

# ФИЗИКА

## ОПОРНЫЕ КОНСПЕКТЫ И ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ. 11 КЛАСС



**СООТВЕТСТВУЕТ ГОСУДАРСТВЕННОМУ  
СТАНДАРТУ ОБРАЗОВАНИЯ  
ПО ФИЗИКЕ**

**ВЗАИМОДЕЙСТВУЕТ  
С ДЕЙСТВУЮЩИМ УЧЕБНИКОМ  
Г. Я. МЯКИШЕВА И Б. Б. БУХОВЦЕВА**

**ИМЕЕТ НЕОБХОДИМЫЙ  
И ДОСТАТОЧНЫЙ ОБЪЕМ ЗНАНИЙ,  
ПРЕДСТАВЛЕННЫЙ В НАГЛЯДНОЙ  
И СЖАТОЙ ФОРМЕ**

**ПРЕДЛАГАЕТ МНОГОУРОВНЕВУЮ  
СИСТЕМУ ЗАДАЧ ДЛЯ РАЗНОГО  
УРОВНЯ ПОДГОТОВКИ**

**СОДЕРЖИТ ВОПРОСЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ  
И САМОКОНТРОЛЯ**

**2-Е ИЗДАНИЕ**

Ю. С. КУПЕРШТЕЙН

# ФИЗИКА

## Опорные конспекты и дифференцированные задачи

*Учителю*

*Ученику*

*Абитуриенту*

**11 класс**

Санкт-Петербург

«БХВ-Петербург»

2007

УДК 53(075.3)  
ББК 22.3я72  
К92

## Куперштейн Ю. С.

К92 Физика. Опорные конспекты и дифференцированные задачи. 11 класс. — 2-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2007. — 88 с.: ил.

ISBN 978-5-9775-0136-1

Книга является дополнительным пособием для изучения физики по учебнику Г. Я. Мякишева и Б. Б. Буховцева (11 класс) и отвечает требованиям Государственного стандарта образования по физике. Курс физики для основной школы представлен в виде опорных конспектов, указаны ссылки на учебник. По каждой теме имеются контрольные вопросы и дифференцированные задачи, позволяющие усваивать содержание предмета учащимся с разным уровнем подготовки по физике. Может применяться для организации учебной деятельности учащихся в классе при очном обучении, экстернате, для домашней и самостоятельной работы.

*Для общеобразовательных школ*

УДК 53(075.3)  
ББК 22.3я72

### Группа подготовки издания:

Главный редактор	<i>Екатерина Кондукова</i>
Зам. главного редактора	<i>Людмила Еремеевская</i>
Зав. редакцией	<i>Григорий Добин</i>
Оформление обложки	<i>Елены Беляевой</i>
Зав. производством	<i>Николай Тверских</i>

Лицензия ИД № 02429 от 24.07.00. Подписано в печать 14.06.07.

Формат 60×90<sup>1/16</sup>. Печать офсетная. Усл. печ. л. 5,5.

Тираж 2500 экз. Заказ №

«БХВ-Петербург», 194354, Санкт-Петербург, ул. Есенина, 5Б.

Санитарно-эпидемиологическое заключение на продукцию № 77.99.02.953.Д.006421.11.04 от 11.11.2004 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Отпечатано с готовых диапозитивов  
в ГУП «Типография «Наука»  
199034, Санкт-Петербург, 9 линия, 12

ISBN 978-5-9775-0136-1

© Куперштейн Ю. С., 2007

© Оформление, издательство «БХВ-Петербург», 2007

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Пособие содержит комплект опорных конспектов, дифференцированных задач и контрольных вопросов для взаимоконтроля (КВВК).

Опорные конспекты в виде схематических блоков учебной информации (формул, рисунков, символов и т. д.) охватывают все основные темы курса физики 11 кл. и представляют собой целостную структуру.

Оптимальный вариант обучения, когда каждый ученик имеет набор опорных конспектов, а учитель применяет их при изложении нового материала, в ходе опроса, подготовки к зачетам и экзаменам. Учителю целесообразно объяснять материал в классе по опорному конспекту с помощью специально подготовленных кодослайдов, плакатов или воспроизводить его на доске.

КВВК представляют собой «выжимки» из изученного материала — основные понятия, определения, формулы и т. д. Учащиеся отвечают на эти вопросы друг другу с последующей проверкой их учителем.

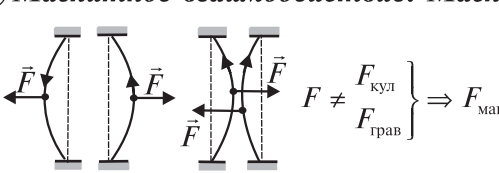
Дифференцированные задачи, составленные или взятые из разных источников, подобраны по степени усложнения: простые (I группа), средние (II группа), повышенной сложности (III группа). Эти задачи обозначены в пособии буквой «Т». Учащиеся самостоятельно выбирают группу задач в зависимости от своих способностей и подготовки. По мере овладения знаниями и навыками они могут переходить к решению более сложных задач. Задачи каждой группы разбиты на блоки, включая домашнее задание, учащиеся должны научиться решать задачи одного блока, одну из которых учитель письменно проверяет на последующем уроке. Для большинства задач даны ответы. По некоторым темам в начале идут задачи, предполагаемые для домашних заданий. Эти задачи обозначены индексом «Д». Необходимость решения всех блоков задач по данной теме решает учитель в зависимости от наличия времени и качественного состава класса. Темы, обозначенные \*, изучаются в ознакомительном плане.

## *Принятые условные обозначения*

§ — см. определение в учебниках: Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Учебник для 10 кл. средней школы — М.: Просвещение, 2006; Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Учебник для 11 кл. средней школы — М.: Просвещение, 2001.

◻ — § учебника, соответствующий данному конспекту.

① **Магнитное взаимодействие. Магнитное поле**



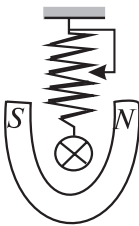
Эрстед (дат.) — вокруг проводника с током существует магн. поле

Свойства магнитного поля:

- порождается током;
- механизм взаимодействия — поле — ток.

② **Вектор магнитной индукции**

1-3



Опыт:  $F_{\max} \sim I \cdot \Delta l$

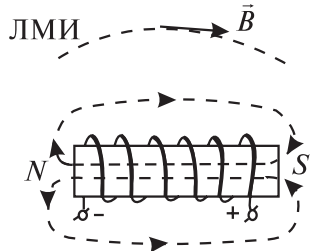
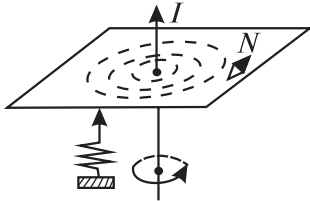
$$\frac{|F_{\max}|}{I \cdot \Delta l} = \text{const} = B$$

$$\vec{B} \uparrow \uparrow \blacklozenge^N$$

$$[B] = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Тл (Тесла)}$$

③ **Линии магнитной индукции (ЛМИ) — § (стр. 8)**

- замкнуты (поле вихревое)
- не пересекаются



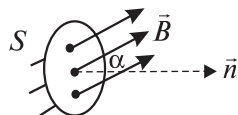
Правило буравчика:  
если жало  $\uparrow \uparrow I$ ,  
то вращ. рукоят.  $\uparrow \uparrow$  ЛМИ

Правило обхвата п/руки:  
если пальцы  $\uparrow \uparrow I$ ,  
то отогн. б/палец  $\uparrow \uparrow$  ЛМИ

④ **Магнитный поток**

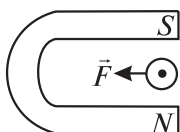
$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\vec{B} \hat{n}) = B_n \cdot S$$

$$[\Phi] = \text{Вб (Вебер)}$$



9

5) Сила Ампера (на проводник в магнитном поле)

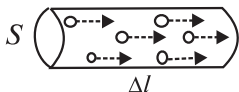


$$F_A = B \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin(\angle, \vec{B})$$

Направление  $F_A$  — правило левой руки — § (стр. 13)

3

6) Сила Лоренца (на частицу в магнитном поле)



