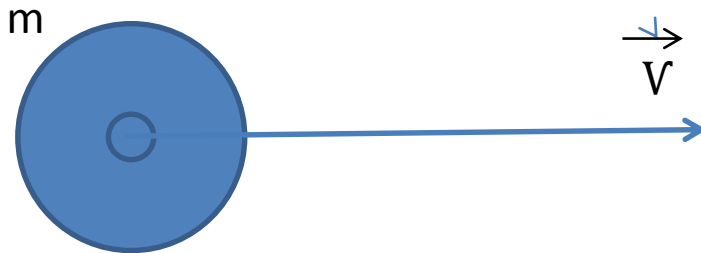


ЗАКОН сохранения и изменения импульса



Лекция 1.5.

Импульс тела – это
величина
равная произведению
массы
тела на скорость тела



$$P = m \cdot V$$

P- импульс
тела
m- масса тела
V- скорость
тела

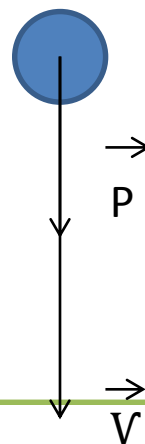
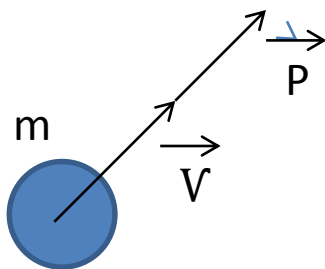
Единицы измерения импульса тела

P [кг·м/с]

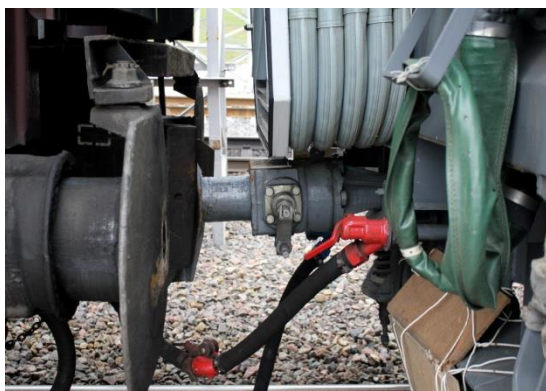


\vec{P} – векторная величина

\vec{P} направлен в ту же сторону, что и скорость тела



В окружающей нас жизни одно тело
встречается редко, чаще всего мы
имеем дело с группой тел
взаимодействующих между собой



Группа тел, взаимодействующих между собой называется системой тел

$$\vec{P}_{\text{системы}} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 \dots \vec{P}_n$$

n – количество тел, входящих в систему

P – импульс системы тел равен сумме импульсов тел, входящих в систему

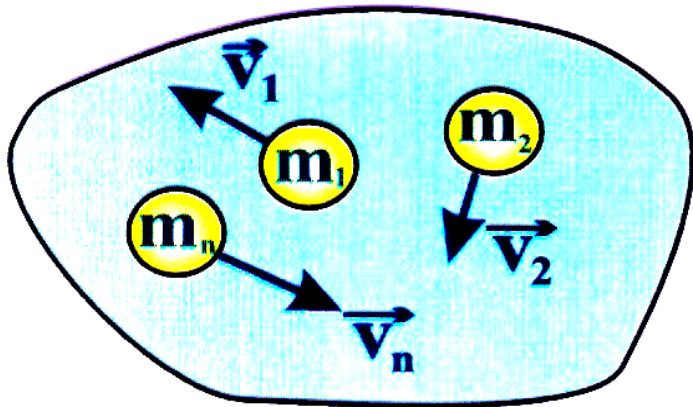
Система тел называется замкнутой, если взаимодействующие между собой тела, не взаимодействуют с другими телами.

а) материальной точки



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

б) системы



$$\begin{aligned}\vec{p}_{\text{сист}} &= \sum_{i=1}^N \vec{p}_i = \\ &= m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n\end{aligned}$$

- Внутренними – называются силы, с которыми на данное тело воздействуют остальные тела системы;
- Внешними – называются силы, обусловленные воздействием тел, не принадлежащих системе.

Виды взаимодействия

Взаимодействие	
Абсолютно упругое	Абсолютно неупругое
Взаимодействие тел, при котором после взаимодействия каждое из тел движется самостоятельно, со своей скоростью	Взаимодействие, после которого тела движутся как единое целое с общей скоростью



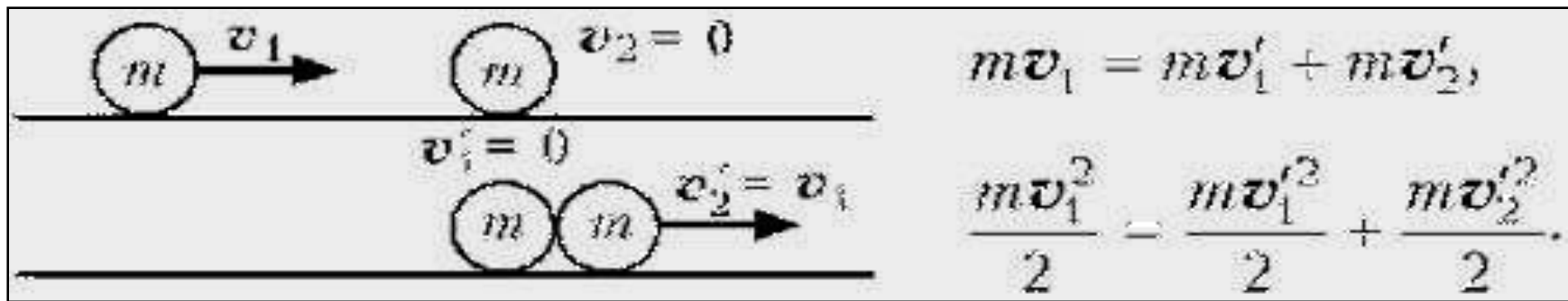
Удар (соударение)



- это столкновение двух или более тел, при котором взаимодействие длится очень короткое время.

