Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

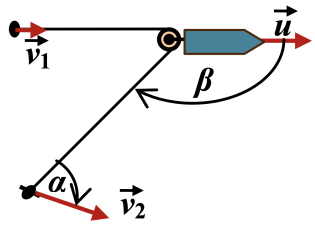
7–9 классы, 2020 год

Билет 11

Задание 1

Вопрос. Как связаны между собой скорости двух точек жёсткого стержня, скользящего по ровной поверхности (в один момент времени)?

Задача. Движущийся прямым курсом со скоростью $u = 25$ км/ч катер буксирует бакен (1) и спортсмена на водных лыжах (2). Используется один практически нерастяжимый буксировочный трос, переброшенный через небольшой блок, закреплённый на корме катера. В некоторый момент времени бакен движется одним курсом с катером со скоростью v_1, равной половине скорости катера, а вектор скорости спортсмена составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением троса, причём трос составляет угол $\beta = 135^\circ$ с направлением движения катера (см. рисунок). Найдите величину скорости спортсмена в этот момент времени.



$$\boxed{v_2 = \frac{u(1-2\cos\beta)}{2\cos\alpha} = \left(\sqrt{2}+1\right)u \approx 60{,}4 \text{ км/ч}}$$

Задание 2

Вопрос. Согласно закону Фурье, количество теплоты, протекающее в единицу времени через слой вещества, прямо пропорционален разности температур по разные стороны от него. Когда быстрее растёт температура в чайнике — в начале нагревания или перед закипанием? Ответ обосновать.

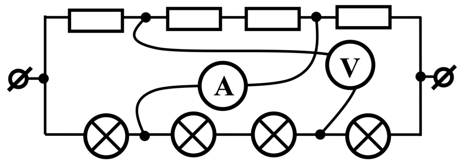
Задача. Лёгкий алюминиевый котелок наполнили сухим снегом и закрыли крышкой. Вначале снег имел такую же температуру, что и окружающий воздух, равную $t_в = -9\,^\circ$C. От начала таяния снега до момента, когда он растаял полностью, прошло время $\tau_0 = 128$ с. Однако потом прошло немало времени, а вода так и не закипела — рост температуры остановился на отметке $t_1 = 96\,^\circ$C. Тогда мощность горелки увеличили, и количество тепла, поступающего в кастрюлю в единицу времени, увеличилось на 35%. Какое время потребуется теперь для нагрева воды в котелке до температуры кипения (100 °C)? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 336$ кДж/кг, удельная теплоёмкость воды $c = 4{,}2$ кДж/(кг · °C). Потерей массы воды из-за выкипания пренебречь.

$$\boxed{\tau \approx \frac{2c}{\lambda}\,\frac{t_1(t_к-t_1)}{1{,}7t_1-0{,}7t_в-t_к}\,\tau_0 = \frac{96}{695}\tau_0 \approx 17{,}7 \text{ с}}$$

Задание 3

Вопрос. Вольтметр, подключенный к участку цепи, заменили на два таких же, включенных параллельно, и их показания отличались от показаний первого. С чем это может быть связано? Ответ объяснить.

Задача. На внешних клеммах цепи, схема которой показана на рисунке, поддерживается постоянное напряжение $U = 48$ В. Сопротивления всех резисторов в схеме одинаковы и равны $R = 10$ Ом, сопротивления всех ламп в схеме также можно считать одинаковыми и равными $R_1 \approx 3R = 30$ Ом. К цепи подключены амперметр и вольтметр, которые можно считать практически идеальными, сопротивления соединительных проводов пренебрежимо малы. Найти показания приборов.



$I_A = \frac{U}{6R} = 0{,}8$ А; $U_V = \frac{2}{3}U = 32$ В

Задание 4

Вопрос. Сформулируйте закон всемирного тяготения. Каким образом можно его применять для протяжённых тел?

Задача. Астрономы обнаружили в просторах космоса удалённую от других объектов двойную систему (то есть систему из двух звёзд, размеры каждой из которых намного меньше расстояния между ними). Звёзды в ней вращаются с общим периодом $T = 5000$ суток, оставаясь на постоянном расстоянии $L = 2 \cdot 10^9$ км друг от друга. Найти полную массу системы. Значение гравитационной постоянной принять равным $G \approx 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ м^3/(кг $\cdot$ с^2).

$M = \frac{4\pi^2 L^3}{GT^2} \approx 2{,}5 \cdot 10^{31}$ кг