

Формулы по физике. 2 семестр СУНЦ НГУ

Цыбулин Егор

7 мая 2024 г.

Аннотация

В данном файле собраны все формулы, которые были выделены в красную рамку д.ф.-м.н. А.Л. Куперштохом в конспектах лекций для одногодичного потока СУНЦ НГУ.

1 Электростатика

1. Закон Кулона:

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}$$

2. Напряжённость электрического поля:

$$\vec{F} = q_2 \vec{E}$$

3. Поле от точечного заряда:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1}{r_{12}^2} \cdot \vec{r}_{12}$$

4. Принцип суперпозиции для поля:

$$\vec{E} = \sum_i \vec{E}_i$$

5. Потенциал электрического поля от точечного заряда:

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$$

6. Принцип суперпозиции для потенциала:

$$\varphi = \sum_i \varphi_i$$

7. Потенциальная энергия взаимодействия:

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r}$$

8. Уравнения Максвелла:

(a) Теорема Гаусса:

$$\oint_S \vec{D} d\vec{s} = q$$

(b) Закон электромагнитной индукции:

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

(c) Закон отсутствия электромагнитных зарядов:

$$\oint_S \vec{B} d\vec{s} = 0$$

(d) Теорема Стокса:

$$\oint_L \vec{H} d\vec{l} = I + \frac{\partial \Pi}{\partial t}$$

9. Поток магнитной индукции через поверхность S, опирающуюся на контур L:

$$\Phi = \int_S \vec{B} d\vec{s}$$

10. Поток индукции электрического поля через поверхность S, опирающуюся на контур L:

$$\Pi = \int_S \vec{D} d\vec{s}$$

11. Ток свободных зарядов через ту же поверхность S:

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{s}$$

12. Индукция электрического поля через E:

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}$$

13. Индукция магнитного поля через H:

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$$

2 Конденсаторы

1. Ёмкость уединённого проводника:

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

2. Ёмкость плоского конденсатора:

$$C = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 S}{d}$$

3. Давление электрического поля:

$$p = \frac{\sigma^2}{2\varepsilon_0}$$

4. Плотность энергии электрического поля:

$$w = p = \frac{\varepsilon_0 E_0^2}{2}$$

5. Энергия конденсатора:

$$W = \frac{QU}{2} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2}$$

6. Параллельное соединение конденсаторов:

$$C_0 = C_1 + C_2$$

7. Последовательное соединение конденсаторов:

$$\frac{1}{C_0} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

3 Электрический ток

1. Ток:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

2. Закон Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}$$

3. Закон Ома для участка цепи:

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

4. Сопротивление для квазилинейного проводника:

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

5. Мощность в единице объёма:

$$w = jE$$

6. Закон Джоуля-Ленца:

$$W = IU$$

7. Первое правило Кирхгофа:

$$\sum I_i = 0$$

8. Второе правило Кирхгофа:

$$\sum U_i = 0$$

9. Параллельное соединение резисторов:

$$\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

10. Последовательное соединение резисторов:

$$R_0 = R_1 + R_2$$

2. Поле от бесконечной пластины с плотностью тока i :

$$H = \frac{i}{2} \Rightarrow B = \frac{\mu\mu_0 i}{2}$$

3. Поле внутри соленоида:

$$H = nI \Rightarrow B = \mu\mu_0 nI$$

4. Закон Био-Савара-Лапласа:

$$\vec{dH} = \frac{I}{4\pi r^3} [\vec{dl} \times \vec{r}]$$

5. Поле внутри кольца:

$$H = \frac{I}{2R} \Rightarrow B = \frac{\mu\mu_0 I}{2R}$$

6. Сила Лоренца:

$$\vec{F} = q [\vec{v} \times \vec{B}]$$

7. Ларморовский радиус:

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

8. Сила Ампера:

$$\vec{dF} = I [\vec{dl} \times \vec{B}]$$

9. Давление магнитного поля:

$$P = \frac{HB}{2}$$

4 Магнитостатика

1. Поле от тонкого прямолинейного бесконечного проводника с током:

$$H = \frac{I}{2\pi r} \Rightarrow B = \frac{\mu\mu_0 I}{2\pi r}$$

10. Плотность энергии магнитного поля:

$$w = \frac{HB}{2}$$

11. Закон Фарадея:

$$\varepsilon = -\frac{\partial \Phi}{\partial t}$$

12. Формула взаимной индукции:

$$\varepsilon_2 = -M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

13. Отношение напряжений в идеальном трансформаторе:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

14. Индуктивность для соленоида:

$$L = \mu \mu_0 n^2 l \pi r^2$$

15. Падение напряжения на индуктивности:

$$U_L = -L \frac{dI}{dt}$$

16. Последовательное соединение индуктивностей:

$$L_0 = L_1 + L_2$$

17. Параллельное соединение индуктивностей:

$$\frac{1}{L_0} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

18. Энергия индуктивностей:

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

5 Переходные процессы в электрических цепях

1. Сила тока в RC-цепях:

$$I = I_0 e^{-t/RC}$$

2. Сила тока в RL-цепях:

$$I = I_0 e^{-Rt/L}$$

3. Частота гармонических колебаний в LC-цепях:

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

4. Амплитуда гармонических колебаний в LC-цепях:

$$A = \frac{Q_0}{LC\omega_0} = \frac{Q_0}{\sqrt{LC}}$$

5. Сила тока для затухающих колебаний $\lambda^2 < \omega_0^2$:

$$I = e^{-\lambda t} (A \sin \omega t + B \cos \omega t),$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \lambda^2}$$

6. Аперриодическое затухание $\lambda^2 > \omega_0^2$:

$$I(t) = A e^{-(\lambda - \sqrt{\lambda^2 - \omega_0^2})t} + B e^{-(\lambda + \sqrt{\lambda^2 - \omega_0^2})t}$$

6 Переменный ток (стационарный)

1. Импеданс индуктивности и закон Ома:

$$Z_L = \omega L, U_{L0} = I_0 Z_L$$

2. Импеданс для конденсатора:

$$Z_C = \frac{1}{\omega C}, U_{C0} = I_0 Z_C$$

3. Комплексное сопротивление индуктивности и конденсатора:

$$R_L = i\omega L, R_C = \frac{1}{i\omega C}$$

4. Импеданс цепи:

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

5. Среднее значение мощности:

$$\langle W \rangle = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{U_0^2}{2R}$$

6. Эффективное напряжение:

$$U_{\text{эфф}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$$

7. Обычная формула для инженеров-электриков!:

$$\langle W \rangle = \frac{U_{\text{эфф}}^2}{R}$$

8. Средняя мощность со сдвигом фазы напряжения от тока:

$$\langle W \rangle = \frac{I_0 U_0}{2} \cos \varphi$$

7 Электромагнитные волны

1. Волновое уравнение для электрического поля E_y :

$$\frac{\partial^2 E_y}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 E_y}{\partial x^2} = 0, c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \mu \varepsilon_0 \mu_0}}$$

2. Показатель преломления света в среде:

$$n = \sqrt{\varepsilon \mu}$$

3. Волновое уравнение для магнитного поля:

$$\frac{\partial^2 H_z}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 H_z}{\partial x^2} = 0$$

4. Связь между электрическим и магнитными полями:

$$H_z = \pm \sqrt{\frac{\varepsilon \varepsilon_0}{\mu \mu_0}} E_y + \text{const}$$

5. Импульс единицы объёма волны:

$$p = \frac{w}{c}$$

6. Формула монохроматической волны:

$$E = E_0 \cos(\omega t - kx), k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

8 Волновая оптика

1. Формула монохроматической волны:

$$E = \frac{a_0}{r} \cos(\omega t - kr)$$

2. Положение первого дифракционного минимума:

$$y = \frac{F\lambda}{d}$$

3. Положение первого дифракционного максимума:

$$y = \frac{3F\lambda}{2d}$$

6. Формула для сферического зеркала:

$$F = \frac{R}{2}$$

7. Уравнение параболического зеркала:

$$y = \frac{x^2}{4F}$$

9 Геометрическая оптика

1. Принцип наименьшего времени (принцип Ферма):

$$t = \int_1^2 \frac{n dl}{c_0}$$

2. Закон преломления:

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

3. Угол отклонения луча в тонкой призме:

$$\delta = \omega \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

4. Формула линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

5. Коэффициент увеличения:

$$k = \frac{H}{h} = \frac{dL}{F_1 F_2}$$

10 Квантовая физика

1. Энергия кванта электромагнитной волны:

$$E = h\nu$$

2. Уравнение Эйнштейна:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}$$

3. Момент импульса электрона:

$$L_e = n\hbar, \quad \hbar = \frac{h}{2\pi}$$

4. Радиус электронного уровня:

$$r_n = 4\pi\epsilon \frac{\hbar^2 n^2}{me^2}$$

5. Формула для уровней энергии электрона в атоме водорода:

$$E_n = -\frac{me^4}{(4\pi\epsilon_0)^2 2\hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2} = -(13,6 \text{ эВ}) \cdot \frac{1}{n^2}$$

6. Релятивистская энергия частицы:

$$E = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

7. Энергия покоя:

$$E_{\text{покоя}} = mc^2$$

8. Релятивистский импульс частицы:

$$\vec{p} = \frac{m \vec{v}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

9. Связь массы и энергии свободной частицы:

$$E^2 - (pc)^2 = (mc^2)^2$$

11 Ядерная физика

1. Формула альфа- и бета-распада:

$$X_Z^A = Y_{Z+1}^A + e_{-1}^0 + \bar{\nu}_e$$

2. Формула естественной радиоактивности:

$$N = N_0 e^{-t/\tau}$$

3. Формула полураспада:

$$N = N_0 \cdot 2^{-t/T}$$