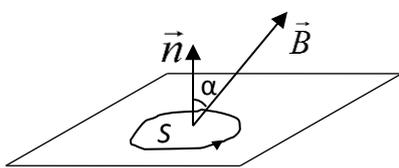
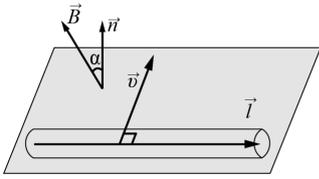


ЭЛЕКТРОДИНАМИКА: ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ, ОПТИКА

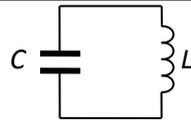
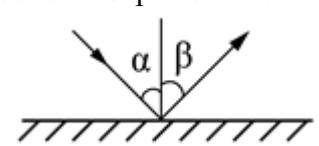
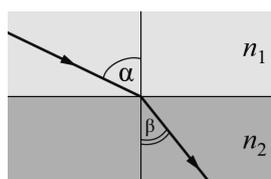
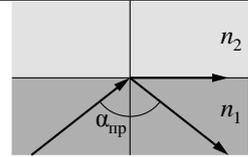
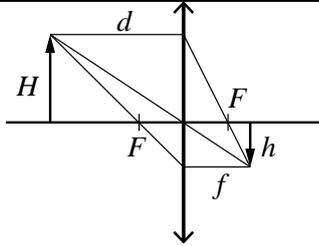
Какие позиции кодификатора элементов содержания проверяет

В экзаменационной работе содержательные элементы тем «Электромагнитная индукция», «Электромагнитные колебания и волны» и «Оптика» проверяются заданиями 12–15 части 1 и задачами 21, 23 и 25 части 2.

Ниже представлена таблица, составленная на основе Кодификатора проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике в 2024 году¹. В таблицу включены все элементы содержания по данным темам, которые будут проверяться в КИМ текущего года.

ЭЛЕКТРОДИНАМИКА	
ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ	
1	Поток вектора магнитной индукции: $\Phi = B_n S = BS \cos \alpha$ 
2	Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции
3	Закон электромагнитной индукции Фарадея: $\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = -\Phi'_t$
4	ЭДС индукции в прямом проводнике длиной l , движущемся со скоростью \vec{v} ($\vec{v} \perp \vec{l}$) в однородном магнитном поле \vec{B} : $ \mathcal{E}_i = Blv \sin \alpha$, где α – угол между векторами \vec{B} и \vec{v} ; если $\vec{l} \perp \vec{B}$ и $\vec{v} \perp \vec{B}$, то $ \mathcal{E}_i = Blv$ 
5	Правило Ленца Индуктивность: $L = \frac{\Phi}{I}$, или $\Phi = LI$ Самоиндукция. ЭДС самоиндукции: $\mathcal{E}_{si} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Big _{\Delta t \rightarrow 0} = -LI'_t$
6	Энергия магнитного поля катушки с током: $W_L = \frac{LI^2}{2}$
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ	
1	Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре:

¹ На сайте ФГБНУ «ФИПИ» <https://fipi.ru> в соответствующем разделе размещены демоверсии, спецификации и кодификаторы КИМ ЕГЭ 2024 г. В архиве с материалами по физике присутствует Кодификатор проверяемых требований к результатам освоения основной образовательной программы среднего общего образования и элементов содержания для проведения единого государственного экзамена по физике.

	$\begin{cases} q(t) = q_{max} \sin(\omega t + \varphi_0) \\ I(t) = q'_t = \omega q_{max} \cos(\omega t + \varphi_0) = I_{max} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{cases}$ <p>Формула Томсона: $T = 2\pi\sqrt{LC}$, откуда $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{1}{\sqrt{LC}}$</p> <p>Связь амплитуды заряда конденсатора с амплитудой силы тока в колебательном контуре:</p> $q_{max} = \frac{I_{max}}{\omega}$	
2	<p>Закон сохранения энергии в колебательном контуре:</p> $\frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{CU_{max}^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2} = const$	
ОПТИКА		
1	Прямолинейное распространение света в однородной среде. Луч света	
2	<p>Законы отражения света.</p> 	
3	Построение изображений в плоском зеркале	
4	<p>Законы преломления света.</p> <p>Преломление света: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$</p> <p>Абсолютный показатель преломления: $n_{abs} = \frac{c}{v}$</p> <p>Относительный показатель преломления: $n_{отн} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$</p> <p>Ход лучей в призме.</p> <p>Соотношение частот и длин волн при переходе монохроматического света через границу раздела двух оптических сред: $\nu_1 = \nu_2, n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$</p>	
5	<p>Полное внутреннее отражение. Предельный угол полного внутреннего отражения: $\sin \alpha_{пр} = \frac{1}{n_{отн}} = \frac{n_2}{n_1}$</p>	
6	<p>Собирающие и рассеивающие линзы. Тонкая линза. Фокусное расстояние и оптическая сила тонкой линзы: $D = \frac{1}{F}$</p>	
7	<p>Формула тонкой линзы: $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$</p> <p>Увеличение, даваемое линзой: $\Gamma = \frac{h}{H} = \frac{f}{d}$</p>	
8	<p>Ход луча, прошедшего линзу под произвольным углом к её главной оптической оси. Построение изображений точки и отрезка прямой в собирающих и рассеивающих линзах и их системах</p>	

