

Телепроект «МОЯ ШКОЛА в online»

ГОТОВИМСЯ К ЕГЭ

# ФИЗИКА

11 класс

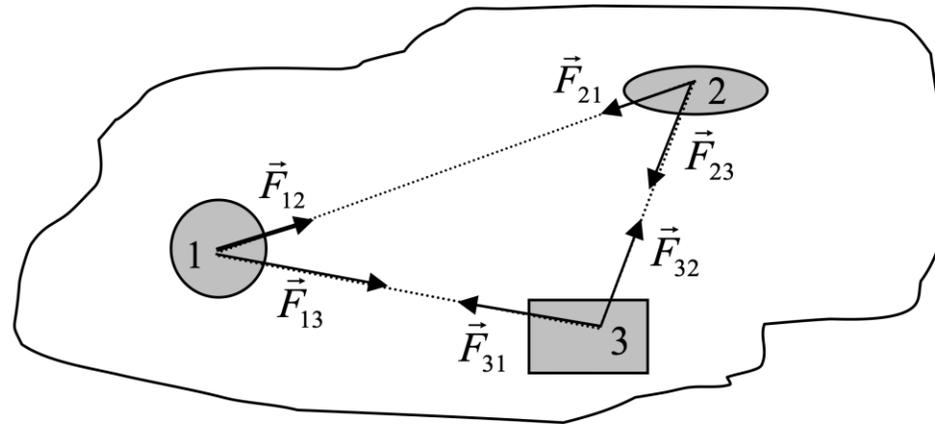
Урок №3

Закон сохранения импульса  
и закон сохранения энергии.

Курносов Валерий Михайлович  
Учитель физики и астрономии  
Физтех-лицея им. П. Л. Капицы

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

Рассмотрим систему, состоящую из нескольких взаимодействующих тел.

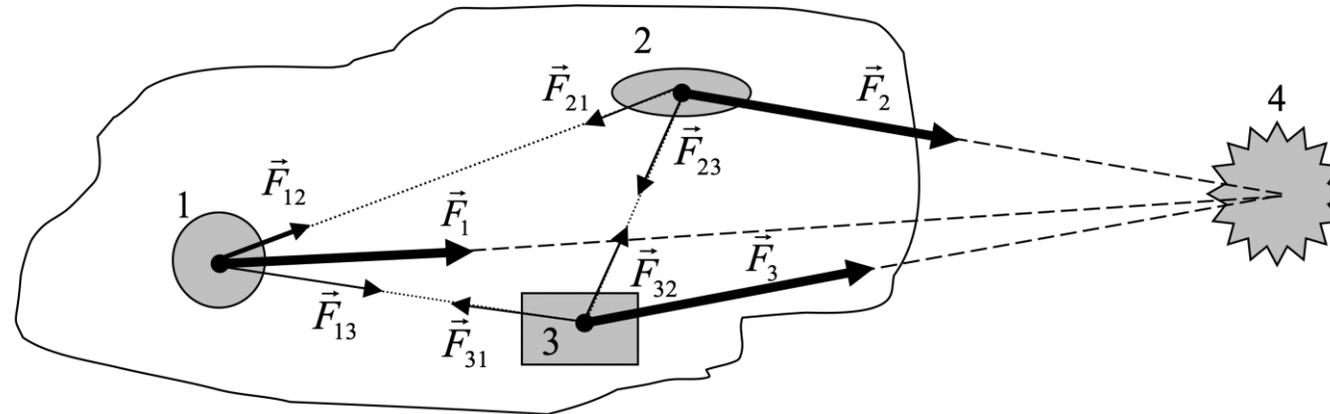


Внутренними силами называют силы, возникающие при взаимодействии тел, входящих в рассматриваемую систему тел.

Если вне этой системы существуют другие тела, то они могут оказывать действие на тела, входящие в рассматриваемую систему.

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

Внешними силами называют силы, возникающие между телами, входящими в рассматриваемую систему тел, с телами, не входящими в неё.



Иногда внешние силы малы, тогда можно считать, что существуют только внутренние силы. Замкнутой системой взаимодействующих тел называют такую систему тел, в которой взаимодействие осуществляется только внутренними силами.

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

Теперь запишем второй закон Ньютона для системы взаимодействующих тел в импульсной форме в общем случае:

$$\sum \vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t},$$

слева сумму надо понимать, как среднее значение суммы внешних и внутренних сил, а в числителе справа — изменение суммарного импульса всех тел, входящих в систему.

