

Вариант 2

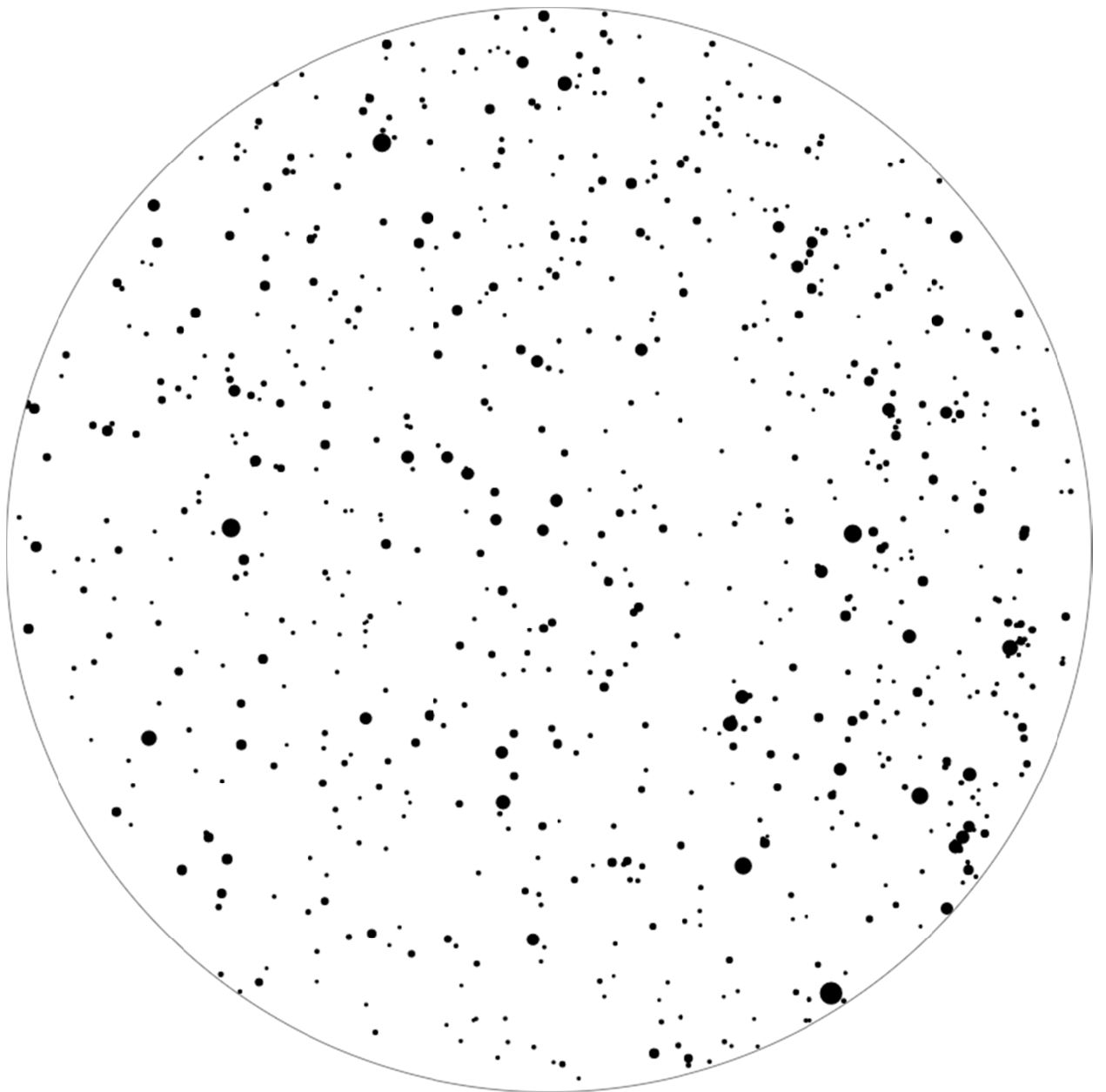
Решения заданий практического тура

Задание 1. Звёздное небо

На рисунке изображён вид звёздного неба на $23^{\text{h}}30^{\text{m}}$ 25 марта 2021 года в Могилёве.

