

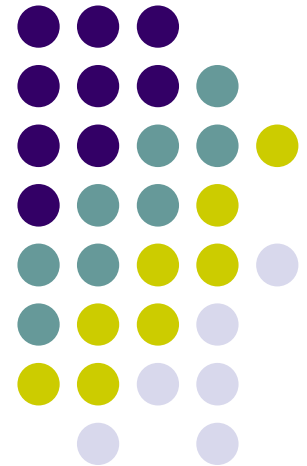


ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

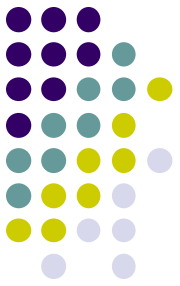
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

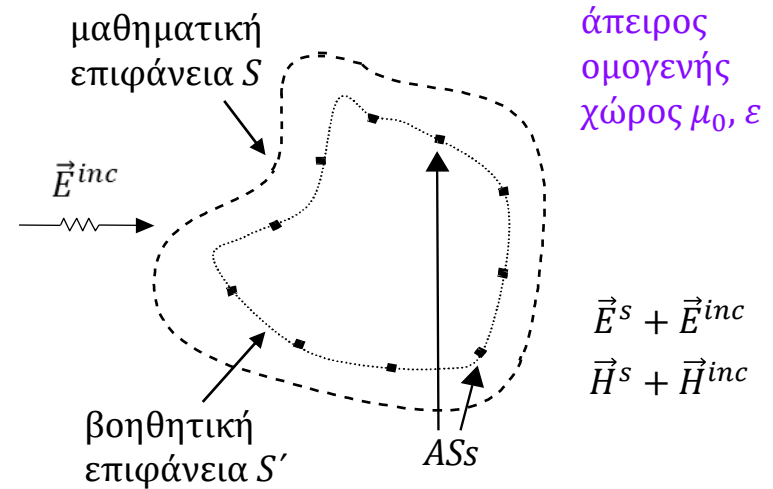
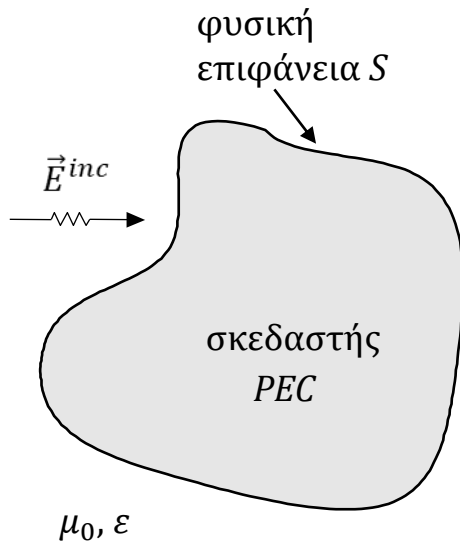
Μέθοδος Βοηθητικών Πηγών



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⁾



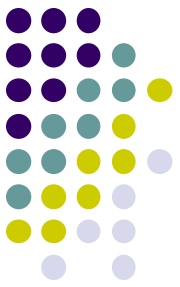
➤ Κυματική Εξίσωση (ΚΕ)

➤ Οριακές Συνθήκες (ΟΣ)

