

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 α – 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 Φ

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

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

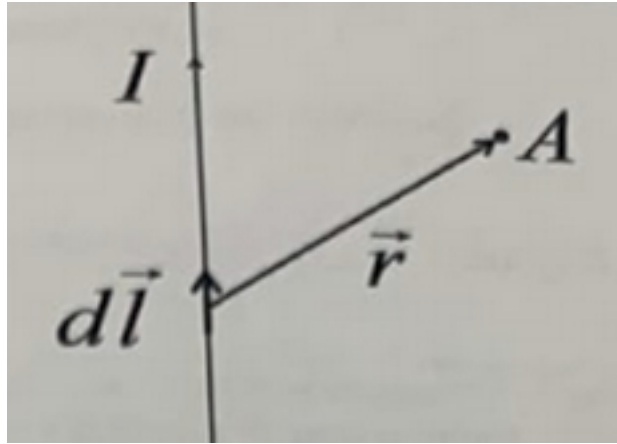


Рис. 1. Поясняющий рисунок.

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 α , 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 Φ

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

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 ε

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

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

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

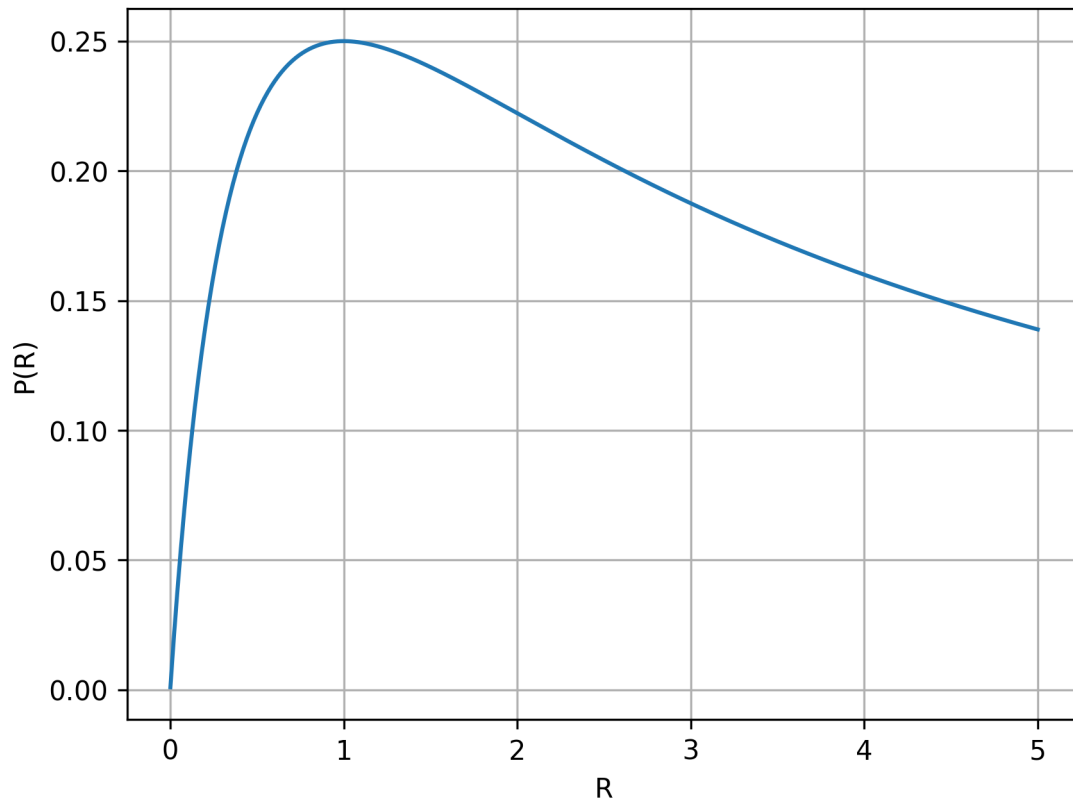


Рис. 2. График $P(R)$.

