Лепин Владислав Б01-304

Общие ф-лы

$\vec{E} = \frac{3(\vec{p},\vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{p}}{r^3}$; $\vec{p} = q\vec{l}$

$\vec{B} = \frac{3(\vec{m},\vec{r})\vec{r}}{r^5} - \frac{\vec{m}}{r^3}$; $\vec{m} = \frac{I\vec{S}}{c}$

$\vec{M} = [\vec{p},\vec{E}]$ или $[\vec{m},\vec{B}]$

$\vec{F} = (\vec{p},\vec{\nabla})\vec{E}$ или $(\vec{m},\vec{\nabla})\vec{B}$

$\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi$, у дип: $\varphi = \frac{(\vec{p},\vec{E})}{r^3}$

$\Delta\varphi = -4\pi\rho$ - Пуассона; $\Delta\varphi = 0$ Лапласа

$W = -(\vec{p},\vec{E})$ или $-(\vec{m},\vec{B})$

$\operatorname{div}\vec{j} = -\frac{\partial\rho}{\partial t}$ - ур-е непр-ти

$\vec{F} = -\operatorname{grad}\Pi$

БСЛ: $d\vec{B} = \frac{I}{cr^3}[d\vec{l},\vec{r}] = \frac{[\vec{j},\vec{r}]}{cr^3}dV$

Лор: $\vec{F}_Л = q\vec{E} + \frac{q}{c}[\vec{v},\vec{B}]$

Амп: $\vec{F}_A = \frac{1}{c}\int[\vec{j},\vec{B}]dV = \frac{I}{c}[d\vec{l},\vec{B}]$

электростатика $\varepsilon = 1+4\pi\varkappa$; $\frac{\sum_i \vec{p}_i}{V}$ | магнитостатика $\frac{\sum_i \vec{m}_i}{V}$

$\vec{E}$	$= \vec{D}\ (=\varepsilon\vec{E})$	$-4\pi\vec{P}\ (=\varkappa\vec{E})$	$\vec{B}\ (=\mu\vec{H})$	$= \vec{H}$	$+ 4\pi\vec{M}\ (\vec{M}=\varkappa\vec{H})$
напрям.	индукция	поляризац.	индукция	напряженность	намагниченность
все заряды	своб. зар.	поляризац.	все токи	своб. токи	намагн. токи
$\oint(\vec{E},d\vec{S}) = 4\pi q_\Sigma$	$\oint(\vec{D},\vec{S}) = 4\pi q_{св}$	$\oint(\vec{P},d\vec{S}) = -q_{пол}$	$\oint(\vec{B},d\vec{S}) = 0$	—	—
$\operatorname{div}E = 4\pi\rho_\Sigma$	$\operatorname{div}D = 4\pi\rho_{св}$	$\operatorname{div}P = -\rho_{пол}$	$\operatorname{div}\vec{B} = 0$	—	—
$\Delta E_n = 4\pi\sigma_\Sigma$	$\Delta D_n = 4\pi\sigma_{св}$	$\Delta P_n = -\sigma_{пол}$	$\Delta B_n = 0$	—	—
$\oint(\vec{E},d\vec{l}) = 0$	—	—	$\oint(\vec{B},d\vec{l}) = \frac{4\pi}{c}I_\Sigma$	$\oint(\vec{H},d\vec{l}) = \frac{4\pi}{c}I_{св}$	$\oint(\vec{M},d\vec{l}) = \frac{I_{мол}}{c}$
$\operatorname{rot}\vec{E} = 0$	—	—	$\operatorname{rot}\vec{B} = \frac{4\pi}{c}\vec{j}_\Sigma$	$\operatorname{rot}\vec{H} = \frac{4\pi}{c}\vec{j}_{св}$	$\operatorname{rot}\vec{M} = \frac{\vec{j}_{мол}}{c}$
$\Delta E_\tau = 0$	—	—	$\Delta B_\tau = 4\pi\frac{i_\Sigma}{c}$	$\Delta H_\tau = \frac{4\pi}{c}i_{св}$	$\Delta M_\tau = \frac{i_{мол}}{c}$

