Undele elastice

fenomenul de extindere și propagare din aproape în aproape a unei perturbații periodice produse într-un anumit punct în mediul de propagare

transversale ∿ longitudinale →

- elongația y
- amplitudinea
- perioada
- frecvența

ρ, E - constante de mediu

viteza undei

$\boxed{u = \frac{\lambda}{T}}$

$u = \lambda \cdot \nu$

$u = \frac{\omega}{k}$

$\boxed{u = \sqrt{\frac{E}{\rho}}}$

$\boxed{\langle u \rangle = m/s}$

lungimea de undă

$\boxed{\lambda = u \cdot T}$

$\lambda = \frac{u}{\nu}$

$\boxed{\langle \lambda \rangle = m}$

vectorul de undă

$\boxed{k = \frac{2\pi}{\lambda}}$

$\boxed{k = \frac{\omega}{u}}$

$\boxed{\langle k \rangle = m^{-1}}$

pulsația $\omega = \frac{2\pi}{T}$

$\omega = 2\pi\nu$

$$\boxed{y(x,t) = A \sin(\underbrace{\omega t - kx}_{\text{faza}})}$$

$$\boxed{y(x,t) = A \sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]}$$

vectorial $y(\vec{r}, t) = A \sin(\omega t - \vec{k} \cdot \vec{r})$

* − : undă progresivă

* + : undă regresivă

viteza de oscilație $\boxed{v = \dot{y}(x,t) = \frac{\partial y}{\partial t}}$ $\boxed{v_{max} = A\omega}$

Energia pe volum $\boxed{E_c = E_p = \frac{1}{2} \rho \omega^2 A^2 \Delta V \cos^2(\omega t - kx)}$

$E_c = \frac{m v^2}{2}$ $m = \rho \cdot \Delta V$

Intensitatea undei $\boxed{I \simeq A^2}$ $\boxed{I = \frac{1}{2}\rho \omega^2 A^2 u}$

Absorbția undelor : $I = I_0 e^{-\alpha x}$

$\langle \alpha \rangle = m^{-1}$

$\Rightarrow \boxed{A = A_0 e^{-\frac{1}{2}\alpha x}}$

$\Rightarrow y(x,t) = A_0 e^{-\frac{1}{2}\alpha x} \sin(\omega t - kx)$

Undele sferice : A depinde de distanța față de S

$\Rightarrow \boxed{A(r) = \frac{A_0}{r}}$

$\Rightarrow y(x,t) = \frac{A_0}{x} \sin(\omega t - kx)$

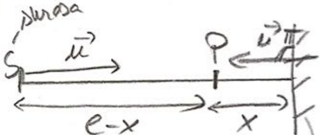
Compunerea undelor

Fenomenul de compunere a două unde coerente se numește **INTERFERENȚĂ**.

Unda rezultantă: $\boxed{y = y_1 + y_2}$

apoi se aplică: $\boxed{\sin a + \sin b = 2\cos\frac{a-b}{2}\sin\frac{a+b}{2}}$

Suprapunerea undei incidente cu unda reflectată rezultă unde **STAȚIONARE** (în P)



$$\boxed{y = y_i + y_r = 2A\cos(kx)\sin(\omega t - kl)}$$

$A' = 2A\cos(kx) = 2A\cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$ $\boxed{x_n = \left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}}$

A' maxim => ventre A' minim => noduri

$\boxed{x_v = n\frac{\lambda}{2}}$ pentru: $\boxed{z_2 < z_1}$, y_i, y_r în fază

$$\boxed{y = y_i + y_r = 2A\sin(kx)\cos(\omega t - kl)}$$

$A' = 2A\sin(kx) = 2a\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x\right)$

ventre noduri

$\boxed{x_v = \left(n+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{2}}$ $\boxed{x_n = n\frac{\lambda}{2}}$

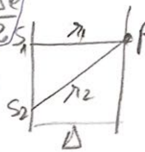
pentru: $\boxed{z_2 > z_1}$ y_i, y_r cu $\Delta\varphi = \pi$ în opoziție!

