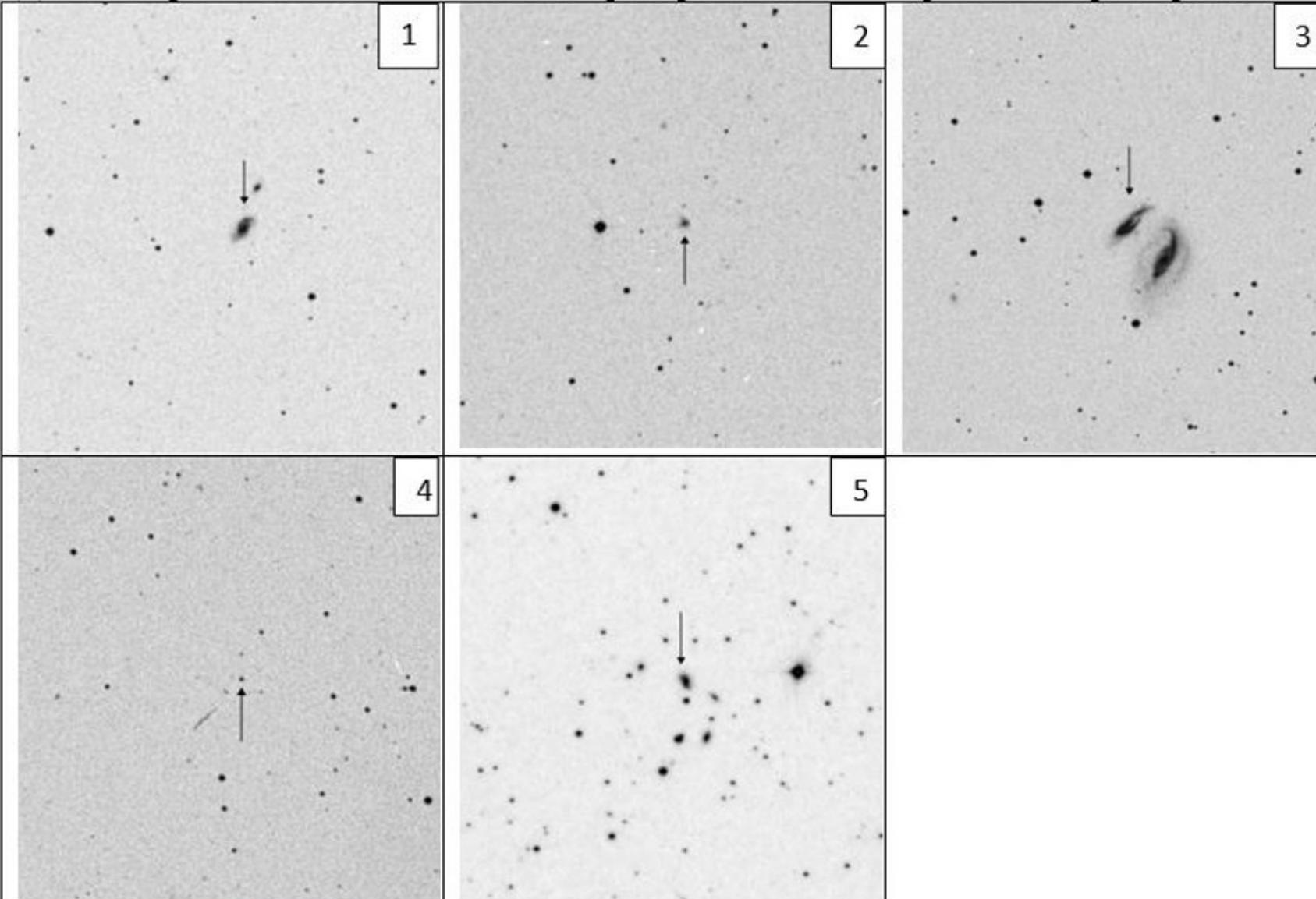
где  $c = 3 \cdot 10^5$  км/с — скорость света.

В этой работе используются спектры галактик, полученные с помощью виртуального спектроскопа: <https://www.cfa.harvard.edu/seuforum/galSpeed/>.

Даны изображения галактик, имеющих примерно одинаковые физические размеры.



Расположите галактики (укажите их номера) по их  
удаленности от поверхности Земли: от самых  
близких до самых далеких. Объясните ваш выбор.



