



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

Dr Constantinos Valagiannopoulos, Assistant Professor

Heroon Polytechniou 9, Athens GR-15773, Greece, Office: **2.1.15**, Email: **valagiannopoulos@ece.ntua.gr**

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ:

Αθήνα, 16 Ιουνίου 2025

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΜΟΥ:

AK25

ΚΑΝΟΝΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΣΤΑ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ Α (Ε-Α)

/10

ΘΕΜΑ 1 [25%]

Διαθέτετε υλικό με σταθερές απώλειες, του οποίου η σχετική μιγαδική επιτρεπτότητα $\varepsilon(\omega)$ και η σχετική μαγνητική επιδεκτικότητα $\mu(\omega)$ δίνονται ως:

$$\varepsilon(\omega) = f(\omega) - i$$

$$\mu(\omega) = g(\omega),$$

όπου $f(\omega), g(\omega)$ πραγματικές συναρτήσεις της συχνότητας.

(Α) Να βρείτε τη μορφή των συναρτήσεων $f(\omega), g(\omega)$ ώστε το μέσο να υποστηρίζει μετάδοση χωρίς παραμόρφωση και το μήκος κύματος που αναπτύσσεται μέσα του να είναι σε κάθε συχνότητα ίσο με αυτό στον κενό χώρο. **[14%]**

(Β) Να σχεδιαστούν ποιοτικά οι συναρτήσεις $f(\omega), g(\omega)$, στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων. **[5%]**

(Γ) Για τις διάφορες συχνότητες λειτουργίας $0 < \omega < +\infty$ να χαρακτηρίσετε τα κύματα που αναπτύσσονται στο υλικό ως: (i) μεταδιδόμενα με θετική ή αρνητική διάθλαση και (ii) αποσβενύμενα ή όχι. **[6%]**

ΘΕΜΑ 2 [30%]

Γραμμικά πολωμένο κύμα κατά τον άξονα x , ταξιδεύει στο κενό κατά τον άξονα $+z$, έχει μήκος κύματος λ και προσπίπτει κάθετα σε υλικό σχετικής μιγαδικής επιτρεπτότητας ε που καταλαμβάνει τη λωρίδα $0 < z < h$. Στην περιοχή $z > h$ υπάρχει αδιαπέραστος τέλει αγωγίμος (PEC) τοίχος.

(Α) Να υπολογιστεί ο συντελεστής ανάκλασης στην περιοχή $z < 0$. **[10%]**

(Β) Αν $h \ll \lambda$, να βρείτε προσεγγιστική έκφραση για το συντελεστή ανάκλασης που να περιέχει τη μιγαδική επιτρεπτότητα ε . **[8%]**

(Γ) Χρησιμοποιώντας την παραπάνω προσεγγιστική έκφραση, να βρεθεί η μιγαδική επιτρεπτότητα ε που εξασφαλίζει μηδενικές ανακλάσεις. **[6%]**

(Δ) Να αναπαρασταθεί το πραγματικό και φανταστικό μέρος της μιγαδικής επιτρεπτότητας ε που εξασφαλίζει μηδενικές ανακλάσεις, ως συνάρτηση του h/λ στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων. **[6%]**

ΘΕΜΑ 3 [45%]

Ελεύθερο επιφανειακό ρεύμα με μετασχηματισμό Fourier $\mathbf{K} = -\hat{\mathbf{x}}K(\omega)e^{-ik_0x\sin\theta}$ που ρέει κατά την κατεύθυνση x , βρίσκεται μεταξύ ημιάπειρου κενού χώρου (1) και ημιάπειρου κενού χώρου (2), όπως στο **Σχήμα I**. Με το σύμβολο $k_0 = \omega\sqrt{\epsilon_0\mu_0}$ εννοούμε τον κυματικό αριθμό στο κενό.

(Α) Να αιτιολογήσετε γιατί το μαγνητικό πεδίο στους χώρους (1) και (2) έχει μόνο y συνιστώσα. [4%]

(Β) Να υπολογιστεί ο μετασχηματισμός Fourier του μαγνητικού πεδίου στους χώρους (1) και (2). [8%]

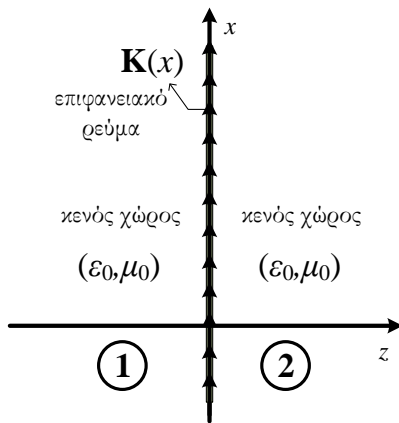
(Γ) Να σχεδιαστούν οι κατευθύνσεις μετάδοσης των κυμάτων στους χώρους (1) και (2). [4%]

Γεμίζουμε την περιοχή $z > L$ (χώρος (3)) με υλικό σχετικής επιτρεπτότητας ϵ χωρίς απώλειες ($\text{Im}[\epsilon] = 0$), όπως στο **Σχήμα II**.

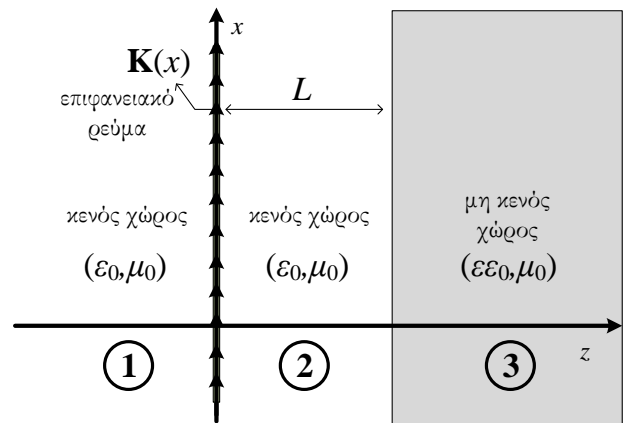
(Δ) Αν απαιτήσουμε μηδενικές ανακλάσεις στην περιοχή $0 < z < L$ λόγω της παρουσίας του χώρου (3), να αναπαρασταθεί η αναγκαία επιτρεπτότητα ϵ ως συνάρτηση της γωνίας $0 < \theta < \pi/2$. [8%]

(Ε) Αν $\mathbf{K} = -\hat{\mathbf{x}}\left[\kappa_1\delta(\omega - \omega_1) + \kappa_2\delta(\omega - \omega_2)\exp\left(-ik_0x\frac{2}{\sqrt{5}}\right)\right]$, να προταθεί σχέση διασποράς $\epsilon = \epsilon(\omega)$ με $\epsilon(\omega_2) \neq 1$, για το υλικό του χώρου (3) προκειμένου να έχουμε μηδενικές ανακλάσεις στην περιοχή $0 < z < L$. [9%]

(Ζ) Αν $\mathbf{K} = -\hat{\mathbf{x}}\kappa_1\delta(\omega - \omega_1)\exp\left(-ik_0x\frac{\sqrt{3}}{2}\right)$, να προταθεί **αιτιοκρατική (causal)** σχέση διασποράς $\epsilon = \epsilon(\omega)$ με $\epsilon(\omega_1) \neq 1$, για το υλικό του χώρου (3) προκειμένου να έχουμε μηδενικές ανακλάσεις στην περιοχή $0 < z < L$. [12%]



Σχήμα I



Σχήμα II