

Профиль «Новые технологии»

Заключительный этап

2022 – 2023 учебный год

Задания для 8-9 класса

1. Решить задачу (30 баллов)

Адмирал с мостика неподвижного линкора наблюдает за эсминцем, который проходит мимо него прямолинейно и равномерно, ведя при этом учебную стрельбу из орудия. Увидев первую вспышку выстрела, адмирал засекает время и обнаружил, что слышал звук от него только через 20 с. Через 7,5 мин после первой вспышки адмирал увидел вторую, а звук выстрела грянул с опозданием на 10 с. Еще через 5,5 мин после второй вспышки адмирал увидел, как сверкнул последний выстрел и услышал звук от него через 30 с. Определить скорость движения эсминца и минимальное расстояние от эсминца до линкора за время наблюдения. Скорость звука в воздухе  $u \approx 330$  м/с.

**РЕШЕНИЕ**

На рис. 1 точкой О изображен линкор, А, В, С – положения эсминца в моменты выстрелов (движение эсминца слева

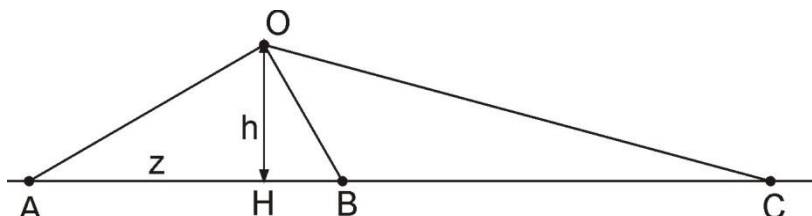


Рис. 1

направо),  $OH = h$  – расстояние от линкора до линии движения

эсминца, оно же – минимальное расстояние от эсминца до линкора ( $OH \perp AC$ ),  $t_1 = 7,5$  мин – время прохождения эсминцем расстояния АВ,  $t_2 = 7,5 + 5,5 = 13$  мин – время прохождения эсминцем расстояния АС. В дальнейшем расстояния будут измеряться в километрах, скорость эсминца  $v$  – в км/мин. Согласно условию задачи,

$$OA = 330 \left( \frac{m}{c} \right) \cdot 20(c) = 6600(m) = 6,6(км); OB = 330 \left( \frac{m}{c} \right) \cdot 10(c) = 3300(m) = 3,3(км);$$

$$OC = 330 \left( \frac{m}{c} \right) \cdot 30(c) = 9900(m) = 9,9(км)$$

$$AB = v \cdot t_1 = v \cdot 7,5(км); AC = v \cdot t_2 = v \cdot 13(км)$$

$$A) \triangle AOH; AH^2 + OH^2 = AO^2 \Rightarrow z^2 + h^2 = 6,6^2$$

$$B) \triangle BOH; BH^2 + OH^2 = BO^2 \Rightarrow (AB - z)^2 + h^2 = 3,3^2 \Rightarrow (7,5v - z)^2 + h^2 = 3,3^2$$

$$B) \triangle COH; CH^2 + OH^2 = CO^2 \Rightarrow (AC - z)^2 + h^2 = 9,9^2 \Rightarrow (13v - z)^2 + h^2 = 9,9^2$$

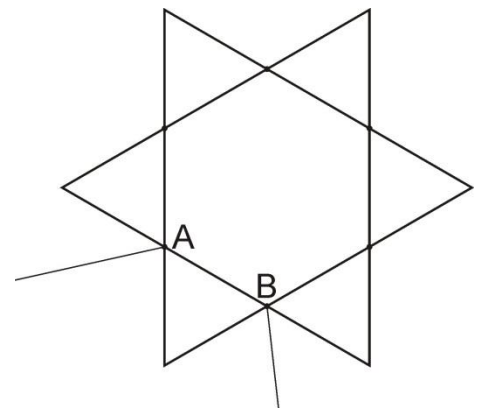
$$\text{Решая систему уравнений } \begin{cases} z^2 + h^2 = 6,6^2 \\ (7,5v - z)^2 + h^2 = 3,3^2 \\ (13v - z)^2 + h^2 = 9,9^2 \end{cases}, \text{ получаем ответы:}$$

$$z = 6,4044 \text{ км}, v = 1,25 \text{ км/мин}, h = 1,595 \text{ км}.$$

**Ответ:** скорость эсминца 1,25 км/мин, кратчайшее расстояние от эсминца до линкора 1,595 км

**2. Решить задачу (20 баллов)**

Проводящий проволочный каркас (см. рис.), составлен из одинаковых отрезков жёсткого провода. К клеммам А и В подано напряжение  $U = 20 \text{ В}$ . При этом через подводящие провода течёт ток  $I = 2 \text{ А}$ . Найти сопротивление одного отрезка провода.



