ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

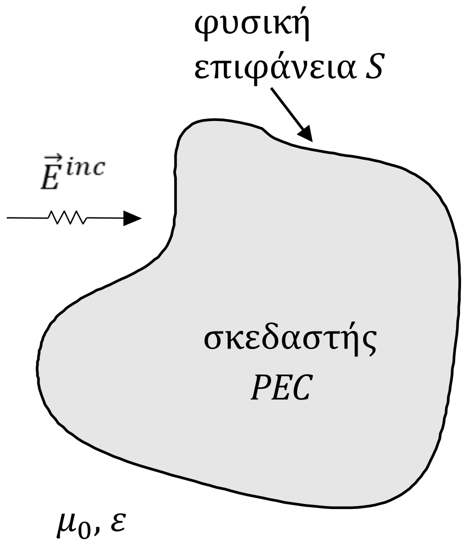
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

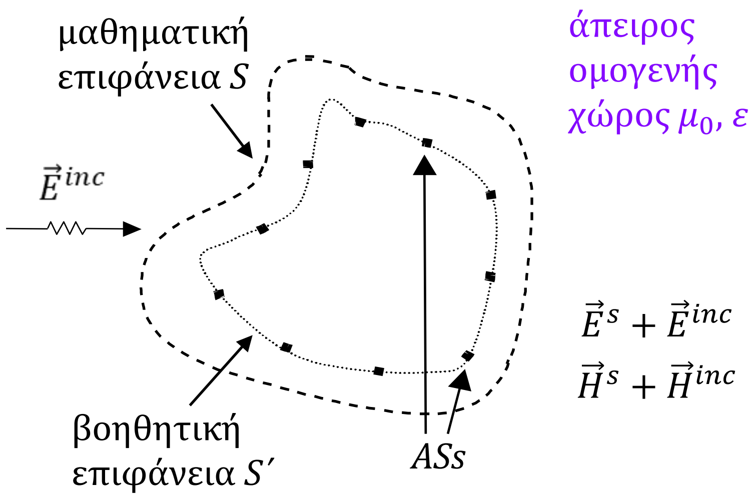
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Μέθοδος Βοηθητικών Πηγών

Web Site: https://helios.ntua.gr/course/view.php?id=973
http://mfol.ece.ntua.gr/computational-techniques-for-information-transmission-systems/

Η Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών[1]





- **Κυματική Εξίσωση (ΚΕ)**
- **Οριακές Συνθήκες (ΟΣ)**

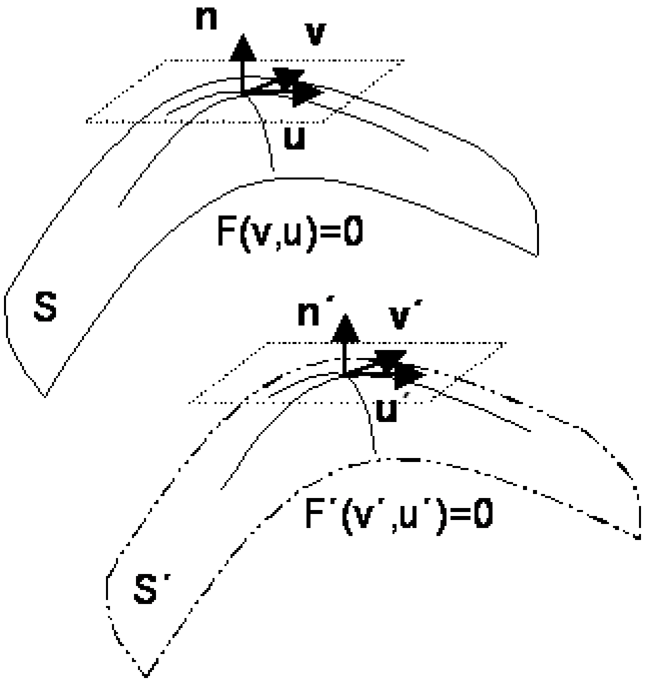
$$\vec{E}^s = \sum_n \vec{E}_n^s = \sum_n \overline{\overline{G}}_n \cdot \vec{a}_n$$

