

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ МНОГОПРОФИЛЬНАЯ ОЛИМПИАДА  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВО»

Профиль «Авиатехнологии»

Заключительный этап

2021 – 2022 учебный год

Задания для 10-11 класса

**1. Решить задачу (15 баллов)**

Пассажирский самолет Ту-134 был разработан конструкторским бюро Туполева и производился серийно с 1966 по 1984 гг. На самолете установлены два турбореактивных двигателя, которые могут создать максимальную силу тяги 136 кН. Двигатели установлены в хвостовой части фюзеляжа (корпусе летательного аппарата) в гондолах, развёрнутых относительно оси фюзеляжа на  $4^\circ$  ( $\cos 4^\circ = 0,9976$ ,  $\sin 4^\circ = 0,0698$ ). При движении с постоянной скоростью на самолет действует сила сопротивления воздуха, пропорциональная квадрату скорости. При скорости самолета 10 м/с сила сопротивления равна 243 Н. Определите наибольшую скорость самолета в СИ и округлить до целого.

**Решение.**

Дано:  $F_{\text{тяг}} = 136\,000$  Н,  $F_1 = 243$  Н,  $v_1 = 10$  м/с,  $\cos 4^\circ = 0,9976$ . Найти:  $v_2$  -?

По условию задачи, сила сопротивления воздуха пропорциональна квадрату скорости, т.е.

$$F_1 = kv_1^2 \quad \text{и} \quad F_2 = kv_2^2, \quad (5 \text{ б})$$

где  $F_1 = 243$  Н - сила сопротивления при скорости 10 м/с,

$F_2$  – сила сопротивления при максимальной тяге,

$v_2$  – наибольшая скорость самолета,  $k$  – коэффициент пропорциональности.

Найдем максимальную скорость. Для этого разделим первое уравнение на второе.

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \rightarrow v_2 = v_1 \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} \quad (2 \text{ б})$$

Нам неизвестна сила сопротивления  $F_2$  при максимальной тяге. Ее можно найти по 2 закону Ньютона, учитывая, что движение равномерное.

$$F_2 - F_{\text{тяг}} \cos 4^\circ = 0 \Rightarrow F_2 = F_{\text{тяг}} \cos 4^\circ \quad (3 \text{ б})$$

Находим скорость

$$v_2 = v_1 \sqrt{\frac{F_2}{F_1}} = v_1 \sqrt{\frac{F_{\text{тяг}} \cdot \cos 4^\circ}{F_1}} = 10 \cdot \sqrt{\frac{136000 \cdot 0,9976}{243}} \approx 236,29 \text{ м/с} \approx 236 \text{ м/с.} \quad (5 \text{ б})$$

Примечание. Можно вместо формулы  $F_1 = kv_1^2$  записать  $F_1 \sim v_1^2$

**Ответ:** 236 м/с

## 2. Решить задачу (15 баллов)

В таящую льдину попадает снаряд массой 200 г. Считая, что 40% кинетической энергии снаряда пошла на разрушение льда, а остальная на расплавление льда, найдите массу растаявшего льда. Скорость полета снаряда равна 1100 м/с. Удельная теплота плавления льда 333,5 кДж/кг. Ответ записать в граммах и округлить до целого.

**Решение.**

Дано:  $m = 0,2 \text{ кг}$ ,  $V = 1100 \text{ м/с}$ ,  $\lambda = 333,5 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$  Найти:  $M$  - ?

Снаряд при попадании в лёд обладал кинетической энергией равной  $E_k = \frac{mV^2}{2}$ . (2 б)

По условию задачи на разрушение льда снарядом потрачено 40% энергии, следовательно, на расплавление льда затрачено 60% энергии. (3 б)

Так как лёд таял, значит температура воздуха была не ниже  $0^\circ\text{C}$ . Поэтому энергия пошла только на плавление льда  $Q = \lambda M$ .