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

αναλυτικές λύσεις της ΚΕ

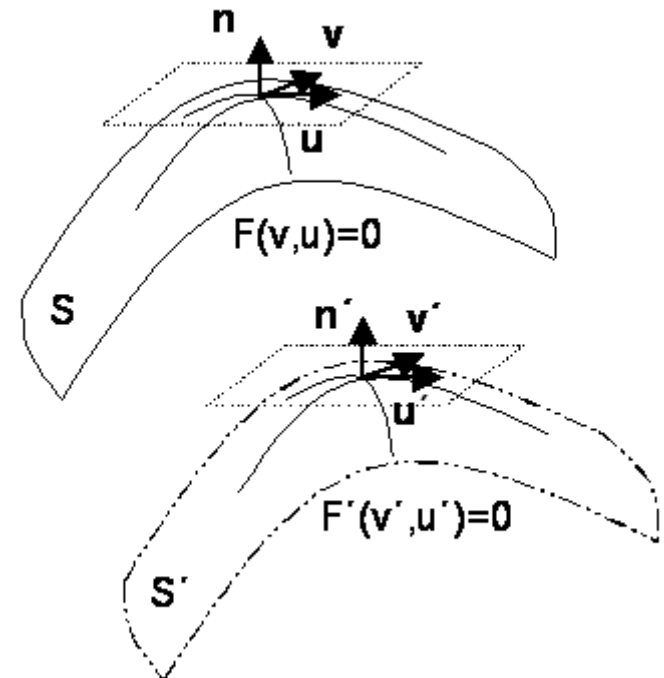
point matching των ΟΣ

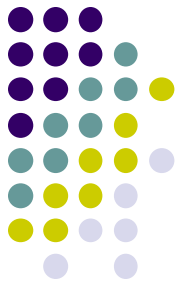


Η Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών⁽²⁾

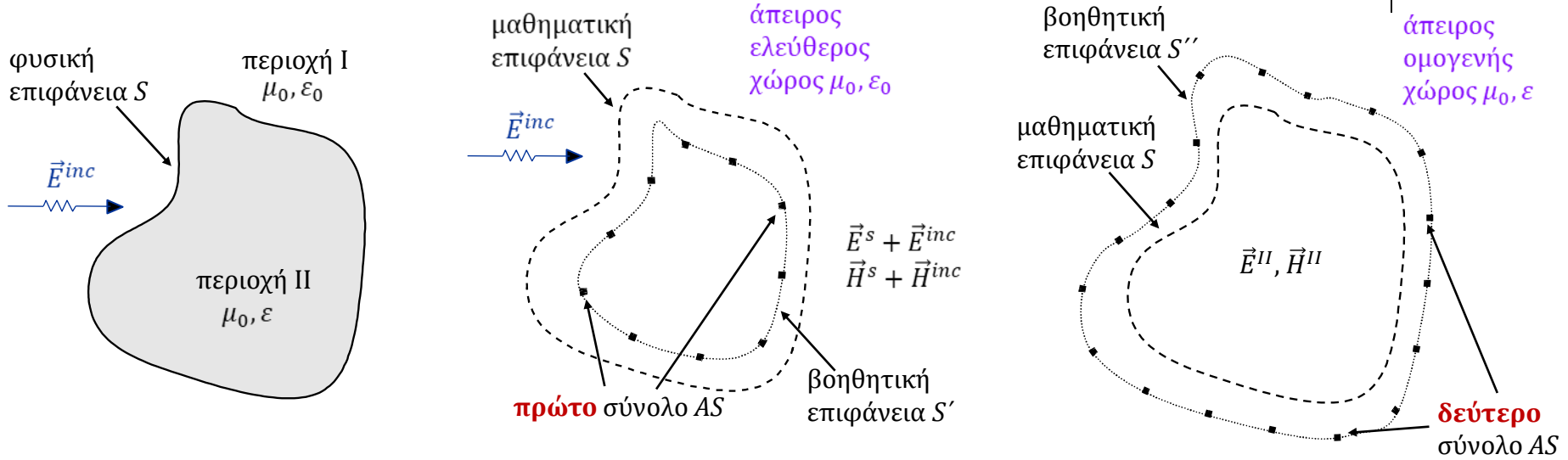
- Τύπος των AS
 - νηματοειδή ρεύματα (2D-προβλήματα)
 - ζεύγη στοιχειωδών διπόλων (3D-προβλήματα)

- Θέση και πλήθος ASs
- Κατανομή και πλήθος CPs
- Ισοδύναμα MAS μοντέλα





Η Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών(3)

