

Потенциальная энергия электрического диполя с моментом  $\vec{p}$  в поле с напряженностью  $\vec{E}$ .

1.  $-\vec{p}\vec{E}$
2.  $|\vec{p}| |\vec{E}|$
3.  $-|\vec{p}| |\vec{E}|$
4.  $-\frac{|\vec{p}|}{|\vec{E}|}$
5.  $\frac{|\vec{E}|}{|\vec{p}|}$

**Ответ:** Потенциальная энергия диполя в электрическом поле:

$$W = -\vec{p} \cdot \vec{E} = -pE(r) \cos \alpha, \quad 1.$$

где  $\alpha$  – угол между  $\vec{E}(\vec{r})$  и  $\vec{p}$ .

---

Точечный заряд  $q$  помещен в центр пирамиды. Поток вектора напряженности через грань пирамиды равен

1.  $\frac{q}{4}$
2.  $\frac{q}{4\varepsilon_0}$
3.  $\frac{q}{6\varepsilon\varepsilon_0}$
4.  $\frac{q}{\varepsilon_0}$
5.  $\varepsilon\varepsilon_0 q$

**Ответ:** Из-за симметрии задачи, потоки вектора напряженности электрического поля через каждую из 4 граней пирамиды одинаковы. По теореме Остроградского-Гаусса полный поток  $\Phi$

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad 2.$$

Поток через одну грань

$$\Phi_1 = \frac{q}{4 \cdot \varepsilon_0} \quad 3.$$

---

Элемент проводника с током  $I$ , длиной  $dl$  создает в точке  $A$ , положение которой задано вектором  $\vec{r}$ , магнитное поле с индукцией

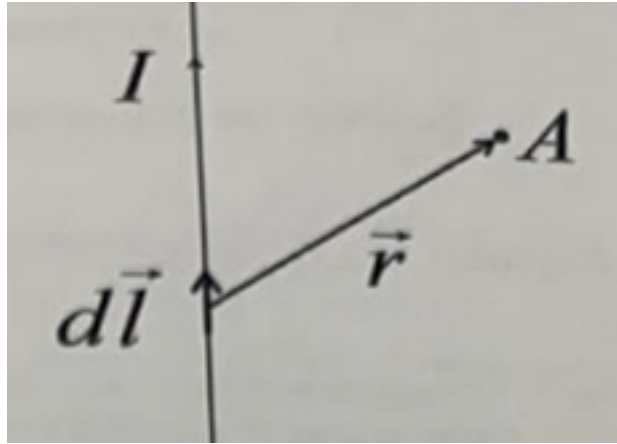


Рис. 1. Поясняющий рисунок.

1.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}]}{r^3}$
2.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}]}{l^3}$
3.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}]}{r^2}$
4.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}]}{r^3}$
5.  $-\frac{\mu_0 I}{\pi} \frac{r^2}{l^2} [\vec{dl}, \vec{r}]$

**Ответ:** По закону Био-Савара-Лапласа для тонкого проводника:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}]}{r^3} \quad 4.$$

Диполь с моментом  $\vec{p}$  помещен в электрическое поле напряженностью  $\vec{E}$ . На диполь действует механический момент  $\vec{M}$ . Укажите верное выражение.

1.  $\vec{M} = |\vec{p}| \vec{E}$
2.  $\vec{M} = |\vec{E}| \vec{p}$
3.  $\vec{M} = [\vec{E}, \vec{p}]$
4.  $M = 0$
5.  $\vec{M} = [\vec{p}, \vec{E}]$

**Ответ:** В однородном электрическом поле энергия  $W$  изменяется за счет изменения угла  $\alpha$ , при этом элементарная работа сил поля при по-

вороте диполя равна:  $dA = M_\alpha d\alpha = -dW$ , где  $\vec{M}_\alpha = [\vec{p} \times \vec{E}]$  – момент сил, действующий на диполь:

$$M_\alpha = -\frac{\partial W}{\partial \alpha} = -pE \sin \alpha \quad 5.$$

---

**По витку радиусом  $R$  течет ток силой  $I$ . Индукция магнитного поля  $B$  в центре витка равна**

1.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$
2.  $\frac{\mu_0 I}{2R}$
3.  $\frac{\mu_0 I}{\pi R}$
4.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$
5.  $\frac{\mu_0 I}{8\pi R}$

**Ответ:** По теореме Био-Савара-Лапласа:

$$\begin{aligned} d\vec{B} &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{dl}{r^2} = \\ &= \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{rd\alpha}{r^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{d\alpha}{R}. \end{aligned} \quad 6.$$

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \int_0^{2\pi} d\alpha = \frac{\mu_0 I 2\pi}{4\pi R} = \frac{\mu_0 I}{2R} \quad 7.$$

---

**Поток вектора индукции электростатического поля через замкнутую поверхность**

1. Равен алгебраической сумме свободных зарядов, находящихся внутри поверхности.
2. Равен сумме абсолютных величин связанных зарядов, находящихся внутри поверхности.
3. Равен сумме абсолютных величин всех зарядов, находящихся внутри поверхности, деленной на электрическую постоянную.
4. Равен алгебраической сумме всех зарядов, охваченных поверхностью, деленную на электрическую постоянную.
5. Равен нулю.

**Ответ:** По теореме Остроградского-Гаусса для вектора электрической индукции  $\vec{D}$ :

$$\oiint_S \vec{D} d\vec{S} = q_{\text{внутр}}. \quad 8.$$

---

**Точечный заряд  $q$  помещен в центр куба. Поток вектора напряженности через одну грань куба равен**

1.  $\frac{q}{6}$
2.  $\frac{q}{6\varepsilon_0}$
3.  $\frac{q}{4\varepsilon\varepsilon_0}$
4.  $\frac{q}{\varepsilon_0}$
5.  $\varepsilon\varepsilon_0 q$

**Ответ:** Из-за симметрии задачи, потоки вектора напряженности электрического поля через каждую из шести граней куба одинаковы. По теореме Остроградского-Гаусса полный поток  $\Phi$

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad 9.$$

Поток через одну грань

$$\Phi_1 = \frac{q}{6 \cdot \varepsilon_0}. \quad 10.$$

---

**Укажите все верные утверждения. В однородном изотропном диэлектрике, который помещен в однородное электрическое поле.**

1.  $\operatorname{div} \vec{E} = \rho_{\text{своб}}$
2.  $\operatorname{div} \vec{P} = -\rho_{\text{своб}}$
3.  $\operatorname{div} \vec{D} = \rho_{\text{своб}}$
4.  $\operatorname{div} \vec{P} = -\rho_{\text{связ}}$
5.  $\operatorname{div} \vec{D} = 0$

**Ответ:** Плотность связанных зарядов определяется формулой:

$$\rho_{\text{связ}} = -\operatorname{div} \vec{P} \quad 11.$$



Вектор электрической индукции:

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 12.$$

Уравнения Гаусса для поля  $E$

$$\operatorname{div} \vec{E} = \frac{\rho_{\text{полн}}}{\varepsilon_0} \quad 13.$$

где

$$\rho_{\text{полн}} = \rho_{\text{своб}} + \rho_{\text{связ}} \quad 14.$$

Возьмем дивергенцию для

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 15.$$

Получим

$$\operatorname{div} \vec{D} = \varepsilon_0 \operatorname{div} \vec{E} + \operatorname{div} \vec{P} \quad 16.$$

Подставляем в уравнение Гаусса

$$\begin{aligned} &= \varepsilon_0 \cdot \frac{\rho_{\text{своб}} + \rho_{\text{связ}}}{\varepsilon_0} + \operatorname{div} \vec{P} = \\ &= \rho_{\text{своб}} + \rho_{\text{связ}} + \operatorname{div} \vec{P} \end{aligned} \quad 17.$$

Но мы знаем, что

$$\rho_{\text{связ}} = -\operatorname{div} \vec{P} \quad 18.$$

то есть

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho_{\text{своб}} + \rho_{\text{связ}} + \operatorname{div} \vec{P} = \rho_{\text{своб}} - \operatorname{div} \vec{P} + \operatorname{div} \vec{P} = \rho_{\text{своб}} \quad 19.$$

В результате получим

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho_{\text{своб}} \quad 20.$$

---

**Электрическое поле проходит через границу раздела двух незаряженных диэлектриков  $\varepsilon_2 > \varepsilon_1$ . Укажите все верные утверждения. На границе раздела**

**1.  $D_{1n} = D_{2n}$**

$$2. D_{1n} < D_{2n}$$

$$3. D_{1n} > D_{2n}$$

$$4. D_{1\tau} < D_{2\tau}$$

$$5. D_{1\tau} > D_{2\tau}$$

**Ответ:** Так как

$$\operatorname{div} \vec{D} = \rho_{\text{своб}} \quad 21.$$

Проинтегрировав, получим

$$D_{2n} - D_{1n} = \rho_{\text{своб}} \quad 22.$$

Так как диэлектрики незаряжены

$$\rho_{\text{своб}} = 0 \quad 23.$$

Тогда

$$D_{1n} = D_{2n} \quad 24.$$

Векторы  $\vec{D}$  и  $\vec{E}$  связаны

$$\vec{D} = \varepsilon \vec{E} \quad 25.$$

Из уравнения

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0 \quad 26.$$

Следует

$$E_{1\tau} = E_{2\tau} \quad 27.$$

Теперь умножаем на  $\varepsilon$

$$\begin{aligned} D_{1\tau} &= \varepsilon_1 E_{1\tau} \\ D_{2\tau} &= \varepsilon_2 E_{2\tau} \end{aligned} \quad 28.$$

Так как

$$\varepsilon_2 > \varepsilon_1 \quad 29.$$

то

$$D_{2\tau} > D_{1\tau} \quad 30.$$


---

**Источник внутренним сопротивлением  $r$  подключен к нагрузке, сопротивлением  $R$ . Какой из графиков правильно качественно отражает зависимость полезной мощности от  $R$ .**

**Ответ:** По закону Ома для замкнутой цепи:

$$U = \mathcal{E} - Ir \quad 31.$$

Умножим на  $I$ .

$$IU = \mathcal{E}I - I^2r \quad 32.$$

Переставим слагаемые и воспользуемся  $U = IR$

$$I\mathcal{E} = I^2R + I^2r \quad 33.$$

где  $I^2R$  – полезная мощность.

Полное сопротивление

$$R_{\text{полн}} = R + r \quad 34.$$

Ток

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad 35.$$

Тогда полезная мощность

$$P(R) = I^2 \cdot R = \left( \frac{\mathcal{E}}{R + r} \right)^2 \cdot R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R + r)^2} \quad 36.$$

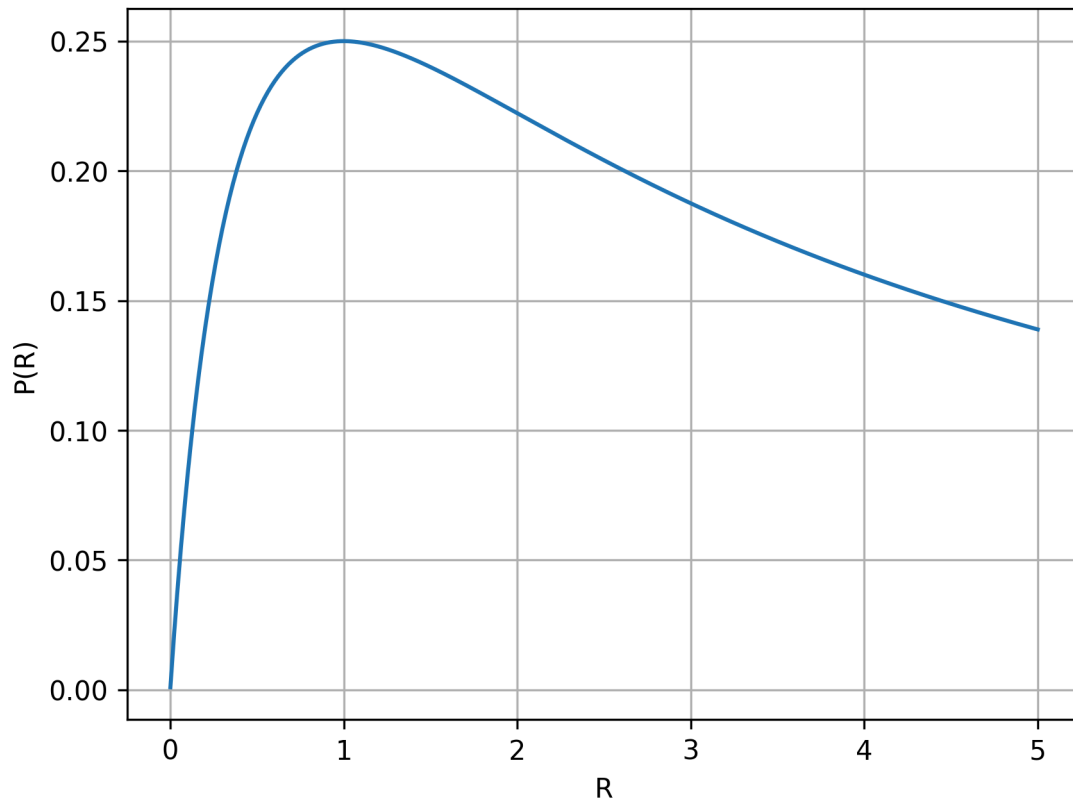


Рис. 2. График  $P(R)$ .

