

# Энергия. Закон сохранения энергии.

©<http://eduquest.ucoz.ru>

# Энергия

Если система может совершить работу, то говорят, что она обладает энергией.

Совершая работу, тело переходит из одного состояния в другое, в котором его энергия минимальна.

В природе: любая система стремится перейти в такое состояние, в котором его энергия минимальна.

При совершении работы энергия постепенно расходуется.

# Энергия

Чтобы система опять приобрела способность совершать работу, необходимо изменить ее состояние.

Энергия – это физическая величина, определяемая состоянием системы – положением тел и их скоростей.

Изменение энергии при переходе из одного состояния в другое равно работе внешних сил.

# Энергия

## Два вида энергии

### кинетическая

- это энергия движения, ей обладает только движущееся тело.

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

$E_k$  – кинетическая энергия тела, Дж  
 $m$  – масса тела, кг  
 $v$  – скорость тела, м/с

### потенциальная

- это энергия взаимодействия. Например, ей обладает любое тело, поднятое над поверхностью земли на некоторую высоту

$$E_p = mgh$$

# Энергия

**Кинетическая энергия** – это величина, относящаяся только к одному телу!!!

$$E_k$$

**Потенциальная энергия** – это всегда энергия взаимодействия по меньшей мере двух тел (или частей одного тела) друг с другом!!!

$$E_p$$

# Энергия

$E_k$

- ✓ Зависит только от скоростей тел;
- ✓ Всегда положительна;
- ✓ ее изменение всегда работе действующих на тело сил;

Положительная работа внутренних сил всегда приводит к увеличению кинетической энергии, но обязательно уменьшает энергию потенциальную.

$E_p$

- ✓ зависит только от расстояний между телами;
- ✓ может быть как положительной, так и отрицательной;
- ✓ ее изменение всегда равно (со знаком и минус) работе только **консервативных сил** (но не сил трения, зависящих от скорости).

$$E_k = A, \text{ но } E_p = -A$$

# Энергия

## Консервативные силы

- силы, зависящие только от расстояний между телами, но не зависящие от формы траектории и скоростей тел.

# Энергия

## Теорема об изменении кинетической

Изменение кинетической энергии тела за некоторый промежуток времени равно работе, совершенной за это время силой, действующей на тело:

$$A = \Delta E_{k2} - \Delta E_{k1} = - \Delta E_k$$

Работа равна приращению кинетической энергии

Если  $A > 0$ , то  $E_k$  - увеличивается

Если  $A < 0$ , то  $E_k$  - уменьшается



# Энергия

Работа равна убыли потенциальной энергии

$$A = - (\Delta E_{p2} - \Delta E_{p1}) = - \Delta E_p$$

Работа силы тяжести:

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

Когда сила тяжести совершает отрицательную работу,  
то потенциальная энергия увеличивается

Когда сила тяжести совершает положительную  
работу, то потенциальная энергия уменьшается

# Энергия

Работа определяет лишь изменение потенциальной энергии, поэтому лишь изменение энергии имеет физический смысл

Поэтому можно произвольно выбрать состояние системы, в котором ее потенциальная энергия считается равной нулю.

Этому состоянию соответствует нулевой уровень потенциальной энергии

Нулевой уровень потенциальной энергии системы = состояние системы с минимальной энергией!!!  
**Тогда она всегда положительна!!!**

# Энергия

Принцип минимума потенциальной энергии:

Любая замкнутая система стремится перейти в такое состояние, в котором ее потенциальная энергия минимальна.

Состояние с меньшей потенциальной энергией является энергетически выгодным

# Энергия

Примеры состояний с минимальной потенциальной энергией:

Пружина при отсутствии деформации

$$E_p = \frac{k(\Delta l)^2}{2}$$

Камень, лежащий на поверхности Земли

$$E_p = mgh$$

# Энергия

## Виды равновесия:

устойчивое


The diagram consists of a vertical green bar on the left side. From the top of this bar, three horizontal arrows point to the right, each entering a light green rectangular box. The boxes are stacked vertically and contain the text 'устойчивое', 'неустойчивое', and 'безразличное' from top to bottom.

неустойчивое


безразличное

# Энергия

Виды равновесия:




устойчивое




- равновесие, при котором тело, выведенное из положения равновесия, возвращается в первоначальное положение.