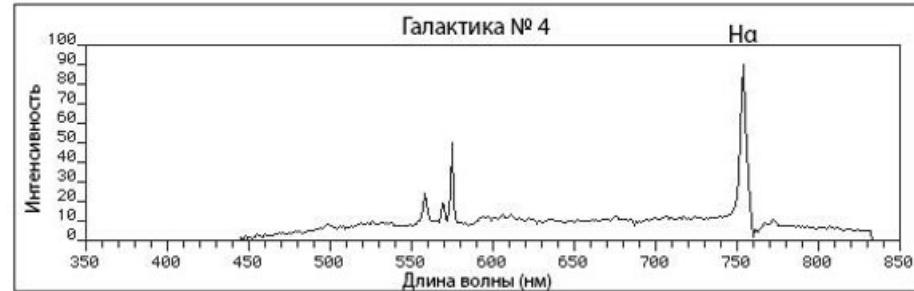
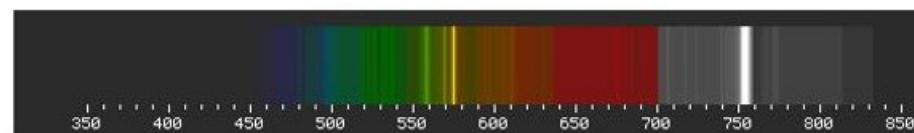
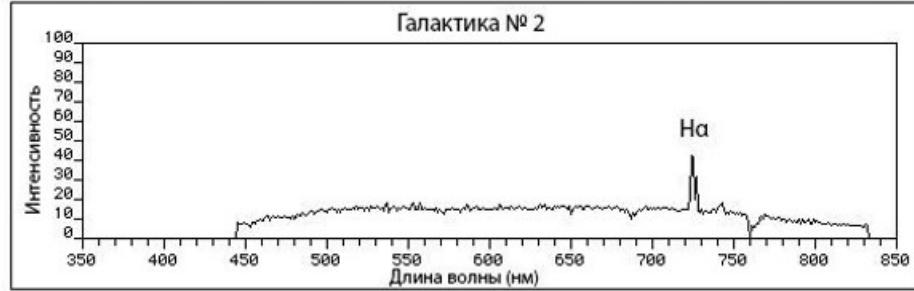
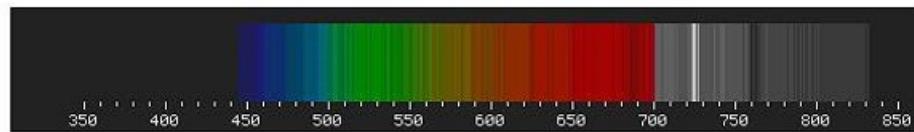
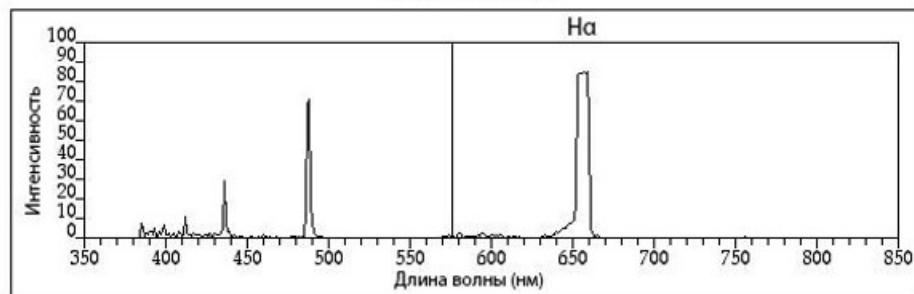
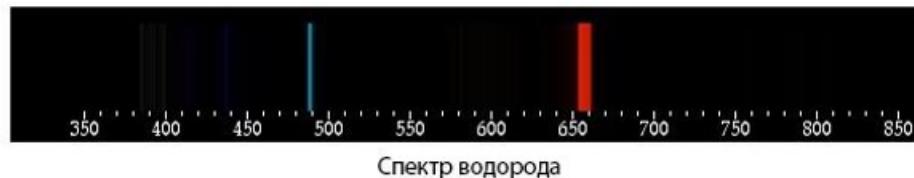
## Задания:

Найдите линию водорода  $H_{\alpha}$  в спектре каждой галактики и определите соответствующую длину волны  $\lambda$ . Результат занесите в таблицу.

Посчитайте смещение спектральной линии  $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{\text{H}}$  и запишите результат в соответствующий столбец таблицы.

Вычислите  $z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{H}}}$ , результат занесите в таблицу.

