

## Задание №3

### Импульс. Закон сохранения импульса

1. Танк движется со скоростью 18 км/ч, а грузовик со скоростью 72 км/ч. Масса танка 36 000 кг. Отношение величины импульса танка к величине импульса грузовика равно 2,25. Чему равна масса грузовика? (Ответ дайте в килограммах.)

Импульс танка:

$$p_1 = mv_1$$

Импульс грузовика:

$$p_2 = Mv_2$$

Так как  $\frac{p_1}{p_2} = 2,25$

$$\text{Отсюда: } \frac{mv_1}{Mv_2} = 2,25 \quad M = \frac{mv_1}{2,25v_2} = \frac{36000 \cdot 18}{2,25 \cdot 72} = 4000 \text{ кг}$$

Ответ: 4000

2. Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями 108 км/ч и 54 км/ч соответственно. Масса грузовика 3000 кг. Какова масса легкового автомобиля, если импульс грузовика больше импульса легкового автомобиля на 15000 кг·м/с? (Ответ дайте в килограммах.)

Импульс автомобиля:

$$p_1 = Mv_1$$

Импульс грузовика:

$$p_2 = mv_2$$

Так как  $p_2 = p_1 + 15000$

$$\text{Отсюда: } M = \frac{mv_2 - 15000}{v_1} = 1000 \text{ кг}$$

Ответ: 1000

3. Материальная точка массой 2 кг движется вдоль горизонтальной оси  $Ox$  под действием горизонтальной силы  $\vec{F}$ . В начальный момент времени тело покоилось. График зависимости силы  $F$  от времени  $t$  изображён на рисунке. Чему равен импульс материальной точки в конце третьей секунды? (Ответ дайте в килограммах на метр в секунду.)

Если сила постоянна, то импульс, переданный телу за некоторый промежуток времени:  $p = Ft$

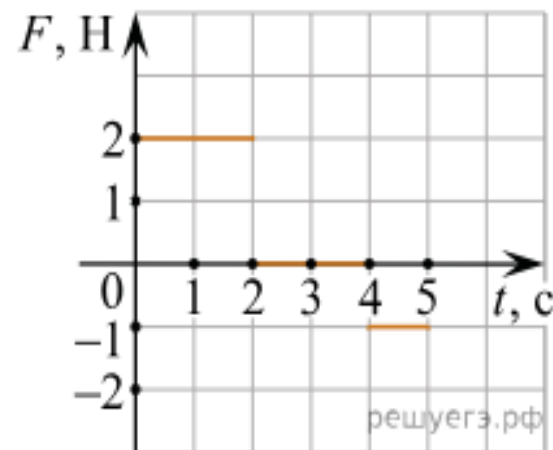
Из графика:  $F_1 = 2\text{ Н}$  (от 0 до 2 с)

$F_2 = 0\text{ Н}$  (от 2 до 3 с)

Импульс в конце третьей секунды:

$$\begin{aligned} p &= F_1(t_2 - t_1) + F_2(t_3 - t_2) = \\ &= 2(2 - 0) + 0(3 - 2) = 4\text{ кг} \cdot \text{м/с} \end{aligned}$$

Ответ: 4



4. Точечное тело движется по гладкой горизонтальной поверхности под действием постоянной горизонтальной силы, направленной вдоль оси  $Ox$ . Известно, что проекция импульса этого тела на указанную ось изменяется со временем по закону:  $p_x = -10 + 4t$ . Чему равен модуль силы, действующей на это тело? (Ответ дайте в ньютонах.)

Тело движется равноускорено, уравнение для скорости:

$$v = v_0 + at$$

Импульс:

$$p_x = mv_0 + mv = mv_0 + mat = mv_0 + F_x t$$

Отсюда:  $F_x = 4 \text{ Н}$

Ответ: 4

5. Модуль импульса частицы равен  $10 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , а её кинетическая энергия  $25 \text{ Дж}$ . Чему равен модуль скорости частицы?

