

## 4. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα

### **(Ε) Ερωτήσεις**

**E4.1** Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι η ταυτόχρονη διάδοση ενός .....και ενός .....πεδίου.
- β. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στο κενό με την ταχύτητα του ..... Σε όλα τα άλλα υλικά διαδίδονται με ..... ταχύτητα.
- γ. Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι ένα ..... κύμα. Τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι ..... μεταξύ τους και κάθετα στη ..... διάδοσης του κύματος.
- δ. Το πηλίκο των μέτρων των στιγμιαίων τιμών των εντάσεων του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου που αποτελούν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ισούται με την .....διάδοσής τους.
- ε. Αιτία του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι η .....κίνηση των ηλεκτρικών φορτίων.
- στ. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υπακούουν στην αρχή της .....

**E4.2** Να σχεδιάσετε ένα ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο και:

- α. Να περιγράψετε τη διαδικασία παραγωγής ηλεκτρομαγνητικού κύματος από το δίπολο αυτό.
- β. Να γράψετε τις εξισώσεις που περιγράφουν το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίου ενός αρμονικού ηλεκτρομαγνητικού κύματος.
- γ. Να σχεδιάσετε ένα στιγμιότυπο ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται κατά τη διεύθυνση  $x$ .

**E4.3** Να δώσετε απαντήσεις στα ερωτήματα που ακολουθούν:

- α. Ποια είναι η αιτία παραγωγής ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος;
- β. Τι είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα;
- γ. Ποια σχέση συνδέει τα μέτρα των εντάσεων του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου στο ηλεκτρομαγνητικό κύμα;

**E4.4** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από:

- α. Σταθερά ηλεκτρικά πεδία.
- β. Σταθερά μαγνητικά πεδία.
- γ. Ακίνητα ηλεκτρικά φορτία.
- δ. Μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία.

**E4.5** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα:

- α. Διαδίδονται μόνο στο κενό.
- β. Δεν διαδίδονται στο νερό.
- γ. Δεν διαδίδονται στο κενό.
- δ. Διαδίδονται στο κενό και στην ύλη.

**E4.6** Εκπομπή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχουμε από:

- α. Ακίνητο ηλεκτρικό φορτίο.
- β. Συνεχές και σταθερό ρεύμα.
- γ. Ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο.
- δ. Ηλεκτρικό φορτίο που κινείται ισοταχώς.

**E4.7** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι:

- α. Εγκάρσια και διαμήκη.
- β. Εγκάρσια μόνο στο κενό.
- γ. Μόνο εγκάρσια.
- δ. Μόνο διαμήκη.

**E4.8** Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα:

- α. Διαδίδονται στο κενό και στην ύλη.
  - β. Μεταφέρουν ενέργεια ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.
  - γ. Υπακούουν στην αρχή της επαλληλίας.
  - δ. Μεταφέρουν ηλεκτρικά φορτία.
  - ε. Είναι διαμήκη κύματα.
  - στ. Παράγονται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία.
- Ποιες από τις προηγούμενες προτάσεις είναι σωστές;

**E4.9** Η ταχύτητα του φωτός:

- α. Είναι ίση με  $3 \cdot 10^8$  m/s σε κάθε διαφανές μέσο.
- β. Είναι μικρότερη από  $3 \cdot 10^8$  m/s σε κάθε διαφανές υλικό μέσο.
- γ. Είναι μεγαλύτερη από  $3 \cdot 10^8$  m/s σε κάθε διαφανές υλικό μέσο.
- δ. Είναι διαφορετική για κάθε ακτινοβολία που διαδίδεται στο κενό.