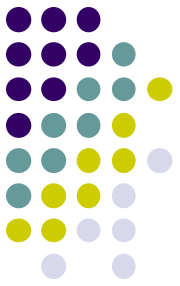


➤ δύο σύνολα αγνώστων
➤ δύο οριακές συνθήκες

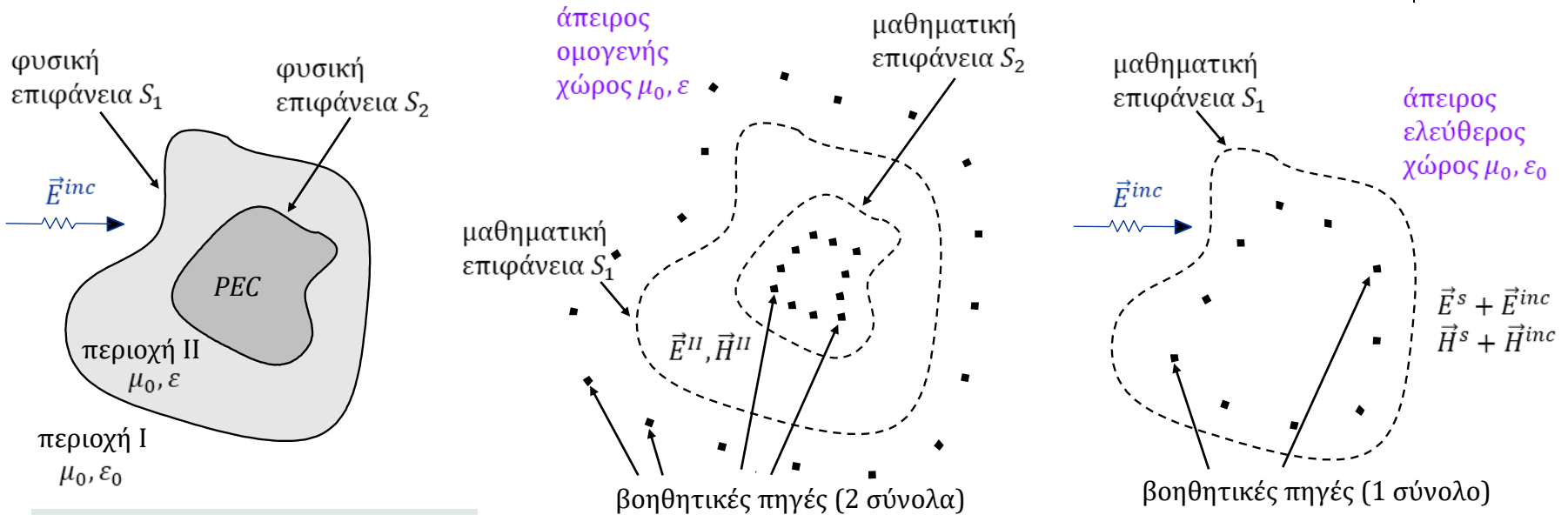
$$\vec{E}^s = \sum_n \vec{E}_n^s = \sum_n \bar{G}_n^I \cdot \vec{a}_n^I$$

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

- ☑ 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



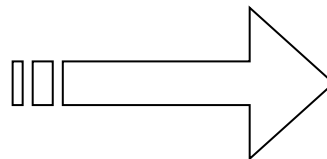
Η MAS για Τέλεια Αγωγούς με Διηλεκτρική Επένδυση



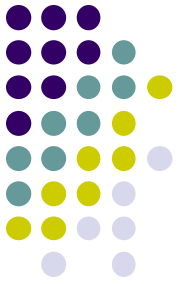
- **τρία** σύνολα αγνώστων
- **τρεις** οριακές συνθήκες

