

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников
по физике (2021 -2022 учебный год)
11класс**

1. Первую треть пути автомобиль ехал со скоростью V_1 , а последнюю треть времени – со скоростью V_3 . На втором участке пути его скорость равнялась средней скорости движения на всем пути. Найти эту скорость.

Пусть S общий путь, t общее время. X искомая скорость. Тогда средний путь (второй участок) равен $(2/3) S - V_3 (1/3) t - 2$ балла

Время прохождения среднего участка $(2/3) t - (1/3) S/V_1 - 2$ балла

По условию задачи скорость прохождения этого участка равна

$$X = [(2/3) S - V_3 (1/3) t] / [(2/3) t - (1/3) S/V_1] - 2 \text{ балла}$$

Если от числителя и знаменателя вынести время, получим уравнение для X , если заметим, что $S/t = X - 2$ балла

Правильный ответ $X = (V_1 V_3)^{1/2} - 2$ балл

2. Какую максимальную работу можно получить от периодически действующей тепловой машины, нагревателем которой служит 1 кг воды при температуре 373 К, а холодильником – 1 кг льда при температуре 273 К, к моменту, когда растает весь лед? Чему будет равна температура нагревателя в этот момент? Удельная теплота плавления льда $\lambda = 334$ кДж/кг. Зависимостью теплоемкости воды от температуры пренебречь.

Для любой тепловой машины $A = Q_n - |Q_x| - 1$ балл

КПД любой тепловой машины $\eta = A/Q_n - 1$ балл

Нам нужно получить максимальную работу значит наша машина должна работать по циклу Карно те $\eta = 1 - T_x / T_n - 1$ балл

Следовательно $Q_n / |Q_x| = T_x / T_n - 1$ балл

В нашей машине температура холодильника остается постоянной, а температура нагревателя уменьшается – 1 балл

Пусть температура нагревателя в момент t равна T . Напишем последнее уравнение для малых изменений теплот, где $dQ_n = -c_в m_в dT$, $d|Q_x| = \lambda |dm_л|$ получим уравнение $dT/T = -\lambda |dm_л| / c_в m_в T_x - 1$ балл

Проинтегрировав получим $\ln(T_k / T_n) = -\lambda m_л / c_в m_в T_x - 1$ балл

Найдем конечную температуру $T_k = 278,3$ К – 1 балл

$A_{max} = Q_n - |Q_x| = c_в m_в (373 - 278,3) - \lambda m_л = 61,5$ кДж - 2 балла

3. При испытании новой модели электрического чайника, рассчитанного на мощность $P = 300$ Вт и напряжение сети 110 В, оказалось, что вода нагревается почти до 100 °С, но не закипает. За какое время чайник выкипит наполовину, если его подключить к сети напряжением 220 В? Масса воды 1 кг, удельная теплота парообразования $L = 2,3$ МДж/кг.

Мощность теплоотдачи при 100 °С равна $P - 1$ балл

При увеличении напряжения в 2 раза мощность нагревателя возрастает в 4 раза – 2 балла

Из этих $4P$ на теплоотдачу идет $P - 1$ балл

3P на испарение $3Pt = Lm/2$ - 4 балла

Ответ: 21 мин – 2 балла

4. Мотоциклист начинает разгоняться по круговой трассе, стараясь набрать скорость за минимальное время. Какую часть круга он пройдет к моменту достижения максимальной скорости?

Чтобы набирать скорость максимально быстро, мотоциклист должен в каждый момент времени иметь максимально возможное касательное ускорение – 2 балла

Полное ускорение не должно быть больше μg – 2 балла

Пусть φ угол между вектором ускорения и вектором скорости, тогда $a_n = v^2/R = a \sin\varphi$, $a_\tau = dv/dt = a \cos\varphi$. Продифференцировав уравнение для a_n получим $(2v dv/dt)/R = a \cos\varphi d\varphi/dt$, где $dv/dt = a \cos\varphi$ и $d\alpha/dt = \omega = v/R$, где α - угол поворота радиуса-вектора мотоциклиста.

Значит $d\varphi = 2d\alpha$. Значит в любой момент $\alpha = \varphi/2$ – 2 балла

В момент достижения максимальной скорости $\varphi = \pi/2$, $\alpha = \pi/4$ т.е. он прошел восьмую часть окружности. – 4 балла

5. Бак наполнен не до верха стальной стружкой. Однако после дождя часть стружки высыпалась. Объясните это. Удар капель не может выбросить тяжелую стружку.

Дождевая вода начинает подниматься со дна бака – 3 балла

Стружки образуют пористую структуру, в порах находится воздух – 3 балла

И эту конструкцию вода поднимает целиком и часть стружек высыпается – 4 балла