Формулы по электромагнетизму

1. Закон Кулона

$$F = k\frac{q_1q_2}{r^2};\quad k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0};\qquad k = 8.99\times10^9\ \text{Н м}^2/\text{Кл}^2;\ \vec F_{12} = k\frac{q_1q_2}{|\vec r_1-\vec r_2|^2}\vec n_{12}\quad \vec n_{12} = \frac{\vec r_1-\vec r_2}{|\vec r_1-\vec r_2|}$$

$$\vec E = kq_1\frac{\vec r_P-\vec r_1}{|\vec r_P-\vec r_1|^3};\quad E = \sqrt{E_X^2+E_Y^2+E_Z^2} = \frac{kq_1}{|\vec r_P-\vec r_1|^2};\quad \vec E = k\sum_{i=1}^{i=N} q_i\frac{\vec r-\vec r_i}{|\vec r-\vec r_i|^3}$$

$$\vec E = k\int\rho(\vec r)\frac{\vec r_P-\vec r}{|\vec r_P-\vec r|^3}dV;\quad \vec E = k\int\sigma(\vec r)\frac{\vec r_P-\vec r}{|\vec r_P-\vec r|^3}dS;\quad \vec E = k\int\tau(\vec r)\frac{\vec r_P-\vec r}{|\vec r_P-\vec r|^3}dl$$

$$\varphi = \frac{kq_1}{|\vec r_P-\vec r_1|};\ \varphi = k\sum_{i=1}^{i=N} q_i\frac{1}{|\vec r-\vec r_i|}$$

2. Теорема Гаусса-Остроградского и циркуляция вектора E: $\mathbf{div}E = \rho/\varepsilon_0$; $\Phi = \oint \vec E d\vec s = \frac{Q}{\varepsilon_0}$; $\operatorname{rot} E = 0$; $\Gamma = \oint \vec E d\vec r = 0$

3. Электрический диполь

$$\vec d = \sum_{i=1}^{i=N} q_i\vec r\,'_i;\quad \vec E(\vec r) = k\left(\frac{3(\vec r\vec d)\vec r}{r^5}-\frac{\vec d}{r^3}\right);\quad E(r,\alpha) = \frac{kd}{r^3}\sqrt{1+3\cos^2\alpha};\quad \varphi = k\frac{\vec d\vec r}{r^3};$$

$$W = -\vec d\vec E;\quad \vec N = [\vec d\vec E];\quad \vec F = (\vec d\nabla)\vec E$$

4. Связь между E и φ*:* $\vec E = -\nabla\varphi$

5. Поле и потенциал на оси заряженного кольца: $E = \dfrac{kqz}{\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}$; $\varphi = \dfrac{kq}{\left(R^2+z^2\right)^{1/2}}$

6. Поле и потенциал на оси заряженного диска: $E = 2\pi\sigma k\left[1-\dfrac{z}{\sqrt{R^2+z^2}}\right]$; $\varphi = 2\pi\sigma k\left[\sqrt{R^2+z^2}-z\right]$

7. Поле в точке x,y заряженного отрезка длины L. Отрезок лежит на оси x, ось y проходит через середину отрезка.:

$$E_x = k\lambda\left[\frac{1}{\sqrt{(x-L/2)^2+y^2}}-\frac{1}{\sqrt{(x+L/2)^2+y^2}}\right];\quad E_y = -k\lambda\left[\frac{x-L/2}{\sqrt{(x-L/2)^2+y^2}}-\frac{x+L/2}{\sqrt{(x+L/2)^2+y^2}}\right]$$

8. Поле заряженной плоскости $E = \sigma/2\varepsilon_0$

9. Поле на поверхности проводника $E = \sigma/\varepsilon_0$

10. Электростатическая энергия $W = \dfrac{1}{2}\sum_i q_i\varphi_i = \dfrac{1}{2}k\sum_{i,j}\dfrac{q_iq_j}{|r_i-r_j|}$; $W = \dfrac{\varepsilon_0}{2}\int E^2dV$; $W = \dfrac{1}{2}\int\rho(r)\varphi(r)d\vec r$

11. Диэлектрики

$$\vec D = \varepsilon_0\vec E+\vec P;\ \vec P = \chi\varepsilon_0\vec E;\ \vec D = \varepsilon\varepsilon_0\vec E;\ \varepsilon = 1+\chi;\ \operatorname{div}\vec D = \rho;\ \oint\vec D d\vec S = q;\ \operatorname{div}\vec P = -\rho';\ \oint\vec P d\vec S = -q';\ W = \frac{1}{2}\int\vec E\vec D dV$$

Условия на границе раздела $D_{1n} = D_{2n}$; $E_{1t} = E_{2t}$

12. Электрический ток $\vec j = en\vec v$; $\vec j = \sigma\vec E$; $P = \vec j\vec E$

13. Сила Лоренца $\vec F = q\vec E + q[\vec v\vec B]$

14. Закон Био-Савара $d\vec B = \dfrac{\mu_0}{4\pi}I\dfrac{[d\vec l\,(\vec r-\vec r\,')]}{|\vec r-\vec r\,'|^3}$;

15. Магнитное поле на оси кольца с током $B = \dfrac{\mu_0IR^2}{2\left(R^2+z^2\right)^{3/2}}$; $\mu_0/4\pi = 10^{-7}$ Гн/м.