**E4.10** Το πηλίκο των μέτρων των εντάσεων ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου ισούται:

- α. Με την ταχύτητα του φωτός στο μέσο που διαδίδεται το κύμα.
- β. Με  $c=3 \cdot 10^8$  m/s ανεξάρτητα από το μέσο στο οποίο διαδίδεται το κύμα.
- γ. Με την ταχύτητα του φωτός, μόνο αν το κύμα διαδίδεται στο κενό.
- δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

**E4.11** Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο που συγκροτούν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα έχουν διαφορά φάσης  $\Delta\phi$ , κοντά στην κεραία που το εκπέμπει, ίση με:

- α.  $\Delta\phi=0^0$
- β.  $\Delta\phi=45^0$
- γ.  $\Delta\phi=90^0$
- δ.  $\Delta\phi=180^0$

**E4.12** Το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο που συγκροτούν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα:

- α. Έχουν διαφορά φάσης  $90^0$  μακριά από την κεραία που το εκπέμπει.
- β. Είναι σε φάση σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου.
- γ. Έχουν παντού διαφορά φάσης  $180^0$ .
- δ. Είναι σε φάση μακριά από την κεραία που το εκπέμπει.

**E4.13** Ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο είναι ένα σύστημα δύο αγωγών που:

- α. Συνδέονται με πηγή συνεχούς τάσης.
- β. Συνδέονται με γεννήτρια εναλλασσόμενης τάσης.
- γ. Κάνουν απλή αρμονική ταλάντωση.
- δ. Είναι φορτισμένοι με αντίθετα σταθερά φορτία.

**E4.14** Το ταλαντούμενο ηλεκτρικό δίπολο είναι:

- α. Η κεραία εκπομπής των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς σταθμούς.
- β. Η κεραία εκπομπής των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μόνο σε ραδιοφωνικούς σταθμούς.
- γ. Αιτία παραγωγής ορατού φωτός.

**E4.15** Στο ηλεκτρομαγνητικό κύμα, τα διανύσματα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου είναι:

- α. Κάθετα μεταξύ τους, αλλά παράλληλα στην ευθεία διάδοσης του κύματος.
- β. Παράλληλα μεταξύ τους, αλλά κάθετα στην ευθεία διάδοσης του κύματος.
- γ. Κάθετα μεταξύ τους, αλλά και κάθετα στην ευθεία διάδοσης του κύματος.
- δ. Παράλληλα μεταξύ τους, αλλά και παράλληλα στην ευθεία διάδοσης του κύματος.

**E4.16** Ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο που μεταβάλλονται αρμονικά με το χρόνο. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λάθος;

- α. Αν συνδέσουμε τους πόλους μιας μπαταρίας συνεχούς τάσης με δύο αγωγούς είναι δυνατόν να παραχθούν ηλεκτρομαγνητικά κύματα
- β. Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που διαδίδεται στο κενό, μπορεί να έχει μήκος κύματος  $\lambda=1\text{m}$  μόνο αν η συχνότητά της είναι  $f=3\cdot 10^8\text{Hz}$ .
- γ. Τα δύο κύματα που συνιστούν το ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι σε φάση σε σημεία που βρίσκονται μακριά από την πηγή των κυμάτων.
- δ. Η αλγεβρική τιμή των διανυσμάτων  $E$  και  $B$  διατηρείται συνεχώς σταθερή.
- ε. Η συχνότητα μιας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας εξαρτάται από τις ιδιότητες του μέσου μέσα στο οποίο διαδίδεται.

**E4.17** Ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό πεδίο που μεταβάλλονται αρμονικά με το χρόνο. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές ή λάθος;

- α. Οι εξισώσεις που περιγράφουν ένα τέτοιο κύμα είναι:  $E = E_0\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$ ,  $B = B_0\eta\mu 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$ .
- β. Η σχέση που συνδέει τα μέτρα των μέγιστων τιμών των εντάσεων μαγνητικού και ηλεκτρικού πεδίου είναι  $E_0=B_0/c$ .
- γ. Κάθε αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα αποτελεί πηγή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.
- δ. Τα διανύσματα  $\vec{E}$  και  $\vec{B}$  είναι πάντοτε κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στην ευθεία διάδοσης του κύματος.
- ε. Η θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι,  $c=\lambda\cdot f$ .