- 1) Проведите и подпишите линию эклиптики.
- 2) Подпишите названия зодиакальных созвездий.
- 3) Обозначьте положения и напишите названия следующих звёзд: Альдебаран, Арктур, Бетельгейзе, Вега, Денеб, Капелла, Кастор, Мицар, Поллукс, Полярная, Процион, Регул, Сириус, Спика.

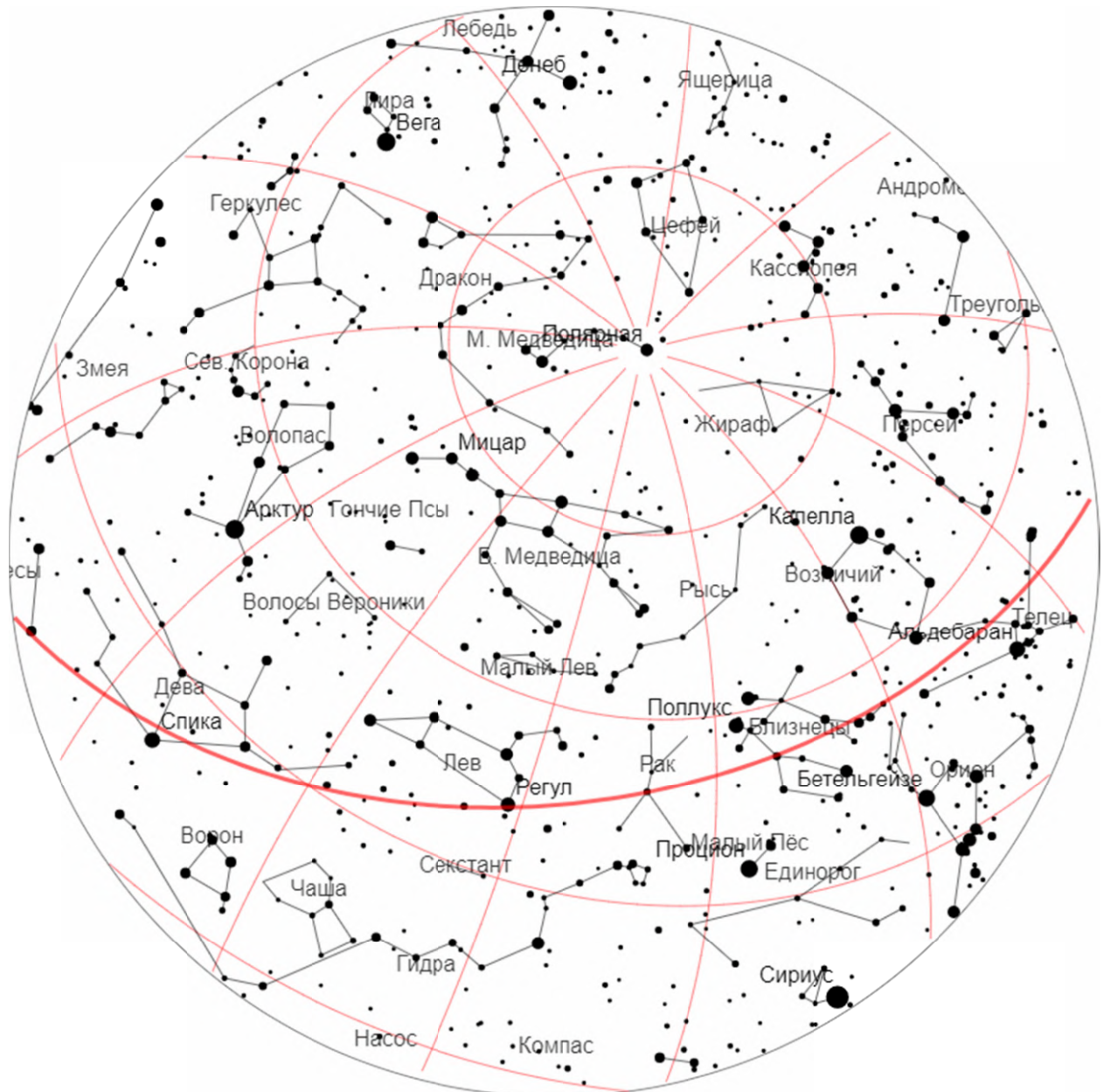
Не забудьте сдать карту с выполненным заданием!



