



0 166772 290008

16-67-72-29
(69.1)



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА

Вариант _____

ПИСЬМЕННАЯ РАБОТА

Олимпиада школьников Ломоносов

по физике

Билюс Алексея Константиновича

фамилия, имя, отчество участника (в родительном падеже)

Дата

«21» февраля 2020 года

Подпись участника

Билюс

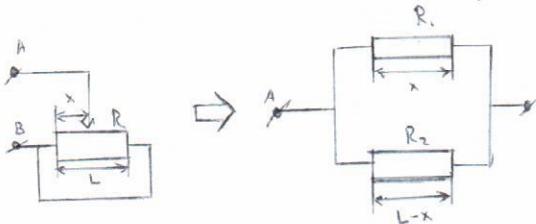
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99

N3

1. Запишите сопротивление проводника в виде

$$R = \frac{\rho L}{S} \text{ а значит } \frac{d}{S} = \frac{R}{L}$$

2. Напишите эквивалентную схему, эквивалентную показанной на чертеже



3. Т.к. проводник реостата однороден и имеет постоянную форму сечения, то

$$\frac{d}{S} = \text{const}$$

4. Сопротивление обмотки реостата есть сумма сопротивлений его частей

$$R = R_1 + R_2$$

5. Т.к. части реостата в схеме соединены параллельно, то исходя из формулы параллельного соединения:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

6. Используем

$$R_1 = \frac{x \cdot d}{S}$$

$$R_2 = (L-x) \cdot \frac{d}{S}$$



7. Проведем вычисления из п.6 формулу R0 получим из п.5.

$$R_0 = \frac{\frac{x \cdot d}{S} \cdot \frac{(L-x) \cdot d}{S}}{\frac{x \cdot d}{S} + \frac{(L-x) \cdot d}{S}} = \frac{x \cdot (L-x)}{L} \cdot \frac{d}{S} = R \cdot \frac{x(L-x)}{L^2}$$

$$R_0 L^2 = R x L - R x^2$$

8. Приведем полученное уравнение к стандартному виду $ax^2 + bx + c = 0$ и решим его используя дискриминант.

$$Rx^2 - RxL + R_0 L^2 = 0$$

$$D = b^2 - 4ac = R^2 L^2 - 4RR_0 L^2 = L^2 (R^2 - 4RR_0)$$

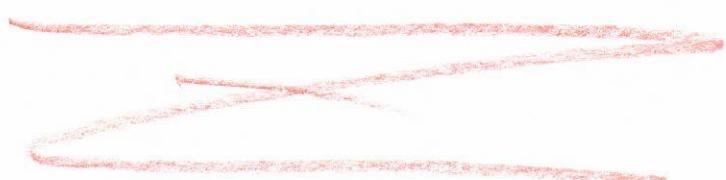
$$x_{1,2} = \frac{RL \pm \sqrt{D}}{2a} = \frac{RL \pm L \sqrt{R^2 - 4RR_0}}{2R} = L \left(\frac{R \pm \sqrt{R^2 - 4RR_0}}{2R} \right) = 20 \text{ см} \left(\frac{16 \text{ см} \pm \sqrt{256 \text{ см}^2 - 4 \cdot 16 \cdot 3 \text{ см}^2}}{2 \cdot 16 \text{ см}} \right) =$$

$$20 \text{ см} \cdot \left(\frac{16 \pm \sqrt{16 \cdot 16 - 16 \cdot 16 + 16 \cdot 4}}{2 \cdot 16} \right) = 20 \text{ см} \cdot \left(\frac{16 \pm 8}{32} \right) = \cancel{20 \text{ см} \cdot \left(\frac{8 \cdot 3}{2 \cdot 4} \right)} = 15 \text{ см} \approx 20 \text{ см} \left(\frac{8(2 \pm 1)}{2 \cdot 4} \right) =$$

$$x_{1,2} = 20 \text{ см} \left(\frac{2 \pm 1}{4} \right)$$

$$x_1 = 20 \text{ см} \cdot \frac{2-1}{4} = 5 \text{ см}$$

$$x_2 = 20 \text{ см} \cdot \frac{2+1}{4} = 15 \text{ см}$$



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

9. Т.к. $x_1 = 5\text{ см} < x_2$, то это условие задачи противоречит отврату x_1 .

10. Решение: В задаче получается 2 отверстия т.к. мы можем получить от левого края, 2 отверстия и 2 сосуда! 1) Отодвинута бегунок на 5 см от правого края.