Что нужно знать/уметь по теме

Ниже приведены описания проверяемых элементов содержания и умений, которые необходимо проявить при выполнении каждого из заданий 12–15 части 1 и заданий 21, 23 и 25 части 2, а также примеры заданий данной линии из открытого банка заданий ЕГЭ, раздел «Электродинамика».

Задания 12 и 13 являются заданием с кратким ответом, в которых необходимо самостоятельно записать ответ в виде числа.

Задание 12

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Закон электромагнитной индукции Фарадея, индуктивность, энергия магнитного поля катушки с током	Использовать формулы для расчета индуктивности, энергии магнитного поля катушки с током и закон электромагнитной индукции Фарадея для вычисления величин

Задание 13

№	Что нужно знать	Что нужно уметь
1	Свободные электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре. Формула Томсона	Сравнивать периоды и частоты электромагнитных колебаний в колебательном контуре, используя формулу Томсона. По графикам зависимости силы тока от времени в колебательном контуре или напряжения на обкладках конденсатора от времени определять период и частоту их колебаний, а также определять период колебаний энергии магнитного поля катушки и электрического поля конденсатора
2	Законы отражения света. Изображение в плоском зеркале	Различать углы падения и отражения света в плоском зеркале. Различать свойства изображения в плоском зеркале
3	Собирающая линза, оптическая сила линзы. Построение изображений в собирающей линзе	Строить изображения предметов в собирающей линзе, определять фокусное расстояние и оптическую силу линзы

Задания 14 и 15

Задания 14 и 15 в соответствии со Спецификацией КИМ ЕГЭ 2024 г. могут проверять элементы содержания по любой из тем раздела «Электродинамика». Как правило, в экзаменационном варианте эти задания базируются на материале разных тем.

В задании 14 необходимо из пяти предложенных утверждений выбрать все верные утверждения, характеризующие процесс, описанный в тексте задания. Для этого необходимо уметь проводить интегрированный анализ указанного процесса.

В задании 15 необходимо проанализировать описанный процесс и определить характер изменения двух физических величин, характеризующих этот процесс или установить соответствие между графиками и физическими величинами, описывающими какой-либо процесс.

Задания 14 и 15 являются заданиями с кратким ответом, которые оцениваются максимально 2 баллами.

Задание 14

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Электромагнитная индукция. Электромагнитные колебания и волны.	Анализировать процессы, связанные с наблюдением электромагнитной индукции, свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, которые представлены в виде схем, таблиц, графиков или словесного описания: выделять их основные свойства, уметь определять физические величины, характеризующие процесс.

Задание 15

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Электромагнитные колебания и волны. Оптика	Анализировать изменение физических величин в процессах, связанных с наблюдением свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре, свойств электромагнитных волн (в том числе: преломления света, прохождения света через дифракционную решетку). Распознавать графики зависимости одной физической величины от другой, характеризующие свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре

Во второй части работы могут предлагаться следующие задачи по данному разделу:

- качественная задача с развернутым ответом повышенного уровня сложности, максимальный балл – 3 (позиция 21);
- расчетная задача с развернутым ответом повышенного уровня сложности, максимальный балл – 2 (позиция 23).
- расчетная задача с развернутым ответом высокого уровня сложности, максимальный балл – 3 (позиция 25).

Задачи могут базироваться на любых содержательных элементах раздела. Как правило, в одном экзаменационном варианте эти задачи предлагаются на материале разных тем.

