

LAB-1

Prenosna linija i MAXWELLOVE JEDNAKOSTE

FARADAY
ov
zakon

$$\nabla \times \vec{E} = -j\omega \mu \vec{H} - \vec{M} \rightarrow \text{mag struja}$$

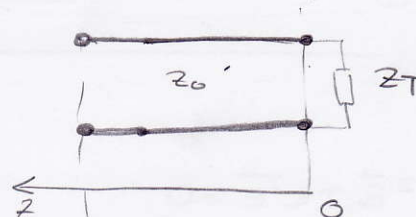
$$\nabla \times \vec{H} = j\omega \epsilon \vec{E} + \vec{J}$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho_e}{\epsilon}$$

$$\nabla \cdot \vec{H} = \frac{\rho_m}{\mu} \text{ (obično } = 0 \text{)}$$

preko
valne
jednakosti

PRENOSNA LINIJA



$$\Gamma_r = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

sve su
harmonijske
titranja
e^{j\omega t}

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = -j\omega \mu (\nabla \times \vec{H}) - \nabla \times \vec{M}$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = -j\omega \mu (j\omega \epsilon \vec{E} + \vec{J}) - \nabla \times \vec{M}$$

$$\nabla \times \nabla \times \vec{E} = \omega^2 \mu \epsilon \vec{E} - j\omega \mu \vec{J} - \nabla \times \vec{M}$$

$\kappa^2 \rightarrow$ valni broj

$$\nabla \times \nabla \times \vec{A} =$$

$$= \nabla(\nabla \cdot \vec{A}) - \nabla^2 \vec{A}$$

$$\nabla(\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = \kappa^2 \vec{E} - j\omega \mu \vec{J} - \nabla \times \vec{M}$$

$$\nabla\left(\frac{\rho_e}{\epsilon}\right) - \nabla^2 \vec{E} = \kappa^2 \vec{E} - j\omega \mu \vec{J} - \nabla \times \vec{M}$$

$$\nabla^2 \vec{E} + \kappa^2 \vec{E} = j\omega \mu \vec{J} + \nabla \times \vec{M} + \nabla\left(\frac{\rho_e}{\epsilon}\right)$$

sve ono što može stvoriti
polje



$$\nabla^2 \vec{E} + \kappa^2 \vec{E} = 0$$

$$\epsilon_2 \mu_2$$

$$\vec{E}$$

$$\epsilon_1 \mu_1$$

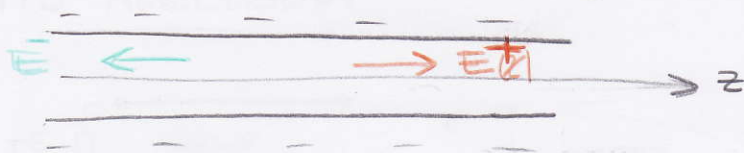
hacemo da
bude ravno
ako nemamo
izvor, desno
dva jednačbe
= 0

materijali nam daju rubne
uvjete: npr. metal \rightarrow na
granici tang komponenta = 0

- želimo organizirati
izvore na homogen način, razbudimo jednoliko
izvore

LAB-1

- imamo 2 paralelna vodica, koje nam ide u samo 2 smjeru



$$\nabla^2 \vec{E} + k^2 \vec{E} = 0$$

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \left[E_x(x, y, z, t) \hat{x} + E_y(x, y, z, t) \hat{y} + E_z(x, y, z, t) \hat{z} \right]$$

svodimo iz 3D u 1D

$$\frac{d^2 E_x}{dz^2} + k^2 E_x = 0$$

ima dva rjesenja

$$E_x = \underbrace{E^- e^{-kz}}_{\text{val}} + \underbrace{E^+ e^{+kz}}_{\text{val}}$$