αναλυτικές λύσεις της ΚΕ

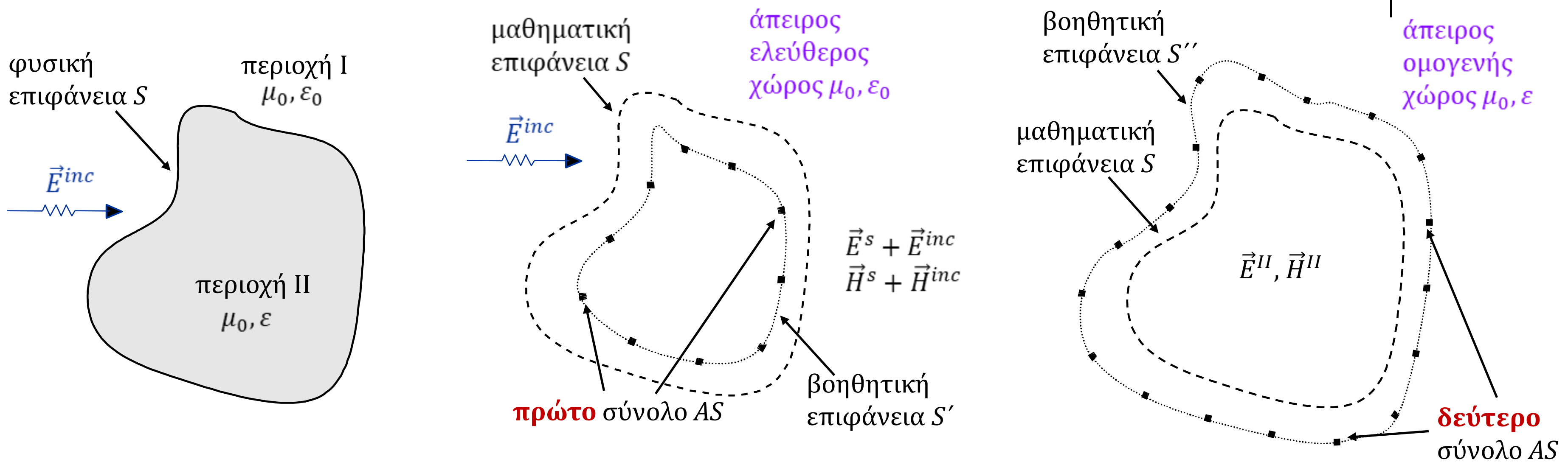
point matching των ΟΣ

Η Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών$^{(2)}$

- Τύπος των AS → νηματοειδή ρεύματα *(2D-προβλήματα)* / ζεύγη στοιχειωδών διπόλων *(3D-προβλήματα)*
- Θέση και πλήθος ASs
- Κατανομή και πλήθος CPs
- Ισοδύναμα MAS μοντέλα



Η Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών$^{(3)}$



- **δύο σύνολα αγνώστων**
- **δύο οριακές συνθήκες**

$$\vec{E}^s = \sum_n \vec{E}_n^s = \sum_n \bar{\bar{G}}_n^I \cdot \vec{a}_n^I \qquad \vec{E}^{II} = \sum_n \vec{E}_n^{II} = \sum_n \bar{\bar{G}}_n^{II} \cdot \vec{a}_n^{II}$$

