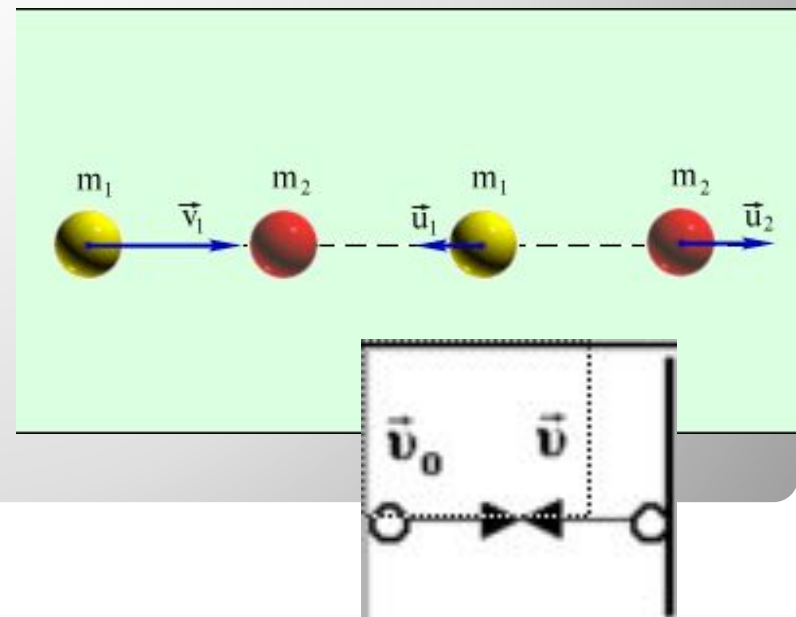
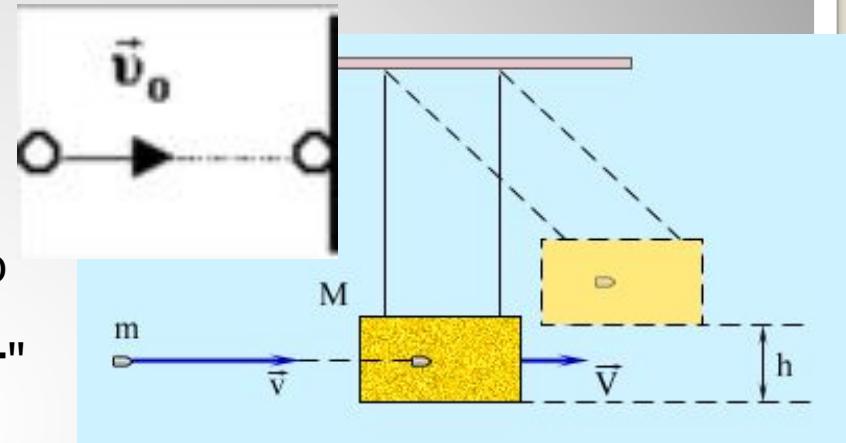


# **Законы сохранения в механике**

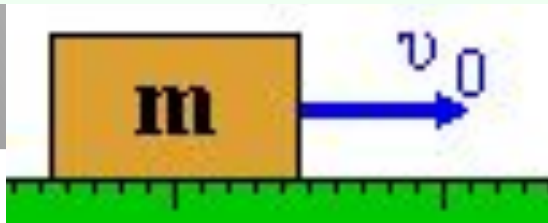
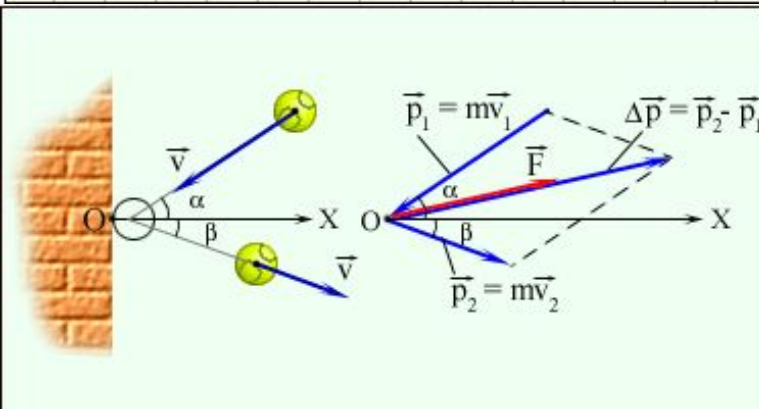
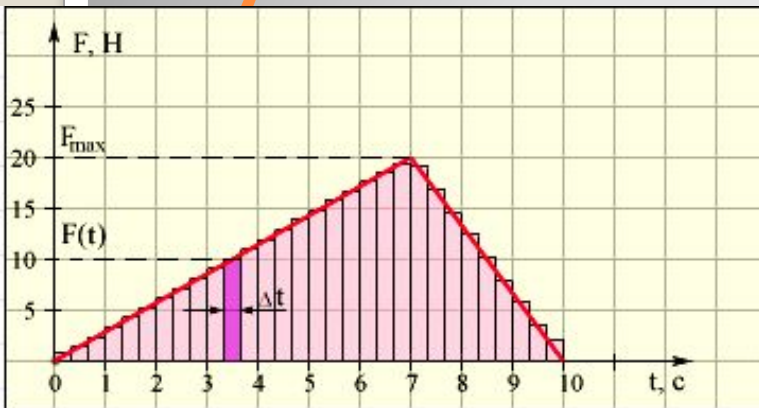
# Законы сохранения:

Закон сохранения механической энергии и закон сохранения импульса позволяют находить решения для ударного взаимодействия тел.

- **Абсолютно неупругим ударом** называют такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело.
- **Неупругий удар** (тело "прилипает" к стенке):
- **Абсолютно упругим ударом** называется столкновение, при котором сохраняется механическая энергия системы тел.
- **Абсолютно упругий удар** (тело отскакивает **с прежней по величине скоростью**)
- Если на систему тел не действуют внешние силы со стороны других тел, такая система называется **замкнутой**;



# Законы сохранения: Импульс тела



- Физическая величина, равная **произведению массы тела на скорость** его движения, называется **импульсом тела** (или количеством движения):

Физическая величина, равная **произведению силы на время** ее действия, называется **импульсом силы** (II закон Ньютона):

**Импульс силы равен изменению импульса тела**

Единицей измерения импульса в СИ является килограмм-метр в секунду (**кг·м/с**).

