



**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 ( $\alpha, \delta$ ), 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	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$V_x$ , км/с	$V_y$ , км/с	$V_z$ , км/с
1	88.1	$9^h 31^m 16^s$	$-64^\circ 14' 27''$	$283.2^\circ$	$-9.3^\circ$	-16.08	-30.4	-0.94
2	10.5	$23^h 7^m 54^s$	$+75^\circ 23' 15''$	$116.4^\circ$	$+13.9^\circ$	8.31	-11.2	-2.415
3	98.0	$8^h 5^m 3^s$	$-60^\circ 38' 41''$	$277.6^\circ$	$-10.0^\circ$	-19.44	-27.8	-2.22
4	89.1	$21^h 14^m 32^s$	$+63^\circ 35' 35''$	$101.5^\circ$	$+10.0^\circ$	-7.313	-19.12	4.6
5	18.8	$4^h 2^m 36^s$	$-0^\circ 16' 8''$	$190.7^\circ$	$-36.9^\circ$	-7.85	-28	-11.79
6	91.7	$9^h 20^m 37^s$	$-63^\circ 10' 0''$	$281.6^\circ$	$-9.4^\circ$	-16.59	-27.9	-0.70
7	77.2	$9^h 48^m 19^s$	$-64^\circ 3' 22''$	$284.5^\circ$	$-8.0^\circ$	-16.28	-28.32	-0.903
8	36.5	$3^h 33^m 13^s$	$+46^\circ 15' 26''$	$149.9^\circ$	$-8.0^\circ$	-6.53	-27.84	-16.57
9	156.8	$23^h 18^m 38^s$	$+68^\circ 06' 40''$	$114.2^\circ$	$+6.5^\circ$	-10.15	-15.2	-3.7
10	32.3	$14^h 47^m 33^s$	$-0^\circ 16' 53''$	$353.2^\circ$	$+51.0^\circ$	-9.66	-28.07	-10.7
11	80.4	$9^h 10^m 58^s$	$-58^\circ 58' 3''$	$277.6^\circ$	$-7.4^\circ$	-1.53	-18.3	0.34
12	87.1	$8^h 58^m 45^s$	$-69^\circ 8' 1''$	$284.9^\circ$	$-15.1^\circ$	-16.59	-27.5	-1.44
13	174.0	$23^h 30^m 2^s$	$+58^\circ 32' 56''$	$112.5^\circ$	$-2.6^\circ$	-9.3	-30.1	-1.2
14	24.4	$1^h 16^m 29^s$	$+42^\circ 56' 22''$	$127.8^\circ$	$-19.7^\circ$	28.2	1.7	7.2
15	22.1	$4^h 15^m 26^s$	$+6^\circ 11' 59''$	$186.7^\circ$	$-30.5^\circ$	24.5	3.9	-1.6
16	33.3	$2^h 12^m 15^s$	$+23^\circ 57' 30''$	$145.7^\circ$	$-35.3^\circ$	-8.22	-27.41	-12.52
17	23.0	$15^h 34^m 41^s$	$+26^\circ 42' 53''$	$41.9^\circ$	$+53.8^\circ$	24.2	8.3	-0.3
18	38.8	$3^h 9^m 42^s$	$-9^\circ 34' 36''$	$191.3^\circ$	$-53.0^\circ$	-5.24	-27.92	-9.75
19	82.3	$10^h 20^m 51^s$	$-58^\circ 32' 49''$	$284.7^\circ$	$-1.3^\circ$	-14.44	-26.6	-3.772
20	34.5	$22^h 20^m 7^s$	$+49^\circ 30' 12''$	$99.3^\circ$	$-6.3^\circ$	-9.65	-23.44	-4.86
21	21.4	$21^h 31^m 1^s$	$+23^\circ 20' 7''$	$74.3^\circ$	$-20.1^\circ$	-6.5	-29.07	-13.15
22	23.6	$1^h 49^m 23^s$	$-10^\circ 42' 13''$	$165.4^\circ$	$-68.7^\circ$	27.6	4.7	3.5
23	18.8	$4^h 9^m 35^s$	$+69^\circ 32' 29''$	$139.2^\circ$	$+13.0^\circ$	-7.8	-24.02	-17.15
24	22.4	$7^h 49^m 55^s$	$+27^\circ 21' 47''$	$193.3^\circ$	$+24.1^\circ$	23.8	7.6	-0.5
25	22.8	$1^h 36^m 43^s$	$+7^\circ 49' 54''$	$142.0^\circ$	$-53.3^\circ$	-2.13	5.3	-12.8
26	160.2	$23^h 3^m 21^s$	$+58^\circ 33' 50''$	$109.2^\circ$	$-1.3^\circ$	-25.6	-18.1	7.4
27	28.3	$0^h 18^m 20^s$	$+30^\circ 57' 22''$	$114.6^\circ$	$-31.4^\circ$	-4.43	-27.8	-15.7