iste su te dvije
jednadžbe,
razlika samo u
stvaranju

- kako s polja na napon: $V = \int \vec{E} d\vec{r} = E_x \Delta r$

$$V = V^+ e^{-kz} + V^- e^{+kz}$$

$$I = I^+ e^{-kz} + I^- e^{+kz}$$

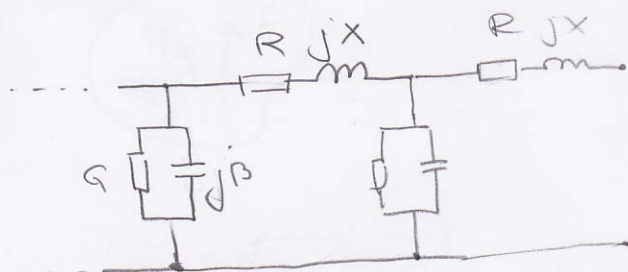
$$= V^+ e^{j\beta z} + V^- e^{-j\beta z}$$

$$k = \gamma = \underbrace{\alpha}_{\text{gubitci}} + j\beta$$

ako nemamo
gubitaka

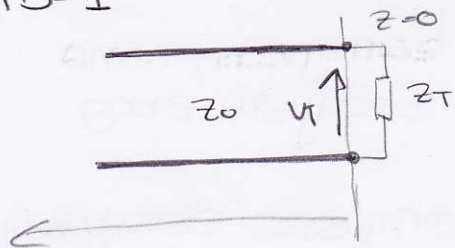
$$V = V^+ e^{j\beta z} + V^- e^{-j\beta z}$$

$$I = \frac{V^+}{Z_0} e^{j\beta z} - \frac{V^-}{Z_0} e^{-j\beta z}$$



zbog $\nabla \times \vec{E} \rightarrow$ derivacija po z pa dobimo $+j^2 \rightarrow -j^2$

LAB-1



$z=0$ pa su nam \sin e $\sin(0)=1$

$$V_T = V^+ + V^-$$

$$\Gamma_T = \frac{V^+}{Z_0} - \frac{V^-}{Z_0}$$

$$Z_T = \frac{V_T}{I_T} = \frac{V^+ + V^-}{\frac{V^+ - V^-}{Z_0}} = Z_0 \frac{1 + \frac{V^-}{V^+}}{1 - \frac{V^-}{V^+}} = Z_0 \frac{1 + \Gamma_T}{1 - \Gamma_T}$$

$$\Gamma_T = \frac{Z_T - Z_0}{Z_T + Z_0}$$

- zaključimo da vrijedi:

$$V = V^+ e^{-j\beta z} + V^- e^{j\beta z} = V^+ e^{-j\beta z} (1 + \Gamma_T e^{2j\beta z})$$

- 3 slučaja

$$V(z) = V_0 e^{-j\beta z} (1 + \Gamma_T e^{2j\beta z})$$

$$\Gamma_T = 1 \quad \text{OK}$$

$$\rightarrow |V(z)| = V_0 \cdot 1 \cdot |1 + e^{2j\beta z}| = V_0 |e^{-j\beta z} + e^{j\beta z}| \cdot \frac{2}{2} =$$

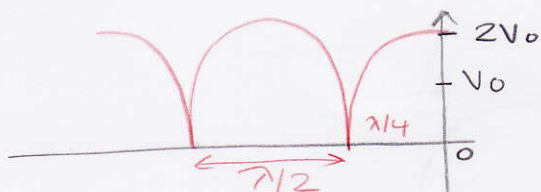
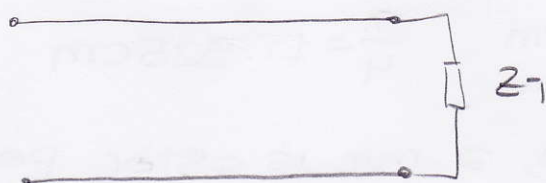
$$= V_0 \cdot 2 \cdot |\cos(\beta z)|$$

$$\Gamma_T = -1 \quad \text{KS}$$

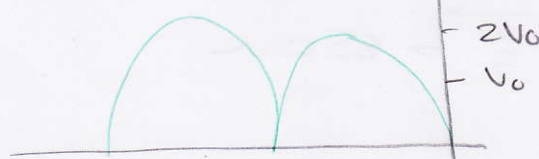
$$\rightarrow |V(z)| = V_0 \cdot 2 |\sin(\beta z)|$$