$x_n, x_v = \Delta x = x_2 - x_1$

Interferența

{fenomenul de compunere al undelor coerente}

y_1, y_2 cu $A_1 \neq A_2$ $\qquad \boxed{A_1 = A_2 \Rightarrow A = 2A_1 \cos\frac{\Delta\varphi}{2}}$



$$\Rightarrow \boxed{\begin{aligned} A^2 &= A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi \\ I &= I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\varphi \end{aligned}}$$

Condiții de coerență: $\begin{cases} \omega_1 = \omega_2 = \omega \\ \Delta\varphi \text{ - constant în timp} \end{cases}$

y_1, y_2 cu $A_1 = A_2 = A$, Δr - diferența de drum

S_1, S_2 → undele se întâlnesc în P (distanța Δ)

$$y = y_1 + y_2 \Rightarrow \boxed{y = \underbrace{2A\cos\left(\pi\frac{\Delta r}{\lambda}\right)}_{A_P}\sin\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{\Delta}{\lambda}\right)\right]}$$

A_P maxim: $\boxed{A_P = 2A}$, $\boxed{\Delta r = n\cdot\lambda}$ interferența constructivă

$\Rightarrow I_P = 4I$

A_P minim: $\boxed{A_P = 0}$ $\quad \boxed{\Delta r = (2n+1)\frac{\lambda}{2}}$ interferența destructivă

$\Rightarrow I_P = 0$

Alte fenomene
→ difracția
→ polarizarea

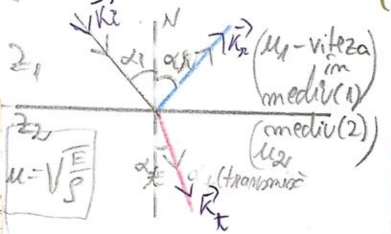
$\Delta\varphi = |\varphi_2 - \varphi_1|$

$\frac{\Delta\varphi}{2} = \pi\frac{\Delta r}{\lambda}$

Reflexia și Refracția

{fenomenul de întoarcere a undei în mediul din care a venit}

{fenomenul de schimbare a direcției de propagare a undei la trecerea dintr-un mediu în altul}



$\boxed{u = \sqrt{\frac{E}{\rho}}}$

$$\boxed{\begin{array}{l}\alpha_i = \alpha_r \\ i, r, N - \text{coplanare}\end{array}}$$

$$\boxed{\begin{array}{l}\dfrac{\sin \alpha_i}{u_1} = \dfrac{\sin \alpha_t}{u_2} \\ i, t, N - \text{coplanare}\end{array}}$$ ← Snellius

Impedanța mediului

$$\boxed{Z = \rho \cdot u}$$

$\boxed{y_t = y_r + y_i}$ cond. de continuitate

$\boxed{I_i = I_r + I_t}$ condiția de conservare

Amplitudinile

$$\boxed{A_r = A_i \left(\frac{z_1 - z_2}{z_1 + z_2} \right)}$$

$$\boxed{A_t = A_i \left(\frac{2 z_2}{z_1 + z_2} \right)}$$

$$\boxed{A_t = A_r + A_i}$$

$\boxed{z_1 > z_2} \Rightarrow A_r, A_t$ au același semn

$\Rightarrow \vec{r}, \vec{t}$ sunt în fază (fără defazaj)

$\boxed{z_1 < z_2} \Rightarrow A_r, A_t$ au semne diferite

$\Rightarrow \vec{r}, \vec{t}$ sunt în opoziție de fază

$\Rightarrow \Delta \varphi = \pi$ rad

Coeficienții

DE REFLEXIE

raportul dintre intensitatea undei reflectate și intensitatea undei incidente

$$\boxed{R = \frac{I_r}{I_i}}$$

$$R = \left(\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2}\right)^2$$

DE TRANSMISIE

raportul dintre intensitatea undei transmise și intensitatea undei incidente

$$\boxed{T = \frac{I_t}{I_i}}$$

$$T = \left(\frac{4 Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2}\right)^2$$

$$\boxed{R + T = 1}$$

consecință a legii conservării energiei elastice

Indicii de refracție

specific mediului: aer: $n = 1$

$$\boxed{n_1 \cdot \sin \alpha_i = n_2 \cdot \sin \alpha_t}$$

$n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}$

viteza prin mediu a undei: $\boxed{u = \frac{c}{n}}$

viteza luminii

indicele

Lungimea de undă a razei transmise

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$$

← λ în mediu 1

← coef med 2

! frecvența ν nu se schimbă / doar u și λ

Acustica

ramura fizicii care se ocupă cu studiul producerii, propagării și recepționării undelor acustice, precum și cu studiul efectelor produse în urma interacțiunilor acestora cu mediul prin care se propagă