Задание 1. Решение (25 баллов)

Ответы показаны на рисунке.

- 1) Правильно проведена линия эклиптики – 1 балл.
- 2) Каждое правильно подписанное созвездие – 2 балла (всего 10 баллов).
- 3) Каждая правильно подписанная звезда – 1 балл (всего 14 баллов).



Задание 2. Международная астрономическая терминология

В настоящее время базовым рабочим языком науки (в том числе и астрономии) является английский. По этой причине современные астрономы, профессионалы и любители, чтобы оставаться на должном уровне знаний, обязаны уметь работать с англоязычной литературой и Интернет-источниками. Кроме этого, в астрономии используется латынь, главным образом, в названиях созвездий. В связи с этим, предлагается выполнить следующие задания в двух пунктах.

1) Запишите латинское название созвездия в именительном падеже, русское название которого приведено в таблице, следуя *примеру*.

№ п/п	Название созвездия на русском языке	Название созвездия на латыни (именительный падеж)
<i>пример</i>	<i>Большая Медведица</i>	<i>Ursa Major</i>
1	Ящерица	
2	Щит	
3	Чаша	
4	Тукан	
5	Стрела	
6	Скорпион	
7	Рысь	
8	Райская Птица	
9	Павлин	
10	Наугольник	
11	Малый Лев	
12	Лисичка	
13	Корма	
14	Кит	
15	Индеец	
16	Золотая Рыба	
17	Живописец	
18	Дева	
19	Голубь	
20	Волопас	
21	Весы	
22	Дракон	
23	Заяц	
24	Лебедь	
25	Лира	

2) Запишите английские названия общеизвестных астрономических терминов или объектов, русские названия которых приведены в таблице, следуя *примеру* (артикуль можно не писать).

№ п/п	Название термина или объекта на русском языке	Название термина или объекта на английском языке
<i>пример</i>	<i>Луна</i>	<i>Moon</i>
1	звезда	
2	зимнее солнцестояние	
3	осеннее равноденствие	
4	лунное затмение	
5	сидерический период	
6	соединение	
7	афелий	
8	малая полуось	
9	второй закон Кеплера	
10	спектральная линия	
11	красный гигант	
12	Венера	
13	межзвёздная пыль	
14	закон Стефана-Больцмана	
15	чёрная дыра	
16	фотосфера	
17	солнечный ветер	
18	звездная величина	
19	главная последовательность	
20	галактика	
21	закон Хаббла	
22	световой год	
23	Большой Взрыв	
24	эксцентриситет	
25	гравитационная линза	

Задание 2. Решение (25 баллов)

Каждый правильный ответ в пунктах 1) и 2) оценивается в **0,5 балла**, то есть **0,5·25·2 = 25 баллов**.

Ответы:

1)

№ п/п	Название созвездия на русском языке	Название созвездия на латыни (именительный падеж)
<i>пример</i>	<i>Большая Медведица</i>	<i>Ursa Major</i>
1	Ящерица	Lacerta
2	Щит	Scutum
3	Чаша	Crater
4	Тукан	Tucana
5	Стрела	Sagitta
6	Скорпион	Scorpius