Упругий удар

Абсолютно упругий удар – столкновения тел, в результате которого их внутренние энергии остаются неизменными. При абсолютно упругом ударе сохраняется не только импульс, но и механическая энергия системы тел. **Примеры:** столкновение бильярдных шаров, атомных ядер и элементарных частиц. **На рисунке показан абсолютно упругий центральный удар:**



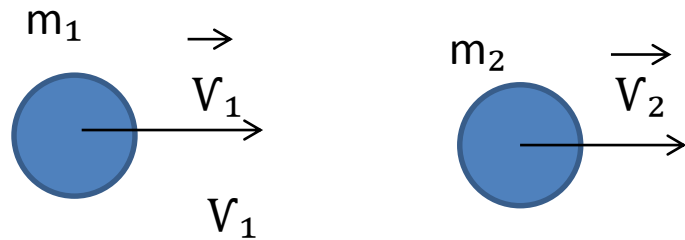
В результате центрального упругого удара двух шаров одинаковой массы, они обмениваются скоростями: первый шар останавливается, второй приходит в движение со скоростью, равной скорости первого шара.



Передача импульса21.avi

При решении задач будем рассматривать систему из двух тел и трёх взаимных расположений скоростей тел

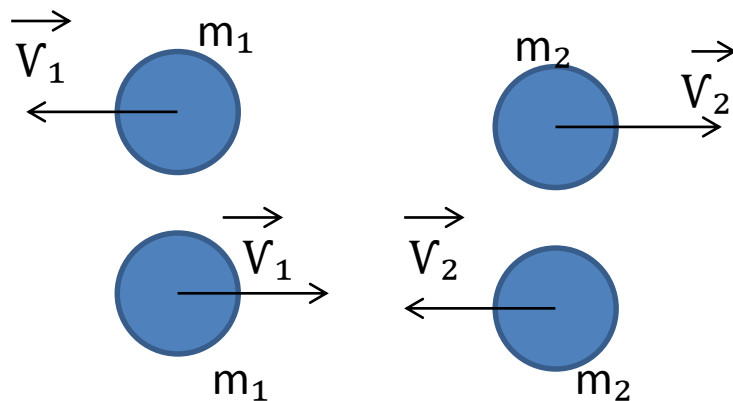
1)



\vec{V}_1 и \vec{V}_2
сонаправлены

$$P_{\text{системы}} = P_1 + P_2$$

2)

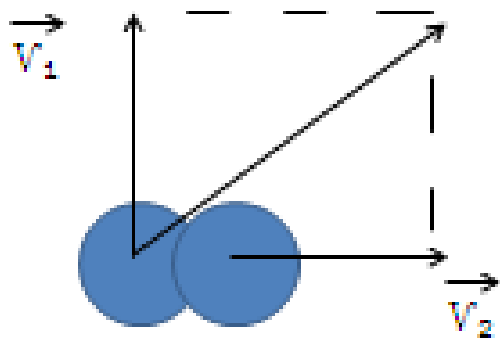


или

\vec{V}_1 и \vec{V}_2
противоположны
направлены

$$P_{\text{системы}} = P_1 - P_2$$

3)



$$\vec{v}_1 \perp \vec{v}_2$$

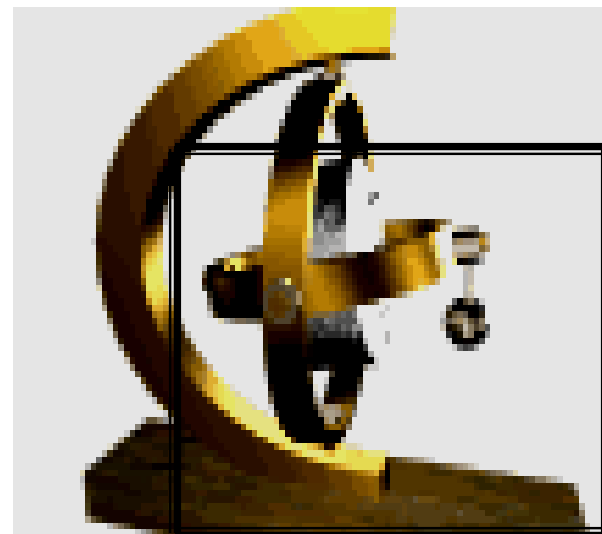
$$P_{\text{системы}} = \sqrt{p_1 + p_2}$$

Проявление импульса





Рене Декарт (1596-1650), французский философ, математик, физик и физиолог. Высказал закон сохранения количества движения, определил понятие импульса силы.