Ответ: $x = 5\text{ см}$

11



Решение:

Из формулы давления имеем

$$P = \frac{F}{S} \quad \text{т.к. на куб действует только сила тяжести, то}$$

$$\rho = \frac{F}{S} = \frac{\rho g m}{S} \quad \times$$

Из определения плотности следует

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V, \text{ где } V = a^3 \quad \text{т.к. у всех все ребра равны.}$$

$$\rho = \rho \frac{a^3 g}{a^2} = \rho a g$$

$$\downarrow \\ \rho = a = \frac{\rho}{g}$$

$$\downarrow \\ V = a^3 = \frac{\rho^3}{g^3} \quad \times$$

$$m = \rho V = \frac{\rho^3}{g^3} = \frac{(8\text{ кг/м}^3)^3}{(8,9\text{ кг/м}^3)^2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2} = \frac{8^3 \cdot 10^9}{8900^2 \cdot 10^3} \text{ кг} = \frac{512 \cdot 10^9}{792 \cdot 10^6} \text{ кг} = \frac{512 \cdot 10^3}{792} \text{ кг} = 640 \text{ кг}$$

~~Ответ: $m = 640 \text{ кг}$~~

~~$\alpha = \frac{P}{\rho g} = \frac{8\text{ кг/м}^3}{8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3} = \frac{8000}{8900 \cdot 10} \text{ м} \approx \frac{800}{89} \text{ м} \approx 9 \text{ см}$~~

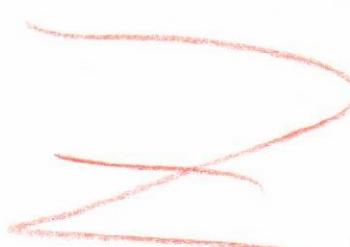
~~$V = a^3 =$~~

~~$V = a^3 = \frac{\rho^3}{\rho^2 g^3}$~~

~~$m = \rho V = \frac{\rho^3}{g^3} = \frac{(8\text{ кг/м}^3)^3}{(8,9\text{ кг/м}^3)^2 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2} = \frac{512 \cdot 10^9}{8900^2 \cdot 10^3} \text{ кг} = \frac{512 \cdot 10^9}{792 \cdot 10^6} \text{ кг} \approx \frac{512}{792} \text{ кг} \approx 6,5 \text{ кг}$~~

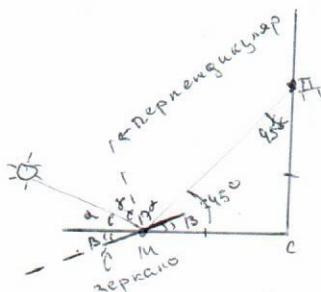
Ответ: $6,5 \text{ кг}$ - масса кубика

12



Решение:

За угол падения зеркального горизонта приму наименший угол



Построение дома стоит перпендикулярно земле. Тогда с геометрической точки зрения треугольник образованный точками С, М и Р равнобедренный прямоугольничный, а значит $\angle СМР = \angle СРМ = 45^\circ$

Назову угол между лучами света и перпендикуляром γ_1 и γ_2 .

$\gamma_1 = \gamma_2$ по закону отражения света, и значит угол между лучами света и зеркалом тоже равен.

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

16-67-72-29

(69.1)

С одной стороны этого угла можно рассматривать как α (вспомогательный), а с другой как разность $45^\circ - \beta$ (см. чертёж).

$$\alpha + \beta = 45^\circ - \beta$$

$$2\beta = 45^\circ - \alpha$$

$$\beta = \frac{45^\circ - \alpha}{2}$$

$$\beta = \frac{45^\circ - 21^\circ}{2} = \frac{24^\circ}{2} = 12^\circ$$

Т.к. маленький расстояние зеркало и поверхность земли, 1°

и пренебрёг расстоянием между землёй и зеркалом.

$$\text{Ответ: } \beta = 12^\circ$$

N2

Решение: Т.к. ~~разумеется~~ в условии задачи не дана температура льда и сосуда то пусть сразу после погружения льда температура сосуда стала равна 0°C .