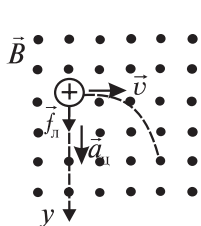
$$F_A = \Sigma f_{\perp}$$

$$f_{\perp} = \frac{F_A}{N} = \frac{B \cdot I \cdot \Delta l \cdot \sin \alpha}{N} = \frac{B \cdot q \cdot v \cdot \mu S \Delta l \sin \alpha}{N}$$

$$f_{\perp} = B \cdot q \cdot v \cdot \sin(\angle, \vec{v})$$

6

Направление  $f_{\perp}$  — § (стр. 17)



$$ma_u = f_{\perp}$$

$$\frac{mv^2}{R} = Bqv$$

$$R = \frac{mv}{qB} = const$$

— движение по окружности

Применение  $f_{\perp}$ :

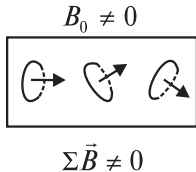
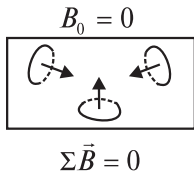
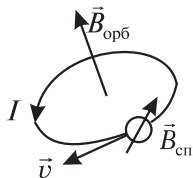
— определение  $\frac{q}{m}$   
(масс-спектрограф)

- отклонение  $\bar{e}$  в кинескопе
- полярные сияния
- циклотрон
- МГД генератор

7) Магнитные свойства вещества

$Al \ B > B_0$  незн. парамагнетики —  $\mu > 1$   
 $Fe \ B \gg B_0$  — ферромагнетики —  $\mu \gg 1$   
 $Bi \ B < B_0$  незн. — диамагнетики —  $\mu < 1$

магнитная проницаемость среды  $\mu = \frac{B}{B_0}$



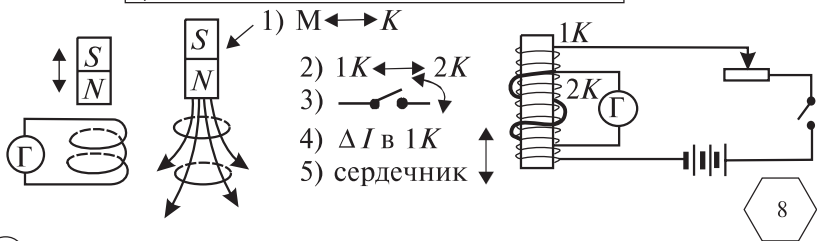
$$\vec{B}_{\text{атома}} = \vec{B}_{\text{орбит.}} + \vec{B}_{\text{спин.}}$$

$t_{\text{Кюри}}^o$  : ферром.  $\rightarrow$  парамаг.

7

① **Открытие** — Фарадей (англ.) — 1831 г.

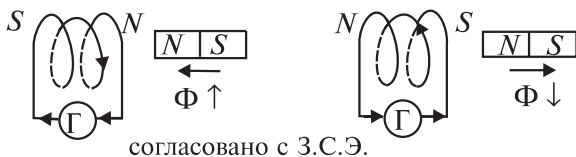
$I_i$  возникает при  $\Delta \Phi$  через  $S$  контура



8

② **Правило Ленца**

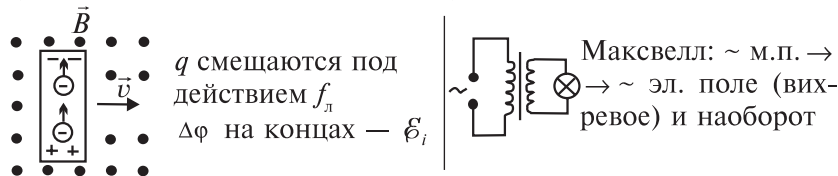
$I_i$  имеет такое направление, что своим м.п. препятствует  $\Delta \Phi$ , вызвавшего явление индукции



10

③ **Причины Э.М.И.**

а) в движущемся в м.п. проводн.      б) в неподв. проводнике в  $\sim$  м.п.



④ **Формулы**  $\mathcal{E}_i$

11-13

а) Опыт:  $I_i \sim \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$ , но  $I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} \Rightarrow \mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$  — 3-н Э.М.И.

(Замечание:  $|\Delta \Phi| = \mathcal{E}_i \cdot \Delta t \Rightarrow [\Phi] = \text{В} \cdot \text{с} = \text{Вб}$ )

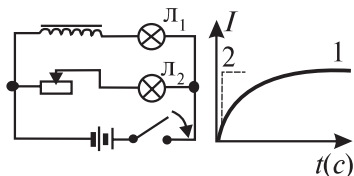
б)  $\mathcal{E}_i$  катушки =  $-n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

в)  $\mathcal{E}_i$  движ. проводн. =  $\frac{A_{\text{ст}}}{q} = \frac{f_l \cdot l}{q} = \frac{\varphi \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha \cdot l}{\varphi} = v \cdot B \cdot l \cdot \sin(\vec{B}, \vec{v})$

## 5 Самоиндукция

Явление, при котором ~ м.п., создаваемое током в какой-либо цепи, возбуждает  $\mathcal{E}_i$  в той же цепи — с/и, а возникающая ЭДС наз.  $\mathcal{E}_{ci}$

замыкание цепи

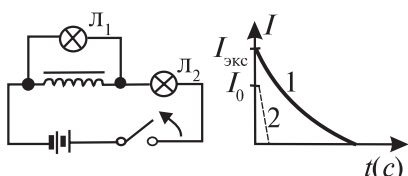


$L_1$  загорится позже, т. к.

$$\Phi \uparrow \Rightarrow \mathcal{E}_{ci} \uparrow \downarrow \mathcal{E}_{ист}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_{ист} - \mathcal{E}_{ci}}{R_{об}}$$

размыкание цепи



$L_1$  ярче вспыхивает, т. к.

$$\Phi \downarrow \Rightarrow \mathcal{E}_{ci} \uparrow \uparrow \mathcal{E}_{ист}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_{ист} + \mathcal{E}_{ci}}{R_{об}}$$

Может быть  $\mathcal{E}_{ci} \gg \mathcal{E}_{ист} \Rightarrow$  масляные выключатели, магнитные пускатели

## 6 Индуктивность

15,16

$$\mathcal{E}_{ci} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}, \text{ но } \Phi \sim B \sim I \Rightarrow \Phi = L \cdot I \Rightarrow \Delta\Phi = L \cdot \Delta I$$

$$\mathcal{E}_{ci} = -L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L = \left| \frac{\mathcal{E}_{ci} \cdot \Delta t}{\Delta I} \right|$$

$$[L] = \frac{B \cdot c}{A} = \text{Ом} \cdot c = \text{Гн} \dots \xi \text{ (стр. 41)}$$

...  $\xi$  (стр. 40)

L ЗАВИСИТ ОТ:

- а) размера проводника  $L_2 > L_1$
- б) формы проводника  $L_2 > L_1$  (длины одинак.)
- в) магнитных св-в среды  $L_2 > L_1$

## 7 Энергия магнитного поля

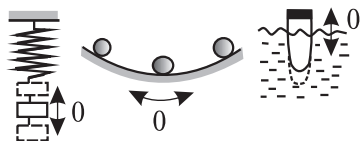
При замыкании цепи источник совершает «А» против сил вихревого поля  $\Rightarrow W$  запасается; при размыкании цепи  $W$  выделяется (искра, дуга)

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

$$\text{(Аналогично } E_k = \frac{mv^2}{2} \text{)}$$



① Свободные колебания — § (стр. 54)



- все к.с. имеют П.У.Р.
- при вывед. из П.У.Р.  $\Rightarrow F_{\text{рез}}$  к П.У.Р.
- П.У.Р. вследствие инертности
- $F_{\text{тр}} \rightarrow 0$

~ физ. величины:  $x$

18,19

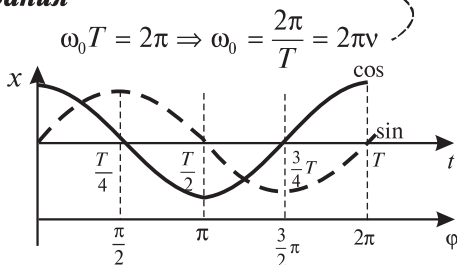
$\left. \begin{array}{l} F \\ a \\ v \end{array} \right\}$	постоянные	$T$ — период	$\left. \begin{array}{l} f(\text{колеб. системы}) \\ f(E_0) \end{array} \right\}$
	величины:	$\nu$ — частота	
		$X_M$ — амплитуда	
		$\omega_0$ — циклическая частота	