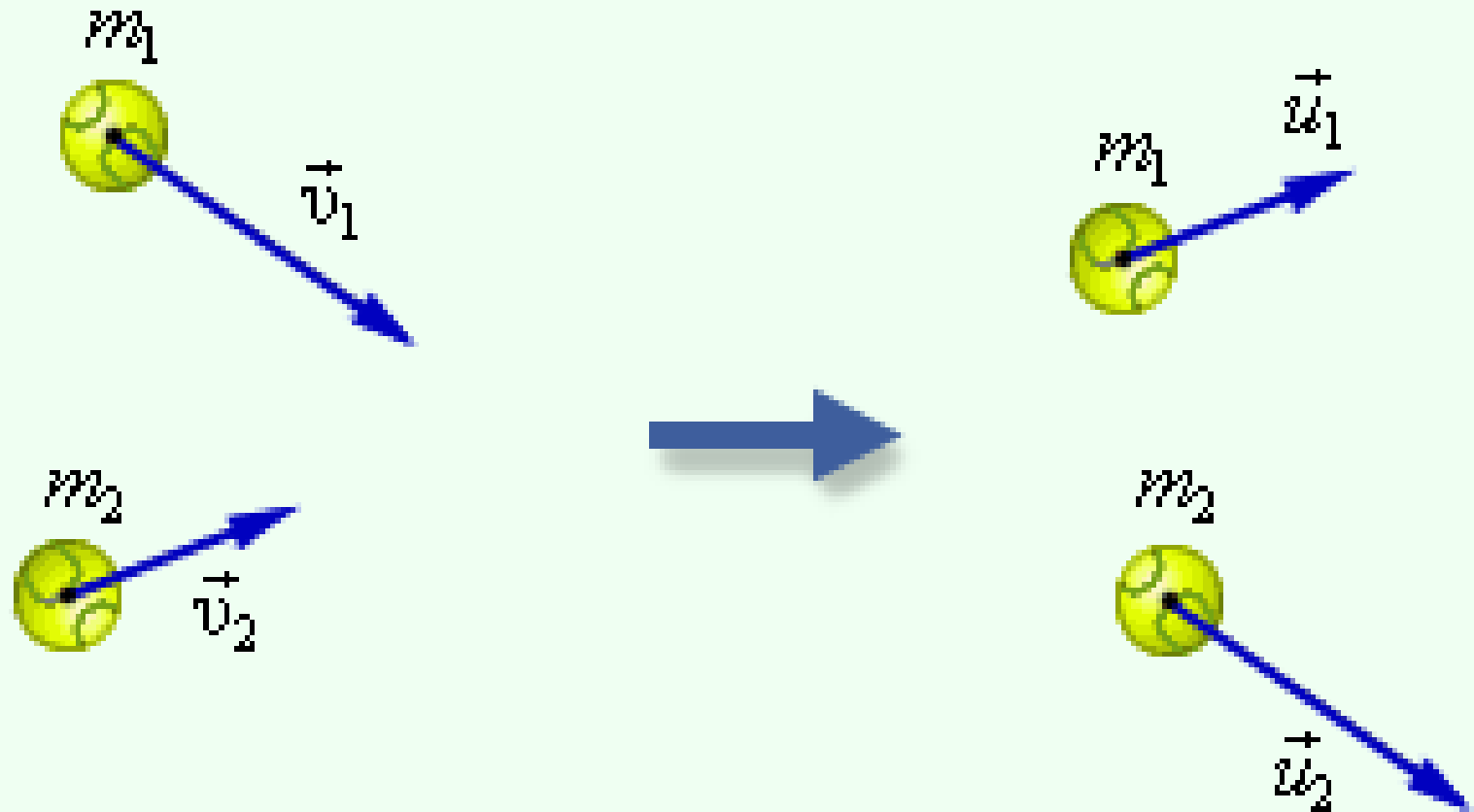


Закон сохранения импульса



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

Закон сохранения импульса на примере столкновения шаров.



Закон сохранения импульса

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



m_1, m_2 – массы взаимодействующих тел, кг

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

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

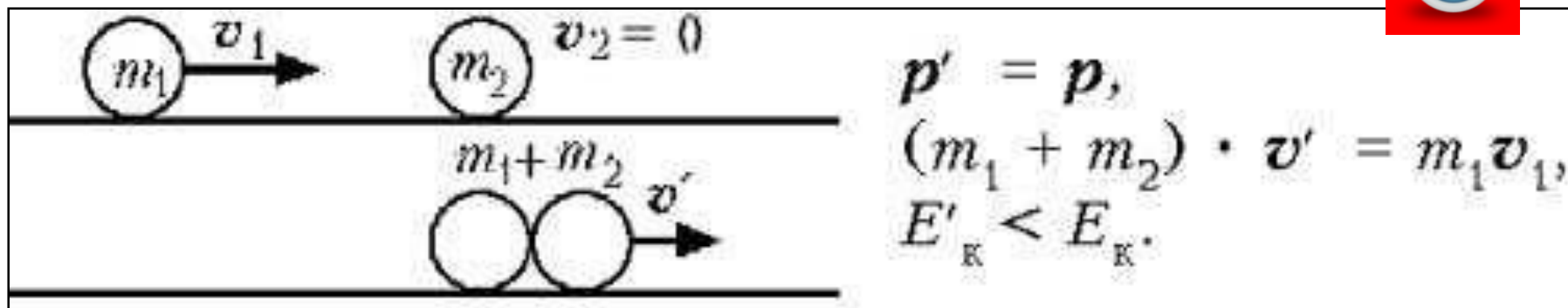
Закон сохранения импульса



- Импульсом тела (количеством движения) называют меру механического движения, равную в классической теории произведению массы тела на его скорость. Импульс тела является векторной величиной, направленной так же, как и его скорость.
- Закон сохранения импульса служит основой для объяснения обширного круга явлений природы, применяется в различных науках.

Неупругий удар

Абсолютно неупругий удар: так называется столкновение двух тел, в результате которого они соединяются вместе и движутся дальше как одно целое. При неупругом ударе часть механической энергии взаимодействующих тел переходит во внутреннюю, импульс системы тел сохраняется. **Примеры неупругого взаимодействия:** столкновение слипающихся пластилиновых шаров, автосцепка вагонов и т.д. **На рисунке показан абсолютно неупругий удар:**



После неупругого соударения два шара движутся как одно целое со скоростью, меньшей скорости первого шара до соударения.

