

iii Этап Республиканской олимпиады по астрономии

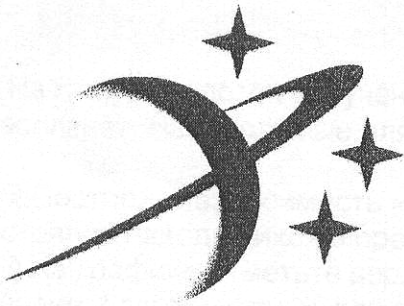
Теоретический тур

12 января 2016 года

- (1) Уже находясь на Марсе, участники миссии «Mars One» обнаружили, что системы энергоснабжения, необходимые для жизни, постепенно выходят из строя. Вместо существующих систем было предложено построить солнечные батареи площадью 1.0000 м^2 каждая. Сколько таких батарей понадобится одному человеку? Средний расход электроэнергии на 1 человека составляет $2.6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$ за год.
- (2) За сколько лет Солнце выделит энергию, равную энергии покоя Земли? Считайте, что светимость Солнца остается постоянной.
- (3) КА «Новые горизонты», запущенный 19 января 2006 года, находится на расстоянии 33.69 а.е. от Солнца 15 января 2016 года и удаляется от него практически в радиальном направлении со скоростью 14.47 км с^{-1} . За какой промежуток времени звездная величина Солнца, видимая с «Новых Горизонтов», изменится на 0.10?
- (4) Планета SS CMa b радиусом 1956 км имеет нетипичных размеров атмосферу высотой 750 км. Из-за сильного атмосферного поглощения света звезда τ CMa, находясь на расстоянии 40° от зенита, имеет звездную величину 9.6, а на расстоянии 60° от зенита – 10.6. Чему равна звездная величина τ CMa вне атмосферы SS CMa b?
- (5) Собственное движение звезды, находящейся на расстоянии 513 пк от Солнца, составляет $0.0151''$ в год. Радиальная скорость звезды равна -27.4 км с^{-1} . Если скорость звезды (в том числе и направление скорости) остаётся постоянной, то какие значения примут радиальная скорость и собственное движение звезды через 4.56×10^6 лет?
- (6) На сколько отличается продолжительность дня (времени нахождения Солнца над горизонтом) в Минске в день зимнего солнцестояния сегодня и через половину цикла прецессии земной оси? Считайте Солнце точечным источником, а атмосферную рефракцию не учитывайте.
- (7) На каком расстоянии от точки пространства, в которой находилась Земля в новогоднюю минскую полночь 2015/2016, должна находиться область, удаляющаяся от неё, вследствие расширения Вселенной, со скоростью вращения Земли вокруг оси на широте местности, где Вы находились в эту самую полночь? Существует ли эта область? Ответ обоснуйте.
- (8) Спутник летает вокруг Земли по круговой орбите, наклоненной под углом 10 градусов к экватору с периодом, равным ее сидерическому периоду (движение спутника – прямое). В момент пересечения экватора из северного полушария в южное он находился над Гринвичским меридианом. Нанесите на карту множество точек, где этот спутник будет наблюдаться в зените. Возможно ли поддерживать постоянную связь с аппаратом в УКВ диапазоне из Минска? *Примечание:* Радиоволны УКВ диапазона не могут огибать препятствия на пути распространения.

Справочные данные

1 а.е.	$1.496 \times 10^{11} \text{ м}$
Гравитационная постоянная	$6.67 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$2.99792458 \times 10^8 \text{ м с}^{-1}$
1 григорианский год	365.2425 суток
Наклон эклиптики к небесному экватору	$23^\circ 26'$
Средний период прецессии земной оси	$27 \times 10^3 \text{ лет}$
Координаты Минска	N $53^\circ 55'$; E $27^\circ 35'$
Большая полуось орбиты Марса	1.5236 а.е.
Альbedo Марса (область формирования – некоторый слой в атмосфере)	0.250
Светимость Солнца	$3.826 \times 10^{26} \text{ Вт}$
Масса Солнца	$1.9891 \times 10^{30} \text{ кг}$
Абсолютная звёздная величина Солнца в видимом диапазоне	4.83
Масса Земли	$5.9736 \times 10^{24} \text{ кг}$
Средний радиус Земли	6371 км
Сидерический период вращения Земли вокруг оси	$23^{\text{ч}} 56^{\text{м}} 4.1^{\text{с}}$
1 парсек	$3.0857 \times 10^{16} \text{ м}$
Постоянная Хаббла	$67.8 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$



