



XXVII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур, решения

2020
1
марта

7–8 классы

Движущейся группой звезд называют группу звезд, обладающих близкими значениями скоростей и движущихся как единое целое в пространстве. В таблице представлены расстояния до объектов (r), экваториальные координаты (α, δ), координаты относительно плоскости Млечного Пути (галактические долгота l и широта b), а также три компоненты пространственной скорости звезд в декартовой системе координат (V_x, V_y, V_z). На основе имеющихся данных выделите движущиеся группы звезд, а также оцените их характерные пространственные размеры.

Номер	r , пк	α	δ	l	b	V_x , км/с	V_y , км/с	V_z , км/с
1	88.1	$9^h 31^m 16^s$	$-64^\circ 14' 27''$	283.2°	-9.3°	-16.08	-30.4	-0.94
2	10.5	$23^h 7^m 54^s$	$+75^\circ 23' 15''$	116.4°	$+13.9^\circ$	8.31	-11.2	-2.415
3	98.0	$8^h 5^m 3^s$	$-60^\circ 38' 41''$	277.6°	-10.0°	-19.44	-27.8	-2.22
4	89.1	$21^h 14^m 32^s$	$+63^\circ 35' 35''$	101.5°	$+10.0^\circ$	-7.313	-19.12	4.6
5	18.8	$4^h 2^m 36^s$	$-0^\circ 16' 8''$	190.7°	-36.9°	-7.85	-28	-11.79
6	91.7	$9^h 20^m 37^s$	$-63^\circ 10' 0''$	281.6°	-9.4°	-16.59	-27.9	-0.70
7	77.2	$9^h 48^m 19^s$	$-64^\circ 3' 22''$	284.5°	-8.0°	-16.28	-28.32	-0.903
8	36.5	$3^h 33^m 13^s$	$+46^\circ 15' 26''$	149.9°	-8.0°	-6.53	-27.84	-16.57
9	156.8	$23^h 18^m 38^s$	$+68^\circ 06' 40''$	114.2°	$+6.5^\circ$	-10.15	-15.2	-3.7
10	32.3	$14^h 47^m 33^s$	$-0^\circ 16' 53''$	353.2°	$+51.0^\circ$	-9.66	-28.07	-10.7
11	80.4	$9^h 10^m 58^s$	$-58^\circ 58' 3''$	277.6°	-7.4°	-1.53	-18.3	0.34
12	87.1	$8^h 58^m 45^s$	$-69^\circ 8' 1''$	284.9°	-15.1°	-16.59	-27.5	-1.44
13	174.0	$23^h 30^m 2^s$	$+58^\circ 32' 56''$	112.5°	-2.6°	-9.3	-30.1	-1.2
14	24.4	$1^h 16^m 29^s$	$+42^\circ 56' 22''$	127.8°	-19.7°	28.2	1.7	7.2
15	22.1	$4^h 15^m 26^s$	$+6^\circ 11' 59''$	186.7°	-30.5°	24.5	3.9	-1.6
16	33.3	$2^h 12^m 15^s$	$+23^\circ 57' 30''$	145.7°	-35.3°	-8.22	-27.41	-12.52
17	23.0	$15^h 34^m 41^s$	$+26^\circ 42' 53''$	41.9°	$+53.8^\circ$	24.2	8.3	-0.3
18	38.8	$3^h 9^m 42^s$	$-9^\circ 34' 36''$	191.3°	-53.0°	-5.24	-27.92	-9.75
19	82.3	$10^h 20^m 51^s$	$-58^\circ 32' 49''$	284.7°	-1.3°	-14.44	-26.6	-3.772
20	34.5	$22^h 20^m 7^s$	$+49^\circ 30' 12''$	99.3°	-6.3°	-9.65	-23.44	-4.86
21	21.4	$21^h 31^m 1^s$	$+23^\circ 20' 7''$	74.3°	-20.1°	-6.5	-29.07	-13.15
22	23.6	$1^h 49^m 23^s$	$-10^\circ 42' 13''$	165.4°	-68.7°	27.6	4.7	3.5
23	18.8	$4^h 9^m 35^s$	$+69^\circ 32' 29''$	139.2°	$+13.0^\circ$	-7.8	-24.02	-17.15
24	22.4	$7^h 49^m 55^s$	$+27^\circ 21' 47''$	193.3°	$+24.1^\circ$	23.8	7.6	-0.5
25	22.8	$1^h 36^m 43^s$	$+7^\circ 49' 54''$	142.0°	-53.3°	-2.13	5.3	-12.8
26	160.2	$23^h 3^m 21^s$	$+58^\circ 33' 50''$	109.2°	-1.3°	-25.6	-18.1	7.4
27	28.3	$0^h 18^m 20^s$	$+30^\circ 57' 22''$	114.6°	-31.4°	-4.43	-27.8	-15.7
28	22.2	$6^h 39^m 50^s$	$-61^\circ 28' 43''$	271.2°	-25.0°	-7.71	-28.32	-14.37
29	1132	$20^h 25^m 27^s$	$-28^\circ 39' 48''$	14.5°	-32.0°	5.61	-15.22	-4.84
30	1231	$19^h 35^m 57^s$	$-53^\circ 0' 31''$	344.4°	-27.9°	-4.13	-18.24	7.5