☒ «Ανοικτές» Διατάξεις

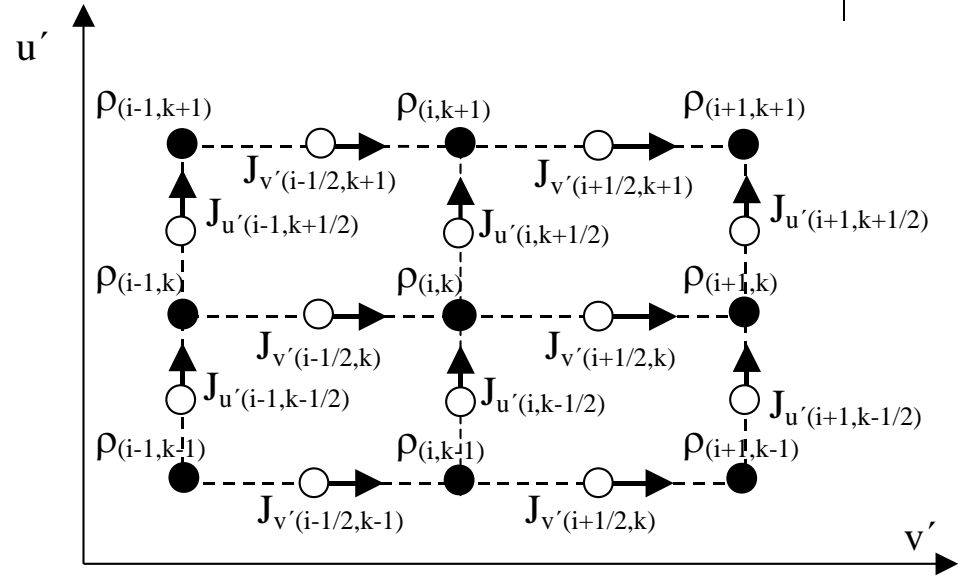
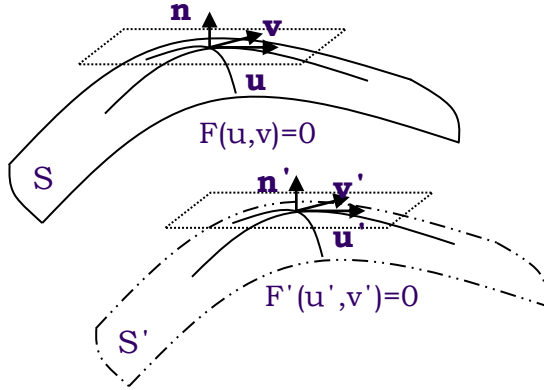
☒ Λεπτές Διατάξεις



**Τροποποιημένη
Μέθοδος Βοηθητικών
Πηγών**



Η Τροποποιημένη Μέθοδος των Βοηθητικών Πηγών



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

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

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint_{S'} \frac{\rho e^{-jKR}}{R} ds'$$