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

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

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. $c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \varepsilon \mu_0 \mu}}$
- 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 Δ – 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

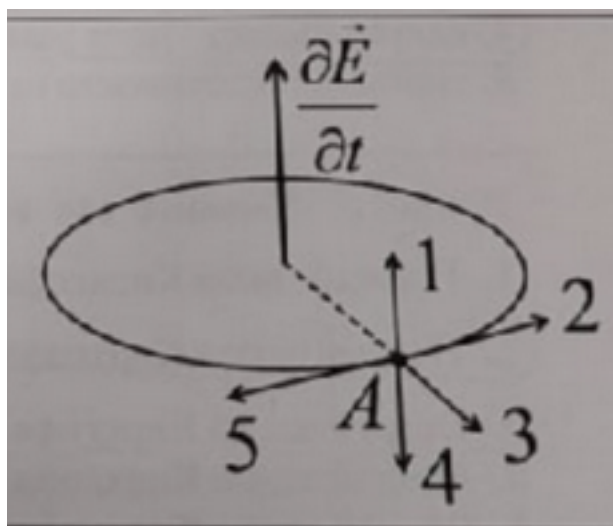


Рис. 3. Поясняющий рисунок.

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, ω – циклическая (угловая) частота, φ_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 ε 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. $\vec{D} = \frac{\varepsilon \vec{P}}{\varepsilon - 1}$
3. $\vec{D} = -\frac{\varepsilon \vec{P}}{\varepsilon - 1}$
4. $\vec{D} = -(\varepsilon - 1)\vec{P}$
5. $\vec{D} = (\varepsilon - 1)\vec{P}$

Ответ: По определению электрической индукции

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} \quad 97.$$

Связь поляризации (поляризованности) с полем

$$\vec{P} = \varepsilon_0(\varepsilon - 1)\vec{E} \quad 98.$$

Выразим $\vec{E}$ через $\vec{P}$

$$\vec{E} = \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0(\varepsilon - 1)} \quad 99.$$

Подставляем в формулу для $\vec{D}$

$$\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P} = \varepsilon_0 \cdot \frac{\vec{P}}{\varepsilon_0(\varepsilon - 1)} + \vec{P} = \frac{\vec{P}}{\varepsilon - 1} + \vec{P} = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \vec{P} \quad 100.$$

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 $\varepsilon > 1$:

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

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

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

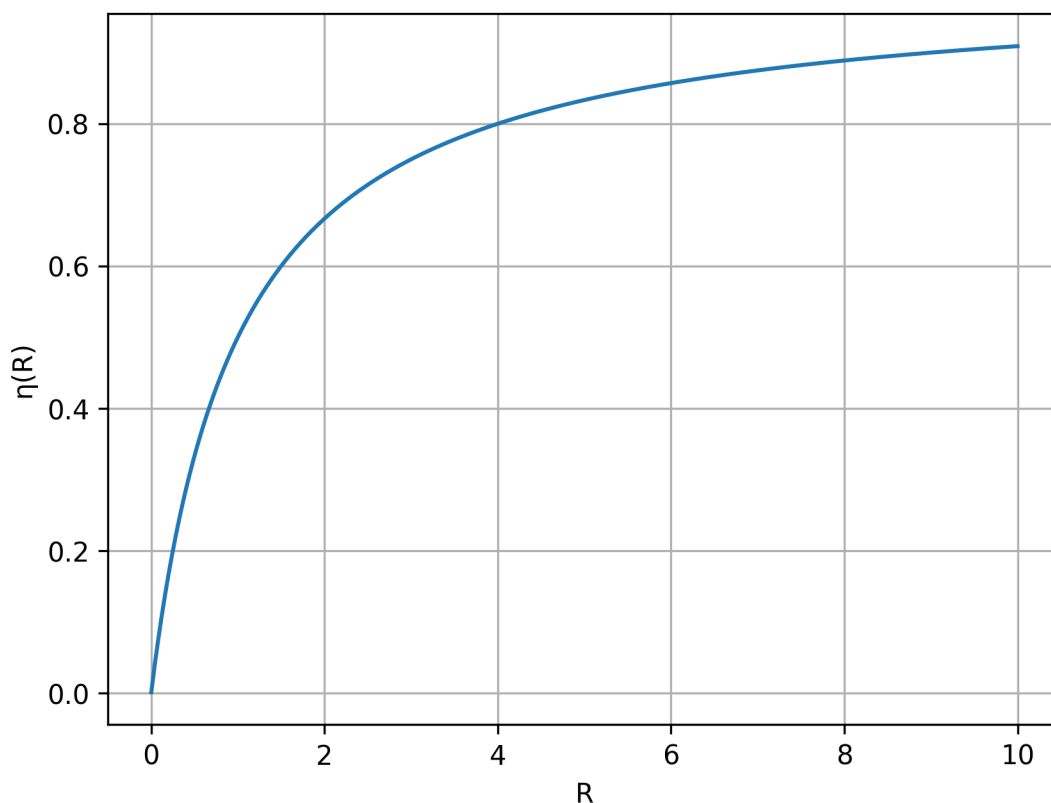


Рис. 4.

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. $-\left[\vec{P}_m, \vec{B}\right]$
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 φ 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 ε 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 φ 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 ε 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:

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

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

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

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

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

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

Слой однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью ε прижат к пластине, заряженной с поверхностной плотностью σ . 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

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

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

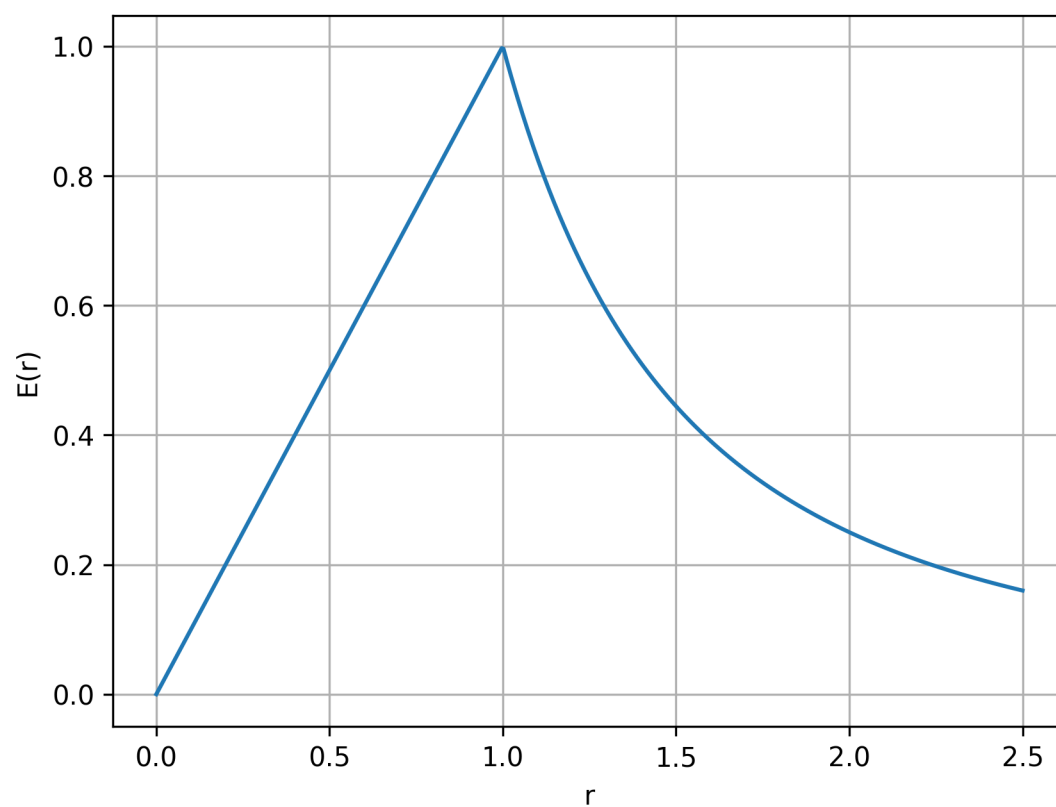


Рис. 5. Напряженность электрического поля равномерно заряженной сферы