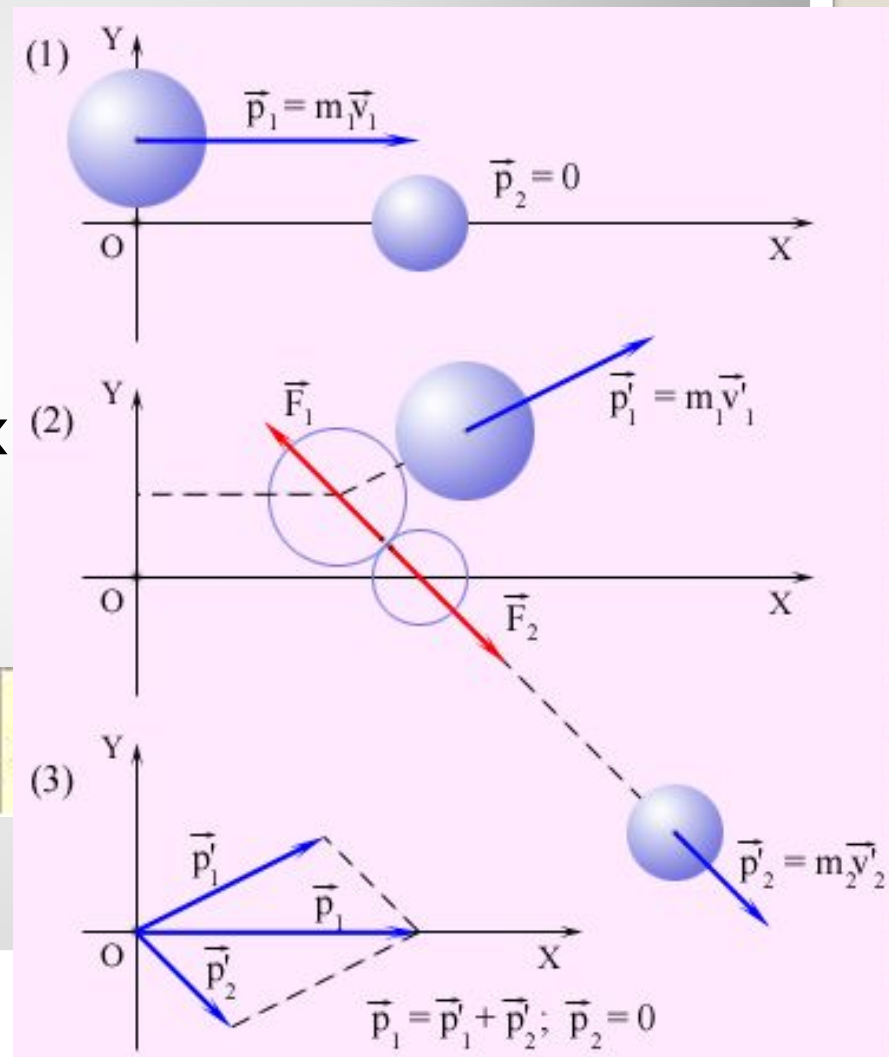
**Суммарный импульс силы равен площади**, которую образует ступенчатая кривая с осью времени

Для определения **изменения импульса** удобно использовать **диаграмму импульсов**, на

которой изображаются вектора импульсов, а также вектор суммы импульсов, построенный **по правилу параллелограмма**

# Законы сохранения: Закон сохранения импульса

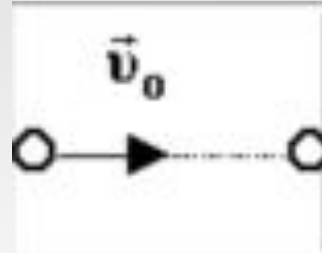
- Закон сохранения импульса: **В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной** при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.
- **нецентральное** соударение
- 1 – импульсы до соударения; 2 – импульсы после соударения; 3 – диаграмма импульсов.



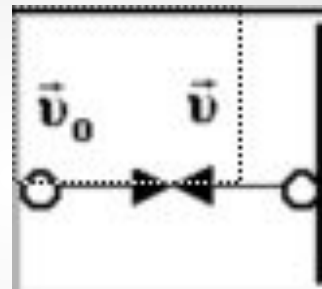
# Законы сохранения:

- **Абсолютно неупругим ударом**

называют такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело.

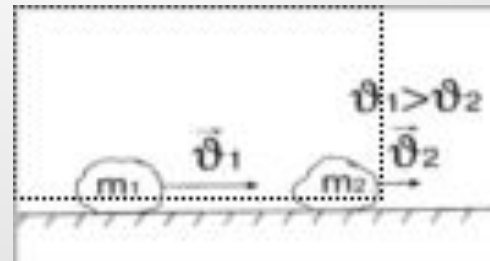


$$\Delta p = mv_0$$



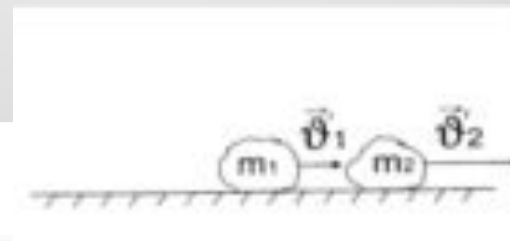
$$\Delta p = 2mv$$

- **Неупругий удар** (тело "прилипает" к стенке):



$$\vec{p}_{01} = m_1 \vec{v}_{01}$$
$$\vec{p}_{02} = m_2 \vec{v}_{02}$$

- **Абсолютно упругий удар** (тело отскакивает с прежней по величине скоростью)