# Энергия

Виды равновесия:




неустойчивое




- равновесие, при котором тело, выведенное из положения равновесия, не возвращается в первоначальное положение.

# Энергия

Виды равновесия:



безразличное



- равновесие, при котором соседние положения тела также являются равновесными.



# Закон сохранения энергии

В замкнутой системе:

$A > 0$  – внутренних сил

$A < 0$  – внутренних сил

- увеличивает  
кинетическую энергию и  
уменьшает  
потенциальную

- увеличивает  
потенциальную энергию и  
уменьшает кинетическую

Выполняется закон сохранения  
энергии!!!

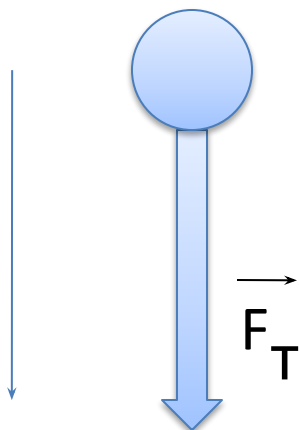
# Закон сохранения энергии

Система: Земля + поднятый над ней

камень

$$A = \Delta E_k \quad A = -\Delta E_p \quad \longrightarrow \quad \Delta E_k = -\Delta E_p$$

камень



$$\Delta E_k + \Delta E_p = 0 \quad \longrightarrow \quad \Delta(E_k + \Delta E_p) = 0$$

Изменение суммы кинетической и потенциальной энергий равно нулю.

$$E = E_k + E_p$$

- полная механическая энергия системы

$$\Delta(E_k + \Delta E_p) = 0 \quad \longrightarrow \quad E_k + E_p = \text{const}$$

Земля

- это значит, что механическая энергия сохраняется

# Закон сохранения энергии

В замкнутой системе, в которой действуют консервативные силы

энергия сохраняется

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

$$\frac{mv^2}{2} + mgh = \text{const}$$

или

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2$$

$$E_p = mgh$$

Это уравнение позволяет очень просто находить скорость камня  $v_2$  на любой высоте  $h_2$  над Землей, если известна начальная скорость  $v_1$  камня на исходной высоте  $h_1$ .

# Закон сохранения энергии

Закон сохранения энергии:

$$E_k + E_p = \text{const}$$



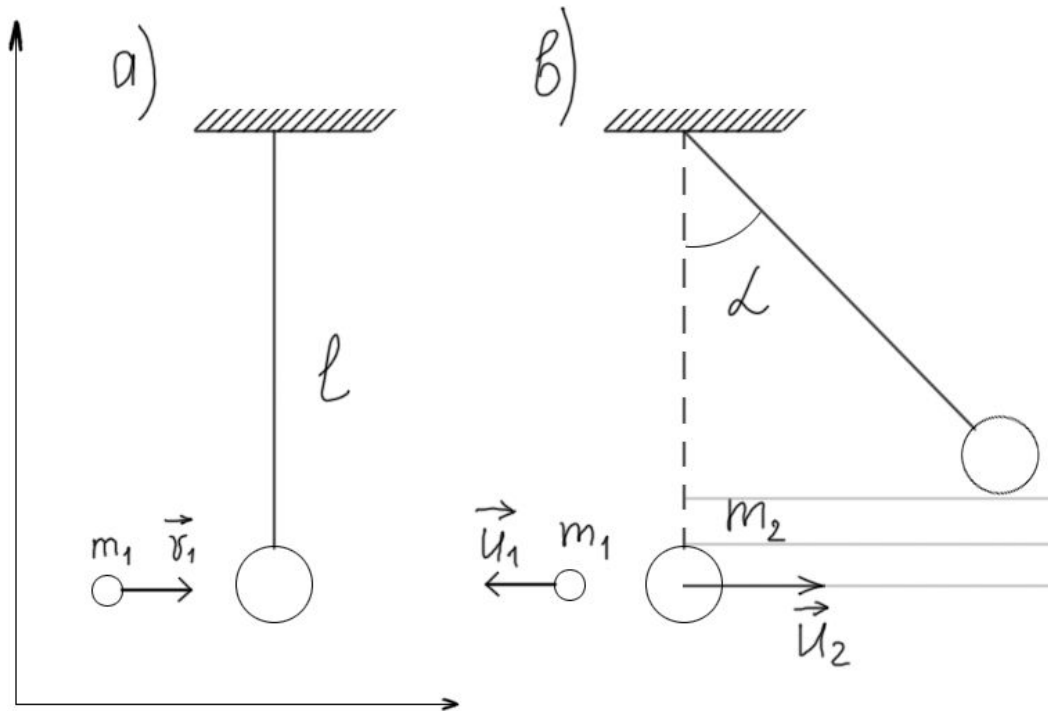
Сумма кинетических энергий всех тел

Сумма потенциальных энергий всех тел

Обобщается для любого числа тел и любых консервативных сил взаимодействия между

НИМИ

# Задача (за решение отдельная оценка)



Пуля массой  $m_1 = 10$  г, летящая горизонтально, абсолютно упруго соударяется с шаром массой  $m_2 = 6$  кг, подвешенным на легком стержне длиной  $l = 1$  м, и отскакивает в противоположном направлении. В результате удара шар отклоняется от вертикали на угол альфа, равный 40 градусам. Найти скорость пули до и после удара. Массой стержня пренебречь.

# Решение задач

## З А Д А Ч И

1. Для разрезания сыра толщиной 15 см требуется усилие 40 Н. Какая при этом совершается работа? **[6 Дж]**
2. Деревянный контейнер массой  $m = 200$  кг равномерно передвинули по деревянному полу на расстояние  $l = 5$  м. Найдите работу, совершенную при таком перемещении. Коэффициент трения скольжения  $\mu = 0,5$  (см. табл. 8). **[4,9 Дж]**
3. Сердце взрослого человека за одно сокращение прогоняет около  $160 \text{ см}^3$  крови. Оно сокращается примерно 70 раз в минуту, совершая работу 1 Дж за каждое сокращение. Какую работу совершает сердце за день? **[100 кДж]**
4. Упряжка собак, протаскивая сани по горизонтальному пути длиной 10 км, совершает работу 980 кДж. Считая коэффициент трения равным 0,02, найдите массу саней. **[500 кг]**
5. Найдите массу груза, если для его подъема на высоту 20 м подъемник совершает работу 9,8 кДж. **[50 кг]**

# Решение задач

## З А Д А Ч И

1. Тело массой  $m = 1$  кг имеет потенциальную энергию  $E_p = 9,8$  Дж. На какую высоту над Землей поднято тело, если нуль отсчета потенциальной энергии находится на поверхности Земли? **[1 м]**
2. Землекоп, выкапывая яму глубиной 1 м, длиной 2 м и шириной 1 м, выбрасывает глину на уровень земли. Считая плотность глины равной  $2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, найдите изменение потенциальной энергии глины и минимальную работу, совершенную землекопом **[19,6 кДж]**
3. В цилиндрической бочке находится 200 л воды. Высота столба воды в бочке 1 м. Найдите изменение потенциальной энергии воды после ее вытекания: а) на поверхность Земли, б) на поверхность Луны **[-9,8 кДж; -1,6 кДж]**
4. Найдите работу, которую надо совершить, чтобы положить друг на друга в одну стопку пять словарей, лежащих отдельно на столе высотой 1 м. Масса каждого словаря 2 кг, а толщина 10 см **[3,92 Дж]**
5. Какую работу против силы тяжести совершает штангист, поднимая штангу массой 200 кг на высоту 2 м? **[3,92 кДж]**

# Решение задач

## Кинетическая энергия.

### Теорема о кинетической энергии

3.116. Какова кинетическая энергия космического корабля серии «Союз» при движении по орбите со скоростью  $v = 7,8$  км/с, если масса корабля  $m = 6,6$  т?

3.117. Определить кинетическую энергию метеорита массой  $m = 50$  кг, движущегося со скоростью  $v = 40$  км/с.

3.122. Масса самосвала в 18 раз больше массы легкового автомобиля, а скорость самосвала в 6 раз меньше скорости легкового автомобиля. Сравнить импульсы и кинетические энергии автомобилей.

3.125. Определить массу тела, кинетическая энергия которого  $E_k = 10$  Дж, а импульс  $p = 2$  кг · м/с.

3.126. Импульс тела  $p = 8$  кг · м/с, а кинетическая энергия  $E_k = 16$  Дж. Найти скорость и массу тела.