Импульс тела:  $p = mv \quad m = \frac{p}{v}$

Кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{\frac{p}{v}v^2}{2} = \frac{pv}{2}$$

Отсюда:  $v = \frac{2E_k}{p} = 5 \text{ м/с}$

Ответ: 5

6. По гладкой горизонтальной плоскости  $XOY$  (см. рис., вид сверху) равномерно движется маленький шарик со скоростью  $5 \text{ м/с}$ , направленной под углом  $\alpha = 30^\circ$  к оси  $OY$ . Масса шарика  $100 \text{ г}$ . В точке  $A$  шарик абсолютно неупруго сталкивается со стенкой, расположенной вдоль оси  $OX$ . Чему равен модуль изменения проекции импульса шарика на ось  $OX$ ? Ответ дайте в  $\text{кг} \cdot \text{м/с}$ .

Скорость шарика перед ударом:  $v_1 = v$

После абсолютно неупругого удара:  $v_2 = 0$

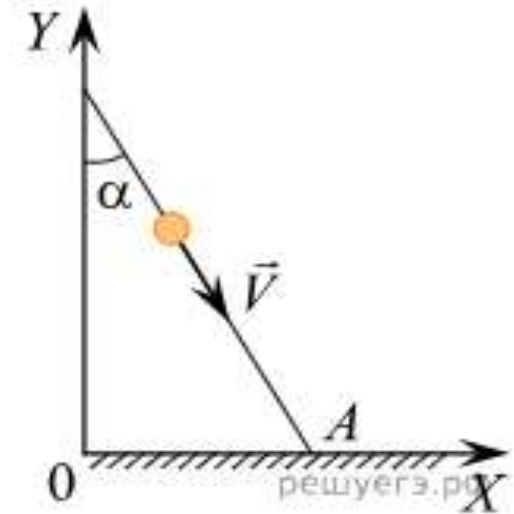
Изменение импульса шарика:

$$\Delta \vec{p} = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

Проекция на ось  $X$ :  $\Delta p_x = -mv \sin \alpha$

Отсюда:  $|\Delta p_x| = mv \sin \alpha = 0,1 * 5 * 0,5 = 0,25 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Ответ:  $0,25$

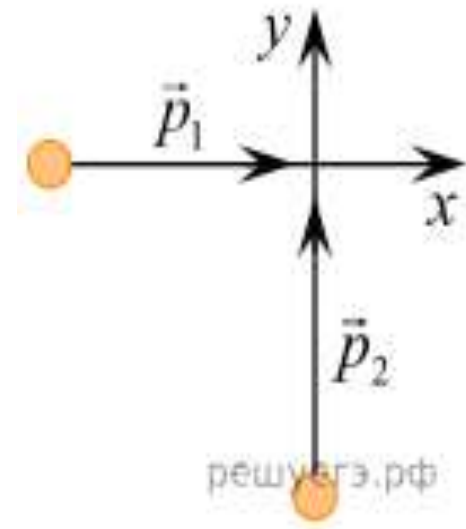


7. Два тела движутся по взаимно перпендикулярным пересекающимся прямым, как показано на рисунке. Модуль импульса первого тела равен  $3 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ , а второго тела равен  $4 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ . Чему равен модуль импульса системы этих тел после их абсолютно неупругого удара? (Ответ дайте в килограммах на метр в секунду.)

Так как вектора перпендикулярны, то по теореме Пифагора:

$$\sqrt{|\vec{p}_1|^2 + |\vec{p}_2|^2} = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$$

Ответ: 5



8. Охотник массой 60 кг, стоящий на гладком льду, стреляет из ружья в горизонтальном направлении. Масса заряда 0,03 кг. Скорость дробинок при выстреле 300 м/с. Какова скорость охотника после выстрела? (Ответ дайте в метрах в секунду.)

Закон сохранения импульса:

$$m_{\text{ох}} v_{\text{ох}} = m_{\text{п}} v_{\text{п}}$$

Отсюда скорость охотника после выстрела:

$$v_{\text{ох}} = \frac{m_{\text{п}} v_{\text{п}}}{m_{\text{ох}}} = \frac{0,03 * 300}{60} = 0,15 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,15



9. Человек массой 50 кг прыгает с неподвижной тележки массой 100 кг с горизонтальной скоростью 3 м/с относительно тележки. Какова скорость тележки относительно Земли после прыжка человека? (Ответ дайте в метрах в секунду.)