**E4.18** Αν ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα αλλάξει καθοδόν υλικό μέσο μέσα στο οποίο διαδίδεται, η σχέση του μέτρου του πλάτους της έντασης του ηλεκτρικού με το πλάτος της έντασης του μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί στο χώρο ισούται είναι:

- α.  $E_0=B_0$                       β.  $B_0=cE_0$                       γ.  $E_0/B_0=1/c$                       δ.  $B_0/E_0=1/c$

**E4.19** Αν ηλεκτρομαγνητικό κύμα περάσει καθοδόν από το κενό στο νερό τότε ο λόγος  $E_0/B_0$ , θα:

- α. Μείνει σταθερός.
- β. Αυξηθεί.
- γ. Μειωθεί.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E4.20** Σε αρμονικό κύμα που διαδίδεται στο κενό, το ηλεκτρικό πεδίο περιγράφεται από την εξίσωση

$$E=30\eta\mu 2\pi(6\cdot 10^{10}t-2\cdot 10^2x),(\text{SI}).$$

Να εξετάσετε αν το μαγνητικό πεδίο του παραπάνω ηλεκτρομαγνητικού κύματος περιγράφεται από την εξίσωση:  $B=10^{-7}\cdot \eta\mu 2\pi(6\cdot 10^{10}t-2\cdot 10^2x)$  (SI).

Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

(Πανελλαδικές 2003)

**E4.21** Δίνονται τα πιο κάτω ζεύγη εξισώσεων όπου  $E$  η ένταση ηλεκτρικού πεδίου και  $B$  η ένταση μαγνητικού πεδίου:

α.  $E=75 \cdot \eta\mu 2\pi(12 \cdot 10^{10}t - 4 \cdot 10^4x)$ ,  $B=25 \cdot 10^{-8} \cdot \eta\mu 2\pi(12 \cdot 10^{10}t - 4 \cdot 10^4x)$  (SI)

β.  $E=300 \cdot \eta\mu 2\pi(6 \cdot 10^{10}t - 2 \cdot 10^2x)$ ,  $B=100 \cdot 10^{-8} \cdot \eta\mu 2\pi(6 \cdot 10^{10}t - 2 \cdot 10^2x)$  (SI)

γ.  $E=150 \cdot \eta\mu 2\pi(9 \cdot 10^{10}t - 3 \cdot 10^2x)$ ,  $B=50 \cdot 10^{-8} \cdot \eta\mu 2\pi(9 \cdot 10^{10}t + 3 \cdot 10^2x)$  (SI)

Ποιο από τα ζεύγη αυτά περιγράφει ηλεκτρομαγνητικό κύμα που διαδίδεται στο κενό; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας. (Πανελλαδικές 2005)

**E4.22** Το μαγνητικό πεδίο ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος που ταξιδεύει στο κενό είναι  $B=B_0\eta\mu 2\pi(f_0t-x/\lambda_0)$ , ενώ αν το ίδιο κύμα περάσει στο νερό η ίδια εξίσωση γίνεται:  $B'=B_0'\eta\mu 2\pi(ft-x/\lambda)$ . Ποιες από τις ακόλουθες σχέσεις είναι σωστές ή λανθασμένες; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

α.  $f > f_0$       β.  $E_0/B_0 = E_0'/B_0'$

γ.  $\lambda < \lambda_0$       δ.  $c_0/\lambda_0 = c/\lambda$

**E4.23** Σε ένα χώρο διαδίδεται ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου περιγράφεται από την εξίσωση:  $E=100\eta\mu\pi(4 \cdot 10^{10}t - 200x)$ , (SI).

Ποιες από τις ακόλουθες σχέσεις είναι σωστές ή λανθασμένες; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

α. Το κύμα διαδίδεται στο κενό.

β. Η εξίσωση της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι:  $B=5 \cdot 10^{-7} \cdot \eta\mu\pi(4 \cdot 10^{10}t - 200x)$ , (SI).

γ. Τα δύο κύματα έχουν διαφορά φάσης μηδέν.

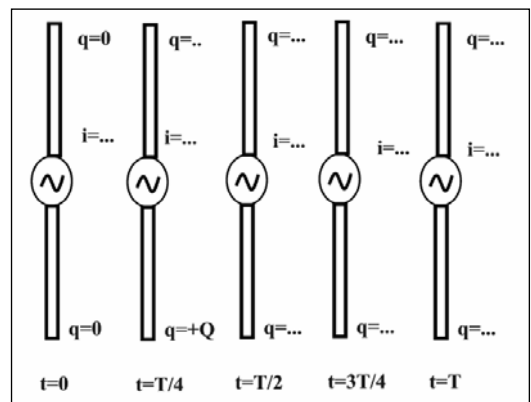
δ. Οι εντάσεις των δύο πεδίων μειώνονται με την πάροδο του χρόνου.