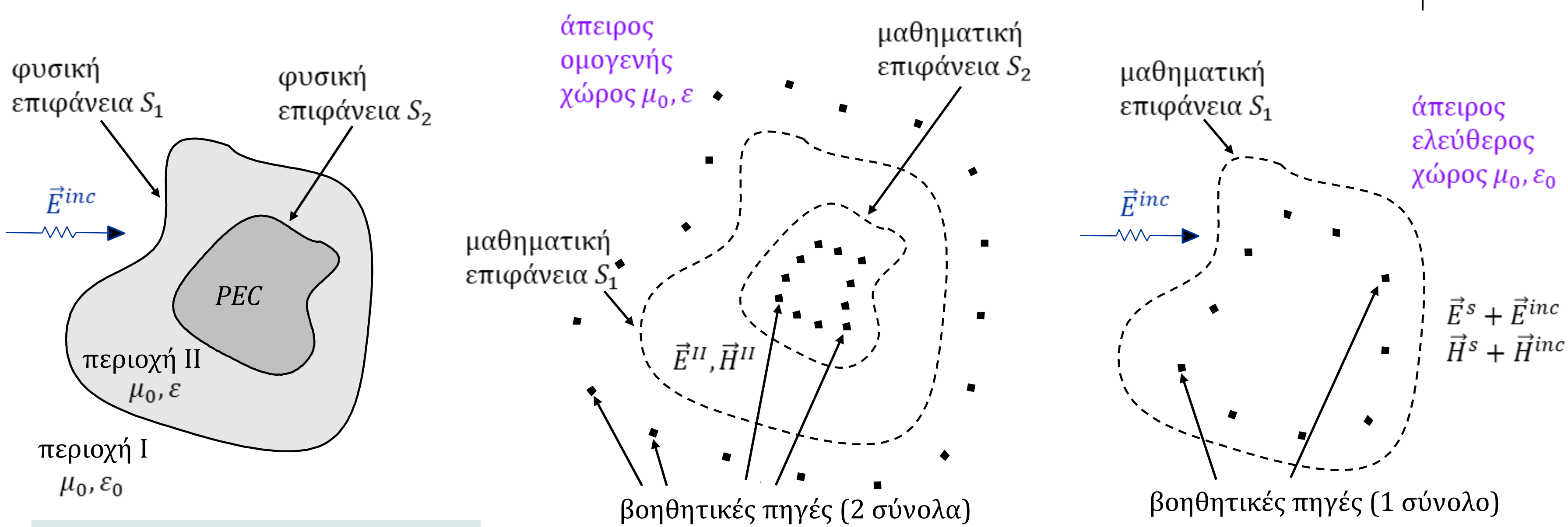
☑ μη μηδενική απόσταση μεταξύ ASs και CPs ➔ δεν υπάρχουν ιδιομορφίες (singularities) στον πυρήνα

☑ δεν απαιτείται ολοκλήρωση ρευμάτων για υπολογισμό πεδίων

☑ εννοιολογικά απλή μέθοδος ➔ εύκολη υλοποίηση κώδικα και χαμηλές απαιτήσεις σε υπολογιστικό χρόνο