Какая формула позволяет вычислить разность потенциалов между точками  $A$  и  $B$ , расположенными на расстоянии  $l$  друг от друга в однородном электрическом поле напряженностью  $E$ .

1.  $\varphi_A - \varphi_B = -E \cdot l$
2.  $\varphi_A - \varphi_B = E \cdot l \cdot \operatorname{tg} \alpha$
3.  $\varphi_A - \varphi_B = E \cdot l \cdot \cos \alpha$
4.  $\varphi_A - \varphi_B = -E \cdot l \cdot \cos \alpha$
5.  $\varphi_A - \varphi_B = -E \cdot l \cdot \operatorname{tg} \alpha$

**Ответ:** По определению разности потенциалов между точками  $A$  и  $B$

$$\varphi_A - \varphi_B = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad 37.$$

Так как поле однородное, то  $\vec{E} = \text{const}$  и интеграл упрощается до

$$\varphi_A - \varphi_B = \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad 38.$$

И по определению скалярного произведения

$$\varphi_A - \varphi_B = El \cos \alpha \quad 39.$$

---

Потенциальная энергия контура с магнитным моментом  $\vec{P}_m$  в поле с индукцией  $\vec{B}$  равна

1.  $-\vec{P}_m \vec{B}$
2.  $-|\vec{P}_m| |\vec{B}|$
3.  $\vec{P}_m \times \vec{B}$
4.  $\vec{P}_m \vec{B}$
5.  $|\vec{P}_m| |\vec{B}|$

**Ответ:** Для контура с током магнитный момент:

$$\vec{p}_m = I \vec{S} \quad 40.$$

Для электрического диполя в электрическом поле

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E} \quad 41.$$

Для контура с током в магнитном поле:

$$U = -\vec{p}_m \cdot \vec{B} \quad 42.$$

---

Магнитное поле проходит через границу раздела двух сред. Токи проводимости отсутствуют.  $\mu_2 > \mu_1$ . Укажите все верные утверждения. На границе раздела

1.  $B_{1n} = B_{2n}$
2.  $B_{1n} < B_{2n}$
3.  $B_{1n} > B_{2n}$
4.  $B_{1\tau} < B_{2\tau}$
5.  $B_{1\tau} > B_{2\tau}$

**Ответ:** Уравнение Максвелла для магнитного поля

$$\operatorname{div} \vec{B} = 0 \quad 43.$$

Проинтегрировав, получим

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad 44.$$

Переходя к пределу, получим граничное условие

$$B_{2n} - B_{1n} = 0 \Rightarrow B_{2n} = B_{1n} \quad 45.$$

Из уравнения Максвелла

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}_{\text{пров}} \quad 46.$$

По условию

$$\vec{j}_{\text{пров}} = 0 \quad 47.$$

То есть

$$H_{1\tau} = H_{2\tau} \quad 48.$$

Так как

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad 49.$$

С учетом того, что  $\mu_2 > \mu_1$

$$B_{2\tau} > B_{1\tau} \quad 50.$$

---

**Укажите все выражения, которые входят в ток смещения**

1.  $\frac{\partial \vec{P}}{\partial t}$
2.  $\frac{\partial J}{\partial t}$
3.  $\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
4.  $\vec{j}_{\text{проводимости}}$
5.  $\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$

**Ответ:** По определению Максвелла плотность тока смещения

$$\vec{j}_{\text{см}} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad 51.$$

По определению  $\vec{D}$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 52.$$

Взяв производную по времени получим

$$\frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{P}}{\partial t} \quad 53.$$

---

**В реальном колебательном контуре резонанс по величине ЭДС индукции в катушке наступает при частоте внешней ЭДС**

1. намного меньше собственной частоты контура
2. намного больше собственной частоты контура
3. примерно равной собственной частоте контура
4. чуть меньше собственной частоты контура
- 5. чуть больше собственной частоты контура**

**Ответ:** хз.

---

**Укажите все волновые уравнения**

1.  $\Delta \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$
2.  $\oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left( \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}$
3.  $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$ .
4.  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon \mu_0 \mu}}$
- 5.  $\Delta \vec{H} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$**

**Ответ:** Волновое уравнение – это дифференциальное уравнение вида

$$\Delta \vec{F} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{F}}{\partial t^2} \quad 54.$$

где  $\Delta$  – оператор Лапласа.

---

**Эквипотенциальные поверхности поля точечного положительного заряда имеют вид**

1. равноотстоящих друг от друга плоскостей
- 2. концентрических сфер**
3. коаксиальных цилиндров
4. эллипсоидов вращения
5. пересекающихся плоскостей

**Ответ:** Эквипотенциальная поверхность – это поверхность, на которой

$$\varphi = \text{const} \quad 55.$$

Для точечного положительного заряда  $q$

$$\varphi(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r} \quad 56.$$

Если  $\varphi = \text{const}$ , то из формулы следует

$$\frac{1}{r} = \text{const} \Rightarrow r = \text{const} \quad 57.$$

Множество точек, находящихся на одинаковом расстоянии от одной точки, это сфера.

---

**Укажите все верные утверждения. Электрическое поле проходит через границу раздела двух незаряженных диэлектриков  $\epsilon_2 > \epsilon_1$ . Укажите все верные утверждения. На границе раздела**

1.  $E_{1n} = E_{2n}$

2.  $E_{1n} < E_{2n}$

3.  $E_{1n} > E_{2n}$

4.  $E_{1\tau} < E_{2\tau}$

5.  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$

**Ответ:** Закон Фарадея

$$\text{rot } \vec{E} = 0 \quad 58.$$

Интегрируя по малому контуру, пересекающему границу, получаем

$$E_{1\tau} = E_{2\tau} \quad 59.$$

Из уравнения Гаусса

$$\text{div } \vec{D} = \rho_{\text{своб}} \quad 60.$$

Интегрирование дает

$$D_{2n} - D_{1n} = \rho_{\text{своб}} \quad 61.$$

Так как диэлектрики незаряжены

$$\rho_{\text{своб}} = 0 \Rightarrow D_{1n} = D_{2n} \quad 62.$$

Так как



$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E} \quad 63.$$

Получим

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n} \quad 64.$$

Тогда если

$$\varepsilon_1 < \varepsilon_2 \quad 65.$$

То

$$E_{1n} > E_{2n} \quad 66.$$

**Проводящий шар заряжен положительным зарядом. Внутри шара**

1. линии напряженности замкнуты
2. линии напряженности идут вдоль радиусов к поверхности
3. линии напряженности идут вдоль радиусов к центру
- 4. напряженность поля равна нулю**
5. линии напряженности перпендикулярны радиусам шара

**Ответ:** В электростатическом равновесии внутри проводника

$$\vec{E} = 0 \quad 67.$$

**Укажите все верные утверждения**

1. Первый закон Кирхгофа является следствием закона Кулона
- 2. Первый закон Кирхгофа является следствием закона сохранения заряда**
- 3. Второй закон Кирхгофа является следствием закона Ома для неоднородного участка цепи.**
4. Второй закон Кирхгофа является следствием закона Джоуля-Ленца.
5. Второй закон Кирхгофа является следствием закона Ома для однородного участка цепи.

**Ответ:** По первому закону Кирхгофа алгебраическая сумма токов в узле равна нулю

$$\sum I = 0 \quad 68.$$

то есть

$$\sum I_{\text{вход}} = \sum I_{\text{выход}} \quad 69.$$

то есть заряд не накапливается в узле.

По второму закону Кирхгофа в любом замкнутом контуре алгебраическая сумма ЭДС равна алгебраической сумме падений напряжений.

$$\sum E = \sum IR \quad 70.$$

или эквивалентно:

$$\sum U = 0 \quad 71.$$

Закон сохранения заряда

$$\frac{dq}{dt} = 0 \quad 72.$$

Закон Ома для неоднородного участка цепи

$$U = IR - \mathcal{E} \quad 73.$$

или

$$IR = U + \mathcal{E} \quad 74.$$

---

**Укажите формулу, которая всегда окажется верной при вычислении объемной плотности энергии электрического поля**

1.  $\frac{\vec{E}\vec{D}}{2}$
2.  $|\vec{E}||\vec{D}|$
3.  $\frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{2} |\vec{E}|^2$
4.  $\vec{D}\vec{E}$
5.  $\frac{|\vec{D}|^2}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$

**Ответ:** Объемная плотность энергии  $w = \frac{\vec{E}\vec{D}}{2}$  содержит в себе как собственную энергию электрического поля  $\frac{\varepsilon_0 E^2}{2}$ , так и энергию поляризации диэлектрика  $\frac{\vec{E}\vec{P}}{2}$ .

**Укажите все верные утверждения. Магнитное поле создают**

1. Электрический ток
2. Движущаяся заряженная частица
3. Потенциальное электрическое поле

4. Вихревое электрическое поле

### 5. Ток смещения

Ответ: По закону Био-Савара и Ампера

$$\vec{B} \sim \vec{j} \quad 75.$$

Движущийся заряд – это микроскопический ток. Если заряд  $q$  движется со скоростью  $\vec{v}$ , он создает магнитное поле:

Если заряд  $q$  движется со скоростью  $\vec{v}$ , он создает магнитное поле

$$\vec{B} \propto q\vec{v} \quad 76.$$

Ток смещения

$$\vec{j}_{\text{см}} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad 77.$$

создает магнитное поле наравне с током проводимости.

---

Магнитное поле проходит через границу раздела двух однородных изотропных магнетиков  $\mu_2 > \mu_1$ . Токи проводимости отсутствуют. Укажите все верные утверждения. На границе раздела

1.  $H_{1n} = H_{2n}$

2.  $H_{1n} < H_{2n}$

3.  $H_{1n} > H_{2n}$

4.  $H_{1\tau} < H_{2\tau}$

5.  $H_{1\tau} = H_{2\tau}$

Ответ: Связь между  $\vec{B}$  и  $\vec{H}$

$$\vec{B} = \mu \vec{H} \quad 78.$$

Из уравнения Максвелла

$$\text{div } \vec{B} = 0 \quad 79.$$

Следует

$$B_{1n} = B_{2n} \quad 80.$$

Подставим и получим

$$\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n} \quad 81.$$

Так как

$$\mu_2 > \mu_1 \quad 82.$$

Тогда

$$H_{1n} > H_{2n} \quad 83.$$

Из уравнения Максвелла

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}_{\text{пров}} \quad 84.$$

По условию

$$\vec{j}_{\text{пров}} = 0 \quad 85.$$

Тогда

$$H_{1\tau} = H_{2\tau} \quad 86.$$

---

**Данная система уравнений Максвелла соответствует случаю, когда**

$$\left\{ \begin{array}{l} \oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \\ \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \left( \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S} \right) \\ \oint_S \vec{D} d\vec{S} = 0 \\ \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 \end{array} \right. \quad 87.$$

1. электрическое и магнитное поля не изменяются во времени
2. отсутствуют токи смещения
3. отсутствуют токи проводимости
- 4. отсутствуют свободные заряды**
5. отсутствуют связанные заряды

**Ответ:** В общем случае третье уравнение Максвелла выглядит следующим образом

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = Q_{\text{своб}} \quad 88.$$

В задаче

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0 \quad 89.$$

Значит

$$Q_{\text{своб}} = 0 \quad 90.$$

В изображенной на рисунке точке  $A$  магнитное поле направлено по стрелке

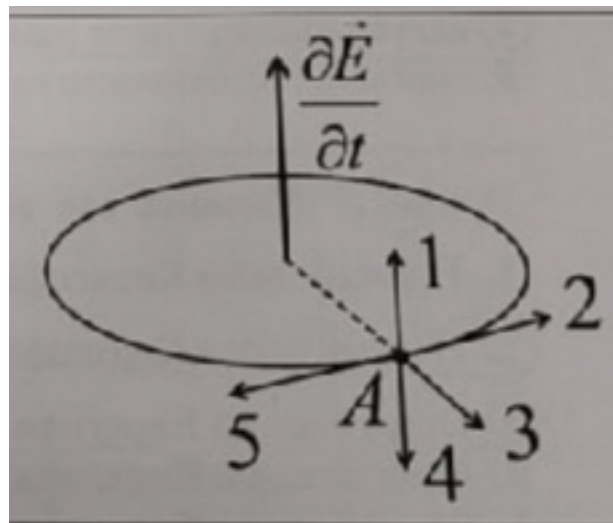


Рис. 3. Поясняющий рисунок.

1. 1

2. 2

3. 3

4. 4

5. 5

Ответ: хз.