② Гармонические колебания

$$x'' \sim -x \text{ (по опред.)}$$

$$x = X_M \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

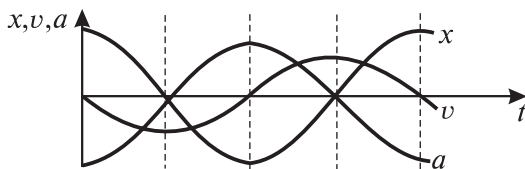
22,23



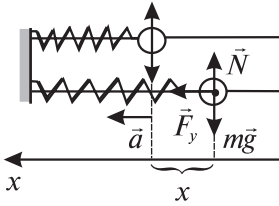
$(\omega_0 t + \varphi_0)$  — фаза — величина, стоящая под знаком  $\cos$  или  $\sin$  уравнения гармонич. колебания, и показывающая, какая доля периода прошла от начала колебания

③ Скорость и ускорение при колебательном движении

$x = X_M \cdot \cos \omega_0 t$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} a = -\omega_0^2 x$
$v = x' = -X_M \cdot \omega_0 \cdot \sin \omega_0 t = \omega_0 \cdot X_M \cdot \cos\left(\omega_0 t + \frac{\pi}{2}\right)$	
$a = v' = -X_M \cdot \omega_0 \cdot \omega_0 \cdot \cos \omega_0 t = \omega_0^2 \cdot X_M \cdot \cos(\omega_0 t + \pi)$	



#### 4 Груз на пружине



$$m\vec{a} = \vec{F}_y + m\vec{g} + \vec{N}$$

$$x : ma = F_y$$

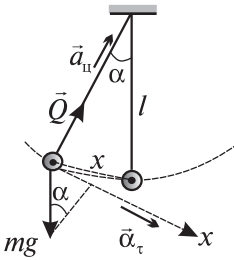
$$a = \frac{F_y}{m} = \frac{-kx}{m} = -\frac{k}{m}x$$

(закон Гука)  
 $a \sim -x$

$$\frac{k}{m} = \omega_0^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

21

#### 5 Математический маятник



$$m(\vec{a}_\tau + \vec{a}_n) = m\vec{g} + \vec{Q}$$

$$x : ma_\tau = mg \sin \alpha$$

$$a_\tau = g \frac{|x|}{l} = -\frac{g}{l}x$$

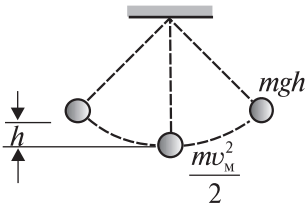
$$(\alpha \rightarrow 0 \Rightarrow x \perp l) \quad (\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{x})$$

$a \sim -x$

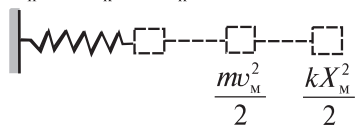
$$\frac{g}{l} = \omega_0^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{формула Гюйгенса}$$

20

#### 6 Превращения энергии при колебаниях



$$E_{\text{п}} \rightarrow E_{\text{к}} \rightarrow E_{\text{п}} \rightarrow \dots$$



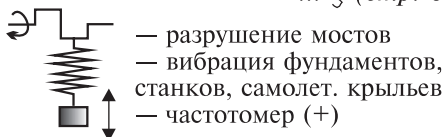
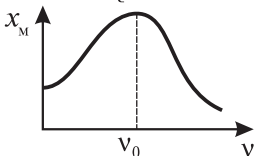
24

#### 7 Вынужденные колебания

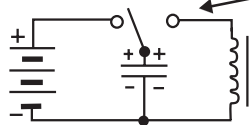
$$X_M = f \begin{cases} E_{\text{внешн.}} & T = T_{\text{внешн. силы}} \\ \text{параметров к. с.} \\ \text{близости } \nu_0 \text{ и } \nu_{\text{внешн.}} \rightarrow \text{при } \nu_{\text{внешн.}} = \nu_0 \text{ — резонанс} \end{cases}$$

$$\nu = \nu_{\text{внешн. силы}}$$

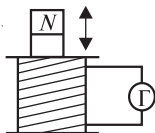
25,26



1) Бывают свободные и вынужденные

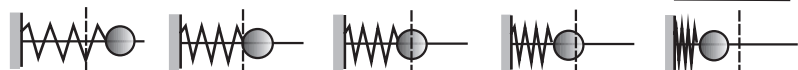
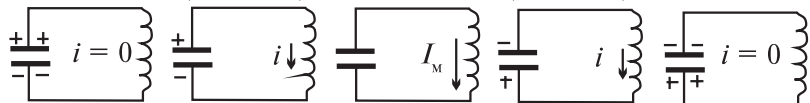


катушка препятств.  
 $\Delta I$  (Ленц!)  $\Rightarrow$  колеб.  $I$   
 достаточно длительные



2) Колебательный контур

$$\frac{Q^2}{2c} \rightarrow \left( \frac{q^2}{2c} + \frac{Li^2}{2} \right) \rightarrow \frac{LI_M^2}{2} \rightarrow \left( \frac{q^2}{2c} + \frac{Li^2}{2} \right) \rightarrow \frac{Q^2}{2c} \rightarrow \dots$$



$$\frac{kx_M^2}{2} \rightarrow \left( \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right) \rightarrow \frac{mv_M^2}{2} \rightarrow \left( \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} \right) \rightarrow \frac{kx_M^2}{2}$$

Аналогия

$$x = X_M \cdot \cos \omega t$$

$$v = \omega X_M \cdot \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) = \begin{cases} x \leftrightarrow q \\ v = x' \leftrightarrow i = q' \\ a = x'' \leftrightarrow i' = q'' \end{cases} \left\{ \begin{array}{l} q = Q_M \cdot \cos \omega t \\ i = q' = -Q_M \cdot \omega \cdot \sin \omega t = \\ = I_M \cdot \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \end{array} \right.$$

$$= v_M \cdot \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \left\{ \begin{array}{l} m \leftrightarrow L \\ \mu \leftrightarrow R \end{array} \right.$$

3) Формула Томсона

$$E = \frac{Li^2}{2} + \frac{q^2}{2c} \quad \text{Если } R = 0, \text{ то } E = \text{const}$$

$$\left( \frac{Li^2}{2} \right)' + \left( \frac{q^2}{2c} \right)' = E' = 0 \Rightarrow \frac{L}{2} \cdot 2i \cdot i' = -\frac{1}{2c} \cdot 2q \cdot q'$$

$$\left. \begin{array}{l} i = q' \\ i' = q'' \end{array} \right| L \cdot i \cdot i' = -\frac{q}{c} \cdot q' \Rightarrow Lq'' = -\frac{q}{c} \Rightarrow q'' = -\frac{1}{LC} q$$

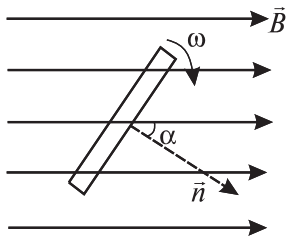
$q'' \sim -q$  — колебания гармонические

27-30

$$\frac{1}{LC} = \omega_0^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

# ПЕРЕМЕННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

## ① Гармонический характер колебаний $e, i, u$



$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos \alpha = B \cdot S \cdot \cos \omega t$$

$$e_i = -\Phi' = B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin \omega t = \mathcal{E}_m \cdot \sin \omega t$$

Следовательно:

$$i = I_m \cdot \sin \omega t \quad \left( I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \right)$$

$$u = U_m \cdot \sin(\omega t \pm \varphi) \quad \left( U = I \cdot R \right)$$

$\nu_{\text{промыш.}} = 50 \text{ Гц}$

$\varphi$  — возможный сдвиг по фазе

## ② « $\bar{p}$ » в цепи ~ тока. Действующие значения « $I$ » и « $U$ »

При ~ токе  $i, u$  — изм.-ся. Что же показывают  $\text{ⓐ}$  и  $\text{Ⓥ}$ ?



$$\left. \begin{aligned} p_- &= I^2 \cdot R \\ \bar{p}_- &= \bar{i}^2 \cdot R \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \text{Если } p_- &= \bar{p}_- \Rightarrow I^2 = \bar{i}^2 \Rightarrow I = \sqrt{\bar{i}^2} \\ \text{Аналог. } \left( p &= \frac{U^2}{R} \right) \Rightarrow U^2 = \bar{u}^2 \Rightarrow U = \sqrt{\bar{u}^2} \\ &\quad - \xi \text{ (стр. 88)} \end{aligned}$$

$$i = I_m \cdot \cos \omega t \Rightarrow i^2 = I_m^2 \cdot \cos^2 \omega t = I_m^2 \cdot \frac{1}{2} (1 + \cos 2\omega t)$$