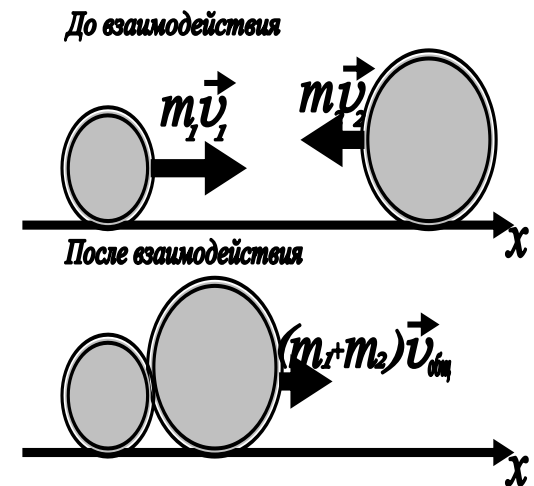
Пример 1. Два шара массами $m_1=1$ кг и $m_2=2$ кг, движутся со скоростями $v_1=10$ м/с и $v_2=2$ м/с соответственно, навстречу друг другу. Определить их скорости после неупругого удара.

Решение.

Следуя алгоритму, выполним два чертежа (до и после взаимодействия), расставим все импульсы и выберем систему отсчета.

Заполним таблицу

	До взаимодействия	После взаимодействия
1 шар	$m_1\vec{v}_1$	$(m_1 + m_2)\vec{v}_{общ}$
2 шар	$m_2\vec{v}_2$	



Считая систему взаимодействующих тел замкнутой, запишем закон сохранения импульса:
 $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{v}_{общ}$.

Спроецируем полученное уравнение на ось x : $m_1v_1 - m_2v_2 = (m_1 + m_2)v_{общ}$. Выразим общую скорость:

$$v_{общ} = \frac{m_1v_1 - m_2v_2}{m_1 + m_2}.$$

Произведем вычисления, получим $v=0,4$ м/с.





Когда пожарные используют брандспойт, они всегда держат его вдвоем или даже втроем. Так необходимо поступать, чтобы противодействовать импульсу бьющей струи.

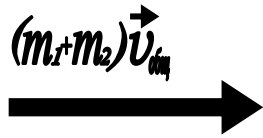
Примеры

1. Ядро разрывается на части

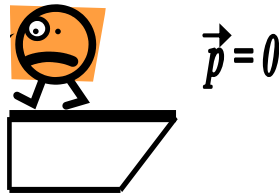
2. Человек прыгает с лодки

3. Реактивное движение

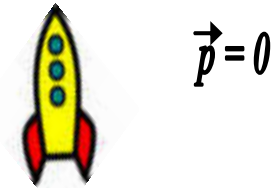
До взаимодействия



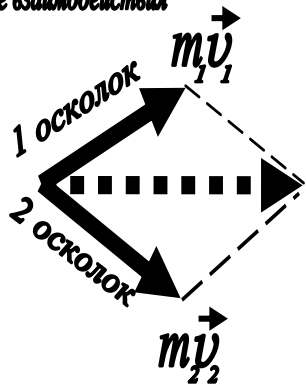
До взаимодействия



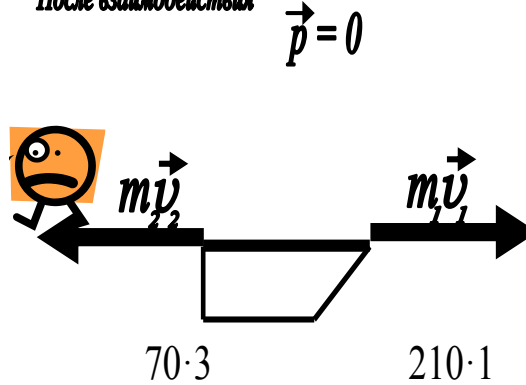
До взаимодействия



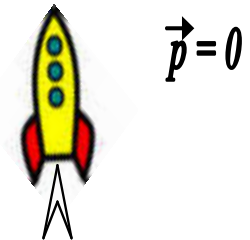
После взаимодействия



После взаимодействия



После взаимодействия



Закон сохранения импульса лежит в основе реактивного движения.

- **Большая заслуга в развитии теории реактивного движения принадлежит Константину Эдуардовичу Циолковскому.**
- **Основоположником теории космических полетов является выдающийся русский ученый Циолковский (1857 - 1935). Он дал общие основы теории реактивного движения, разработал основные принципы и схемы реактивных летательных аппаратов, доказал необходимость использования многоступенчатой ракеты для межпланетных полетов. Идеи Циолковского успешно осуществлены в СССР при постройке искусственных спутников Земли и космических кораблей.**

- Закон сохранения импульса принадлежит к числу самых фундаментальных законов природы

Не замкнутая система тел

- Механическая система тел, на которую действуют внешние силы называется незамкнутой



Закон изменения импульса

ЗАКОН ИЗМЕНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Если система не является замкнутой (есть внешние силы), то импульс не сохраняется а изменяется (увеличивается или уменьшается).

Закон изменения импульса: изменение импульса тела равно импульсу силы.

$$\vec{p}_{II} - \vec{p}_I = \vec{F} \cdot \Delta t$$



ЗСТ (нет внешних сил)	не ЗСТ (есть силы)
$\vec{p}_I = \vec{p}_{II}$	$\vec{p}_{II} - \vec{p}_I = \vec{F} \cdot \Delta t$

- Импульс силы – это произведение силы на время взаимодействия



- Импульс тела может сохраняться и в незамкнутой системе, если геометрическая сумма всех внешних сил равна нулю

Закон сохранения импульса
системы применяется в
космической отрасли , военном
деле, авиастроении.

