

Урок физики в 10 классе

**Импульс тела.
Закон сохранения
импульса.**



Почему?

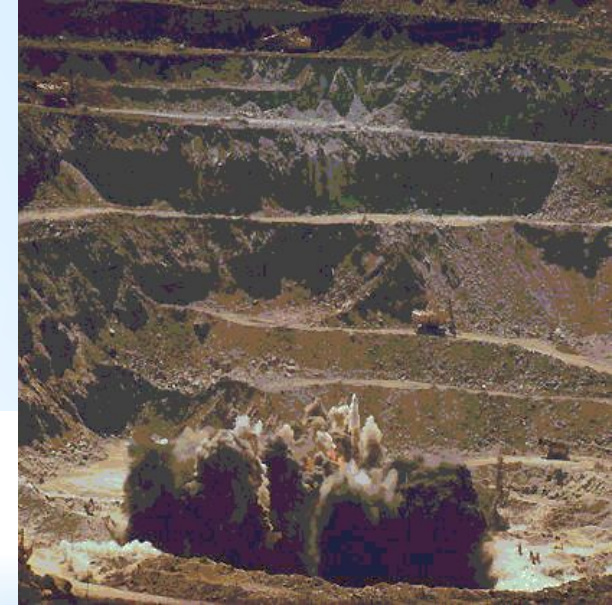
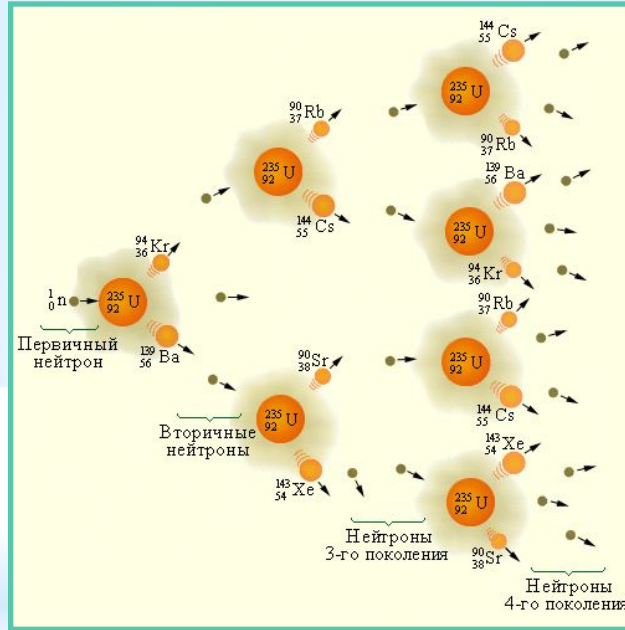
Если мяч, летящий с большой скоростью, футболист может остановить ногой или головой, то вагон, движущийся по рельсам даже очень медленно, человек не остановит.

Стакан с водой находится на длинной полоске прочной бумаги. Если тянуть полоску медленно, то стакан движется вместе с бумагой. А если резко дернуть полоску бумаги - стакан остается неподвижный.

Теннисный мяч, попадая в человека, вреда не причиняет, однако пуля, которая меньше по массе, но движется с большой скоростью (600—800 м/с), оказывается смертельно опасной.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

Значение импульса



Взрывы

Все столкновения атомных ядер, ядерные реакции



Реактивное оружие



Удары при авариях

$$\begin{aligned} \vec{F} &= m \vec{a} \\ \vec{F} &= m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \\ \vec{F}t &= m\vec{v} - m\vec{v}_0 \end{aligned}$$

**Импульс тела и
импульс силы**

Импульс тела и импульс

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot t \text{ — импульс}$$

силы

силы

$$[I] = 1 \text{ Н} \cdot \text{с}$$

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \text{ — импульс}$$

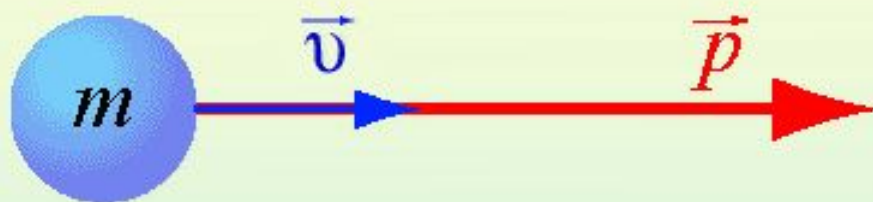
тела

$$[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

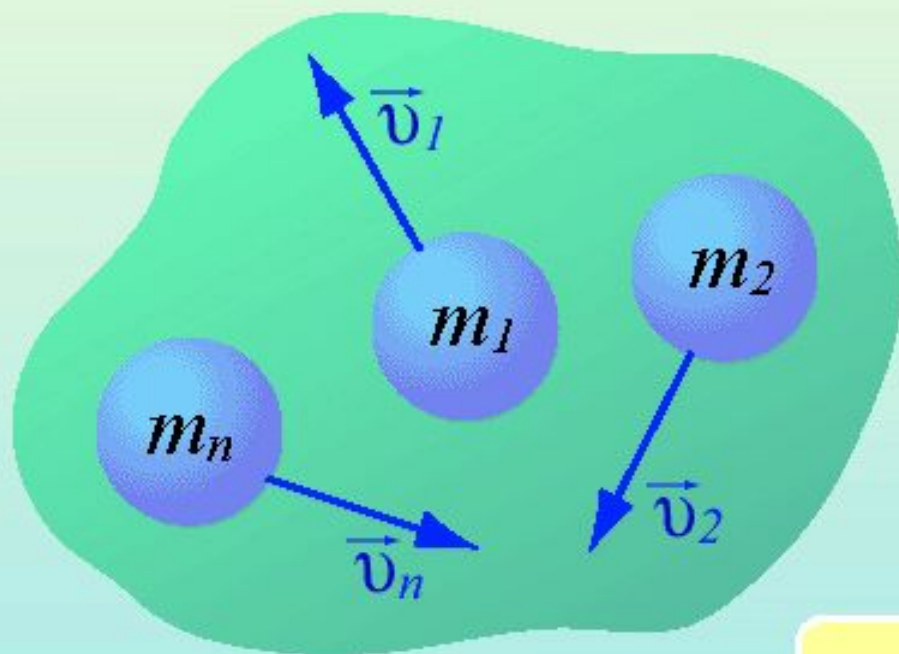
$$\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$$
$$I = \vec{p} - \vec{p}_0 = \Delta\vec{p}$$

Импульс силы равен
изменению импульса тела

Импульс тела – мера механического движения



$$\vec{p} = m\vec{v}$$



$$\vec{p}_{\text{сист}} = \sum_{i=1}^N \vec{p}_i$$

$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_n\vec{v}_n$$

Импульс тела

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

векторная физическая величина,
являющаяся **мерой механического
движения**

p - импульс тела

m - масса

v - скорость тела

$$[p] = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$\vec{p} \uparrow \uparrow \vec{v}$$