$$\Gamma_T = 0 \quad \text{PRIL}$$

$$\rightarrow |V(z)| = V_0$$



$$\Gamma_T = 1$$



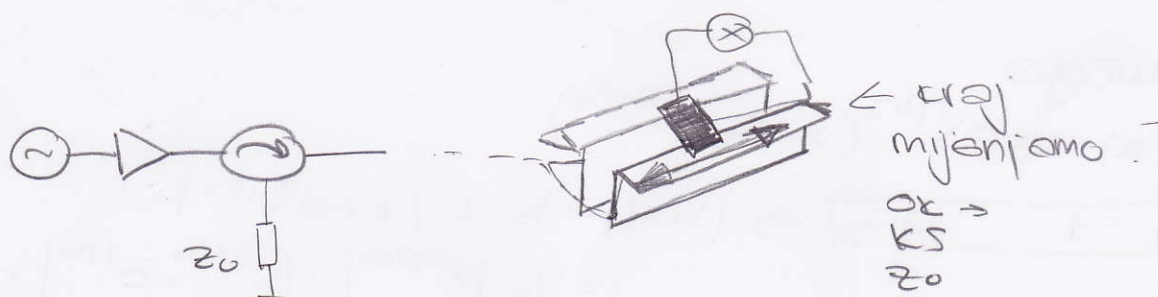
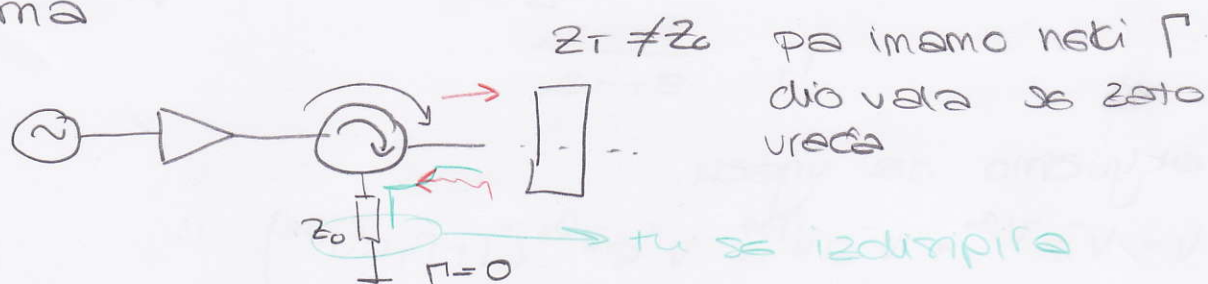
$$\Gamma_T = -1$$



$$\Gamma_T = 0$$

LAB-1

- detekciju polja pomoću antenice sa žarnjicom, nema fizičkog kontakta, rad zasvijetlu zasvijetli zbog polja
- metalna ploča na koju je zalomljena žarnjica, ispod distiktne da ne dira ungu
- shema

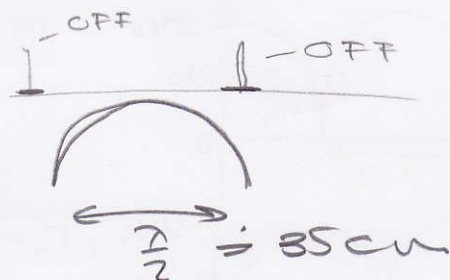


- nije KS već impedancija slobodnog prostora oko 376Ω

- izvor $f = 433 \text{ MHz} \rightarrow$ to je onaj free band
 $\lambda = \frac{c}{f} = 69.3 \text{ cm}$

$$\frac{\lambda}{2} = 34.65 \text{ cm} \quad \frac{\lambda}{4} = 17.325 \text{ cm}$$

- na max krivulja blaga, a min je oštar pa ga je lakše detektirati



LAB-2

LINEARNA POLARIZACIJA RASTAVLJANJE POLARIZACIJE LJEVAK ANTENA

- rezonator zatvorena kutija sa "mpicom" kroz koju uguramo energiju
- valovod je otvoren na obje strane

to proširenje mora biti zbog prilagodjenja impedancija antene (500Ω) na η_0 .

