

ΗΥ-112: Φυσική Ι
Χειμερινό Εξάμηνο 2016
Διδάσκων: Γ. Καφεντζής

Τέταρτη Σειρά Ασκήσεων

Ημερομηνία Ανάθεσης: 14/11/2016

Ημερομηνία Παράδοσης: **28/11/2016, ως τις 18:00**

Σημείωση: Επιτρέπεται η χρήση υπολογιστή για τις πράξεις. Δείξτε όμως όλα τα βήματα της λύσης σας.

Άσκηση 1. Ένα ηχητικό κύμα έντασης $2 \times 10^{-3} \text{ W/m}^2$ θεωρείται ως μετρίως δυνατό στα αυτιά μας. Το τύμπανο στο εσωτερικό των αυτιών μας έχει διάμετρο 6 χιλιοστά. Δείξτε ότι η ενέργεια που μεταφέρεται στο τύμπανο των αυτιών μας αν ακούσουμε το παραπάνω ηχητικό κύμα για 60 δευτερόλεπτα είναι $E = 3.4 \times 10^{-6} \text{ J}$. Θεωρήστε το τύμπανο ως μια στρογγυλή επιφάνεια.

Άσκηση 2. Ένας τρόπος που το ακουστικό μας συστημα μπορεί να εντοπίζει την προέλευση των ήχων (sound localization) είναι μετρώντας τη - μικρή - διαφορά στο χρόνο άφιξης των ηχητικών κυμάτων στα αυτιά μας. Θεωρήστε ότι τα αυτιά σας απέχουν περίπου 20 εκατοστά μεταξύ τους. Θεωρήστε ότι μια πηγή ήχου βρίσκεται 5 μέτρα μακριά από το κέντρο του κεφαλιού σας, και υπό γωνία 45 μοιρών προς τα δεξιά σας. Ποιά είναι η χρονική διαφορά μεταξύ των αφίξεων του σήματος στο δεξί και το αριστερό αυτί σας; Δώστε την απάντησή σας σε microseconds - μs , και θεωρήστε ότι η ταχύτητα του ηχητικού κύματος είναι $u_s = 343 \text{ m/s}$.

Άσκηση 3. Τα αυτιά μας είναι ευαίσθητα στην αντίληψη διαφορετικών συχνοτήτων αλλά όχι τόσο στην αντίληψη διαφορετικών εντάσεων. Δεν είμαστε ικανοί/ες, π.χ., να καταλάβετε τη διαφορά στην αύξηση της έντασης I ενός ήχου, όταν η διαφορά των ηχοστάθμεων $\Delta\beta$ είναι λιγότερη από 1 dB. Δείξτε ότι

$$\frac{I_2}{I_1} = 1.25 \quad (1)$$

αν η ηχοστάθμη πηγαίνει από τα $\beta_1 = 60$ στα $\beta_2 = 61 \text{ dB}$.

Άσκηση 4. Δυο ραδιοκεραίες βρίσκονται σε απόσταση 100 m σε ευθεία γραμμή, σε έναν άξονα βορρά-νότου. Μεταδίδουν και οι δυο ραδιοκύματα σε συχνότητα 3.0 MHz. Η δουλειά σας είναι να μετρήσετε την ισχύ του κύματος με μια φορητή συσκευή. Για να το κάνετε, περπατάτε 800 m ανατολικά από το μέσο της απόστασης των δυο κεραιών, και μετά 600 m βόρεια.

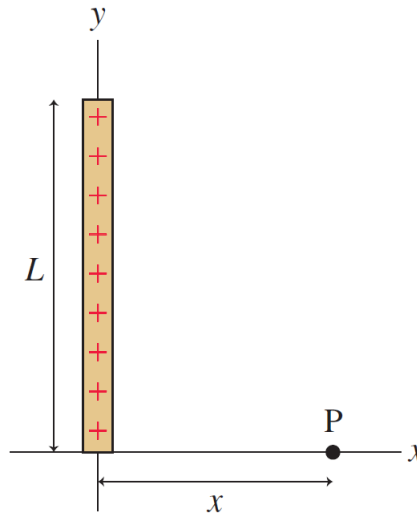
- Δείξτε ότι η διαφορά φάσης μεταξύ των δυο ραδιοκυμάτων στο σημείο που βρίσκεστε είναι $1.2\pi \text{ rad}$.
- Η συμβολή των δυο κυμάτων σε αυτό το σημείο είναι καταστρεπτική, ενισχυτική, ή κάπου ανάμεσα; Εξηγήστε.
- Αν τώρα ξεκινήσετε να περπατάτε ακόμα περισσότερο προς το βορρά, η ισχύς του κύματος αυξάνεται, μειώνεται, ή παραμένει σταθερή; Εξηγήστε. Βρείτε τι συμβαίνει, π.χ. αν περπατήσετε 10 m προς βορρά από το σημείο που ήρασαν.

Άσκηση 5. Ένα φορτίο $+2.0 \text{ nC}$ βρίσκεται στη συμβολή των αξόνων x, y και ένα δεύτερο φορτίο -4.0 nC βρίσκεται στη θέση $x = 1 \text{ cm}$.

- Σε ποιά τειμημένη πρέπει να τοποθετήσετε ένα πρωτόνιο ώστε αυτό να υπόκειται σε μηδενική συνισταμένη ηλεκτρική δύναμη;

- ii. Θα ήταν μηδενική η συνισταμένη ηλεκτρική δύναμη αν αντί ενός πρωτονίου, τοποθετούσατε ένα ηλεκτρόνιο; Εξηγήστε.