☑ «ελεύθερη» επιλογή της θέσης των βοηθητικών πηγών

Η MAS για Τέλειους Αγωγούς με Διηλεκτρική Επένδυση

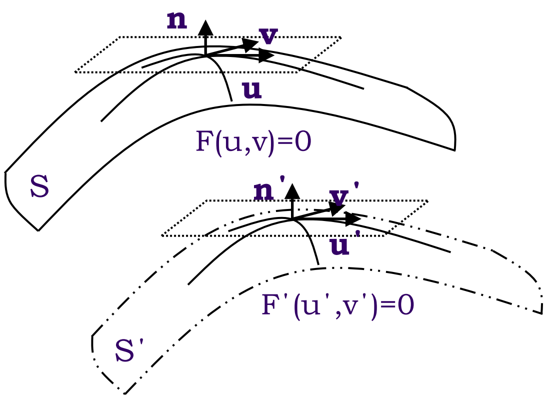


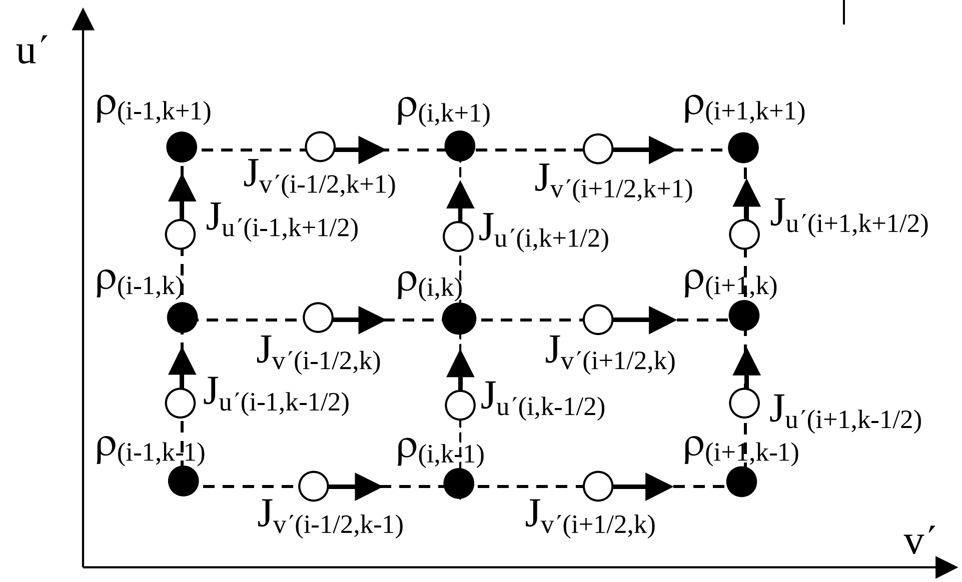
- **τρία** σύνολα αγνώστων
- **τρείς** οριακές συνθήκες

- **«Ανοικτές» Διατάξεις**
- **Λεπτές Διατάξεις**

⇒ **Τροποποιημένη Μέθοδος Βοηθητικών Πηγών**

Η Τροποποιημένη Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών





$$\vec{E}_{\mathbf{tan}} = -j\omega\vec{A}_{\mathbf{tan}} - (\nabla\varphi)_{\mathbf{tan}}$$

$$\vec{A} = \frac{\mu_0}{4\pi}\iint_{S'}\frac{\vec{J}e^{-jKR}}{R}ds'$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\iint_{S'}\frac{\rho e^{-jKR}}{R}ds'$$

$$-jK\rho = \nabla\cdot\vec{J}$$

$$-jK\rho(i,k) = \frac{J_{u'}(i,k+1/2) - J_{u'}(i,k-1/2)}{\Delta u'} + \frac{J_{v'}(i+1/2,k) - J_{v'}(i-1/2,k)}{\Delta v'}$$

$\rho \mapsto \varphi$

$J_{u'} \mapsto A_u$

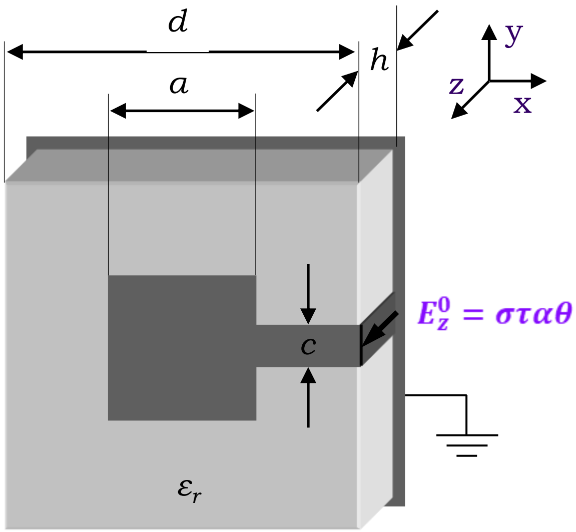
$J_{v'} \mapsto A_v$

$(i,k) \mapsto (p,q)$

$$E_u(p,q+1/2) = -j\omega A_u(p,q+1/2) - \frac{\varphi(p,q+1) - \varphi(p,q)}{\Delta u}\hat{u}$$

$$E_v(p-1/2,q) = -j\omega A_v(p-1/2,q) - \frac{\varphi(p-1,q) - \varphi(p,q)}{\Delta v}\hat{v}$$