**РЕШЕНИЕ**

Каркас состоит из шести равносторонних треугольников, составленных из отрезков провода. Если сопротивление одного отрезка –  $r$ , то сопротивление треугольника между двумя любыми вершинами –  $2r/3$ . Между клеммами А и В каркаса параллельно включены один треугольник и пять последовательно соединенных треугольников. Поэтому полное сопротивление каркаса между клеммами А и В

$$R = \frac{\frac{2r}{3} \cdot 5 \cdot \frac{2r}{3}}{6 \cdot \frac{2r}{3}} = \frac{5r}{9}$$

С другой стороны, согласно закону Ома,  $R = \frac{U}{I} = \frac{20(B)}{2(A)} = 10(Ом)$

Приравнивая эти два результата, получаем:  $\frac{5r}{9} = 10 \Rightarrow r = 18(Ом)$

**Ответ:** сопротивление одного отрезка проводы 18 Ом

**3. Решить задачу (20 баллов)**

Для переправы через реку был сделан плот из сосновых бревен (плотность сосны  $700 \text{ кг/м}^3$ , плотность воды  $1000 \text{ кг/м}^3$ . Когда на плот заехала машина массой  $M = 2 \text{ т}$ , объём его надводной части уменьшился на  $30 \%$ . Потом на плот поставили емкость с горючим, и объём оставшейся надводной части уменьшился ещё на  $50 \%$ . Когда на плот зашли люди, объём его оставшейся надводной части уменьшился еще на  $30 \%$ . Найдите массу плота, массу горючего и массу людей.

**РЕШЕНИЕ**

Пусть  $M_0$  – масса плота в кг,  $V$  – его объём в  $\text{м}^3$ . Тогда объём плота  $V = \frac{M_0}{700}$ , объём его

подводной части  $\frac{M_0}{1000}$ , а объём надводной части  $V = \frac{M_0}{700} - \frac{M_0}{1000} = \frac{3 \cdot M_0}{7000}$

А) Когда на плот въехала машина массой  $2000 \text{ кг}$ , этот объём уменьшился на  $30\%$ , поэтому

$$2000 = 0,3 \cdot \frac{3 \cdot M_0}{7000} \cdot 1000 \Rightarrow M_0 = \frac{14000}{0,9} = 15555 (\text{кг})$$

Объём оставшейся надводной части  $0,7 \cdot \frac{3 \cdot 15555}{7000} = 4,6666 (\text{м}^3)$

Б) При погрузке горючего этот объём уменьшился на  $50\%$ , поэтому масса горючего равна

$$M_1 = 1000 \cdot 0,5 \cdot 4,6666 = 2333 (\text{кг})$$

Объём оставшейся надводной части  $2,3333 \text{ м}^3$ .

В) Когда на плот вошли люди, этот объём уменьшился еще на  $30\%$ , поэтому масса людей равна

$$M_2 = 1000 \cdot 0,3 \cdot 2,3333 = 700 (\text{кг})$$

**Ответ:** масса плота 15555 кг, масса горючего 2333 кг, масса людей 700 кг,

**4. Решить задачу (20 баллов)**

Теплоизолированный сосуд до краёв наполнен водой при температуре  $t_0 = +5^\circ\text{C}$ . В воду аккуратно опустили алюминиевый брусок объёмом  $100 \text{ см}^3$ , охлаждённый до температуры  $t = -50^\circ\text{C}$ . После установления теплового равновесия температура в сосуде оказалась равной  $t_1 = +1^\circ\text{C}$ .

Определите конечную температуру и содержимое сосуда для случая, когда в этот же сосуд с водой погружают два таких же алюминиевых бруска при той же температуре  $t$ . Если вода останется жидкой – указать ее температуру; если вода

замерзает – указать ее температуру, массу образовавшегося льда и массу оставшейся жидкой воды.