Реактивное движение

Ракета на старте



Ракета в полёте



Полёт реактивного самолёта



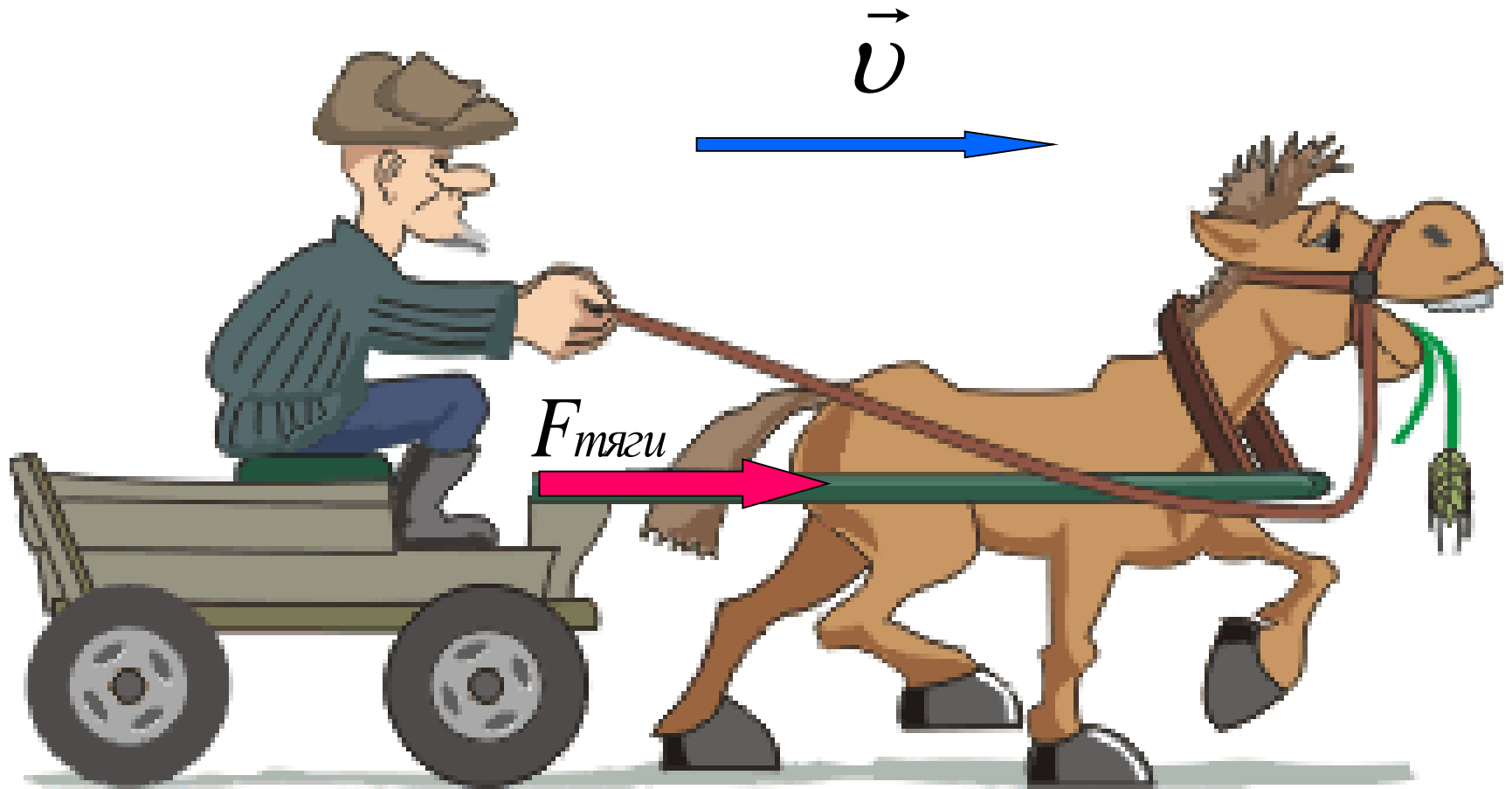
Конспект 1.5.

- 1. Применение абсолютно неупругого удара в технике (2 примера).
- 2. Проявление закона сохранения импульса в природе и технике (3 примера)

МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. МОЩНОСТЬ

Лекция 1.6

Механическая РАБОТА



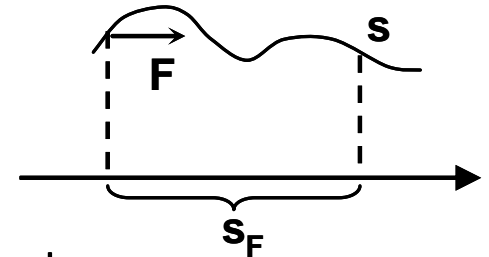
Механическая работа

Механическая работа – это скалярная величина, равная скалярному произведению проекции силы \vec{f} на направление перемещения \vec{r} и пути, проходимого точкой приложения силы:

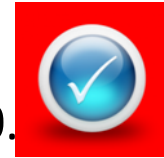


$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м} = 1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 / \text{с}^2.$

$$A = \vec{f} \cdot \vec{r}$$



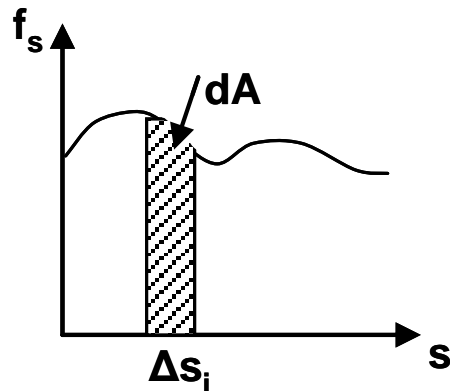
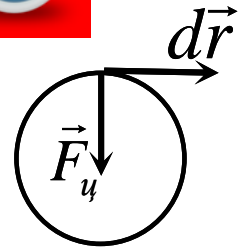
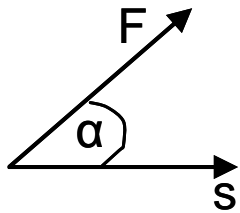
$A = f_s \cdot s = f \cdot s \cdot \cos \alpha$, если $\alpha = \text{const}$, то и $f_s = \text{const}$



α – острый, то $\cos \alpha > 0$, следовательно $A > 0$.