**E4.24** Παλλόμενο ηλεκτρικό δίπολο έχει μέγιστη τιμή ηλεκτρικού φορτίου,  $Q$ , μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος,  $I$ , και περίοδο ταλάντωσης,  $T$ . Στο διπλανό σχήμα φαίνονται οι καταστάσεις του δίπολου αυτού σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές.

α. Να συμπληρωθούν τα κενά στις τιμές του φορτίου  $q$  και της έντασης του ρεύματος  $i$ .

β. Να σχεδιαστεί η φορά του ρεύματος στα σχήματα.

γ. Να σχεδιαστούν στιγμιότυπα της έντασης  $E$  του ηλεκτρικού πεδίου σε σχέση με την απόσταση  $x$  από το δίπολο, στις χρονικές στιγμές που φαίνονται στο σχήμα.



**E4.25** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στα ραδιοκύματα είναι σωστές;

α. Έχουν μήκη κύματος από  $10^5$  m έως μερικά εκατοστά.

β. Δημιουργούνται από ηλεκτρονικά κυκλώματα.

γ. Είναι ορατά στο ανθρώπινο μάτι.

δ. Χρησιμοποιούνται για ακτινογραφίες.

ε. Είναι χρήσιμα στις τηλεπικοινωνίες.

**E4.26** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στα μικροκύματα είναι σωστές;

α. Έχουν μήκη κύματος μεγαλύτερα από τα ραδιοκύματα.

β. Παράγονται από ηλεκτρονικά κυκλώματα.

γ. Έχουν εφαρμογή στους φούρνους και στα ραντάρ.

δ. Είναι ιδιαίτερα διεισδυτικά στην ύλη.

**E4.27** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στα υπέρυθρα κύματα είναι σωστές;

- α. Έχουν μήκη κύματος από 1mm έως 700nm.
- β. Εκπέμπονται από πολύ ψυχρά σώματα.
- γ. Απορροφώνται επιλεκτικά από υλικά σώματα και προκαλούν θέρμανση αυτών.
- δ. Είναι υπεύθυνα για το μαύρισμα στην ηλιοθεραπεία.

**E4.28** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στο ορατό φως είναι σωστές;

- α. Κυμαίνεται σε μήκη κύματος από 400nm έως 700nm.
- β. Το ορατό φως του ήλιου είναι μονοχρωματικό.
- γ. Τα λέιζερ παράγουν σχεδόν μονοχρωματικό ορατό φως.
- δ. Χρησιμοποιείται για ακτινογραφίες.

**E4.29** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στις υπεριώδεις ακτινοβολίες είναι σωστές;

- α. Έχουν μήκη κύματος μικρότερα από  $4 \cdot 10^{-7}$  m.
- β. Σε μεγάλες δόσεις βλάπτουν τον ανθρώπινο οργανισμό.
- γ. Απορροφούνται κατά μεγάλο μέρος από το όζον της στρατόσφαιρας.
- δ. Χρησιμοποιούνται στη ραδιοφωνία και την τηλεόραση.
- ε. Είναι υπεύθυνες για το μαύρισμα στην ηλιοθεραπεία.

**E4.30** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στις ακτίνες X είναι σωστές;

- α. Έχουν μήκη κύματος μικρότερα από τις υπεριώδεις αλλά μεγαλύτερα από τις ακτίνες γ.
- β. Παράγονται κατά την επιβράδυνση ηλεκτρονίων όταν προσκρούουν σε μεταλλικό στόχο.
- γ. Είναι ακίνδυνες για το ανθρώπινο σώμα.
- δ. Χρησιμοποιούνται στην ιατρική για διαγνωστικούς λόγους.
- ε. Είναι περισσότερο διεισδυτικές από τις υπεριώδεις ακτινοβολίες.