Импульс силы

$$\vec{I} = \vec{F} \cdot t$$

векторная физическая
величина, являющаяся
мерой действия силы за
некоторый промежуток
времени

I

- импульс силы

F

- сила

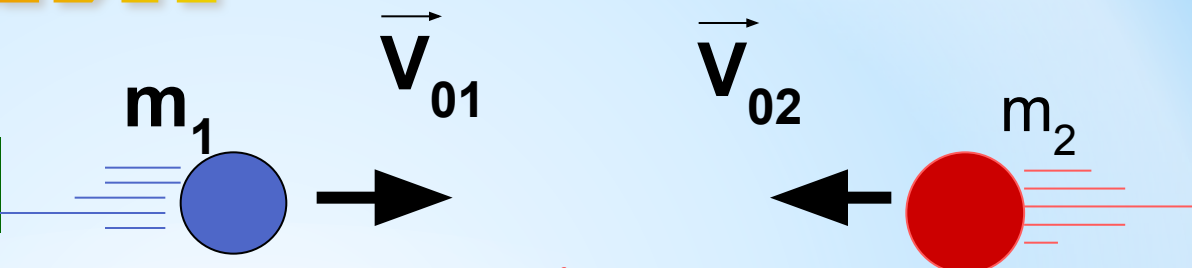
t

- время

$$[I] = 1H \cdot c$$

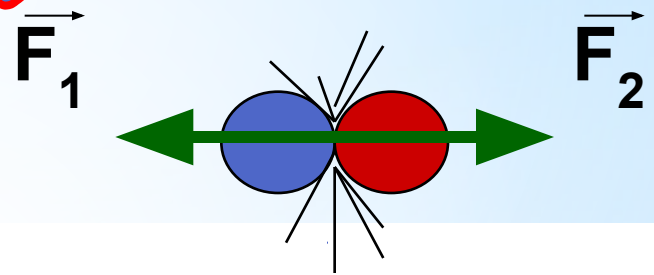
Подумай!

ДО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

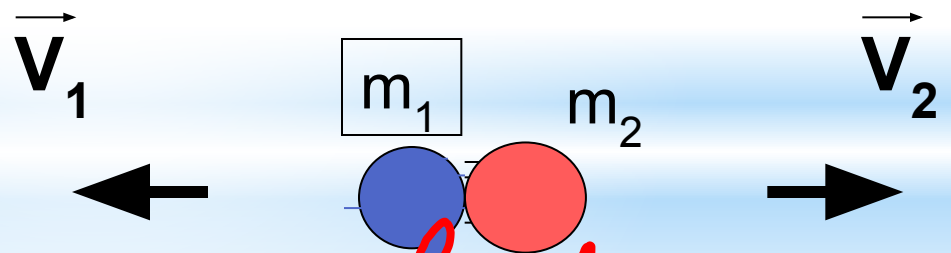


$\vec{v}_{01}, \vec{v}_{02}$ - скорости тел до вз-вие

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ



ПОСЛЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ



\vec{v}_1, \vec{v}_2 - скорости тел после вз-вие

Условие – рассматриваем замкнутую систему тел.

Закон сохранения импульса

$$m_1 \vec{v}_{01} + m_2 \vec{v}_{02} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$$

m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, кг

$\vec{v}_{01}, \vec{v}_{02}$ – скорости тел до столкновения, м/с

\vec{v}_1, \vec{v}_2 – скорости тел после столкновения, м/с

$$m_1 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1 + m_2 v_2$$

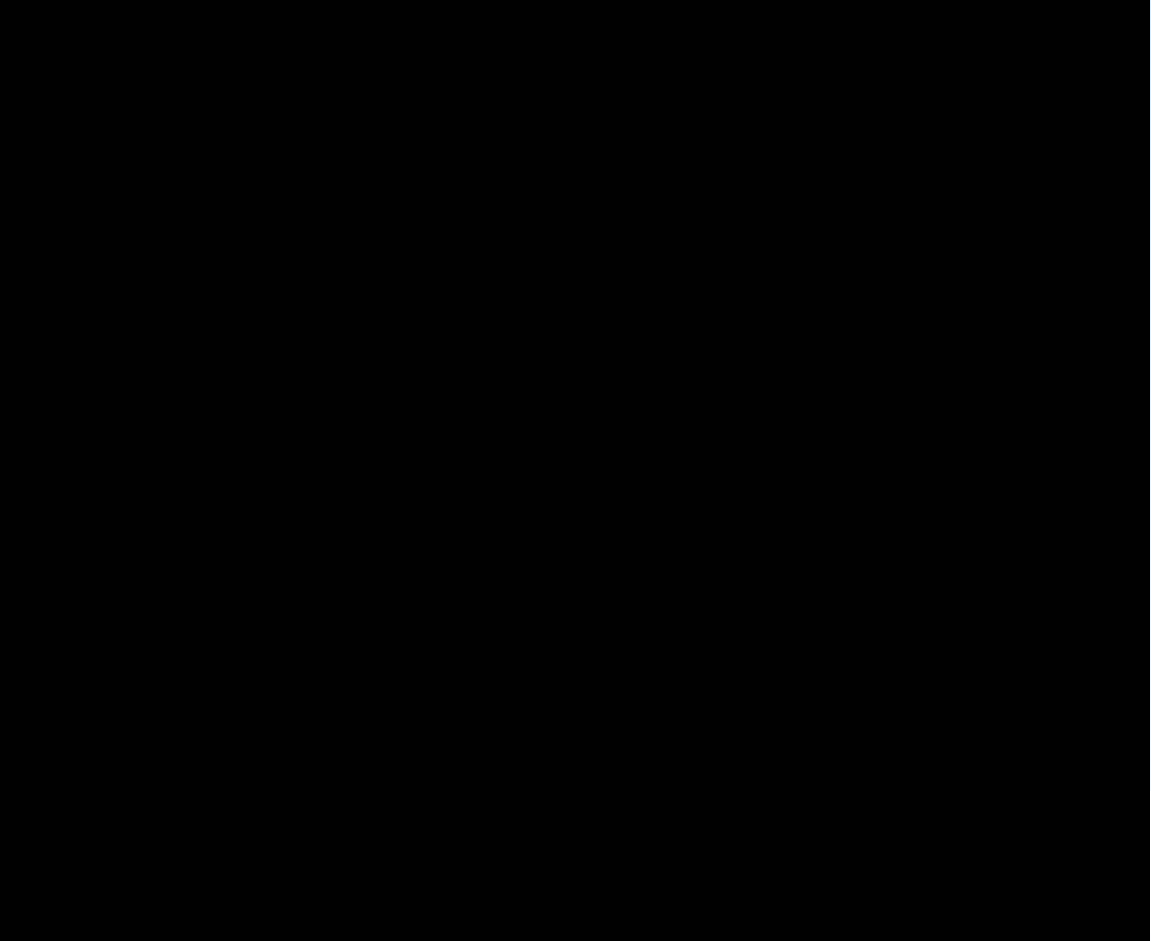
$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