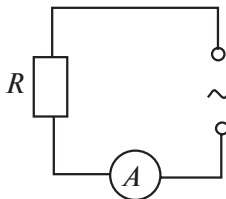
$$\bar{i}^2 = \frac{I_m^2}{2} \Rightarrow \bar{p} = \frac{I_m^2}{2} \cdot R$$

⇓

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

31,32

① Активное сопротивление



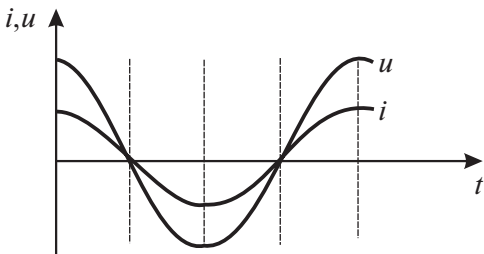
$$u = U_M \cdot \cos \omega t$$

$$i = \frac{U}{R} = \frac{U_M \cdot \cos \omega t}{R}$$

$$i = I_M \cdot \cos \omega t$$

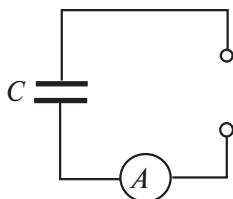
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

$i$  и  $u$  совпадают по фазе




32

② Емкостное сопротивление



— ток:  $I = 0$

~ ток:  $I \neq 0$

периодич. зарядка  
и разрядка   
под действием  $\sim U$

$$u = U_M \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

$$q = C \cdot U = C \cdot U_M \cdot \cos \omega t$$

$$i = q' = \underbrace{-\omega C U_M}_{I_M} \cdot \sin \omega t = I_M \cdot \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (2)$$

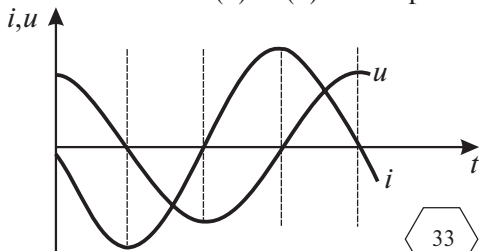
(1) и (2):  $i$  опережает  $u$  на  $\frac{\pi}{2}$

$$I_M = \omega C U_M$$

$$I_M = \frac{U_M}{\frac{1}{\omega C}}$$

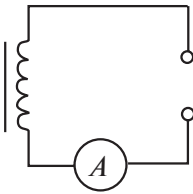
$$x_c = \frac{1}{\omega C}$$

$$I = \frac{U}{x_c}$$



33

### 3 Индуктивное сопротивление



ток:  $I$  больше

ток:  $I$  меньше

( $u \sim U$ )

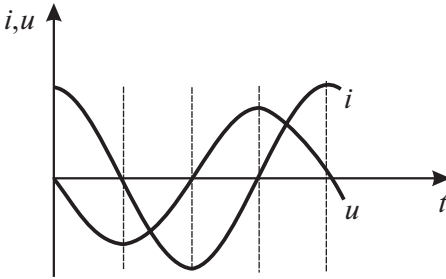
самоиндукция

$$i = I_M \cdot \cos \omega t \quad (1)$$

$$e_c = -L \cdot i' = L \cdot I_M \cdot \omega \cdot \sin \omega t$$

Если  $R = 0$ , то  $U = -e_c = -L \cdot I_M \cdot \omega \cdot \sin \omega t = U_M \cdot \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right) \quad (2)$   
 ( $iR = U + e_c$ )

(1) и (2):  $u$  опережает  $i$  на  $\frac{\pi}{2}$



$$U_M = L \cdot I_M \cdot \omega$$

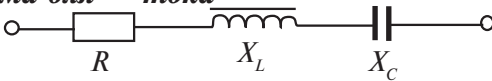
$$I_M = \frac{U_M}{\omega L}$$

$$x_L = \omega L$$

$$I = \frac{U}{x_L}$$



### 4 Закон Ома для ~ тока



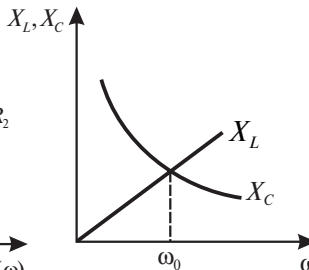
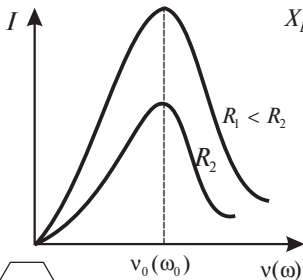
$$U \neq U_R + U_L + U_C$$

$$Z \neq R + X_L + X_C$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}}$$

### 5 Электрический резонанс



$$I_{\max} : \omega L = \frac{1}{\omega C}$$

$$\omega^2 LC = 1$$

$$\omega^2 = \frac{1}{LC} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$

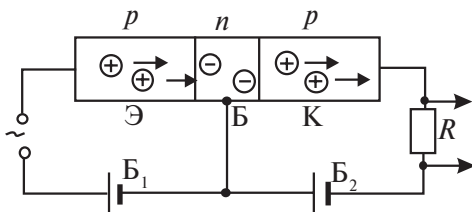
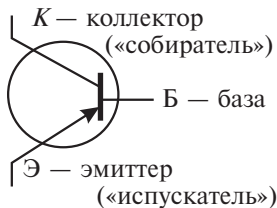
$$T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$$

$$T = T_{\text{собст.}} \quad (\nu = \nu_{\text{собст.}})$$

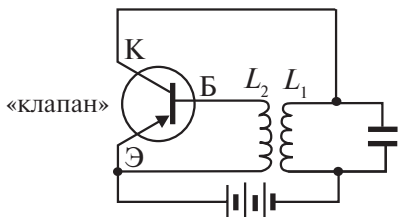
↳ ... (стр. 94)

35

(+) — радиосвязь      (-) — перегоран. приборов

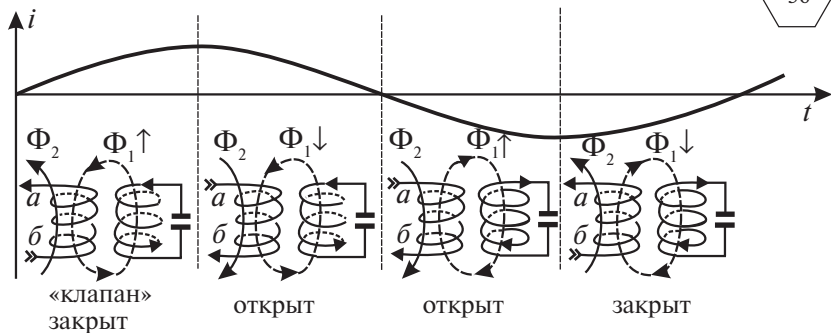


### ГЕНЕРАТОР НЕЗАТУХАЮЩИХ КОЛЕБАНИЙ



Задача — получить незатухающие колебания большой  $\nu$ . Г.Н.К. — автоколеб. система, в которой энергия от источника тока порциями поступает в колебательный контур

36



**1-я четв.:** по  $L_1$  идет  $\uparrow i_1 \Rightarrow$  возник.  $\Phi_1 \uparrow$ , пересекающий  $L_2$  сверху вниз (правило обхвата правой руки)  $\Rightarrow$  в  $L_2$  возник.  $i_2$ , препятствующий  $\uparrow \Phi_1$  (Ленц!)  $\Rightarrow \Phi_2$  напр. вверх  $\Rightarrow i_2$  от  $\delta$  к  $a$  (от « $n$ » к « $p$ ») — не может!

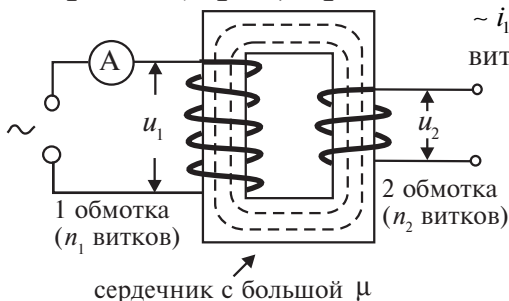
**2-я четв.:** по  $L_1$  идет  $\downarrow i_1 \Rightarrow$  возник  $\Phi_1 \downarrow \Rightarrow$  в  $L_2$  возник.  $i_2$ , препятств.  $\downarrow \Phi_1 \Rightarrow \Phi_2$  напр. вниз  $\Rightarrow i_2$  от  $a$  к  $\delta$  (от « $p$ » к « $n$ ») — может!