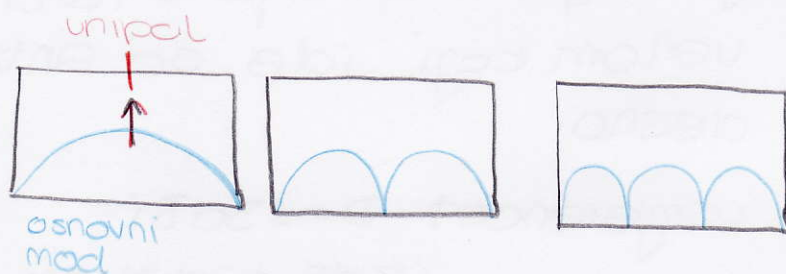
500Ω

$$\eta_0 = 376,7\Omega$$

$$TE > \eta_0$$

$$TM < \eta_0$$

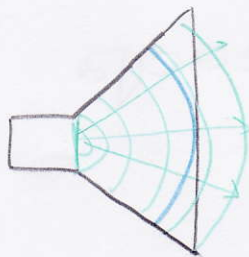
za TE najčešće modove impedancija antene oko 500Ω



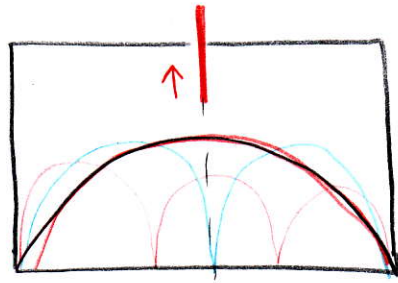
TE \rightarrow ne postoji komponenta polja E

TM \rightarrow ne postoji komponenta magnetnog polja

- ljevak antena \rightarrow gleda se kao integral raspodjele polja na samom otvoru (površina otvora)

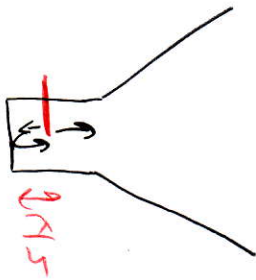


- koje modove možemo pobuditi? to ovisi o strukturi koja dovodi do antene



očito ne možemo pobuditi mod koji točno ispod antene ima 0, možemo pobuditi samo one koji imaju max ispod antene (1 trbuh, 3 trbuha ...)

- da li staviti stupić bliže ili dalje?



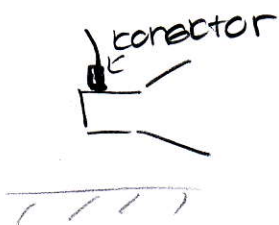
Hoćemo konstruktivnu interferenciju stavljamo na $\frac{\lambda}{4}$, val ide od antene lijevo, pređe $\frac{\lambda}{4}$, o metal dobije još 180° i do antene još $\frac{\lambda}{4}$ i tako je u fazi s valom koji ide od antenice desno

- naš lijevak ima usmjerenost $D = 13 \text{ dBi}$

(13 dB s obzirom na izotropni radiator 20x)

- lijevak se koristi za pobude satelitskih

- polarizacija \rightarrow linearna

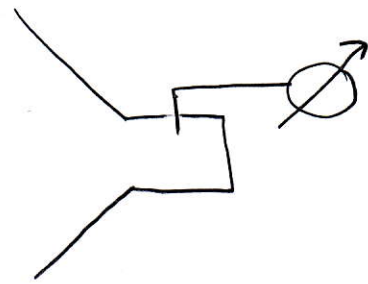
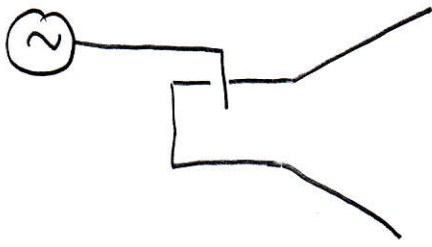


\rightarrow vertikalna polarizacija



\rightarrow horizontalna

1. POKUS



na udaljenosti oko 2m

$$f = 2.08 \text{ GHz} \Rightarrow \text{na tu je } f_r$$

$$W_0 = 13 \text{ dBm}$$

$$\lambda = 14.42 \text{ cm}$$

$$1 \text{ GHz} \Rightarrow 30 \text{ cm}$$

$$2 \text{ GHz} \Rightarrow 15 \text{ cm}$$

- upalimo ovaj lijevi generator i gledamo da li nam ovaj desno što detektira

kazajta instrumenta ode desno $W_p = -5 \text{ dBm}$

zakrenemo antenu



\rightarrow ništa ne primamo

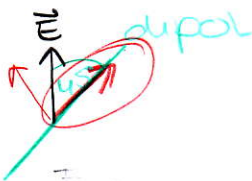
(vertikalna/horizontalna polarizacija)