III Этап Республиканской олимпиады по астрономии

Практический тур

13 января 2016 года

Метеоры

Вам даны экваториальные координаты начала и конца путей метеоров #1 и #2 на небесной сфере:

	#1	#2
α_i	1 ^h 10 ^m	2 ^h 4 ^m
δ_i	+36°	+33.5°
α_f	0 ^h 37 ^m	2 ^h 19 ^m
δ_f	+34°	+30°

Считайте эти метеоры принадлежащими одному и тому же потоку, а их траектории – прямыми линиями на данной проекции карты.

(i) Найдите координаты его радианта.

(ii) Как называется данный метеорный поток:

- a) Андромедиды;
- b) Урсиды;
- c) Южные Дельта-Аквариды;
- d) Квадрантиды;
- e) Цефеиды?

Планеты на небе

- (a) На карте звездного неба проведите линию эклиптики.
- (b) Отметьте положения планет в день проведения олимпиады.
- (c) Отметьте положение Луны в день олимпиады.
- (d) В каких созвездиях находятся Венера, Марс, Юпитер, Сатурн и Солнце в день олимпиады?
- (e) Оцените, на каком расстоянии от Земли в день проведения олимпиады находится каждая планета из (d)?
- (f) Обозначьте на карте созвездие Кассиопеи, Полярную звезду, звезды Альтаир, Регул, Процион, Сириус, Бетельгейзе, Ригель, Поллукс, Денеб и Альдебаран. *Примечание:* не все объекты из указанных могут присутствовать на карте.

Считайте орбиты планет круговыми.

Большие полуоси орбит планет:

$$a_{\text{mercury}} = 0.3871 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{venus}} = 0.7233 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{earth}} = 1.0000 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{mars}} = 1.5236 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{jupiter}} = 5.2044 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{saturn}} = 9.5826 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{uranus}} = 19.2012 \text{ а.е.}$$

$$a_{\text{neptune}} = 30.0476 \text{ а.е.}$$

Экзопланеты

Первая вращающаяся вокруг звезды главной последовательности экзопланета, 51 Peg b, была открыта в 1995 году. С тех пор количество обнаруженных экзопланет растет с каждым годом практически по экспоненте — на сегодняшний день их открыто уже более 2000.

Некоторые из этих экзопланет считаются теоретически пригодными для жизни. На (экзо-)планете может существовать жизнь, если это небесное тело земного типа (т.е. состоящее преимущественно из скальных пород), на котором вода может находиться в жидком состоянии. Для этого экзопланета должна находиться в так называемой «обитаемой зоне» — на таком расстоянии от своей звезды, где поток её излучения принимает умеренные значения. Это не позволяет воде замёрзнуть или превратиться в пар, а живым организмам погибнуть от высокой радиации. При этом различают эмпирическую и консервативную обитаемые зоны: в первом случае вода на экзопланете может быть жидкой только при наличии достаточного количества облаков в атмосфере, что создаёт сильный парниковый эффект. Во втором случае это не обязательно — консервативная обитаемая зона уже эмпирической.

В таблице представлена некоторая информация о планетах и их родительских звёздах (некоторые звёзды имеют более одной экзопланеты): светимости, температуры, массы и радиусы звёзд, а также массы, радиусы экзопланет, большие полуоси и эксцентриситеты их орбит.