infrasunete < [16Hz, 20KHz] < ultrasunete

suprapunere de oscilații/vibrații => variații ale presiunii aerului

$$\boxed{p_s = \underbrace{\frac{2\pi}{\lambda} A E}_{p_{max}} \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)\right]}$$

presiunea sonoră instantanee

$$\boxed{u = 331\ m/s \sqrt{1+\frac{t_c}{273^\circ C}}}$$

← în grade celsius

viteza sunetului în funcție de temperatură

Sunetul are: înălțime, timbru, intensitate (I) $\boxed{\langle I \rangle = W/m^2}$

senzația de audibilitate: $dS = K\frac{dI}{I}$, K-coeficient

$$\boxed{I_s = \frac{1}{2}\omega^2 A^2 \rho u = \frac{1}{2}\frac{p_{max}^2}{\rho \cdot v}}$$

← intensitate sonoră I_s

Prag de audibilitate → $I_{s_0} = 10^{-12}\ W/m^2$

Prag de durere → $I_{s\,max} = 100\ W/m^2$

Frecvența standard → $\nu_0 = 1000\ Hz$

Nivelul sonor → $\boxed{N_s = 10 \lg \frac{I_s}{I_{s_0}}}$ [0, 140dB]

$\langle N_s \rangle_{SI} = dB$ (decibel)

$I_S \rightarrow$ ureche $\rightarrow I_a \leftarrow$ intensitatea auditivă I_a

Nivelul I_a : $\boxed{N_a = 10 \lg \frac{I_a}{I_{a0}}}$

$\langle N_a \rangle_{SI} = fon$

Efectul Doppler

fenomenul de modificare a frecvenței undei recepționate față de unda emisă, atunci când sursa și receptorul se află în mișcare relativă unul față de celălalt

$\boxed{\nu = \nu_0 \frac{u \pm v_R}{u \mp v_S}}$ $\quad \omega = \omega_0 \frac{u \pm v_R}{u \mp v_S}$ $\boxed{\omega = 2\pi\nu}$

v_R - viteza receptorului $\quad v_S$ - viteza sursei

u - viteza sunetului

$\nu_1 = \nu_0 \frac{u - v_R}{u + v_S}$ R și S se depărtează ; $\nu_1 < \nu_0$

$\nu_2 = \nu_0 \frac{u + v_R}{u - v_R}$ R și S se apropie : $\nu_2 > \nu_0$

$\lambda_1 = \frac{u + v_S}{\nu_S}$ când S se depărtează $\lambda_1 > \lambda_S$

$\lambda_2 = \frac{u - v_S}{\nu_S}$ când S se apropie $\lambda_1 < \lambda_S$

$\boxed{\lambda = \frac{u \mp v_S}{\nu_S}}$

Câmpul electromagnetic

{ ansamblu de câmpuri electrice și magnetice variabile în timp și care se generează reciproc }

câmpul electric

intensitate $\boxed{\langle \bar{E} \rangle_{SI} = \frac{V}{m}}$

inducție $\boxed{\langle \bar{D} \rangle_{SI} = \frac{C}{m^2}}$

$\boxed{\vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E}}$

permitivitate electrică

câmp magnetic

intensitate $\boxed{\langle \bar{H} \rangle_{SI} = \frac{A}{m}}$

inducție $\boxed{\langle \bar{B} \rangle_{SI} = T}$

$\boxed{\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}}$

permeabilitate magnetică

CÂMPUL ELECTRIC

$\langle q \rangle_{SI} = 1\,C$

sarcina electrică

$q = e = 1,6 \cdot 10^{-19}\,C$

$\vec{F}_c = \frac{1}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$

forța Coulomb, de interacțiune

$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \quad K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 8{,}99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

Intensitatea câmpului electric E

$\boxed{\vec{E} = \frac{\vec{F}_c}{q}}$ $\boxed{\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}}$ (Q ← m.q) $\boxed{\vec{E}_{rez} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n}$