Επίπεδη Μικροταινιακή Κεραία



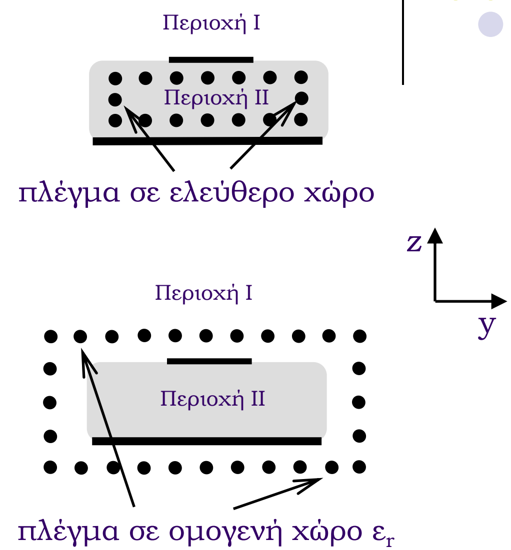
$$a = \lambda/6$$

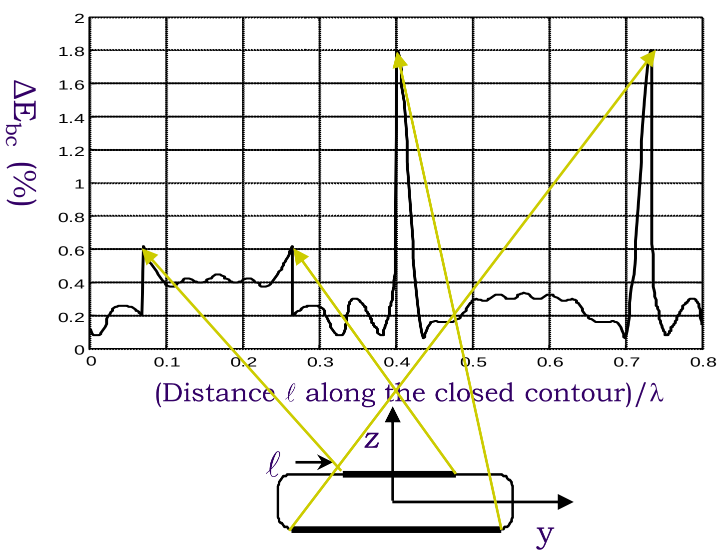
$$d = \lambda/3$$

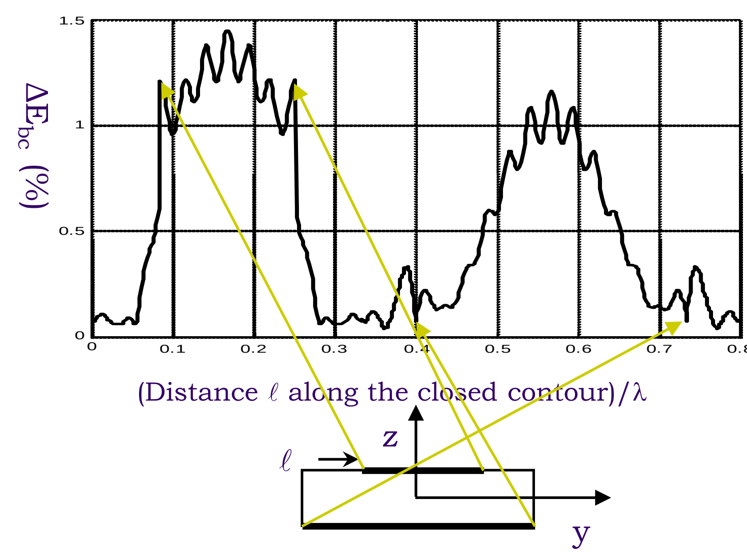
$$h = c = \lambda/15$$

$$\varepsilon_r = 2.32$$

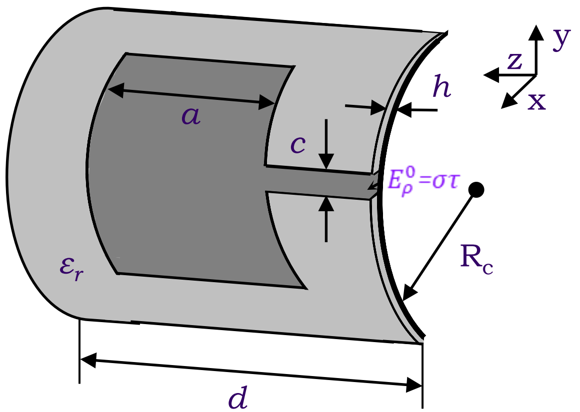
$$\Delta E_{bc} = \frac{\left| E_x^I - E_x^{II} \right|_{on\ S}}{\left| E_z^0 \right|} \times 100\%$$







