



Международная физическая олимпиада
«Формула Единства» / «Третье тысячелетие»
2023–2024 учебный год. Отборочный этап



Решения задач для 8 класса

8.1. (6 баллов) Капля масла объемом $0,003 \text{ мм}^3$ растеклась по поверхности воды тонким слоем и заняла площадь 300 см^2 .

[1] Определите средний диаметр молекулы масла.

(Г.Н.Степанова)

Ответ: 10^{-10} .

Решение. 1. Так как при растекании масла по поверхности воды образуется слой толщиной в 1 молекулу, а общий объем масла не изменяется, то

$$V = Sd$$

2. Преобразуем и подставим числовые значения

$$d = \frac{V}{S} = \frac{3 * 10^{-12}}{3 * 10^{-2}} = 10^{-10} \text{ (м)}$$

8.2. (5 баллов) Первый космонавт Земли Ю.А. Гагарин облетел Землю за 108 мин.

[2] Пренебрегая высотой орбиты корабля по сравнению с радиусом Земли, найдите среднюю скорость корабля «Восток» на орбите. Орбиту считать круговой. Средний радиус Земли равен 6400 км. Ответ дать в км/ч и округлить до целых.

(Г.Н.Степанова)

Ответ: 22329.

Решение. 1. Определим время 1 оборота в часах

$$t = \frac{108}{60} = 1,8 \text{ (ч)}$$

2. Определим величину скорости корабля «Восток» на орбите

$$v = \frac{2\pi R}{t}$$

3. Подставим числовые значения

$$v = \frac{2 * 3,14 * 6400}{1,8} = 22328,8 \left(\frac{\text{км}}{\text{ч}} \right)$$

4. Округлим до целых

8.3. (7 баллов) Бассейн площадью 100 м^2 , заполненный водой до уровня 1,2 м, разделен пополам перегородкой. Перегородку медленно передвигают так, что она делит бассейн в соотношении 1:3.

[3] Какую работу нужно совершить, если вода не проникает через перегородку?

(А.Г.Арешкин, О.С. Комарова, В.Г. Мозговая, Д.Л. Федоров)

Ответ: 240000.

Решение. 1. Найдем объем воды в бассейне

$$V = Sh = 100 * 1,2 = 120 \text{ (м}^3\text{)}$$

2. Определим массу воды с одной стороны от перегородки (см. Рис. 1)

$$m = \frac{\rho V}{2} = \frac{1000 * 120}{2} = 60000 \text{ (кг)}$$

3. Так как объемы объёмы обеих частей первоначально были равны, то

$$S_1 h_1 = S_2 h_2 \quad (1)$$

Обозначения смотри на Рис. 2

4. Преобразуем (1) и получим

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{3}; h_1 = 3h_2; S_2 = 3S_1$$

5. Составим систему уравнений для определения площадей

$$\begin{cases} S_1 + S_2 = 100 \\ S_2 = 3S_1 \end{cases}$$

6. Решим систему уравнений и получим

$$4S_1 = 100; S_1 = 25 \text{ (м}^2\text{)}; S_2 = 75 \text{ (м}^2\text{)}$$

7. Найдем новые уровни воды в обеих частях бассейна

$$\frac{S}{2} h = S_1 h_1 = S_2 h_2; h_1 = \frac{Sh}{2S_1} = \frac{120}{50} = 2,4 \text{ (м)}$$

$$h_2 = \frac{Sh}{2S_2} = \frac{120}{150} = 0,8 \text{ (м)}$$

8. Работа равна изменению потенциальной энергии воды в бассейне

$$A = \frac{mgh_1}{2} + \frac{mgh_2}{2} - 2\frac{mgh}{2} = \frac{mg}{2}(h_1 + h_2 - 2h) = \frac{60000 * 10}{2}(3,2 - 2,4) = 240 * 10^3 \text{ (Дж)} = 240 \text{ (кДж)}$$

8.4. (7 баллов) Цилиндр, изготовленный из алюминия, имеет высоту 10 см.

[4] Какую высоту имеет железный цилиндр такого же диаметра, если он оказывает на стол такое же давление? Ответ дать в см и округлить до десятых.

(Г.Н.Степанова)

Ответ: 3,4.

Решение. 1. Давление создается весом цилиндра. Тогда по определению

$$p = \frac{mg}{S}$$

2. Так как площади и массы совпадают

$$S_1 = S_2; m_1 = m_2$$

то

$$\rho_1 V_1 = \rho_2 V_2; \rho_{Al} h_{Al} = \rho_{Fe} h_{Fe}$$

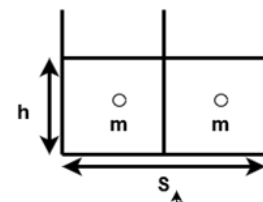


Рис. 1

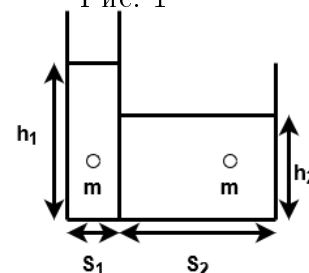


Рис. 2

3. Преобразуем и подставляем числовые значения

$$h_{Fe} = \frac{\rho_{Al} h_{Al}}{\rho_{Fe}} = \frac{2688 * 0,1}{7874} = 0,034 \text{ (м)} = 3,4 \text{ (см)}$$

8.5. (5 баллов) Тепловоз тянет состав со скоростью 72 км/ч, развивая мощность 880 кВт.

[5] Как велика в этом случае сила тяги?

(Г.Н. Степанова)

Ответ: 44000.