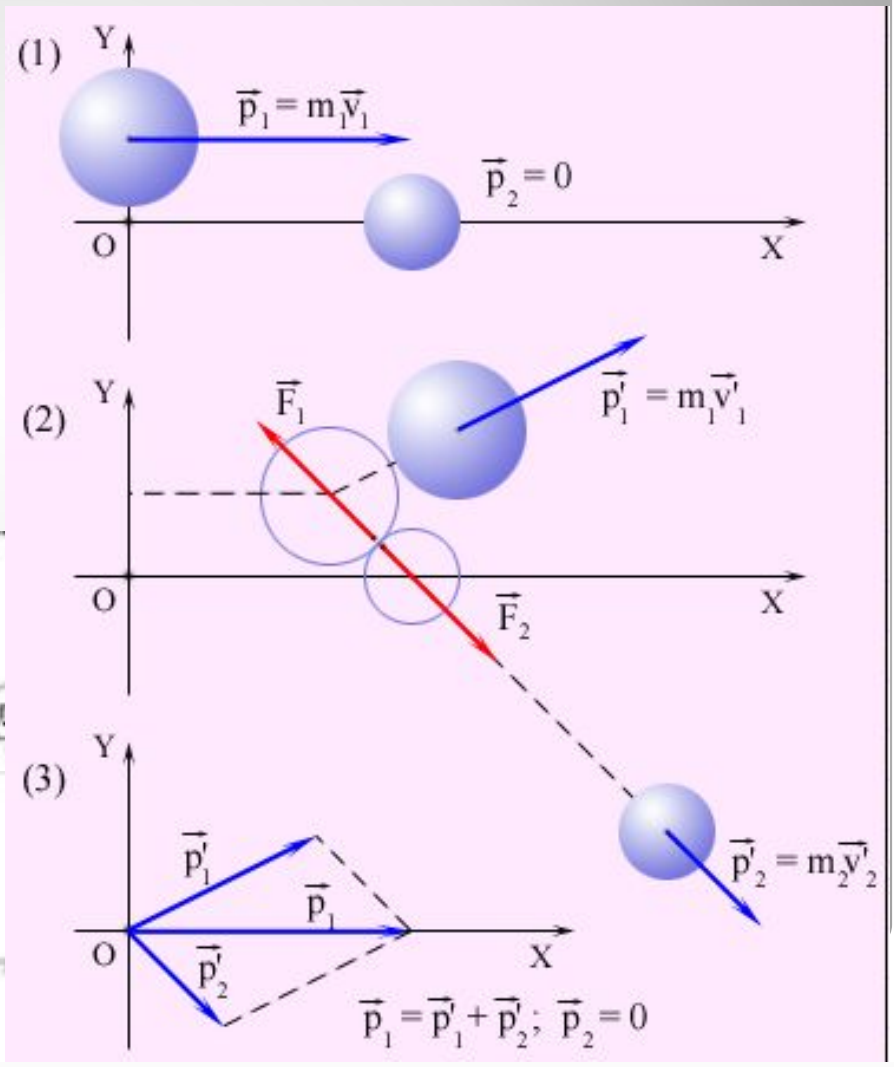


$$\vec{p}_1 = m_1 \vec{v}_1$$
$$\vec{p}_2 = m_2 \vec{v}_2$$

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

# Законы сохранения: Закон сохранения импульса

- Закон сохранения импульса
- До взаимодействия
- После взаимодействия
- Закон сохранения импульса выполняется и **для проекций векторов** на каждую ось



# Законы сохранения:

## Закон сохранения импульса

### - реактивное движение

- При стрельбе из орудия возникает **отдача** – снаряд движется **вперед**, а орудие – откатывается **назад**.
- Снаряд и орудие – два взаимодействующих тела.
- В ракете при сгорании топлива **газы**, нагретые до высокой температуры, **выбрасываются** из сопла с большой скоростью относительно **ракеты**.

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

$$V = -\frac{m}{M}u.$$

$V$  – скорость ракеты после истечения газов

Величина называется **реактивной силой тяги**

$$Ma = -\mu u.$$

$$\mu = -\frac{\Delta M}{\Delta t} \quad (\Delta t \rightarrow 0)$$

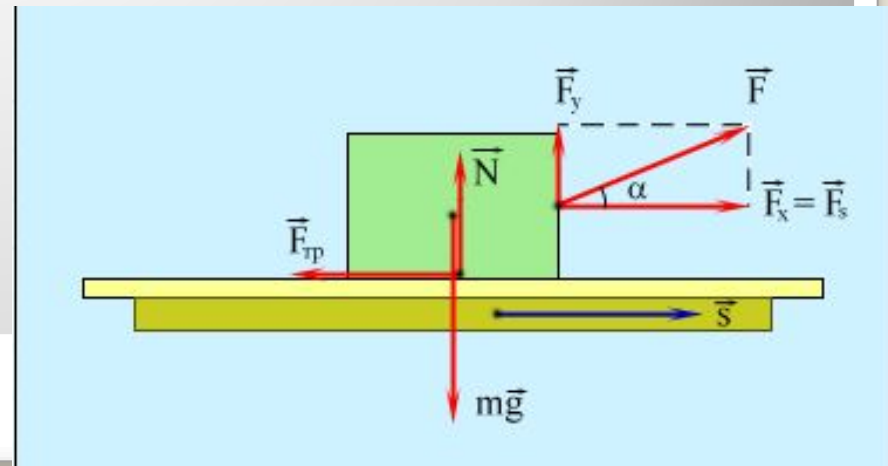
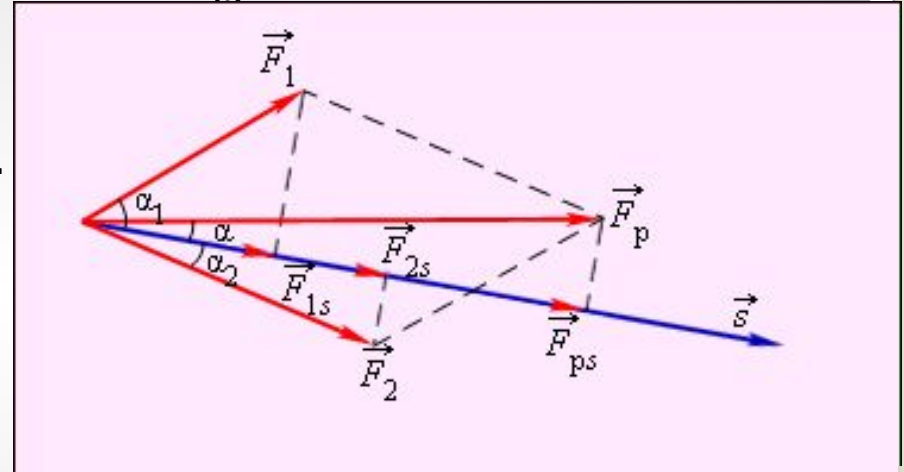


# Законы сохранения: Работа силы

- **Работой  $A$** , совершаемой постоянной силой называется физическая величина, равная **произведению модулей силы и перемещения**, умноженному **на косинус угла  $\alpha$**  между векторами силы и перемещения;
- Работа является **скалярной** величиной.
- Она может быть
- **положительной** ( $0^\circ \leq \alpha < 90^\circ$ ),
- **отрицательной** ( $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ ).
- При  $\alpha = 90^\circ$  работа, совершаемая силой, **равна нулю**.
- В системе СИ работа измеряется в **джоулях (Дж)**;
- **Графически** работа определяется по **площади криволинейной фигуры под графиком  $F_s(x)$**
- Работа всех приложенных сил равна работе равнодействующей силы

$$A = F s \cos \alpha.$$

$$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot 1 \text{ м}$$





# Законы сохранения: Мощность

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

$$1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}$$

- **Мощность**  $N$  это физическая величина, равная **отношению работы**  $A$  к промежутку **времени**  $t$ , в течение которого совершена эта работа
- В Международной системе (СИ) **единица мощности** называется **ватт (Вт)**
- Соотношения между единицами мощности

