

Р е ш е н и я
заданий II муниципального (районного) этапа
Всероссийской олимпиады школьников по физике 2024–2025
9 класс

1. Автомобиль едет по шоссе с постоянной скоростью. Он проезжает мимо незаметной полицейской машины, едущей по соседнему шоссе. Полицейская машина ускоряет своё движение, догоняет автомобиль и даёт ему сигнал остановиться. Постройте график зависимости скорости от времени для обеих машин.

Решение: В реальной ситуации ускорение машины не будет обязательно постоянным, но для упрощения построения графика мы будем считать, что движение происходит с постоянным ускорением.

Поскольку в задаче не даны никакие численные данные, мы качественно опишем движение и построим качественный график движения.

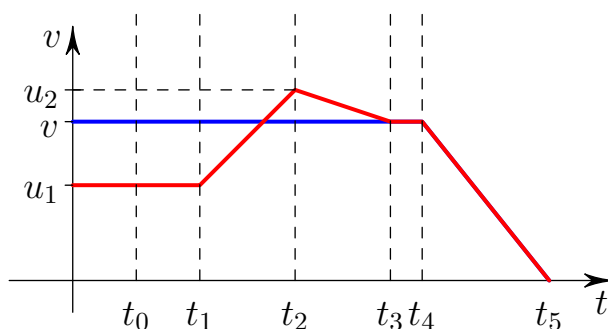
Для определённости будем считать, что автомобиль двигался в начале с постоянной скоростью v , полицейская машина — со скоростью u_1 .

Введём такие моменты времени:

- в t_0 полицейскую машину обогнал автомобиль;
- в t_1 полицейская машина начала догонять автомобиль;
- в t_2 полицейская машина достигла максимальной скорости u_2 ;
- в t_3 — сбросила скорость до v и догнала автомобиль;
- в t_4 — они начали тормозить
- до полной остановки в t_5 .

В промежуток времени $[t_1; t_2]$ полицейская машина двигалась равноускоренно, разогнавшись в момент времени t_2 до скорости $u_2 > v$. В интервале $[t_2; t_3]$ полицейская машина сбрасывала скорость, чтобы поравняться с автомобилем. В промежутке $[t_3; t_4]$ обе машины двигались параллельно, в этот момент полицейская машина даёт сигнал автомобилю остановиться. В интервале $[t_4; t_5]$ обе машины сбрасывают скорость до нуля и останавливаются.

График скорости приведён на рисунке



Ответ: См. график скорости выше.

Критерии оценивания:

- 1) введены скорости автомобиля и полицейской машины (2 балла);
- 2) указано, что максимальная скорость полицейской машины будет больше скорости автомобиля (2 балла);
- 3) приведено разделение временных интервалов (t_0-t_5) (4 балла);
- 4) дан график скорости, соответствующий анализу задачи (2 балла).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

2. Двое туристов, находясь на расстоянии 40 км от базы, должны прибыть на неё одновременно и в кратчайший срок. В распоряжении туристов имеется один велосипед, которым они решили воспользоваться по очереди. Покинув исходных пункт, один турист пошёл пешком со скоростью 4 км/ч, а другой поехал на велосипеде со скоростью 16 км/ч. Туристы условились оставлять велосипед в промежуточных пунктах, между которыми один идёт пешком, а другой едет на велосипеде. С какой средней скоростью будут двигаться туристы? Сколько времени велосипед останется не использованным?

Решение: Поскольку туристы должны придти на базу одновременно и договорились оставлять велосипед в промежуточных пунктах, то единственная стратегия движения для них это — *«половину пути пешком, половину — на велосипеде»*. При этом неважно, сколько будет в итоге промежуточных пунктов, т.к. в сумме все промежутки пути, преодоленные пешком должны составлять именно половину всего пути.

Раз так, будем считать, что есть только один промежуточный пункт. Первый турист сначала едет на велосипеде, а затем идёт пешком. Второй — наоборот. Тогда

$$t_1 = \frac{l}{2v_1}, \quad t_2 = \frac{l}{2v_2},$$

время в пути на велосипеде (первого) и время в пути пешком (второго). Средняя скорость

$$v_{\text{ср}} = \frac{l}{t_1 + t_2} = 2 \frac{v_1 v_2}{v_1 + v_2}.$$

Время «простоя» велосипеда

$$\Delta t = t_2 - t_1 = \frac{l}{2} \frac{v_2 - v_1}{v_1 v_2}.$$

Подставляя числа приходим к

$$v_{\text{ср}} = 2 \cdot \frac{16 \cdot 4}{16 + 4} = 6,4 \text{ км/ч}, \quad \Delta t = 20 \cdot \frac{16 - 4}{4 \cdot 16} = 3,75 \text{ ч.}$$

Ответ: Средняя скорость 6,4 км/ч, время «простоя» велосипеда 3 часа 45 минут.

Критерии оценивания:

- 1) выбрана стратегия движения согласно условиям задачи (2 балла);
- 2) указано, что достаточно рассмотреть случай с одним промежуточным пунктом (2 балла);
- 3) получена формула для вычисления средней скорости (через скорости движения пешком и на велосипеде) (2 балла);
- 4) получено выражение для времени простоя велосипеда (через длину и скорости) (2 балла);
- 5) вычислено численное значение средней скорости (1 балл);
- 6) вычислено численное значение времени простоя (1 балл).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

3. Посредине большого озера прорубили прорубь. Толщина льда оказалась равной 10 м. Какой длины нужна верёвка, чтобы зачерпнуть ведро воды?