Решение. 1. Выражаем скорость в метрах в секунду

$$v = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

2. Используя формулу для мощности, выразим силу

$$F_{\text{тяги}} = \frac{P}{v} = \frac{8,8 * 10^5}{20} = 44 \text{ (кН)}$$

8.6. (6 баллов) Машинист покоящегося электровоза замечает, что прямо на него со скоростью $v_0 = 20$ м/с катится платформа с горой органического удобрения, расстояние до которой пока равно $L = 100$ м. Весьма угрожающая ситуация не совсем безнадежна из-за того, что испытывающий действие сил трения вагон движется равнозамедленно с ускорением $-0,1$ м/с².

[6] С каким постоянным ускорением A должен начать двигаться электровоз, для того чтобы между ним и вагоном произошла мягкая сцепка, в результате которой имущество железной дороги не пришлось бы мыть?

(А.С. Чирцов)

Ответ: 1,9.

Решение. 1. Обозначим ускорения вагона и электровоза как a_1 и a_2 , соответственно. Отсчет времени начинаем с момента обнаружения вагона.

2. Запишем уравнения для скоростей вагона и электровоза

$$v_1(t) = v_0 - a_1 t \quad (1)$$

$$v_2(t) = a_2 t \quad (2)$$

3. Определим момент времени $t_{\text{в}}$, когда скорости тел сравняются

$$v_1(t_{\text{в}}) = v_2(t_{\text{в}}) \quad (3)$$

Подставим в (3) уравнения (1) и (2) и получим

$$t_{\text{в}} = \frac{v_0}{a_1 + a_2} \quad (4)$$

4. Будем отсчитывать расстояния от точки начального положения вагона. Начальное расстояние между вагоном и электровозом обозначим L .

5. Запишем уравнения для координат вагона и электровоза

$$L_1(t) = v_0 t - \frac{a_1 t^2}{2} \quad (5)$$

$$L_2(t) = L + \frac{a_2 t^2}{2} \quad (6)$$

6. В момент времени t_b координаты обоих тел должны совпадать

$$L_1(t_b) = L_2(t_b)$$

Подставляем (4) - (6) и получаем

$$\frac{v_0^2}{(a_1 + a_2)} - \frac{a_1 v_0^2}{2(a_1 + a_2)^2} = L + \frac{a_2 v_0^2}{2(a_1 + a_2)^2} \quad (7)$$

7. Преобразуем (7) и получим

$$2L(a_1 + a_2) = v_0^2 \quad (8)$$

8. Из (8) получаем выражение для ускорения электровоза

$$a_2 = \frac{v_0^2}{2L} - a_1 \quad (9)$$

9. Подставляем в (9) числовые значения и получаем ответ

$$a_2 = \frac{400}{200} - 0,1 = 1,9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2} \right)$$

8.7. (7 баллов) Для определения удельной теплоемкости вещества стальной цилиндр массой 156 г, предварительно прогретый в кипящей воде, поместили в алюминиевый калориметр с водой. Масса калориметра 45 г, воды 100 г, начальная температура воды 17 °С. Спустя некоторое время в калориметре установилась температура равная 29 °С.

[7] Найдите удельную теплоемкость стали. Ответ округлите до целых.

(Г.Н. Степанова)

Ответ: 499 (допускается 500).

Решение. 1. При остывании цилиндра количество теплоты, которое он потеряет равно количеству теплоты, приобретенному калориметром и водой. Выразим это в виде уравнения

$$c_{ст} m_{ст} (t_1 - t_{кал}) = c_{Al} m_{Al} (t_{кал} - t_b) + c_в m_в (t_{кал} - t_b) \quad (1)$$

2. Положим $c_{Al} = 900 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right)$, $c_в = 4200 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \right)$.

3. Выразим из (1) теплоемкость стали и подставим числовые значения

$$c_{ст} = \frac{(c_{ст} m_{ст} + c_в m_в) (t_{кал} - t_b)}{m_{ст} (t_1 - t_{кал})} = \frac{(900 * 0,045 + 4200 * 0,1) * 12}{0,156 * 71} = 499 \left(\frac{\text{Дж}}{\text{кг} * \text{К}} \right)$$

8.8. (7 баллов) Из двух спиралей сопротивлениями 100 Ом и 200 Ом сделали электроплитку, рассчитанную на напряжение 210 В. Мощность плитки меняется переключением спиралей.

[8] Найти минимально возможную мощность плитки.

(Ю.В. Максимачев)

Ответ: 147.

Решение. 1. Мощность участка электрической цепи равна

$$P = \frac{U^2}{R}$$

2. Для минимальной мощности необходимо использовать максимальное сопротивление, равное сумме сопротивлений

$$P_{min} = \frac{U^2}{R_{max}} = \frac{U^2}{R_1 + R_2}$$

3. Подставляем числовые значения и получаем

$$P_{min} = \frac{210 * 210}{300} = 7 * 21 = 147 \text{ (Вт)}$$

8.9. (5 баллов) Два связанных вместе изолированных проводника длиной по 10 см расположены перпендикулярно силовым линиям магнитного поля с индукцией 0,2 Тл.

[9] Найти модуль равнодействующей сил Ампера, если в проводниках токи 7 А и 9 А текут навстречу друг другу.

(Ю.В. Максимачев)

Ответ: 0,04.

Решение. 1. В случае перпендикулярности проводника с током и индукции магнитного поля сила Ампера равна

$$F_A = IlB$$

2. Так как проводники связаны, а токи в них противоположны, то результирующая сила равна разности сил, действующих на проводники

$$F_{\text{Арез}} = (I_2 - I_1)lB$$

3. Подставляем числовые значения и получаем

$$F_{\text{Арез}} = 2 * 0,1 * 0,2 = 0,04 \text{ (Н)}$$