

САМАРСКИЙ ДВОРЕЦ ДЕТСКОГО И ЮНОШЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
ЗАОЧНОЙ ОЛИМПИАДЫ ПО АСТРОНОМИИ
SAMRAS-2018

СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ.

ТУР № 1



Самара, 2017 г.

Дорогие Друзья!

Вашему вниманию в данном релизе представлены 18 оригинальных задач трех уровней сложности – «Новичок» (уровень А), «Знаток» (уровень В) и «Профи» (уровень С). Задачи составлены в соответствии с *Перечнем вопросов, рекомендуемых Центральной предметной методической комиссией Всероссийской Олимпиады школьников по астрономии для подготовки обучающихся 10-11 классов к решению задач ее заключительного этапа.*

При использовании материалов релиза ссылка на документ обязательна!

Ссылка: «Условия конкурсных задач заочной олимпиады по астрономии SAMRAS-2018 среди обучающихся 10-11 классов. Тур № 1». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/tasks>

Памятка участника SamRAS-2018

1. Официальный сайт Астрошколы:

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/>

2. Официальная группа в VK:

<http://vk.com/samrasolimp>

3. Сроки подачи работ SamRAS-2018 тура № 1 на проверку:
15.10.2017-15.01.2018!!!

4. Электронный ящик SamRAS-2018:

samrasolimp@mail.ru

5. Руководство зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2018:

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/maindocs>

ИЛИ

https://vk.com/doc-57032141_451699934

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника заочной олимпиады SamRAS-2018, внимательно ознакомьтесь с «Руководством зарегистрированного участника заочной олимпиады по астрономии SamRAS-2018»! Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника**.

Уровень «Новичок» (уровень А)

Задача № 1. «Стихи об астрономических объектах и феноменах»

Приведите примеры пяти стихов, авторами которых стали русские поэты, в строках которых упоминаются астрономические объекты или феномены. Для каждого примера следует обязательно указать название стихотворения, его автора, фрагмент стихотворения (например, четверостишие) с упоминанием указанных понятий. Дайте этим понятиям определения. (За каждый пример 1 балл).

Задача № 2. «Значимые даты в истории астрономии»

Каким значимым событиям в истории астрономии отвечают следующие даты:

1. 46 год до н.э.;
2. 1582 год н.э.;
3. 1846 год н.э.;
4. 1929 год;
5. 1995 год.

За каждое правильно указанное событие – 1 балл.

Задача № 3. «Полярное сияние»

Что такое полярное сияние? Чем обусловлено разнообразие цветов данного феномена? В окрестности каких классических планет можно наблюдать указанный феномен? (3 балла).

Задача № 4. «Расстояние до яркого метеора»

Определите максимальное возможное расстояние (в км) от наблюдателя, находящегося на поверхности Земли, до точки возгорания яркого метеора (находящегося в пределах прямой видимости наблюдателя) в ее атмосфере, если полагать, что последний феномен возникает на высоте 100 км. Поглощением света атмосферой Земли пренебречь. (4 балла).

Задача № 5. «Абсолютная звездная величина метеора»

Опираясь на условия предыдущей задачи, определите максимально допустимую абсолютную звездную величину метеора, который еще может быть виден наблюдателем с искомого в предыдущей задаче расстояния. Поглощением света в атмосфере земли пренебречь. (4 балла).

Задача № 6. «Двойная видимость Венеры и ее угловое расстояние от Солнца»

25 марта 2017 года наступил период двойной видимости Венеры, что обусловлено ее наивысшим расположением над эклиптикой. Оцените угловое расстояние планеты от Солнца и ее склонение в этот момент, если весеннее равноденствие наступило в этом году 20 марта. (5 баллов).

Уровень «Знаток» (уровень В)**Задача № 7. «Продолжительности утренней и вечерней видимости Венеры на небосводе»**

Опираясь на данные предыдущей задачи, оцените максимальные продолжительности утренней и вечерней видимости Венеры в г. Самаре ($\varphi = 53^\circ 12'$) в случае, когда эклиптические долготы данных тел были одинаковыми. Конечными размерами диска Солнца и влиянием рефракции пренебречь. (6 баллов).