Энергия системы зарядов

1) $W = \frac{1}{2}\int\varphi(\vec{r})\rho dV$ - по обл. нах заряда (σdS)

2) $W = \frac{1}{2}\int\varphi^{текущий}dq^{внесенный}$ в месте внесения

3) $W = \int\frac{(\vec{E},\vec{D})}{8\pi}dV$ - по всему простр-ву

Система катушек

$W = \frac{1}{2}\sum_{i,j}\frac{L_{ij}I_iI_j}{c^2}$

$\frac{MI_1I_2}{c^2}$ - взаимная энергия

$\frac{LI^2}{2c^2}$ - собственная энергия

Расчёт полей

E: 1) 

• $E = 2\pi\sigma\left(1 - \frac{h}{\sqrt{R^2+h^2}}\right)$

B: 1) $\oint \vec{B} = \frac{2I}{cr}$

2) I $\vec{B}$

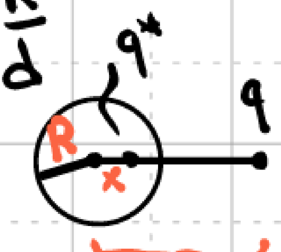
• $\vec{B} = \frac{2\pi R^2 I}{cr^3}$ вдали от тока

3) $dB = \frac{i}{c}d\Omega$

Метод изобр.

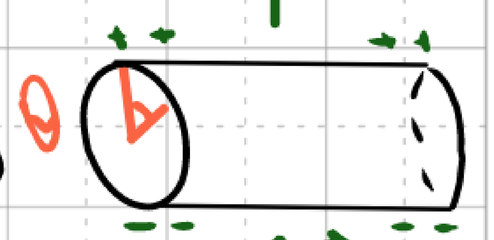
E: $q^* = -q\frac{R}{d}$

$x = \frac{R^2}{d}$

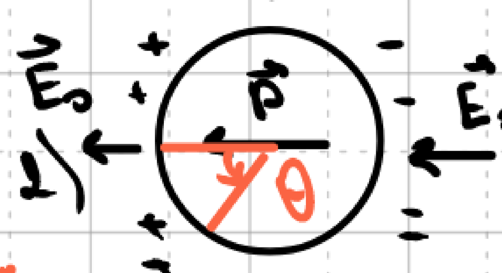


Поляризация

Поле $\vec{E}$

1) 

• $\sigma(\theta) = \frac{E_0}{8\pi}\cos\theta$

2) 

• $\sigma(\theta) = \frac{3E_0}{4\pi}\cos\theta$

• $\vec{p} = R^3\vec{E}_0$

3) Диэлектр. шар

• $\vec{p} = R^3\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2}\vec{E}_0$

• $\vec{P} = \varkappa\vec{E}_0 = \frac{3}{4\pi}\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2}\vec{E}_0$

Конденсатор

1) Сф. $C = \varepsilon R$

2) Пл. $C = \frac{\varepsilon S}{4\pi d}$

3) 2 сф: $C = \frac{\varepsilon R_1R_2}{R_2-R_1}$

Индукц. сверхпроводник

Поле $\vec{B}$

шар

1) $i(\theta) = \frac{3c}{8\pi}B_0\sin\theta$

$\vec{m} = -\frac{R^3}{2}\vec{B}_0$

Колеб. контур

$Q = \frac{\pi}{d} = \frac{\pi}{\delta T} = \frac{\omega}{2\delta} = \frac{\omega L}{R} = \frac{1}{\omega_0 RC} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$;

в паралл: $Q = R\sqrt{\frac{C}{L}}$; $\tau = \frac{1}{\delta}$ - ум. ампл. в e раз