Примечание. Экзопланеты открывают в основном двумя методами: транзитным методом и методом радиальных скоростей. Первый способ позволяет установить лишь радиус экзопланеты, второй — только её минимальную массу. В большинстве случаев известен только один из этих параметров, поэтому часть значений таблицы — вычисления, основанные на моделях экзопланет.

$$L_{\text{bol}, \odot} = 3.826 \times 10^{26} \text{ Вт}$$

$$T_{\odot} = 5777 \text{ К}$$

$$M_{\odot} = 1.9891 \times 10^{30} \text{ кг}$$

$$R_{\odot} = 6.96 \times 10^8 \text{ м}$$

$$M_{\oplus} = 5.9736 \times 10^{24} \text{ кг}$$

$$R_{\oplus} = 6371 \text{ км}$$

$$1 \text{ а.е.} = 1.496 \times 10^{11} \text{ м}$$

$$e_{\oplus} = 0.0167$$

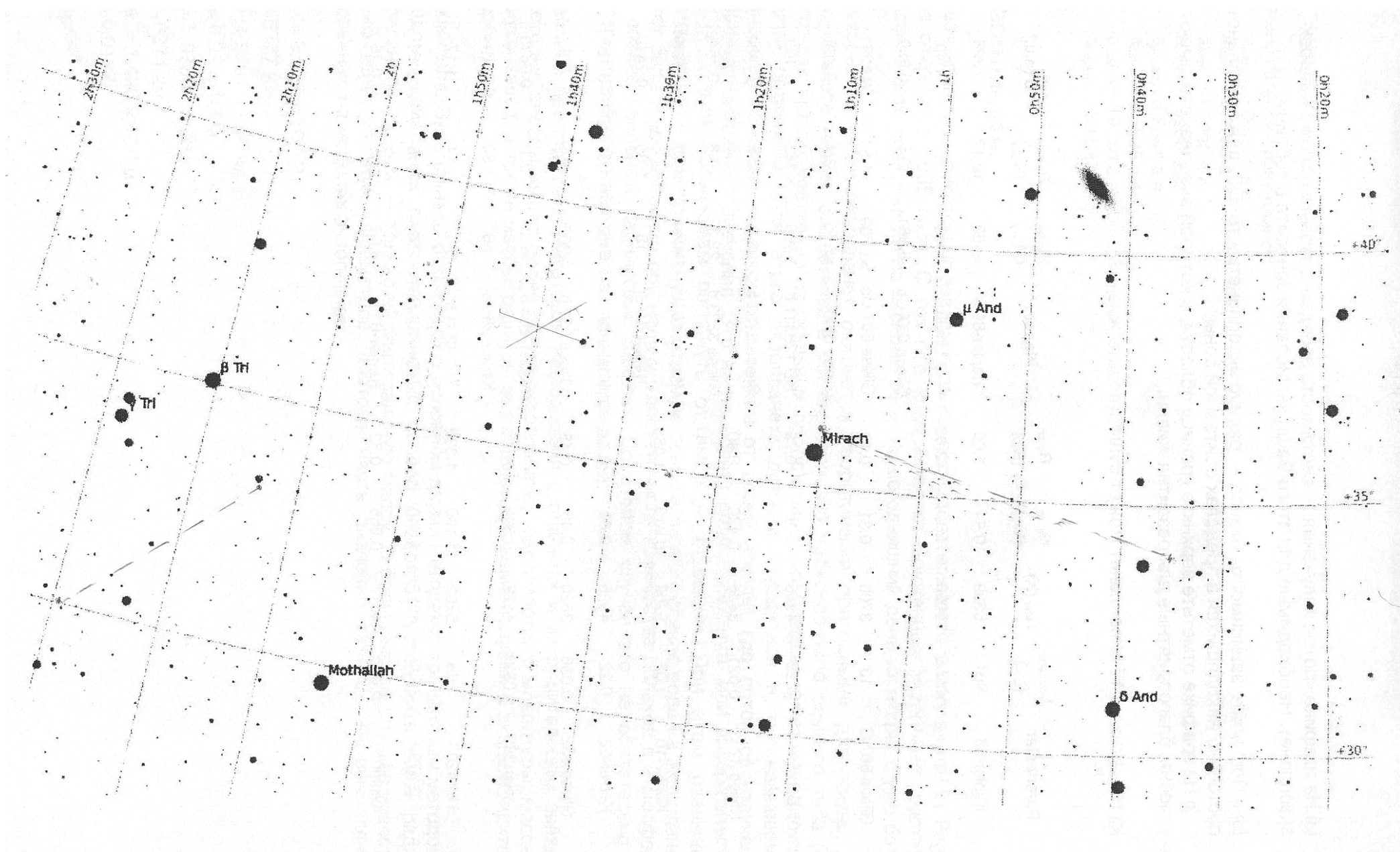
(a) На графике «поток излучения — светимость звезды» отметьте положения всех экзопланет. Необходимые для этого Ваши вычисления занесите в таблицу.