7	Рысь	Lynx
8	Райская Птица	Apus
9	Павлин	Pavo
10	Наугольник	Norma
11	Малый Лев	Leo Minor
12	Лисичка	Vulpecula
13	Корма	Puppis
14	Кит	Cetus
15	Индеец	Indus
16	Золотая Рыба	Dorado
17	Живописец	Pictor
18	Дева	Virgo
19	Голубь	Columba
20	Волопас	Bootes
21	Весы	Libra
22	Дракон	Draco
23	Заяц	Lepus
24	Лебедь	Cygnus
25	Лира	Lyra

2)

№ п/п	Название термина или объекта на русском языке	Название термина или объекта на английском языке
<i>пример</i>	<i>Луна</i>	<i>Moon</i>
1	звезда	star
2	зимнее солнцестояние	winter solstice
3	осеннее равноденствие	fall equinox
4	лунное затмение	lunar eclipse
5	сидерический период	sidereal period
6	соединение	conjunction
7	афелий	aphelion
8	малая полуось	semiminor axis
9	второй закон Кеплера	Kepler's second law
10	спектральная линия	spectral line
11	красный гигант	red giant
12	Венера	Venus
13	межзвёздная пыль	interstellar dust
14	закон Стефана-Больцмана	Stefan-Boltzmann law
15	чёрная дыра	black hole
16	фотосфера	photosphere
17	солнечный ветер	solar wind
18	звездная величина	magnitude
19	главная последовательность	main sequence
20	галактика	galaxy
21	закон Хаббла	Hubble's law
22	световой год	light year
23	Большой Взрыв	Big Bang
24	эксцентриситет	eccentricity
25	гравитационная линза	gravitational lens

Задание 3. Космические объекты

Развитие техники и технологии наблюдения космических объектов привело к тому, что сейчас в распоряжении астрономов имеется огромное количество фото- и видеоматериала очень высокого качества, позволяющего получать более детальную информацию, что, в свою очередь, способствует более правильному пониманию свойств космических объектов, а также процессов с их участием. Это, в конечном итоге формирует все более точное и правильное понимание материального мира человечеством. Использование компьютерного моделирования на основе понимания физики явлений позволяет «сжимать» время и визуализировать процессы, длящиеся миллионы лет и более, либо моделировать объекты, недоступные обозрению в полном масштабе.

1) На рисунках 1–5 изображены хорошо известные космические объекты. Для каждого из них установите тип космического объекта, его название, а также кратко изложите известную Вам о нём информацию.



