ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «Робофест» по ФИЗИКЕ

ОТБОРОЧНЫЙ ЭТАП 2020-2021 года, вопросы по физике. 7-8 классы.

ПРИМЕР ВАРИАНТА: ВОЗМОЖНЫЕ РЕШЕНИЯ И КРИТЕРИИ

1. Две модели роботов двигаются по одной и той же замкнутой трассе в одном направлении. Модель №1 проезжала трассу за время $T = 180$с. Модель №2 ехала быстрее, и поэтому каждые $t = 648$с обгоняла первую. Когда модель №2 в очередной раз догнала модель №1, по команде с пульта управления модель №1 включила турборежим двигателя, от чего ее скорость увеличилась в полтора раза, и уехала от модели №2. Через какое время после включения турборежима модель №1 в первый раз обгонит модель № 2, если скорости моделей больше изменяться не будут? Ответ запишите в секундах, с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.

Возможное решение: Пусть L– длина круга на трассе, $v_{1,2}$ – первоначальные скорости моделей. Тогда $L = v_1T = (v_2 - v_1)t$. Из этого соотношения находим, что $v_2 = v_1\left(1 + \frac{T}{t}\right)$. Время до «нового» обгона определяется из уравнения $L = (1{,}5v_1 - v_2)t' = \left(\frac{1}{2} - \frac{T}{t_1}\right)v_1t' = \left(\frac{1}{2} - \frac{T}{t_1}\right)\frac{L}{T}t'$, из которого следует, что $t' = \frac{2tT}{t - 2T} = 810$с.

МАКСИМАЛЬНЫЙ БАЛЛ	ОТВЕТЫ	СТОИМОСТЬ
10	**810**	**100%**

2. Пусть теперь известно, что длина кольца трассы равна $L = 320$м. Обе модели одновременно стартовали с «противоположных» точек трассы (то есть расстояние между ними вдоль трассы равно половине ее длины) навстречу друг другу. При этом скорость модели №2 была в полтора больше скорости модели №1, и модели двигались с постоянными скоростями. Одновременно со стартом моделей из точки рядом с точкой старта модели №1 взлетел небольшой дрон и полетел к модели №2. Достигнув второй модели, он быстро развернулся и полетел к первой, затем снова развернулся и так далее. Оказалось, что в тот момент, когда модели встретились на трассе в третий раз, дрон был почти точно над ними. Найдите путь дрона за все время полета от старта до этого момента времени, если известно, что его средняя скорость была в три раза больше, чем скорость модели №2. Ответ запишите в метрах, с точностью до целого значения, без указания единиц измерения.

Возможное решение: Первый раз модели встретятся через время $t_1 = \frac{L}{2(v_1 + 1{,}5v_1)} = \frac{L}{5v_1}$ после старта (совместно преодолев расстояние, равное половине длине кольца). До каждой следующей встречи им нужно вместе пройти целое кольцо. Поэтому в третий раз они встретятся в момент времени $t_3 = 5t_1 = \frac{L}{v_1}$. Путь дрона за это время $s = ut_3 = \frac{uL}{v_1}$, где u – величина его скорости. По условию $u = 3v_2 = \frac{9}{2}v_1$, и поэтому $s = \frac{9L}{2} = 1440$м.

МАКСИМАЛЬНЫЙ БАЛЛ	ОТВЕТЫ	СТОИМОСТЬ
10	**1440**	**100%**
	720	**50%**
	2880	**50%**

3. Во время длительного переезда вода в радиаторе грузовика перегрелась, и водитель сделал остановку. Он решил попробовать измерить температуру воды в радиаторе, так как у него был с собой термос с встроенным термодатчиком, определявшим температуру содержимого с ошибкой не более 0,05°C (на специальном экране температура отображалась с десятыми долями градуса). Правда, термос был рассчитан на предохранение содержимого от перегрева, а не от охлаждения,

и датчик был рассчитан на температуры, не превышающие 35°С. Вода в радиаторе была явно горячее. Тогда водитель налил в термос воду из бутылки. Когда установилось равновесие, на экране датчика отобразилась температура $t_1 = 24{,}0°\text{C}$. Взяв гайку, водитель привязал ее к тонкой прочной леске и опустил в радиатор, а потом – в термос. Теперь равновесная температура в термосе равнялась $t_2 = 26{,}7°\text{C}$. После еще одного помещения гайки в радиатор, затем в термос и установления равновесия, температура увеличилась до $t_3 = 29{,}3°\text{C}$.

3.1. Рассчитайте температуру воды в радиаторе по данным водителя (считая их точными). Считайте также, что в процессе манипуляций водителя она практически не изменилась. Ответ дайте в °С, с точностью до целого значения.