16. Магнитное поле в точке x,y отрезка с током длины L. Отрезок лежит на оси y, ось x проходит через середину отрезка.: $B_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi x}\left[\frac{y-L/2}{\sqrt{(y-L/2)^2+x^2}} - \frac{y+L/2}{\sqrt{(y+L/2)^2+x^2}}\right]$

17. Магнитное поле длинного соленоида и прямого тока $B=\mu_0 nI$; $B=\frac{\mu_0 I}{2\pi r}$

18. Уравнения магнитного поля $\mathrm{div}\vec B=0$; $\oint \vec B d\vec S=0$; $\mathrm{rot}\vec B=\mu_0\vec j$; $\oint \vec B d\vec l=\mu_0 I$

19. Магнитный диполь $\vec B(\vec r)=\frac{\mu_0}{4\pi}\left(\frac{3(\vec r\vec p)\vec r}{r^5}-\frac{\vec p}{r^3}\right)$; $B(r,\alpha)=\frac{\mu_0 p}{4\pi r^3}\sqrt{1+3\cos^2\alpha}$; $p=IS$; $\vec F=(\vec p\nabla)\vec B$; $W=-\vec p\vec B$

20. Сила, действующая на проводник с током $d\vec F=[\vec j\vec B]dV$; $d\vec F=I[d\vec l\vec B]$; $F=IBl$;

21. Вращающий момент $\vec N=[\vec p\vec B]$

22. Энергия магнитного поля $W=\frac{LI^2}{2}=\frac{1}{2}\int \vec B\vec H dV$

23. Магнитное поле в веществе $\vec H=B/\mu_0-\vec M$; $\vec M=\chi\vec H=\frac{\chi\vec B}{\mu\mu_0}$; $\vec B=\mu\mu_0\vec H$; $\mu=1+\chi$;

$\mathrm{rot}\vec H=\vec j$; $\oint \vec H d\vec l=I$; $\mathrm{rot}\vec M=\vec j'$; $\oint \vec M d\vec l=I'$;

Условия на границе раздела $B_{1n}=B_{2n}$; $H_{1\tau}=H_{2\tau}$

24. Закон индукции Фарадея $\varepsilon_i=-d\Phi/dt$; $\oint \vec E d\vec l=-\frac{d}{dt}\int \vec B d\vec S$

25. Уравнения Максвелла $\mathrm{rot}\vec E=-\frac{\partial\vec B}{\partial t}$; $\mathrm{rot}\vec H=\vec j+\frac{\partial\vec D}{\partial t}$; $\mathrm{div}\vec B=0$; $\mathrm{div}\vec D=\rho$

26. Формулы преобразования полей при v<<c $\vec E'=\vec E+[\vec v\vec B]$; $\vec B'=\vec B-[\vec v\vec E]/c^2$

в общем случае $\vec E'_\perp=\frac{\vec E_\perp+[\vec v\vec B]}{\sqrt{1-\beta^2}}$; $\vec B'_\perp=\frac{\vec B_\perp-[\vec v\vec E]/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$; $\vec E'_\parallel=\vec E_\parallel$; $\vec B'_\parallel=\vec B_\parallel$

27. *Инварианты электромагнитного поля* $\mathbf{EB}=\mathrm{inv}$; $E^2-c^2B^2=\mathrm{inv}$;

28. Электромагнтное поле в точке x,y заряда, движущегося с постоянной скоростью v вдоль оси x

$$E_x=\frac{kq}{r^2}\frac{\cos\theta\left(1-\beta^2\right)}{\left(1-\beta^2\sin^2\theta\right)^{3/2}};\ E_x=\frac{kq}{r^2}\frac{\sin\theta\left(1-\beta^2\right)}{\left(1-\beta^2\sin^2\theta\right)^{3/2}};\ \vec B=\frac{\mu_0 q}{4\pi}\frac{[\vec v\vec r]}{r^3}\frac{\left(1-\beta^2\right)}{\left(1-\beta^2\sin^2\theta\right)}$$