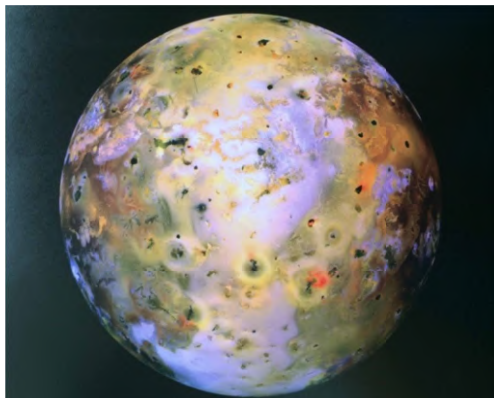
1



2



3

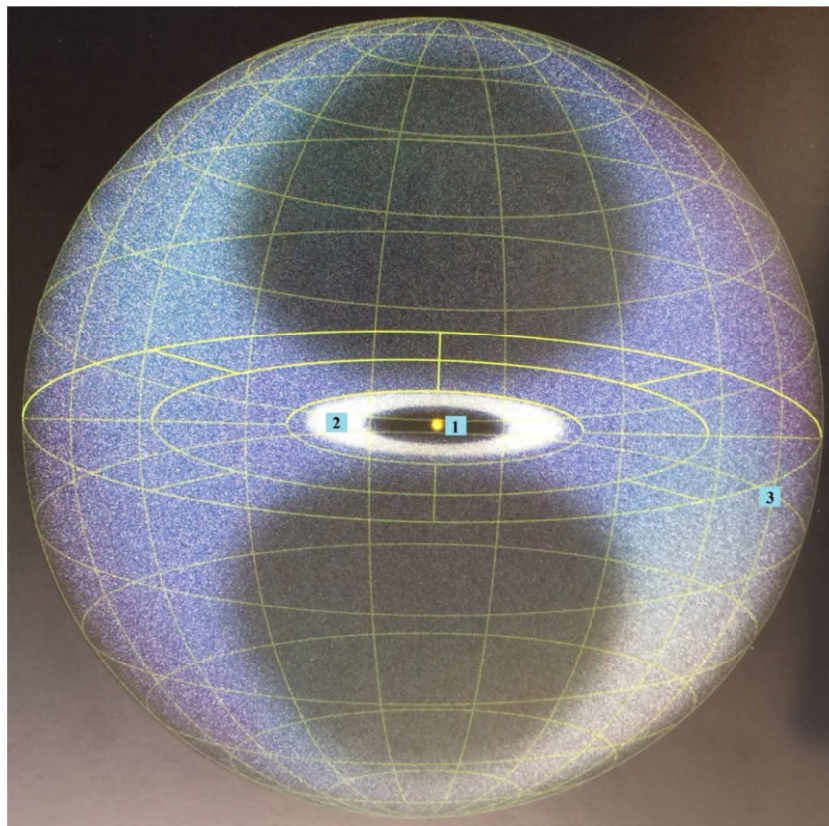


4



5

2) На рисунке 6 изображена компьютерная симуляция Солнечной системы. Идентифицируйте три отмеченные визуализированные составляющие Солнечной системы, а также укажите масштабные недостатки симуляции.



6

Задание 3. Решение (25 баллов)

Ответы:

1)

Снимок 1:

1. Спиральная галактика типа SA(s)b; **(1 балл)**
2. Туманность Андромеды, M 31 или NGC 224; **(1 балл)**
3. Созвездие Андромеда. Крупнейшая галактика Местной группы. Видимая звёздная величина $+3,44^m$. Расстояние до центра галактики ~ 785000 пк. Рядом с ней видны её спутники M 32 выше и M 110 ниже. **(2 балла)**

Снимок 2:

1. Эмиссионная туманность; **(1 балл)**
2. Пеликан, IC 5070; **(1 балл)**
3. Созвездие Лебедь. Видимая звёздная величина $+8^m$. Расстояние 580 пк. **(2 балла)**

Снимок 3:

1. Планетарная туманность; **(1 балл)**
2. Кошачий глаз; **(1 балл)**
3. Созвездие Дракон. Видимая звёздная величина $+8,1^m$. Расстояние ~ 1000 пк. **(2 балла)**

Снимок 4:

1. Спутник планеты Юпитер; **(1 балл)**
2. Ио; **(1 балл)**
3. Самый близкий к планете из четырёх галилеевых спутников. Большая полуось 421800 км. Средний радиус 1 821,3 км. Видимая звездная величина в противостоянии +5,02^m. **(2 балла)**

Снимок 5:

1. Ударный кратер на Марсе; **(1 балл)**
2. Виктория; **(1 балл)**
3. Расположен в районе плато Меридиана. Имеет диаметр 750 метров, глубину около 70 метров. Известен тем, что марсоход Оппортьюнити исследовал кратер с его края. На дне кратера виден большой след присутствия в прошлом жидкости, вероятнее всего, воды. **(2 балла)**

2)

На компьютерной симуляции: 1 – звезда Солнце, 2 – пояс Койпера, 3 – кометное облако Оорта. **(3 балла)**

Расстояние от Солнца до ближнего края пояса Койпера составляет ~30 *а.е.*, а ширина пояса ~20 *а.е.* В симуляции этот масштаб приблизительно соблюден. Но явно приближен дальний край облака Оорта, расстояние до которого оценивается в 50000-100000 *а.е.*, что гораздо дальше, чем показано. Очевидно, что диаметр Солнца также сильно преувеличен. **(2 балла)**

Задание 4. Плеяды

На рисунке представлено рассеянное звёздное скопление Плеяды (М 45) в созвездии Тельца, где отмечены названиями десять наиболее ярких звёзд.



