

## Олимпиада КФУ по физике

10 класс, 2020 год

1. Космический корабль вращается по круговой орбите вокруг Солнца на том же расстоянии  $R_3 = 1,5 \cdot 10^8$  км, что и Земля. Он переходит на другую круговую орбиту вокруг Солнца, радиус которой соответствует радиусу орбиты Марса  $R_M = 2,3 \cdot 10^8$  км (в данной задаче мы для простоты пренебрегаем эксцентриситетом орбит Земли и Марса). Совершая этот маневр, он кратковременно включает двигатели дважды: в момент времени  $t_1$  на расстоянии от Солнца  $R_3$  и в момент времени  $t_2$  на расстоянии от Солнца  $R_M$ , при этом направление тяги выбирается по касательной к соответствующей круговой орбите. В момент времени  $t_1$  корабль находится недалеко от Земли (в масштабах Солнечной системы), а в момент времени  $t_2$  он должен оказаться вблизи Марса. Если сопоставить Солнцу точку  $S$ , Земле точку  $E$ , а Марсу  $M$ , найдите угол  $ESM$  в момент времени  $t_1$ . При решении задачи следует пренебречь изменением массы корабля в процессе работы двигателя и гравитацией всех тел, кроме Солнца.

Указание. При решении задачи могут быть полезны законы Кеплера:

1. Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.
2. Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причём за равные промежутки времени радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, заметает собой равные площади.
3. Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся, как кубы больших полуосей орбит планет.

$$\frac{T^2}{a^3} \approx \left( \frac{M_{\text{Солнца}}}{M_{\text{Солнца}} + m} \right) \cdot \frac{4\pi^2}{G} = \text{const}$$

2. Полярники решили приготовить суп на 5 человек в расчете 1 л на человека. Для этого им нужно собрать снег, смешать его с запасами воды, довести образовавшуюся воду до кипения и готовить 20 мин. При этом при кипении происходят потери воды в виде пара  $U = 30$  г/мин. Для готовки супа используется газовая плита с КПД 90%, расположенная в комнате. Температура в комнате  $20^\circ\text{C}$ , а снаружи  $-20^\circ\text{C}$ . У полярников есть 3 л чистой воды при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Если смешать в котле принесенный снег со всем запасом чистой воды и не включать газовую плиту, то как изменится масса воды? Какова будет ее температура? Каковы будут приближительная температура и абсолютная влажность воздуха после готовности супа, если изначально относительная влажность была 40%, а комната имеет размеры  $5 \times 5 \times 2,5$  м? Плотность сухого воздуха  $1,2$  кг/м<sup>3</sup>, его теплоемкость  $1$  кДж/(кг · К), плотность насыщенного пара при  $20^\circ\text{C}$  равна  $17,3$  г/м<sup>3</sup>, теплоемкость пара  $1,97$  кДж/(кг · К), теплоемкость воды  $c_{\text{в}} = 4200$  Дж/(кг · К), теплоемкость льда  $c_{\text{л}} = 2100$  Дж/(кг · К), теплота плавления льда  $\lambda = 330$  кДж/кг, теплота парообразования воды  $L = 2,26$  МДж/кг. Выделением пара изо рта полярников и теплообменом комнаты с окружающей средой пренебречь.

$$3,43 \text{ кг}; 0^\circ\text{C}; 28^\circ\text{C}; 16,52 \text{ г/м}^3$$

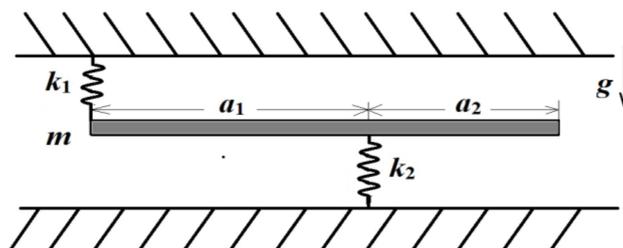
3. Имеется медный проводник длиной  $L$  и поперечным сечением  $S$ . По нему течет ток силой  $I$ . Найдите среднее время движения электрона от одного конца проводника к другому, считая, что одному свободному электрону в металле соответствует один атом меди. Какой путь  $s$  при этом пройдет электрон на самом деле, если считать, что все происходит при температуре  $T$ ? Плотность меди, молярную массу, а также массу и заряд электрона считать известными.

$$\frac{u}{L^2 \mu \epsilon} \Lambda t = s \cdot \frac{I t}{S T d} \nu N \vartheta = t$$

4. Кузнечик находится на расстоянии  $d$  от основания ступеньки высотой  $h$ . Зная свои возможности, то есть начальную скорость  $v_0$ , с которой он может прыгнуть, чтобы опуститься на край ступеньки, он должен решить, под каким углом  $\alpha$  к горизонту прыгнуть. Помогите ему решить эту задачу. Ускорение свободного падения считать известным.

$$\frac{1}{2} v^2 + \frac{1}{2} p^2 \wedge b + q b \leq \frac{0}{\epsilon^2}$$

5. Прямой однородный брусок, находящийся внутри ящика, прикрепили к пружинам жесткостью  $k_1$  и  $k_2$  ( $k_1 < k_2$ ) как показано на рисунке и так, что в состоянии свободного падения ящика пружины не напряжены и брусок расположен строго параллельно стенкам ящика. Расстояние между креплениями пружин к бруску равно  $a_1$  и длина свободного конца бруска равна  $a_2$ , как показано на рисунке. Найти соотношение длин  $a_1$  и  $a_2$  ( $a_1 > a_2$ ) при заданных  $k_1$  и  $k_2$ , чтобы при нахождении системы в покое брусок массы  $m$  оставался по-прежнему строго параллельно стенкам ящика в поле силы тяжести  $g$ .



$$\frac{1}{k_1 + k_2} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$