$d = \ln\frac{U_n}{U_{n+1}}$

$Q = 2\pi\frac{W_0}{\Delta W}$ (W_0 - запас, ΔW - потери за T) $M \le \sqrt{L_1L_2}$; $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Резонанс токов: $Z = \infty$; Напряжений: $Z = R$, $Z_L = Z_C$

$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$ ширина на $\frac{1}{\sqrt{2}}$ $V^{рез} = QE_0$ $N = \frac{U^2}{|Z|}\cos\angle(\hat{I},\hat{U})$

Автоколебания

$\frac{dI_A}{dt} = \frac{dI_A}{dV_c}\cdot\frac{dV_c}{dt} = S\frac{dV_c}{dt} = \frac{Sq}{C}$ $M < -\frac{RC}{S}$

Спектры

$g(t) = \mathcal{L}^{-1}\{\lambda(i\omega)\mathcal{L}(x(t))\}$ ($x(t) = 1$)

• $f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}a_n\cos n\omega_0 t + b_n\sin n\omega_0 t = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty}A_n\cos(n\omega_0 t - \varphi_n)$

• $a_0 = \frac{1}{T}\int_0^T f(t)dt$; $a_n = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\cos n\omega_0 t\,dt$; $b_n = \frac{2}{T}\int_0^T f(t)\sin n\omega_0 t\,dt$

• $A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}$, $\varphi_n = \operatorname{arctg}\frac{b_n}{a_n}$ • $F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty}f(t)e^{-i\omega t}dt$

• $f(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty}c_n e^{in\omega_0 t}$, $c_n = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2}f(t)e^{-in\omega_0 t}dt$ • $f(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty}F(\omega)e^{i\omega t}d\omega$

• $A_n = 2|c_n|$, $\varphi_n = \arg c_n$

$\Delta\omega\cdot\tau = 2\pi$; $\omega_0\cdot T = 2\pi$; $\delta\omega\cdot t = 2\pi$. Меандр: $a_n = \frac{2E\tau}{T}\frac{\sin\frac{n\omega_0\tau}{2}}{\frac{n\omega_0\tau}{2}}$

АМ: $A(1+m\cos\Omega t)\cos\omega t = A\cos\omega t + \frac{Am}{2}\cos(\Omega-\omega)t + \frac{Am}{2}\cos(\Omega+\omega)t$

ФМ: $A\cos(\omega t + m\cos\Omega t) \approx A\cos\omega t - \frac{Am}{2}\sin(\omega+\Omega)t - \frac{Am}{2}\sin(\omega-\Omega)t$

Математика

$\Delta = \frac{1}{r^2}\frac{\partial}{\partial r}\left(r^2\frac{\partial}{\partial r}\right)$ сферич. сим. $\Delta = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}\left(r\frac{\partial}{\partial r}\right)$ цилиндр.

$\operatorname{div}\vec{E} = \frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}(r^2E)$ сферич. сим. $\operatorname{div}\vec{E} = \frac{1}{r}\frac{\partial}{\partial r}(rE)$ цилиндр.

$\oint_{S=\partial V}(\vec{E},d\vec{S}) = \int_V\operatorname{div}\vec{E}\,dV$

$\oint_{L=\partial S}(\vec{B},d\vec{l}) = \int_S(\operatorname{rot}\vec{B},d\vec{S})$

Теорема Пойнтинга $\frac{\partial W}{\partial t} = -(\vec{j},\vec{E}) - \operatorname{div}\vec{S}$, $\vec{S} = \frac{c}{4\pi}[\vec{E},\vec{H}]$

$$\boxed{\frac{\partial E_x}{\partial z} = -\frac{1}{c}\frac{\partial B_y}{\partial t} \qquad \frac{\partial B_y}{\partial z} = -\frac{\varepsilon\mu}{c}\frac{\partial E_x}{\partial t}}$$