Потому перепишем в более подробном виде:

$$\sum \{ \vec{F}_{\text{внеш}} + \vec{F}_{\text{внутр}} \} = \frac{\sum \Delta \vec{p}}{\Delta t}, \quad \text{или}$$

$$\sum \{ \vec{F}_{\text{внеш}} + \vec{F}_{\text{внутр}} \} \cdot \Delta t = \sum \Delta \vec{p} \quad \text{— закон изменения импульса системы тел.}$$

Произведение, находящееся слева от равенства, называют импульсом силы (произведение силы на время действия этой силы), а справа — изменение импульса тела (или системы тел).

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

Теперь проанализируем полученное выражение:

1) Во-первых, сумма внутренних сил всегда дает ноль, т.к. по третьему закону Ньютона  $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$  для любой пары тел. Следовательно:

$$\sum \vec{F}_{\text{внеш}} \cdot \Delta t = \sum \Delta \vec{p} \text{ — закон изменения импульса системы тел.}$$

Импульс суммы внешних сил равен изменению импульса системы тел.

Можем сделать вывод: импульс системы тел можно изменить только внешними силами.

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

2) В некоторых (хоть и редких) случаях сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю:  $\sum \vec{F}_{\text{внеш}} = 0$ , (в этих случаях система тел называется замкнутой), тогда суммарный импульс системы тел не меняется, и, следовательно, сохраняется!!!  $\sum \Delta \vec{p} = 0 \Rightarrow$

$\sum \vec{p}_0 = \sum \vec{p}_k$  — закон сохранения импульса.

Геометрическая сумма импульсов тел, входящих в замкнутую систему, остается постоянной при любом взаимодействии этих тел.

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

Закон сохранения импульса является фундаментальным законом. Он справедлив в любой части Вселенной в любой момент времени для любой замкнутой системы. Фундаментальность ему придает тот факт, что сам закон сохранения является следствием однородности пространства (об этом речь пойдет отдельно).

3) Наиболее часто встречается случай, когда не сумма внешних сил, а *их проекция* на некоторую ось равна нулю:  $(\sum \vec{F}_{\text{внеш}})_X = 0$ , следовательно, *проекция суммарного импульса на некоторую ось равна нулю*:  $(\sum \Delta \vec{p})_X = 0$ .  
Следовательно :

$(\sum \vec{p}_0)_X = (\sum \vec{p}_k)_X$  — закон сохранения импульса, для проекций импульсов.

# Импульс. Закон сохранения импульса. Закон изменения импульса.

4) Если время действия небольшой внешней силы стремится к нулю ( $\Delta t \rightarrow 0$ ), то и правая часть выражения стремится к нулю ( $\sum \Delta \vec{p} \rightarrow 0$ ), следовательно

$$\sum \vec{p}_0 \approx \sum \vec{p}_k,$$

и выполняется закон сохранения импульса, но приблизительно.

# Энергия. Закон изменения энергии. Закон сохранения энергии.

*Энергией называют скалярную физическую величину, являющуюся мерой различных форм движения и мерой перехода из одних форм движения в другие.*

Кинетическая энергия:

$$\frac{mV^2}{2} = E_k = W_k = K$$

$$A = \frac{mV_k^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \text{ — теорема об изменении кинетической энергии тела}$$

# Энергия. Закон изменения энергии. Закон сохранения энергии.

Потенциальная энергия  
взаимодействия с Землей

$$mgh = W_p = E_p = \Pi$$

$$A = -(W_{p2} - W_{p1})$$

— работа силы тяжести.

# Энергия. Закон изменения энергии. Закон сохранения энергии.

Потенциальная энергия упруго  
деформированного тела:

$$\frac{k\Delta x^2}{2} = E_p = W_p = \Pi$$

$$A = - \left( \frac{k\Delta x_2^2}{2} - \frac{k\Delta x_1^2}{2} \right)$$

— работа силы упругости.