Следовательно:  $0,6E_k = Q$  или  $\frac{0,6mV^2}{2} = \lambda M$ . (5 б)

Выразим из этой формулы массу льда:  $M = \frac{0,3mV^2}{\lambda} = \frac{0,3 \cdot 0,2 \cdot 1100^2}{333,5 \cdot 10^3} = 218 \text{ г.}$  (5 б)

**Ответ:**  $M = 218 \text{ г.}$

**3. Решить задачу (20 баллов)**

Во второй мировой войне из корабельного артиллерийского орудия массой 2 476 000 кг с линкора «Ришелье» были обстреляны японские укрепления. Выстрелы производились под углом  $30^\circ$  к горизонту, снарядами массой 890 кг с начальной скоростью 820 м/с. После выстрела откат ствола орудия составлял 1325 мм. Определите среднее значение силы торможения, возникающей в противооткатном устройстве. Ответ представьте в килоньютонках и округлите до целого.

**Решение.**

Дано:  $M = 2476000$  кг,  $m = 890$  кг,  $V = 820$  м/с,  $S = 1,325$  м,  $\alpha = 30^\circ$  Найти:  $F$  - ?

По закону сохранения импульса в векторном виде для системы «орудие-снаряд»:

$$M\vec{U} + m\vec{V} = 0 \quad (5 \text{ б.})$$

$M$  и  $m$  – массы орудия и снаряда соответственно,  $U$  и  $V$  – скорости орудия и снаряда соответственно.

В проекции на ось  $Ox$  закон сохранения импульса:  $MU = mV\cos\alpha$ , тогда  $U = \frac{mV\cos\alpha}{M}$  (5 б.)

Работа силы торможения численно равна изменению кинетической энергии орудия.

$$A = FS\cos 180^\circ = 0 - \frac{MU^2}{2} \quad (5 \text{ б.})$$

Подставив в это выражение скорость орудия после выстрела и выразив силу, получим:

$$F = \frac{m^2V^2\cos^2\alpha}{2SM} = 61 \text{ кН} \quad (5 \text{ б.}).$$

**Ответ:**  $F = 61$  кН.

**4. Решить задачу (20 баллов)**

Для настройки схемы электроснабжения самолета были использованы два воздушных конденсатора переменной емкости соединенные последовательно в батарею. Площадь пластин первого конденсатора в 2 раза больше площади пластин второго конденсатора. Зазор между пластинами второго конденсатора в 2 раза больше, чем у первого конденсатора. Во сколько раз площадь пластин второго конденсатора должна быть больше его расстояния между обкладками, что бы общая емкость батареи была равна 17,7 пФ?

**Решение.**

Дано:  $\frac{S_1}{S_2} = 2$ ,  $\frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{2}$ ,  $C = 17,7 \cdot 10^{-12}$  Ф. Найти:  $\frac{S_2}{d_2}$  —?

Емкость конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \text{ где } \varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \quad (5.6)$$

Общая емкость батареи конденсаторов при последовательном соединении:

$$C_{\text{общ}} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \quad (5.6)$$

Получим для  $\varepsilon = 1$  (воздух):

$$C_{\text{общ}} = \frac{\varepsilon_0 \frac{S_1}{d_1} \cdot \varepsilon_0 \frac{S_2}{d_2}}{\varepsilon_0 \frac{S_1}{d_1} + \varepsilon_0 \frac{S_2}{d_2}}$$

Учтем, что  $S_1 = 2S_2$

$$C_{\text{общ}} = \frac{\varepsilon_0 \frac{2S_2}{d_1} \cdot \varepsilon_0 \frac{S_2}{d_2}}{\varepsilon_0 \frac{2S_2}{d_1} + \varepsilon_0 \frac{S_2}{d_2}} = \frac{\varepsilon_0 \frac{2S_2}{d_1 d_2}}{\frac{2}{d_1} + \frac{1}{d_2}}$$

Учтем, что  $\frac{d_1}{d_2} = 0,5$  или  $d_1 = 0,5d_2$

$$C_{\text{общ}} = \frac{\frac{2\varepsilon_0 S_2}{0,5d_2 d_2}}{\frac{2}{0,5d_2} + \frac{1}{d_2}} = \frac{\varepsilon_0 \frac{2S_2}{0,5 \cdot d_2} \cdot \frac{1}{d_2}}{\frac{2+0,5}{0,5 \cdot d_2}} = \frac{2\varepsilon_0 S_2}{2,5d_2} \quad (5.6)$$

$$\text{Выразим } \frac{S_2}{d_2} = \frac{2,5 C_{\text{общ}}}{2\varepsilon_0} = \frac{2,5 \cdot 17,7 \cdot 10^{-12}}{2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12}} = 2,5 \quad (5.6)$$