**Векторная сумма
(геометрическая) импульсов
тел в замкнутой системе
остается величиной
постоянной**

Закон можно применять:

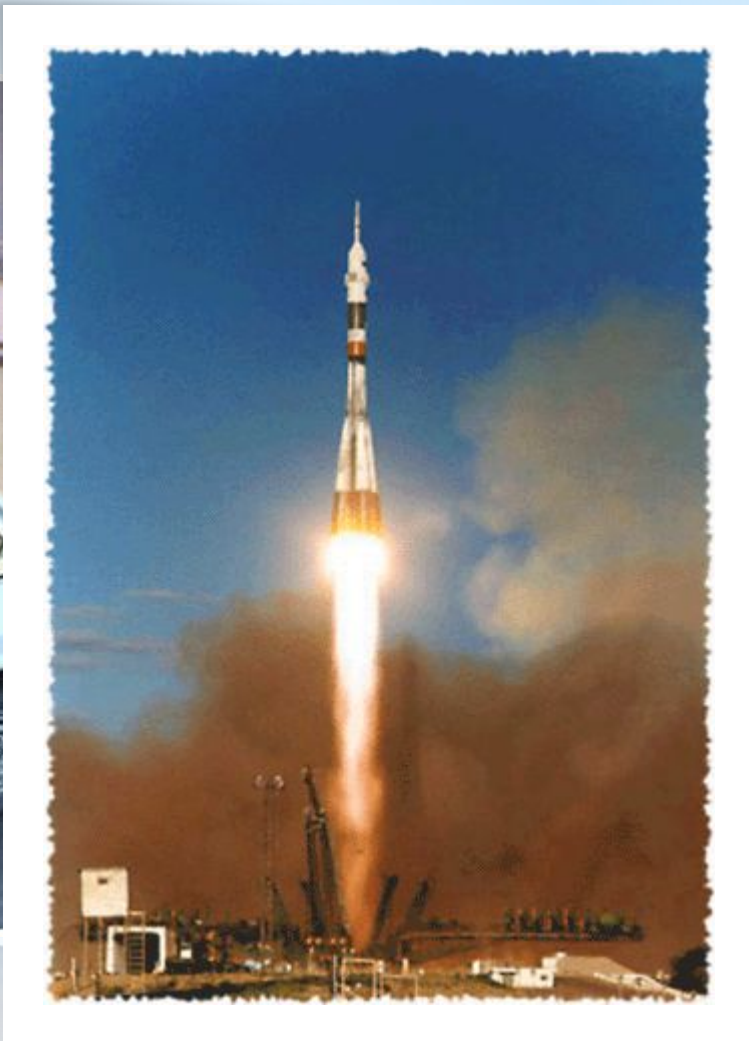
- а) если равнодействующая внешних сил равна нулю;
- б) для проекции на какую-либо ось, если проекция равнодействующей на эту ось равна нулю

**Закон сохранения
импульса**



Применение закона сохранения импульса

Проявление импульса

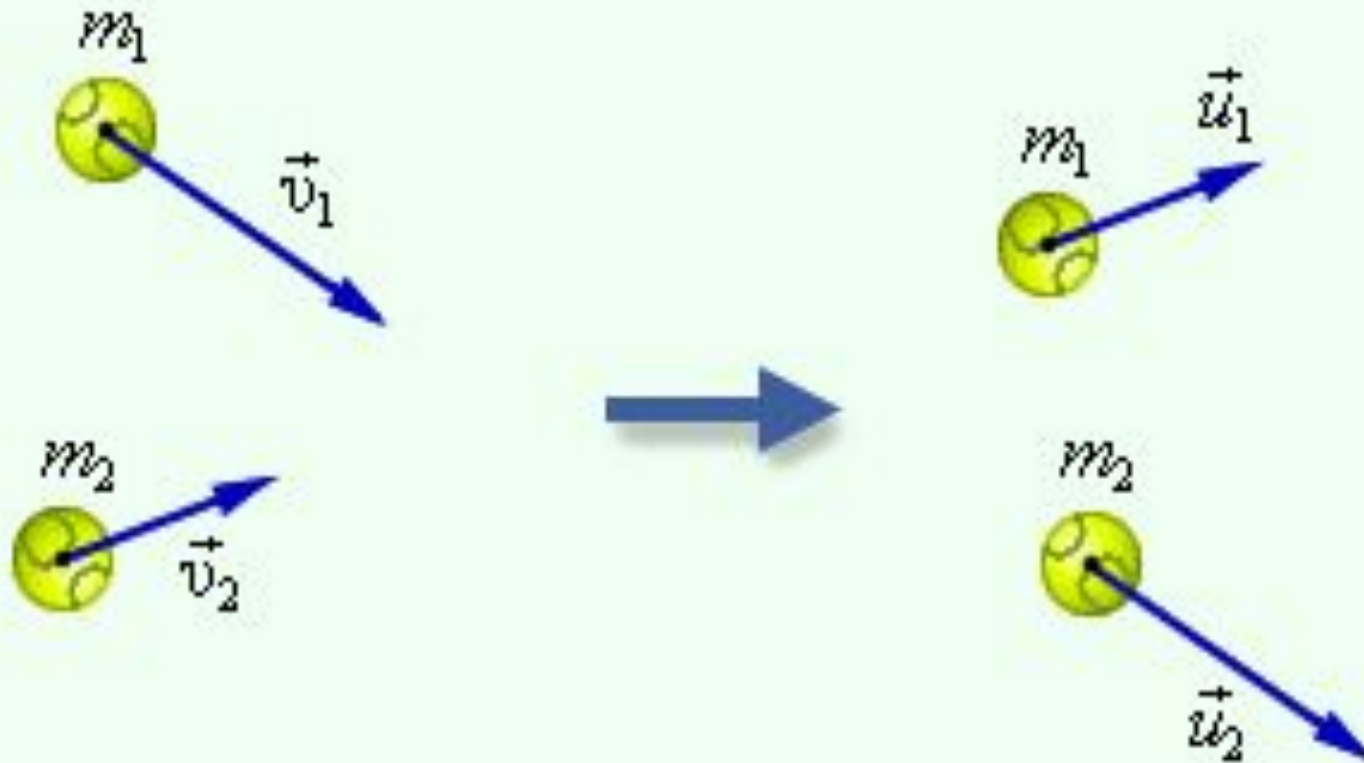


Когда пожарные используют брандспойт, они всегда держат его вдвоем или даже втроем.