Fluxul electric prin suprafață: Φ_e

$\Phi_e = \vec{E} \cdot \vec{S}$

$\Phi_e = E S \cos\alpha$

$\langle \Phi_e \rangle_{SI} = \frac{V}{m}$

$\Phi_{es} = \oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon}$

Gauss

$\Rightarrow \boxed{\Phi_S = \frac{q_1 + q_2 + \ldots + q_n}{\varepsilon}}$

$\alpha \in [0, \frac{\pi}{2}]$ $\Phi > 0$

flux pozitiv

$\alpha \in [\frac{\pi}{2}, \pi]$

flux negativ

Densitatea de sarcină electrică: ρ

$\boxed{\rho = \frac{dq}{dV}}$ $\boxed{\langle q \rangle_{SI} = 1\frac{C}{m^3}}$

$\boxed{q = \int_V \rho \, dV}$

$\boxed{\nabla \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon}}$ Maxwell I

Lucru mecanic: L $\boxed{L_{AB} = \frac{Qq}{4\pi\varepsilon}\left(\frac{1}{r_A} - \frac{1}{r_B}\right)}$

Potențialul electric: V $L = E \cdot q \cdot r$

$\boxed{V_A = \frac{Q}{4\pi\varepsilon} \cdot \frac{1}{r_A}}$ $\boxed{\langle V \rangle_{SI} = \frac{J}{C}}$

Tensiunea electrică: U $\boxed{U = V_A - V_B}$

Energia electrostatică: W $\boxed{W = q \cdot U}$ $\langle W \rangle = J$

Capacitatea câmpului electric: C condensatorul

$\boxed{\langle C \rangle_{SI} = 1 \text{Farad}}$ $\boxed{C = \frac{q}{U}}$

serie: $\frac{1}{C} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{C_i}$ paralel: $C = \sum_{i=1}^{n} C_i$

Energia câmpului electric W

$\boxed{Q = C \cdot U}$

$\boxed{L = \int_0^U CU\,dU = \frac{1}{2}CU^2}$
lucrul mecanic pt a încărca un C

$\boxed{W = L = \frac{CU^2}{2}}$

Densitatea volumică de energie: w

$\boxed{w = \frac{W}{V}}$ $\boxed{w = \frac{1}{2}\varepsilon E^2}$

Câmpul electromagnetic

câmp electric — câmp magnetic

CÂMPUL MAGNETIC

Intensitatea câmpului magnetic: $\vec{H}$ $\boxed{\langle H\rangle = \frac{A}{M}}$

Inducția magnetică $\vec{B}$ $\boxed{\langle B\rangle = 1T\ (Tesla)}$

$\boxed{\vec{B} = \mu \cdot \vec{H}}$ $\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$ $\langle \mu \rangle = \frac{Wb}{AM} = \frac{H}{m}$

Acțiunea câmpului magnetic: $\vec{F}$ - Lorenz

Un corp cu sarcina q se mișcă cu viteza $\vec{v}$

$\Rightarrow \boxed{\vec{F} = q(\vec{v} \times \vec{B})}$ $\boxed{F = q \cdot v \cdot B \cdot \sin\alpha}$

Forța electromagnetică $\vec{F}$

asupra conductorului de lungime ℓ

$\boxed{\vec{F} = I(\vec{\ell} \times \vec{B})}$ $\boxed{F = BI\ell \sin\alpha}$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{q\vec{v} \times \vec{r}}{r^3}$$

Biot Savart

Inducția pentru un conductor: $\vec{B} = \frac{\mu \cdot I}{4\pi} \int \frac{d\vec{\ell} \times \vec{r}}{r^3}$

conductor liniar: $\boxed{H = \frac{I}{2\pi r}}$

spiră circulară: $\boxed{H = \frac{I}{2r}}$ bobină: $\boxed{H = \frac{I \cdot n}{2r}}$

n - ρ de spire: $\frac{N}{\ell}$

Fluxul magnetic : Φ_m $\quad \boxed{\langle \Phi_m \rangle = 1 Wb \text{(weber)} = 1 T\cdot m^2}$

$$\boxed{\Phi_m = \int_S \vec{B}\cdot d\vec{S}} \qquad \Phi_m = \oint \vec{B}\cdot d\vec{S} = 0$$

