

**Импульс тела.
Закон сохранения
импульса**





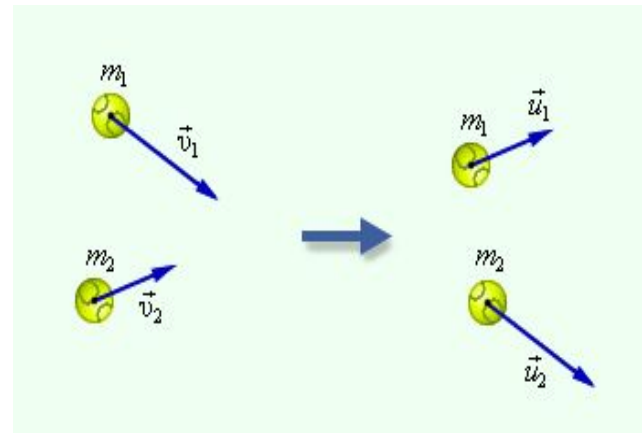
ФИЗИЧЕСКИЙ СЛОВАРИК

- **ИМПУЛЬС(ОТ ЛАТИНСКОГО impulsus – толчок к чему-либо, пробуждение, стремление, быстрый скачок)**

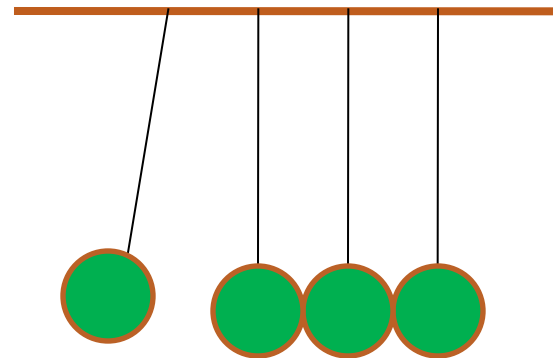
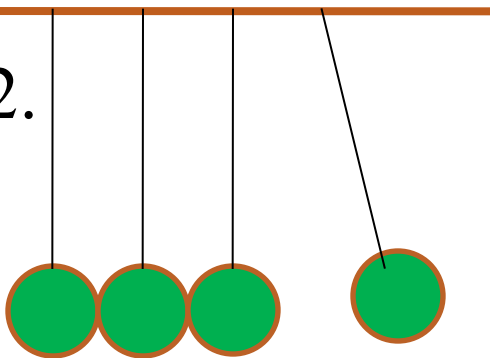


УПРУГИЙ УДАР

1. При упругом столкновении двух тел оба тела приобретают новые скорости



□ 2.





НЕУПРУГИЙ УДАР

- При неупругом ударе тела соединяются и после удара движутся вместе.
- (если тела движутся навстречу друг другу, то ставится «-», если одно тело догоняет другое, то ставится «+»)



СИЛА И СКОРОСТЬ

- ▣ Задача механики – описание движения тел, решается с помощью II з. Ньютона. Существуют случаи, когда силу невозможно измерить, например, **столкновения тел**.
- ▣ Тогда удобнее рассчитывать изменение скорости тел, т.к. сила вызывает изменение скорости. Движение тел до удара и после удара будем считать **равномерными**.



Импульс тела

Определение :

Импульс – векторная физическая величина, равная произведению массы тела на его скорость.

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

(кг · м / с)

Направление импульса *совпадает* с направлением скорости.

Единица измерения импульса *кг·м/с*

Если тело покоится , то импульс равен нулю

Логическая схема «Вывод соотношения между импульсом силы и импульсом тела»

1. Из второго закона Ньютона

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (1)$$

2. Используем формулу ускорения

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (2)$$

3. Подставляем формулу (1) в формулу (2)

$$\vec{F} = m \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t} \quad (3)$$

4. Раскрываем скобки и переносим время t в левую часть уравнения

5. Получаем соотношение между импульсом силы и импульсом тела

$$\begin{aligned} \vec{F} t &= \Delta \vec{p} \\ \vec{F} &= \frac{\Delta \vec{p}}{t} \end{aligned} \quad (4)$$



Определение

Импульсом силы называют произведение силы на время ее действия. Изменение импульса тела равно произведению силы на время ее действия:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \Delta t \quad (\text{Н} \cdot \text{с})$$

ЗАДАЧА

- ▣ Шарик массой 100г, летящий со скоростью 20м/с, упруго ударяется о стенку и отскакивает от нее с такой же скоростью.