Запишем мощность тепла обозначив как

$$P_1 = k(t_0 - t_1) A(t_0 - t_1)$$

то Тогда в первом случае т.к. изотермия в сосуде не меняется при постоянной температуре, то

$$P_1 = k(t_{123} - t_0) A(t_0 - t_{123})$$

За время t_{123} окружающая среда передала массе воды с изотермой тепло Q_1 .

$$Q_1 = P_1 t_{123} = k(t_{123} - t_0) A(t_0 - t_{123}) t_{123}$$

Которое помимо его испарения (всё тепло переданное окружающей средой помимо испарения выходит т.к. из условия задачи температура в сосуде ~~равна~~ всегда постоянна)

$$Q_1 = \rho m = \gamma dV_p$$

$$t_{123} k(t_0 - t_{123}) = \gamma dV_p$$

$$k = \frac{\gamma dV_p}{t_0 - t_{123}}$$

Теперь рассмотрим плавление льда в сосуде Дьюара.

Мощность теплообмена равна

$$P_2 = k(t_0 - t_n)$$

Т.к. плавление льда происходит при постоянной температуре, то тепло на изменение его температуры не затрачивается, а значит всё тепло получаемое от окружающей среды затрачивается только на плавление льда.

$$Q_2 = P_2 \cdot t_n = k(t_0 - t_n) = \gamma dV_p \frac{t_0 - t_n}{t_0 - t_{123}} \cdot t_n$$

$$Q_2 = \lambda m$$

$$t_n dV_p \frac{t_0 - t_n}{t_0 - t_{123}} = \lambda m$$

$$t_n = \frac{\lambda m}{dV_p \frac{t_0 - t_n}{t_0 - t_{123}}} = \frac{0,33 \text{ кДж/кг} \cdot 10 \text{ кг}}{0,52 \text{ кг} \cdot 0,8 \text{ кг} \cdot 198 \text{ кДж/кг}^2} = \frac{1,21 \cdot 24 \text{ кг}}{0,822 \cdot 198 \text{ кДж} \cdot 215 \text{ кг} \cdot 20} =$$

$$= \frac{1,21 \cdot 24}{0,8 \cdot 198 \cdot 10,75} \approx 1,5 \text{ кг} = \frac{1,5 \cdot 24}{24 \cdot 198 \cdot 10,75} \approx 1,5 \cdot 24 \cdot \frac{1}{198 \cdot 10,75} = \frac{36}{198 \cdot 10,75} =$$