Решение (20 баллов):

Движущиеся группы, как следует из определения, должны как минимум обладать сходными компонентами скорости и не должны быть разнесены в пространстве на значительные

по меркам Галактики расстояния (но относительно друг друга вполне могут находиться на расстояниях около 20 пк). В целом звезды в таблице условно делятся по расстоянию на несколько групп: близкие (до ~ 40 пк), средние (от ~ 70 до ~ 100 пк) и далекие (более 150 пк).

Сразу заметим, что у трех далеких звезд (номера 9, 13, 26) при близких положениях на небе скорости существенно различны, поэтому звезды вряд ли входят в одну движущуюся группу, а у звезд (29) и (30) расстояния на порядок превосходят значения для других объектов, а скорости отличаются друг от друга. Поэтому указанные 5 звезд мы сразу исключаем из рассмотрения.

В средней группе большинство звезд (1, 3, 6, 7, 12, 19) имеет сходные компоненты скорости V_x и V_y , при этом указанные объекты находятся на близких друг к другу расстояниях (80–90 пк) и почти в одном направлении на небе. Звезда (11) имеет значимо отличную скорость, а звезда (4) находится в противоположной области неба, то есть на расстоянии около 160 пк от выделенной группы.

Также можно, опираясь на сходство компонент скорости, разделить объекты на «кинематические» группы. Такое деление представлено в следующей таблице. В первом блоке представлены звезды средней группы. Видно сходство как позиционных, так и кинематических характеристик.