**Ответ:** 2,5 раза

### 5. Решить задачу (30 баллов)

У диспетчера аэропорта к моменту начала дежурства (20 часов 00 минут) имеется информация о движении двух самолетов по аэродрому перед взлетом.

| Координаты самолетов (км) |       |         |       | Проекции скоростей самолетов (км/ч) |          |          |          |
|---------------------------|-------|---------|-------|-------------------------------------|----------|----------|----------|
| первого                   |       | второго |       | первого                             |          | второго  |          |
| $x_1$                     | $y_1$ | $x_2$   | $y_2$ | $V_{1x}$                            | $V_{1y}$ | $V_{2x}$ | $V_{2y}$ |
| -80                       | 0     | -30     | 30    | 432                                 | 432      | -432     | 432      |

Используемая диспетчером система координат имеет начало в точке размещения аэропорта, ось  $ox$  направлена на восток, а ось  $oy$  - на север. Определите минимальное расстояние, на которое сближаются самолеты, и время, когда произойдет сближение. Найдите модуль скорости первого самолета в системе отсчета, движущейся со вторым самолетом, если считать, что самолеты движутся с постоянной скоростью.

#### Решение.

Из таблицы для координат самолетов запишем кинематические уравнения движения для каждого самолета.

1 самолет:  $x_1 = -80 + 432t$ ,  $y_1 = 432t$ .

2 самолет:  $x_2 = -30 - 432t$ ,  $y_2 = 30 + 432t$ . (5 б)

Если самолеты встретятся, то будут равны их координаты. Проверим этот случай приравняв  $x_1=x_2$  и  $y_1=y_2$ .

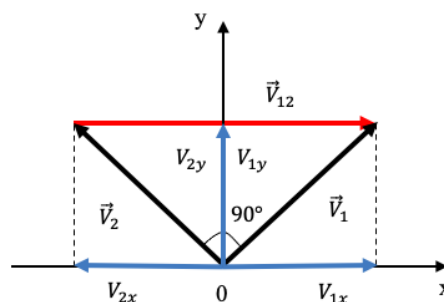
$$-80 + 432t = -30 - 432t \quad \text{и} \quad 432t = 30 + 432t.$$

Из первого выражения найдем время равенства координат по оси  $ox$ :  $t = 0,058$  ч. (5 б)

Из второго равенства видим, что оно не выполняется, следовательно, минимальное расстояние будет равно разности координат двух самолетов по оси  $oy$  в момент равенства их координат по оси  $ox$ . Найдем её:  $|y_2 - y_1| = 30 + 432 \cdot 0,058 - 432 \cdot 0,058 = 30$  км. (5 б)

Чтобы определить модуль скорости первого самолета в системе отсчета, движущейся со вторым самолетом, найдем направление скоростей. Для этого сделаем рисунок. (5 б)

1 самолет: проекция скорости по оси  $ox$  равна по



модулю проекции скорости по оси  $ou$ , следовательно вектор скорости направлен под углом  $45^\circ$  к осям  $ox$  и  $ou$  (самолет движется на северо-восток) (см. рис).

$$\text{Модуль скорости равен: } V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2}.$$

2 самолет: проекция скорости по оси  $ox$  равна по модулю проекции скорости по оси  $ou$ , следовательно вектор скорости направлен под углом  $45^\circ$  к осям  $ox$  и  $ou$  (самолет движется на северо-запад) (см. рис).

$$\text{Модуль скорости равен: } V_2 = \sqrt{V_{2x}^2 + V_{2y}^2}. \quad (5 \text{ б})$$

Скорость первого самолета в системе отсчета, связанной со вторым самолетом, можно определить как  $\vec{V}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$ .

Из рисунка видно, что модуль этой скорости можно найти по теореме Пифагора, так как угол между скоростями  $90^\circ$

$$V_{12} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2} = \sqrt{2 \cdot 432^2 + 2 \cdot 432^2} = 864 \text{ км/ч} \quad (5 \text{ б})$$

Альтернативное решение: Задачу можно решить графически.

**Ответ:**  $t = 0,058$  ч,  $S = 30$  км,  $V_{12} = 864$  км/ч.

Внимание!

Задача считается решенной, если, помимо правильного ответа, приведены нужные объяснения и преобразования.