Задание 21

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Электромагнитная индукция.	Решать качественные задачи по физике: работать с условием задачи, проводить рассуждения, объясняющие описанные в условии процессы и явления, подтверждая рассуждения ссылками на изученные свойства явлений, законы и закономерности

Задание 23

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Электромагнитная индукция.	Решать расчетные задачи по физике: работать с условием задачи, искать необходимые справочные данные, делать рисунок (например, построение изображения в линзе), выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи, проводить математические преобразования и расчеты, анализировать полученный результат.

Задание 25

Что нужно знать	Что нужно уметь
Электромагнитная индукция.	Решать расчетные задачи по физике: работать с условием задачи, записывать краткое условие задачи, искать необходимые справочные данные, делать рисунок (например, с указанием сил, действующих на тело), если это необходимо для понимания физической ситуации; описывать физическую модель, выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи, проводить математические преобразования и расчеты, анализировать полученный результат.

Где взять информацию по теме

➤ Учебники

1. Мякишев Г.Я., Сияков А.З. Физика. Электродинамика. 10-11 класс. Углубленное изучение / ООО «Дрофа».
2. Мякишев Г.Я., Сияков А.З. Физика. Колебания и волны. 11 класс. Углубленное изучение / ООО «Дрофа».
3. Мякишев Г.Я., Сияков А.З. Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 класс. Углубленное изучение / ООО «Дрофа».
4. Мякишев Г.Я., Петрова М.А. и др. Физика. 11 класс. / ООО «Дрофа».
5. Касьянов В.А. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / ООО «Дрофа».
6. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. и др. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пинского А.А., Кабардина О.Ф. / АО «Издательство «Просвещение».
7. Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е., Исаев Д.А. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Пурышевой Н.С. / ООО «Дрофа».
8. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Сотский Н.Н. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / Под редакцией Парфентьевой Н.А. / АО «Издательство «Просвещение».
9. Грачев А.В., Погожев В.А., Салецкий А.М., Боков П.Ю. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. / ООО «Издательский центр «ВЕНТАНА-ГРАФ».
10. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 11 класс. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».
11. Генденштейн Л.Э., Булатова А.А., Корнильев А.Н., Кошкина А.В. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «БИНОМ. Лаборатория знаний».
12. Белага А.В., Ломанченков И.А., Панебратцев Ю.А. Физика. 11 класс. / АО «Издательство «Просвещение».
13. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. 11 класс. Углубленное обучение. /Под редакцией Орлова В.А. /ООО «ИОЦ Мнемозина».

Уроки «Российской электронной школы»

Физика. 11 класс, уроки 5-18.

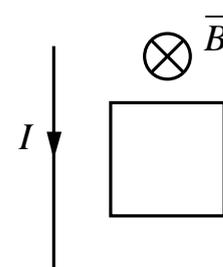
<https://resh.edu.ru/subject/28/10/>

Какие задания открытого банка выполнить для тренировки

Задание 12	Задание 13	Задание 14	Задание 15	Задание 25
31DAF4	468FFB	415C45	5C450A	798C45
DB72A1	2DB2F4	063141	B3C07E	9EC7B7
AA47E7	C771F4	C9D8FE	67A636	2A7726
24F36E	47960C	E51107	A598E9	71DCC4
3A606B	B3D908	C8E57E	B76DEA	2BD5C8
B8FD36	EB6D0A	698775	5A8394	A23FEB
159D34	8F8B08	DA06B5	4697D8	
1DB033	56A371	67371F	91331A	
A72A3C	D43C7F	86F713	8156B1	
0C5C8C	FF63D6	F4BE25	A038B3	

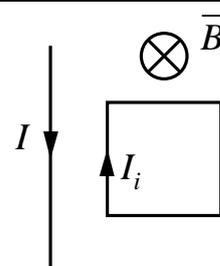
Примеры заданий 21

1. Прямолинейный проводник с током и проводящая рамка лежат в плоскости, перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля. Опираясь на законы физики, укажите направление силы, действующей на рамку, когда величина магнитной индукции \vec{B} уменьшается.



Возможное решение

1. При изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную проводящим контуром, в контуре возникает индукционный ток I_i , направление которого определяется правилом Ленца (см. рис).