Зависимость смещения материальной точки от времени определяется уравнением  $x = 0.12 \cos(20t + 0.2)$ . Определите период колебаний.

Ответ: Общий вид уравнения колебаний

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad 91.$$

где  $A$  – амплитуда,  $\omega$  – циклическая (угловая) частота,  $\varphi_0$  – начальная фаза.

Для данного уравнения

$$\omega = 20 \text{ рад/с} \quad 92.$$

По формуле

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad 93.$$

Подставив число, получим

$$T \approx 0.314 \text{ с} \quad 94.$$

### Напряженность поля диполя при удалении от него

1. не изменяется
2. убывает пропорционально первой степени расстояния до центра диполя
3. убывает пропорционально квадрату расстояния до центра диполя
- 4. убывает пропорционально кубу расстояния до центра диполя**
5. убывает пропорционально корню квадратному из расстояния до центра диполя

**Ответ:**

$$E \sim \frac{kql}{r^3} \quad 95.$$

где  $ql = p$  – дипольный момент.

$$E \sim \frac{p}{r^3} \quad 96.$$

**Пластина из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$  помещена параллельно пластинам в заряженный плоский конденсатор. Как связаны между собой векторы электрической индукции  $D$  и поляризации диэлектрика  $P$ .**

1.  $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{P}$

2.  $\vec{D} = \frac{\epsilon \vec{P}}{\epsilon - 1}$
3.  $\vec{D} = -\frac{\epsilon \vec{P}}{\epsilon - 1}$
4.  $\vec{D} = -(\epsilon - 1)\vec{P}$
5.  $\vec{D} = (\epsilon - 1)\vec{P}$

**Ответ:** По определению электрической индукции

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 97.$$

Связь поляризации (поляризованности) с полем

$$\vec{P} = \epsilon_0(\epsilon - 1)\vec{E} \quad 98.$$

Выразим  $\vec{E}$  через  $\vec{P}$

$$\vec{E} = \frac{\vec{P}}{\epsilon_0(\epsilon - 1)} \quad 99.$$

Подставляем в формулу для  $\vec{D}$

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \epsilon_0 \cdot \frac{\vec{P}}{\epsilon_0(\epsilon - 1)} + \vec{P} = \frac{\vec{P}}{\epsilon - 1} + \vec{P} = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \vec{P} \quad 100.$$

**Плоский воздушный конденсатор заряжен и отключен от источника. Конденсатор заполняют диэлектриком. Выберите все верные утверждения.**

1. напряженность поля в конденсаторе увеличивается
- 2. напряженность поля в конденсаторе уменьшается**
3. напряжение на конденсаторе увеличивается
4. заряд конденсатора увеличивается
- 5. заряд конденсатора не изменится**

**Ответ:** Если конденсатор отключен, то

$$Q = \text{const} \quad 101.$$

При заполнении диэлектриком с  $\epsilon > 1$ :

$$C = \epsilon C_0 \quad 102.$$

емкость увеличивается

Так как  $Q = \text{const}$ , а  $C$  увеличилось, то из формулы

$$Q = CU \quad 103.$$

видно, что напряжение уменьшается

Так как  $U$  уменьшается, а  $d$  не меняется, то из формулы

$$E = \frac{U}{d} \quad 104.$$

$E$  уменьшается

---

**Источник внутренним сопротивлением  $r$  подключен к нагрузке сопротивлением  $R$ . Какой из графиков правильно качественно отражает зависимость КПД источника от  $R$ .**

**Ответ:** По закону Ома

$$U = \mathcal{E} - Ir \quad 105.$$

Домножим на  $I$

$$\mathcal{E}I = I^2R + I^2r \quad 106.$$

$$P_{\text{общ}} = \mathcal{E}I \quad 107.$$

$$P_{\text{полезн}} = I^2R$$

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{общ}}} = \frac{I^2R}{I\mathcal{E}} = \frac{IR}{\mathcal{E}} \quad 108.$$

По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r} \quad 109.$$

Подставим и получим

$$\eta(R) = \frac{E}{R + r} \cdot \frac{R}{E} = \frac{R}{R + r} \quad 110.$$



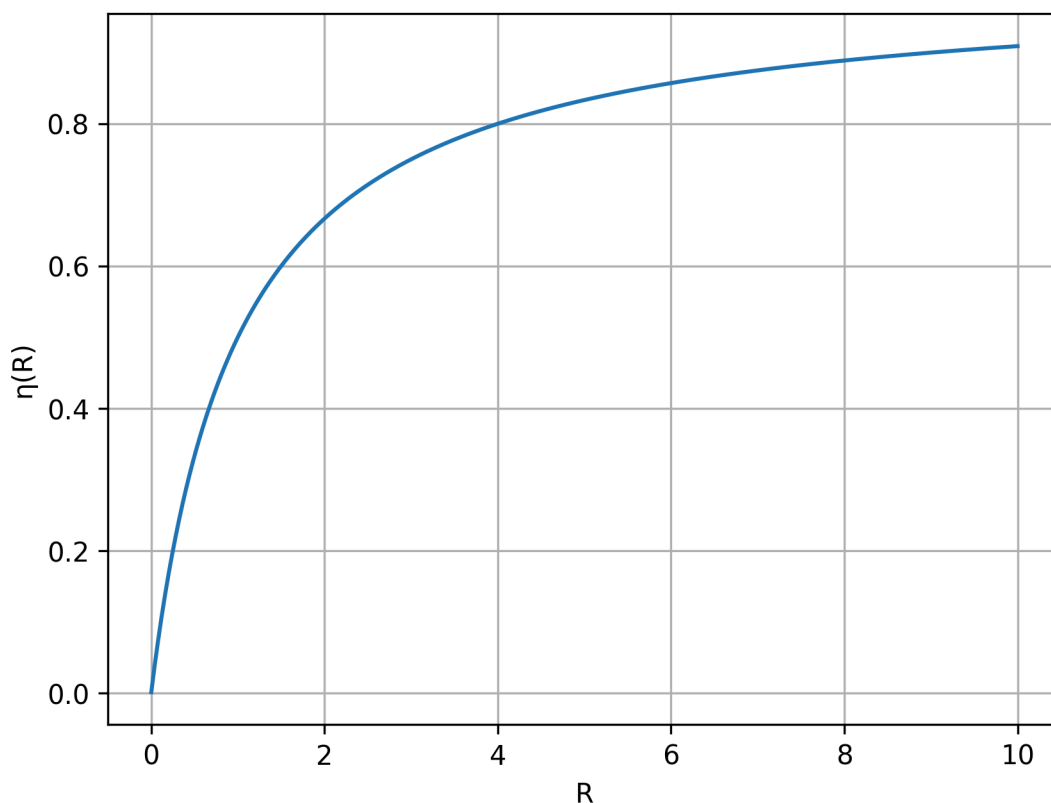


Рис. 4.

---

Силу, действующую на элемент проводника с током  $I$  длиной  $dl$  в магнитном поле с индукцией  $B$ , можно вычислить по формуле

1.  $I[d\vec{l}, \vec{B}]$
2.  $2\pi I(d\vec{l}, \vec{B})$
3.  $\frac{1}{\pi} I(d\vec{l}, \vec{B})$
4.  $\frac{\mu_0 IB}{dl}$
5.  $\frac{\mu_0 IB}{4\pi dl}$

**Ответ:** Силы, действующие на токи в магнитном поле, называют силами Ампера. Сила, действующая на элементарный объем  $dV$  проводника с плотностью тока  $\vec{j}$  равна

$$d\vec{F} = [\vec{j}, \vec{B}] dV. \quad 111.$$

Если проводник достаточно тонкий, то

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}]. \quad 112.$$


---

**Напряженность поля прямого проводника с током при удалении от него**

1. не изменяется
- 2. убывает пропорционально первой степени расстояния до проводника**
3. убывает пропорционально квадрату расстояния до проводника
4. убывает пропорционально кубу расстояния до проводника
5. убывает пропорционально корню квадратному из расстояния до проводника

**Ответ:** По теореме о циркуляции

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = I \quad 113.$$

Берем окружность радиуса  $r$ :

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = H \cdot 2\pi r = I \quad 114.$$

Выразив напряженность получим

$$H = \frac{I}{2\pi r} \quad 115.$$

---

**Укажите все верные утверждения. В однородном, изотропном магнетике**

1.  $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{J})$
- 2.  $\vec{B} = \mu_0\mu\vec{H}$**
3.  $\vec{B} = \mu_0\vec{H} + \vec{J}$
4.  $\mu = 1 + \chi$
- 5.  $\vec{J} = \chi\vec{H}$**

**Ответ:** это все стандартные формулы.

---

Данная система уравнений Максвелла соответствует случаю, когда

$$\begin{cases} \oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S} \\ \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S} \\ \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_r \rho_{\text{стор}} dV \\ \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 \end{cases} \quad 116.$$

1. электрическое и магнитное поля не изменяются во времени
2. отсутствуют токи смещения
- 3. отсутствуют токи проводимости**
4. отсутствуют свободные заряды
5. отсутствуют связанные заряды

**Ответ:** Второе уравнение в общем виде

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \int \left( \vec{J}_{\text{пров}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S} \quad 117.$$

Видно, что

$$\vec{J}_{\text{пров}} = 0 \quad 118.$$

**Укажите все верные утверждения. Материальными уравнениями называются**

1.  $\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$
2.  $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E}$
3.  $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$
4.  $\oint_L B dl = \mu_0 I$
5.  $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$

**Ответ:** Материальные уравнения – это уравнения, которые связывают поля с откликом вещества.

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H} \quad 119.$$

связывает  $\vec{B}$  и  $\vec{H}$ .

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} \quad 120.$$

связывает  $\vec{D}$  и  $\vec{E}$ .

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 121.$$

связывает  $\vec{D}$  и  $\vec{E}$ , учитывая поляризацию  $\vec{P}$ .

---

Укажите все верные для световой волны утверждения

1. векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  изменяются с одинаковой частотой
2. векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{H}$  всегда перпендикулярны друг к другу
3. скорость распространения зависит от диэлектрической проницаемости среды
4. скорость распространения зависит от магнитной проницаемости среды
5. волна всегда переносит энергию в пространстве

Ответ: хз.

---

Укажите все верные утверждения

1. силовые линии электростатического поля не могут быть замкнуты
2. силовые линии электростатического поля всегда замкнуты
3. циркуляция напряженности электростатического поля по замкнутому контуру равна нулю
4. циркуляция напряженности электростатического поля по любому замкнутому контуру отлична от нуля
5. циркуляция напряженности электростатического поля по замкнутому контуру зависит от формы контура

Ответ: Для электростатического поля выполняется одно из уравнений максвелла

$$\text{rot } \vec{E} = 0 \quad 122.$$

По определению циркуляции

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad 123.$$

Из уравнения Уравнение 122

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad 124.$$

Из Уравнение 124 следует то, что замкнутых силовых линий быть не может.

---

По длинному прямому проводнику течет электрический ток силой  $I$ . Индукция магнитного поля в вакууме, в точке  $A$  на расстоянии  $R$  от проводника равна

1.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$
2.  $\frac{I}{2\pi R}$
3.  $\frac{\mu_0 I}{2R}$
4.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi R}$
5.  $\frac{I\pi}{8R}$

Ответ: вывод был много раз.