Задача № 8. «Максимальный допустимый радиус Солнца»

С использованием настоящих значений основных характеристик Солнца, определите значение максимального допустимого радиуса Солнца. (7 баллов).

Задача № 9. «Угловая скорость поворота серпа Венеры»

Опираясь на данные задачи № 6 настоящего релиза, определите угловую скорость поворота серпа Венеры относительно ее центра в окрестности нижнего соединения планеты с Солнцем, в период ее двойной видимости (25 марта 2017 года). Постройте график искомой зависимости от времени. Орбиты Венеры и Земли считать круговыми. (8 баллов).

Задача № 10. «Фазовый угол и минимальная звездная величина нижней планеты»

Определите значение фазового угла нижней планеты и соответствующий угол ее элонгации, при котором ее звездная величина достигает минимального значения. Оцените это значение звездной величины. Следует полагать орбиты Земли и нижней планеты круговыми, причем последняя лежит в плоскости эклиптики. Поверхности нижних планет следует считать ламбертовскими источниками света. Численный анализ результатов выполнить на примере Меркурия и Венеры. (8 баллов).

Задача № 11. «Звездная величина Солнца и фотосферное пятно»

Определите зависимость изменения звездной величины Солнца от времени в случае, когда на его экваторе присутствует пятно радиуса R . Данную зависимость следует исследовать на временном интервале, равном половине периода вращения Солнца. Постройте график данной зависимости, в случае самого большого пятна за всю историю наблюдений с $d'' = 4'$. (9 баллов).

Задача № 12. «Радиус орбиты одинокого Юпитера»

Определите радиус орбиты Юпитера и период его обращения вокруг Солнца при условии, что все оставшиеся классические планеты покинули Солнечную систему. Орбиты все планет считать круговыми. Межпланетными взаимодействиями следует пренебречь. (10 баллов).

Уровень «Профи» (уровень С)**Задача № 13. «Минимальный угловой диаметр сферического тела»**

Некоторое тело Солнечной системы сферической формы, с линейным радиусом R при наблюдении с Земли имеет фазу F . Определите минимально возможный угловой диаметр данного тела в этот момент. Орбиту Земли считать круговой. (11 баллов).

Задача № 14. «Двойные астероиды и их характеристики»

В настоящее время в главном поясе астероидов (ГПА) насчитывается более 700 тыс. астероидов, но по оценкам ученых их общее количество составляет 1.5 млн., среди которых некоторые образуют гравитационно связанные пары. Однако, размеры данных пар не могут быть больше некоторого критического значения. Причем данное значение существенно зависит от положения двойной системы в поясе. Объясните причину такого ограничения. Учитывая, что внутренняя и внешняя границы ГПА отстоит от Солнца на расстояниях 2.2 и 3.6 а.е. соответственно, а занимаемая им область есть круглый тор, определите минимальное и максимальное значения для большой полуоси орбиты относительного движения компонентов двойной системы и соответствующее значение периода их обращения относительного общего центра масс. Численные расчеты провести для двух одинаковых астероидов с радиусами, равными 1 км и массовой плотностью 2.5 г/см^3 . (12 баллов).

Задача № 15. «Звезда Шольца»

Звезда Шольца была открыта в 2014 году. Ее видимая звездная величина равна $m = 18.3^m$, лучевая скорость – $V_r = 83.1 \text{ км/с}$, годичный параллакс – $\pi = 0.166''$, собственное движение по прямому восхождению – $\mu_\alpha = -40.3''/\text{год}$, по склонению – $\mu_\delta = -114.8''/\text{год}$. Определите минимальное гелиоцентрическое расстояние на которое сближалась звезда с Солнцем. Сколько лет тому назад это произошло? Какова была при этом ее звездная

величина? Чему были равны при этом ее тангенциальная и радиальная скорость? Сколько времени пребывала звезда в пределах Солнечной системы и когда она покинула ее, если современное значение радиуса гравитационной границы системы равно 1.87 св. года. Если полагать, что данная звезда породила возмущение в кометном облаке Оорта, то через какой минимальный промежуток времени следует ожидать кометный ливень в окрестности Земли? (13 баллов).