В таблице под номерами продублированы названия звёзд, приведены их параллаксы, видимые звёздные величины и указаны соответствующие погрешности.

№	Название	π , mas	$\Delta\pi$, mas	m_V	Δm_V
1	Плейона	7,40	$\pm 0,02$	5,09	$\pm 0,01$
2	Атлас	8,43	$\pm 0,56$	3,62	$\pm 0,23$
3	Альциона	8,87	$\pm 0,99$	2,87	$\pm 0,33$
4	Меропа	9,48	$\pm 0,43$	4,18	$\pm 0,03$
5	Астеропа 1	8,77	$\pm 0,54$	5,76	$\pm 0,20$
6	Астеропа 2	8,77	$\pm 0,54$	6,40	$\pm 0,20$
7	Майя	9,10	$\pm 0,02$	3,87	$\pm 0,01$
8	Тайгета	7,40	$\pm 0,01$	4,30	$\pm 0,01$
9	Электра	8,70	$\pm 0,52$	3,70	$\pm 0,28$
10	Целено	7,53	$\pm 1,23$	5,46	$\pm 0,46$

Используя данные таблицы и знания астрономии, заполните таблицу ниже для чего:

- 1) впишите обозначения звёзд (напр., название: Альдебаран; обозначение: α Тельца);
- 2) рассчитайте и впишите расстояния до указанных звёзд r и соответствующие погрешности Δr ;
- 3) рассчитайте и впишите значения абсолютных видимых звёздных величин M_V и соответствующие погрешности ΔM_V ;

№	Обозначение	r , пк	Δr , пк	M_V	ΔM_V
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

- 4) оцените видимую звёздную величину скопления по десяти ярчайшим звёздам;
5) укажите известную марку автомобилей, названную именем скопления Плеяды.

Примечание: 1 mas – 1 миллисекунда дуги.

Задание 4. Решение (25 баллов)

1)

№	Обозначение
1	BU 28 Тельца
2	27 Тельца
3	η (25) Тельца
4	23 Тельца
5	21 Тельца
6	22 Тельца
7	20 Тельца
8	19 Тельца
9	17 Тельца
10	16 Тельца

(5 баллов = 10·0,5 балла)

2) Расчёт расстояний производится по известной формуле $r = 1/\pi$. Значение погрешностей определяется выражением

$$\Delta r = \frac{dr}{d\pi} \Delta\pi = -\frac{1}{\pi^2} \Delta\pi.$$

Результаты вычислений приведены в таблице

№	r , пк	Δr , пк
1	135,14	$\mp 0,37$
2	118,62	$\mp 7,88$
3	112,74	$\mp 12,58$
4	105,49	$\mp 4,78$
5	114,03	$\mp 7,02$
6	114,03	$\mp 7,02$
7	109,89	$\mp 0,24$
8	135,14	$\mp 0,18$
9	114,94	$\mp 6,87$
10	132,80	$\mp 21,69$

(6 баллов)

3) Расчёт абсолютных видимых звёздных величин M_V на основе имеющихся данных может производиться по формулам

$$M = m + 5 - 5 \cdot \log_{10} r = m + 5 + 5 \cdot \log_{10} \pi,$$

приводящим к одинаковым результатам. Формула для расчёта погрешностей ΔM_V получается из соотношений:

$$\Delta M = \left(\frac{\partial M}{\partial m}\right)_{\pi} \Delta m + \left(\frac{\partial M}{\partial \pi}\right)_m \Delta \pi, \quad \left(\frac{\partial M}{\partial m}\right)_{\pi} = 1, \quad \left(\frac{\partial M}{\partial \pi}\right)_m = \frac{2,17}{\pi}.$$

Она имеют вид: $\Delta M = \Delta m + \frac{2,17}{\pi} \Delta \pi$. Результаты вычислений приведены в таблице.