**E4.31** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στις ακτίνες γ είναι σωστές;

- α. Έχουν τα μεγαλύτερα μήκη κύματος από όλες τις ακτινοβολίες.
- β. Είναι πολύ διεισδυτικές.
- γ. Βλάπτουν ιδιαίτερα τους οργανισμούς.
- δ. Παράγονται από ηλεκτρονικά κυκλώματα.
- ε. Εκπέμπονται από ραδιενεργούς πυρήνες ή διασπάσεις στοιχειωδών σωματιδίων.

**E4.32** Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις που αναφέρονται στο φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι σωστές;

- α. Οι ακτινοβολίες με τα πολύ μεγάλα μήκη κύματος είναι γενικώς επικίνδυνες για τον άνθρωπο.
- β. Τα ραδιοκύματα έχουν γενικώς χαμηλές συχνότητες.
- γ. Οι ακτίνες X παράγονται κατά την επιβράδυνση ηλεκτρονίων υψηλών ταχυτήτων, λόγω σύγκρουσής τους με ιόντα αερίων.
- δ. Διάπυρα σώματα μπορούν να εκπέμψουν υπέρυθρα κύματα.
- ε. Η υπεριώδης ακτινοβολία έχει μήκη κύματος μεγαλύτερα από 400nm.
- στ. Οι ακτίνες γ έχουν πολύ μεγάλη διεισδυτική ικανότητα.

**E4.33** Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Τα υπέρυθρα κύματα έχουν μήκη κύματος ..... από τα υπεριώδη.
- β. Τα υπεριώδη κύματα έχουν μήκη κύματος ..... από  $4 \cdot 10^{-7}$  m.
- γ. Τα μικροκύματα έχουν ..... πολύ μικρότερες από τις ακτίνες X.
- δ. Τα μήκη κύματος των ..... κυμαίνονται από  $10^{-10}$  m έως  $10^{-14}$  m.

ε. Οι συχνότητες των ραδιοκυμάτων είναι ..... από αυτές των μικροκυμάτων.  
στ. Οι συχνότητες του ..... κυμαίνονται από  $4,3 \cdot 10^{14}$  Hz έως  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz.

**E4.34** Από τις ακόλουθες διαζευκτικές προτάσεις που αναφέρονται στις ιδιότητες των διαφόρων ακτινοβολιών του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, διαλέξτε τη σωστή εκδοχή διαγράφοντας τη λανθασμένη.

- α. Τα ραδιοκύματα έχουν τις μικρότερες ή τις μεγαλύτερες συχνότητες στο φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων;
- β. Τα μικροκύματα έχουν πιο έντονες θερμαντικές ή χημικές ιδιότητες;
- γ. Τα υπέρυθρα κύματα διέρχονται ή απορροφούνται από τα σύννεφα και την ομίχλη.
- δ. Το μονοχρωματικό φως αποτελείται, στην πραγματικότητα, από ένα σύνολο ακτινοβολιών που καλύπτουν μια πολύ στενή περιοχή του φάσματος ή από μια μόνο συχνότητα;
- ε. Τα υπεριώδη κύματα χρησιμοποιούνται για νυκτερινή φωτογράφιση ή για αποστείρωση ιατρικών εργαλείων;
- στ. Οι ακτίνες X έχουν συχνότητες μεγαλύτερες ή μικρότερες από τις ακτίνες γ;
- ζ. Οι ακτίνες γ παράγονται από κυκλώματα LC ή από ραδιενεργούς πυρήνες;

**E4.35** Να ελέγξετε την αλήθεια των προτάσεων που ακολουθούν και να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