Gauss pentru câmp închis

$\Rightarrow \boxed{\nabla \vec{B} = 0}$ a doua ec Maxwell

Legea circuitului/Ampere

pt cond. liniar: $\boxed{B\cdot 2\pi r = \mu_0 I}$

$$\Rightarrow \boxed{\oint_C \vec{B}\cdot d\vec{l} = \mu_0 I}$$

Densitatea de curent $\vec{j}$

$$\boxed{j = \frac{dI}{dS}} \qquad \boxed{rot\, \vec{B} = \mu_0 \vec{j}}$$ a treia ec Maxwell

Inducția electromagnetică e

$$\boxed{e = -\frac{d\Phi_m}{dt}} \qquad \boxed{rot\, \vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{-\partial t}}$$ a patra ec Maxwell Faraday

Densitatea

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2}\frac{B^2}{\mu} = \frac{1}{2}\mu\cdot H^2$$

curentul de deplasare: $\vec{j}_d = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

$$\boxed{\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j}_c + \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}}$$ a treia ec a lui Maxwell

Undele electromagnetice

{ansamblu de variații ale câmpurilor electric și magnetic care se propagă în spațiu}

→ în câmpuri dielectrice (vid, aer, sticlă) neconductoare
$\sigma = 0$

Ecuațiile Maxwell

$$\boxed{rot\,\vec{H} = \varepsilon \frac{\partial E}{\partial t}} \qquad \boxed{div\,\vec{H} = 0}$$

$$\boxed{rot\,\vec{E} = -\mu \cdot \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}} \qquad \boxed{div\,E = 0}$$

Ecuațiile de propagare

$$\frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \cdot \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2} = 0$$ pentru câmpul magnetic

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial z^2} - \varepsilon\mu \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = 0$$ pentru câmpul electric

Viteza de propagare u

$$\boxed{u = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon \cdot \mu}}} \qquad \boxed{u = \frac{c}{n}}$$

$\boxed{n = \sqrt{\varepsilon_r \mu_r}}$ - indicele de refracție

$\mu_r = 1 \Rightarrow$ mediu dielectric

c - viteza luminii

$$c = \frac{1}{\sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}}$$

$$\boxed{E = c \cdot B}$$

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$$

$$\lambda_n = \frac{\lambda_0}{n}$$

Ecuația de propagare

$$\boxed{E(x,t) = E_{max} \sin(\omega t - kx)} \leftarrow \text{câmpul electric}$$

$$\boxed{B(x,t) = B_{max} \sin(\omega t - kx)} \leftarrow \text{magnetic}$$

Pentru ω, ν, T, K se păstrează ec de la unde elastice

$$\boxed{B_{max} = \frac{E_{max}}{c}} \qquad |\vec{E}| = \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} |\vec{H}| = Z \cdot |\vec{H}|$$

$$\vec{K} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \vec{s} \; ; \; \vec{E} \perp \vec{S} ; \; \vec{B} \perp \vec{S} \qquad Z = \frac{Z_0}{n}$$

Vectorul Poynting

S $\qquad \boxed{\langle S \rangle = \frac{W}{m^2}}$

$$\boxed{\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}} \qquad \langle S \rangle = \frac{V}{m} \cdot \frac{A}{m} = \frac{W}{m^2}$$

$$\underbrace{\boxed{S = \sqrt{\frac{\varepsilon}{\mu}} \cdot E_0^2 \cos^2(\omega t - Kr)}}_{\text{energie trans}}$$

Densitatea volumică de energie w

$$w = w_e + w_m = \frac{1}{2} \varepsilon E^2 + \frac{1}{2} \mu H^2 = \boxed{\frac{1}{\mu} E \cdot H}$$

$$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$$

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m} \left(\frac{H}{m}\right)$$

$$I = \frac{1}{2Z} E_0^2$$

$$I = \frac{n}{2Z_0} E_0^2 = \frac{Z}{2n} H_0^2$$

Curentul electric

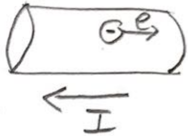
{ mişcarea ordonată a sarcinilor electrice }