2. В однородном магнитном поле на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Её направление находится по правилу левой руки, а величина – по формуле $F_A = I_i B l \sin \alpha$, где α – угол

между направлением проводника и вектором \vec{B} . Так как рамка прямоугольная, а угол α во всех случаях равен 90° , то силы, приложенные к противоположным сторонам рамки, равны по модулю и направлены взаимно противоположно. Результирующая сил, действующих на рамку со стороны однородного магнитного поля, равна нулю.

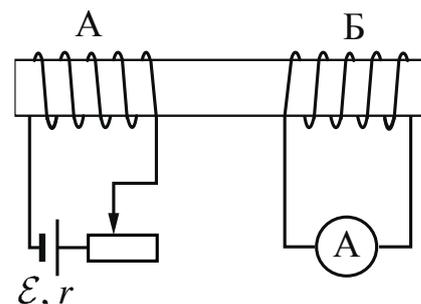
3. Прямолинейный проводник с током создаёт неоднородное магнитное поле, которое вблизи проводника сильнее, чем на удалении от него. Направление линий индукции этого поля в каждой точке рамки одинаково, оно определяется по правилу буравчика. В проводнике протекает постоянный ток, поэтому поле проводника постоянно и не влияет на индукционный ток в рамке.

4. В магнитном поле проводника на каждую сторону рамки действует сила Ампера. Стороны рамки, перпендикулярные проводнику, расположены на одинаковом расстоянии от проводника. На них действуют силы, равные по

модулю и направленные противоположно друг другу. Их сумма равна нулю. Силы, действующие на параллельные проводнику стороны рамки, направлены тоже противоположно друг другу. Из-за неоднородности поля проводник с током отталкивает ближнюю сторону рамки сильнее, чем притягивает более удалённую от него сторону. Результирующая этих сил отталкивает рамку от проводника.

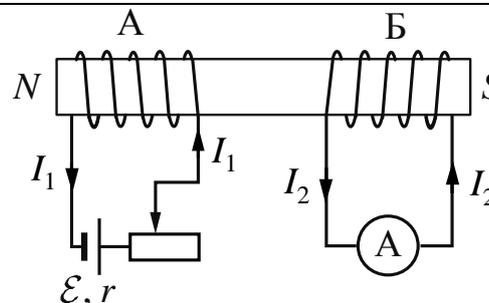
5. Согласно принципу суперпозиции, однородное магнитное поле и поле проводника с током действуют на рамку независимо друг от друга. Поэтому результирующая сил, приложенных к рамке, направлена вправо от проводника с током.

На железном стержне намотаны две катушки изолированного медного провода А и Б. Катушка А подключена к источнику с ЭДС \mathcal{E} и внутренним сопротивлением r , как показано на рисунке. Катушка Б замкнута на амперметр малого сопротивления. Ползунок реостата передвигают влево. В каком направлении протекает при этом ток через амперметр, подключённый к катушке Б? Ответ обоснуйте, указав, какие явления и закономерности Вы использовали для объяснения.



Возможное решение

1. При протекании электрического тока по катушке А в пространстве возникает магнитное поле, которое пронизывает сердечник из железа, создавая в нём магнитный поток Φ_1 . Сердечник с намотанной на него катушкой А образует электромагнит. При этом, исходя из обозначений полюсов источника и правила буравчика, у левого торца катушки А находится северный полюс этого магнита (см. рисунок).



2. При движении ползунка влево число витков реостата, включённых в цепь, уменьшается, следовательно $\left(R_0 = \rho \frac{l}{S}\right)$ уменьшается сопротивление внешнего участка цепи источника R , а сила тока по закону Ома $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R}$ – возрастает.

3. Возрастание силы тока в катушке А приводит к возрастанию создаваемого им магнитного потока, который также пронизывает и катушку Б.

4. Возрастание магнитного потока сквозь катушку Б, замкнутую на амперметр, приводит по закону электромагнитной индукции $\left(\mathcal{E}_{\text{инд}} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right)$ к возбуждению в ней индукционного тока, который, по правилу Ленца, возникает такого

направления (через амперметр – слева направо), чтобы своим магнитным потоком компенсировать увеличение магнитного потока сквозь катушку Б.

Ответ: при перемещении ползунка реостата влево через амперметр протекает ток, направленный вправо

Примеры заданий 23

1. По горизонтально расположенным двум параллельным рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением и замкнутым на сопротивление $R = 10$ Ом скользит поступательно и равномерно проводящий стержень. Расстояние между рельсами $l = 10$ см. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл. Количество теплоты, выделяющееся на сопротивлении за время $t = 1$ мин., $Q = 60$ мДж. Какова скорость движения стержня? Самоиндукцией контура и сопротивлением стержня пренебречь. Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.