α – тупой, $\cos \alpha < 0$ и работа $A < 0$

$\alpha = \pi/2$, $\cos \alpha = 0$, и работа $A = 0$



$$f_s \neq \text{Const}$$

$$dA = \lim_{\Delta s_i \rightarrow 0} \sum f_{s_i} \Delta s_i$$



$$A = \int_s f_s \cdot ds$$

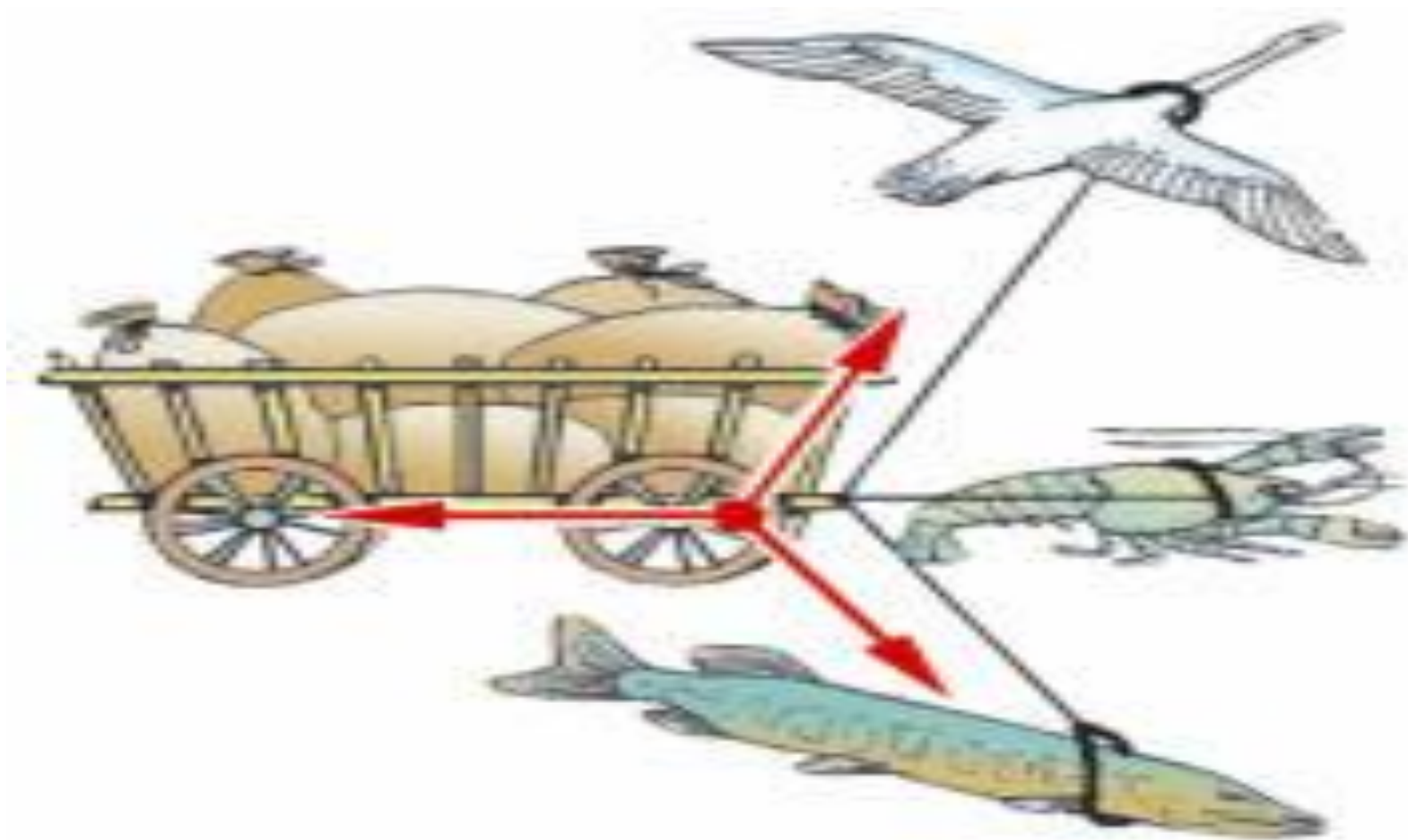


Термин "работа" в механике имеет два смысла:

1. Работа как процесс, при котором сила перемещает тело, действуя под углом, отличным от 90° ;
2. Работа - физическая величина, равная произведению силы, перемещения и косинуса угла между направлением действия силы и перемещением:

$$A = Fs \cos \alpha.$$

Кукрыниксы. Иллюстрация к басне И.А Крылова «Лебедь, рак и щука»



Механическая работа

Работа равна нулю, когда тело движется по инерции ($F = 0$), когда нет перемещения ($s = 0$) или когда угол между перемещением и силой равен 90° ($\cos \alpha = 0$).

Единицей работы в СИ служит джоуль (Дж). 1 джоуль - это такая работа, которая совершается силой 1 Н при перемещении тела на 1 м по линии действия силы.



Единицы измерения работы

За единицу работы принимают работу A , совершаемую силой F в 1Н, на пути S , равном 1м