Άσκηση 6. Το Σχήμα 1 δείχνει μια λεπτή ράβδο μήκους L με συνολικό φορτίο Q . Η ράβδος έχει ομοιόμορφη πυκνότητα φορτίου λ .



Σχήμα 1: Φορτισμένη ράβδος Άσκησης 6.

- i. Δείξτε ότι ένα τμήμα dy με φορτίο dq της ράβδου που βρίσκεται στο σημείο $(0, \hat{y})$, συνεισφέρει στο σημείο P ηλεκτρικό πεδίο

$$d\vec{E} = k_e \frac{dq}{(x^2 + \hat{y}^2)} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + \hat{y}^2}} \vec{i} - \frac{\hat{y}}{\sqrt{x^2 + \hat{y}^2}} \vec{j} \right) \quad (2)$$

- ii. Δείξτε ότι το συνολικό ηλεκτρικό πεδίο \vec{E} στο σημείο P είναι

$$\vec{E} = k_e \frac{Q}{x\sqrt{x^2 + L^2}} \vec{i} - k_e \frac{Q}{Lx} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + L^2}} \right) \vec{j} \quad (3)$$

- iii. Εξηγήστε τι συμβαίνει αν $x \gg L$. Ως τι συμπεριφέρεται σε αυτήν την περίπτωση η ράβδος;

Άσκηση 7. Φορτίο Q βρίσκεται ομοιόμορφα κατανομημένο κατά μήκος λεπτής, εύκαμπτης ράβδου μήκους L . Η ράβδος έχει γραμμική πυκνότητα φορτίου λ . Στη συνέχεια, η ράβδος κάμπτεται σε μορφή ημικυκλίου όπως στο Σχήμα 2. Χρησιμοποιήστε ότι ένα μικρό τόξο μήκους ds δημιουργεί γωνία $d\theta = ds/R$, με R την ακτίνα του ημικυκλίου.

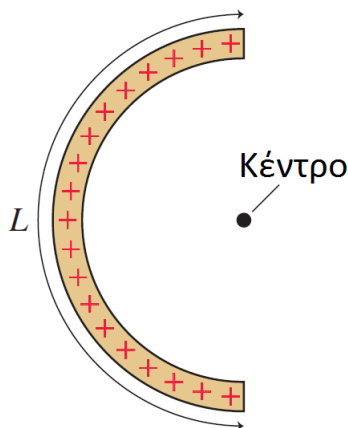
- i. Δείξτε ότι λόγω του σχήματος της ράβδου, στο κέντρο του ημικυκλίου υπάρχει μόνο η x -συνιστώσα του ηλεκτρικού πεδίου.
- ii. Δείξτε ότι ένα τμήμα ds με φορτίο dq της ράβδου συνεισφέρει στο κέντρο του ημικυκλίου ηλεκτρικό πεδίο μέτρου

$$dE_x = k_e \frac{Q}{LR} \cos(\theta_e) d\theta \quad (4)$$

με θ_e τη γωνία που σχηματίζει το διάνυσμα $d\vec{E}_x$ με τον άξονα $x'x$.

- iii. Δείξτε ότι το συνολικό ηλεκτρικό πεδίο \vec{E}_x στο κέντρο του ημικυκλίου δίνεται ως

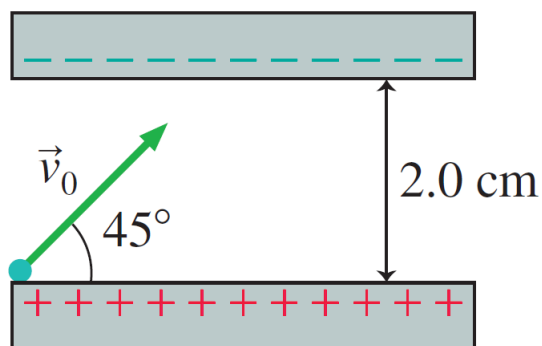
$$\vec{E}_x = k_e \frac{2\pi Q}{L^2} \vec{i} \quad (5)$$



Σχήμα 2: Φορτισμένη ράβδος Άσκησης 7.

iv. Εκτιμήστε το μέτρο του ηλεκτρικού πεδίου αν $L = 0.1 \text{ m}$ και $Q = 30 \times 10^{-9} \text{ C}$.

Άσκηση 8. Δυο παράλληλες φορτισμένες πλάκες (Σχήμα 3) σε απόσταση 2.0 cm δημιουργούν ομογενές ηλεκτρικό πεδίο μέτρου 10^4 N/C . Ένα ηλεκτρόνιο εκτοξεύεται υπό γωνία 45 μοιρών από τη θετική πλάκα. Δείξτε ότι η μέγιστη αρχική ταχύτητα u_0 που μπορεί να λάβει το ηλεκτρόνιο χωρίς να χτυπήσει πάνω στην



Σχήμα 3: Παράλληλες φορτισμένες πλάκες Άσκησης 8.

αρνητικά φορτισμένη πλάκα είναι $u_0 = 1.19 \times 10^7 \text{ m/s}$.

Άσκηση 9 - bonus 10%. Στη 12η διάλεξη, διαφάνειες 32-33, λύσαμε το πρόβλημα με τη συχνότητα του ρολογιού που πέφτει από το παράθυρο χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς το έφαφος. Λύστε ξανά την ίδια άσκηση επιλέγοντας ως σημείο αναφοράς το παράθυρο από το οποίο ξεκινά να πέφτει το ρολόι. Προφανώς πρέπει να καταλήξετε στο ίδιο αποτέλεσμα.