Так необходимо поступать, чтобы противодействовать импульсу бьющей струи.



Закон сохранения импульса на примере столкновения



Первые пороховые фейерверочные и сигнальные ракеты были применены в Китае в 10 веке.

В 18 веке при ведении боевых действий между Индией и Англией, а также в Русско-турецких войнах были использованы боевые ракеты



Из истории реактивного движения

Шар Герона



Герон Александрийский – греческий механик и математик. Одно из его изобретений носит название Шар Герона. В шар наливалась вода, которая нагревалась огнем. Вырывающийся из трубки пар вращал этот шар. Эта установка иллюстрирует реактивное движение.



Примеры реактивного движения можно найти в природе. Таким образом передвигаются некоторые морские животные: кальмары и медузы. Человек стал использовать такой способ передвижения только в XX веке.

Живые ракеты

Реактивное движение, используемое ныне в самолетах, ракетах и космических снарядах, свойственно осьминогам, кальмарам, каракатицам, медузам – все они, без исключения, используют для плавания реакцию (отдачу) выбрасываемой струи воды.



В мире растений

В южных странах (и у нас на побережье Черного моря тоже) произрастает растение под названием "бешеный огурец".

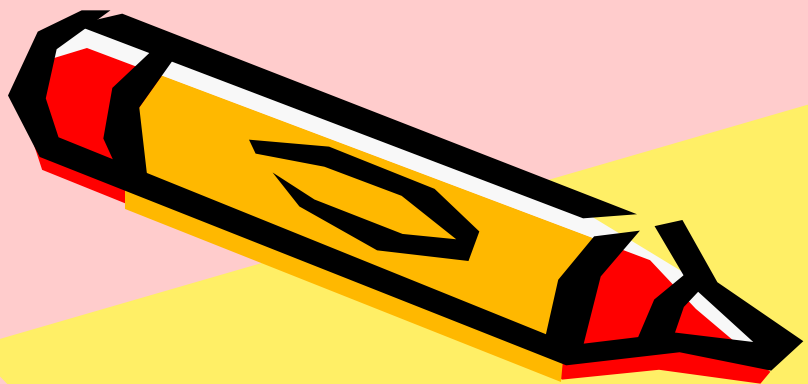
Стреляет бешеный огурец (иначе его называют «дамский пистолет») более чем на 12 м.



Известна старинная легенда о богаче с мешком золотых, который, оказавшись на абсолютно гладком льду озера, замерз, но не пожелал расстаться с богатством. А ведь он мог спастись, если бы не был так жаден!

Достаточно было оттолкнуть от себя мешок с золотом, и богач сам заскользил бы по льду в противоположную сторону по закону сохранения импульса.

А как бы ты поступил на его месте?



РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

по теме

«ЗАКОН

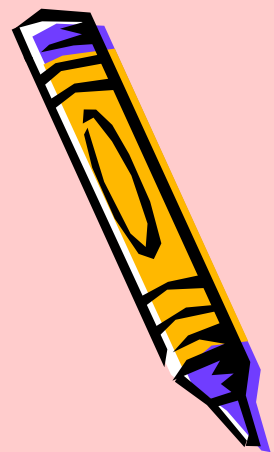
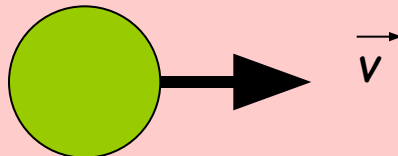
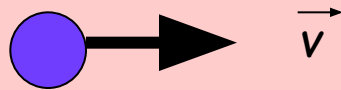
СОХРАНЕНИЯ

ИМПУЛЬСА»

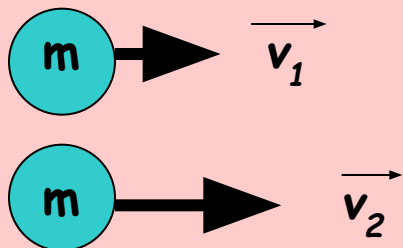


ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ «Импульс тела. Закон сохранения импульса»

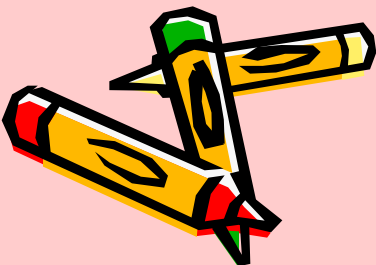
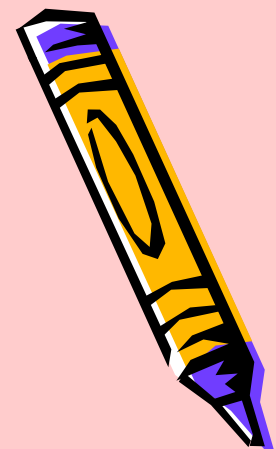
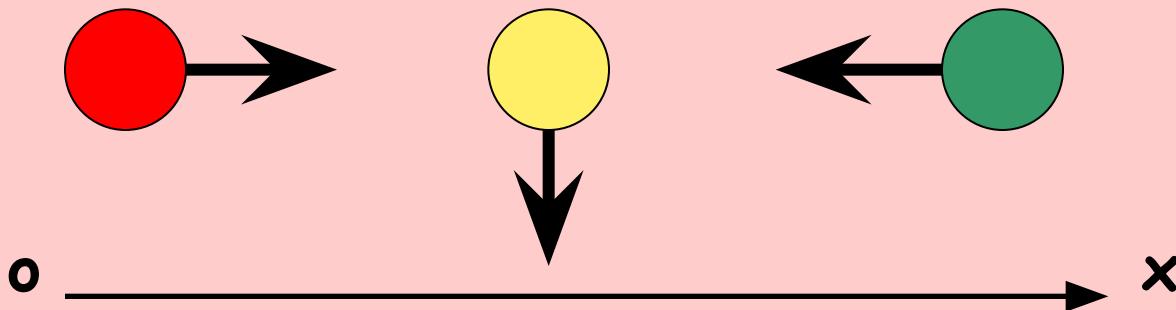
- Дайте понятие импульса тела
- Что принимают за единицу импульса в СИ?
 - Из двух тел различной массы, движущихся с одинаковыми скоростями, импульс которого больше?



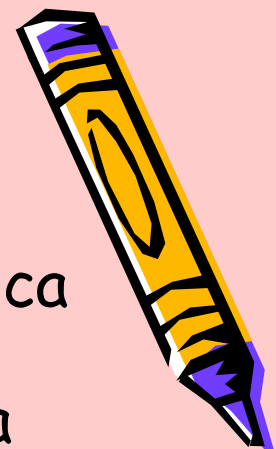
- Из двух тел равной массы, движущихся с различными скоростями, импульс какого больше?