28	22.2	$6^h 39^m 50^s$	$-61^\circ 28' 43''$	$271.2^\circ$	$-25.0^\circ$	-7.71	-28.32	-14.37
29	1132	$20^h 25^m 27^s$	$-28^\circ 39' 48''$	$14.5^\circ$	$-32.0^\circ$	5.61	-15.22	-4.84
30	1231	$19^h 35^m 57^s$	$-53^\circ 0' 31''$	$344.4^\circ$	$-27.9^\circ$	-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  $\sim 40$  пк), средние (от  $\sim 70$  до  $\sim 100$  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	$\alpha$	$\delta$	$l$	$b$	$V_x$ , км/с	$V_y$ , км/с	$V_z$ , км/с
1	88.1	$9^h 31^m 16^s$	$-64^\circ 14' 27''$	$283.2^\circ$	$-9.3^\circ$	-16.08	-30.4	-0.94
3	98.0	$8^h 5^m 3^s$	$-60^\circ 38' 41''$	$277.6^\circ$	$-10.0^\circ$	-19.44	-27.8	-2.22
6	91.7	$9^h 20^m 37^s$	$-63^\circ 10' 0''$	$281.6^\circ$	$-9.4^\circ$	-16.59	-27.9	-0.70
7	77.2	$9^h 48^m 19^s$	$-64^\circ 3' 22''$	$284.5^\circ$	$-8.0^\circ$	-16.28	-28.32	-0.903
12	87.1	$8^h 58^m 45^s$	$-69^\circ 8' 1''$	$284.9^\circ$	$-15.1^\circ$	-16.59	-27.5	-1.44
19	82.3	$10^h 20^m 51^s$	$-58^\circ 32' 49''$	$284.7^\circ$	$-1.3^\circ$	-14.44	-26.6	-3.772
5	18.8	$4^h 2^m 36^s$	$-0^\circ 16' 8''$	$190.7^\circ$	$-36.9^\circ$	-7.85	-28	-11.79
8	36.5	$3^h 33^m 13^s$	$+46^\circ 15' 26''$	$149.9^\circ$	$-8.0^\circ$	-6.53	-27.84	-16.57
10	32.3	$14^h 47^m 33^s$	$-0^\circ 16' 53''$	$353.2^\circ$	$+51.0^\circ$	-9.66	-28.07	-10.7
16	33.3	$2^h 12^m 15^s$	$+23^\circ 57' 30''$	$145.7^\circ$	$-35.3^\circ$	-8.22	-27.41	-12.52
18	38.8	$3^h 9^m 42^s$	$-9^\circ 34' 36''$	$191.3^\circ$	$-53.0^\circ$	-5.24	-27.92	-9.75
20	34.5	$22^h 20^m 7^s$	$+49^\circ 30' 12''$	$99.3^\circ$	$-6.3^\circ$	-9.65	-23.44	-4.86
21	21.4	$21^h 31^m 1^s$	$+23^\circ 20' 7''$	$74.3^\circ$	$-20.1^\circ$	-6.5	-29.07	-13.15
23	18.8	$4^h 9^m 35^s$	$+69^\circ 32' 29''$	$139.2^\circ$	$+13.0^\circ$	-7.8	-24.02	-17.15
27	28.3	$0^h 18^m 20^s$	$+30^\circ 57' 22''$	$114.6^\circ$	$-31.4^\circ$	-4.43	-27.8	-15.7
28	22.2	$6^h 39^m 50^s$	$-61^\circ 28' 43''$	$271.2^\circ$	$-25.0^\circ$	-7.71	-28.32	-14.37
14	24.4	$1^h 16^m 29^s$	$+42^\circ 56' 22''$	$127.8^\circ$	$-19.7^\circ$	28.2	1.7	7.2
15	22.1	$4^h 15^m 26^s$	$+6^\circ 11' 59''$	$186.7^\circ$	$-30.5^\circ$	24.5	3.9	-1.6
17	23.0	$15^h 34^m 41^s$	$+26^\circ 42' 53''$	$41.9^\circ$	$+53.8^\circ$	24.2	8.3	-0.3
22	23.6	$1^h 49^m 23^s$	$-10^\circ 42' 13''$	$165.4^\circ$	$-68.7^\circ$	27.6	4.7	3.5
24	22.4	$7^h 49^m 55^s$	$+27^\circ 21' 47''$	$193.3^\circ$	$+24.1^\circ$	23.8	7.6	-0.5
2	10.5	$23^h 7^m 54^s$	$+75^\circ 23' 15''$	$116.4^\circ$	$+13.9^\circ$	8.31	-11.2	-2.415
25	22.8	$1^h 36^m 43^s$	$+7^\circ 49' 54''$	$142.0^\circ$	$-53.3^\circ$	-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  $7^\circ$  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  $\alpha$  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.