Закон сохранения импульса:

$$m_{\text{ч}}(v_{\text{ч отн тел}} - v_{\text{тел отн Земли}}) - M_{\text{тел}}v_{\text{тел отн Земли}} = 0$$

Отсюда находим скорость тележки относительно Земли:

$$v_{\text{тел отн Земли}} = \frac{m_{\text{ч}}v_{\text{ч отн тел}}}{M_{\text{тел}} + m_{\text{ч}}} = \frac{60 * 3}{100 + 50} = 1 \text{ м/с}$$

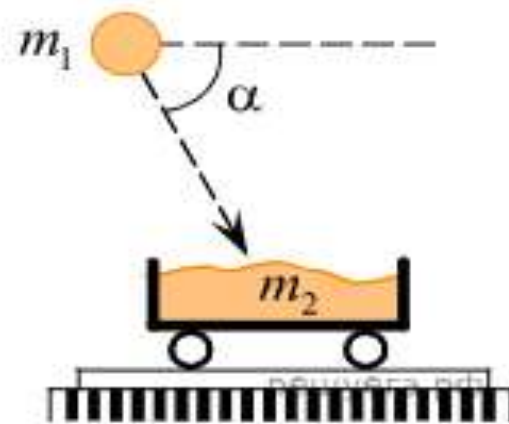
Ответ: 1

10. Камень массой 4 кг падает под углом  $60^\circ$  к горизонту со скоростью 10 м/с в тележку с песком, покоящуюся на горизонтальных рельсах (см. рис.). Чему равен импульс тележки с песком и камнем после падения камня? (Ответ дайте в килограммах на метр в секунду.)

Импульс тележки с песком и камнем после падения:

$$\begin{aligned} p &= m_1 v_{\text{камень}} \cos \alpha = 4 * 10 * \cos 60^\circ \\ &= 20 \text{ кг} \cdot \text{м/с} \end{aligned}$$

Ответ: 20



11. Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё со скоростью 2 м/с относительно дороги в направлении, противоположном первоначальному направлению движения тележки? (Ответ дайте в метрах в секунду.)

Закон сохранения импульса:

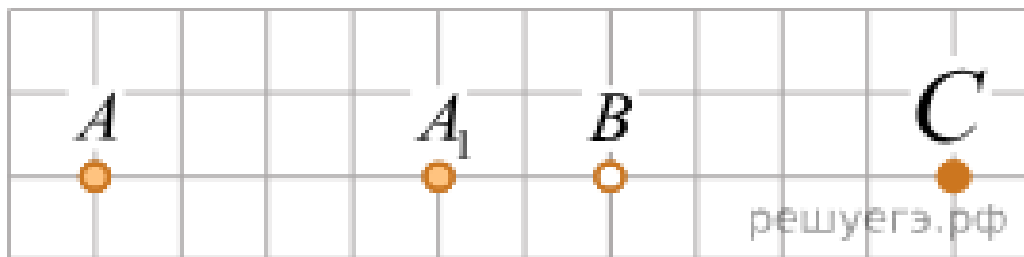
$$(M + m)v_0 = Mv_T - mv_M$$

Скорость тележки:

$$v_T = \frac{(M + m)v_0 + mv_M}{M} = \frac{100 * 1 + 50 * 2}{50} = 4 \text{ м/с}$$

Ответ: 4

12. Небольшая тяжёлая шайбочка  $A$  движется по инерции по гладкой горизонтальной поверхности. На рисунке показаны положения  $A$  и  $A_1$ , которые занимает эта шайбочка в моменты времени  $0$  с и  $2$  с. Эта шайбочка налетает на вторую такую же шайбочку  $B$ . После лобового соударения шайбочки слипаются и продолжают двигаться вместе. Через сколько секунд после соударения слипшиеся шайбочки окажутся в положении, обозначенном на рисунке буквой  $C$ ?



Закон сохранения импульса:

$$mv + 0 = (m + m)v'$$

Отсюда:

$$v' = \frac{v}{2} = 1 \text{ клетка в секунду}$$

Значит, шайбочки окажутся в положение  $C$  через 4 секунды

Ответ: 4

13. Тела 1 и 2 находятся на гладкой горизонтальной плоскости (см. рис., вид сверху). На них одновременно начинают действовать постоянные силы, равные, соответственно,  $F_1 = 3 \text{ Н}$  и  $F_2$ . Чему равно изменение проекции импульса системы этих тел на ось  $OX$  за первые две секунды? (Ответ дайте в килограммах на метр в секунду.)