Единицы	Вт	кВт	МВт
1 ватт	1	$10^{-3}$	$10^{-6}$
1 киловатт	$10^3$	1	$10^{-3}$
1 мегаватт	$10^6$	$10^3$	1
1 килограмм-сила-метр в секунду	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^{-6}$
1 эрг в секунду	$10^{-7}$	$10^{-10}$	$10^{-13}$
1 лошадиная сила (метрическая)	735,5	$735,5 \cdot 10^{-3}$	$735,5 \cdot 10^{-6}$
1 лошадиная сила (английская)	745,7	$745,7 \cdot 10^{-3}$	$745,7 \cdot 10^{-6}$

# Законы сохранения:

## Кинетическая энергия

- Кинетическая энергия – это энергия движения.
- Физическая величина, равная **половине произведения массы** тела на **квадрат его скорости**, называется **кинетической энергией тела**:
- **Теорема о кинетической энергии: работа** приложенной к телу равнодействующей силы **равна изменению его кинетической энергии**:
- Если тело движется со скоростью  $\mathbf{v}$ , то для его полной остановки необходимо совершить работу

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

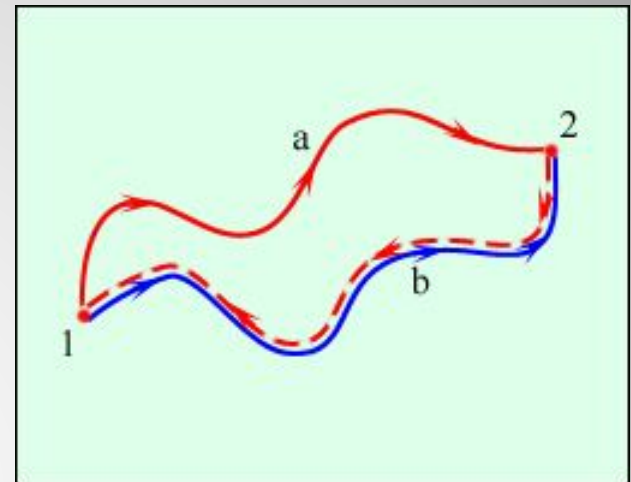
$$A = E_{k2} - E_{k1}$$

$$A = -\frac{mv^2}{2} = -E_k$$

# Законы сохранения:

## Потенциальная энергия

- Потенциальная энергия - энергии взаимодействия тел
- **Потенциальная энергия определяется взаимным положением тел** (например, положением тела относительно поверхности Земли).
- **Силы, работа которых не зависит от траектории** движения тела и **определяется только начальным и конечным положениями** называются **консервативными**.
- **Работа консервативных сил на замкнутой траектории равна нулю.**
- Свойством **консервативности** обладают **сила тяжести** и **сила упругости**. Для этих сил можно ввести понятие потенциальной энергии.
- **Сила трения не является** консервативной. **Работа силы трения зависит от длины пути.**



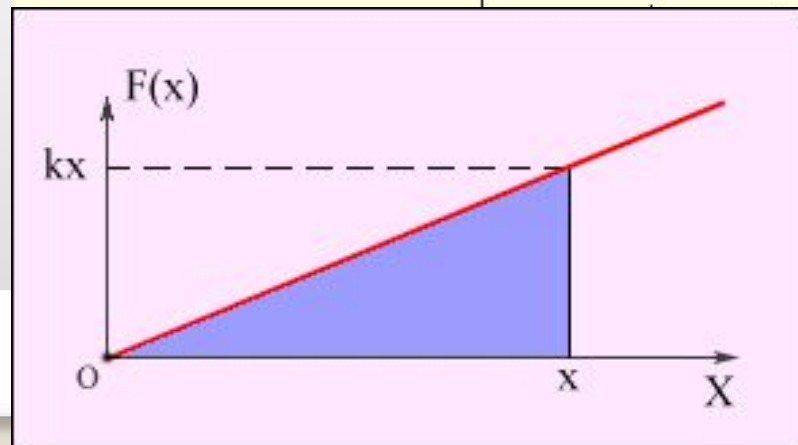
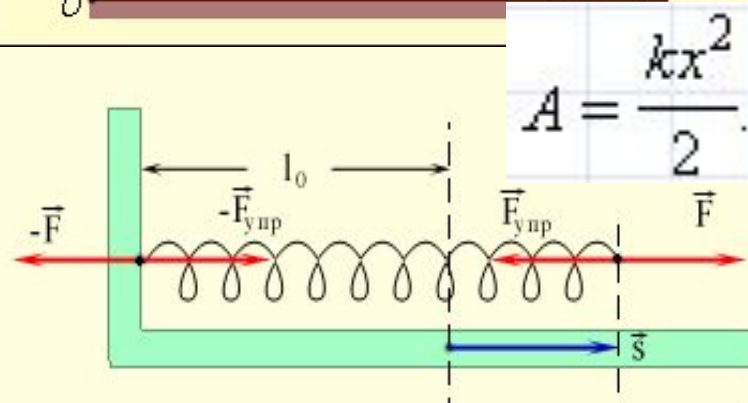
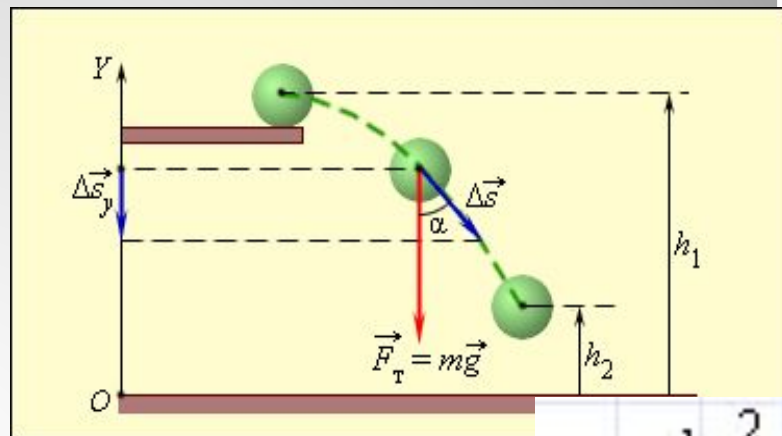
$$A_g = m g h.$$

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}).$$

## Законы сохранения: Работа силы

- **Работа силы тяжести:**
- **Когда какое-нибудь тело опускается, сила тяжести производит работу.**
- **Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии тела**, взятому с противоположным знаком.
- **Работа силы тяжести не зависит от формы траектории**
- **Работа силы тяжести не зависит от выбора нулевого уровня.**
- **Работа силы упругости:**
- Для того, чтобы растянуть пружину, к ней нужно приложить **внешнюю силу** модуль которой пропорционален **удлинению пружины**
- Зависимость модуля внешней силы от координаты  $x$  изображается на графике **прямой линией**
- **Потенциальная энергия упруго деформированного тела равна работе силы упругости** при переходе из данного состояния в состояние с нулевой деформацией.