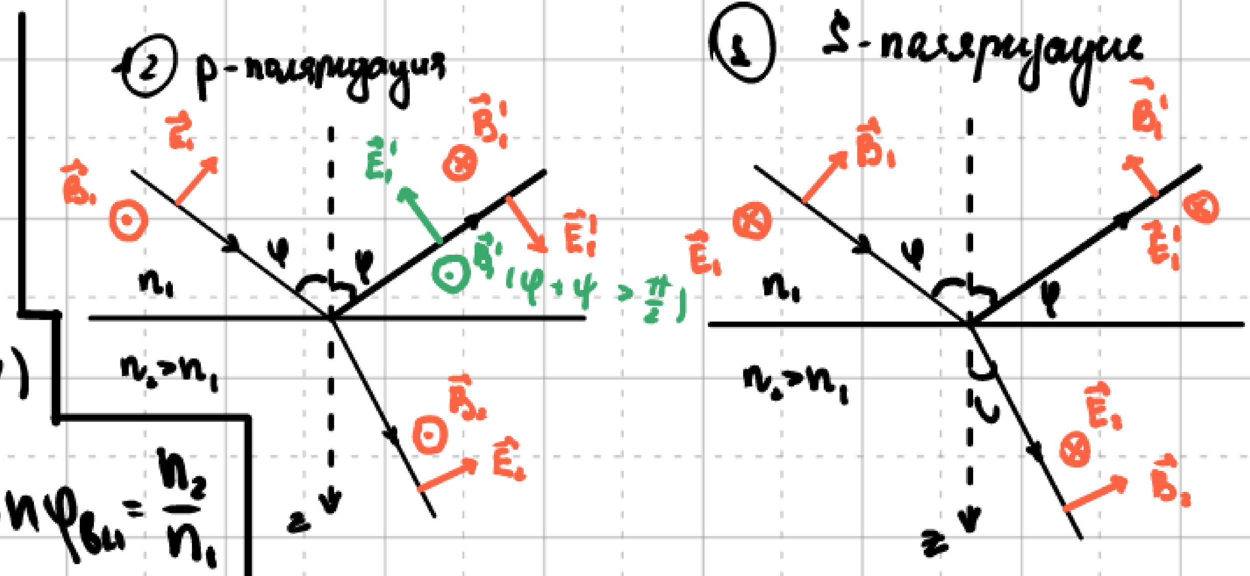
$$\oint\limits_{S=\partial V}(\vec{D},d\vec{S}) = 4\pi\int\limits_V \rho_{св}\cdot dV$$
$$\oint\limits_S(\vec{B},d\vec{S}) = 0$$
$$\oint\limits_{L=\partial S}(\vec{E},d\vec{l}) = \int\limits_S\left(-\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t},d\vec{S}\right)$$
$$\oint\limits_{L=\partial S}(\vec{H},d\vec{l}) = \frac{4\pi}{c}\int\limits_S\left(\vec{j}_{св}+\frac{1}{4\pi}\frac{\partial\vec{D}}{\partial t},d\vec{S}\right)$$
$$\operatorname{div}\vec{D} = 4\pi\rho_{св}$$
$$\operatorname{div}\vec{B} = 0$$
$$\operatorname{rot}\vec{E} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$$
$$\operatorname{rot}\vec{H} = \frac{4\pi}{c}\vec{j}_{св} + \frac{4\pi}{c}\cdot\frac{1}{4\pi}\frac{\partial\vec{D}}{\partial t}$$

Волны $v_\varphi = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon\mu}} = \frac{c}{n} = \frac{\omega}{k}$; $n = \frac{B_y}{E_x}$ $(\vec{k},\vec{E},\vec{B})$. $P = (1+R)\overline{w} = (1+R)\frac{\overline{S}}{c}$;

Ф-лы Френеля

$r_\perp = \left(\frac{E_1'}{E_1}\right)_\perp = -\frac{\sin(\varphi-\psi)}{\sin(\varphi+\psi)}$ $\quad r_\parallel = \frac{(+)\,tg(\varphi-\psi)}{tg(\varphi+\psi)}$