- Определите знаки проекций импульсов тел.



- Какую систему тел называют замкнутой?
- Сформулируйте закон сохранения импульса
 - Человек сидит в лодке, покоящейся на поверхности воды. Что произойдёт с лодкой, если человек начнёт переходить с кормы на нос лодки?
 - Две материальные точки равной массы движутся навстречу друг другу с равными по модулю скоростями.
Чему равен импульс системы точек?

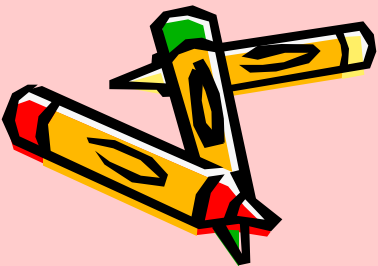
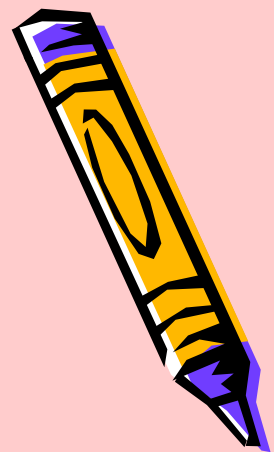


• Орудие при выстреле испытывает отдачу.
Одинаковы ли по модулю:

- а) импульсы орудия и снаряда?
- б) скорости орудия и снаряда?

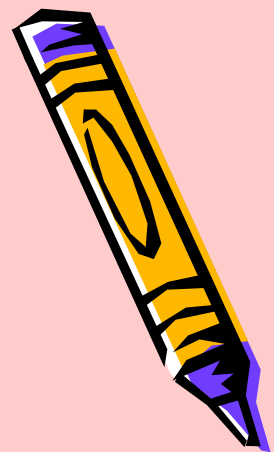
• На одинаковое ли расстояние можно
бросить камень вперёд:

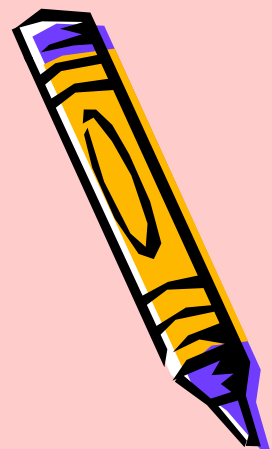
- а) стоя на земле?
- б) стоя на коньках на льду?



ПЛАН РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

- 1) Сделать рисунок, на котором обозначить направления оси координат, векторов скорости тел до и после взаимодействия
- 2) Записать в векторном виде закон сохранения импульса
- 3) Записать закон сохранения импульса в проекции на ось координат
- 4) Из полученного уравнения выразить неизвестную величину и найти её значение





• На вагонетку массой 800 кг, катящуюся по горизонтальному пути со скоростью 0,2 м/с, насыпали сверху 200 кг щебня. Какой стала после этого скорость вагонетки?

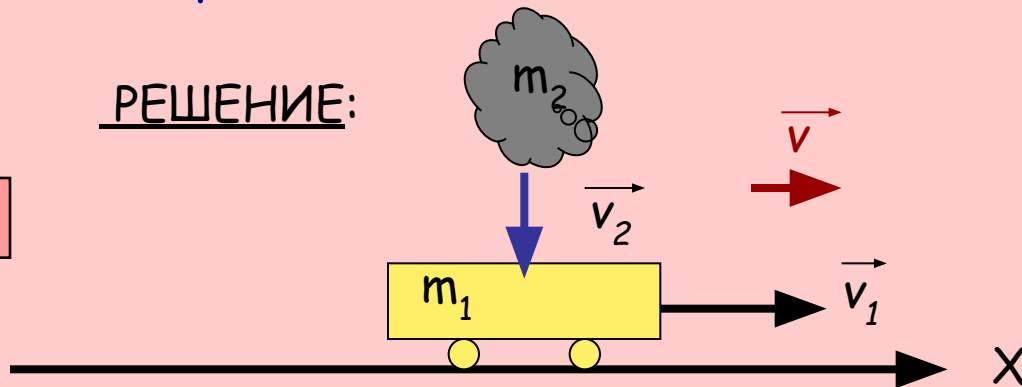
ДАНО:

$$\begin{aligned} m_1 &= 800 \text{ кг} \\ m_2 &= 200 \text{ кг} \\ V_1 &= 0,2 \text{ м/с} \end{aligned}$$

$V - ?$

РЕШЕНИЕ:

1.



2.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

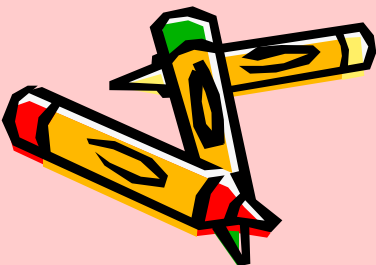
3.

В проекции на ось OX : $m_1 v_1 + 0 = (m_1 + m_2) v$

4.

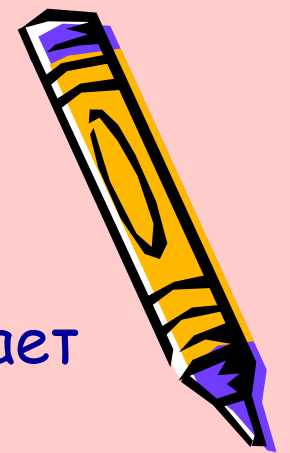
$$V = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} = \frac{800 \text{ кг} \cdot 0,2 \text{ м/с}}{800 \text{ кг} + 200 \text{ кг}} = 0,16 \text{ м/с}$$

Ответ: 0,16 м/с

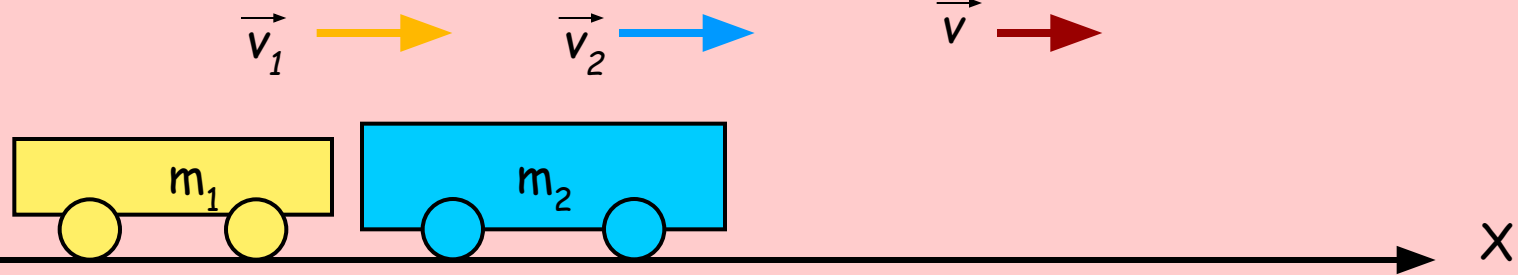


• Вагон массой 20 т, движущийся со скоростью 0,3 м/с, нагоняет вагон массой 30 т, движущийся со скоростью 0,2 м/с.