a) vertikalna pol. desno $\rightarrow W_p = -5 \text{ dBm}$

b) horizontalna pol. desno $\rightarrow W_p \leq -3 \text{ dBm}$ (bilo bi nula, ali nismo u idealnim

uvjetima)

c) desnu zarotiramo za $45^\circ \rightarrow W_p = -3 \text{ dBm}$



$$E' = E_0 \cos 45^\circ = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$

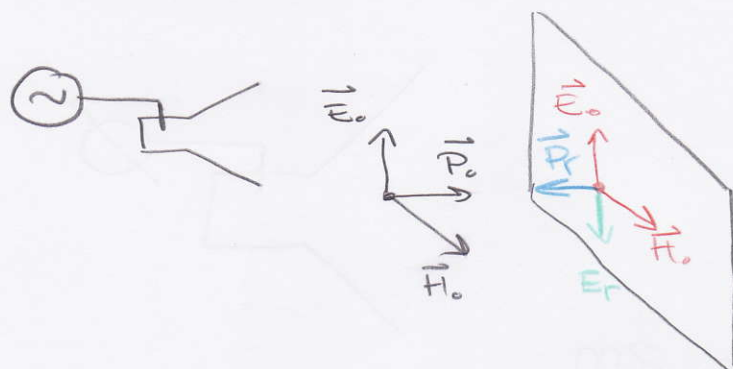
$$P' = \frac{P_0}{2} = P_0 - 3 \text{ dB}$$

(dobili smo pola snage)

- dipol može primiti komponentu koja je paralelna s njim, rastavimo dolazni na 2 komponente

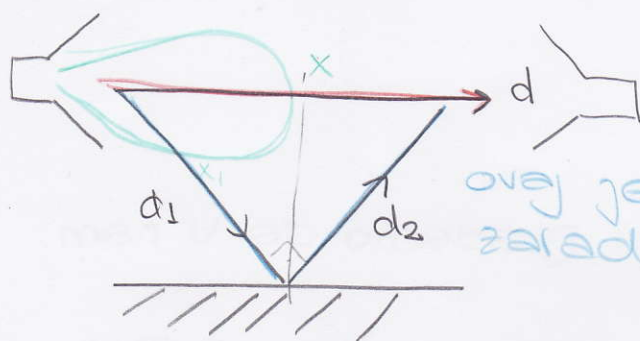
LAB-2

d) stavimo metalnu ploču između antena,
na prijemu nemamo ništa



zbog rubnih uvjeta
(tang. komp = 0)
ništa ne prolazi
desno

e) stavimo ploču ispod



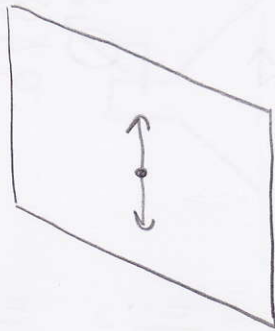
ovaj je prošao duži put i još
zato fazi pomak

$$E_{\text{direct}} e^{-j\beta d} + E_{\text{indir}} e^{-j[\beta(d_1+d_2)+\pi]}$$

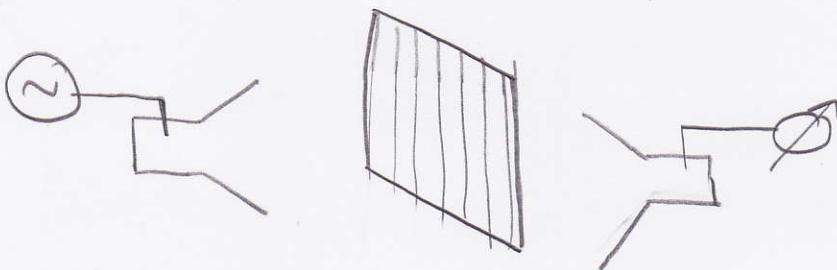
ploču približavamo gore \Rightarrow snaga raste - pada - raste
ali što smo bliže amplituda je sve veća, dok
u sredini nema efekta $\leftarrow \uparrow \rightarrow$ (kao da nema)
i kad odemo gore simetrično kao dole

