

XXV Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур, решения

2018
4
марта

7–8 классы

При наблюдениях близких галактик были измерены расстояния до них, а также их лучевые скорости (так называется скорость, с которой объект — в данном случае галактика — удаляется от нас или приближается к нам). Результаты наблюдений приведены в таблице ниже. Расстояния r даны в килопарсеках, лучевые скорости v — в километрах в секунду, причем положительное значение означает, что галактика удаляется от нас, а отрицательное — что приближается.

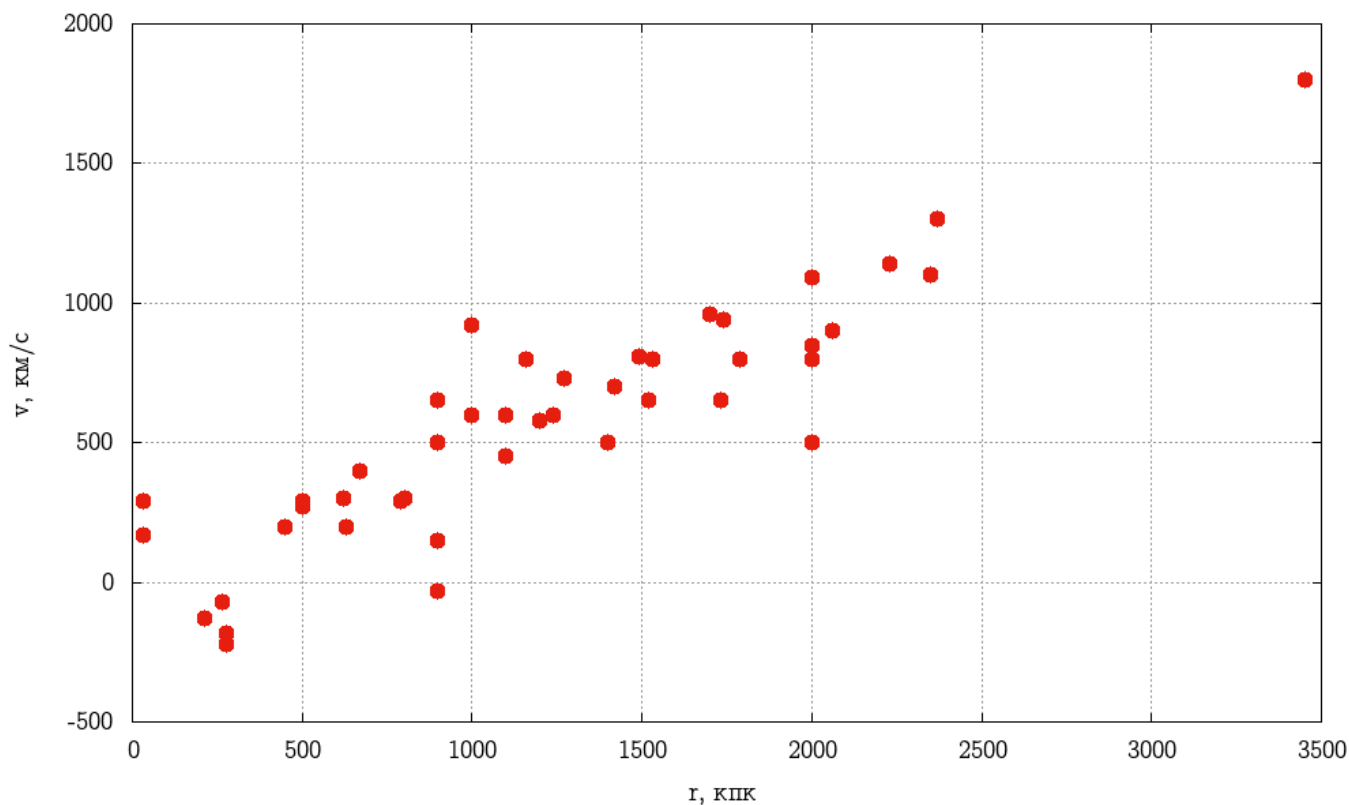
Найдите зависимость лучевой скорости галактики от расстояния до нее, определите параметры этой зависимости и оцените погрешность определения параметров.