---

Контур с током обладает магнитным моментом  $P_m$ . Механический момент, действующий на этот контур в поле с индукцией  $B$ , равен

1.  $[\vec{P}_m, \vec{B}]$
2.  $-\vec{P}_m, \vec{B}$
3.  $2\pi [\vec{P}_m, \vec{B}]$
4.  $\frac{[\vec{P}_m, \vec{B}]}{4\pi}$
5. 0

Ответ: Магнитный момент контура

$$\vec{p}_m = I\vec{S} \quad 125.$$

Формула механического момента

$$\vec{M} = \vec{P}_m \times \vec{B} \quad 126.$$


---

Укажите, как изменяются потенциал  $\varphi$  и напряженность  $E$  внутри проводящей сферы, равномерно заряженной по поверхности

1.  $E = \text{const}, \varphi \sim \frac{1}{r}$
2.  $E \sim \frac{1}{r^2}, \varphi \sim \frac{1}{r}$
3.  $E \sim \frac{1}{r}, \varphi \sim \frac{1}{r^2}$
4.  $E = 0, \varphi = \text{const}$
5.  $E \sim r, \varphi \sim r^2$

Ответ: В электростатическом равновесии

$$E_{\text{внутри проводника}} = 0 \quad 127.$$

Связь потенциала и поля

$$\vec{E} = -\nabla\varphi \quad 128.$$

Если

$$\vec{E} = 0 \quad 129.$$

то

$$\nabla\varphi = 0 \quad 130.$$

Потенциал не меняется в пространстве

$$\varphi = \text{const} \quad 131.$$

---

В некоторой точке однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$  напряженность поля равна  $\vec{E}$ . Вектор поляризации  $\vec{P}$  в этой точке определяется выражением

1.  $\vec{P} = \varepsilon_0(1 - \varepsilon)\vec{E}$
2.  $\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)\vec{E}$
3.  $\vec{P} = \varepsilon_0\varepsilon\vec{E}$
4.  $\vec{P} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\vec{E}$
5.  $\vec{P} = -\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\vec{E}$

Ответ:

$$\vec{P} = \varepsilon_0\chi\vec{E} \quad 132.$$

$$\varepsilon = 1 + \chi \quad 133.$$

$$\chi = \varepsilon - 1 \quad 134.$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)\vec{E} \quad 135.$$

**Поток вектора напряженности электростатического поля через замкнутую поверхность**

1. равен алгебраической сумме свободных зарядов, находящихся внутри поверхности
2. равен сумме абсолютных величин связанных зарядов, находящихся внутри поверхности
3. равен сумме абсолютных величин всех зарядов, находящихся внутри поверхности, деленной на электрическую постоянную
4. равен алгебраической сумме всех зарядов, охваченных поверхностью, деленной на электрическую постоянную
5. равен нулю

**Ответ:** По закону Остроградского-Гаусса

$$\oiint \vec{E} d\vec{S} = \frac{\sum q_{\text{внутр}}}{\varepsilon_0} \quad 136.$$

**Укажите все верные утверждения. Магнитное поле создают**

1. неподвижные электрические заряды
2. движущиеся электрические заряды
3. потенциальное электрическое поле
4. вихревое электрическое поле
5. изменяющееся во времени электрическое поле

**Ответ:**

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{j}_{\text{проводимости}} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \quad 137.$$

Данная система уравнений Максвелла соответствует случаю, когда

$$\begin{cases} \oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0 \\ \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \int_V \rho_{\text{своб}} dV \\ \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \int_S \vec{j}_{\text{пров}} d\vec{S} \\ \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 \end{cases} \quad 138.$$

1. электрическое и магнитное поля не изменяются во времени
2. отсутствуют токи смещения
3. отсутствуют токи проводимости
4. отсутствуют свободные заряды
5. отсутствуют связанные заряды

**Ответ:** Из первого уравнения системы: поля не изменяются во времени, из второго уравнения: ток смещения отсутствует.

Частица с зарядом  $q$  движущаяся со скоростью  $\vec{v}$  создает в точке  $A$ , положение которой задано вектором  $\vec{r}$ , магнитное поле с индукцией

1.  $\frac{\mu_0 q}{2\pi} \frac{[\vec{v}, \vec{r}]}{r^2}$
2.  $\frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{[\vec{v}, \vec{r}]}{r^3}$
3.  $-\frac{\mu_0 q}{2\pi} \frac{[\vec{v}, \vec{r}]}{r^2}$
4.  $\frac{\mu_0 q}{\pi} \frac{[\vec{v}, \vec{r}]}{r}$
5.  $-\frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{[\vec{v}, \vec{r}]}{r^3}$

**Ответ:** По формуле магнитного поля движущегося заряда (Био-Савар)

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} q \frac{\vec{v} \times \vec{r}}{r^3} \quad 139.$$

Укажите уравнения, справедливые для вихревого электрического поля

1.  $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \oint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$
2.  $E_{1\tau} = E_{2\tau}$
3.  $\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$
4.  $\oint_L \vec{E} d\vec{l} = 0$



5.  $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$

**Ответ:** Вихревое электрическое поле – это поле, которое возникает при изменяющемся во времени магнитном поле.

$$\text{rot } \vec{E} \neq 0 \quad 140.$$

Из первого выражения: если  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \neq 0$ , то циркуляция  $\vec{E}$  не равна нулю.

$$E_{1\tau} = E_{2\tau} \quad 141.$$

Это граничное условие для электрического поля.

**Какое уравнение показывает, что не существует магнитных зарядов**

1.  $B_{1n} = B_{2n}$
2.  $\oint_L H_l dl = \int_S j dS$
3.  $H_{1\tau} = H_{2\tau}$

4.  $\text{div } \vec{B} = 0$

5.  $\text{div } \vec{j} = -\frac{\partial \rho}{\partial t}$

**Ответ:**  $\text{div } \vec{B} = 0$  это одно из уравнений Максвелла. И оно значит, что нет магнитных зарядов.

**Укажите, как изменяются потенциал  $\varphi$  и напряженность  $E$  внутри шара, равномерно заряженного по объему**

1.  $E = \text{const}, \varphi \sim \frac{1}{r}$
2.  $E \sim \frac{1}{r^2}, \varphi \sim \frac{1}{r^2}$
3.  $E \sim \frac{1}{r}, \varphi \sim \frac{1}{r^2}$
4.  $E = 0, \varphi = \text{const}$
5.  $E \sim r, \varphi \sim r^2$

**Ответ:** По закону Гаусса

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{\text{внутр}}}{\varepsilon_0} \quad 142.$$

$$q_{\text{внутр}} = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \quad 143.$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{\rho \frac{4}{3}\pi r^3}{\varepsilon_0} \quad 144.$$

$$E(r) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r \quad 145.$$

$$E \sim r \quad 146.$$

$$E = -\frac{d\varphi}{dr} \quad 147.$$

$$\varphi(r) \sim -\int r dr \sim -r^2 \quad 148.$$

$$\varphi \sim r^2 \quad 149.$$

В некоторой точке однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$  напряженность поля равна  $E$ , а вектор поляризации равен  $P$ . Индукция электрического поля в этой точке определяется выражением

1.  $\vec{P} + (1 - \varepsilon)\vec{E}$
2.  $\vec{P} + \varepsilon_0\varepsilon\vec{E}$
3.  $\vec{P} + \varepsilon_0\vec{E}$
4.  $\varepsilon_0\vec{E} + \varepsilon\vec{P}$
5.  $\varepsilon_0\varepsilon\vec{E} - \vec{P}$

**Ответ:** По определению электрической индукции:

$$\vec{D} = \varepsilon_0\vec{E} + \vec{P} \quad 150.$$

**Поток вектора поляризации через замкнутую поверхность**

1. равен алгебраической сумме свободных зарядов, находящихся внутри поверхности
2. равен алгебраической сумме связанных зарядов, находящихся внутри поверхности, взятой с обратным знаком
3. равен сумме абсолютных величин всех зарядов, находящихся внутри поверхности, деленной на электрическую постоянную

4. равен алгебраической сумме всех зарядов, охваченных поверхностью, деленной на электрическую постоянную
5. равен нулю

**Ответ:**

$$\rho_{\text{связ}} = -\operatorname{div} \vec{P} \quad 151.$$

$$\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S} \quad 152.$$

$$\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S} = \int_V \operatorname{div} \vec{P} dV \quad 153.$$

$$\operatorname{div} \vec{P} = -\rho_{\text{связ}} \quad 154.$$

$$\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S} = - \int_V \rho_{\text{связ}} dV \quad 155.$$

$$\oint_S \vec{P} \cdot d\vec{S} = -Q_{\text{связ}} \quad 156.$$

Слой однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$  прижат к пластине, заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma$ . Напряженность электрического поля в диэлектрике определяется выражением

1.  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon}$
2.  $E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0}$
3.  $E = \varepsilon_0 \varepsilon \sigma$
4.  $E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0 \varepsilon}$
5.  $E = \varepsilon_0 \sigma$

**Ответ:** хз.

Укажите все верные утверждения. Циркуляция вектора индукции магнитного поля вычисляется по формуле

1.  $\oint_L B_\tau dl$
2.  $\oint_L \vec{B} d\vec{l}$

3.  $\oint_L \vec{B} \times d\vec{l}$
4.  $\oint_L B 2\pi dr$
5.  $\oint_L \vec{B} \times d\vec{r}$

**Ответ:** Второй вариант – это точное определение циркуляции. Первый вариант – это проекция на касательное направление.

---

По длинному прямому проводнику течет электрический ток силой  $I$ . Поток вектора магнитной индукции через поверхность сферы радиусом  $R$ , центр которой находится на расстоянии  $a$  от проводника, равен

1.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi R}$
2.  $\frac{I}{2\pi R}$
3.  $\frac{\mu_0 I a}{4\pi R^2}$
4.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi a}$
5. 0

**Ответ:** для длинного прямого проводника магнитного поля:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad 157.$$

Поток магнитного поля

$$\Phi_B = \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad 158.$$

$$\vec{B} \perp d\vec{S} \Rightarrow \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad 159.$$


---

$I'$  – алгебраическая сумма токов намагничивания,  $I$  – алгебраическая сумма токов проводимости. Циркуляцию вектора  $J$  по замкнутому контуру  $L$  можно определить по формуле

1.  $\oint_L \vec{J} d\vec{l} = I' + I$
2.  $\oint_L \vec{J} d\vec{l} = I'$
3.  $\oint_L \vec{J} d\vec{l} = I$
4.  $\oint_L \vec{J} d\vec{l} = I' - I$
5.  $\oint_L \vec{J} d\vec{l} = 0$

**Ответ:** Определение циркуляции тока намагничивания

$$\oint_L \vec{J} \cdot d\vec{l} = \sum \text{токов намагничивания внутри контура} \quad 160.$$

---

**Плотность тока смещения равна**

1.  $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
2.  $\vec{J}_{\text{проводимости}}$
3.  $\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \vec{J}_{\text{проводимости}}$
4.  $\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$
5.  $\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$

**Ответ:** определение.

---

**Укажите все верные утверждения. Циркуляция вектора напряженности магнитного поля вычисляется по формуле**

1.  $\oint_L H_l dl$
2.  $\oint_L \vec{H} d\vec{l}$
3.  $\oint_L \vec{H} \times d\vec{l}$
4.  $\oint_L H 2\pi dr$
5.  $\oint_L \vec{H} \times d\vec{r}$

**Ответ:** второй вариант – определение циркуляции. первый вариант – проекция на касательную.

---

**Посередине между двумя точечными зарядами  $q_1 = 6$  нКл и  $q_2 = -2$  нКл помещен заряд  $q$ . На этот заряд со стороны заряда  $q_2$  действует сила 4 мкН. Определить силу, действующую на заряд  $q$  со стороны обоих зарядов  $q_1$  и  $q_2$ .**

1. 36 мкН
2. 24 мкН
3. 18 мкН
4. 16 мкН
5. 12 мкН

**Ответ:** На заряд  $q$  действует сила  $F_{q_1}$  и  $F_{q_2}$ .

$$\frac{F_{q_1}}{F_{q_2}} = \frac{k \frac{qq_1}{x^2}}{k \frac{qq_2}{x^2}} = \frac{q_1}{q_2} = |-3| = 3 \quad 161.$$

$$F_{q_1} = 3F_{q_2} = 3 \cdot 4 \text{ мкН} = 12 \text{ мкН} \quad 162.$$

Так как силы сонаправлены

$$F = F_{q_1} + F_{q_2} = 16 \text{ мкН} \quad 163.$$


---

Электростатическое поле создано двумя точечными зарядами  $-q$  и  $+4q$ . Отношение потенциала поля, созданного вторым зарядом в точке  $A$ , к потенциалу результирующего поля в этой точке равно

1. 2
2. 3
- 3. 4**
4.  $-2$
5.  $-4$

**Ответ:**

$$\varphi_2 = k \frac{4q}{3a} \quad 164.$$

$$\varphi_1 = k \frac{-q}{a} \quad 165.$$

$$\varphi_{\text{рез}} = \varphi_1 + \varphi_2 = k \left( \frac{-q}{a} + \frac{4q}{3a} \right) = k \frac{q}{3a} \quad 166.$$

$$\frac{\varphi_2}{\varphi_{\text{рез}}} = \frac{k \frac{4q}{3a}}{k \frac{q}{3a}} = 4 \quad 167.$$


---

**Укажите все верные утверждения. Вихревое электрическое поле создают**

- 1. движущиеся с ускорением электрические заряды**
2. движущиеся равномерно точечные заряды
3. потенциальные, однородные электрические поля

4. изменяющееся во времени магнитное поле

5. стационарное, однородное магнитное поле

**Ответ:** Ускоренный заряд создает переменное магнитное поле.

$$\text{ускорение заряда} \Rightarrow \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \neq 0 \Rightarrow \text{rot } \vec{E} \neq 0 \quad 168.$$

$$\left( \text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \quad 169.$$

---

**Какой график представляет зависимость напряженности электрического поля  $E(r)$  для равномерно заряженной сферы радиуса  $R$**