**Итак:**  $\frac{1}{2}T$  «клапан» закрыт,  $\frac{1}{2}T$  открыт (к/контур пополняет энергию за счет источника тока)

# ТРАНСФОРМАТОР

Яблочков, Усагин — конец XIX века

## 1 Устройство, принцип работы



$\sim i_1 \Rightarrow \sim \Phi_1 \Rightarrow e_i$  (в каждом витке обмоток)

38

## 2 Режим холостого хода ( $i_2 = 0$ )

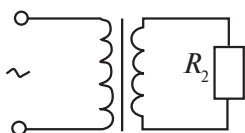
Если  $R_A \rightarrow 0$ , то  $U_1 = -\mathcal{E}_1$  ( $i_1 R = U_1 + \mathcal{E}_1$ )

$U_2 = -\mathcal{E}_2$  ( $i_2 = 0$ )

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\mathcal{E}_1}{\mathcal{E}_2} = \frac{n_1 \cdot e}{n_2 \cdot e} = \frac{n_1}{n_2} = k \rightarrow \text{коэфф. трансф.}$$

( $k > 1 \Rightarrow U_2 < U_1$  — пониж.)  
 ( $k < 1 \Rightarrow U_2 > U_1$  — повыш.)

## 3\* Режим нагруженного трансформатора



$i_2 \neq 0 \sim i_2 \Rightarrow \sim \Phi_2$ , препятств.  $\Delta\Phi_1$  (Ленц!)  
 $\Rightarrow \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} \downarrow \Rightarrow \mathcal{E}_1 \downarrow$ , но  $|\mathcal{E}_1| = |U_1| \Rightarrow i_1 \uparrow$

(т. к.  $U_1 = \text{const}$ )

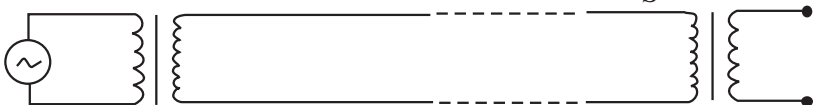
Всякое  $\Delta R_2 \Rightarrow \Delta i_1 \Rightarrow \Delta P_{\text{потр. } L_1}$  из сети

## 4 Непроизводительные расходы

- |   |   |   |
|---|---|---|
| а) нагревание обмоток (джоулево тепло)<br>б) перемангничивание сердечника<br>в) нагревание сердечника токами Фуко<br>г) рассеивание магнитного потока | } | к.п.д. 97–99% $\Rightarrow$<br>$P_1 \approx P_2 \Rightarrow I_1 U_1 = I_2 U_2$<br>$\Downarrow$<br>$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$ |
|---|---|---|

## 5 Передача электроэнергии на расстояние

трудность: большое  $Q$  на проводах.  $Q = I^2 R t = I^2 \frac{\rho l}{S} t$



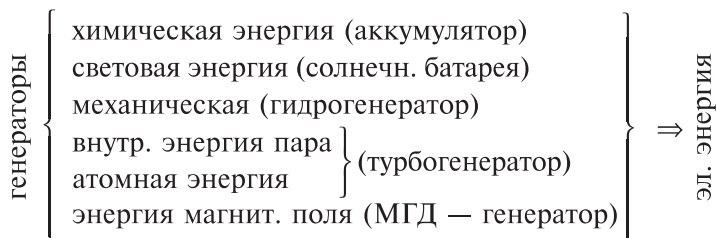
40



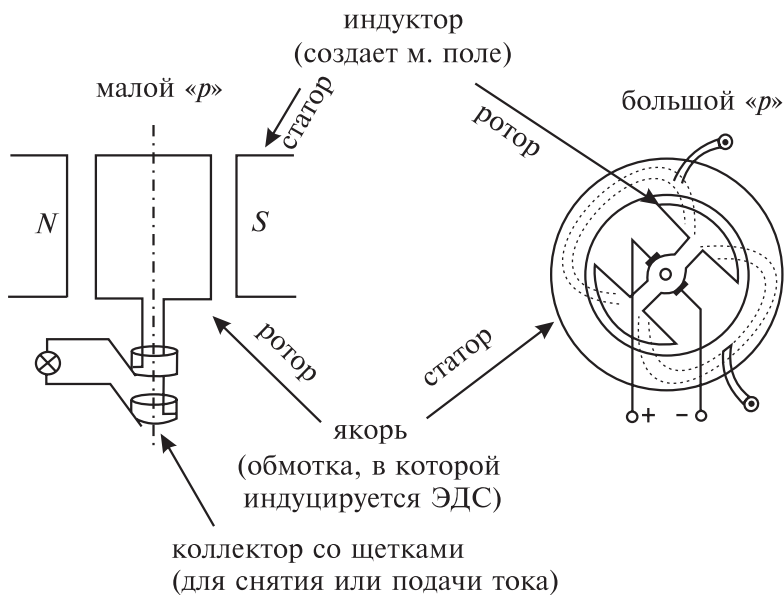
### ① *Преимущества эл. энергии*

- 1) можно передавать по проводам
- 2) можно трансформировать ( $\Delta u, \Delta i$ )
- 3) легко превращается в другие виды энергии
- 4) легко получается из других видов энергии:

39



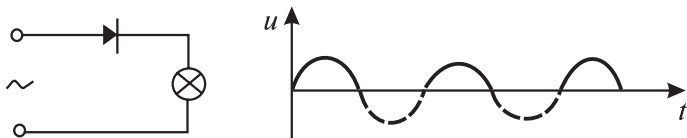
### ② *Устройство индукционного генератора*



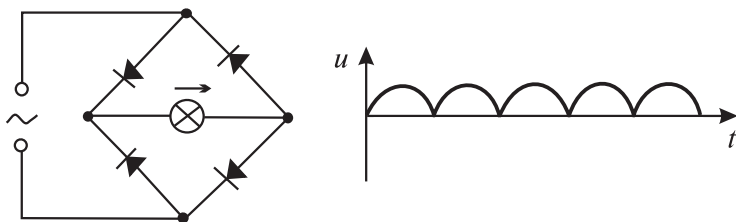
37

### ③ \* Выпрямление ~ тока

а) однополупериодный выпрямитель



б) двухполупериодный выпрямитель



### ④ \* Успехи и перспективы электрификации



1920 г. — план ГОЭЛРО (за 10 лет увелич. произв. э/энергии в 4 раза, построено 40 эл. станций  $P = 4,1$  млн кВт)

1947 г. — 1-е место в Европе

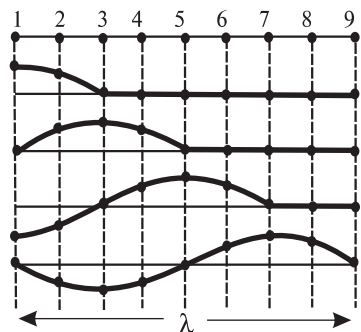
Экибастузский  
Канско-Ачинский } бассейны

① **Волной наз. ...  $\xi$**  (стр. 116)

Причины возникн. волн  $\nearrow f_{\text{упр}}$   
 $\searrow$  инертность частиц  
 $\swarrow$  вибратор

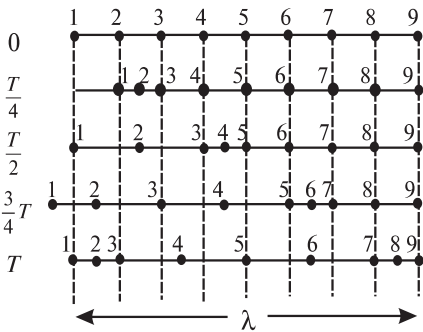
② **Поперечные волны**

(деформ. сдвига — в тв. телах, на поверх. ж.)