$t_\perp = \left(\frac{E_2}{E_1}\right)_\perp = \frac{2\sin\psi\cos\varphi}{\sin(\varphi+\psi)}$ $\quad t_\parallel = \frac{2\sin\psi\cos\varphi}{\sin(\varphi+\psi)\cos(\varphi-\psi)}$



Нет отр. волны: $\varphi_Б + \psi = \frac{\pi}{2}$; $tg\varphi_Б = \frac{n_2}{n_1}$; $\sin\varphi_{кр} = \frac{n_2}{n_1}$

$T_{\parallel(\perp)} = \frac{(S_{2\parallel,\perp})_n}{(S_{1\parallel,\perp})_n} = \frac{tg\varphi}{tg\psi}t^2_{\parallel,\perp}$, $R = r^2$; $T+R=1$. Ф-ла Снеллиуса: $n_1\sin\varphi = n_2\sin\psi$

Длинные линии КОАКС: $L_{ед} = 2\mu\ln\frac{b}{a}$, $C_{ед} = \frac{\varepsilon}{2\ln\frac{b}{a}}$ ЛЕХЕР: $L_{ед} = 4\mu\ln\left(\frac{l}{r}-1\right)$, $C_{ед} = \frac{\varepsilon}{4\ln\left(\frac{l}{r}-1\right)}$ между

$\frac{\partial V}{\partial x} = -\frac{L^{ед}}{c^2}\frac{\partial I}{\partial t}$; $\frac{\partial I}{\partial x} = -C^{ед}\frac{\partial V}{\partial t}$; Если нет отр: $V = WI$, $W = \frac{1}{c}\sqrt{\frac{L^{ед}}{C^{ед}}}$; $Q = \frac{\varepsilon}{2T\sigma}$ - добр.

∞ много стоячая 1 - много падающ.

Волноводы $k_x^2+k_y^2+k_z^2 = \frac{\varepsilon\omega^2}{c^2}+\Gamma\gamma$; $\lambda_{вол} = \frac{2\pi}{k_z} = \frac{\lambda_0}{\sqrt{1-\left(\frac{\lambda_0}{2a}\right)^2}}$, $\lambda_0 = \frac{2\pi c}{\omega}$; $v_\varphi = \frac{\omega}{k_z} = \frac{c}{\sqrt{1-\left(\frac{\omega_{кр}}{\omega}\right)^2}} > c$; $v_{гр} = \frac{d\omega}{dk_z} = \frac{c^2}{v_\varphi}$; $\lambda_{кр} = 2a$; $\omega_{кр} = \frac{\pi c}{\sqrt{\varepsilon}a}$

$K = КСВ = \frac{E_п+E_о}{E_п-E_о} = \frac{1+r}{1-r}$; $r = \frac{K-1}{K+1}$

Объемный резонатор

$E_x = E_{0x}\cos k_x x\sin k_y y\sin k_z z e^{i\omega t}$

$E_y = E_{0y}\sin k_x x\cos k_y y\sin k_z z e^{i\omega t}$

$E_z = E_{0z}\sin k_x x\sin k_y y\cos k_z z e^{i\omega t}$

$ОМ$: $E_x = E_y = 0$; $E_z = E_0\sin\frac{\pi}{L_x}x\sin\frac{\pi}{L_y}y e^{i\omega t}$

Плазма

$\omega_p = \sqrt{\frac{4\pi n_e e^2}{m}}$; слой, где отр. $N^{кр} = \frac{\pi m c^2}{e^2\lambda}\cos\varphi$ $\frac{d\vec{F}_A}{dV} = \frac{1}{c}[\vec{j},\vec{B}]$;

$r_D = \sqrt{\frac{kT}{4\pi n_e e}}$; $\rho\frac{d\vec{v}}{dt} = -\vec{\nabla}P + \frac{1}{4\pi}[\operatorname{rot}\vec{B},\vec{B}]$ $= -\vec{\nabla}\left(\frac{B^2}{8\pi}\right)$