**Ответ:** По закону Гаусса:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{\text{внутр}}}{\varepsilon_0} \quad 170.$$

$$q(r) = q \frac{r^3}{R^3} \quad 171.$$

$$E(r)4\pi r^2 = \frac{qr^3}{\varepsilon_0 R^3} \quad 172.$$

$$E(r) = k \frac{q}{R^3} r \quad 173.$$

снаружи сферы

$$E(r)4\pi r^2 = \frac{q}{\varepsilon_0} \quad 174.$$

$$E(r) = k \frac{q}{r^2} \quad 175.$$

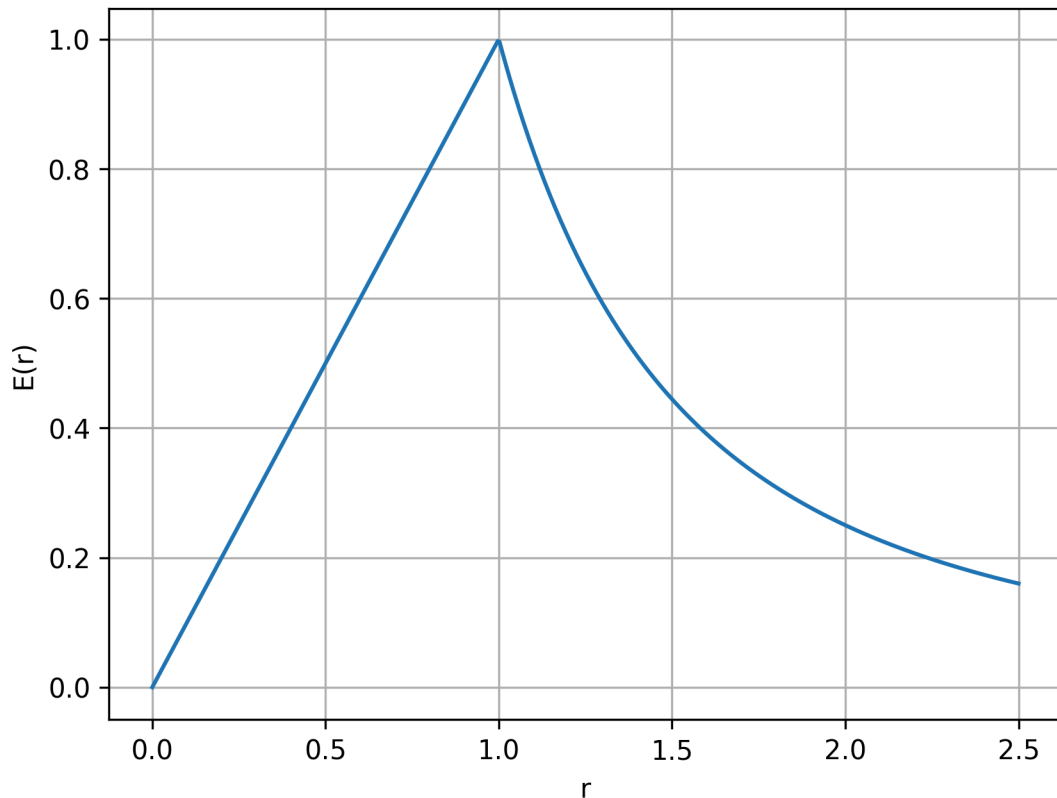


Рис. 5. Напряженность электрического поля равномерно заряженной сферы

Пластина из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon$  вплотную прилегает к проводящей пластине, заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma$ . Поверхностная плотность связанных зарядов на поверхности диэлектрика  $\sigma'$  равна.

1.  $\sigma' = \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\sigma$
2.  $\sigma' = -\frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\sigma$
3.  $\sigma' = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1}\sigma$
4.  $\sigma' = -\frac{\sigma}{\varepsilon}$
5.  $\sigma' = -\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon}\sigma$

Ответ:

$$D = \sigma \quad 176.$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} \quad 177.$$



$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} \quad 178.$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)\vec{E} \quad 179.$$

$$\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)\frac{\sigma}{\varepsilon_0 \varepsilon} = \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\sigma \quad 180.$$

$$\sigma' = -P = -\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}\sigma \quad 181.$$

В каком случае поток вектора напряженности однородного электрического поля через произвольную замкнутую поверхность равен нулю?

1. только когда на поверхности находятся электрические заряды
- 2. только если вектор напряженности перпендикулярен поверхности во всех точках**
3. всегда
4. никогда не равен нулю
5. только когда поверхность имеет сферическую форму

Ответ:

$$\Phi = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} \quad 182.$$

если  $\vec{E} \perp d\vec{S}$ , то  $\vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$ , соответственно  $\Phi = 0$

Электрическое поле создается заряженным равномерно по объему шаром из диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon = 3$ . Как изменится напряженность электрического поля на некотором расстоянии от центра шара внутри него, при уменьшении диэлектрической проницаемости в 2 раза.

1. увеличится в 2 раза
- 2. увеличится в 1.33 раза**
3. не изменится
4. уменьшится в 4 раза
5. уменьшится в 1.33 раза

Ответ:

$$\varepsilon = 3, \varepsilon' = \frac{3}{2} \quad 183.$$

$$\oint \vec{D} \cdot d\vec{S} = q_{\text{своб, внутри}} \quad 184.$$

внутри шара

$$D \cdot 4\pi r^2 = \rho \cdot \frac{4}{3}\pi r^3 \quad 185.$$

$$D = \frac{\rho r}{3} \quad 186.$$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon \vec{E} \quad 187.$$

$$E = \frac{D}{\varepsilon_0 \varepsilon} \quad 188.$$

$$E_1 = \frac{D}{\varepsilon_0 3} \quad 189.$$

$$E_2 = \frac{D}{\varepsilon_0 \frac{3}{2}} \quad 190.$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{3}{\frac{3}{2}} = 2 \quad 191.$$

---

Электрический диполь помещен в электрическое поле так, что его дипольный момент перпендикулярен линиям напряженности поля. Что произойдет с диполем?

1. останется неподвижным
2. развернется моментом по полю и будет выталкиваться в область слабого поля
- 3. развернется моментом по полю и будет втягиваться в область сильного поля**
4. развернется моментом против поля и будет выталкиваться в область слабого поля

5. развернется моментом против поля и будет втягиваться в область сильного поля

**Ответ:** Диполь всегда втягивается в область сильного поля. Поле всегда пытается расположить диполь так, чтобы плюс был по полю, минус против.

---

**Сегнетоэлектрик, поляризованность которого равна нулю, помещен в незаряженный плоский конденсатор. Напряжение на конденсаторе начинают увеличивать от нулевого значения. Укажите все верные утверждения**

1. диэлектрическая восприимчивость сегнетоэлектрика сначала растет, потом убывает
2. индукция поля в сегнетоэлектрике растет
3. индукция поля в сегнетоэлектрике сначала растет, потом убывает
4. диэлектрическая восприимчивость сегнетоэлектрика растет
5. индукция поля в сегнетоэлектрике убывает

**Ответ:** В сегнетоэлектрике поляризация нелинейна. При малых полях диполи легко поворачиваются. При больших полях наступает насыщение.

Диэлектрическая восприимчивость

$$\chi = \frac{P}{\varepsilon_0 E} \quad 192.$$

Электрическая индукция

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 193.$$

поле  $\vec{E}$  растет, поляризация  $\vec{P}$  растет.

---

**Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику напряжения. Расстояния между обкладками конденсатор увеличивают. Выберите все верные утверждения**

1. напряженность поля в конденсаторе не меняется
2. заряд конденсатора не меняется
3. напряжение на конденсаторе не меняется

4. заряд конденсатора увеличивается

**5. заряд конденсатора уменьшается**

**Ответ:** Так как конденсатор подключен к источнику, то источник поддерживает напряжение.

Напряженность тоже не меняется. (хз)

Емкость плоского конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \quad 194.$$

Так как  $d$  увеличивается, то  $C$  уменьшается.

$$Q = CU \quad 195.$$

Если  $C$  уменьшается, а  $U$  постоянно, тогда  $Q$  уменьшается.

---

**Вектор напряженности электростатического поля по отношению к эквипотенциальным поверхностям направлен**

1. по нормали в сторону убывания потенциала
2. по касательной в сторону убывания потенциала
3. по нормали в сторону возрастания потенциала
4. по касательной в сторону возрастания потенциала
5. по спирали охватывает силовые линии

**Ответ:** По определению

$$\vec{E} = -\nabla\varphi \quad 196.$$

вектор напряженности направлен в сторону убывания потенциала.

Эквипотенциальная поверхность – это поверхность, где:

$$\varphi = \text{const} \quad 197.$$

Тогда  $\vec{E}$  направлен по нормали к эквипотенциальной поверхности.

---

**При затухающих гармонических колебаниях частота колебаний**

1. намного меньше собственной частоты колебательной системы
2. намного больше собственной частоты колебательной системы

3. равной собственной частоте колебательной системы

4. чуть меньше собственной частоты колебательной системы

5. чуть больше собственной частоты колебательной системы

**Ответ:** Для линейной колебательной системы

$$x'' + 2\beta x' + \omega_0^2 x = 0 \quad 198.$$

где  $\omega_0$  – собственная частота,  $\beta$  – коэффициент затухания.

При слабом затухании ( $\beta < \omega_0$ )

$$x(t) = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi) \quad 199.$$

где частота затухающих колебаний равна

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} \quad 200.$$

Так как

$$\beta^2 > 0 \quad 201.$$

то

$$\omega_0^2 - \beta^2 < \omega_0^2 \quad 202.$$

следовательно

$$\omega < \omega_0 \quad 203.$$

Если колебания гармонические, затухание слабое

$$\beta \ll \omega_0 \quad 204.$$

Тогда

$$\omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{\beta^2}{\omega_0^2}} \approx \omega_0 \left( 1 - \frac{\beta^2}{2\omega_0^2} \right) \quad 205.$$

$$\omega_0 - \omega \approx \frac{\beta^2}{2\omega_0} \quad 206.$$

---

**Плоский воздушный конденсатор подключен к источнику напряжения. Конденсатор заполняют диэлектриком. Выберите все верные утверждения**

1. напряженность поля в конденсаторе увеличивается
2. напряженность поля в конденсаторе уменьшается
3. напряжение на конденсаторе не меняется
4. заряд конденсатора увеличивается
5. заряд конденсатора уменьшается

**Ответ:** поскольку конденсатор подключен к источнику,  $U$  остается постоянным.

Напряженность поля в конденсаторе с диэлектриком

$$E = \frac{U}{d} \quad 207.$$

Диэлектрик не изменяет внешнее напряжение  $U$ , но в нем создаются внутренние поляризационные заряды, которые частично компенсируют поле. Напряженность внутри диэлектрика меньше, чем в воздухе.

Емкость конденсатора с диэлектриком увеличивается

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{S}{d} > C_0 \quad 208.$$

А поскольку  $U = \text{const}$ , заряд

$$Q = CU \quad 209.$$

увеличивается

---

**Плоский воздушный конденсатор заполнен диэлектриком с проницаемостью  $\varepsilon$ . Конденсатор подключен к источнику напряжения. Диэлектрика вынимают из конденсатора. Выберите верные утверждения**

1. напряженность поля в конденсаторе увеличивается
2. напряженность поля в конденсаторе уменьшается
3. напряжение на конденсаторе не меняется
4. заряд конденсатора увеличивается
5. заряд конденсатора уменьшается

**Ответ:** Конденсатор подключен к источнику, поэтому  $U$  остается постоянным.

Напряженность внутри диэлектрика была меньше, чем в воздухе

$$E_{\text{диэлектрик}} = \frac{U}{\varepsilon d} < \frac{U}{d} = E_{\text{воздух}} \quad 210.$$

После того как диэлектрик вынимают

$$E = \frac{U}{d} > E_{\text{диэлектрик}} \quad 211.$$

Емкость конденсатора с диэлектриком

$$C_{\text{диэлектрик}} = \varepsilon C_0 \quad 212.$$

После вынимания диэлектрика

$$C_{\text{воздух}} = C_0 < C_{\text{диэлектрик}} \quad 213.$$

Поскольку  $U = \text{const}$

$$Q = CU \quad 214.$$

емкость уменьшилась, соответственно заряд уменьшился.

---

**Укажите все верные утверждения. Для потенциального электрического поля**

1.  $\int_L \vec{E} d\vec{l} = 0$

2. на незаряженной границе диэлектриков  $E_{1n} = E_{2n}$

3.  $\text{rot } \vec{E} = 0$

4.  $\int_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} dS$

5.  $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$

**Ответ:** Электрическое поле называется потенциальным, если существует скалярный потенциал  $\varphi$ , такой что:

$$\vec{E} = -\nabla \varphi \quad 215.$$

$$\vec{E} = -\text{grad } \varphi \quad 216.$$

это определение

$$\operatorname{rot} \vec{E} = 0 \quad 217.$$

Это свойство потенциального поля. Поле не завихрено, линии поля не образуют замкнутых петель.

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad 218.$$

Из теоремы Стокса

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_S \operatorname{rot} \vec{E} \cdot d\vec{S} \quad 219.$$

Для потенциального поля  $\operatorname{rot} \vec{E} = 0$ , значит интеграл по любому замкнутому контуру  $= 0$ .