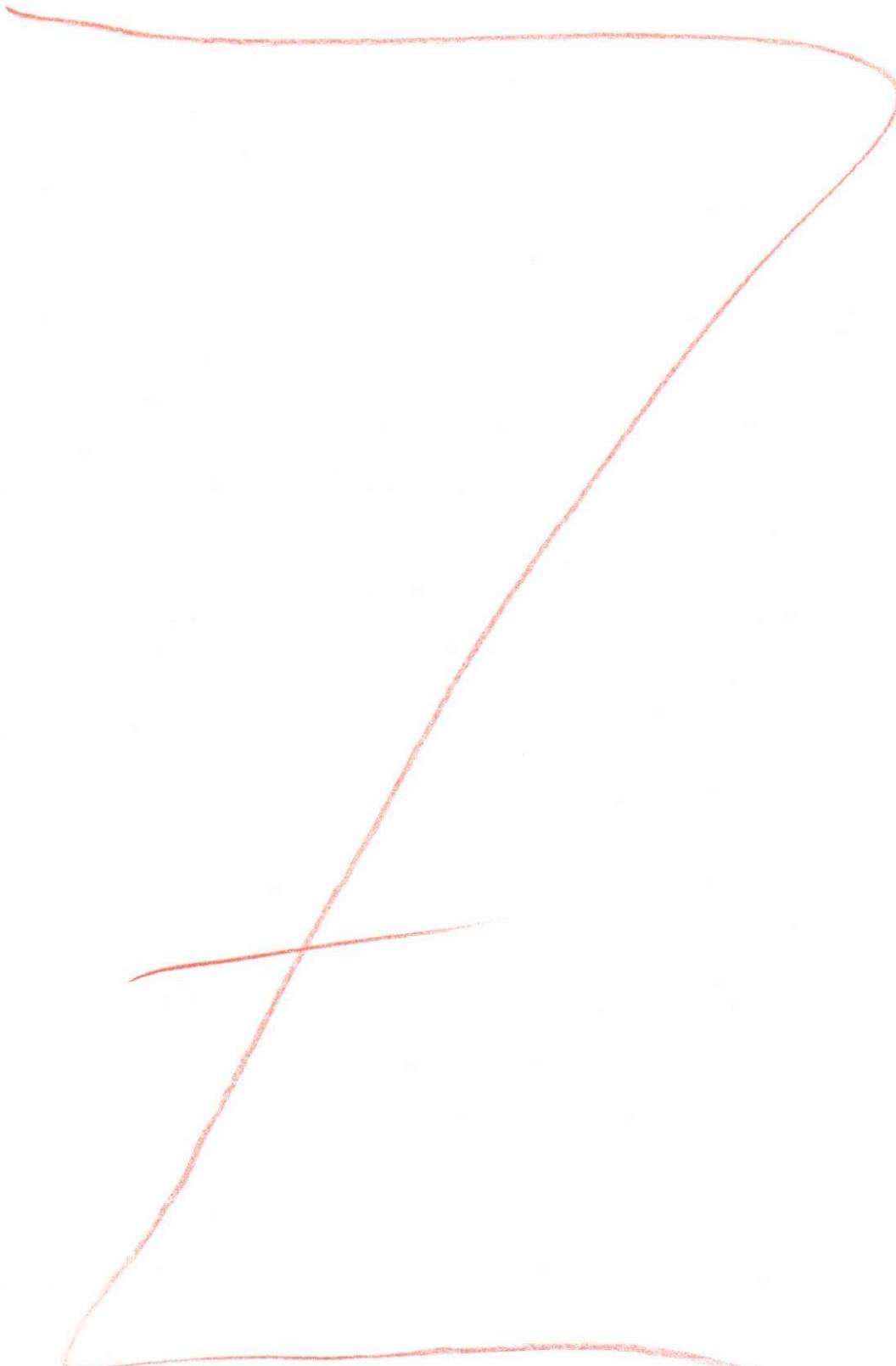
решение, число не то. Решение верное

ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

$$= \frac{12,1 \cdot 24 \cdot 4}{0,8 \cdot 10 \cdot 198,1 \cdot \cancel{20} \cdot \cancel{215}} \approx 1,5 \cdot 10 \cdot 24 \cdot \frac{1}{198 \cdot 10,75} \approx \frac{15 \cdot 10 \cdot 24}{2150} \approx \frac{360}{215} \approx 0,24$$

Ответ: $t_n \approx 0,24$

Примечание: k - коэффициент пропорциональности между силой теплопередачи и разностью температур.



ЛИСТ-ВКЛАДЫШ

Бернобур:

$$+6 \cdot 4 \cdot 3 = 16^2 - 16 \cdot 4 = 256 - \cancel{128} \cancel{03} = 198$$

$$8 \cdot 8 \cdot 8 = 64 \cdot 8 = 36 + 480 = 516$$

$$8900^2 = (8000 + 900) \cdot (9000 - 100) = 81 \cancel{000} \cancel{000} \quad (9 \cdot 10^3)^2 + 100^2 - 2 \cdot 9 \cdot 10^3 \cdot 10^2 = \\ = 81 \cdot 10^6 + 10^4 - 18 \cdot 10^5 = 73,2 \cdot 10^6 + 0,014$$

516 1705

$$215 - 1,5 = 342$$

$$\frac{36}{215} \quad 1$$

$$\begin{array}{r}
 & 71 \\
 \times & 79,2 \\
 \hline
 & 642 \\
 & 797 \\
 \hline
 635 & \\
 491 & \\
 \hline
 55632
 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 36 \\ \overline{)215} \\ 215 \\ \hline 0,16 \\ 1650 \end{array}$$

$$89 \cdot 9 = 720 + 81 = 801$$

$$6.5 \cdot 75.2 = 6,5 \cdot 80 = 6180 + 40 = 480 + 40 = 520$$

$$\frac{8}{90} \text{ m} = \frac{800}{90} \text{ cm}$$

$$8 \text{ nTia} = 89.00 \text{ a.u.}$$

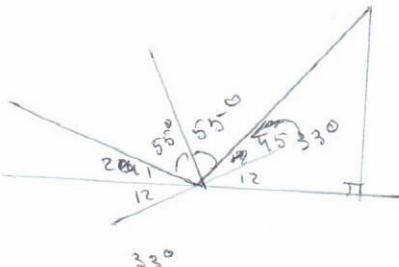
$$a = \frac{G}{m}$$

$$V = \frac{256}{8192} M$$

$$PV = m \cdot \frac{10}{90} - \frac{256}{90} \cdot \frac{8100}{S} = 270 \text{ kPa}$$

$\frac{80}{5}$ cm \approx 5 cm

256000



$$9 \text{ cm}^3. \quad 8,9 = g^4 \text{ cm}^3,$$

$$81 \cdot 81 = 6400$$

$$20 + 15 = \frac{215}{20} = 10\frac{3}{4} = 10.75$$