# Энергия. Закон изменения энергии. Закон сохранения энергии.

Полная механическая энергия системы:

$$W_{\Pi} = W_p + W_k$$

Сумму кинетических и потенциальных энергий тела называют **полной механической энергией тела**

$$W_{\text{пк}} - W_{\text{п0}} = \sum A_{\text{неп}} \text{ — закон изменения энергии}$$

# **Энергия. Закон изменения энергии. Закон сохранения энергии.**

**Изменение полной механической энергии системы равно работе всех непотенциальных сил.**

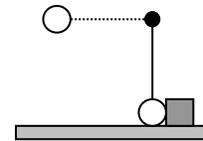
**В замкнутых системах полная энергия остается величиной постоянной. Взаимодействие тел приводит только к превращению (переходу) одних форм энергии в другие.**

# Задачи на законы сохранения

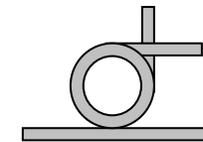
1. Конькобежец массой 60 кг, стоя на коньках на гладком льду, бросил вперед горизонтально груз массой 5 кг и вследствие этого откатился назад. Скорость, которую приобрел конькобежец, равна 1 м/с. Какую работу совершил конькобежец? (390 Дж)
2. Небольшая шайба соскальзывает без начальной скорости с вершины гладкой полусферы радиуса  $R$ . На какой высоте от основания полусферы шайба оторвется от нее?  $\{H = 2R/3\}$
3. С горы высотой 2 м и длиной 4 м съезжают без начальной скорости санки и движутся дальше по горизонтальной дороге до полной остановки. Какое расстояние пройдут санки по горизонтальной дороге? Коэффициент трения везде одинаков и равен 0,1. (16,5 м)
4. Конькобежец, разогнавшись до скорости 20 м/с, въезжает на горку, угол при основании которой 30 градусов. Коэффициент трения коньков о лед равен 0,1. На какую высоту от начального уровня он поднимется? (17 м)
5. Пуля летит горизонтально со скоростью  $V_0$ , пробивает лежащую на горизонтальной поверхности стола коробку и вылетает в том же направлении со скоростью втрое меньше. Масса коробки в пять раз больше массы пули. Коэффициент трения скольжения коробки о стол  $\mu$ . Найти : 1) скорость коробки сразу после вылета из нее пули, 2) расстояние, на которое передвинется коробка.  $\{V = 2V_0/15; S = 2V_0/225\mu g\}$
6. На легкой нити длиной  $L$  висит шар. Пуля летит горизонтально со скоростью  $V_0$ , пробивает шар и продолжает лететь в прежнем направлении. В результате максимальный угол отклонения шара на нити оказался  $\alpha = 60^\circ$ . Масса шара в 10 раз больше массы пули. Найти : 1) скорость шара сразу после вылета из него пули, 2) скорость пули сразу после вылета.  $\{V_{ш} = (gL)^{1/2}; V_{п} = V_0 - 10(gL)^{1/2}\}$

# Задачи на законы сохранения

1. На столе лежит брусок. На легкой вертикальной нити длиной  $L$  висит шар, касаясь бруска. Масса бруска в 7 раз больше массы шарика. Шарик отклоняют в сторону так, что нить занимает горизонтальное положение, и отпускают. После неупругого удара о брусок шарик останавливается, а брусок смещается по горизонтальной поверхности на расстояние  $S$ . Найти : 1) скорость бруска сразу после удара, 2) коэффициент трения скольжения между бруском и столом.  $\{V = (2gL)^{1/2} / 7; \mu = L/49gS\}$



2. Трубка в форме петли ( буквы  $\sigma$  ) укреплена на бруске, находящемся на гладкой горизонтальной поверхности стола. Нижний конец трубки горизонтален и находится на высоте  $h$  от стола. Шарик массой  $m$ , который может скользить внутри трубки без трения, удерживается на высоте  $H$  от стола. Масса платформы с трубкой  $3m$ . Вначале система покоилась. Шарик отпускают. Найти скорость вылетевшего из трубки шарика, если : 1) платформа закреплена на столе, 2) не закреплена и после вылета шарика движется поступательно.  $\{V_1 = [2g(H-h)]^{1/2}; [3g(H-h)/2]^{1/2}\}$



3. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоятся две горки с гладкой поверхностью, плавно переходящую в поверхность стола. Горка А (слева) закреплена, и на ней на высоте  $H$  удерживают шайбу массой  $m$ . Масса горки В равна  $6m$ . Шайбу отпускают. Найти максимальную высоту (от поверхности стола) подъема шайбы по горке В, если горка В : 1) закреплена , 2) не закреплена.  $\{h = H; h_2 = 6H/7\}$