Какова скорость вагонов после того, как сработает сцепка?



1.



2.

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

3.

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

4.

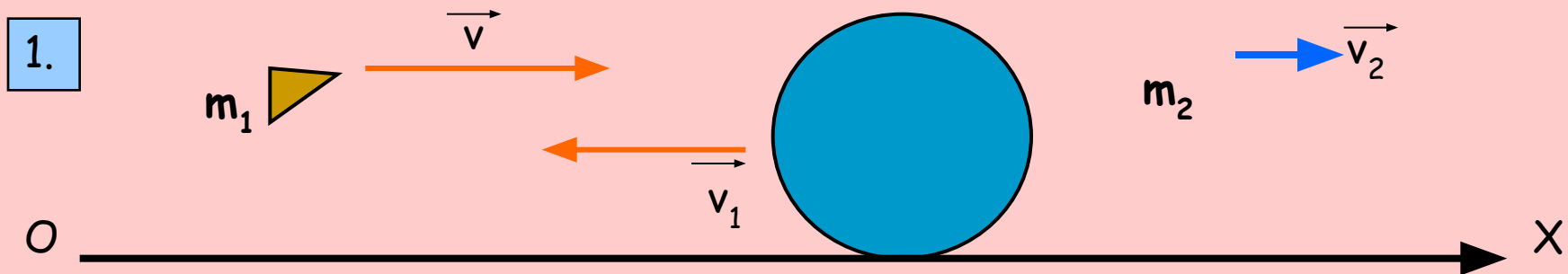
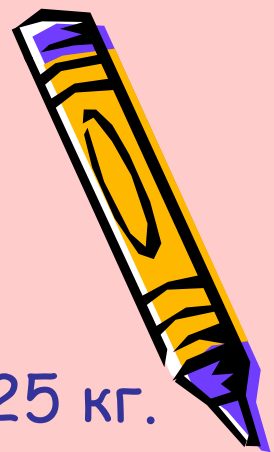
$$v = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{20\,000 \text{ кг} \cdot 0,3 \text{ м/с} + 30\,000 \text{ кг} \cdot 0,2 \text{ м/с}}{20\,000 \text{ кг} + 30\,000 \text{ кг}} =$$

$$= 0,24 \text{ м/с}$$

ОТВЕТ: 0,24 м/с



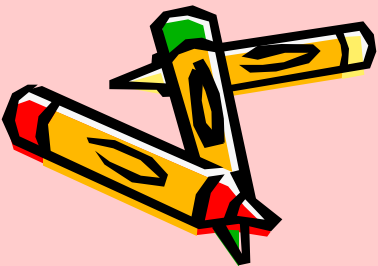
- Какую скорость приобретёт лежащее на льду чугунное ядро, если пуля, летящая горизонтально со скоростью 500 м/с, отскочит от него и будет двигаться в противоположном направлении со скоростью 400 м/с? Масса пули 10 г, масса ядра 25 кг.



2. $m_1 \vec{v} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2$

3. $m_1 v = -m_1 v_1 + m_2 v_2$

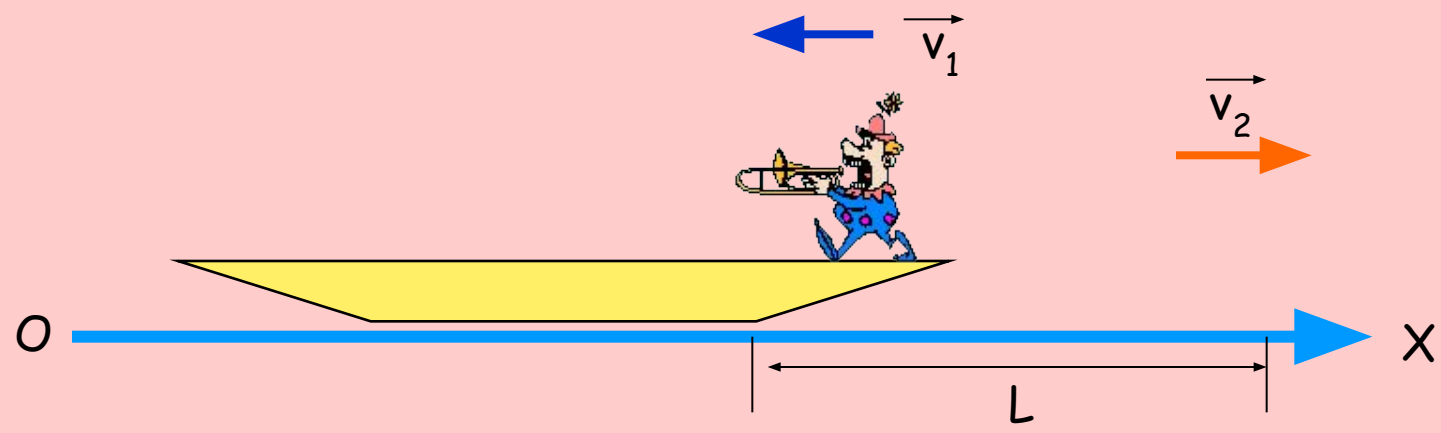
4.
$$v_2 = \frac{m_1 v + m_1 v_1}{m_2} = \frac{0,01 \text{ кг} (500 \text{ м/с} + 400 \text{ м/с})}{25 \text{ кг}} = 0,36 \text{ м/с}$$





• Человек, массой 80 кг переходит с носа на корму в покоящейся лодке длиной $s = 5$ м. Какова масса лодки, если она за время этого перехода переместилась в стоячей воде на $L = 2$ м? Сопротивление воды не учитывать.

1.