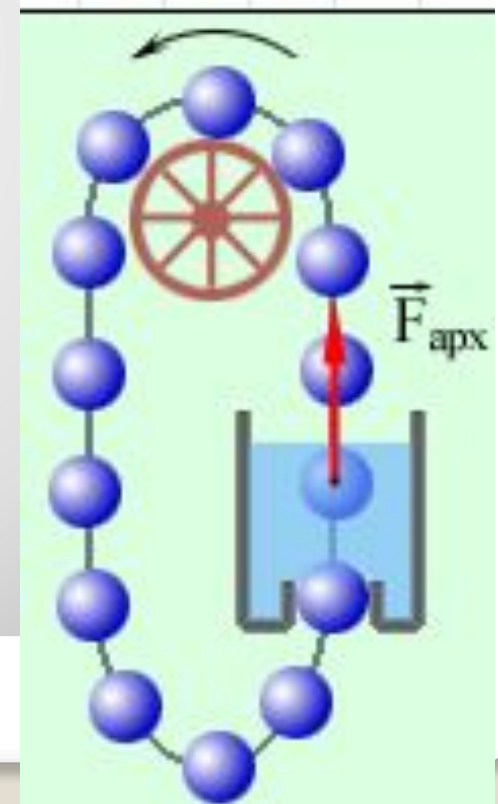
$$A_{\text{упр}} = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$$



# Законы сохранения: Закон сохранения механической энергии

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$$

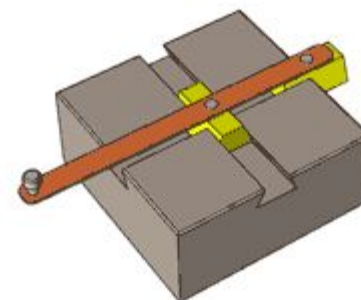
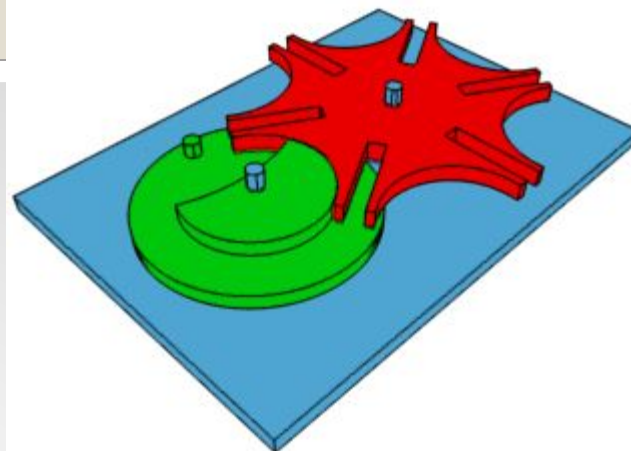
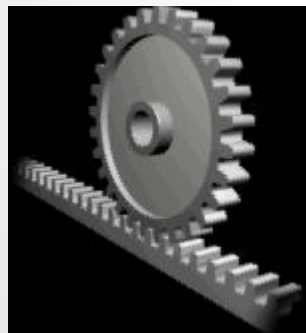
- **Сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами тяготения и силами упругости, остается неизменной.**
- Сумму  $E = E_k + E_p$  называют **полной механической энергией**
- Если между телами, составляющими замкнутую систему, действуют **силы трения**, то **механическая энергия не сохраняется**. Часть механической энергии превращается во **внутреннюю энергию** тел (нагревание).
- **Закон сохранения и превращения энергии:** при любых физических взаимодействиях энергия не возникает и не исчезает. Она лишь превращается из одной формы в другую.
- Одним из следствий закона сохранения и превращения энергии является утверждение о **невозможности создания «вечного двигателя»** (*perpetuum mobile*) – машины, которая могла бы неопределенно долго совершать работу, не расходуя при этом энергии



# Законы сохранения: Простые механизмы. КПД механизма

Основное назначение простых механизмов:

- Изменить силу по величине (уменьшить или увеличить)
- Изменить направление действия силы
- изменить силу по величине и направлению

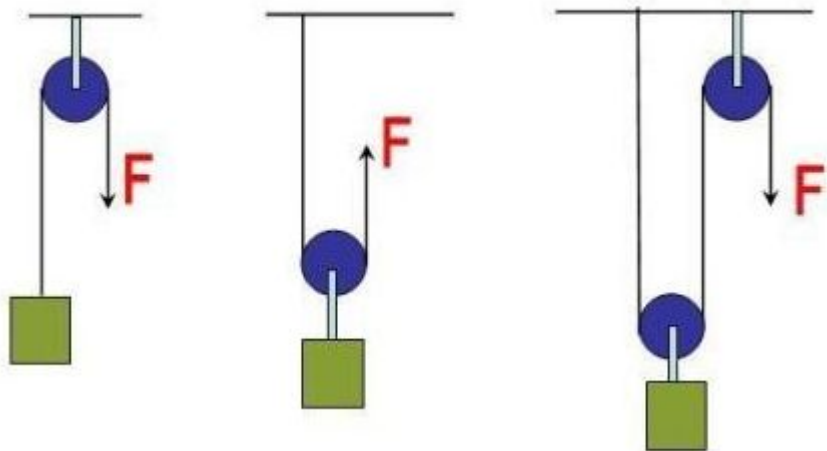


# Законы сохранения:

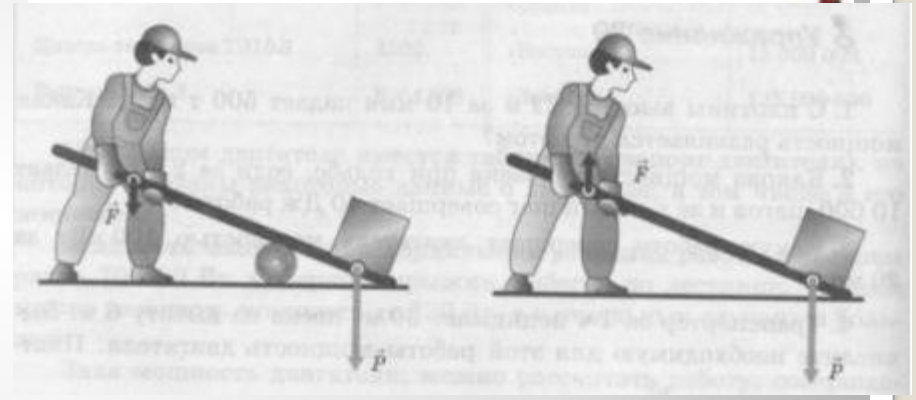
## Простые механизмы. КПД механизма

- К основным механизмам относятся:

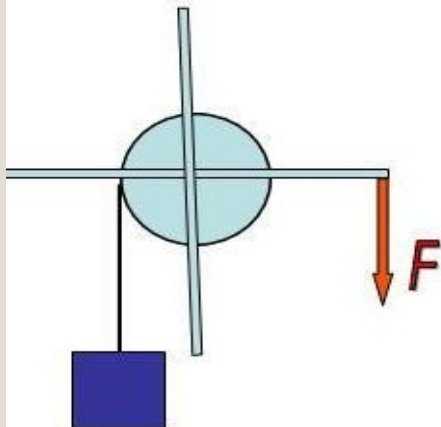
Блок



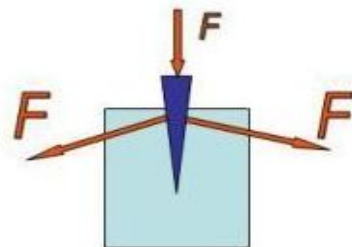
Рычаг



Ворот



Клин



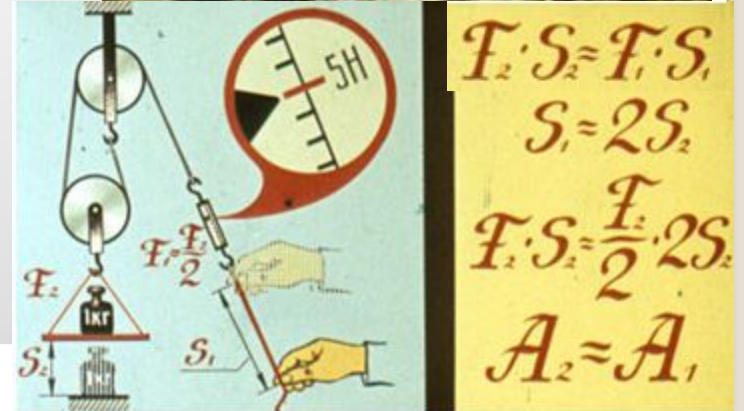
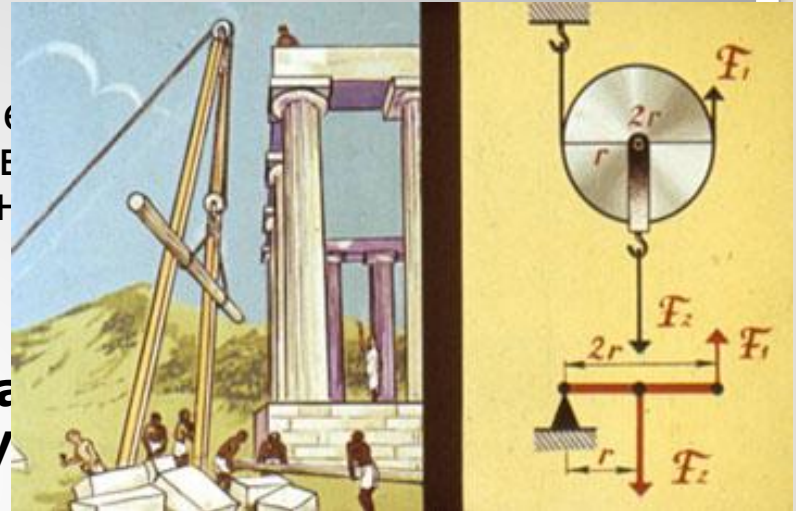
Наклонная плоскость



# Законы сохранения:

## Простые механизмы. КПД механизма

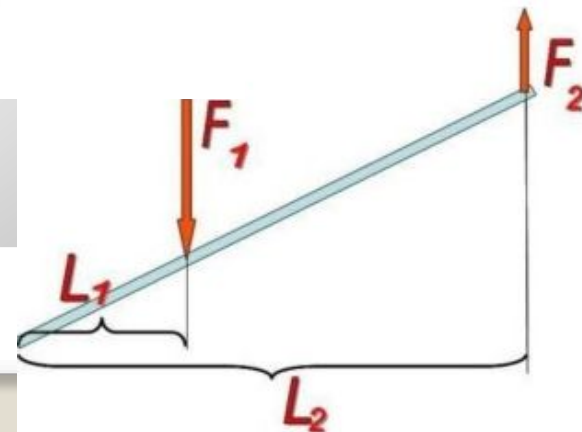
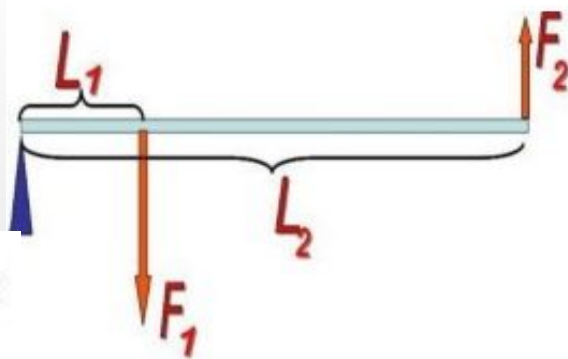
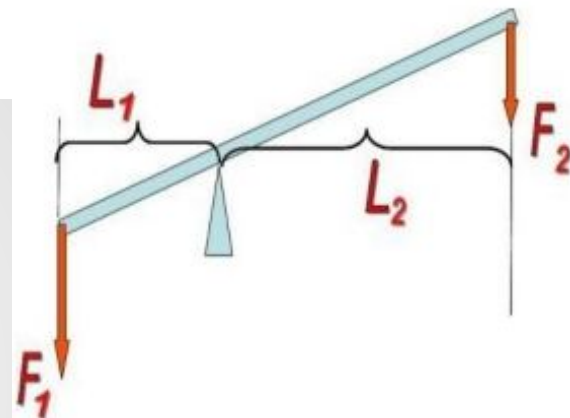
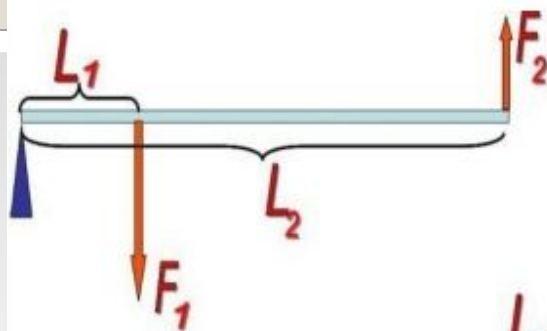
- **Блок** - это колесо с желобом по окружности для каната или цепи, **ось** которого жестко **прикреплена** к стене или потолочной балке. Система блоков и тросов, предназначенная для повышения грузоподъемности, называется **полиспаст**.
- **Неподвижный блок** Архимед рассматривал как **равноплечий рычаг**.
- **Выигрыш в силе** при этом **отсутствует**, но такой блок позволяет **изменить направление действия силы**, что иногда необходимо.
- **Подвижный блок** Архимед принимал за **неравноплечий рычаг**, дающий **выигрыш в силе в 2 раза**.
- **Относительно центра вращения** действуют **моменты сил**, которые при равновесии должны быть **равны**.
- **«Золотое правило» механики:** Блок не дает выигрыша в работе.