Номер	r , пк	α	δ	l	b	V_x , км/с	V_y , км/с	V_z , км/с
1	88.1	$9^h 31^m 16^s$	$-64^\circ 14' 27''$	283.2°	-9.3°	-16.08	-30.4	-0.94
3	98.0	$8^h 5^m 3^s$	$-60^\circ 38' 41''$	277.6°	-10.0°	-19.44	-27.8	-2.22
6	91.7	$9^h 20^m 37^s$	$-63^\circ 10' 0''$	281.6°	-9.4°	-16.59	-27.9	-0.70
7	77.2	$9^h 48^m 19^s$	$-64^\circ 3' 22''$	284.5°	-8.0°	-16.28	-28.32	-0.903
12	87.1	$8^h 58^m 45^s$	$-69^\circ 8' 1''$	284.9°	-15.1°	-16.59	-27.5	-1.44
19	82.3	$10^h 20^m 51^s$	$-58^\circ 32' 49''$	284.7°	-1.3°	-14.44	-26.6	-3.772
5	18.8	$4^h 2^m 36^s$	$-0^\circ 16' 8''$	190.7°	-36.9°	-7.85	-28	-11.79
8	36.5	$3^h 33^m 13^s$	$+46^\circ 15' 26''$	149.9°	-8.0°	-6.53	-27.84	-16.57
10	32.3	$14^h 47^m 33^s$	$-0^\circ 16' 53''$	353.2°	$+51.0^\circ$	-9.66	-28.07	-10.7
16	33.3	$2^h 12^m 15^s$	$+23^\circ 57' 30''$	145.7°	-35.3°	-8.22	-27.41	-12.52
18	38.8	$3^h 9^m 42^s$	$-9^\circ 34' 36''$	191.3°	-53.0°	-5.24	-27.92	-9.75
20	34.5	$22^h 20^m 7^s$	$+49^\circ 30' 12''$	99.3°	-6.3°	-9.65	-23.44	-4.86
21	21.4	$21^h 31^m 1^s$	$+23^\circ 20' 7''$	74.3°	-20.1°	-6.5	-29.07	-13.15
23	18.8	$4^h 9^m 35^s$	$+69^\circ 32' 29''$	139.2°	$+13.0^\circ$	-7.8	-24.02	-17.15
27	28.3	$0^h 18^m 20^s$	$+30^\circ 57' 22''$	114.6°	-31.4°	-4.43	-27.8	-15.7
28	22.2	$6^h 39^m 50^s$	$-61^\circ 28' 43''$	271.2°	-25.0°	-7.71	-28.32	-14.37
14	24.4	$1^h 16^m 29^s$	$+42^\circ 56' 22''$	127.8°	-19.7°	28.2	1.7	7.2
15	22.1	$4^h 15^m 26^s$	$+6^\circ 11' 59''$	186.7°	-30.5°	24.5	3.9	-1.6
17	23.0	$15^h 34^m 41^s$	$+26^\circ 42' 53''$	41.9°	$+53.8^\circ$	24.2	8.3	-0.3
22	23.6	$1^h 49^m 23^s$	$-10^\circ 42' 13''$	165.4°	-68.7°	27.6	4.7	3.5
24	22.4	$7^h 49^m 55^s$	$+27^\circ 21' 47''$	193.3°	$+24.1^\circ$	23.8	7.6	-0.5
2	10.5	$23^h 7^m 54^s$	$+75^\circ 23' 15''$	116.4°	$+13.9^\circ$	8.31	-11.2	-2.415
25	22.8	$1^h 36^m 43^s$	$+7^\circ 49' 54''$	142.0°	-53.3°	-2.13	5.3	-12.8

Среди оставшихся звезд, принадлежащих группе близких звезд, можно выделить две крупные подгруппы с разными скоростями. В первой из них значения компоненты V_y группируются вблизи $-25 \div -28$ км/с, во второй, заметно меньшей, значения компоненты V_x группируются вблизи $24 \div 28$ км/с, а компоненты V_y при этом небольшие и положительные. Также остаются две звезды — (2) и (25), которые явно отличаются по скоростям от обеих групп.

Теперь определим пространственные размеры групп. Для объектов первого блока это сделать проще всего: они расположены по одну сторону от наблюдателя (об этом говорят почти одинаковые как экваториальные, так и галактические координаты). Посмотрим на галактические координаты: широта по модулю небольшая, объекты находятся недалеко от галактической плоскости. По долготе они простираются примерно на 7° при среднем расстоянии 87 пк, что

соответствует приближительному линейному размеру

$$\frac{7}{57} \cdot 87 = 11 \text{ пк.}$$

Со второй группой ситуация обстоит несколько сложнее. Можно заметить, что как долгота l , так и прямое восхождение α могут отличаться друг от друга очень заметно, звезды (10) и (16) расположены почти в противоположных направлениях относительно Солнца, расстояние между этими звездами можно оценить примерно как $32 + 33 = 65$ пк. Сопоставление других пар звезд внутри этой группы даст приблизительно такой же максимальный размер группы.

В третьей группе можно в качестве пары наиболее удаленных друг от друга звезд выбрать (17) и (22), тоже почти противоположные по направлению от Солнца объекты. Расстояние между ними составляет около 47 пк.

В дополнение заметим, что объекты первого блока по современным данным принадлежат движущейся группе Летучей Рыбы – Киля (Volans-Carina Moving Group), второго блока — движущейся группе АВ Золотой Рыбы (AB Dorado Moving Group), третьего блока — ассоциации Большой Медведицы (Ursa Major Association). В условиях задачи использовалась лишь малая доля известных представителей групп, поэтому полученные оценки размеров групп существенно меньше их реальных размеров.