Задача № 16. «Свойства Sa-галактики»

В настоящее время в нашей Вселенной около половины всех известных галактик являются спиральными. Значительная часть галактик данного типа состоят из массивного сферического ядра радиуса $\mathfrak{R}_N$, в котором распределение звездной материи является однородным и тонкого маломассивного кольцеобразного диска, внутренний радиус которого равен $\mathfrak{R}_N$, а внешний – $n\mathfrak{R}_N$. В теле диска звезды равномерно движутся по круговым орбитам вокруг оси симметрии системы. Многочисленные исследования показали, что линейная скорость движения звезд в диске не зависит от расстояния до центра галактики: от его внешнего края вплоть до поверхности ядра скорость звезд составляет V_0 . Такое явление может быть объяснено наличием несветящейся массы ("темной материи"), распределение которой сферически симметрично относительно центра галактики вне ее ядра (в ее гало). На примере галактики NGC3898 ($\mathfrak{R}_N = 5$ кпк, $n = 12$, $V_0 = 220$ км/с) Определите

1. Массу ($\mathfrak{M}_N$) ядра галактики;
2. Среднюю плотность (ρ_N) вещества ядра галактики;
3. Зависимость массовой плотности "темной материи" (ρ_{DM}) от расстояния (r) до центра галактики;
4. Отношение массы "темной материи", влияющей на движение звезд в диске, к массе ядра;
5. Долю, которую составляет масса темной материи в ядре, к ее массе в гало галактики.

(13 баллов).

Задача № 17. «Магнитные свойства нейтронной звезды»

Оцените напряженность магнитного поля у поверхности нейтронной звезды и ее период вращения вокруг оси, образовавшейся из звезды, исходный радиус которой равен 1.5 радиуса Солнца и массой, равной 2.5 массы Солнца. Следует полагать, что при эволюции звезды полный поток магнитного поля должен сохраняться. Средняя массовая плотность нейтронной материи равна 10^{17} кг/м³. Изменением массы звезды в процессе ее эволюции следует пренебречь. Средняя напряженность магнитного поля у поверхности исходной звезды составляла 10^4 А/м, а ее период вращения равен 25 суток. Оцените

№ п/п	h_1 , град	h_2 , град	ΔA , град	T_0 , час	ΔT , с
1	12.175	13.367	0.875	20.583	372.59
2	14.408	15.225	1.038	20.833	333.06
3	16.446	17.333	1.142	21.067	354.88
4	18.933	19.592	0.842	21.333	264.32
5	21.150	21.883	0.946	21.583	295.15
6	23.417	24.242	1.083	21.833	324.69
7	27.733	28.592	1.129	22.333	328.69
8	29.925	30.500	0.825	22.550	228.69
9	34.183	35.000	1.183	23.033	329.16
10	35.800	36.392	0.913	23.217	242.75
11	37.508	38.350	1.317	23.400	342.09
12	39.150	39.875	1.200	23.583	304.09
13	40.846	41.692	1.617	23.783	382.43
14	42.967	43.525	1.054	24.050	245.28
15	44.675	45.308	1.283	24.250	286.91
16	46.592	47.183	1.229	24.500	265.25
17	48.167	48.767	1.604	24.700	311.28

Таблица 1: Значения данных наблюдений Юпитера от 22.08.2000 г, полученные Филипповым Ю.П.

также максимальное, допустимое ускорение, которое может приобрести протон в магнитном поле нейтронной звезды,двигающийся со скоростью $0.1 \cdot c$, где c – скорость света. (14 баллов).