**Собственная частота в колебательном контуре определяется выражением**

1.  $2\pi\sqrt{LC}$
2.  $\frac{2\pi}{\sqrt{LC}}$
3.  $\frac{R}{2L}$
4.  $2\pi LC$

**Ответ:** хз.

**Электрическое поле создается заряженным равномерно по объему шаром из диэлектрика с проницаемостью  $\varepsilon = 5$ . Как изменится напряженность электрического поля на некотором расстоянии от центра шара внутри него при увеличении объемной плотности заряда внутри шара в 2 раза**

1. увеличится в 2 раза
2. увеличится в 1.33 раза
3. увеличится в 4 раза
4. уменьшится в 4 раза
5. уменьшится в 5 раз

**Ответ:** Для шара с объемной плотностью заряда  $\rho$  в диэлектрике с  $\varepsilon$  напряженность внутри шара задается формулой



$$E = \frac{\rho r}{3\varepsilon_0 \varepsilon} \quad 220.$$

Если увеличиваем  $\rho$  в два раза

$$E \rightarrow \frac{(2\rho)r}{3\varepsilon_0 \varepsilon} = 2 \cdot \frac{\rho r}{3\varepsilon_0 \varepsilon} = 2E \quad 221.$$

**Как изменится напряженность поля внутри заряженного и отключенного от источника воздушного конденсатора, если увеличить расстояние между пластинами в 4 раза?**

1. увеличится в 4 раза
2. уменьшится в 4 раза
3. уменьшится в 2 раза
4. увеличится в 2 раза

**5. не изменится**

**Ответ:** Напряженность поля в плоском конденсаторе

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon_0} = \frac{q}{\varepsilon_0 S} \quad 222.$$

Емкость конденсатора

$$C = \frac{\varepsilon_0 S}{d} \quad 223.$$

Напряжение на пластинах

$$U = \frac{Q}{C} = \frac{Qd}{\varepsilon_0 S} \quad 224.$$

Если  $d \rightarrow 4d$ , емкость уменьшается в 4 раза, а напряжение

$$U \rightarrow 4U \quad 225.$$

Напряжение увеличилось, но  $E$  внутри, как плотность поля между пластинами, остается

$$E = \frac{U}{d} = \frac{4U}{4d} = \frac{U}{d} = E_{\text{исходное}} \quad 226.$$

Пластиину из однородного изотропного диэлектрика внесли в заряженный конденсатор, параллельно его пластинам, но не касаясь их. Если пренебречь утечкой заряда с конденсатор, то

1. на поверхности диэлектрика появятся связанные заряды
2. на поверхности и в объеме диэлектрика появятся свободные заряды
3. в объеме диэлектрика появятся связанные заряды
4. на поверхности диэлектрика появятся связанные заряды, а в объеме – свободные
5. на поверхности диэлектрика появятся свободные заряды, а внутри – связанные

**Ответ:** хз.

---

При преломлении линий индукции электрического поля на границе двух однородных изотропных диэлектриков

1.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$
2.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$
3.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$
4.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$
5.  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2$

**Ответ:** Тангенциальная компонента напряженности непрерывна

$$E_{1\tau} = E_{2\tau} \quad 227.$$

Нормальная компонента электрической индукции непрерывна

$$D_{1n} = D_{2n} \quad 228.$$

Так как

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E} \quad 229.$$

то

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n} \quad 230.$$

$$\begin{aligned} E_n &= E \cos \alpha \\ E_\tau &= E \sin \alpha \end{aligned} \quad 231.$$

Тангенциальная компонента

$$E_1 \sin \alpha_1 = E_2 \sin \alpha_2 \quad 232.$$

Нормальная компонента

$$\varepsilon_1 E_1 \cos \alpha_1 = \varepsilon_2 E_2 \cos \alpha_2 \quad 233.$$

Поделив друг на друга

$$\frac{E_1 \sin \alpha_1}{\varepsilon_1 E_1 \cos \alpha_1} = \frac{E_2 \sin \alpha_2}{\varepsilon_2 E_2 \cos \alpha_2} \quad 234.$$

Сократив  $E_1, E_2$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\varepsilon_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\varepsilon_2} \quad 235.$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \quad 236.$$

**При преломлении линий индукции магнитного поля на границе двух однородных изотропных диэлектриков**

1.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$
2.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$
3.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$
4.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$
5.  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2$

**Ответ:** Нормальная компонента непрерывна

$$B_{1n} = B_{2n} \quad 237.$$

Тангенциальная компонента непрерывна

$$H_{1\tau} = H_{2\tau} \quad 238.$$

Но

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \quad 239.$$

Следовательно

$$\frac{B_{1\tau}}{\mu_1} = \frac{B_{2\tau}}{\mu_2} \quad 240.$$

$$\begin{aligned} B_n &= B \cos \alpha \\ B_\tau &= B \sin \alpha \end{aligned} \quad 241.$$

$$B_1 \cos \alpha_1 = B_2 \cos \alpha_2 \quad 242.$$

$$\frac{B_1 \sin \alpha_1}{\mu_1} = \frac{B_2 \sin \alpha_2}{\mu_2} \quad 243.$$

$$\frac{B_1 \sin \alpha_1}{\mu_1 B_1 \cos \alpha_1} = \frac{B_2 \sin \alpha_2}{\mu_2 B_2 \cos \alpha_2} \quad 244.$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\mu_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\mu_2} \quad 245.$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1} \quad 246.$$

**При преломлении линий напряженности электрического поля на границе двух однородных изотропных диэлектриков**

1.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$
2.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$
3.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}$
4.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}$
5.  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2$

**Ответ:** Тангенциальная компонента  $\vec{E}$  непрерывна

$$E_{1\tau} = E_{2\tau} \quad 247.$$

Нормальная компонента  $\vec{D}$  непрерывна

$$D_{1n} = D_{2n} \quad 248.$$

Но

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E} \quad 249.$$

следовательно

$$\varepsilon_1 E_{1n} = \varepsilon_2 E_{2n} \quad 250.$$

$$\begin{aligned} E_n &= E \cos \alpha \\ E_\tau &= E \sin \alpha \end{aligned} \quad 251.$$

Тангенциальная компонента

$$E_1 \sin \alpha_1 = E_2 \sin \alpha_2 \quad 252.$$

Нормальная компонента

$$\varepsilon_1 E_1 \cos \alpha_1 = \varepsilon_2 E_2 \cos \alpha_2 \quad 253.$$

$$\frac{E_1 \sin \alpha_1}{\varepsilon_1 E_1 \cos \alpha_1} = \frac{E_2 \sin \alpha_2}{\varepsilon_2 E_2 \cos \alpha_2} \quad 254.$$

Сократив

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\varepsilon_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\varepsilon_2} \quad 255.$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \quad 256.$$

**При преломлении линий напряженности магнитного поля на границе двух однородных изотропных магнетиков**

1.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$
2.  $\frac{\sin \alpha_2}{\sin \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$
3.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$
4.  $\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_1}{\mu_2}$
5.  $\operatorname{tg} \alpha_1 = \operatorname{tg} \alpha_2$

**Ответ:** Тангенциальная компонента непрерывна

$$H_{1\tau} = H_{2\tau} \quad 257.$$

Нормальная компонента непрерывна

$$B_{1n} = B_{2n} \quad 258.$$

Но

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H} \quad 259.$$

следовательно

$$\mu_1 H_{1n} = \mu_2 H_{2n} \quad 260.$$

$$\begin{aligned} H_n &= H \cos \alpha \\ H_\tau &= H \sin \alpha \end{aligned} \quad 261.$$

Тангенциальная компонента

$$H_1 \sin \alpha_1 = H_2 \sin \alpha_2 \quad 262.$$

Нормальная компонента

$$\mu_1 H_1 \cos \alpha_1 = \mu_2 H_2 \cos \alpha_2 \quad 263.$$

$$\frac{H_1 \sin \alpha_1}{\mu_1 H_1 \cos \alpha_1} = \frac{H_2 \sin \alpha_2}{\mu_2 H_2 \cos \alpha_2} \quad 264.$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_1}{\mu_1} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\mu_2} \quad 265.$$

$$\frac{\operatorname{tg} \alpha_2}{\operatorname{tg} \alpha_1} = \frac{\mu_2}{\mu_1} \quad 266.$$

**Какое уравнение отражает тот факт, что линии магнитной индукции всегда замкнуты?**

1.  $B_{1n} = B_{2n}$
2.  $\oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0$
3.  $B_{1\tau} = B_{2\tau}$
4.  $\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0(I + I')$
5.  $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{J})$

**Ответ:**  $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

это закон Гаусса для магнитного поля.

**Укажите все правильные для парамагнетиков утверждения**

1. На внешней орбите находится нечетное число электронов
2.  $\vec{B} = \mu_0(\vec{H} + \vec{J})$
3. Магнитная восприимчивость  $\chi < 0$
4. Магнитная проницаемость чуть меньше единицы
5. Образец втягивается в область сильного магнитного поля

**Ответ:** Нечетное число электронов  $\Rightarrow$  есть неспаренный электрон  $\Rightarrow$  собственный магнитный момент атома  $\Rightarrow$  главный признак парамагнетиков.

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{J}) \quad 267.$$

общее уравнение магнитного поля в веществе

у парамагнетиков  $\chi > 0$

Парамагнетики усиливают магнитное поле. Система стремится туда, где поле сильнее, уменьшается энергия. Поэтому парамагнетик втягивается в область сильного поля.

---

**По длинному прямому проводнику течет ток силой  $I$ . Вычислите поток вектора магнитной индукции через поверхность цилиндра радиусом  $R$  и высотой  $h$ .**

1.  $\frac{\mu_0 I}{2\pi R h}$
2.  $\frac{\mu_0 I}{4\pi R h}$

**3. 0**

4.  $\frac{I}{\pi R h}$
5.  $\mu_0 \frac{I}{R h}$

**Ответ:**

$$\Phi_B = \oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} \quad 268.$$

Для магнитного поля всегда выполняется закон Гаусса

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0 \quad 269.$$

цилиндр – замкнутая поверхность.

---

**Потенциал поля диполя равен нулю (при нулевом потенциале на бесконечности) ...**

1. ... во всех точках, лежащих ближе к положительному заряду диполя
2. ... только в точках расположенных на оси диполя
3. ... во всем пространстве

4. ... ни в одной точке пространства

5. ... во всех точках плоскости, перпендикулярной диполю, проходящей через его середину

Ответ: Потенциал электрического диполя в точке пространства:

$$\varphi = k \left( \frac{1}{r_+} - \frac{1}{r_-} \right) \quad 270.$$

Потенциал равен нулю

$$\varphi = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{r_+} = \frac{1}{r_-} \Leftrightarrow r_+ = r_- \quad 271.$$

---

Выберите вариант ответа, в котором перечислены величины, измеряемые в Кл/м<sup>2</sup> в системе СИ: напряженность электрического поля  $\vec{E}$ , потенциал  $\varphi$ , поляризованность диэлектрика  $P$ , поверхностная плотность заряда  $\sigma$ , электрическая индукция (смещение)  $D$ .

1.  $P, D, \varphi$

2.  $P, D, \sigma$

3.  $E, P, \varphi$

4.  $\sigma, \varphi, P$

5.  $E, P, D$

Ответ:

$$[\vec{E}] = \text{В/м} = \text{Н/Кл} \quad 272.$$

$$[\varphi] = \text{В} = \text{Дж/Кл} \quad 273.$$

$$[\vec{P}] = \frac{\text{дипольный момент}}{\text{объем}} = \text{Кл/м}^2 \quad 274.$$

$$[\sigma] = \text{Кл/м}^2 \quad 275.$$

$$[\vec{D}] = [\varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}] = \text{Кл/м}^2 \quad 276.$$

---



**В реальном колебательном контуре резонанс по величине тока наступает при частоте внешней ЭДС**

1. намного меньше собственной частоты контура
2. намного больше собственной частоты контура

**3. равной собственной частоте контура**

4. чуть меньше собственной частоты контура
5. чуть больше собственной частоты контура

**Ответ:** Собственная частота  $LC$ -контура

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad 277.$$

Амплитуда тока

$$I = \frac{E_0}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} \quad 278.$$

Максимум  $I$  достигается, когда реактивные сопротивления компенсируются

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0 \Rightarrow \omega = \omega_0 \quad 279.$$

Резонанс по току  $\rightarrow$  амплитуда тока максимальна. Происходит при частоте внешнего источника = собственной частоте контура.

---

**Вопрос 6.** Две проводящие плоскости пересекаются под прямым углом. Точечный заряд  $q = -3$  нКл,  $a = 1$  м. Вычислите заряд отображения в точке А и напряженность поля в точке В

**Вопрос 6.** Две проводящие плоскости пересекаются под прямым углом. Точечный заряд  $q = -3$  нКл,  $a = 1$  м. Вычислите заряд отображения в точке А и напряжённость поля в точке В.

