

Квалификационный тест № 3

3.1 На краю Ойкумены

Оцените температуру маленькой абсолютно серой пылинки с альбедо $\alpha = 0.1946$, находящейся в точке L_2 системы Солнце–Земля. Орбиту Земли считайте круговой.

3.2 Скажи им, что Север помнит

Околосемный спутник движется по эллиптической орбите, аргумент перицентра которой равен 270° . Известно, что высота спутника над поверхностью Земли меняется от $23.6 \cdot 10^3$ км до $47.6 \cdot 10^3$ км, наклонение орбиты равно 30° относительно экватора. В течение какого времени спутник способен непрерывно находиться над точками Северного полушария Земли?

3.3 У самураев нет цели

Два самолёта после одновременного старта летят вдоль меридианов к Северному полюсу. Первый самолёт стартовал из точки 10° с. ш., 0° д., второй — из точки 30° ю. ш., 30° в. д. Скорости самолётов постоянные и одинаковые. Каковы расстояния между самолётами в моменты их максимального сближения и удаления в течение всего полёта первого самолёта?

3.4 Заряжены на победу

1. Оцените величину электрического заряда спокойной звезды массы \mathcal{M} с медленным вращением.
2. Вычислите электрический заряд Солнца в кулонах и удельный заряд в $e/\text{кг}$.
3. Найдите отношение сил гравитационного и электростатического взаимодействия для двух протонов и для двух звёзд (при условии справедливости оценки, полученной в первом пункте задачи).

3.5 Black Emits Better

Естественное радиоизлучение планет было впервые обнаружено Бёрком и Франклином в 1955 году. В последующие годы были исследованы спектры Венеры, Марса и Юпитера в микроволновом диапазоне. Яркостные температуры Марса и Венеры на $\lambda = 3$ см составили соответственно $T_M = 210$ К и $T_V = 600$ К. Излучение Юпитера оказалось многокомпонентным и включает в себя тепловую компоненту с эффективной температурой $T_J = 145$ К.

1. Вычислите спектральные плотности потоков теплового радиоизлучения Меркурия, Венеры и Юпитера B_M, B_V, B_J (в янских) для земного наблюдателя на длине волны $\lambda = 3$ см.
2. Сравните приведённые в условии яркостные температуры Марса и Венеры с оценками их эффективных (чернотельных) температур. Объясните полученные результаты.

3.6 Чистая прибыль

Как-то раз визионер Мелон Хаск решил отправить электрокар куда-нибудь подальше и запустил космический аппарат с ним на околосолнечную орбиту с перигелием на 1.00 а. е. Но в бухгалтерии что-то перепутали, и аппарат испытал близкое сближение с Юпитером вблизи первого прохождения афелия, в результате чего его скорость уменьшилась вдвое.

1. Опишите условия видимости Юпитера в центральной полосе России на дату запуска электрокара.
2. Найдите продолжительность движения по описанному маршруту до ближайшего перигелия.
3. Сколько электроэнергии выработали установленные на аппарате солнечные батареи за найденное время движения при площади батарей 10 м^2 и эффективности 8 %? Выразите ответ в Вт · ч.

3.7 Задача от спонсора

Оцените, сколько звёзд можно увидеть в тёмную безоблачную ночь вблизи зенита в оптический прицел марки [ДААННЫЕ УДАЛЕНЫ], параметры которого приведены в таблице:

Увеличение, крат	4
Световой диаметр объектива, мм	32
Диаметр выходного зрачка, мм	7.6
Защита от [ДААННЫЕ УДАЛЕНЫ]	[ДААННЫЕ УДАЛЕНЫ]
Поле зрения, °	6

Результаты сообщите агенту [ДААННЫЕ УДАЛЕНЫ].

3.8 Никто никогда не вернётся в 2018 год

В некоторой точке Земли верхняя кульминация Веги наблюдалась на юге на высоте $+55^\circ$ ровно на 2 часа раньше верхней кульминации Альтаира. ... а что Антарес? Найдите время его восхода в день весеннего равноденствия.

	Экваториальные координаты (J2000)	
	Склонение	Прямое восх.
Вега	$+38^\circ 47' 01''$	$18^{\text{h}} 36^{\text{m}} 56^{\text{s}}$
Альтаир	$+08^\circ 52' 06''$	$19^{\text{h}} 50^{\text{m}} 47^{\text{s}}$
Антарес	$-26^\circ 19' 22''$	$16^{\text{h}} 29^{\text{m}} 24^{\text{s}}$

3.9 Вот и сказочке конец...

Согласно соотношению Бекенштейна–Хокинга, энтропия S чёрной дыры прямо пропорциональна площади A её горизонта событий:

$$S = \frac{k_B A}{4l_p^2},$$

где l_p — планковская длина.

1. Выразите температуру Хокинга шварцшильдовской чёрной дыры через её массу \mathcal{M} и фундаментальные физические постоянные.
2. Покажите, что время жизни чёрной дыры $\tau \propto \mathcal{M}^\alpha$, найдите α .

Подсказка: по определению $\delta S = \delta E/T$, где E — энергия объекта (работу в рассматриваемой ситуации совершать не над чем), T — его температура.

3.10 Главная дорога

Перед вами таблица масс и абсолютных звёздных величин для некоторых звёзд главной последовательности. Определите по этим данным параметры зависимости масса–светимость.

M, M_{\odot}	σ Aql	α Cen C	AD Leo	U Gem	GJ 422	LHS 57	EE Leo
M	0.33	0.123	0.39	0.42	0.35	0.17	0.20
	11.9	15.49	10.96	9.5	11.00	13.26	12.47
M, M_{\odot}	SZ Cra	GJ 625	HU Del A	GJ 317	HU Del B	GAT 1370	i Cen
M	0.4	0.30	0.24	0.24	0.114	0.089	2.5
	10.0	10.17	13.46	11.84	16.73	17.2	1.47
M, M_{\odot}	K Car	σ Ori	δ UMa	AB Aur	γ_1 Vel	ϵ Boo	ν Cyg
M	3.3	18	2.41	3.1	14	4.6	9.3
	0.22	-3.49	1.39	1.27	-3.62	-1.61	-2.03
M, M_{\odot}	ζ Cha	ζ Cru	β Sco	ω_1 Sco	η Cen	σ Per	δ_1 Lyr
M	5.9	7.7	12.5	11.4	12	15.5	7.9
	-1.15	-1.13	-3.2	-1.87	-2.53	-3.82	-1.55