2.

$$0 = m_1 \vec{v}_1 + (m_1 + m_2) \vec{v}_2$$

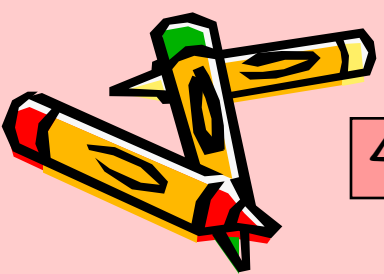
3.

$$0 = -m_1 v_1 + (m_1 + m_2) v_2$$
$$0 = -m_1 s/t + (m_1 + m_2) L/t$$

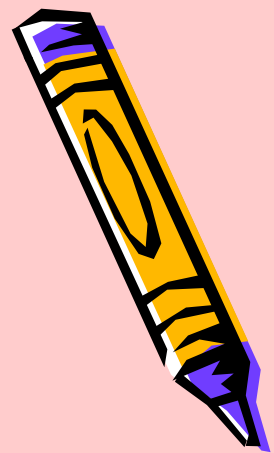
$$V = s/t$$

4.

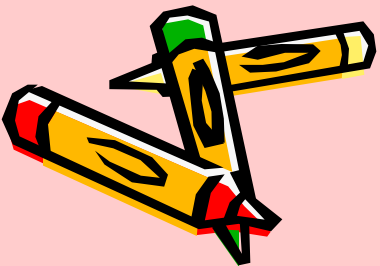
$$m_2 = m_1 s/L - m_1 = 80 \text{ кг} \cdot 5 \text{ м} / 2 \text{ м} - 80 \text{ кг} = 120 \text{ кг}$$



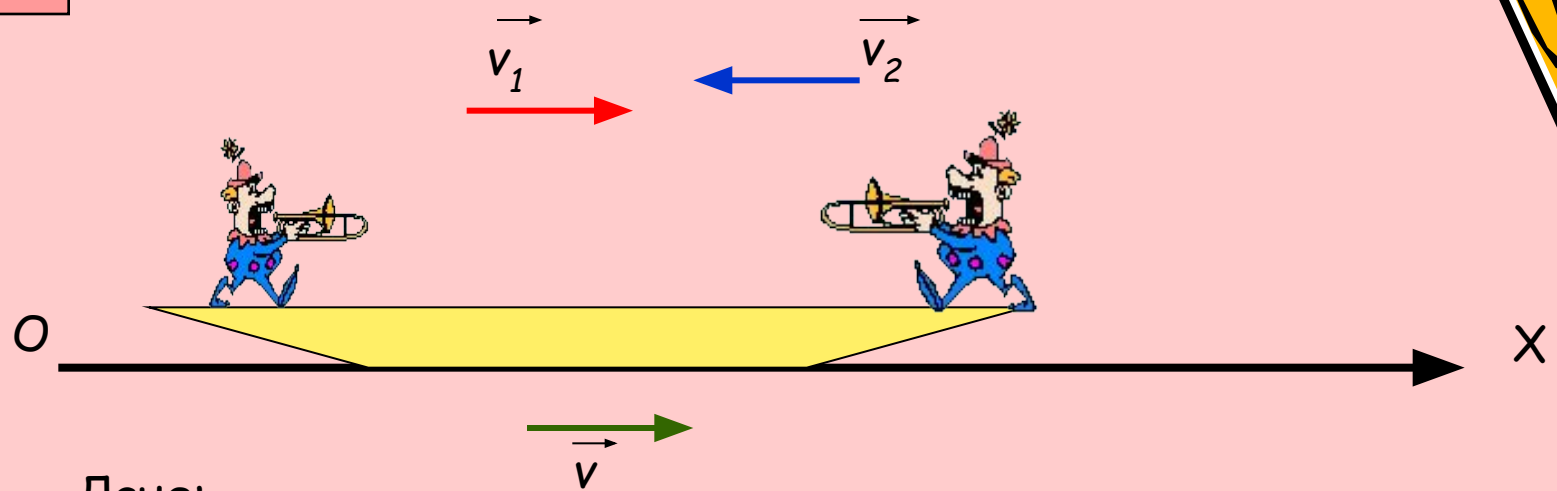
Решите самостоятельно



- Два человека массами 60 кг и 90 кг стоят на носу и на корме в лодке, покоящейся на поверхности озера. Они решают поменяться местами. На какое расстояние сместится при этом лодка, если ее длина 5 м, а масса 150 кг?



1.



Дано:

- $m = 150 \text{ кг}$
- $m_1 = 60 \text{ кг}$
- $m_2 = 90 \text{ кг}$
- $L = 5 \text{ м}$

- $S = ?$

2.

$$0 = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + (m_1 + m_2 + m) \vec{v}$$

3.

$$0 = m_1 v_1 - m_2 v_2 + (m_1 + m_2 + m) v$$

$$V = s/t$$

Пути, пройденные людьми, одинаковы и равны L , путь лодки s , поэтому :

$$0 = m_1 L/t - m_2 L/t + (m_1 + m_2 + m) s / t$$

4.

$$s = \frac{(m_2 - m_1) L}{m_1 + m_2 + m} = 0,5 \text{ м}$$



ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

На горизонтальной поверхности находится тележка массой 20 кг, на которой стоит человек массой 60 кг. Человек начинает двигаться вдоль тележки с постоянной скоростью, тележка при этом начинает катиться без трения. Модуль скорости тележки относительно поверхности

- 1) больше модуля скорости человека относительно поверхности
- 2) меньше модуля скорости человека относительно поверхности
- 3) равен модулю скорости человека относительно поверхности
- 4) может быть как больше, так и меньше модуля скорости человека относительно поверхности

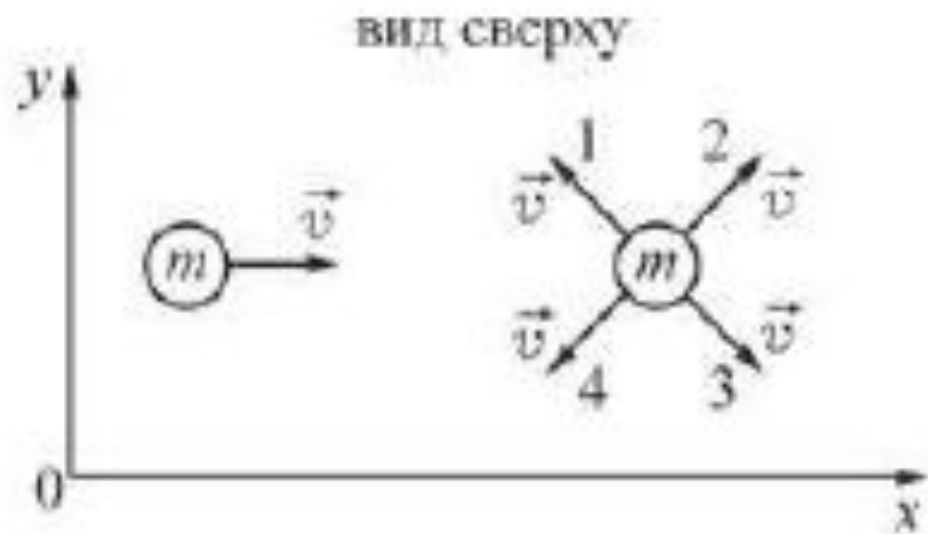
Легковой автомобиль и грузовик движутся со скоростями $u_1 = 108$ км/ч и $u_2 = 54$ км/ч соответственно. Их массы соответственно $m_1 = 1000$ кг и $m_2 = 3000$ кг.