1.  $q'_A = -3$  нКл,  $E_B = 0.16$  В / м.
2.  $q'_A = -3$  нКл,  $E_B = 13.5$  В / м.
3.  $q'_A = +3$  нКл,  $E_B = 0.36$  В / м.
4.  $q'_A = +3$  нКл,  $E_B = 6.75$  В / м.
5.  $q'_A = +3$  нКл,  $E_B = 0$ .

Ответ: 5

**Вопрос 9.** Изображенный на рисунке контур с током в неоднородном магнитном поле

**Вопрос 9.** Изображённый на рисунке контур с током в неоднородном магнитном поле.

1. Останется неподвижным.
2. Развернётся на 180 градусов и будет втягиваться в область сильного поля.
3. Будет выталкиваться в область слабого поля.
4. Будет втягиваться в область сильного поля.
5. Развернётся на 180 градусов и будет выталкиваться в область слабого поля.

Ответ: 4

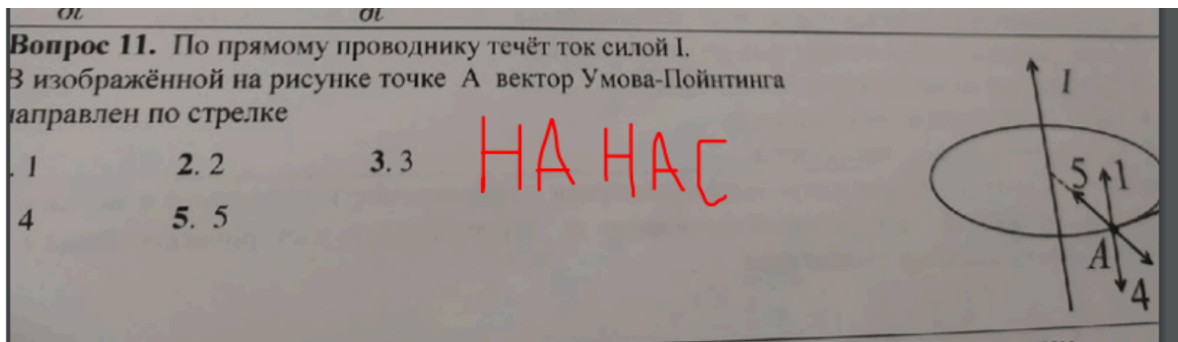
**Вопрос 12.** Укажите уравнение, которое показывает, как при отсутствии затухания амплитуда сферической волны зависит от расстояния до источника  $r$ .  $A_0$  - константа

**Вопрос 12.** Укажите выражение, которое показывает, как при отсутствии затухания амплитуда сферической волны зависит от расстояния до источника  $r$ .  $A_0$  - константа.

1.  $A_0 / r^2$
2.  $A_0 / r$
3.  $A_0 / \sqrt{r}$
4.  $A_0 \cdot r$
5.  $A_0 \cdot r^2$

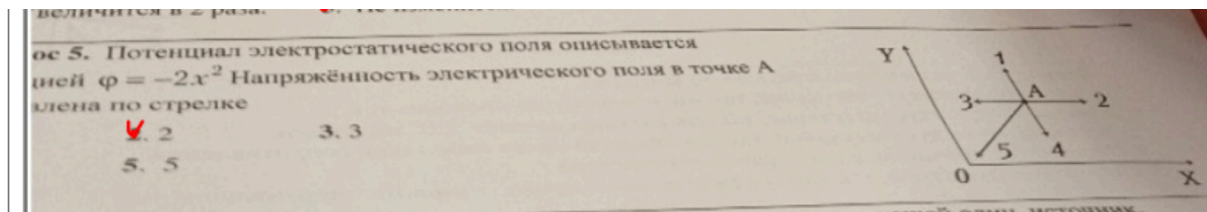
Ответ: 2

**Вопрос 11.** По прямому проводнику течет ток силой  $I$ . В изображенной на рисунке точке А вектор Умова-Пойнтинга направлен по стрелке



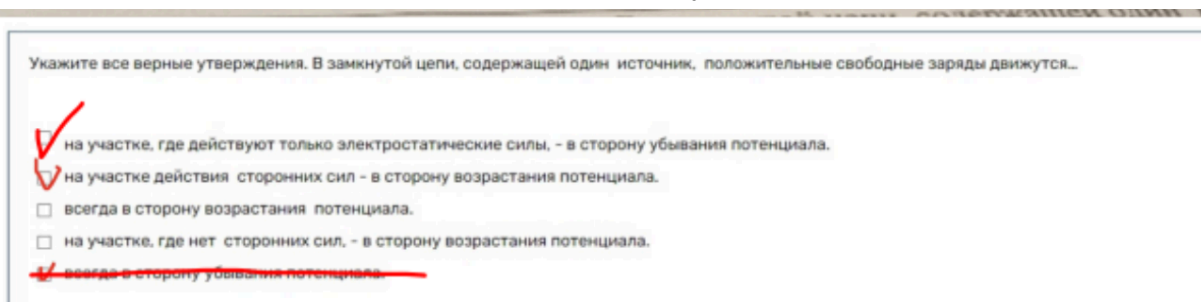
Ответ: 1 (5? Е вверх, В вправо)

**Вопрос 5.** Потенциал электростатического поля описывается функцией  $\phi = -2x^2$ . Напряжённость электростатического поля в точке  $A$  направлена по стрелке



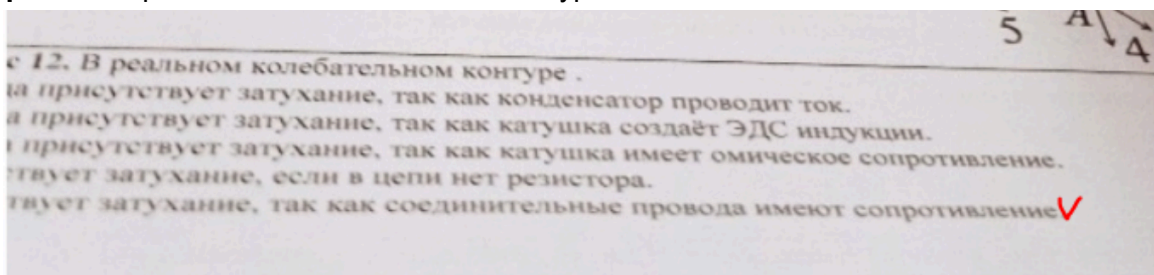
Ответ: 2

**Вопрос 6.** Укажите все верные утверждения. В замкнутой цепи, содержащей один источник, положительные свободные заряды движутся



Ответ: 12

**Вопрос 12.** В реальном колебательном контуре



Ответ: 5

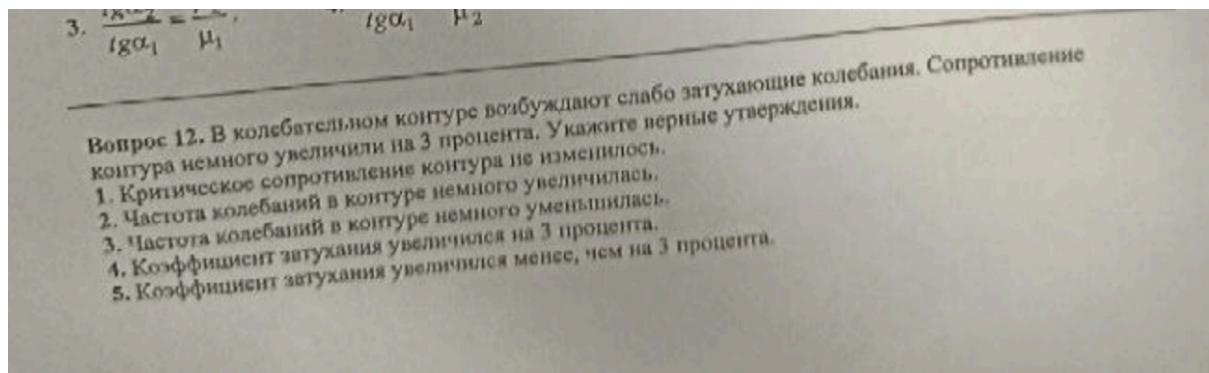
**Вопрос 3.** Даны две бесконечные параллельные плоскости с поверхностной плотностью зарядов  $+\sigma$  и  $-\sigma$ . Первоначально зазор между ними...

**Вопрос 3.** Даны две бесконечные параллельные плоскости с поверхностной плотностью зарядов  $+\sigma$  и  $-\sigma$ . Первоначально зазор между ними заполнен однородным изотропным диэлектриком с проницаемостью  $\epsilon = 2$ . Как изменится величина электрического смещения (индукции)  $D$  и напряженности электрического поля  $E$  в зазоре, если диэлектрик удалить?

1. Величины  $D$  и  $E$  не изменятся.
2. Величина  $D$  увеличится в 2 раза, величина  $E$  не изменится.
3. Величины  $D$  и  $E$  увеличатся в два раза.
4. Величина  $D$  не изменится, величина  $E$  - увеличится в 2 раза.
5. Величина  $D$  увеличится в 2 раза, величина  $E$  - уменьшится в 2 раза.

Ответ: 4

**Вопрос 12.** В колебательном контуре возбуждают слабо затухающие колебания. Сопротивление контура немного увеличили на 3 процента. Укажите верные утверждения.



Ответ: 134

**Вопрос 2.** Электростатическое поле создается точечным зарядом  $Q$ , расположенным в начале координат. Заряд  $q$  может быть перемещен из точки  $K$  в точки  $M$ ,  $N$  и  $L$ . В каком случае работа сторонних сил против сил поля будет максимальной?

**Вопрос 2.** Электростатическое поле создается точечным зарядом  $Q$ , расположенным в начале координат. Заряд  $q$  может быть перемещен из точки  $K$  в точки  $M$ ,  $N$  и  $L$ . В каком случае работа сторонних сил против сил поля будет максимальной?

1.  $KL$ .
2.  $KN$ .
3.  $KM$ .
4. Ответ зависит от знака зарядов  $q$  и  $Q$ .
5. Работа во всех случаях одинакова.

Ответ: 5



**Вопрос 4.** На рисунке представлены две схемы соединения четырех одинаковых сопротивлений. Определите отношение сопротивления участка АВ к сопротивлению участка CD

Вопрос 4. На рисунке представлены две схемы соединения четырех одинаковых сопротивлений. Определите отношение сопротивления участка АВ к сопротивлению участка CD

1. 10/7.                      2. 10/3.                      3. 20/3.                      4.                      5. 25/4.

15/7.

Ответ: 3

**Вопрос 6.** Укажите все верные утверждения. В замкнутой цепи, содержащей один источник, положительные свободные заряды движутся

Вопрос 6. Укажите все верные утверждения. В замкнутой цепи, содержащей один источник, положительные свободные заряды движутся...

1. на участке действия сторонних сил - в сторону возрастания потенциала.  
 2. всегда в сторону убывания потенциала.  
 3. на участке, где нет сторонних сил, - в сторону возрастания потенциала.  
 4. всегда в сторону возрастания потенциала.  
 5. на участке, где действуют только электростатические силы, - в сторону убывания потенциала.

Ответ: 15

**Вопрос 11.** В изображенной на рисунке точке А вихревое электрическое поле направлено по стрелке

Вопрос 11. В изображённой на рисунке точке А вихревое электрическое поле направлено по стрелке

1. 1                      2. 2                      3. 3  
 4. 4                      5. 5

Ответ: 5

**Вопрос 1.** Отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле перпендикулярно линиям поля. Как будет двигаться частица в этом поле?

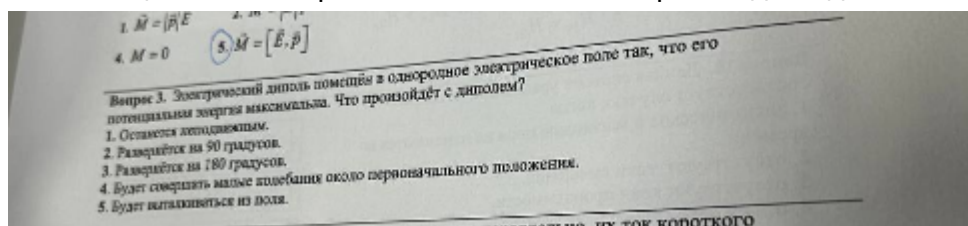
Студент Панина Анна Группа Група

Вопрос 1. Отрицательно заряженная частица влетает в однородное электрическое поле перпендикулярно линиям поля. (см. рисунок). Как будет двигаться частица в этом поле?

1. Равномерно в том же направлении.  
 2. Равноускоренно в том же направлении.  
 3. Равнозамедленно в том же направлении.  
 4. По параболе вправо.  
 5. По параболе влево.

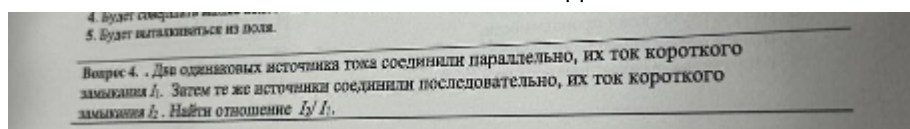
Ответ: 5

**Вопрос 3.** Электрический диполь помещен в однородное электрическое поле так, что его потенциальная энергия максимальна. Что произойдет с диполем?