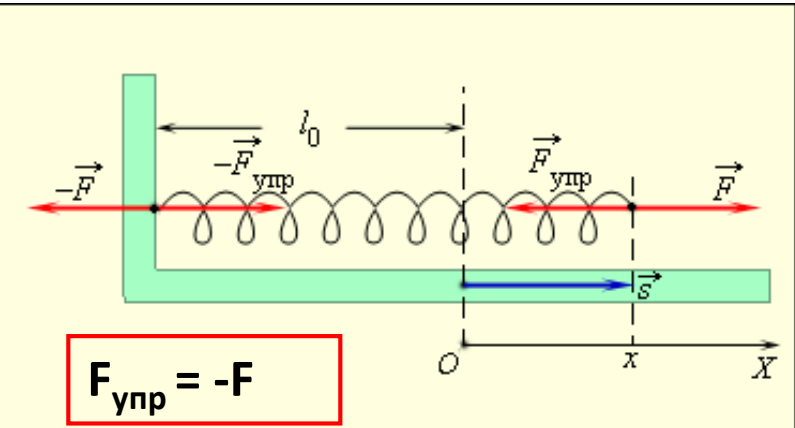
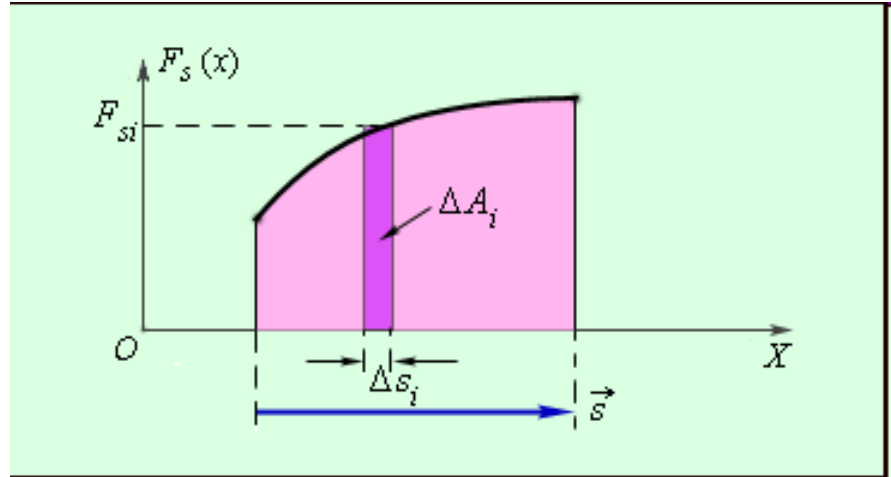
$$1 \text{ Джоуль} = 1 \text{ Ньютон} * 1 \text{ метр}$$

$$1 \text{ кДж} = 1000 \text{ Дж} \quad 1 \text{ Дж} = 0,001 \text{ кДж}$$

$$1 \text{ МДж} = 1000000 \text{ Дж}$$

Графически работа определяется по площади криволинейной фигуры под графиком $F_s(x)$

$$\Delta A_i = F_{si} \Delta s_i$$

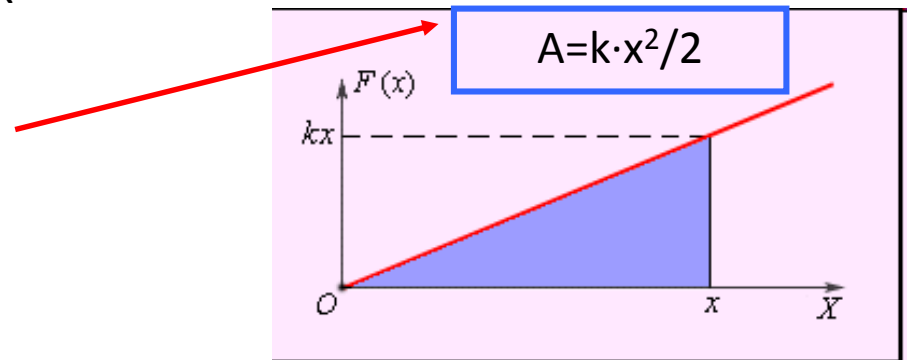


$$F_{\text{упр}} = -F$$

Этой же формулой выражается работа, совершенная внешней силой при сжатии пружины. В обоих случаях работа упругой силы равна по модулю работе внешней силы и противоположна ей по знаку.

Растянутая пружина. Направление внешней силы совпадает с направлением перемещения k – жесткость пружины.

$$F_s = kx$$



Зависимость модуля внешней силы от координаты при растяжении пружины

Мощность

- Для определения быстроты совершения работы вводят величину "мощность". Мощность равняется отношению совершенной работы ко времени, за которое она выполнена:

$$N = \frac{A}{t}$$



Мощность.

мощность – величина, показывающая какая работа совершается в единицу времени и равная

$$W = \frac{dA}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v}$$



Единицей мощности в СИ служит 1 ватт (Вт). 1 Вт - мощность, при которой совершается работа в 1 Дж за 1 секунду.

$$1\text{Дж}/1\text{сек}=\mathbf{1\text{Вт}}.$$

Мощность

Мощность N – это работа... за $t = 1\text{c}$



$$N = A/t$$

$$N = \vec{F} * \vec{V}$$

Механическая мощность

При равномерном движении	Средняя	Мгновенная
$N = \frac{A}{t} = \frac{F \cdot S}{t} = F \cdot v$	$N = F \cdot v_{\text{средняя}}$	$N = F \cdot v_{\text{мгновенная}}$



Единицы измерения мощности

За единицу мощности принимают работу A в 1 Джоуль, совершаемую за 1 секунду.



$$1 \text{ Ватт} = \frac{1 \text{ Джоуль}}{1 \text{ секунда}}$$

$$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$$

$$1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт}$$
$$1 \text{ МВт} = 1000000 \text{ Вт}$$

Это интересно

- Старинная единица мощности – лошадиная сила . $1 \text{ л.с.} = 735,5 \text{ Вт.}$
Эту единицу ввел Джеймс Уатт.
- Лошадиная сила - есть средняя работа за одну секунду, которую могла совершить сильная английская ломовая лошадь, равномерно работающая целый день.

Потенциальное поле сил

потенциальные - силы зависят только от положения тела в пространстве

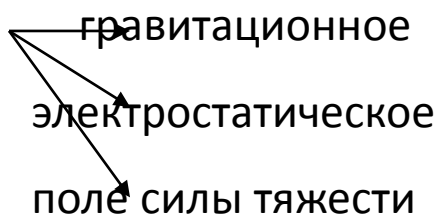
Силы, работа которых определяется только начальным и конечным положением тела в пространстве называются консервативными

Силы, работа которых **зависит** от пути, по которому тело переходит из одного положения в другое, называются неконсервативными.