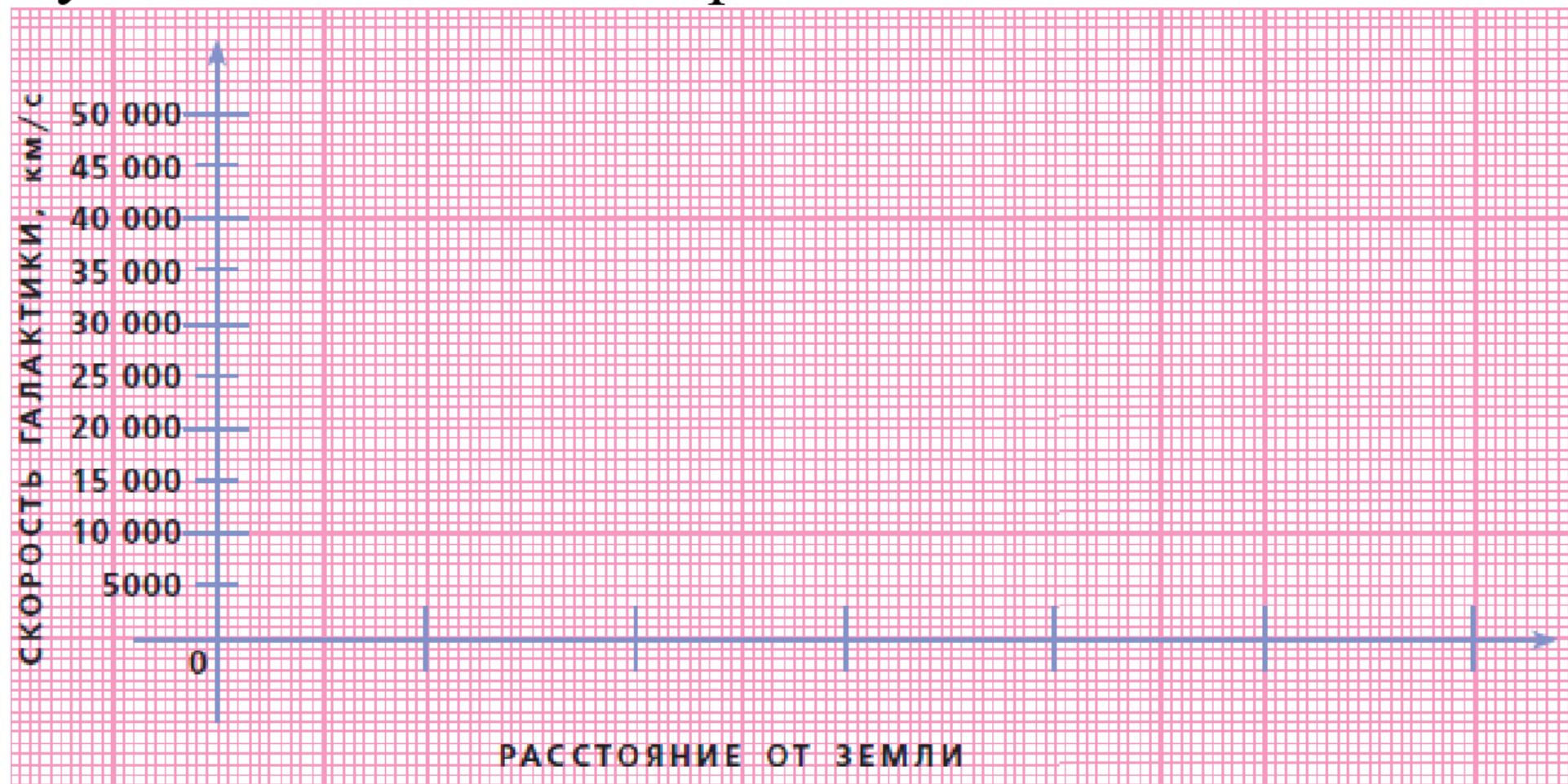
Вычислите скорость удаления галактики  $v = c \cdot z$  и запишите результат в последний столбец таблицы.



# Задания:

Галактика	Длина волны $\lambda$ водорода в спектре галактики, нм	Смещение спектральной линии $\Delta\lambda$	Красное смещение $z$	Скорость удаления галактики $v$ , км/с	Расстояние до галактики, млн св. лет
1					
2					
3					
4					
5					

Для каждой галактики отметьте скорость удаления на диаграмме (по вертикальной оси). Постройте график зависимости скорости удаления галактик от расстояния до Земли.



## Задания:

- Проанализируйте полученный график и сделайте вывод о соотношении расстояния до галактики и скорости её удаления.
- О чём свидетельствует разбегание галактик?
- Сформулируйте закон Хаббла и запишите его:

Отметим, что значение красного смещения не зависит от того, в каком спектральном интервале находится линия: наблюдения в оптическом, радио-, рентгеновском диапазоне дают одно и то же значение  $z$ .

## Задания:

- Используя закон Хаббла, вычислите расстояния до галактик. Значение постоянной Хаббла  $H = 68 \text{ км}/(\text{с}\cdot\text{Мпк})$ . Полученные результаты занесите в таблицу и подпишите на диаграмме (горизонтальная ось). Проанализируйте, правильно ли вы расположили галактики, выполняя задание 1.

## ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА

- В спектре галактики Андромеды наблюдается сдвиг спектральных линий в фиолетовую (коротковолновую) часть спектра. Какой вывод о движении этой галактики по отношению к нашей следует сделать на основании этого факта?  

---

---
- Какой физический смысл имеет постоянная Хаббла?  

---

---
- Используя закон Хаббла, определите максимальное расстояние, до которого можно наблюдать небесные тела.  

---