Задача № 18. «Юпитер над горизонтом»

В таблице 1 представлены данные измерений горизонтальных координат и их изменений (здесь h_1 – высота Юпитера, измеренная в момент времени T_0 (по летнему времени 3 часового пояса), h_2 – высота Юпитера, измеренная в момент времени $T_0 + \Delta T$, ΔA – изменение азимута Юпитера за промежуток времени ΔT) для Юпитера, полученные Филипповым Ю.П. 22 августа 2000 года с помощью теодолита. Измерения проводились на территории Самарской области, на широте $\varphi = 52^\circ 53'$. С использованием представленных данных

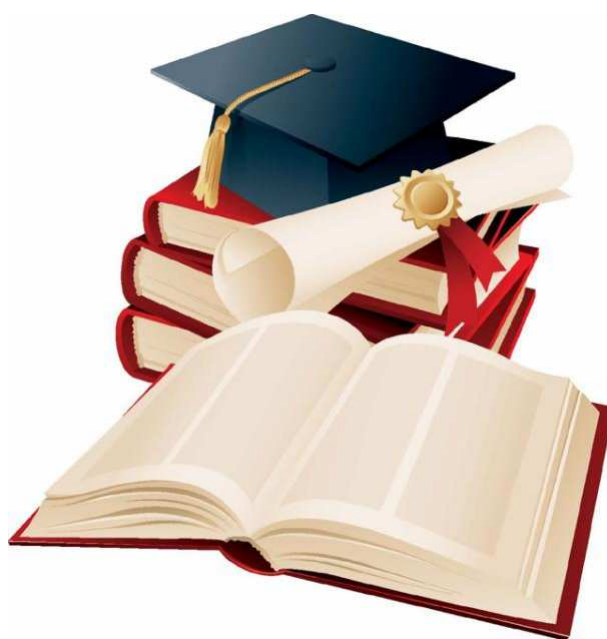
1. определите часовой угол небесного тела, как функцию его горизонтальных координат, склонения и астрономической широты места наблюдения.
2. Исправьте полученный результат за явление атмосферной рефракции, с использованием формулы Лапласа:

$$\delta h_i = A_h \operatorname{ctg} h_i - B_h \operatorname{ctg}^3 h_i, \quad A_h = 57.085'', \quad B_h = 0.067''. \quad (1)$$

3. Определите склонение Юпитера на указанную дату, с учетом явления рефракции.

4. Вычислите часовой угол и азимута точек восхода и захода Юпитера за горизонт на указанную дату, с учетом явления рефракции.
5. Рассчитайте моменты времени, соответствующие восходу, верхней кульминации и заходу светила за горизонт.
6. Определите продолжительность видимости Юпитера над горизонтом на указанные сутки. (15 баллов).
7. Оцените погрешности основных результатов.

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ



А.1. Основные физические и астрономические постоянные

- Гравитационная постоянная – $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
- Скорость света в вакууме – $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
- Универсальная газовая постоянная – $R = 8.31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
- Постоянная Стефана-Больцмана – $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
- Постоянная Авогадро – $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
- Масса протона – $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
- Масса электрона – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
- Астрономическая единица – $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
- Парсек – $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

А.2. Данные о Солнце

- Радиус – $6.955 \cdot 10^5 \text{ км}$
- Масса – $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
- Светимость – $3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
- Спектральный класс – G2
- Видимая звездная величина – -26.74^m
- Абсолютная болометрическая звездная величина – $+4.83^m$
- Показатель цвета (B-V) – $+0.67^m$
- Эффективная температура – 5778 К
- Средний горизонтальный параллакс – $8.794''$
- Солнечная постоянная (во всем спектре)
на расстоянии Земли – 1361 Вт/м^2
- Солнечная постоянная (в видимом свете)
на расстоянии Земли – 600 Вт/м^2

А.3. Данные о Земле

- Эксцентриситет орбиты – 0.017
- Тропический год – 365.24219 сут
- Средняя орбитальная скорость – 29.8 км/с
- Период вращения – $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$
- Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000.0 – $23^\circ 26' 21.45''$

- Средний по объему радиус – 6371.0 км
- Средний экваториальный радиус – 6378.14 км
- Длина земного меридиана – 20004.276 км
- Полярный радиус – 6356.77 км
- Масса – $5.974 \cdot 10^{24}$ кг
- Средняя плотность – $5.52 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
- Объемный состав атмосферы – N_2 (78%), O_2 (21%), Ar ($\sim 1\%$)