- α. Αν η μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ηλεκτρομαγνητικού κύματος που διαδίδεται στο κενό είναι  $E_0 = 6 \cdot 10^{-4}$  V/m, τότε η μέγιστη τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι  $B_0 = 2 \cdot 10^{-12}$  T.
- β. Αν ένα σταθμός εκπομπής ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων έχει φέρουσα συχνότητα  $f = 100$  MHz τότε το μήκος κύματος στο κενό είναι  $\lambda_0 = 3$  m.
- γ. Αν ένας δέκτης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συντονίζεται σε συχνότητα  $\frac{200}{\pi} \cdot 10^3$  Hz και ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι  $L = 10^{-4}$  H, η χωρητικότητα του πυκνωτή πρέπει να είναι  $C = 16$   $\mu$ F.
- δ. Αν μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει στο αέρα συχνότητα  $f = 100$  MHz, όταν θα μεταβεί στο νερό που είναι πυκνότερο υλικό από τον αέρα είναι πιθανό η συχνότητά της να μειωθεί σε 90 MHz.
- ε. Ηλεκτρομαγνητικό κύμα με μήκος κύματος στο κενό,  $\lambda_0 = 1$  m, είναι αδύνατο να είναι ορατή από το ανθρώπινο μάτι.

**E4.36** Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος δίνεται από την εξίσωση  $E = 3 \cdot 10^{-2} \eta \mu \pi (10^{15} t - 2 \cdot 10^7 x)$  (SI).

I. Το κύμα διαδίδεται: α. Στον αέρα β. Σε άλλο πυκνότερο υλικό

II. Η ένταση του μαγνητικού πεδίου δίνεται από τη σχέση:

α.  $B = 6 \cdot 10^{-10} \eta \mu \pi (10^{15} t - 2 \cdot 10^7 x)$  (SI) β.  $B = 10^{-10} \eta \mu \pi (10^{15} t - 2 \cdot 10^7 x)$  (SI)

III. Αυτό το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ανήκει στα: α. Υπεριώδες, β. Ορατό, γ. Μικροκύμα

Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.



### (A) Ασκήσεις και προβλήματα

**A4.1** Ιδανικό κύκλωμα LC εκτελεί αμείωτες ηλεκτρικές ταλαντώσεις και εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα που διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$  και έχουν μήκος κύματος  $\lambda=500\text{m}$ . Να υπολογιστούν:

α. Η συχνότητα των κυμάτων.

β. Η χωρητικότητα του πυκνωτή, αν ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι  $L=2\cdot 10^{-5}\text{H}$ .

γ. Αν η μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι  $12\cdot 10^{-3}\text{V/m}$ , πόση είναι η μέγιστη τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου που μεταφέρει το κύμα;

$$\alpha. f=6\cdot 10^5\text{Hz}, \beta. C \approx 3,5\cdot 10^{-9}\text{F}, \gamma. B_0=4\cdot 10^{-11}\text{T}$$

**A4.2** Αρμονικό ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στην θετική κατεύθυνση του άξονα Ox με ταχύτητα  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ . Αν η εξίσωση μεταβολής της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι της μορφής  $E=750\cdot \eta\mu 24\pi\cdot 10^7t$ , (S.I) να γραφούν οι εξισώσεις που περιγράφουν την ένταση του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου σε σχέση με το χρόνο  $t$  και την απόσταση  $x$  από το σημείο O.

$$E=750\eta\mu(24\pi\cdot 10^7t-0,8\pi x)\text{ και }B=25\cdot 10^{-7}\eta\mu(24\pi\cdot 10^7t-0,8\pi x),\text{ (S.I)}$$

**A4.3** Ιδανικό κύκλωμα LC ταλαντώνεται και εκπέμπει ηλεκτρομαγνητικά κύματα μήκους κύματος  $\lambda=3\cdot 10^3\text{m}$ ; των οποίων το πλάτος της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι  $E_0=12\cdot 10^{-3}\text{V/m}$ . Ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου είναι  $L=2\cdot 10^{-4}\text{H}$  και τα κύματα διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα  $c_0=3\cdot 10^8\text{m/s}$ . Δίνεται  $\pi^2=10$ .

α. Να βρεθεί η χωρητικότητα του πυκνωτή C.

β. Να βρεθεί το πλάτος της έντασης του μαγνητικού πεδίου του κύματος.