Решение: В большом водоёме вдали от берега лёд плавает на воде.

Из условия плавания льда в воде

$$F_A = F_T, \quad \rho_v V_{\text{выт}} g = \rho_l V_l g, \quad \frac{V_{\text{выт}}}{V_l} = \frac{\rho_l}{\rho_v}$$

используя плотности воды ($\rho_v = 1 \text{ г/см}^3$) и льда ($\rho_l = 0,9 \text{ г/см}^3$) придём к заключению, что 9/10 льда погружено в воду. Отсюда получим, что на расстоянии одного метра от поверхности льда уже будет вода.

Ответ: Чтобы зачерпнуть воды потребуется верёвка длиной не менее 1 метра.

Критерии оценивания:

- 1) указано, что вдали от берега лёд плавает в воде (3 балла);
- 2) записано условие плавания льда (2 балла);
- 3) получено соотношение погруженного и полного объёмов (3 балла);
- 4) сделан вывод о том, что вода будет находится на уровне в 1 метр от поверхности льда (2 балла).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

4. В ванну прямоугольной формы налили до края воду температурой 40°C . За шесть часов она остыла до комнатной температуры. Насколько изменится время остывания, если изменить размеры ванны на 10%?

Решение: Обозначим линейные размеры ванны как a , b и c , тогда количество тепла, переданное в окружающую среду

$$Q = cm\Delta t, \quad \Delta t = t - t_0, \quad m = \rho V, \quad V = abc, \quad (1)$$

где t_0 — температура окружающей среды.

Будем считать, что в окружающую среду уходит σ единиц тепла в единицу времени с единицы поверхности, а значит время остывания T связано с теплотой как

$$Q = \sigma ST, \quad (2)$$

где $S = 2(S_{ab} + S_{bc} + S_{ca})$ — полная поверхность ванны.

При увеличении размеров на 10% линейные размеры изменяются как

$$a_1 = 1,1a, \quad b_1 = 1,1b, \quad c_1 = 1,1c, \quad (3)$$

тогда как объём ванны и её поверхность

$$V_1 = (1,1)^3 V, \quad S_1 = (1,1)^2 S. \quad (4)$$

Новое время остывания T_1 :

$$Q_1 = c\rho V_1 \Delta t = S_1 \sigma T_1, \quad T_1 = c\rho \frac{V_1}{S_1} \frac{\Delta t}{\sigma}. \quad (5)$$

Отсюда найдём связь промежутков остывания:

$$T_1 = 1,1T. \quad (6)$$

Если считать, что нижняя часть ванны отдаёт другое количество тепла, чем другие стороны, то соотношение (2) примет вид

$$Q = (\sigma_{ab} S_{ab} + \sigma(2S_{bc} + 2S_{ca} + S_{ab}))T,$$

но результат останется прежним, т.к. каждая площадь приобретёт множитель $(1,1)^2$. Тот же вывод получим, если будем считать, что верхняя и нижняя части отдают разное количество теплоты по сравнению с боковой поверхностью.

Ответ: Если размеры ванны увеличить на 10%, то и время остывания также увеличится на 10% и составит 6 часов 36 минут.

Критерии оценивания:

- 1) указано какое количество тепла будет передано в окружающую среду (1 балл);
- 2) указано как масса связана с линейными размерами ванны (1 балл);
- 3) указано как время остывания связано с количеством тепла (2 балла);
- 4) записано как новые линейные размеры связаны с прежними (1 балл);
- 5) записано как новые объём и площадь поверхности связаны со старыми (2 балла);
- 6) найдена связь между новым временем остывания и старым (1 балл);
- 7) указано, что если поверхности отдают тепло неодинаково, то результат не изменится, т.к. поверхности остаются пропорциональными (2 балла).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.

5. Лампочка накаливания, расходующая 75 Вт, погружена в прозрачный калориметр, содержащий 0,5 л воды. За две с четвертью минуты вода нагрелась на 4,5°C. Какая часть расходуемой лампочкой энергии пропускается калориметром наружу в виде излучения?

Решение: За время $\tau = 135$ с лампочка потребит энергию $N = P\tau$. Энергия ушедшая на излучение равна

$$\Delta E = N - Q, \quad Q = cm\Delta t$$

где $\Delta t = 4,5^\circ\text{C}$. Доля энергии на излучение

$$\eta = \frac{\Delta E}{N} = 1 - \frac{Q}{N} = 1 - \frac{c\rho_V V \Delta t}{P\tau}.$$

Подставляя числа получим

$$\eta = 1 - \frac{4,2 \cdot 5 \cdot 4,5}{7,5 \cdot 1,35} \times 10^{-1} \approx 6,67\%.$$

Ответ: На излучение приходится приблизительно 6,7% от потребляемой мощности.

Критерии оценивания:

- 1) записана формула для энергии ушедшей на излучение (ΔE) (4 балла);
- 2) получена формула для вычисления доли энергии расходуемой на излучение (η) (4 балла);
- 3) подставлены численные значения и получен численный ответ (2 балла).

Рекомендация: при проверке указывать номер критерия. Если решение отличается от приведённого, указывать номера, близкие по смыслу.