А.4. Данные о Луне

- Среднее расстояние от Земли – 384400 км
- Минимальное расстояние от Земли – 356410 км
- Максимальное расстояние от Земли – 406700 км
- Эксцентриситет орбиты – 0.055
- Наклон плоскости орбиты к эклиптике – $5^\circ 09'$
- Сидерический (звездный) период обращения – 27.321662 сут
- Синодический период обращения – 29.530589 сут
- Радиус – 1738 км
- Масса – $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или $1/81.3$ массы Земли
- Средняя плотность – $3.34 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
- Визуальное геометрическое альbedo – 0.12
- Видимая звездная величина в полнолуние – -12.7^m

А.5. Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \operatorname{tg} x \approx x;$$

$$\sin(x \pm \alpha) \approx \sin \alpha \pm x \cos \alpha;$$

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

$$\operatorname{tg}(x \pm \alpha) \approx \operatorname{tg} \alpha \pm \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + n x;$$

здесь $x \ll 1$, все углы выражаются в радианах.

А.6. Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Экс- цен- триси- тет	Наклон к плоскости эклипти- ки	Период обраще- ния	Синоди- ческий период
	млн. км	а.е.				
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут	115.9
Венера	108.2	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут	583.9
Земля	149.6	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут	–
Марс	227.9	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут	780.0
Юпитер	778.3	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет	398.9
Сатурн	1429.4	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет	378.1
Уран	2871.0	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет	369.7
Нептун	4504.3	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет	367.5

А.7. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плот- ность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плос- кости орбиты	Гео- мет- рич. альбе- до	Вид. звезд- ная вели- чина*
	кг	массы Земли	км	ради- усы Зем- ли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695500	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	-26.8^m
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	-0.1
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут [†]	177.36	0.65	-4.4^m
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	-2.0^m
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	-2.7^m
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4^m
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час [†]	97.86	0.51	5.7^m
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8^m

* для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры и среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

А.8. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	км	г·см ⁻³	км	сут		
Земля							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
Марс							
Фобос	$1.08 \cdot 10^{16}$	~ 10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8 \cdot 10^{15}$	~ 6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	$8.94 \cdot 10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8 \cdot 10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48 \cdot 10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08 \cdot 10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	$7.55 \cdot 10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05 \cdot 10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49 \cdot 10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35 \cdot 10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88 \cdot 10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.20	~ 11.0
Уран							
Миранда	$6.33 \cdot 10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7 \cdot 10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27 \cdot 10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49 \cdot 10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03 \cdot 10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	$2.14 \cdot 10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685 [†]	0.7	13.5

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

А.9. Некоторые характеристики звезд

Болометрические поправки ΔM_b

Спектр	ΔM_b	Спектр	ΔM_b		
			Гл. последо- вательность	Гиганты	Сверхгиганты
B0	– 2.70	F5	– 0.04	– 0.08	– 0.12
B5	– 1.58	F8	– 0.05	– 0.17	– 0.28
A0	– 0.72	G0	– 0.06	– 0.25	– 0.42
A5	– 0.31	G2	– 0.07	– 0.31	– 0.52
F0	– 0.09	G5	– 0.10	– 0.39	– 0.65
F2	– 0.04	G8	– 0.10	– 0.47	– 0.80
		K0	– 0.11	– 0.54	– 0.93
		K2	– 0.15	– 0.72	– 1.20
		K3	– 0.31	– 0.89	– 1.35
		K4	– 0.55	– 1.11	– 1.56
		K5	– 0.85	– 1.35	– 1.86
		M0	– 1.43	– 1.55	– 2.2
		M1	– 1.70	– 1.72	– 2.6
		M2	– 2.03	– 1.95	– 3.0
		M3	– 2.35	– 2.26	– 3.6
		M4	– 2.7	– 2.72	– 3.8
		M5	– 3.1	– 3.4	– 4.0