№	M_V	ΔM_V
1	- 0,56	$\pm 0,02$
2	- 1,75	$\pm 0,37$
3	- 2,36	$\pm 0,57$
4	- 0,94	$\pm 0,13$
5	0,47	$\pm 0,33$
6	1,11	$\pm 0,33$
7	- 1,33	$\pm 0,01$
8	- 1,35	$\pm 0,01$
9	- 1,60	$\pm 0,41$
10	- 0,16	$\pm 0,81$

(8 баллов)

4) На основе свойства аддитивности блеска и формулы Погсона, искомая звёздная величина может быть выражена следующим образом

$$m = m_1 - 2,5 \log_{10} \left[1 + \sum_{i=2}^{10} 10^{0,4(m_1 - m_i)} \right].$$

Используя в этом выражении табличные данные по звёздным величинам, получаем

$$m = 1,^m 5863 \cong 1,^m 6. \quad \text{(5 баллов)}$$

5) Название звёздного скопления Плеяды носят автомобили «Subaru» (яп. 昴). **(1 балл)**

Задание 5. Соотношение «светимость – дисперсия скоростей»

Дисперсия скоростей σ – это разброс величин скоростей астрономических объектов в группе около среднего значения, например, скоростей звёзд в звёздных скоплениях или в галактиках, скоростей галактик в скоплениях или сверхскоплениях. При измерении лучевых скоростей объектов в группе можно оценить дисперсию скоростей и на её основе получить массу данной группы объектов. Лучевые скорости можно определить по доплеровскому смещению спектральных линий.

Для различных типов астрономических объектов получены эмпирические зависимости между дисперсией скоростей и физическими характеристиками данного типа астрономических объектов. Например, для эллиптических галактик существует соотношение, связывающее дисперсию скоростей звёзд со светимостью галактики. Сопоставление светимости галактики и её видимой звёздной величины позволяет найти модуль расстояния до галактики и, следовательно, само расстояние. Таким образом, соотношение «светимость – дисперсия скоростей» представляет собой дополнительный способ измерения расстояний до эллиптических галактик.

В таблице приведены абсолютные звёздные величины и дисперсии скоростей для 22 эллиптических галактик.

№	Абсолютная звёздная величина, M	Дисперсия скоростей, σ (км/с)	№	Абсолютная звёздная величина, M	Дисперсия скоростей, σ (км/с)
1	-15,3	61	12	-20,0	185
2	-16,4	120	13	-20,2	207
3	-17,0	121	14	-20,6	250
4	-17,5	104	15	-20,8	245
5	-18,1	125	16	-21,2	219
6	-18,3	134	17	-21,3	230
7	-18,4	178	18	-21,5	275
8	-18,5	117	19	-21,6	290
9	-18,6	128	20	-22,3	250
10	-19,0	191	21	-22,5	278
11	-19,5	128	22	-22,7	325

По данным таблицы:

- 1) постройте график зависимости абсолютных звёздных величин от дисперсии скоростей;
- 2) найдите характер зависимости $M \sim f(\sigma)$: линейная функция, степенная (определите степень), экспоненциальная и т.д.;
- 3) постройте график зависимости светимостей галактик (в светимостях Солнца) от дисперсии скоростей;
- 4) найдите характер зависимости $L \sim f(\sigma)$: линейная функция, степенная (определите степень), экспоненциальная и т.д.

Задание 5. Решение (25 баллов)

1) График зависимости абсолютных звёздных величин от дисперсии скоростей изображён на рисунке 1. (4 балла)