Σύμμορφη Μικροταινιακή Κεραία

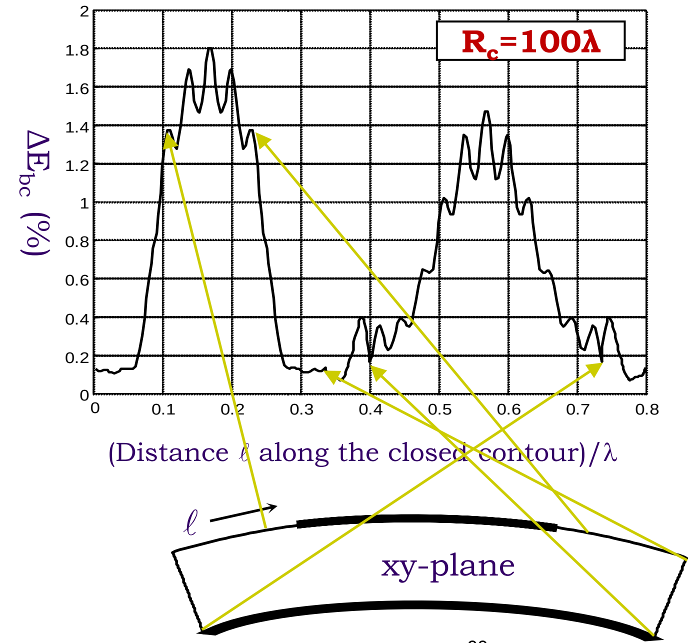


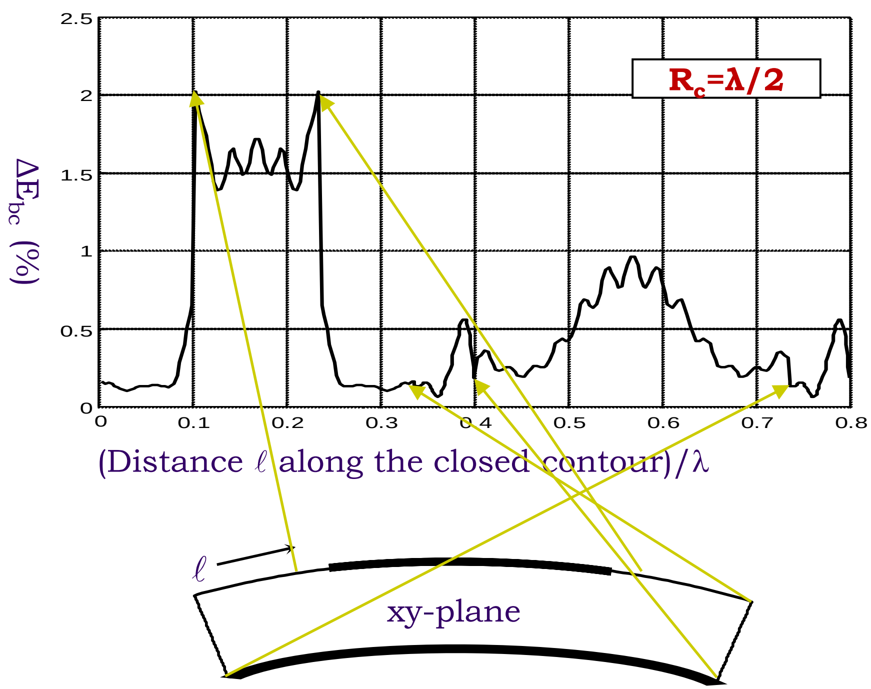
$$a = \lambda/6$$

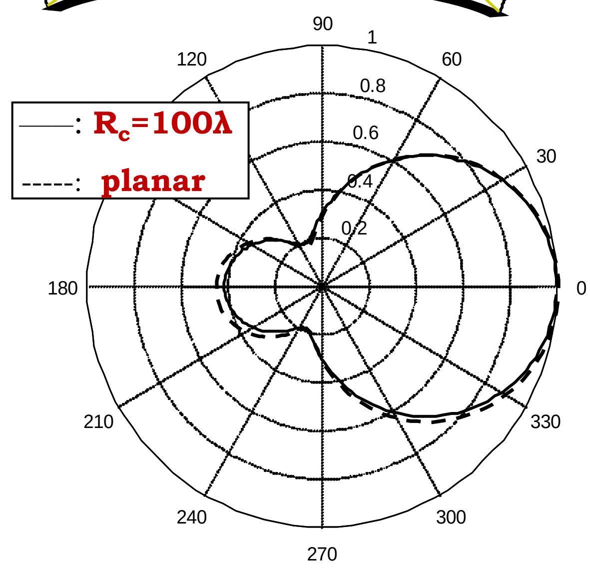
$$d = \lambda/3$$

$$h = c = \lambda/15$$

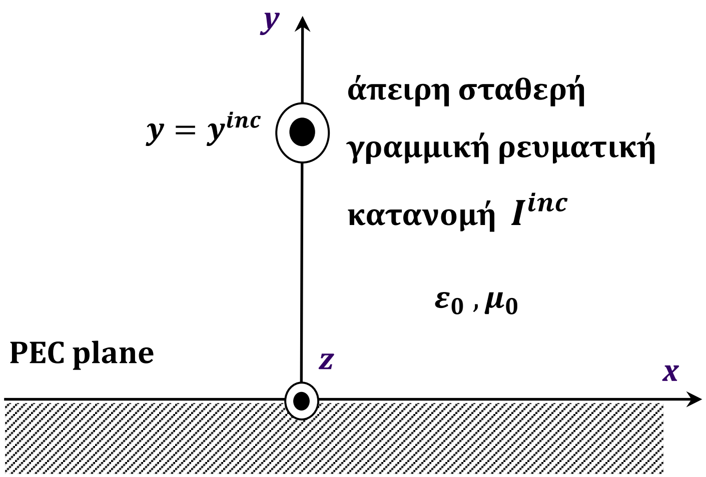
$$\varepsilon_r = 2.32$$







Επιλογή της θέσης των βοηθητικών πηγών[1]



πρωτεύουσα πηγή:

$$\vec{J}^{inc}(x,y) = J_z^{inc}(x,y)\hat{z} = I^{inc}\delta(x)\delta(y-y^{inc})\hat{z} \quad (A/m^2)$$

$e^{+j\omega t}$