Возможное решение

1. ЭДС индукции, возникающее в контуре при движении стержня,

$$|\mathcal{E}| = Bvl,$$

где v – скорость движения стержня.

2. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился электрический ток. Поэтому сила тока в цепи

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{Bvl}{R}.$$

3. По закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделяющееся на сопротивлении за время t ,

$$Q = I^2 R t = \frac{B^2 v^2 l^2}{R} t.$$

Тогда скорость стержня

$$v = \sqrt{\frac{QR}{B^2 l^2 t}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{1^2 \cdot 0,1^2 \cdot 60}} = 1 \text{ м/с}.$$

Ответ: $v = 1$ м/с

2. По горизонтально расположенным двум параллельным рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением и замкнутым на конденсатор ёмкостью $C = 120$ мкФ скользит поступательно и равномерно проводящий стержень. Скорость движения стержня $v = 1$ м/с. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл. При этом энергия электрического поля конденсатора через достаточно большой промежуток

времени $W = 60$ мкДж. Каково расстояние между рельсами? Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.

Возможное решение

1. ЭДС индукции, возникающее в контуре при движении стержня,

$$|\mathcal{E}| = Bvl,$$

где v – скорость движения стержня, l – расстояние между рельсами.

2. Так как напряжение на конденсаторе U_C равно ЭДС индукции, то энергия электрического поля конденсатора

$$W = \frac{CU_C^2}{2} = \frac{CB^2v^2l^2}{2}.$$

Тогда расстояние между рельсами

$$l = \sqrt{\frac{2W}{CB^2v^2}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 60 \cdot 10^{-6}}{120 \cdot 10^{-6} \cdot 1^2 \cdot 1^2}} = 1 \text{ м.}$$

Ответ: $l = 1$ м

3. По горизонтально расположенным двум параллельным рельсам с пренебрежимо малым сопротивлением и замкнутым на катушку индуктивности $L = 10$ мГн скользит поступательно и равномерно проводящий стержень. Скорость движения стержня $v = 0,2$ м/с. Расстояние между рельсами $l = 10$ см. Рельсы со стержнем находятся в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией B . При этом энергия магнитного поля катушки $W = 2$ мкДж. Какова величина магнитной индукции? Омическое сопротивление катушки равно $R = 1$ Ом. Самоиндукцией контура и сопротивлением стержня пренебречь. Рельсы закреплены на диэлектрической подложке.

Возможное решение

1. ЭДС индукции, возникающее в контуре при движении стержня,

$$|\mathcal{E}| = Bvl,$$

где v – скорость движения стержня.

2. В соответствии с законом Ома для замкнутой цепи в контуре появился электрический ток. Поэтому сила тока в цепи:

$$I = \frac{|\mathcal{E}|}{R} = \frac{Bvl}{R}.$$

3. Так как напряжение на катушке U_L равно ЭДС индукции, то энергия магнитного поля катушки

$$W = \frac{LI^2}{2} = \frac{LB^2v^2l^2}{2R^2}.$$

Тогда величина магнитной индукции

$$B = \sqrt{\frac{2WR^2}{l^2 v^2 L}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 1^2}{0,1^2 \cdot 0,2^2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}} = 1 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 1 \text{ Тл}$

4. Магнитный поток через замкнутый и проводящий контур проводника сопротивлением R равномерно изменился за $\Delta t = 10$ секунд на $\Delta\Phi = 10$ мВб. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время, $Q = 5$ мкДж. Найдите сопротивление проводника. Самоиндукцией контура пренебречь.

Возможное решение

1. ЭДС индукции, возникающая в контуре при изменении магнитного потока,

$$|\mathcal{E}| = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

2. По закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделяющееся в проводнике за время Δt ,

$$Q = \frac{|\mathcal{E}|^2 \Delta t}{R} = \frac{\Delta\Phi^2}{R\Delta t}.$$

Откуда получим:

$$R = \frac{\Delta\Phi^2}{\Delta t Q} = \frac{10^2 \cdot 10^{-6}}{10 \cdot 5 \cdot 10^{-6}} = 2 \text{ Ом.}$$

Ответ: $R = 2 \text{ Ом}$