Найти *изменение* импульса шарика

Решение

$$\Delta p = p_2 - p_1 = mv - (-mv) = 2mv$$

$$\Delta p = 2 \cdot 0,1 \cdot 20 = \mathbf{4 \text{ кг} \cdot \text{м/с}}$$

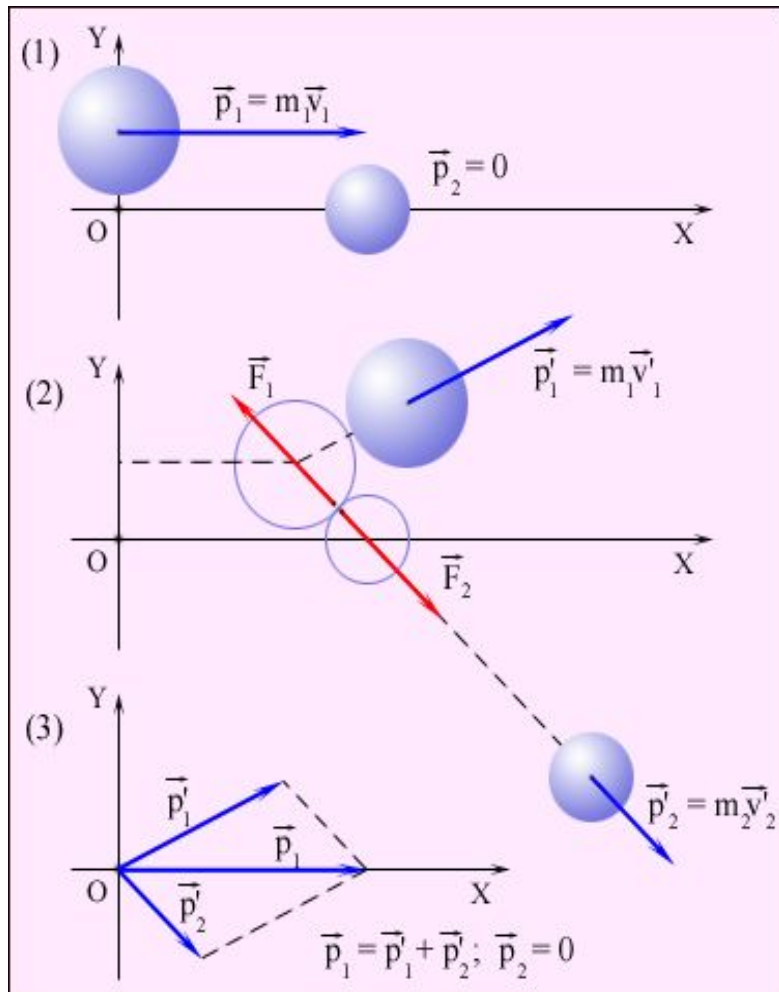
ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

- ▣ *Сумма импульсов тел до взаимодействия равна сумме импульсов тел после взаимодействия*

$$\vec{m}_1 \vec{v}_1 + \vec{m}_2 \vec{v}_2 = \vec{m}_1 \vec{v}_1' + \vec{m}_2 \vec{v}_2'$$

В задачах рассматривается система из двух тел, внешние силы отсутствуют
(замкнутая система)

Закон сохранения импульса



$$\vec{F}_2 = -\vec{F}_1, \quad \vec{F}_2^t = -\vec{F}_1^t.$$

$$\vec{F}_1^t = m_1 \vec{v}_1' - m_1 \vec{v}_1; \quad \vec{F}_2^t = m_2 \vec{v}_2' - m_2 \vec{v}_2,$$

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

В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

ПРИМЕРЫ ПРОЯВЛЕНИЯ ЗСИ

- ▣ Следствием закона сохранения импульса является реактивное движение.
- ▣ Для осуществления реактивного движения не требуется взаимодействия с внешними телами.