# Законы сохранения: Условия равновесия рычага

- **Плечо силы** это расстояние от **линии действия силы** до **точки**, вокруг которой рычаг может поворачиваться.
- **На рисунках показаны примеры, позволяющие понять: Как определить плечо силы.**



- Рычаг находится в равновесии, если силы, действующие на него обратно пропорциональны плечам этих сил

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1}$$

## Законы сохранения:

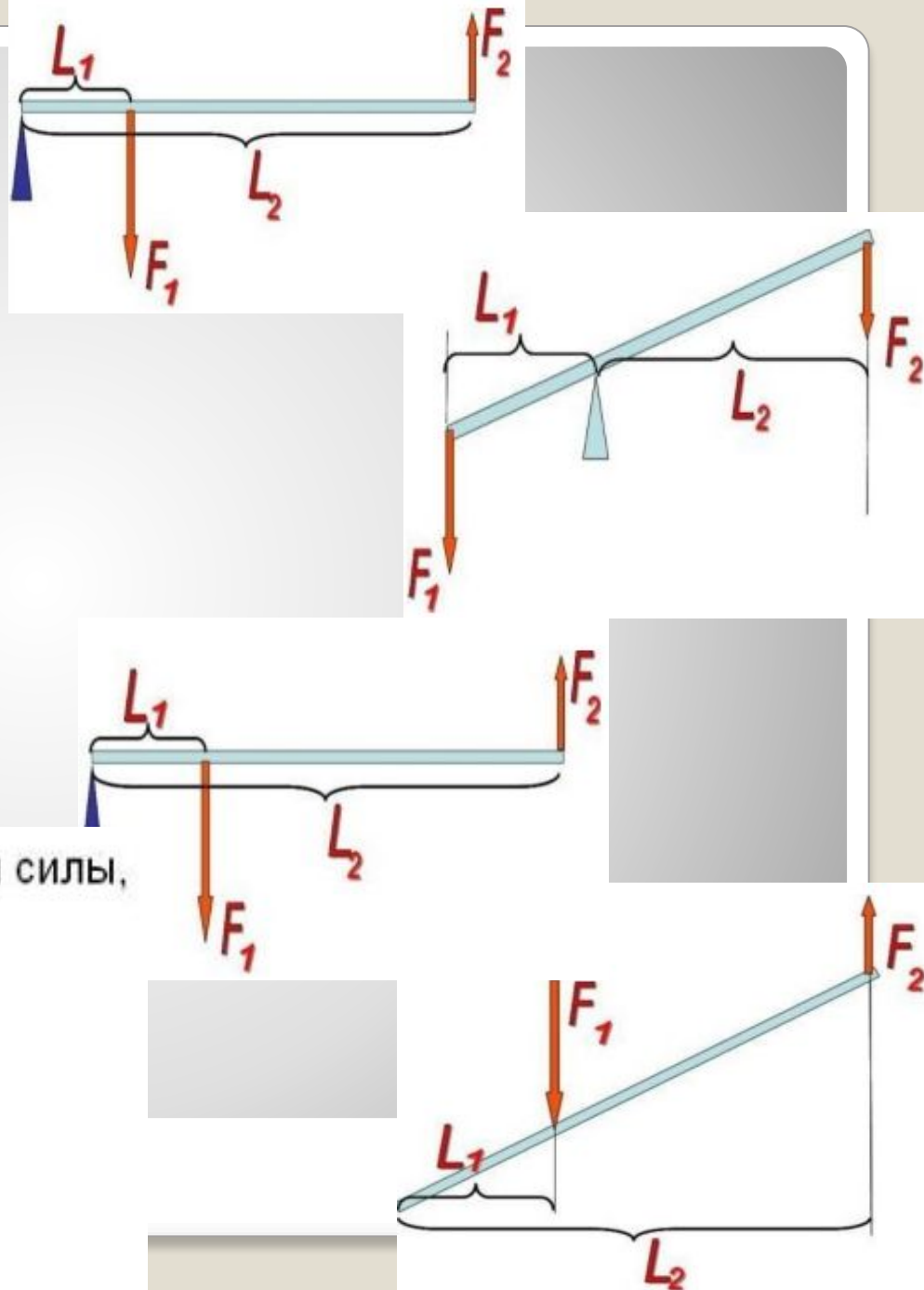
### Условия равновесия рычага

● **Плечо силы** это расстояние от **линии действия силы до точки, вокруг которой рычаг может поворачиваться.**

● **На рисунках показаны примеры, позволяющие понять: Как определить плечо силы.**

- Рычаг находится в равновесии, если силы, действующие на него обратно пропорциональны плечам этих сил