Intensitatea I

$$\boxed{I = \frac{q}{t}}$$

$$\boxed{\langle I \rangle = 1A}$$

$q = I \cdot t$



$I = \frac{dq}{dt}$ pentru I neconstant

Densitatea de curent $\vec{j}$

$$\boxed{\langle j \rangle = \frac{A}{m^2}}$$

$$\boxed{j = \frac{I}{S_n}}$$

$j = \frac{dI}{dS_n}$ pentru curent distribuit neuniform

Rezistența electrică R

$$\boxed{\langle R \rangle = \Omega}$$

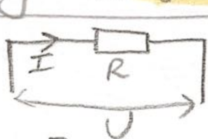
$$\boxed{R = \frac{U}{I}}$$

$$\boxed{R = \rho \cdot \frac{\ell}{S}}$$

ρ - rezistivitate

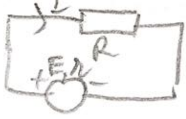
$$\boxed{\rho = \rho_0 [1 + \underset{coef}{\alpha} \Delta T] \quad \langle \rho \rangle = \Omega \cdot m}$$

Legile lui Ohm



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

← forma macroscopica



$$\boxed{I = \frac{E}{R + r}}$$

← pt circuit simplu

$$\boxed{j = \frac{E}{\rho}}$$

← forma microscopică

Gruparea rezistoarelor

în serie: $R_s = R_1 + R_2 + R_3$

în paralel: $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

Energia curentului

W $\boxed{\langle W \rangle = 1\,J}$

$\boxed{W = q \cdot U}$ $\boxed{W = UIt}$

Puterea electrică

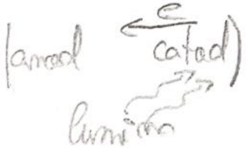
P $\langle P \rangle = 1$ watt

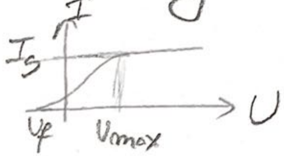
$\boxed{P = \frac{W}{t}}$ $\boxed{P = UI}$

$\vec{E} = \frac{U}{e}$ $F = q \cdot \vec{E}$

Efectul fotoelectric

{Emisia de electroni de către metale sub acțiunea undelor electromagnetice}





Intensitatea curentului f.e de saturație: I_s

d.p cu I

Tensiunea de frânare: U_f

$\boxed{e\cdot\Delta U = h\cdot\Delta\nu}$

$\boxed{e\cdot U_f = \frac{m v^2}{2}}$ $\boxed{e\cdot U_f = h(\nu - \nu_0)}$ $\boxed{E_c + L_{ext} = \nu\cdot h}$

Legi: 1. I_s d.p cu I

2. $\nu > \nu_0$ (frecvență de prag) $\boxed{\nu_0 = \frac{c}{\lambda_0}}$

3. E_c d.p cu ν

4. practic instantaneu ($\Delta t = 1\,ns$)

Constanta lui Planck h $\boxed{\langle h\rangle_{SI} = J\cdot s}$

$h\cdot\nu_0 = L_{ext}$

$h\cdot\nu = \varepsilon = mc^2$

$h\cdot\nu = h\cdot\nu_0 + \frac{m v_{max}^2}{2} \Rightarrow h\cdot\nu = h\cdot\nu_0 + e\cdot U_f$

$E_c = h\cdot\frac{c}{\lambda} - L_{ext}$; $E_{c\,max} = e\cdot U_f$

$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34}$ J·s

$c = 3 \cdot 10^{8}$ m/s

$m = 9{,}11 \cdot 10^{-31}$ Kg

$e = 1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C

$K = 8{,}99 \cdot 10^{9} \frac{N/m^2}{C^2}$

la ν_0: $h \cdot \nu_0 = L_{ext}$ $(E_c = 0)$

Ecuațiile lui Maxwell

Gradientul

Gradientul/câmpul de vectori gradient a unei funcții scalare $f(x)$ în raport cu o variabilă vectorială $x=(x_1 \dots x_n)$ este notat $\boxed{\nabla f}$, unde ∇ se numește nabla. Se folosește și notația $grad(f)$

$$\boxed{\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial f}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial f}{\partial z}\vec{k}}$$

∇f = gradient de f

$\nabla \times f$ = rotor de f (rot) (gradient produs vectorial)

