

# **ВВЕДЕНИЕ В НАПРАВЛЕНИЕ**

**(Физико-технические основы  
электроэнергетики)**



***проф. Целебровский Юрий Викторович,***



- Физика (для ...)
- 
- 
- 
- Например: углублённого ...  
е изд. – М.: Др...
- Ю.В.Целеб...  
пособие. –
- Ю.В.Целеб...  
Новосибирс...
- И.Е. Иродо...  
М.: БИНОМ
- Правила ус...
- 
- 
- Например: действующие  
688 с.



кл. Учеб. для  
лободсков. – 2-

зе: учеб.

пособие /

7-е изд. –

здания, все  
зд-во, 2009. –

# Электронные источники

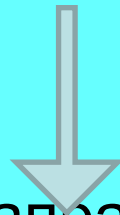
- FEN(\\VELES\STUDY)(K;)



- Кафедра техники и электрофизики высоких напряжений (ТЭВН)



- Целебровский Юрий Викторович



- Введение в направление

# ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



## Цели изучения курса:

1. Вспомнить фундаментальные законы электричества (закрепить и углубить знания).
2. Получить общее понятие об электроустановках
3. Проверить правильность выбранного направления высшего образования

**Усть-Илимская ГЭС**



# Простые вопросы

Какие силы удерживают частицы твёрдого материала вместе и определяют прочность материала?

**Закон Кулона**

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Какая сила крутит электродвигатель?

**Закон Ампера:**

$$\Delta F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{r^2} \Delta l^2$$

Почему нельзя повесить постоянное напряжение при помощи трансформатора?

$$\text{ЭДС} = - \frac{d\Phi}{d\tau} \quad \text{или:}$$

Откуда в автомобиле берётся высокое напряжение (> 1000 вольт) для создания искры в свече?

**Закон Электромагнитной индукции**

**$\Phi$**

О понятии «производная» -  $(dy/dx)$


$\tau$

Скорость  
изменения  
магнитного  
потока

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta\tau}$$

;  $\Delta \rightarrow 0$  обозначается  **$d$**  - дифференциал

# ЭНЕРГИЯ

- **ЭНЕРГИЯ** - универсальная мера движения и взаимодействия всех видов материи 
- Энергия движения называется **кинетической** энергией
- Энергия взаимодействия называется **потенциальной** энергией

«Потенциальная» и «кинетическая» – это две формы энергии.



*Мера – средство измерения физической величины*

# ЭНЕРГИЯ

**Взаимодействие** – воздействие тел или частиц друг на друга, приводящее к изменению состояния их движения.

(вспоминаем Первый закон Ньютона)

Взаимодействия различают:

- **механическое** взаимодействие между *телами* (частный случай взаимодействия);
- взаимодействие через **поле** (общий случай взаимодействия, тела находятся на расстоянии, между ними может быть пустота).



# ЭНЕРГИЯ

В порядке возрастания интенсивности взаимодействия различают:

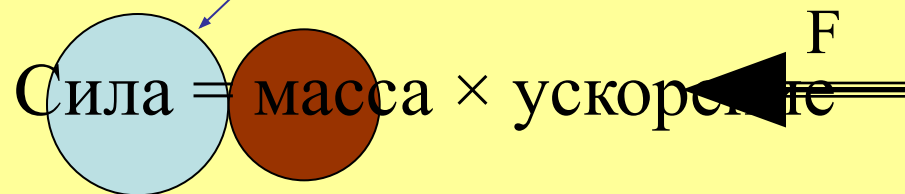
- гравитационное взаимодействие;
- слабое взаимодействие (между *элементарными частицами*, например, *нейтрино*);
- электромагнитное взаимодействие;
- сильное взаимодействие (короткодействующее, внутриядерное)

Одной из мер взаимодействия является *сила*.

# ЭНЕРГИЯ

**Сила** – это *векторная* величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других *тел* и полей, в результате которого тело приобретает ускорения или изменяет свою форму и размеры.

(вспомнили Первый закон Ньютона?)



