

Ночное светило

В самом начале весенних каникул вы могли полюбоваться на полную Луну. А в последний день аникул, в воскресенье 4 апреля, проснувшись пораньше, вы сможете наблюдать серп Луны, представляющий собой половинку диска нашего ночного светила.

- а. Как называется эта фаза Луны? *Последняя четверть.* (2 балла)
 б. Нарисуйте взаимное расположение Солнца, Земли и Луны в это утро. (5 баллов)



- в. Как называется линия светораздела, отделяющая освещённую часть Луны или другого небесного тела от его неосвещённой части? *Терминатор.* (2 балла)
 г. В каком созвездии утром 4 апреля будет находиться Луна? *Стрелец* (3 балла)
 д. В каком созвездии в этот день будет находиться Солнце? *Рыбы* (2 балла)
 е. Каковы будут горизонтальные и экваториальные небесные координаты Луны в момент её захода 4 апреля?

Примечание. Атмосферной рефракцией можно пренебречь.

Горизонтальные координаты: (2 + 3 = 5 баллов)

$h = 0^\circ$ или $z = 90^\circ$; $A = 45^\circ$.

Экваториальные координаты:

$\delta = -26^\circ$ или $p = 116^\circ$; $\alpha = 18^h 50^m$; $t = 3^h 15^m$. (2 + 2 + 3 = 7 баллов)

- ж. Укажите звёздное время захода Луны в этот день. (3 балла)

$s = \alpha_L + t_L$; $s = 18^h 50^m + 3^h 15^m = 22^h 05^m$.

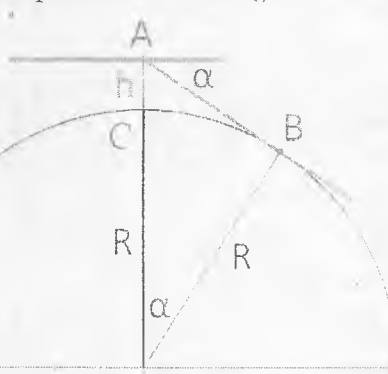
- з. На кануне олимпиады (30 марта) Луна прошла свой перигей. Горизонтальный параллакс спутника Земли в указанный момент составлял $1^\circ 0' 47''$. Каково в это время было расстояние от Земли до Луны? (4 балла)

$r_L = (206265 \cdot R_3) / p''$; $r_L = 360310$ км.

Всего по задаче: 33 баллов

Две башни

Польковичская телемачта ($\varphi_1 = 53^\circ 59' 25''$ с.ш., $\lambda_1 = 30^\circ 19' 38''$ в.д.) является одним из самых высоких сооружений в нашей стране. Её высота составляет 350 м. Она на 26 метров выше знаменитой Эйфелевой башни ($\varphi_2 = 48^\circ 51' 29''$ с.ш., $\lambda_2 = 02^\circ 17' 40''$ в.д.) в Париже.



- а. На каком расстоянии от себя Вы увидите горизонт, находясь у подножия Польковичской телемачты.

Примем высоту, на которой находятся глаза человека за 1,5 м. Расстояние $l = AB$ — искомое расстояние до горизонта.

$(R_3 + h)^2 = l^2 + R_3^2$.

Так как высота h мала по сравнению с R_3 , то $h^2 \ll 2 \cdot R_3 \cdot h$.

Следовательно, $l = (2 \cdot R_3 \cdot h)^{1/2}$; $l = 4,37$ км.

Высота Польковичской телемачты приведена для справки и при решении задачи не используется. (7 баллов + 2 балла за рис.)

- б. Пользуясь подвижной картой звёздного неба, выберите наиболее яркие звёзды, которые могли наблюдаться вблизи горизонта в небе над Польковичской телемачтой в 23 ч.00 мин. по местному среднему солнечному времени накануне олимпиады? (6 + 6 баллов)

Дельта (дельта), р Эриданоса (дельта), р Лебедя (альфа)

с. Пользуясь подвижной картой звёздного неба, выберите наиболее яркие звёзды, которые могли наблюдаться вблизи зенита в небе над Эйфелевой башней в течение 31 марта?