$$\vec{E}^{inc}(x,y) = -\frac{\omega\mu_0}{4} I^{inc} H_0^{(2)}\left(k_0\sqrt{x^2+(y-y^{inc})^2}\right)\hat{z} \quad (V/m)$$

επαγώμενα ρεύματα: $\vec{J}^s(x,y) = J^s(x)\delta(y)\hat{z} \quad (A/m^2)$

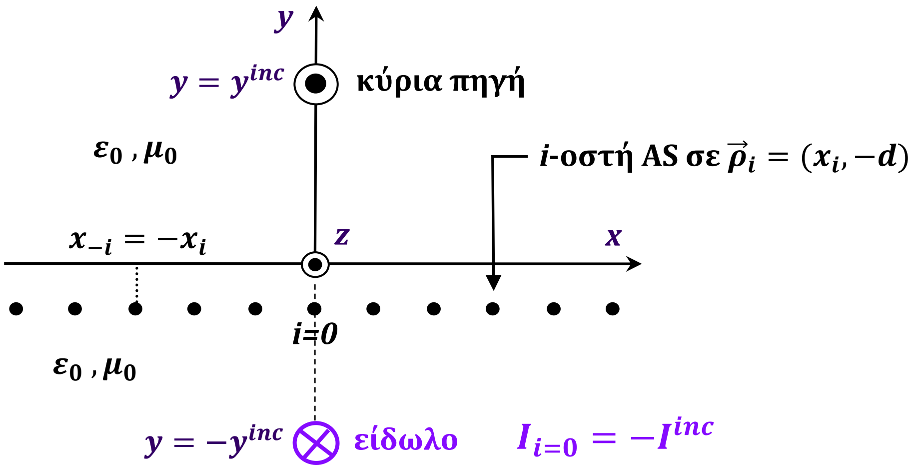
σκεδαζόμενο πεδίο: $\vec{E}^s(x,y) = E_z^s(x,y)\hat{z} = -j\omega\vec{A}^s(x,y) = -\dfrac{\omega\mu_0}{4}\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} J^s(x')H_0^{(2)}\left(k_0\sqrt{(x-x')^2+y^2}\right)dx'\,\hat{z}$