Проекция на ось  $X$  силы  $F_1 = 3 \text{ Н}$ :

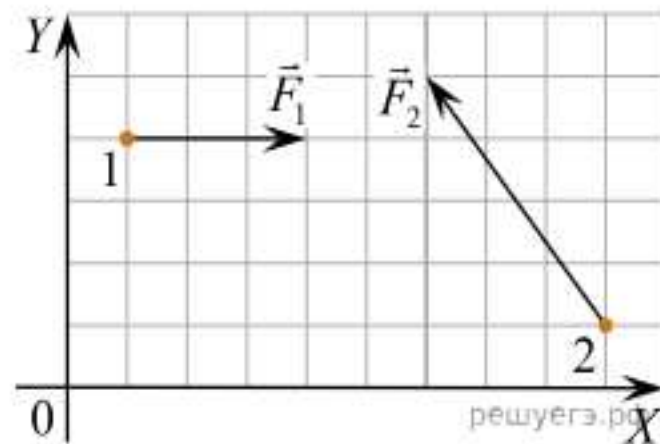
$$\Delta p_1 = F_1 \cdot \Delta t = 3 * 2 = 6 \text{ кг} * \text{м/с}$$

Проекция на ось  $X$  силы  $F_2 = -3 \text{ Н}$ :

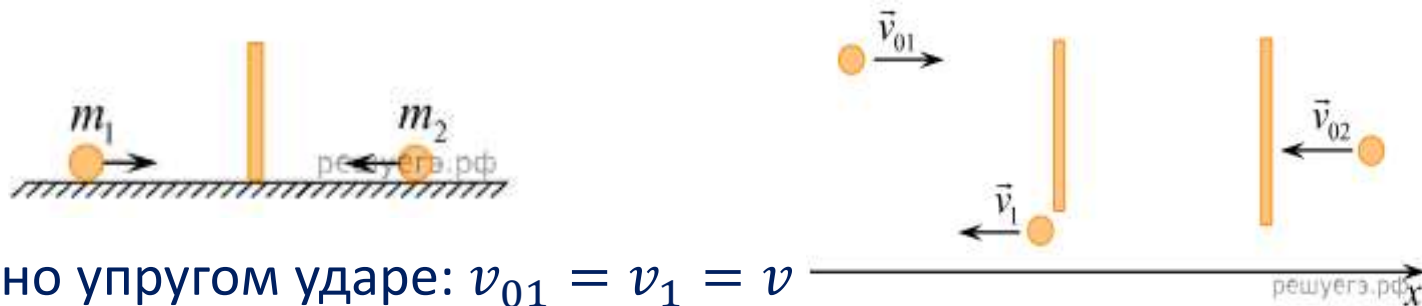
$$\Delta p_2 = F_2 \cdot \Delta t = -3 * 2 = -6 \text{ кг} * \text{м/с}$$

Изменение импульса равно 0

Ответ: 0



14. Два шарика - стальной, массой  $m_1 = 100$  г, и пластилиновый, массой  $m_2 = 50$  г - начинают двигаться по гладкой горизонтальной плоскости вдоль одной прямой по направлению к закреплённой стенке (см. рис.). Скорости шариков одинаковы по модулю и равны  $2$  м/с. Линия движения шариков перпендикулярна стенке. Стальной шарик сталкивается со стенкой абсолютно упруго, а пластилиновый — абсолютно неупруго. Определите модуль полного импульса, который был передан стенке шариками в результате соударения с ней. Ответ дайте в кг · м/с.



При абсолютно упругом ударе:  $v_{01} = v_1 = v$

Изменение импульса стального шарика:

$$\Delta p_{1x} = -m_1 v_1 - m_1 v_{01} = -2m_1 v$$

При абсолютно неупругом ударе  $v_2 = 0$

Изменение импульса пластилинового шарика:

$$\Delta p_{2x} = m_2 v_{02} = m_2 v$$

Импульс, переданный стенке:

$$p_x = \Delta p_{1x} + \Delta p_{2x} = -2m_1 v + m_2 v = v(-2m_1 + m_2) = 0,3 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

Ответ: 0,3