Примечание. В пунктах b и c приведите собственные имена звёзд и их обозначения по Байеру.

a. Возничего (Капелла), а Лебедя (Денеб), а Персея (Мирфак), относительно близко а Лирь (Вега).
Иные варианты ответов требуют дополнительной проверки. (4 + 4 балла)

d. На сколько градусов Польшковичская телемачта отстоит от северного полярного круга?

Широта полярного круга $\varphi_{ПК} = 90^\circ - 23^\circ 26' 14'' = 66^\circ 33' 44''$.

$\Delta\varphi_1 = \varphi_{ПК} - \varphi_{ПТ}$; $\Delta\varphi = 12^\circ 34' 29''$. (4 балла)

e. На сколько километров параллель Польшковичской телемачты расположена севернее параллели Эйфелевой башни? Землю считать шарообразной.

Примечание. При решении данной задачи Землю считать шарообразной. Радиус Земли принять равным $R = 6371$ км. (4 балла)

$\Delta\varphi_2 = \varphi_{ПТ} - \varphi_{ЭБ}$; $\Delta\varphi_2 = 5^\circ 07' 56'' = 0,08957$ рад.

$\Delta l = \Delta\varphi_2 \text{ рад} \cdot R$; $\Delta l = 570,7$ км.

Всего по задаче: 37 баллов

Белорусский космический аппарат

22 июля 2012 года в 6:41:39 (UTC) ракетой-носителем «Союз-ФГ» и разгонным блоком «Фрегат» на орбиту выведен белорусский космический аппарат дистанционного зондирования Земли (БКА). Старт корабля был осуществлён с пусковой площадки с координатами $\varphi = 45^\circ 59' 46''$ с.ш., $\lambda = 63^\circ 33' 51''$ в.д.

Масса белорусского космического аппарата равна 450 кг, его размеры: $0,9 \times 0,75$ м. Орбита космического аппарата практически круговая, её высота 510 км. Наклонение орбиты $97,5^\circ$.

a. Когда по местному среднему солнечному времени произошёл старт космического аппарата?

$\lambda = 63^\circ 33' 51'' = 4^h 14^m 15^s$. $T_M = T + \lambda$; $T_M = 10^h 55^m 54^s$. (5 баллов)

b. Когда это случилось по часам жителей Беларуси ($n = 3$)?

$T_{МБ} = T + n$; $T_{МБ} = 9^h 41^m 39^s$. (2 балла)

c. Каков период обращения БКА по орбите. Какова его средняя орбитальная скорость?

$(GMm_{сп})/(R+h)^2 = m_{сп}(2\pi/T)^2(R+h)$. С учётом того, что $GM = gR^2$, получаем

$T = (2\pi/R)((R+h)^3/g)^{1/2}$; $T = 5681$ с = 94,7 мин. (10 баллов)

$v^2 = (GM)/(R+h)$, следовательно $v = R(g/(R+h))^{1/2}$. $v = 7,61$ км/с.

d. Рассчитайте центростремительное ускорение для данного космического аппарата.

$a_{ц.с.} = v^2/(R+h) = \omega^2(R+h)$, $a_{ц.с.} = 8,4$ м/с². (3 балла)

e. Каков эксцентриситет его орбиты? Т.к. орбита почти круговая $e \approx 0$. (2 балла)

f. По приведенным данным рассчитайте массу Земли? $M = 5,97 \cdot 10^{24}$ кг. (3 балла)

g. Каково ускорение свободного падения на высоте орбиты космического аппарата?

$g' = g(R/(R+h))^2$, $g' = 8,41$ м/с². (2 балла)

h. С какой силой белорусский космический аппарат притягивает Землю?

$F = (GMm_{сп})/(R+h)^2 = m_{сп} g'$, $F = 3,78$ кН. (3 балла)

Всего по задаче: 30 баллов

Всего: 100 баллов

Справочные данные

Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Н·м²/кг².

Средний радиус Земли: $R = 6371$ км.

Ускорение свободного падения у поверхности Земли $g = 9,81$ м/с².

Средний радиус земной орбиты: $a_0 = 149,6 \cdot 10^6$ км.

Сидерический период обращения Земли (звёздный год): $T_0 = 365,26$ сут.

Координаты Могилева: $\varphi = 53^\circ 54'$, $\lambda = 30^\circ 19'$.

Плоскость эклиптики пересекается с плоскостью небесного экватора под углом $\varepsilon = 23^\circ 26' 14''$.