3.2. Оцените возможную ошибку такого измерения температуры. В ответе поставьте:

- **1**, если Вы считаете, что эта ошибка не более 1°С,
- **2**, если Вы считаете что она более 1°С, но не более 5°С,
- **3**, если Вы считаете что она более 5°С, но не более 10°С,
- **4**, если Вы считаете что она более 10°С, но не более 15°С,
- **5**, если Вы считаете что она более 15°С

Возможное решение: После погружения в радиатор гайка нагревается до температуры воды в радиаторе t. Уравнение теплового баланса для процесса остывания гайки в термосе после первого погружения: $C(t-t_2)=C_K(t_2-t_1)$, где C и C_K – теплоемкости гайки и термоса с водой соответственно. После второго погружении аналогично $C(t-t_3)=C_K(t_3-t_2)$. Из этих равенств находим: $\dfrac{t-t_3}{t-t_2}=\dfrac{t_3-t_2}{t_2-t_1} \Rightarrow t=\dfrac{t_2^2-t_1t_3}{2t_2-t_1-t_3}=96{,}9°\text{C}$, если считать данные водителя точными. С точностью до целых $t \approx 97°\text{C}$.

Но на самом деле все температуры известны нам с ошибкой до 0,05°С, а в знаменателе дроби при вычислении получалось 0,1°С, при чем этот результат на самом деле известен с точностью порядка 0,1°С, то есть реальный результат может очень сильно отличаться от полученного! Например, если «настоящие результаты» $t_1 = 24{,}0°\text{C}$, $t_2 = 26{,}725°\text{C}$ и $t_3 = 29{,}275°\text{C}$ (здесь ошибка равна половине возможной и внесена в две из трех величин), то $t \approx 66{,}43°\text{C}$. Значит, ошибка результата заведомо больше 15°С (на самом деле – намного больше!). Метод измерений оказался практически не работающим.

МАКСИМАЛЬНЫЙ БАЛЛ	ОТВЕТЫ	СТОИМОСТЬ
15	**97 5**	**100%**
	97 4	**80 %**
	97 3	**80%**
	97 2	**70%**
	97 1	**70%**

4. На автокружке школьники собрали модель автомобиля с бензиновым двигателем. При постоянной скорости движения $v = 4$ м/с двигатель потребляет $\Delta m = 24$ г бензина на $\Delta x = 100$ м пути. В модели используется система водяного охлаждения. Вода поступает в нее из радиатора с температурой $t_1 = 24°\text{C}$. Скорость циркуляции воды в системе охлаждения $u = 6$ м/с, площадь сечения трубок системы равна $S = 0{,}5$ см^2. КПД двигателя равен 30%. С какой температурой возвращается вода из двигателя в радиатор в режиме, когда температура корпуса двигателя постоянна? Удельная теплота сгорания используемого бензина $q = 45$ МДж/кг, удельная теплоемкость воды $c \approx 4{,}2$ кДж/(кг·°С), ее плотность $\rho \approx 1$ г/см^3. Ответ дать в °С, с точностью до целого значения.

Возможное решение: Отводимое водой тепло равно разности количества тепла, выделившегося при сгорании топлива, и полезной работы двигателя. Полезная работа двигателя за время $\Delta\tau$ равна 30% от теплоты сгорания топлива. Ясно, что $\Delta m = 24$ г соответствует $\Delta\tau = \dfrac{\Delta x}{v} = 25$ с.

Через сечение S трубы за время $\Delta\tau$ протекает вода, находившаяся в объеме $Su\Delta\tau$ перед этим сечением. Поэтому через систему охлаждения за это время протекает масса воды, равная $\Delta M = \rho S u \Delta\tau$. Ясно, что умножение этой величины на удельную теплоемкость воды c и разность температур Δt на выходе и входе в систему охлаждения дает величину, равную отводимому теплу, то есть 100% – 30% = 70% от теплоты сгорания бензина в единицу времени. Таким образом,

$$c\rho S u \Delta t = 0{,}7\frac{q\Delta m}{\Delta\tau} = 0{,}7\frac{q\Delta m \cdot v}{\Delta x} \Rightarrow \Delta t = \frac{0{,}7 v q \Delta m}{c\rho S u \Delta x} = 24°\mathrm{C}.$$

Поэтому температура воды на выходе из системы $t_2 = t_1 + \Delta t = 48°\mathrm{C}$.

МАКСИМАЛЬНЫЙ БАЛЛ	ОТВЕТЫ	СТОИМОСТЬ
15	**48**	**100%**
	24	**60%**
	60	**40%**