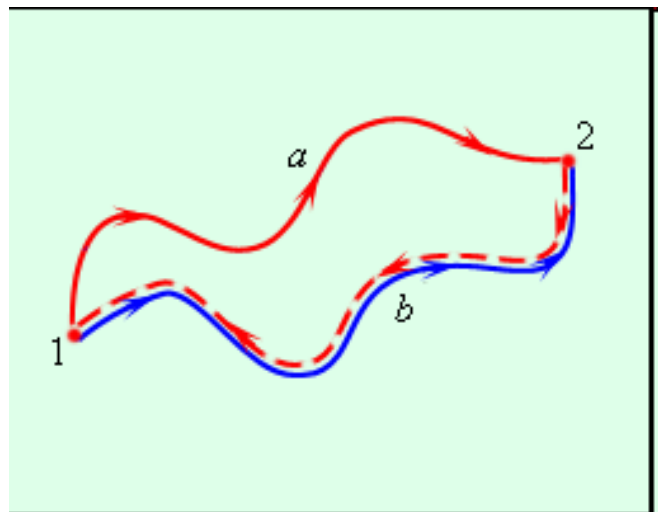
Консервативными системами называются такие системы, в которых действие внешних сил не приводит к переходу одного вида энергии в другой.

Диссипативными называются системы, в которых действие внешних сил приводит к переходу одного вида энергии в другой.

Потенциальное поле

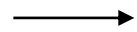


Работа консервативных сил на замкнутой траектории равна **нулю**.



Работа сил трения

$$\Delta A = \vec{F} \cdot \vec{v} \cdot \Delta t = -F \cdot v \cdot \Delta t$$



A < 0

неконсервативная сила



Работа силы тяжести

Работа силы тяжести при перемещении тела на отрезке $|h_1 - h_2|$ будет равна:

$$A = mg(h_1 - h_2)$$

$$A = mgh_1 - mgh_2$$

Величину mgh в соответствующей точке, которая расположена на высоте h , называют потенциальной энергией тела, находящегося в поле тяжести.

Работа силы упругости

Из предыдущего уравнения вытекает, что работа не зависит от траектории движения в поле силы тяжести, а определяется лишь изменением высоты.

Потенциальная энергия характеризует и другие взаимодействующие тела. Так, потенциальной энергией обладает сжатая пружина:

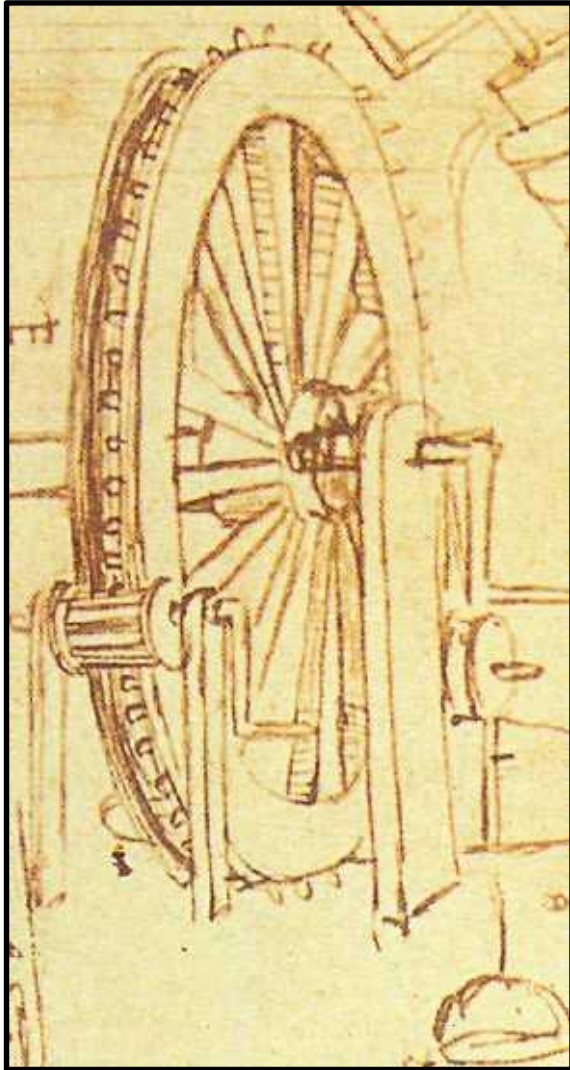
$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

где k - модуль упругости, x - смещение от положения равновесия. Потенциальная энергия, как и кинетическая, является величиной относительной, поскольку и высота, и смещение зависят от выбора точки отсчета.

Работа и энергия

- *Работа и Энергия -*
- *Близнецы сёстры.*
- *Мы говорим Работа*
- *Подразумеваем
Энергия.*
- *Мы говорим
Энергия,*
- *Подразумеваем
Работа*

Энергия





© David Mulick/Coxis



- КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

КПД

- Только в идеальных условиях (при отсутствии трения) **полная работа** **равна полезной работе.**
- A_n – полезная работа;
- A_z – полная (затраченная) работа.
- На практике же совершаемая с помощью механизма полная работа всегда несколько больше полезной работы.



$$A_z > A_n$$

КПД

- Только в идеальных условиях
- (при отсутствии трения) **полная работа равна полезной работе.**
- A_n – полезная работа;
- A_z – полная (затраченная) работа.
- На практике же совершаемая с помощью механизма полная работа всегда больше полезной работы.



$$A_z > A_n$$

$$\eta = \frac{A_{\text{полезная}}}{A_{\text{затраченная}}} \cdot 100\% = \frac{N_{\text{полезная}}}{N_{\text{затраченная}}} \cdot 100\%$$

Конспект 1.6.

- Раскрыть понятие диссипативных или непотенциальных сил