| Галактика | r , кпк | v , км/с |
|-----------|-----------|------------|
| SMC | 32 | +170 |
| NGC 221 | 275 | -185 |
| NGC 224 | 275 | -220 |
| NGC 278 | 1520 | +650 |
| NGC 584 | 3450 | +1800 |
| NGC 598 | 263 | -70 |
| NGC 936 | 2370 | +1300 |
| NGC 1023 | 620 | +300 |
| NGC 1069 | 1000 | +920 |
| NGC 1700 | 1160 | +800 |
| NGC 2681 | 1420 | +700 |
| NGC 2683 | 670 | +400 |
| NGC 2841 | 1240 | +600 |
| NGC 3031 | 900 | -30 |
| NGC 3034 | 790 | +290 |
| NGC 3115 | 1000 | +600 |
| NGC 3368 | 1740 | +940 |
| NGC 3379 | 1490 | +810 |
| NGC 3489 | 1100 | +600 |
| NGC 3521 | 1270 | +730 |
| NGC 3623 | 1530 | +800 |
| NGC 3627 | 900 | +650 |

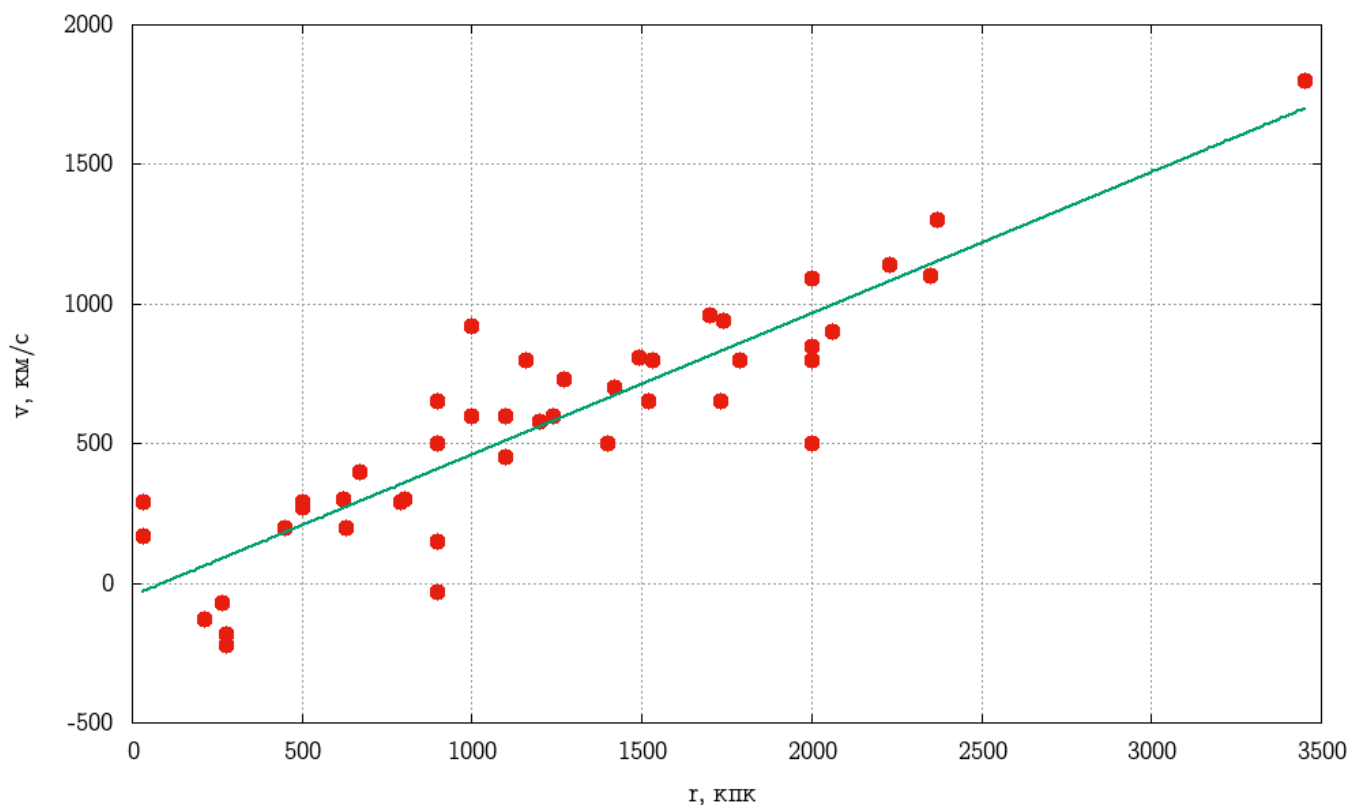
| Галактика | r , кпк | v , км/с |
|-----------|-----------|------------|
| LMC | 34 | +290 |
| NGC 4111 | 1790 | +800 |
| NGC 4151 | 1700 | +960 |
| NGC 4214 | 800 | +300 |
| NGC 4258 | 1400 | +500 |
| NGC 4382 | 2000 | +500 |
| NGC 4449 | 630 | +200 |
| NGC 4472 | 2000 | +850 |
| NGC 4486 | 2000 | +800 |
| NGC 4526 | 1200 | +580 |
| NGC 4565 | 2350 | +1100 |
| NGC 4594 | 2230 | +1140 |
| NGC 4649 | 2000 | +1090 |
| NGC 4736 | 500 | +290 |
| NGC 4826 | 900 | +150 |
| NGC 5005 | 2060 | +900 |
| NGC 5055 | 1100 | +450 |
| NGC 5194 | 500 | +270 |
| NGC 5236 | 900 | +500 |
| NGC 5457 | 450 | +200 |
| NGC 5866 | 1730 | +650 |
| NGC 6822 | 214 | -130 |