(b) i) Постройте зависимость «масса — радиус экзопланеты» только для экзопланет, постоянно находящихся в пределах обитаемой зоны.

ii) На графике отметьте верхнюю границу области, в которой экзопланеты имеют условия, благоприятные для развития жизни.

(c) На каких из 17 экзопланет может существовать жизнь?

Parent star	$L_{bol,star}$ (L_{\odot})	T_{star} (K)	M_{star} (M_{\odot})	R_{star} (R_{\odot})	Planet	M_{planet} (M_{\oplus})	R_{planet} (R_{\oplus})	a (a.u.)	e
Kepler-86	901	5629	0.94	1.00	Kepler-86 b	≈160	10.12	0.828	0.41
β Umi	418.9	4030	2.2	42.06	β Umi b	1939	≈20	1.40	0.19
					Gliese 667 Cb	≥5.661	≈2.5	0.050	0.13
Gliese 667 C	13	3700	0.31	0.42	Gliese 667 Cc	≥3.709	≈1.54	0.1251	≈0
					Gliese 667 Cd	≥5.65	≈3.4	0.235	0.030
HD 128311	0.29	4965	0.8	0.73	HD 128311 b	≥696	≈14.5	1.100	0.25
Gliese 3293	0.021	3466	0.420	0.40	Gliese 3293 b	24.2	≈4.8	0.1434	0.090
					Gliese 3293 d	22.3	≈4.8	0.364	0.37
Kepler-10	1.08	5708	0.910	1.065	Kepler-10 b	4.4	1.47	0.01684	0
					Kepler-10 c	18	2.35	0.2410	0
Kepler-62	0.22	4925	0.69	0.64	Kepler-62 e	≈4.2	1.61	0.427	≈0
Gliese 832	0.036	3620	0.45	0.48	Gliese 832 b	≥203	≈9.6	3.4	0.12
Kepler-283	0.0831	4123	0.596	0.566	Kepler-283 b	≈9.3	2.1	0.0815	≈0
					Kepler-283 c	≈6	1.82	0.336144	≈0
HD 4203	1.68	5702	1.130	1.330	HD 4203 b	579	≈14	1.17	0.52
HD 4732	15.8	4959	1.740	5.40	HD 4732 c	753	≈15	4.60	0.230
Kepler-61	0.090	4017	0.635	0.62	Kepler-61 b	6.66	2.15	0.26	≈0.15



$$\frac{L}{L_{\odot}} \cdot 100\%$$

≥ 100

Brightness of Star compared to the sun [%]