E_{dir} i E_{ind} nisu jednake amplitude jer je
antena usmjerena i u startu u crvenom i
plavom smjeru (sukta gore) ne zrači jednako

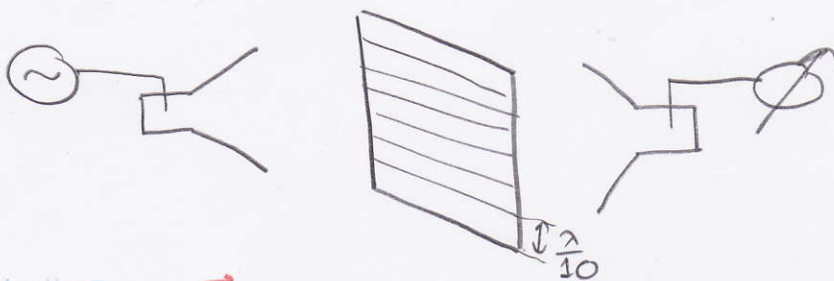
f) korištenje polarizatora



- ne treba nam ploča, možemo imati gustu rešetku (gusto znači $d < \frac{\lambda}{10}$)
- rešetka okomito na žilice ništa neće izdužiti
- polarizator je selektivni element \rightarrow jednu polarizaciju propušta, a drugu reflektira

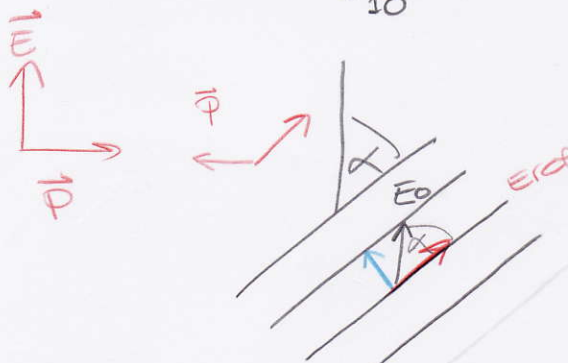


nema prijema



maximalni prijem

fizika



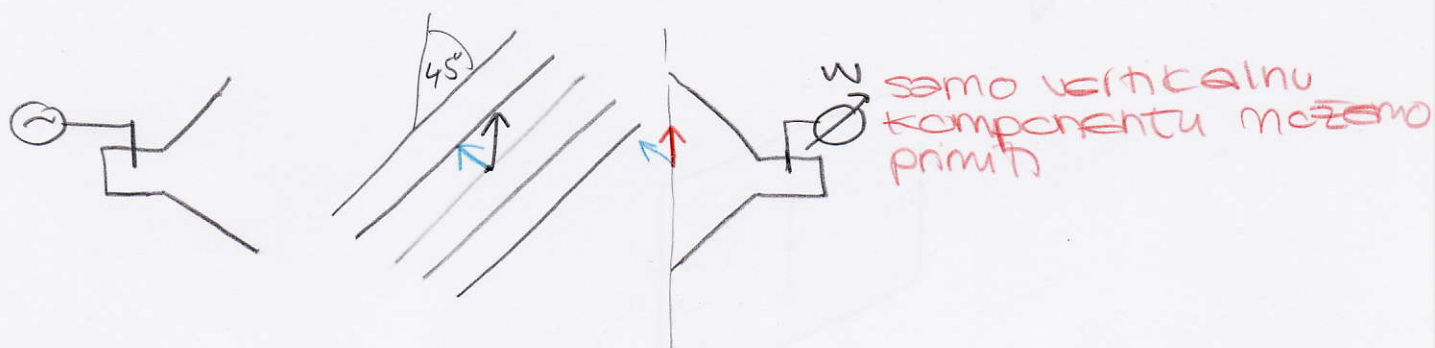
$$E_T = E_0 \sin \alpha$$



zarotiramo za 45° rešetku

LAB-2

rešetka zarotirana za 45°



$$E_T = \frac{E_0}{\sqrt{2}}$$

$$E_{pr} = \frac{E_T}{\sqrt{2}} = \frac{E_0}{2}$$

$$W_{pr} = \frac{W_{pro}}{4}$$