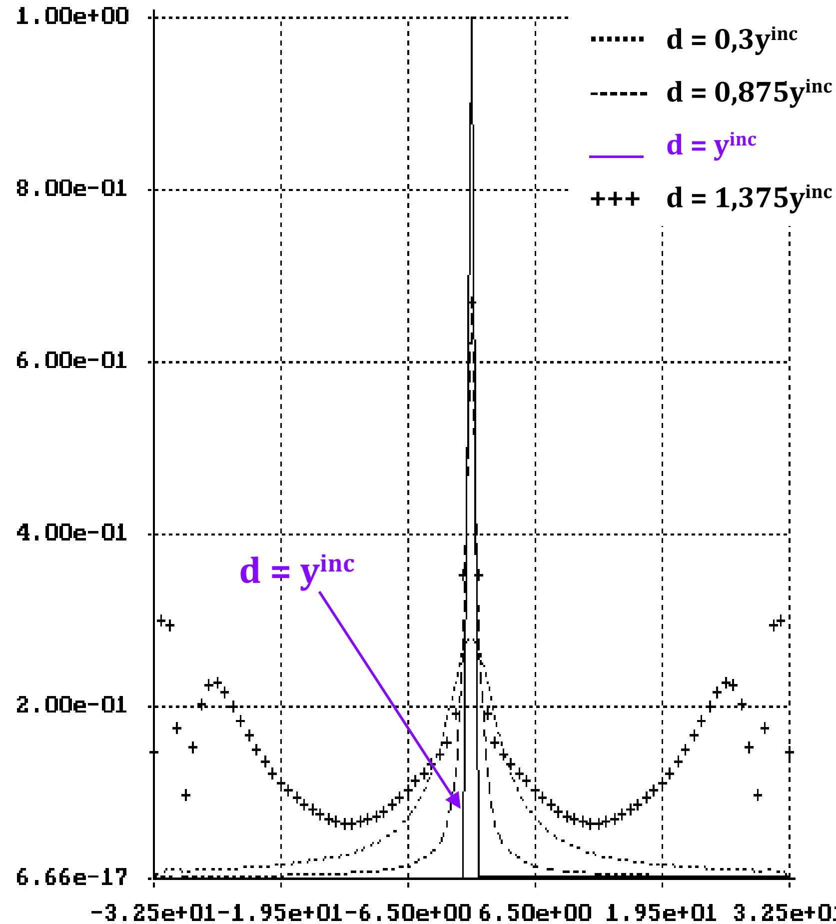
οριακή συνθήκη: $E_z^{inc}(x,y=0) + E_z^s(x,y=0) = 0$

ολοκληρωτική εξίσωση: $\displaystyle\int_{-\infty}^{+\infty} \boxed{J^s(x')} H_0^{(2)}(k_0|x-x'|)dx' = -I^{inc}H_0^{(2)}\left(k_0\sqrt{x^2+(y^{inc})^2}\right), \qquad y=0$

άγνωστη κατανομή → ανάπτυξη σε άθροισμα συναρτήσεων βάσης

Επιλογή της θέσης των βοηθητικών πηγών[2]





- **(2N+1) AS:** $\vec{\rho}_i = x_i\hat{x} - d\hat{y} \qquad x_{-i} = -x_i$

$$\vec{E}^s(x,y) = -\frac{\omega\mu_0}{4}\sum_{i=-N}^{N} I_i H_0^{(2)}\left(k_0\sqrt{(x-x')^2+(y-y')^2}\right)\hat{z}$$

- **Point Matching: (2M+1) CP**

$$\sum_{i=-N}^{N} I_i H_0^{(2)}\left(k_0\sqrt{\left(x_j - x_i\right)^2 + d^2}\right) = -I^{inc} H_0^{(2)}\left(k_0\sqrt{x_j^2 + (y^{inc})^2}\right)$$