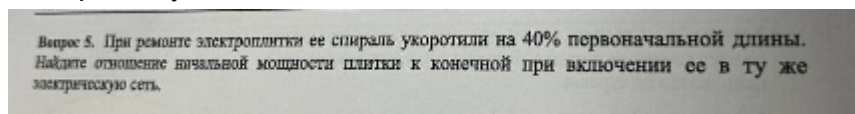
Ответ: 3 (???)

**Вопрос 4.** Два одинаковых источника тока соединили параллельно, их ток короткого замыкания  $I_1$ . Затем те же источники соединили....



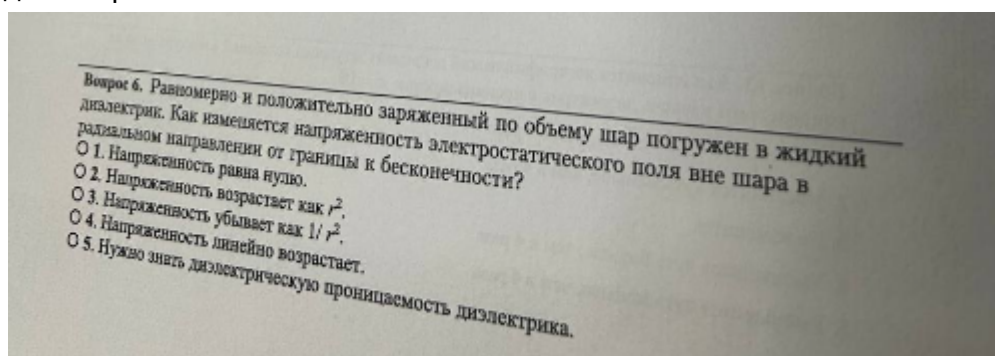
Ответ:  $1/2$  ( $I = \mathcal{E} / r$ , считайте)

**Вопрос 5.** При ремонте электроплитки ее спирали укоротили на 40% первоначальной длины. Найдите отношение начальной мощности к конечной при включении ее в ту же электрическую сеть



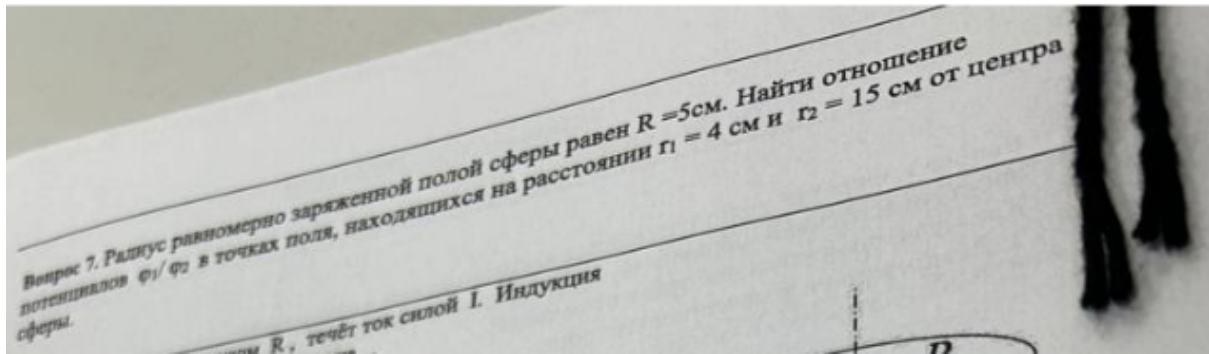
Ответ:  $1/0.6 = 1.67$  ( $P_2/P_1 = R_1/R_2 = l_1/l_2$ )

**Вопрос 6.** Равномерно и положительно заряженный по объему шар погружен в жидкий диэлектрик. Как изменяется напряженность электростатического поля вне шара в радиальном направлении от границы к бесконечности?



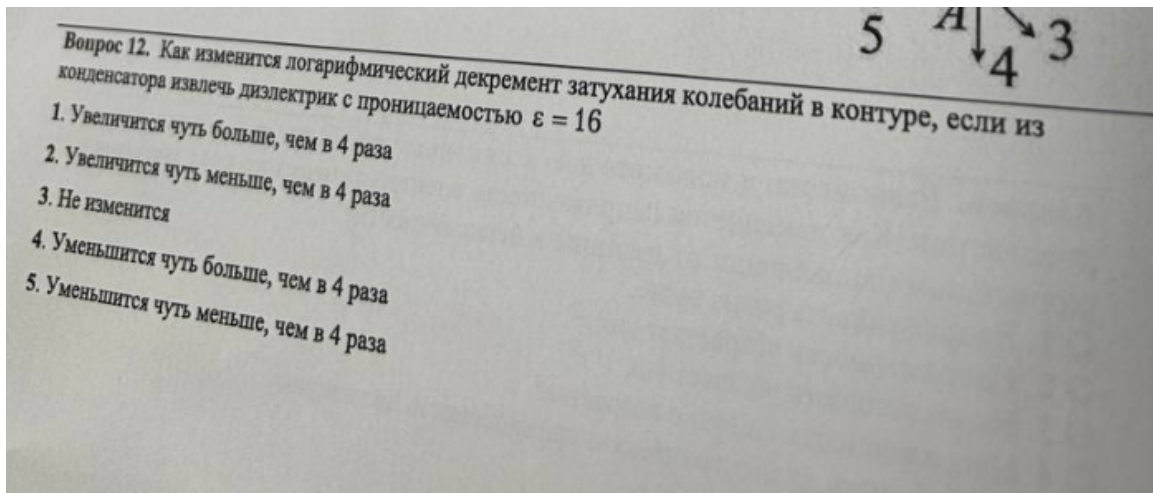
Ответ: 3

**Вопрос 7.** Радиус равномерно заряженной поллой сферы равен  $R = 5$  см. Найти отношение потенциалов...



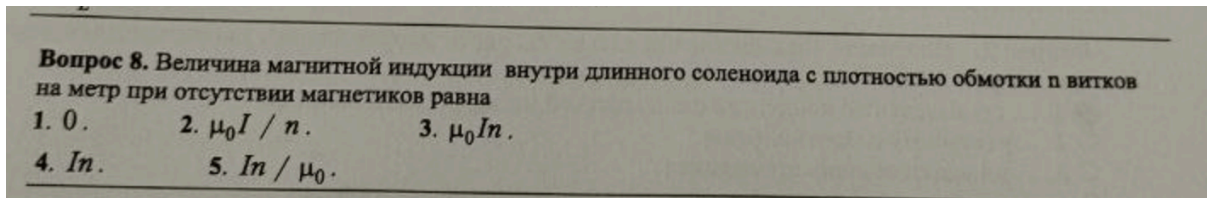
**Ответ:** 3.75 (внутри сферы считаем потенциал таким же, как на поверхности)

**Вопрос 12.** Как изменится логарифмический декремент затухания колебаний в контуре, если из конденсатора извлечь диэлектрик с проницаемостью  $\epsilon = 16$



**Ответ:** 4 (формула есть, считайте)

**Вопрос 8.** Величина магнитной индукции внутри длинного соленоида с плотностью обмотки  $n$  витков на метр при отсутствии магнетиков равна



**Ответ:** 3

**Вопрос 9.** Магнитная энергия двух контуров с токами, показанных на рисунке, равна



**Вопрос 9.** Магнитная энергия двух контуров с токами, показанных на рисунке, равна

1.  $\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} + L_{12} I_1 I_2$
2.  $\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} - 2L_{12} I_1 I_2$
3.  $\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} - L_{12} I_1 I_2$
4.  $\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2} + 2L_{12} I_1 I_2$
5.  $\frac{L_1 I_1^2}{2} + \frac{L_2 I_2^2}{2}$

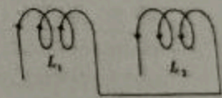


рис. 2.

Ответ: 3

**Вопрос 10.** Укажите волновое уравнение

Вопрос 10. Укажите волновое уравнение

1.  $\Delta \vec{H} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0}} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$
2.  $\nabla \vec{E} = \frac{1}{\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$
3.  $\nabla \vec{H} = -\epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$
4.  $\Delta \vec{E} = \epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$
5.  $\Delta \vec{E} = \epsilon \epsilon_0 \mu \mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$

Вопрос 11. В длинном соленоиде поддерживают постоянную силу тока, как изменится напряженность магнитного поля внутри соленоида, если внутрь него внесут сердечник с проницаемостью  $\mu$ ?

Ответ: 5

**Вопрос 11.** В длинном соленоиде поддерживают постоянную силу тока, как изменится напряженность магнитного поля внутри соленоида, если внутрь него внесут сердечник с проницаемостью  $\mu$ ?

Вопрос 11. В длинном соленоиде поддерживают постоянную силу тока, как изменится напряженность магнитного поля внутри соленоида, если внутрь него внесут сердечник с проницаемостью  $\mu$ ?

1. Увеличится в  $\mu$  раз.
2. Уменьшится в  $\mu$  раз.
3. Увеличится в  $\sqrt{\mu}$  раз.
4. Уменьшится в  $\sqrt{\mu}$  раз.
5. Не изменится

Ответ: 5

**Вопрос 12.** Логарифмический декремент затухания можно вычислить по формуле

Вопрос 12. Логарифмический декремент затухания можно вычислить по формуле.

1.  $\lambda = \ln \left( \frac{x(t+T)}{x(t)} \right)$
2.  $\lambda = \frac{\ln x(t+T)}{\ln x(t)}$
3.  $\lambda = \ln \left( \frac{x(t)}{x(t+T)} \right)$
4.  $\lambda = \frac{\ln x(t)}{\ln x(t+T)}$
5.  $\lambda = \frac{\ln t}{\ln(t+T)}$

Ответ: 4

**Вопрос 4.** Радиус заряженного металлического шара равен 10 см. Радиус шара увеличили в 3 раза при сохранении его заряда. Во сколько раз изменилась напряженность поля на расстоянии 50 см от центра шара?



5. равен нулю.

• **Вопрос 4.** Радиус заряженного металлического шара равен 10 см. Радиус шара увеличили в 3 раза при сохранении его заряда. Во сколько раз изменилась напряженность поля на расстоянии 50 см от центра шара?

1. Не изменилась. 2. Увеличилась в 9 раз. 3. Уменьшилась в 3 раза.  
4. Уменьшилась в 9 раз. 5. Увеличилась в 3 раза.

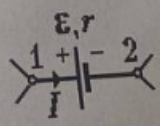
**Ответ: 1**

**Вопрос 6.** Электрические потенциалы на клеммах 1 и 2 изображенного участка цепи равны соответственно  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . По какой формуле вычисляется сила тока в участке цепи?

• **Вопрос 6.** Электрические потенциалы на клеммах 1 и 2 изображенного участка цепи равны соответственно  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . По какой формуле вычисляется сила тока в участке цепи?

☐ 1.  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon}{r}$    
 ☐ 2.  $I = \frac{\varphi_1 + \varphi_2 - \varepsilon}{r}$    
 ☐ 3.  $I = \frac{\varphi_2 - \varphi_1 - \varepsilon}{r}$

☐ 4.  $I = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 - \varepsilon}{r}$    
 ☐ 5.  $I = \frac{\varphi_2 - \varphi_1 + \varepsilon}{r}$

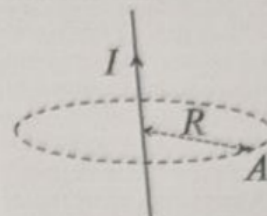


**Ответ: 4**

**Вопрос 8.** По длинному прямому проводнику течет электрический ток силой  $I$ . Что можно сказать о циркуляции магнитного поля в магнетике с проницаемостью  $\mu$ , вычисленной по окружности радиусом  $R$

**Вопрос 8.** По длинному прямому проводнику течет электрический ток силой  $I$ . Что можно сказать о циркуляции напряженности магнитного поля в магнетике с проницаемостью  $\mu$ , вычисленной по окружности, радиусом  $R$ .

1. Убывает по мере удаления от проводника пропорционально  $R$ .  
2. Убывает по мере удаления от проводника пропорционально  $\mu R$   
3. Обратно пропорциональна  $\mu$   
4. Прямо пропорциональна  $\mu$   
5. Не зависит ни от  $\mu$ , ни от  $R$ .



**Ответ: 5**

**Вопрос 12.** При затухающих гармонических колебаниях в контуре коэффициент затухания колебаний

Вопрос 12. При затухающих гармонических колебаниях в контуре коэффициент затухания колебаний...

1. прямо пропорционален сопротивлению контура.
2. прямо пропорционален сопротивлению резистора в контуре.
3. прямо пропорционален критическому сопротивлению контура.
4. обратно пропорционален индуктивности контура.
5. обратно пропорционален корню квадратному из ёмкости контура.

Ответ: 4