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

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

$$\rho \mapsto \varphi$$

$$J_{u'} \mapsto A_u$$

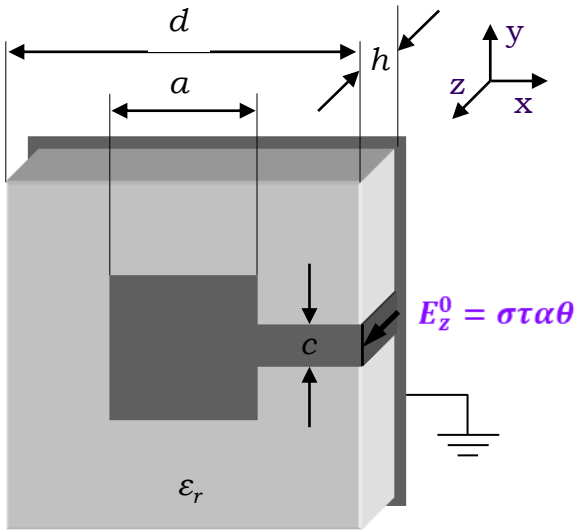
$$J_{v'} \mapsto A_v$$

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

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

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

Επίπεδη Μικροταινιακή Κεραία



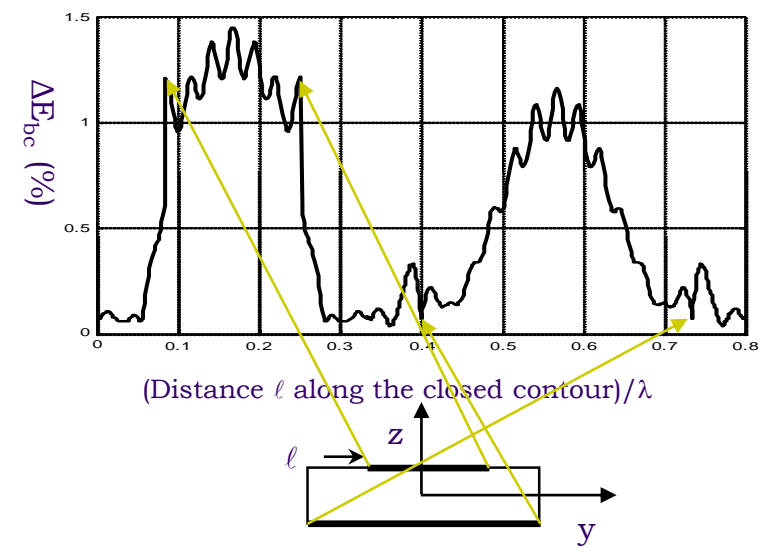
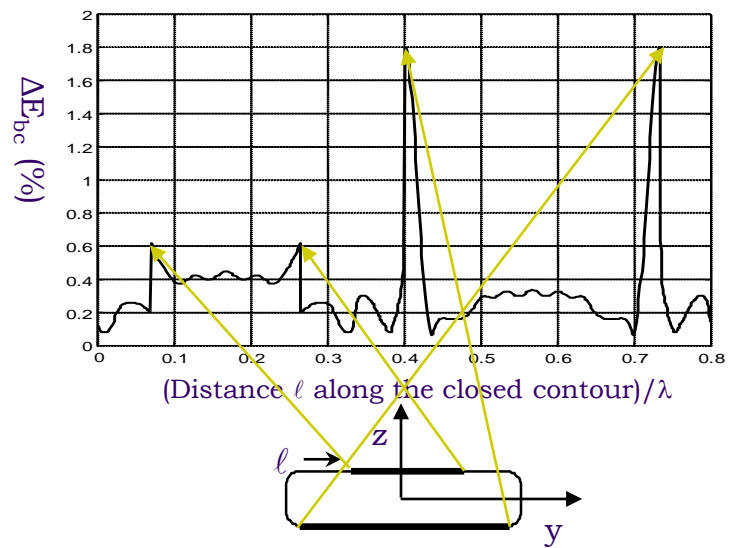
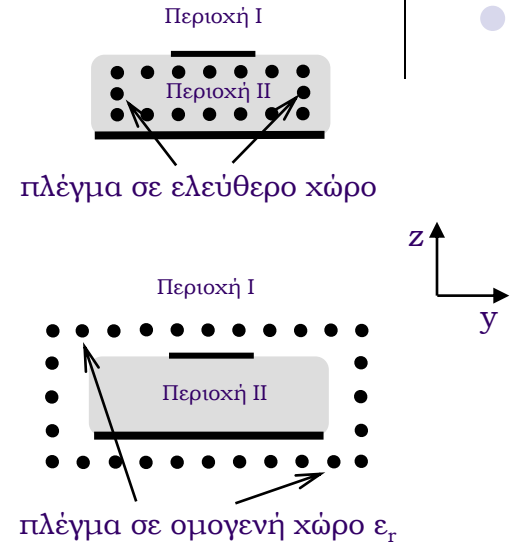
$$a = \lambda/6$$