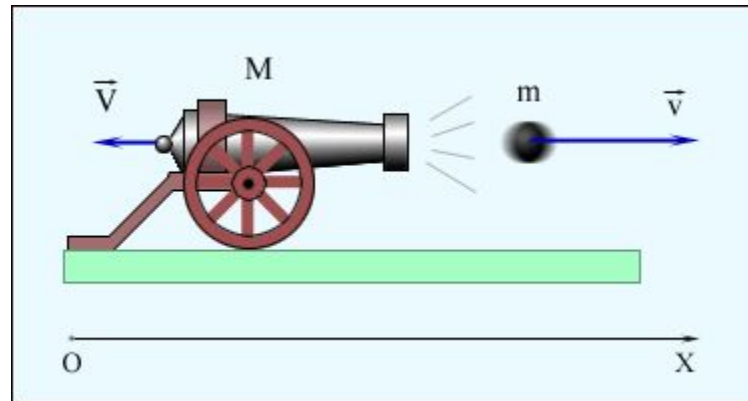


Применение закона сохранения импульса

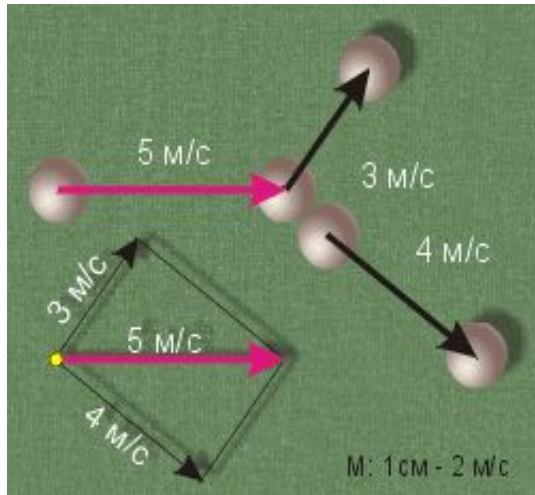
импульса

При стрельбе из орудия возникает отдача – снаряд движется вперед, а орудие – откатывается назад. Снаряд и орудие – два взаимодействующих тела.

$$MV + mv = 0; \quad V = -\frac{m}{M}v.$$



Пример задачи:



- Рассмотрим два взаимодействующих тела, например, бильярдные шары. Запишем для них формулу третьего закона Ньютона
- $F_1 = -F_2$
- и выведенную нами формулу:
- $F_{1*\Delta}t = m_{1v1} - m_{1v01}$ и
- $F_{2*\Delta}t = m_{2v2} - m_{2v02}$
- Подставив два последних равенства в формулу третьего закона Ньютона и проведя преобразования, получим: $m_2 v_{01} + m_2 v_{02} = m_1 v_1 + m_2 v_2$
- Это утверждение называют **законом сохранения импульса**: *сумма импульсов тел до взаимодействия равна сумме их импульсов после взаимодействия.* Однако закон справедлив лишь в том случае, если рассматриваемые тела взаимодействуют только друг с другом.
- Быстро летящие бильярдные шары можно приблизительно считать взаимодействующими только друг с другом. Поэтому на чертеже выполняется векторное равенство: $5 \text{ м/с} = 3 \text{ м/с} + 4 \text{ м/с}$

ОБРАЗЕЦ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Дано:

Решение

$$m_1 = 130 \text{ т}$$

$$v_1 = 2 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 0$$

$$m_2 = 1170 \text{ т}$$

$$m_3 = m_1 + m_2$$

$$v = ?$$

До взаимодействия (рис. 52, а).
После взаимодействия (рис. 52, б).
По закону сохранения импульса проекции вектора полного импульса системы из тепловоза и состава на ось координат, направленную по вектору скорости, до и после сцепления одинаковы:

$$m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x} = m_3 v_{3x}$$

Найдем эти проекции: $m_1 v_{1x} = m_1 v_1$; $m_2 v_{2x} = 0$;

$$m_3 v_{3x} = m_3 v_3.$$

Следовательно, $m_1 v_1 = (m_1 + m_2) v_3$,

$$\text{отсюда } v_3 = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2};$$

$$v_3 = \frac{1,3 \cdot 10^5 \text{ кг} \cdot 2 \text{ м/с}}{1,17 \cdot 10^6 \text{ кг} + 1,3 \cdot 10^5 \text{ кг}} = 0,2 \text{ м/с}.$$

Ответ: скорость тепловоза и состава после сцепления равна 0,2 м/с.

Тепловоз массой 130 т приближается со скоростью 2 м/с к неподвижному составу массой 1170 т. С какой скоростью будет двигаться состав после сцепления с тепловозом?