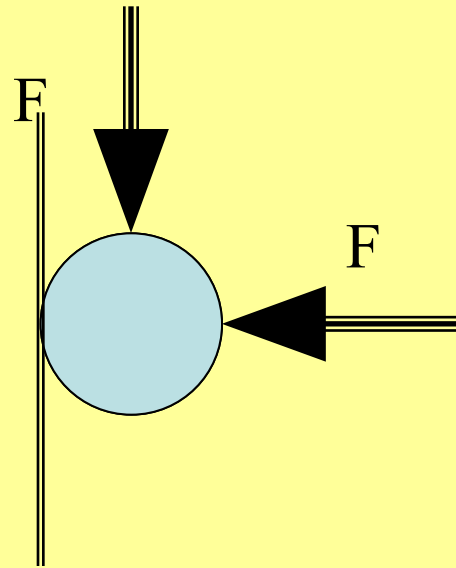
$$F = m \times a$$

(Второй закон Ньютона)

**m**-масса – это мера инерции тела

# ЭНЕРГИЯ

**Сила** – это *векторная* величина, являющаяся мерой механического воздействия на *тело* со стороны других *тел* и *полей*, в результате которого тело приобретает ускорения или изменяет свою форму и размеры.



# ЭНЕРГИЯ

## Силы взаимодействия:

Гравитационная:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Закон всемирного тяготения

Электрическая:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

Закон Кулона

Магнитная:

$$\Delta F = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I_1 I_2}{r^2} \Delta l^2$$

Закон Ампера

-источники силового поля

v - расстояние между источниками

- постоянные в международной системе единиц



# ЭНЕРГИЯ

В зависимости от вида движения и взаимодействия

Механическая энергия существует в двух видах: кинетической и потенциальной.

**Кинетическая энергия** механической системы – это энергия механического движения этой системы. Она зависит от массы движущегося тела (частицы) -  $m$  и скорости движения -  $v$ :

$$W_{\text{мех}}^{\text{к}} = \frac{mv^2}{2}$$

**Потенциальная энергия** – механическая энергия системы тел, определяемая их взаимным расположением и характером взаимодействия. Конкретный вид выражения для потенциальной механической энергии зависит от характера силового поля. Например, потенциальная энергия растянутой (сжатой) пружины зависит от значения деформации  $x$  и коэффициента упругости  $k$ :

$$W_{\text{мех}}^{\text{п}} = \frac{kx^2}{2}$$

**Полная механическая энергия системы:**

$$W_{\text{мех}} = W_{\text{мех}}^{\text{к}} + W_{\text{мех}}^{\text{п}}$$

# ЭНЕРГИЯ

## Электрическая (электромагнитная)

### энергия.

**Кинетическая энергия** электромагнитной системы – это энергия движущихся зарядов, выражающаяся в протекании электрического тока.

$$W_{эм}^к = \frac{LI^2}{2}$$

**L** – индуктивность электромагнитной системы, отражающая возникновение магнитного потока, препятствующего нарастанию тока. Индуктивность – мера инерции электромагнитной системы. **I** – электрический ток (направленное движение зарядов)

**Потенциальная энергия** электромагнитной системы – это энергия взаимодействия неподвижных зарядов (энергия, запасаемая в емкости).

$$W_{эм}^п = \frac{CU^2}{2}$$

**C** – электрическая емкость, отражающая количество запасенного электричества (электрического заряда); **U** – электрическое напряжение

# ЭНЕРГИЯ

Кинетическая

Потенциальная

механическая

$$W_{\text{мех}}^{\text{к}} = \frac{mv_{\text{в}}^2}{2}$$

$$W_{\text{мех}}^{\text{п}} = \frac{kx_{\text{в}}^2}{2}$$

электромагнитная

$$W_{\text{эм}}^{\text{к}} = \frac{LI_{\text{в}}^2}{2}$$

$$W_{\text{эм}}^{\text{п}} = \frac{CU_{\text{в}}^2}{2}$$

$m, L$  – параметры инерционности системы

$v, I$  – скорость

$$I[A] = \frac{q}{\tau} \left[ \frac{Kл}{с} \right]$$

$k, C$  – характеристики элемента, запасующего энергию.