0

10000

1000

100

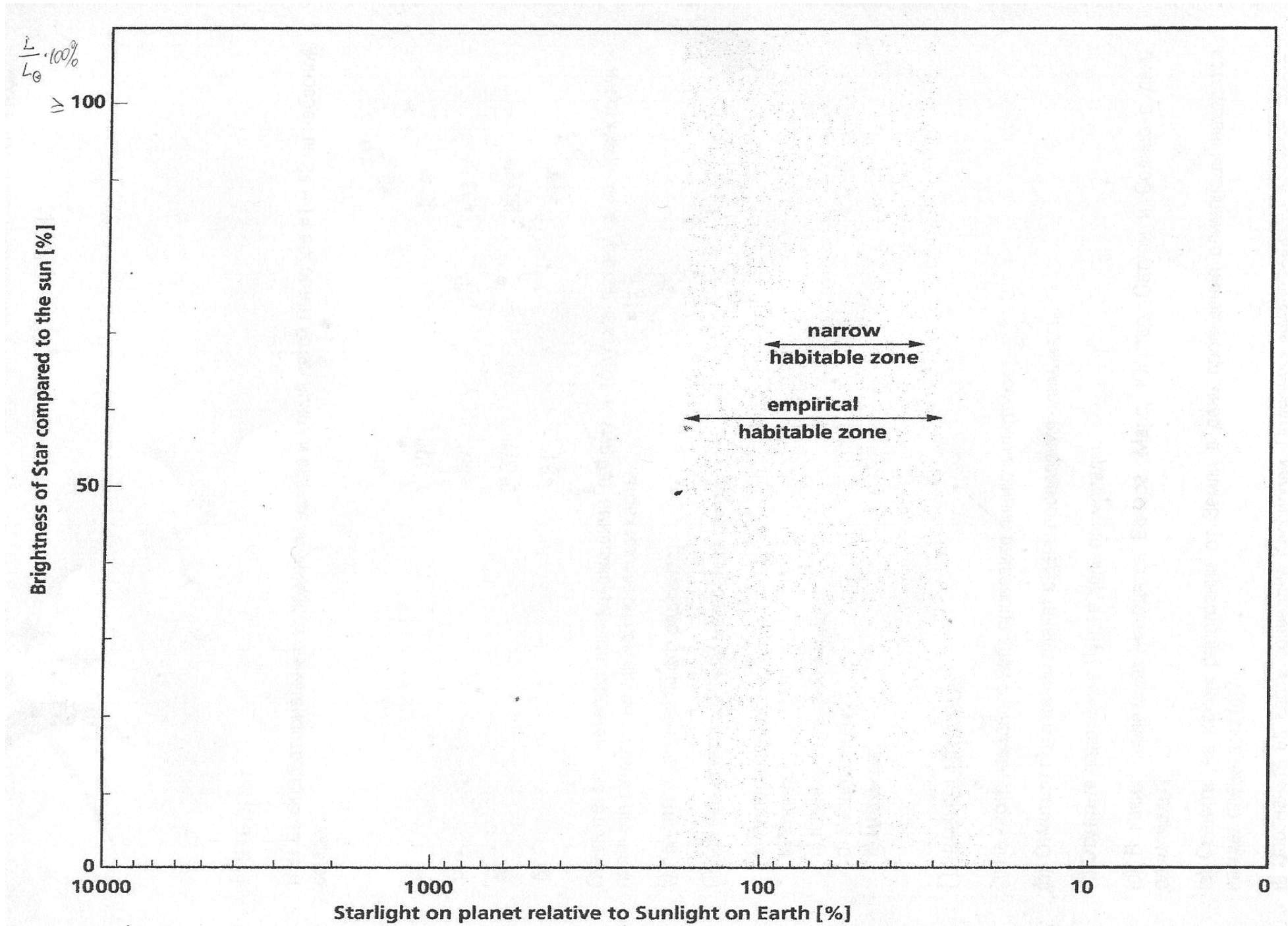
10

0

Starlight on planet relative to Sunlight on Earth [%]