На сколько импульс грузовика больше импульса легкового автомобиля?

- 1) на 15000 кг·м/с
- 2) на 45000 кг·м/с
- 3) на 30000 кг·м/с
- 4) на 60000 кг·м/с

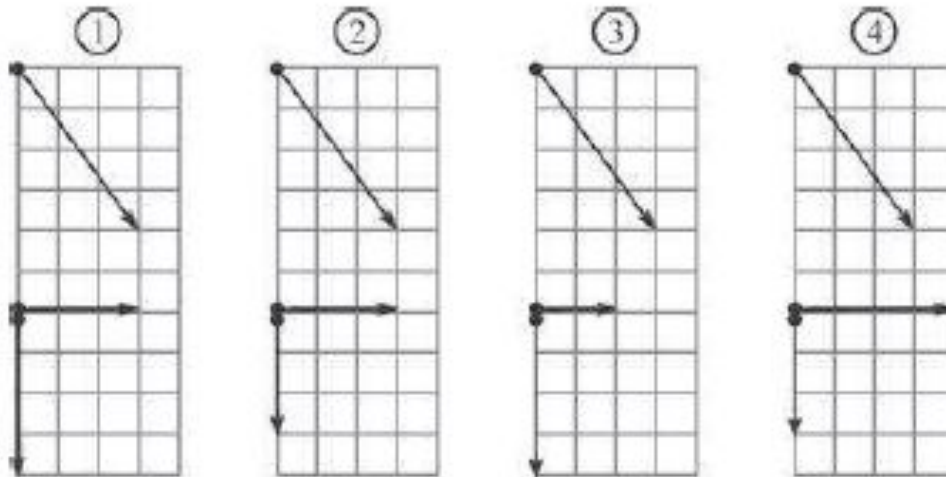
Два шарика одинаковой массой m движутся с одинаковыми по модулю скоростями вдоль горизонтальной плоскости XOY . Известно, что для системы тел, включающей оба шарика, проекция импульса на ось OY больше нуля, а модуль проекции импульса на ось OX больше модуля проекции импульса на ось OY . В этом случае направление скорости второго шарика должно совпадать с направлением, обозначенным цифрой

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

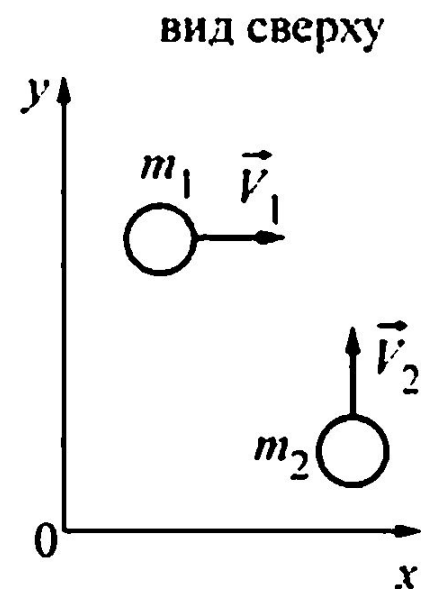


Шар скользит по столу и налетает на второй такой же покоящийся шар. Ученики изобразили векторы импульсов шаров до соударения (верхняя часть рисунка) и после него (нижняя часть рисунка). Какой рисунок выполнен правильно?

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4



По гладкой горизонтальной плоскости движутся два тела массами m_1 и m_2 со скоростями v_1 и v_2 . В результате соударения тела слипаются и движутся как единое целое. Проекция импульса этой системы на ось Ox после соударения будет

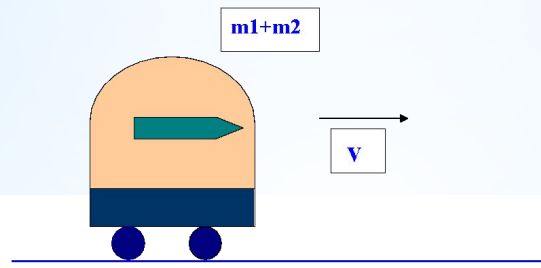
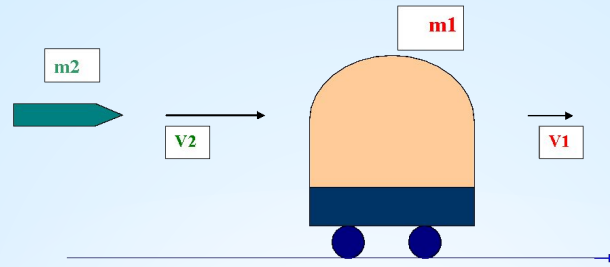


- 1) больше $m_1 v_1$
- 2) меньше $m_2 v_2$
- 3) равна $m_1 v_1 + m_2 v_2$
- 4) равна $m_1 v_1$

№1. По железнодорожному полотну движется платформа с песком массой 20 т со скоростью 1 м/с. Её догоняет горизонтально летящий со скоростью 800 м/с снаряд массой 50 кг и врезается в песок без взрыва. С какой скоростью будет двигаться платформа с застрявшим в песке снарядом?

Решение задач

Задача 1



Дано:

$$m_1 = 2000 \text{ кг}$$

$$m_2 = 50 \text{ кг}$$

$$v_1 = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v_2 = 800 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$v = ?$$

* Домашнее задание

- 1) Почему пуля, вылетевшая из ружья, не может отворить дверь, но пробивает в ней отверстие, тогда, как давлением пальца дверь открыть легко, но проделать отверстие невозможно.
- 2) Начинаящий ковбой, накинув лассо на бегущего быка, отрывка полетел вперёд со скоростью 5 м/с , а скорость быка уменьшилась с 9 м/с до 8 м/с . Какова масса быка, если масса ковбоя 70 кг ?
- 3) На гладком льду стоит спортсмен (его масса 80 кг) на коньках и держит в руках ядро массой 8 кг . Затем он бросает ядро горизонтально; последнее приобретает при этом скорость 20 м/с относительно льда. С какой скоростью будет двигаться спортсмен после толчка?

Задача №3

На гладком льду стоит спортсмен (его масса 80 кг) на коньках и держит в руках ядро массой 8 кг. Затем он бросает ядро горизонтально; последнее приобретает при этом скорость 20 м/с относительно льда. С какой скоростью будет двигаться спортсмен после толчка?