$$d = \lambda/3$$

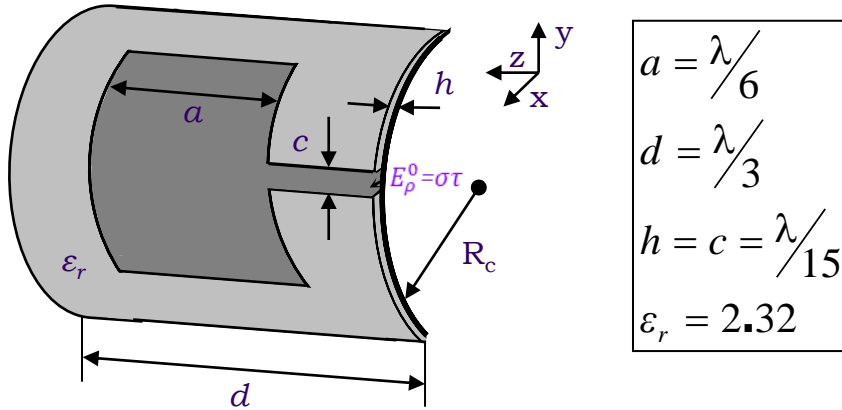
$$h = c = \lambda/15$$

$$\epsilon_r = 2.32$$

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



Σύμμορφη Μικροταινιακή Κεραία

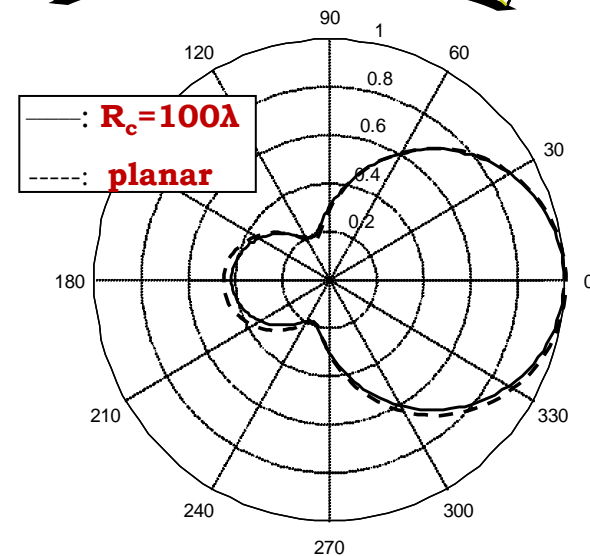
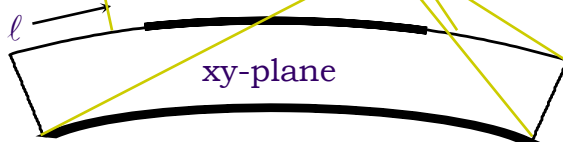
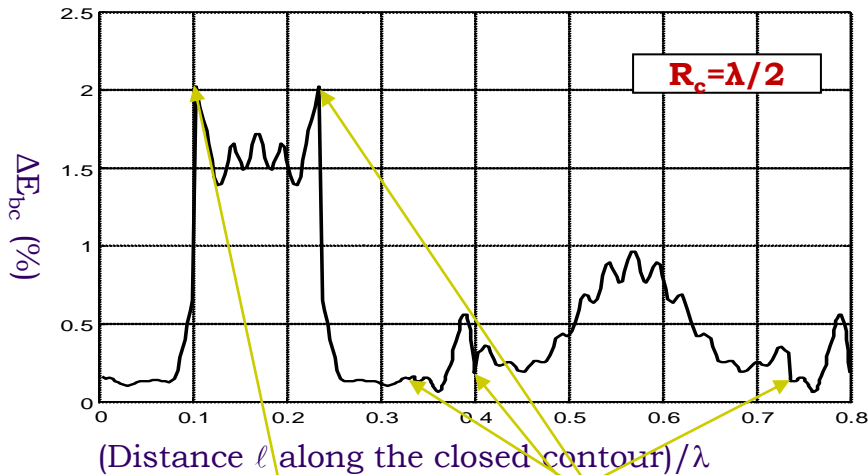
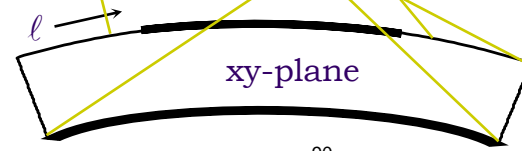
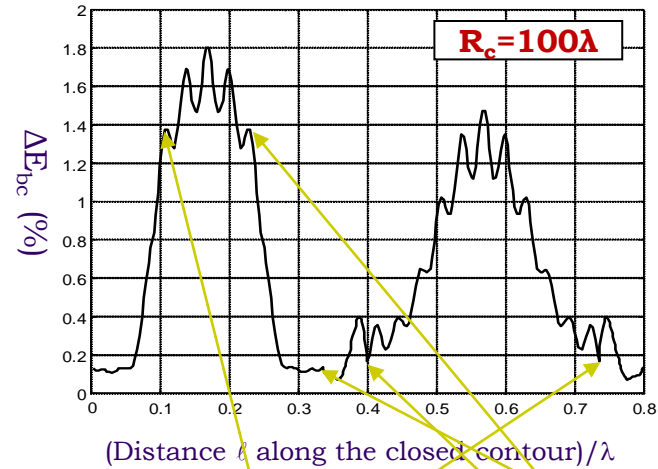