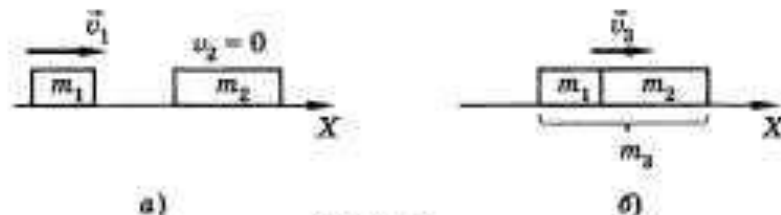


Рис. 52

Циолковский Константин Эдуардович (1857–1935)



Русский ученый и изобретатель, основоположник современной космонавтики. Труды в области аэро- и ракетодинамики, теории самолета и дирижабля.

РЕАКТИВНОЕ ДВИЖЕНИЕ

— движение тела при отделении от него некоторой массы

$$0 = m_1v_1 - m_2v_2 \quad \text{или} \quad m_1v_1 = m_2v_2$$

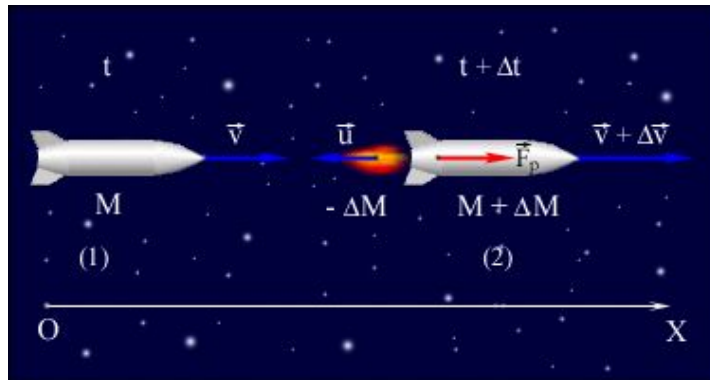
Например: а) выстрел из ружья

б) полет ракеты

? Зачем нужно прижимать приклад ружья к плечу в момент выстрела?

Применение закона сохранения импульса

На принципе отдачи основано **реактивное движение**. В **ракете** при сгорании топлива газы, нагретые до высокой температуры, выбрасываются из сопла с большой скоростью относительно ракеты.



$$v = u \ln \left(\frac{M_0}{M} \right),$$

ЗАКРЕПЛЕНИЕ МАТЕРИАЛА

- ▣ У какого тела модуль импульса больше: у спокойно идущего слона или летящей пули
- ▣ Каким максимальным импульсом можете обладать вы?
- ▣ Приведите примеры, когда вы передавали часть своего импульса другим телам

Решить задачи (выслать решения до 14:00)

- Летящая пуля массой 10г ударяется в брусок массой 390г и застревает в нем. Найти скорость бруска, если скорость пули 200м/с.
- На горизонтальной плоскости сделан выстрел из винтовки. Ствол винтовки был поднят под углом 30° к горизонту, и пуля массой 10 г попала в вагончик массой 2 кг, шедший со скоростью 1 м/с навстречу пуле. Определите скорость вагончика после удара пули, если известно, что она попадает в него на расстоянии 100 м от места выстрела и что конец ствола и вагончик находятся на одном уровне. Как изменится ответ, если в момент удара пули вагончик будет удаляться от места выстрела?
- Дрезина массой 400 кг движется со скоростью 4 м/с, а навстречу ей со скоростью 2 м/с едет дрезина массой 60 кг. После неупругого соударения дрезины движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться дрезины?
- Хоккеист массой $M = 70$ кг стоит на льду и бросает в горизонтальном направлении шайбу массой $m = 170$ г со скоростью $v = 10$ м/с относительно льда. На какое расстояние S откатится при этом хоккеист, если коэффициент трения равен 0,02.
- Реактивный двигатель каждую секунду выбрасывает 100 кг продуктов сгорания топлива со скоростью 3 км/с относительно ракеты. Какую скорость развивает ракета если ее масса 4730кг, а на старте она находится 10с?

ТЕСТ

- *Импульсом тела называют величину равную*
 - А) произведению массы тела на силу;
 - Б) отношению массы тела к его скорости
 - В) произведению массы тела на его скорость.
 - Г) произведение массы на ускорение

- *Импульс тела всегда направлен*
 - А) перпендикулярно скорости
 - Б) сонаправлен скорости
 - В) противоположен скорости
 - Г) совпадает с ускорением

2. Если на тело не действует сила, то импульс тела

- А) не изменяется
- Б) увеличивается
- В) уменьшается
- Г) равен нулю

2. Если на тело действует сила, то импульс тела:

- А) не изменяется
- Б) только увеличивается
- В) только уменьшается
- Г) может и

ТЕСТ

3. Когда ступень ракеты отделяется от космического корабля, она получает некоторый импульс p_0 . Какой импульс p получает при этом космический корабль?