**Продольные волны**

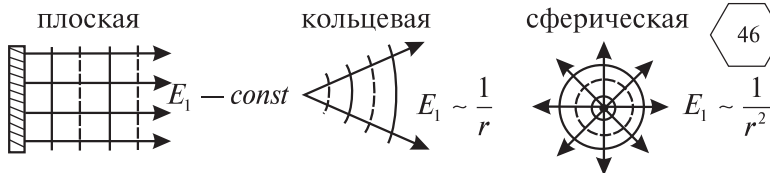
(деф. сжатия — в г., ж., тв. телах)



$\lambda - \xi$  (стр. 121)

$$v_{\text{в}} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu \quad v_{\text{в}} = f \text{ (св-в среды)} \quad v = f \text{ (источника)}$$

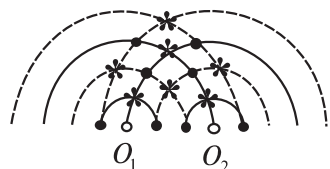
③ **Волны в среде**



④ **Интерференция волн** — наложение когерент. волн

Когерентные волны —  $\xi$  (стр. 188)

Принцип суперпозиции волн  $\rightarrow$  67

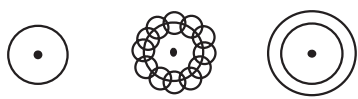


$\Delta d$  — разность хода

Если  $\Delta d = 2n \frac{\lambda}{2}$  — макс усилен. (\*)

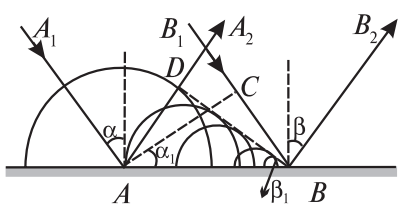
$\Delta d = (2n + 1) \frac{\lambda}{2}$  — макс ослабл. (•)

## 5 Принцип Гюйгенса



60

## 6 Отражение волн



$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{CB}{v} \\ AD &= \tau \cdot v \end{aligned} \right\} \Rightarrow CB = AD$$

$$\Delta ABD = \Delta ACB \Rightarrow \alpha_1 = \beta_1$$

$$\text{но } \left. \begin{aligned} \alpha_1 &= \alpha \\ \beta_1 &= \beta \end{aligned} \right\} \Rightarrow \beta = \alpha \text{ (1 з-н отр.)}$$

2 закон: луч падающий, луч отраженный,  $\perp$  лежат в одной плоскости

## 7 Дифракция волн — $\xi$ (стр. 196)

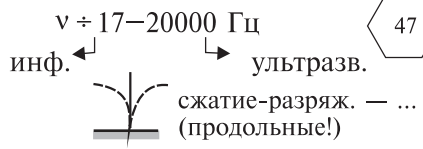


70

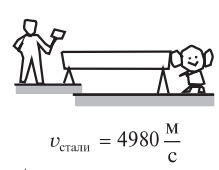
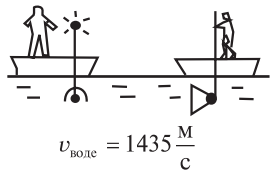
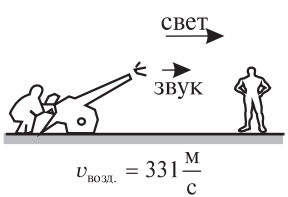
## 8 Звуковые волны

47

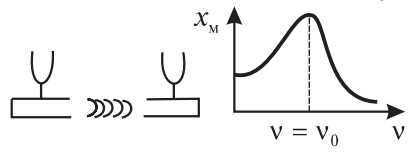
Причины  $\left\{ \begin{aligned} &\text{вибрация} \\ &\text{упруг. среды} \end{aligned} \right.$



музык. звук  $\leftarrow$  звук  $\rightarrow$  шумы ( $\nu \neq const$ )  
 харак-ся громкостью ( $x_M$ ) и высотой ( $\nu$ )

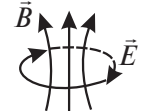


Акустический резонанс:



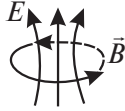
## 1 Электромагнитное поле

$\sim B \rightarrow \sim E$  Из явления ЭМИ



Если  $\frac{\Delta B}{\Delta t} > 0$ , то  $\vec{E}$  опр-ся левым винтом

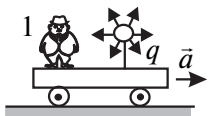
$\sim E \rightarrow \sim B$  Максвелл из предпол.



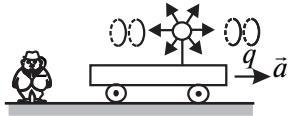
о единстве природы

Если  $\frac{\Delta E}{\Delta t} > 0$ , то  $\vec{B}$  опр-ся правым винтом

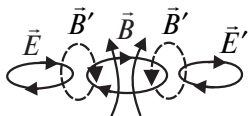
Итак:  $\sim B \rightarrow \sim E \rightarrow \sim B \rightarrow \dots$



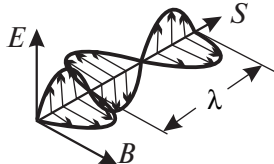
э/м поле



## 2 Э/м волны — процесс распространения э/м поля

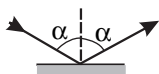


$$C = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{М}}{\text{с}}$$



## 3 Свойства э/м волн

а) отражение



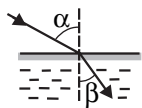
б) дифракция



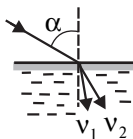
в) интерференция



г) преломление



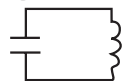
д) дисперсия



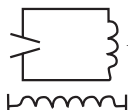
е) поляризация



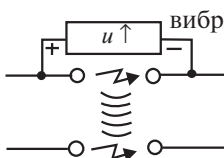
## 4 Опыты Герца



$$W_{\text{волны}} \sim \nu^4$$



$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}}$$



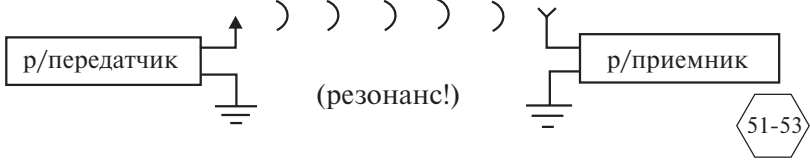
вибратор Герца



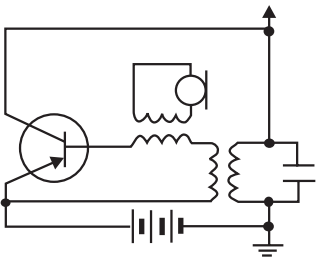
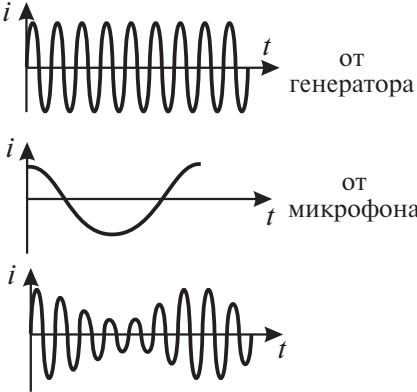
«q» должен двиг-ся с ускорением!

## 5) Принцип радиотелефонной связи

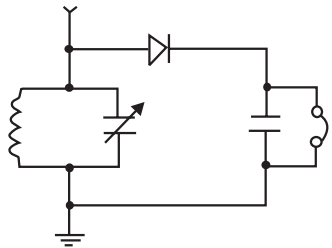
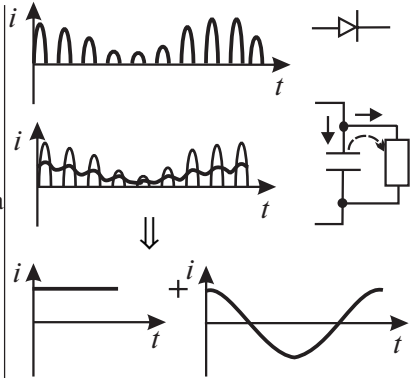
(А.С. Попов 1895 г.)