$x, U$  – параметры «единичной» работы:

$$A_{\text{мех}} = F \cdot l$$

$$A_{\text{эм}} = U \cdot q$$

# ЭНЕРГИЯ

## Электрическая (электромагнитная)

### энергия.

\*В электротехнике, при производстве и передаче энергии на переменном токе существуют понятия активной и реактивной энергии.

**Активная энергия** – энергия, которая превращается в механическую и тепловую (полезная и потери).

**Реактивная (обменная) энергия** – энергия, переходящая в электрической системе из потенциальной формы в кинетическую и обратно.



# ЭНЕРГИЯ

## Электрическая (электромагнитная)

Механический аналог реактивной энергии – качающийся маятник

**Активная энергия** – энергия, которая превращается в механическую и тепловую (полезная и потери)

Потенциальная энергия

Потенциальная энергия

**Реактивная (обменная) энергия** – энергия, переходящая в электрической системе из потенциальной формы в кинетическую и обратно.

Кинетическая энергия

*При наличии трения реактивная энергия постепенно переходит в активную, превращающуюся в тепло.*

*В электроэнергетике бесполезное превращение электромагнитной энергии в тепло называется «потерями»*

# ЭНЕРГИЯ

## Реактивная энергия.

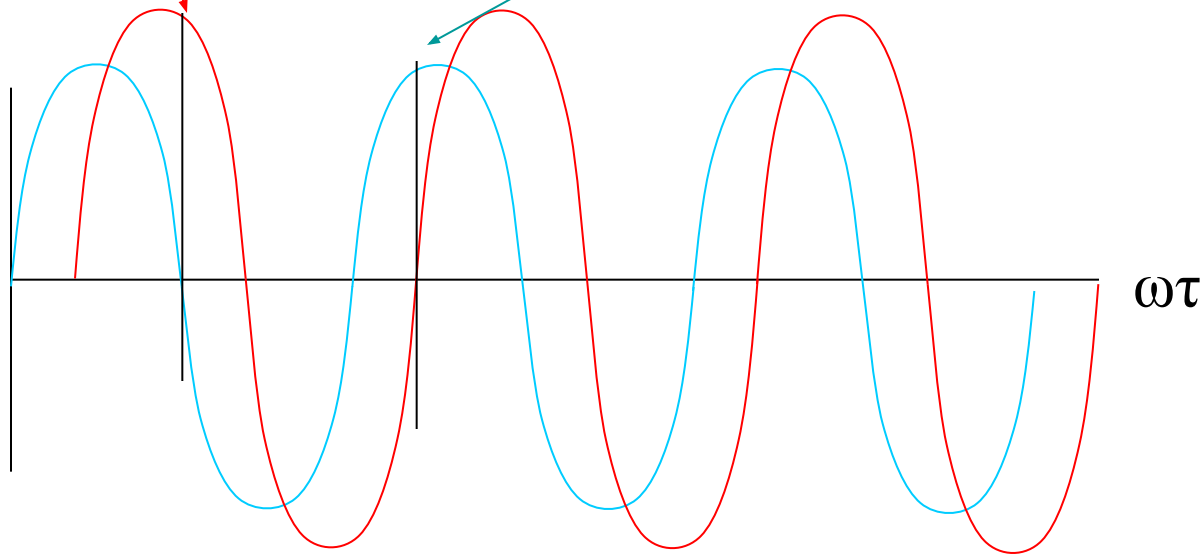
$$E_{\text{эм}}^{\text{к}} = \frac{LI^2}{2}$$

$$E_{\text{эм}}^{\text{п}} = \frac{CU^2}{2}$$

$L$  – индуктивность оборудования электроэнергетической системы

$C$  – ёмкость электрической сети

$I, U$



# ЭНЕРГИЯ

## Тепловая энергия.

*Кинетическая энергия* тела с температурой, отличающейся от *абсолютного нуля* – это суммарная энергия движущихся молекул тела.

По сути – это механическая кинетическая энергия движущихся (колеблющихся) частиц.

$mv^2/2=3/2 kT$ ;  $k=1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж / К,- постоянная Больцмана

Суммарная энергия тела выражается через его удельную энергетическую характеристику – теплоемкость, определяемую экспериментально.