- А) $p = p_0$ Б) $p < p_0$
В) $p > p_0$ Г) $p = 0$

3. При выстреле из ружья пуля получает импульс p_1 , а ружьё за счет отдачи приобретает импульс p_2 . Сравните импульсы обоих тел

- А) $p_1 > p_2$ Б) $p_1 < p_2$
В) $p_1 = p_2$ Г) $p_1 = p_2 = 0$

4. Мяч массой m брошен вверх с начальной скоростью v . Каково изменение импульса мяча за время движения от начала до возвращения в исходную точку?

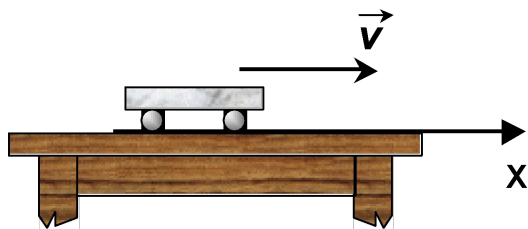
- А) mv Б) $-mv$ В) $2mv$
Г) 0

4. Два автомобиля с одинаковой массой m движутся со скоростями v и $2v$ относительно Земли. Чему равен модуль импульса второго автомобиля относительно первого?

- А) $3mv$ Б) $2mv$ В) mv Г) 0

Вопрос №5

1 вариант



Тележка массой $0,1$ кг движется равномерно по столу со скоростью 5 м/с, так как изображено на рисунке. Чему равен её импульс и как направлен вектор импульса?

- 1) $0,5$ кг·м/с, вправо
- 2) $0,5$ кг·м/с, влево
- 3) $5,0$ кг·м/с, вправо
- 4) 50 кг·м/с, влево
- 5) 50 кг·м/с, вправо

2 вариант

Автомобиль массой 1 тонна, движется прямолинейно со скоростью 20 м/с. Импульс автомобиля равен...

- 1) $0,5 \cdot 10^3$ кг·м/с
- 2) $1 \cdot 10^4$ кг·м/с
- 3) $2 \cdot 10^4$ кг·м/с
- 4) 20 кг·м/с
- 5) 50 кг·м/с

Вопрос №6

1 вариант

Материальная точка массой 1 кг двигалась по прямой и под действием силы в 20 Н изменила свою скорость на 40 м/с . За какое время это произошло?

- 1) $0,5 \text{ с}$
- 2) 5 с
- 3) 2 с
- 4) $0,2 \text{ с}$
- 5) 20 с

2 вариант

Автомобиль, первоначально двигавшийся со скоростью 20 м/с , после выключения двигателя остановился через 3 секунды . Сила сопротивления, действовавшая на автомобиль при торможении равна 6000 Н . Масса автомобиля...

- 1) 600 кг
- 2) 700 кг
- 3) 800 кг
- 4) 900 кг
- 5) 1000 кг

Вопрос №7

1 вариант

Теннисный мяч массой m , двигаясь вправо по оси Ox , упруго ударяется о бетонную стенку, имея перед ударом скорость v . Определите направление и модуль изменения импульса мяча.

- 1) влево, mv
- 2) влево, $2mv$
- 3) вправо, mv
- 4) вправо, $2mv$
- 5) остановится, 0

2 вариант

Шар из пластилина массой m , двигаясь влево по оси Ox , ударяется о бетонную стенку, имея перед ударом скорость v . Определите направление и модуль изменения импульса мяча.

- 1) влево, mv
- 2) влево, $2mv$
- 3) остановится, mv
- 4) вправо, $2mv$
- 5) импульс не изменится

УСТАНОВИТЬ СООТВЕТСТВИЕ

Тело брошено вертикально вверх. Как будут изменяться импульс, скорость и ускорение?

Тело брошено вертикально вниз. Как будут изменяться импульс, скорость и ускорение?

Физические величины	Их изменение
А) импульс	• не изменится
Б) скорость	• увеличится
В) ускорение	• уменьшится

Физические величины	Их изменение
А) импульс	• не изменится
Б) скорость	• увеличится
В) ускорение	• уменьшится