### АМПЛИТУДНАЯ МОДУЛЯЦИЯ

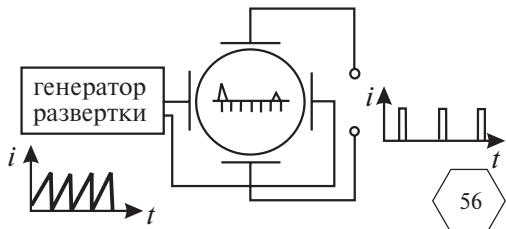
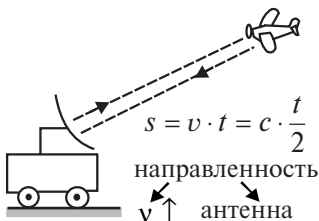


### ДЕТЕКТИРОВАНИЕ



## 6) Радиолокация

(обнаружение и определение местополож. объекта радиоволнами)



## РАЗВИТИЕ ВЗГЛЯДОВ НА ПРИРОДУ СВЕТА



↓  
поток частиц, летящих  
равномерно, прямолинейно

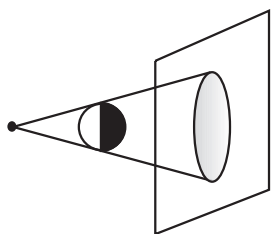
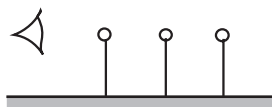
↓  
 $\lambda \div 760 \text{ нм} - 400 \text{ нм}$   
↓                      ↓  
красн.                фиол.

---

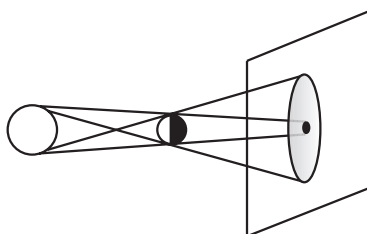
квантовая электродинамика  
(дуализм свойств света)

## ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИКА

### ① *Прямолинейное распространение света*

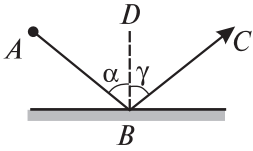


тень



полутень

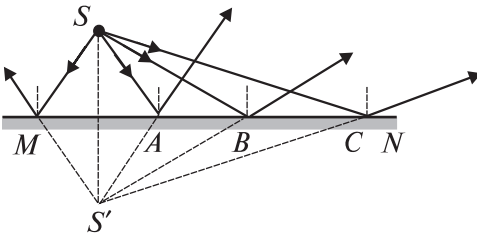
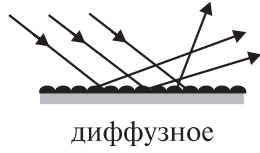
## ② Отражение света



ЗАКОНЫ:

—  $\gamma = \alpha$

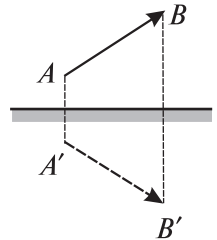
—  $AB, BC, BD$  в одной плоскости



$$\Delta SAB = \Delta S'AB$$



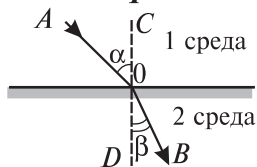
$S'$  симметр.  $S$



мнимое!



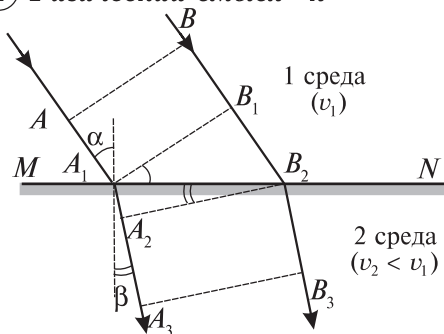
① **Законы преломления**



1)  $AO, OB, CD$  — в одной плоскости

$$2) \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1}$$

② **Физический смысл «n»**



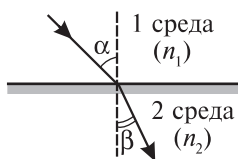
$$\Delta A_1 B_1 B_2 : B_1 B_2 = A_1 B_2 \cdot \sin \alpha$$

$$\Delta A_1 B_2 A_2 : A_1 A_2 = A_1 B_2 \cdot \sin \beta$$

$$\frac{B_1 B_2}{A_1 A_2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1} = \frac{v_1 \cdot \lambda}{v_2 \cdot \lambda}$$

61

Если 1 среда вакуум (воздух), то  $n = \frac{c}{v}$  — абсолютн. показат.

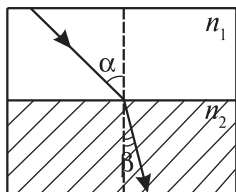


$$\left. \begin{array}{l} n_1 = \frac{c}{v_1} \\ n_2 = \frac{c}{v_2} \end{array} \right\} \begin{array}{l} n_2 = \frac{v_1}{v_2} = n_{2,1} = \frac{1}{n_{1,2}} \end{array}$$

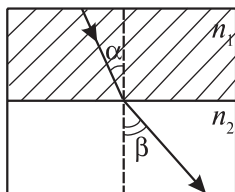
↘  
обратимость хода лучей

Итак:  $n_{2,1} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$

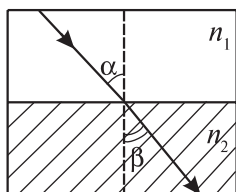
Среда, в которой «n» больше («v» меньше) — оптич. более плотная



$n_2 > n_1$

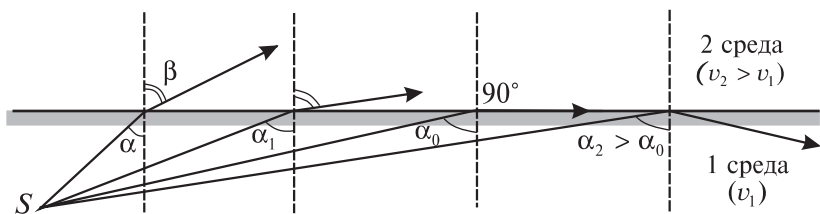


$n_2 < n_1$



$n_2 = n_1$

### 3 Полное отражение света



$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{2,1} = \frac{1}{n_{1,2}} \Rightarrow \sin \beta \sim \sin \alpha$$

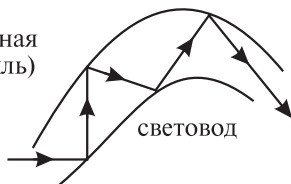
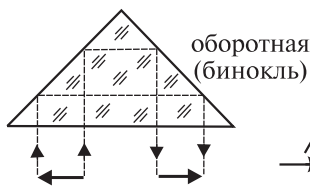
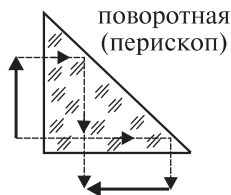
Если  $\beta = 90^\circ$ , то  $\alpha$  — предельный угол

$$\sin \alpha_0 = \frac{1}{n_{1,2}}$$

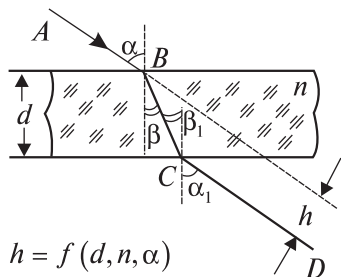
(\*Н-р: для воды:  $n_{1,2} = 1,33 \Rightarrow \alpha_0 = 49^\circ$   
 для стекла:  $n_{1,2} = 1,5 \Rightarrow \alpha_0 = 42^\circ$ )

62

Если  $\alpha_2 > \alpha_0$ , то  $\sin \beta_2 > \sin 90^\circ$ , что невозможно, сл-но при  $\alpha > \alpha_0$  произойдет отражение



### 4 Плоскопараллельн. пластинка, треугольная призма

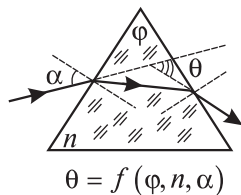


$$h = f(d, n, \alpha)$$

$$\begin{aligned} \text{т.В. } \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} &= n \\ \text{т.С. } \frac{\sin \beta_1}{\sin \alpha_1} &= \frac{1}{n} \\ \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \cdot \frac{\sin \beta_1}{\sin \alpha_1} &= 1 \end{aligned}$$