Табличные данные:

- плотность воды  $\rho_v = 1000 \text{ кг/м}^3$
- плотность алюминия  $\rho = 2700 \text{ кг/м}^3$
- плотность льда  $\rho_l = 900 \text{ кг/м}^3$
- удельная теплоёмкость воды  $c_v = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$
- удельная теплоёмкость алюминия  $c = 900 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$
- удельная теплоёмкость льда  $c_l = 2100 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{°C)}$
- удельная теплота плавления льда  $\lambda = 335 \text{ кДж/кг}$ .

### РЕШЕНИЕ

А) Пусть масса воды в сосуде  $M$  кг, тогда после опускания в сосуд одного алюминиевого бруска масса воды в сосуде будет  $(M - 0,1)$  кг. Уравнение теплового баланса, записанное для первого случая, выглядит так:

$$(M - 0,1) \cdot 4200 \cdot (5 - 1) = 2700 \cdot 10^{-4} \cdot 900 \cdot (1 - (-50))$$

Отсюда  $M = 0,8377 \text{ кг}$

Б) После опускания в сосуд двух брусков в нем останется  $(M - 0,2) = 0,6377 \text{ кг}$  воды.

Количество энергии, отданное водой при остывании до  $0^\circ\text{C}$ , будет

$$0,6377 \cdot 4200 \cdot (5 - 0) = 13391,7 \text{ (Дж)}$$

Количество энергии, необходимое для прогрева брусков до  $0^\circ\text{C}$ , будет

$$2700 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 900 \cdot (0 - (-50)) = 24300 \text{ (Дж)}$$

Так как эта энергия больше выделившейся при остывании воды, то вода будет замерзать, пока выделяющейся при этом энергии не хватит для нагрева брусков до  $0^\circ\text{C}$ . Необходимая масса замерзшей воды определяется так:

$$M_1 = \frac{24300 - 13391,7}{335000} = 0,0326 \text{ (кг)}$$

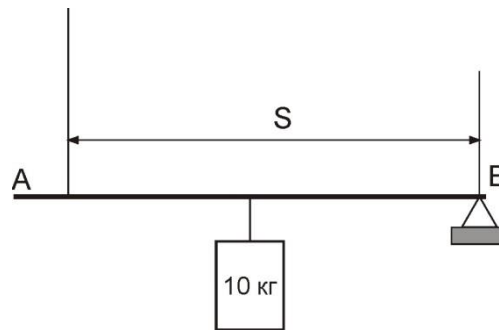
Масса оставшейся воды

$$M_2 = 0,6377 - 0,0326 = 0,6051 \text{ (кг)}$$

**Ответ:** масса воды 0,6051 кг, масса льда 0,0326 кг, температура в сосуде  $0^\circ\text{C}$ ,

**5. Решить задачу (10 баллов)**

Невесомый твердый шест АВ длиной 6 м концом В опирается на тумбу. К середине шеста подвешен груз массой 10 кг. На каком наименьшем расстоянии S от тумбы надо привязать к шесту вертикальную нерастяжимую невесомую веревку, чтобы акробат массой 50 кг мог благополучно пройти с тумбы по шесту до конца шеста и вернуться обратно? Веревка выдерживает наибольшую силу натяжения 800 Н,  $g = 10 \text{ м/с}^2$ .



**РЕШЕНИЕ**

А) Наибольший момент относительно опоры В гимнаст создает, когда оказывается в точке А. Из условия равновесия шеста относительно В можно определить минимальное расстояние S:

$$50 \cdot 10 \cdot 6 + 10 \cdot 10 \cdot 3 \leq 800 \cdot S \Rightarrow S \geq 3,75 \text{ (м)}$$

Б) Кроме этого, необходимо установить веревку так, чтобы гимнаст своим весом не поднял шест с опоры В. Из условия равновесия шеста относительно точки закрепления веревки можно определить минимальное расстояние S:

$$50 \cdot 10 \cdot (6 - S) \leq 10 \cdot 10 \cdot (S - 3) \Rightarrow S \geq 5,5 \text{ (м)}$$

В) Окончательный ответ – большее число из полученных значений, 5,5 м.

**Ответ:** наименьшее расстояние от тумбы до веревки 5,5 м