$\varepsilon = 1-\frac{\omega_p^2}{\omega^2} = n^2$

$k^2c^2 = \omega^2-\omega_p^2$

Скин-эффект

$l_{ск} = \frac{c}{\sqrt{2\pi\mu\lambda\omega}}$; $\frac{\partial\vec{E}}{\partial t} = \frac{c^2}{4\pi\mu\lambda}\Delta\vec{E}$ $= D$

$\tau = \frac{l^2}{D}$; $l = \sqrt{D\tau}$ $\quad \frac{\partial n}{\partial t} = D\Delta n$

Тригонометрия

$\sin\alpha+\sin\beta = 2\sin\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$

$\sin\alpha-\sin\beta = 2\sin\frac{\alpha-\beta}{2}\cos\frac{\alpha+\beta}{2}$

$\cos\alpha+\cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2}$

$\cos\alpha-\cos\beta = -2\sin\frac{\alpha-\beta}{2}\sin\frac{\alpha+\beta}{2}$

$tg\alpha\pm tg\beta = \frac{\sin(\alpha\pm\beta)}{\cos\alpha\cos\beta}$

$ctg\alpha + ctg\beta = -\frac{\sin(\alpha\pm\beta)}{\sin\alpha\sin\beta}$

$\sin2\alpha = \frac{2tg\alpha}{1+tg^2\alpha}$; $\cos2\alpha = \frac{1-tg^2\alpha}{1+tg^2\alpha}$

$\sin\alpha\sin\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)]$

$\cos\alpha\cos\beta = \frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)+\cos(\alpha+\beta)]$

$\sin\alpha\cos\beta = \frac{1}{2}[\sin(\alpha-\beta)+\sin(\alpha+\beta)]$

$\sin3\alpha = 3\sin\alpha-4\sin^3\alpha$

$\cos3\alpha = 4\cos^3\alpha-3\cos\alpha$

RLC контур: $H(i\omega) = \dfrac{Q}{i\frac{\omega}{\omega_0}+Q\left(1-\frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)}$

Потенциальная энергия диполя:

1) Жесткого: $-(\vec{p},\vec{E})$

2) Упругого: $-\frac{(\vec{p},\vec{E})}{2}$.

const

- $e = 1{,}6\cdot10^{-19}$ Кл
- $m_e = 9{,}1\cdot10^{-31}$ кг
- $m_p = 1{,}67\cdot10^{-27}$ кг
- $G = 6{,}67\cdot10^{-11}$ $\frac{Н\cdot м^2}{кг^2}$
- $M_З = 6\cdot10^{24}$ кг
- $R_З = 6400$ км
- 1 Дж $= 10^7$ эрг
- 1 Н $= 10^5$ дин
- 1 Вт $= 10^7$ $\frac{эрг}{с}$
- 1 Па $= 10$ $\frac{дин}{см^2}$
- 1 А $=$ 1 Кл $= 3\cdot10^9$ СГС
- 1 $\frac{В}{м} = \frac{1}{3}\cdot10^{-4}$ СГС
- 1 В $= \frac{1}{300}$ СГС
- 1 $\frac{Кл}{м^2} = 3\cdot10^5$ [P]
- 1 $\frac{Кл}{м^2} = 12\pi\cdot10^5$ [D]
- 1 Ф $= 9\cdot10^{11}$ см
- 1 Ом $= \frac{1}{9}\cdot10^{-11}$ с/см
- 1 Ом·м $= \frac{1}{9}\cdot10^{-9}$ с [ρ]
- 1 $\frac{См}{м} = 9\cdot10^9$ $с^{-1}$ [λ]
- 1 Вб $= 10^8$ Мкс [Ф]
- 1 Тл $= 10^4$ Гс
- 1 $\frac{А}{м} = 4\pi\cdot10^{-3}$ Э [H]
- 1 $\frac{А}{м} = \frac{1}{4\pi}\cdot10^4$ Гс [I]
- 1 Гн $= 10^9$ см