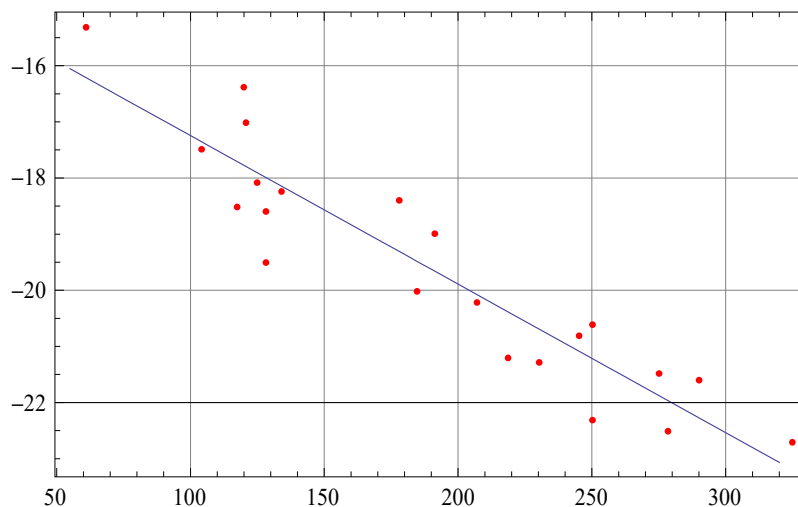


Рисунок 1

2) Зависимость между абсолютными звёздными величинами и дисперсиями скоростей представляет собой линейную функцию, которая может быть найдена методом наименьших квадратов:

$$M = -14,599 - 0,026\sigma. \quad (6 \text{ баллов})$$

3) Светимости рассчитываются в соответствии с формулой Погсона:

$$\lg \frac{L}{L_{\odot}} = 0,4(M_{\odot} - M),$$

где $M_{\odot} = 4,8^m$ – абсолютная звёздная величина Солнца.

Результаты расчётов приведены в таблице.

№	Дисперсия скоростей, σ (км/с)	Светимость, $L/L_{\odot} \times 10^{-8}$	№	Дисперсия скоростей, σ (км/с)	Светимость, $L/L_{\odot} \times 10^{-8}$
1	61	1,10	12	185	83,2
2	120	3,02	13	207	100
3	121	5,25	14	250	145
4	104	8,32	15	245	174
5	125	14,4	16	219	251
6	134	16,6	17	230	275
7	178	19,1	18	275	331
8	117	20,9	19	290	363
9	128	22,9	20	250	692
10	191	33,1	21	278	832
11	128	52,5	22	325	1000

График зависимости светимостей галактик (в светимостях Солнца) от дисперсии скоростей изображён на рисунке 2. (6 баллов)

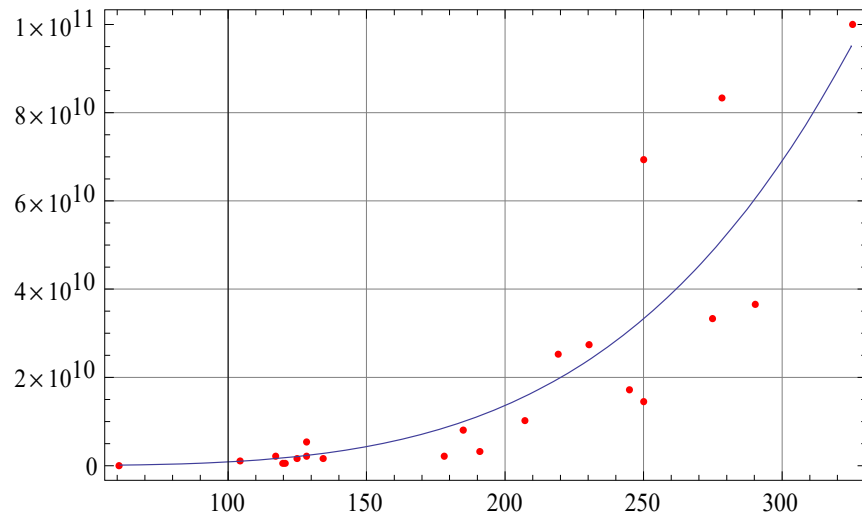


Рисунок 2

4) Зависимость между светимостями галактик и дисперсиями скоростей представляет собой степенную функцию, которая может быть найдена методом наименьших квадратов (соотношение Фабер – Джексона):

$$\frac{L}{L_{\odot}} = 8,52\sigma^4. \quad (9 \text{ баллов})$$