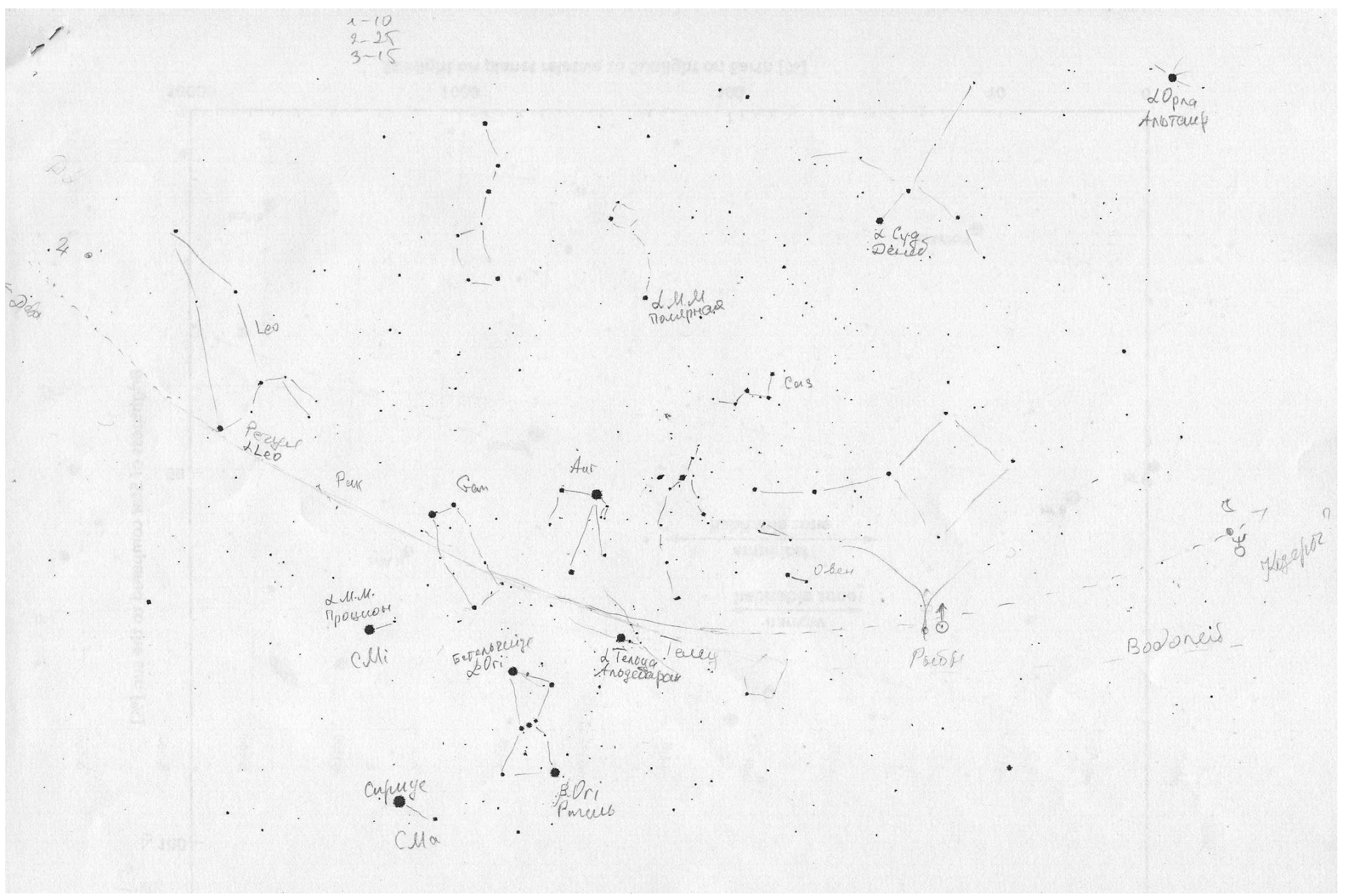
narrow
habitable zone

empirical
habitable zone



1-10
2-25
3-15

α Ori
Альдебара



Leo

Регул
α Leo

Per

Gem

Aur

Cas

Cygn

α Cyg
Денеб

α M
Поларная

α M
Проксима

β Mi

Бетельгейзе
α Ori

γ Ori
Антарес

γ Ori

Регул

Boötes

α Ma
Сатурн

β Ma

β Ori
Антарес

Dba

4

Dba

γ Ori
γ Ori