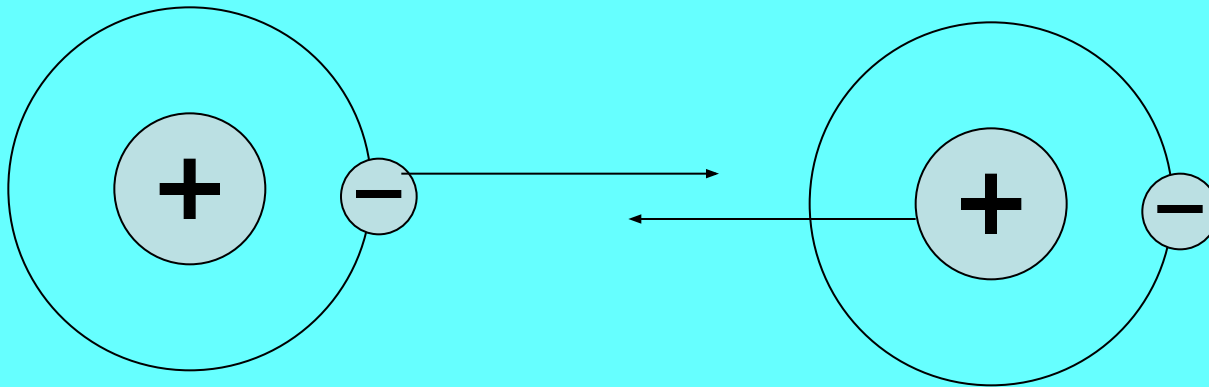
Теплоемкостью называется количество энергии, необходимое для повышения температуры тела единичной массы на 1 *кельвин*

# ЭНЕРГИЯ

## Тепловая энергия.

*Потенциальная энергия* тела – это энергия межмолекулярного взаимодействия.

Межмолекулярное взаимодействие имеет электрическую природу: взаимодействуют между собой электрические заряды различных частиц.



Потенциальная энергия также выражается через удельную электрическую характеристику – постоянную Ван-дер-Ваальса.

Постоянная Ван-дер-Ваальса характеризует силы межмолекулярного взаимодействия в объеме вещества, занимаемого одним *молем*.



# ЭНЕРГИЯ

## Тепловая энергия.

*Потенциальная энергия* тела – это энергия межмолекулярного взаимодействия.

Межмолекулярное взаимодействие имеет электрическую природу: взаимодействуют между собой электрические заряды различных частиц.

*Кинетическая энергия* тела с температурой, отличающейся от *абсолютного нуля* – это суммарная энергия движущихся молекул тела.

По сути – это механическая кинетическая энергия движущихся (колеблющихся) частиц.

*Переходом кинетической энергии в потенциальную и наоборот объясняется соответственно охлаждение газов при расширении (холодильник) и нагревом – при сжатии (компрессор).*

*Уравнение Клапейрона-Менделеева для идеальных газов, где взаимодействием молекул (потенциальной энергией) пренебрегают, при этом не действительно?*

$$~~pV = RT~~$$



A photograph of two men in a power plant. The man on the left is wearing a red hard hat and a camouflage uniform. The man on the right is wearing an orange hard hat and a dark blue jacket. They are standing in a field of tall green grass. In the background, there are large metal structures, including a tall tower and several large insulators. The sky is overcast.

***Лекция окончена.***

***Прошу задавать вопросы.  
Можно в письменном виде.***



# Литература

- Физика (для средней школы), разделы:
  - Механика.
  - Электричество.
  - Теплота.
- И.Е. Иродов Электромагнетизм. Основные законы / 7-е изд. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. – 319 с.
- **53Ц341** Ю. В. Целебровский Первокурсникам об электричестве: учебн. пособие - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 48 с.
- **62Ц 341** Ю.В.Целебровский Начала переменного тока: учеб. пособие / Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014. – 44 с
- Правила устройства электроустановок. 7-е издание, глава 1.
  - разделы: 1.1, 1.2, 1.7.
- FEN(\\VELES\STUDY)(K;)