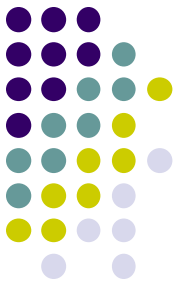
$$a = \lambda/6$$

$$d = \lambda/3$$

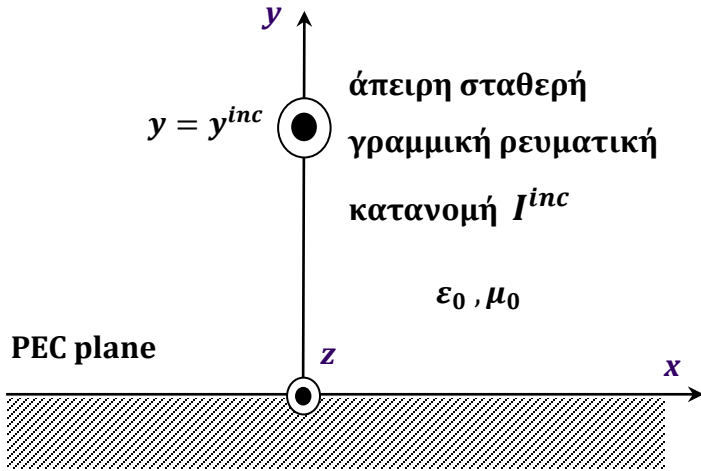
$$h = c = \lambda/15$$

$$\epsilon_r = 2.32$$





Επιλογή της θέσης των βοηθητικών πηγών⁽¹⁾



πρωτεύουσα πηγή:

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

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

$e^{+j\omega t}$

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

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

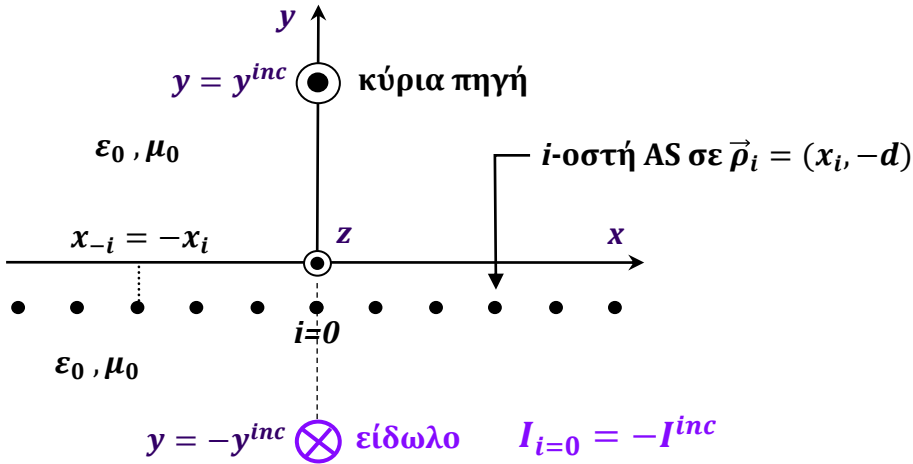
οριακή συνθήκη: $E_z^{inc}(x, y = 0) + E_z^s(x, y = 0) = 0$

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

άγνωστη κατανομή → ανάπτυξη σε άθροισμα συναρτήσεων βάσης



Επιλογή της θέσης των βοηθητικών πηγών⁽²⁾



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

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

➤ **Point Matching: (2M+1) CP**

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