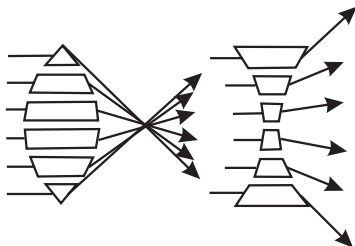
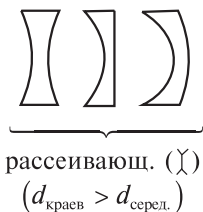
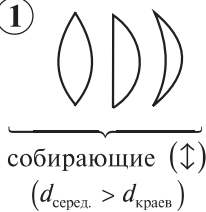
$$\sin \alpha = \sin \alpha_1$$

$$\Downarrow \\ AB \parallel CD$$

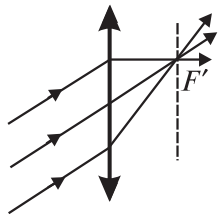
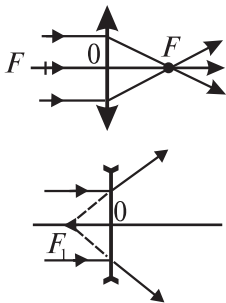
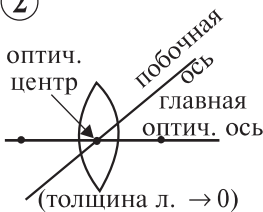


$$\theta = f(\varphi, n, \alpha)$$

①



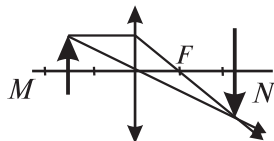
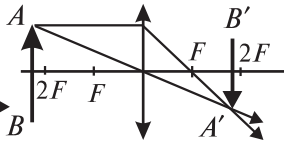
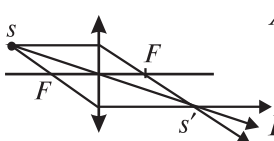
②



$F$  — гл. фокус  
 $F_1$  — мнимый фокус  
 $F'$  — фокус  
 $OF$  — фокусн. расст.

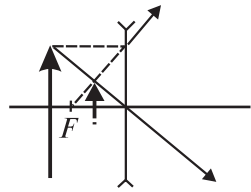
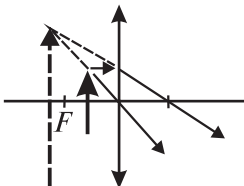
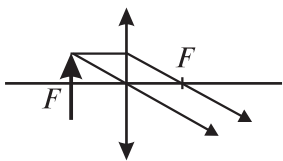
③

**Построение изображения в линзах**



действ.,  
перевернутое,  
увеличенное

действ.,  
перевернутое,  
увеличенное

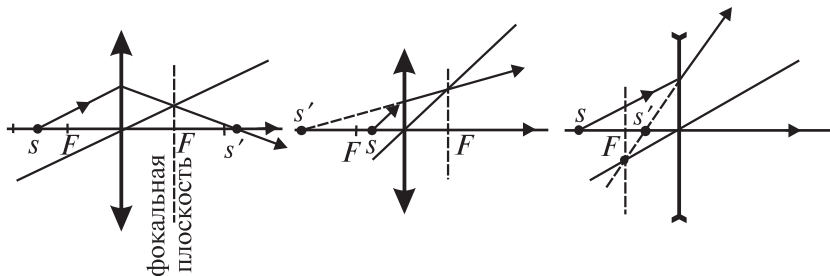


изображ.  
в бесконеч.

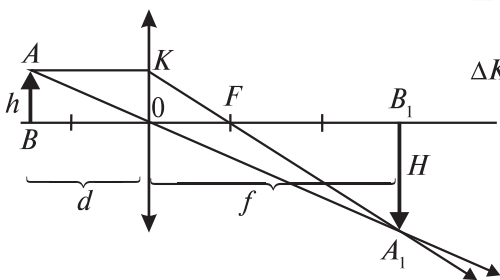
мнимое, прямое,  
увеличенное

мнимое, прямое,  
увеличенное

#### ④ Построение изображения в линзах



#### ⑤ Формулы тонкой линзы



$$\triangle ABO \sim \triangle A_1B_1O: \frac{h}{H} = \frac{d}{d'}$$

$$\triangle KOF \sim \triangle FB_1A_1: \frac{KO}{H} = \frac{F}{FB_1}$$

$$\frac{d}{f} = \frac{F}{f - F}$$

$$\downarrow$$

$$df - dF = fF$$

$$: dfF \left| \frac{1}{F} - \frac{1}{f} = \frac{1}{d} \Rightarrow \boxed{\frac{1}{f} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}} \right.$$

$F > 0$ , если линза собирающая

$F < 0$ , если линза рассеивающая

$f > 0$ , если изображение действит.

$f < 0$ , если изображение мнимое

$D$  — оптическая сила линзы

$$D = \frac{1}{F} = (n-1) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$[D] = \text{м}^{-1} = \text{дптр}$$

$$\updownarrow \vee \quad |D| = \pm D_1 \pm D_2$$

$l = 0$

$$\boxed{\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}}$$

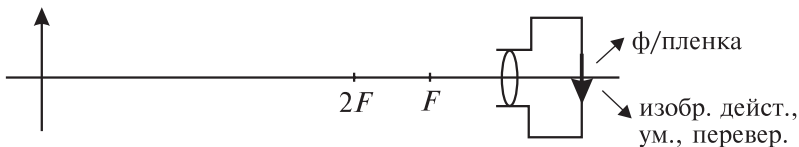
$\Gamma$  — увеличение

$H$  — высота изображ.

$h$  — высота предм.

63-65

① **Фотоаппарат**

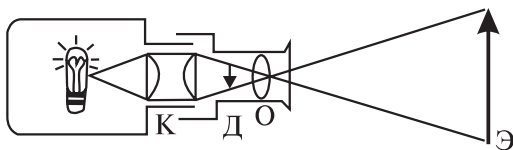


Резкость:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$  — винтов. резьба, гармошка

Кол-во света: выдержка ( $t_{\text{экспоз.}}$ ), диафрагма ( $d_{\text{отвер. объект}}$ )

$f$  (освещенности объекта, чувств. пленки, глубины резкости)

② **Проекционный аппарат**



Д — диапозитив

К — конденсор

Э — экран

О — объектив

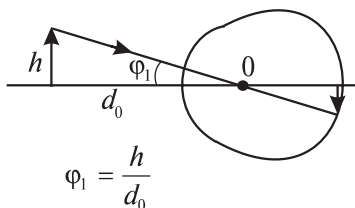
фильмоскоп,

киноаппарат,

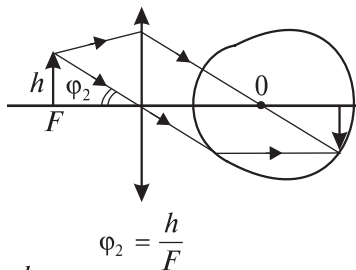
фотоувеличит.,

эпидиаскоп, ...

④\* **Луна**



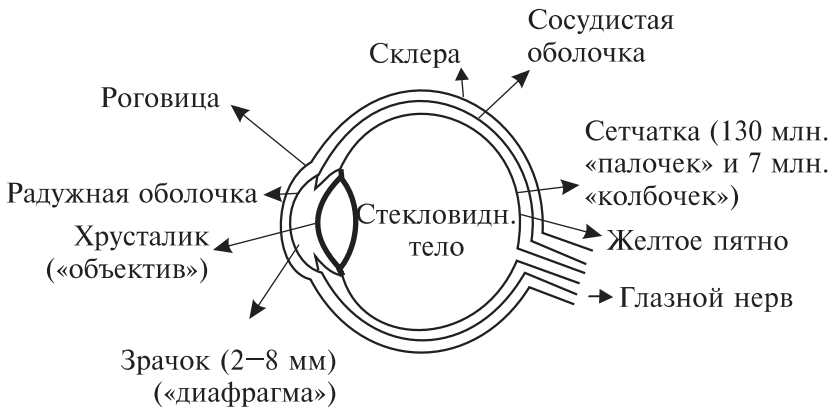
$$\varphi_1 = \frac{h}{d_0}$$



$$\varphi_2 = \frac{h}{F}$$

$$\Gamma = \frac{\varphi_2}{\varphi_1} = \frac{\frac{h}{F}}{\frac{h}{d_0}} = \frac{d_0}{F}$$

### 3) Глаз



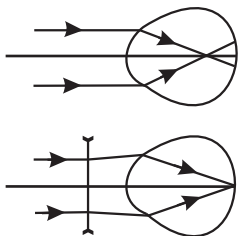
Аккомодация  
(14 см — ∞)

$d_0 = 25$  см — расстоян.  
наилучш. зрения

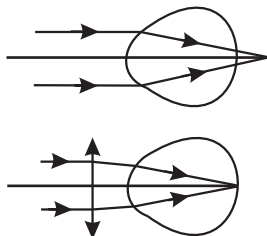


две т-ки раздельно при  $\alpha \geq 1'$

Близорукость:



Дальнозоркость:



### 5)\* Микроскоп