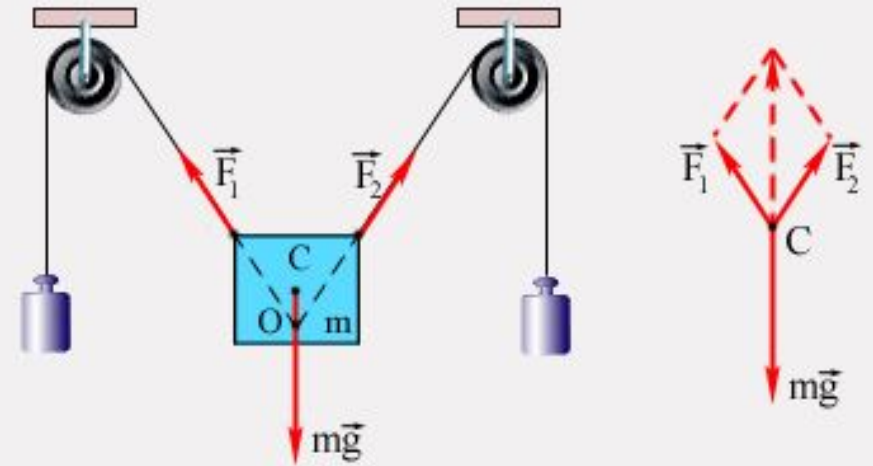
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1}$$



# Законы сохранения:

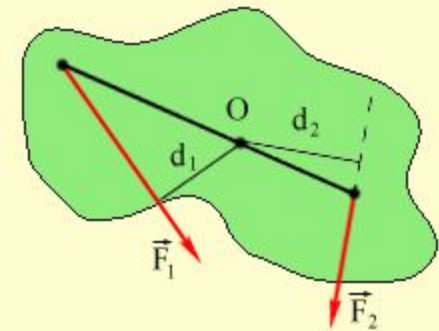
## Условия равновесия рычага

- Чтобы невращающееся тело находилось в равновесии, необходимо, чтобы равнодействующая всех сил, приложенных к телу, была равна нулю
- Произведение модуля силы  $F$  на плечо  $d$  называется **моментом силы  $M$**
- В Международной системе единиц (СИ) моменты сил измеряются в ньютон-метрах (**Н·м**).
- Силы, действующие на рычаг, и их моменты.
- $M_1 = F_1 \cdot d_1 > 0$ ;
- $M_2 = -F_2 \cdot d_2 < 0$ .
- При равновесии  $M_1 + M_2 = 0$ .



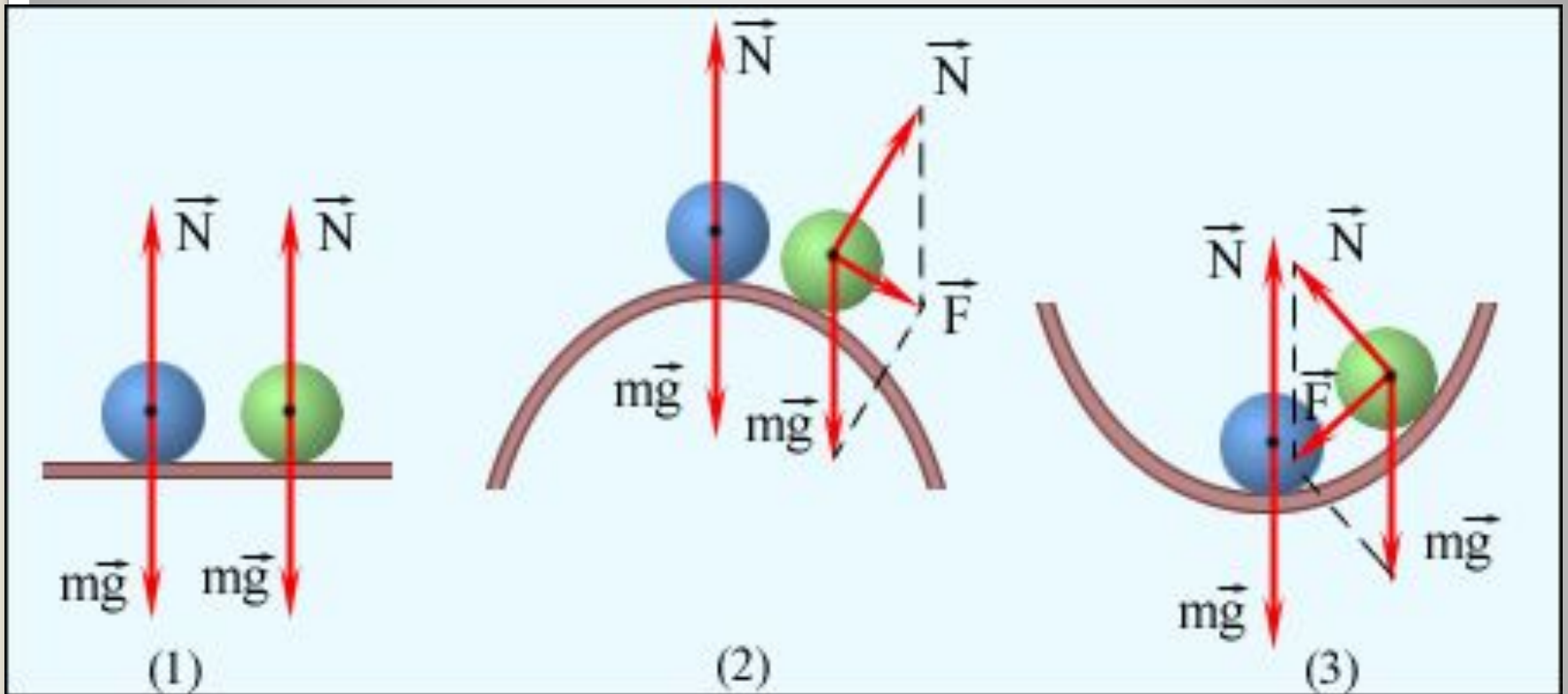
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0.$$

$$M_1 + M_2 + \dots = 0.$$



# Законы сохранения:

## Условия равновесия рычага



- Различные типы равновесия шара на опоре.
- (1) – безразличное равновесие,
- (2) – неустойчивое равновесие,
- (3) – устойчивое равновесие.

## Законы сохранения: КПД механизма

$$\text{КПД} = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}} \cdot 100\%$$

- Отношение **полезной работы** взятое в *процентах* и называется **коэффициентом полезного действия - КПД**.
- Например, при поднятии груза вертикально на некоторую высоту работа **полезная** - 150 Дж, но для выигрыша в силе воспользовались наклонной плоскостью и при подъеме груза пришлось преодолеть силы трения движения груза по наклонной плоскости
- Эта работа и будет **затраченной** 225 Дж.

$$\text{КПД} = \frac{150 \text{ Дж}}{225 \text{ Дж}} \cdot 100\% \approx 67\%$$