Решение:

Поскольку требуется найти зависимость между двумя величинами, первое действие, которое стоит сделать — построить график и нанести на него точки. Если это сделать, получится что-то вроде следующего:



Из графика видно, что зависимость примерно линейная. Тогда можно построить прямую, наилучшим образом ее описывающую (это можно сделать «на глаз», результат окажется достаточно неплохим):



Подберем подходящий вид зависимости. Поскольку она линейная, она должна иметь вид $v = k \cdot r + b$. Выбрав две любых точки на прямой и подставив их координаты в зависимость, мы сможем найти значения параметров k и b , однако даже непосредственно по графику видно, что параметр b близок к нулю. Определение параметра k даст результат около 0.5 км/с/кпк.

Какими могут быть погрешности полученного нами результата? Можно заметить, что изменение параметра b сдвигает прямую вверх или вниз, и если мы хотим, чтобы прямая все же

хоть сколько-нибудь проходила через точки, то параметр b можно увеличить или уменьшить не более чем на 200 км/с. Изменение параметра k влияет на наклон прямой, разные попытки провести ее через точки позволяют увеличить или уменьшить k примерно в полтора раза, примерно такой погрешностью и будут обладать найденные нами значения параметров.

Если Вам удалось проделать все это и получить параметр k , то Вас можно поздравить: Вы успешно воспроизвели результат, полученный в 1929 году Эдвином Хабблом, и открыли закон Хаббла, а вместе с ним и космологическое расширение Вселенной. Правда, данные, которыми пользовался Э. Хаббл (и Вы вместе с ним) были очень неточными, поэтому результат оказался завышенным почти на порядок (современное значение постоянной Хаббла равно примерно 70 км/с/Мпк или 0.07 км/с/кпк), однако именно так начиналась современная наблюдательная космология.

П.А.Тараканов