$\nabla \cdot f$ = divergență de f (div) (gradient produs scalar)

Ecuațiile lui Maxwell în forma integrală sau globală	Ecuațiile Maxwell în forma locală sau diferențială
I. $\oint_S \vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{q}{\varepsilon_0} \ (= \Phi_e)$	$div\,\vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (\rho = \frac{dq}{dV})$ int. câmpului electric
II. $\oint_S \vec{B}\,d\vec{S} = 0 \ (= \Phi_m)$	$div\,\vec{B} = 0$ inducția magnetică
III. $\oint_{(C)} \vec{B}\,d\vec{l} = \mu_0\left(\int_S \vec{j_c}\,d\vec{S} + \varepsilon_0 \frac{d}{dt}\int_S \vec{E}\,d\vec{S}\right)$ densitatea de curent	$rot\,\vec{B} = \mu_0 \vec{j_c} + \varepsilon_0\mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, μ_0, ε_0 permeabilități $rot\,\vec{B} = \mu_0 \cdot \vec{j}$
IV. $\oint_{(C)} \vec{E}\,d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B}\,d\vec{S}$	$rot\,\vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{\partial t}$

I – legea Gauss a fluxului electric

II – ——— " ——— magnetic

III – legea lui Ampere

IV – legea inducției (Faraday)

Legile de material

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

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

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

Mărimi fizice
Unități de măsură

$\langle A \rangle = m$

$\langle \lambda \rangle = m$

$\langle \nu \rangle = Hz$

$\langle T \rangle = s$

$\langle \omega \rangle = rad$

$\langle k \rangle = m^{-1}$

$\langle u \rangle = m/s$ ← cond = $v_{fază}$

$\langle u \rangle = m/s$ $u = \frac{dy}{dt}$

$\langle E \rangle = J$

$\langle w \rangle = \frac{J}{m^3}$

$\langle \Phi \rangle = \frac{J}{s} = W$

$\langle j \rangle = \frac{W}{m^2}$

$I = \langle j \rangle \approx A^2 = \frac{W}{m^2}$

$Z = \rho \cdot u$

$\langle \varphi \rangle = rad$

$\langle I_s \rangle = \frac{W}{m^2}$

$\langle N_S \rangle = B/dB$

$\langle N_A \rangle = fon$

$\langle q \rangle = C$

$\langle \varepsilon \rangle = \frac{F}{m}$

$\langle \mu \rangle = \frac{H}{m} = \frac{Wb}{A \cdot m}$

$\langle K \rangle = 9 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

$\langle \vec{E} \rangle = \frac{V}{m}$ mt $= \frac{N}{C}$

$\langle \Phi \rangle = \frac{V}{m}$

$\langle \rho \rangle = \frac{C}{m^3}$

$\langle L_{AB} \rangle = J$

$\langle V \rangle = \frac{J}{C}$

$\langle U \rangle = \frac{J}{C} = V$

$\langle W \rangle = J$

$\langle C \rangle = F$

$\langle I \rangle = \frac{C}{s} = A$

$\langle j \rangle = \frac{A}{m^2}$

$\langle R \rangle = \frac{V}{A} = \Omega$

$\langle \rho \rangle = \Omega \cdot m$

$\langle W \rangle = J$

$\langle P \rangle = \frac{J}{s} = W$

$\langle B \rangle = 1T$

$\langle H \rangle = \frac{A}{m}$

$\langle \Phi \rangle = Wb = T \cdot m^2$

$\langle e \rangle = t.e.m$

$\langle L \rangle = H = \frac{Wb}{A}$

$\langle Z_0 \rangle = \Omega$ imp. vidului

$\langle h \rangle = \langle J \cdot s \rangle$ $6{,}626 \cdot 10^{-34}$

$\langle \varepsilon \rangle = J = mc^2$

$\langle E_c \rangle = J / eV$

$1eV = 1{,}6 \cdot 10^{-19} J$

$\bar{e} = -1{,}6 \cdot 10^{-19} C$

$m = 9{,}11 \cdot 10^{-31} kg$

$K = 8{,}99 \cdot 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$

$\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m}$

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m} \left(\frac{H}{m}\right)$

$h = 6{,}62 \cdot 10^{-34} J \cdot s$