γ. Να γραφούν οι εξισώσεις του ηλεκτρομαγνητικού κύματος.

$$\alpha. C=0,125\cdot 10^{-7}\text{F}, \beta. B_0=4\cdot 10^{-11}\text{T}, \gamma. E=12\cdot 10^{-3}\eta\mu 2\pi(10^5t-\frac{10^3x}{3}), B=4\cdot 10^{-11}\eta\mu 2\pi(10^5t-\frac{10^3x}{3}),\text{ (SI)}$$

**A4.4** Κατά τη διάδοση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος διαπιστώνουμε ότι το πλάτος της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι  $B_0=2\cdot 10^{-2}\text{T}$  και του ηλεκτρικού  $E_0=6\cdot 10^6\text{V/m}$ .

α. Σε ένα σημείο του χώρου και σε μια χρονική στιγμή  $t$ , η ένταση του μαγνητικού πεδίου του ίδιου κύματος είναι  $B=10^{-2}\text{T}$ . Να υπολογιστεί η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου στο ίδιο σημείο την ίδια χρονική στιγμή.

β. Αν η συχνότητα του κύματος είναι  $f=2\cdot 10^3\text{Hz}$  να βρεθεί η περίοδος και το μήκος κύματος.

γ. Να γραφούν οι εξισώσεις μεταβολής του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου σε σχέση με το χρόνο και το χώρο σε μεγάλη απόσταση από την πηγή.

δ. Αν για τη λήψη του κύματος αυτού απαιτείται κύκλωμα LC με πυκνωτή  $C=0,25\mu\text{F}$ , να υπολογιστεί ο συντελεστής αυτεπαγωγής του πηνίου L. Δίνεται  $\pi^2=10$ .

$$\alpha. 3,10^6\text{V/m}, \beta. T=5,10^{-4}\text{s}, \lambda=15,10^4\text{m}, \delta. 25\text{mH}$$

**□A4.5** Η εξίσωση που περιγράφει την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου σε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι,  $E=0,03\eta\mu(2\pi\cdot 10^{15}t-2\pi\cdot 10^7x/3)$  (SI).

α. Να γραφεί η εξίσωση που περιγράφει την ένταση του μαγνητικού πεδίου.

β. Να εξεταστεί αν το κύμα αυτό ανήκει στην ορατή περιοχή του φάσματος.



γ. Να υπολογιστεί η διαφορά φάσης  $\Delta\phi$  μεταξύ δύο σημείων που απέχουν μεταξύ τους απόσταση  $\Delta x=4,5\cdot 10^{-7}\text{m}$ , την ίδια χρονική στιγμή.

δ. Να βρεθεί η απόσταση  $x$  που έχει φτάσει το κύμα τη χρονική στιγμή,  $t=500\text{s}$ .

ε. Να σχεδιαστεί στιγμιότυπο του ηλεκτρικού κύματος τη χρονική στιγμή  $t=2\cdot 10^{-15}\text{s}$ .

$$\alpha. B=10^{-10}\eta\mu(2\pi 10^{15}t-2\pi\cdot 10^7x/3) \text{ (SI)}, \beta. \text{Οχι}, \gamma. \Delta\phi=3\pi \text{ rad}, \delta. x=15\cdot 10^{10}\text{m}$$

□A4.6 Ηλεκτρομαγνητικό κύμα συχνότητας  $f$  ταξιδεύει στον αέρα με ταχύτητα  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$  προσπίπτει σε κατακόρυφο εμπόδιο και ανακλάται χωρίς απώλειες ενέργειας. Έτσι σχηματίζεται στάσιμο κύμα με δεσμό στον τοίχο. Η πρώτη από το εμπόδιο κοιλία απέχει από τον τέταρτο από το εμπόδιο δεσμό, απόσταση  $d=5\cdot 10^{-2}\text{m}$  και το πλάτος της έντασης του μαγνητικού πεδίου είναι  $B_0=8\cdot 10^{-7}\text{T}$ .

α. Να βρεθεί η συχνότητα της ακτινοβολίας.

β. Να γραφούν οι εξισώσεις ως προς  $x$  και  $t$  που περιγράφουν τις εντάσεις ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

$$\alpha. f=7,5\cdot 10^9\text{Hz}, \beta. E=240\eta\mu 2\pi(7,510^9t-25x), B=8\cdot 10^{-7}\cdot \eta\mu 2\pi(7,510^9t-25x) \text{ (SI)}$$

□A4.7 Πηγή μικροκυμάτων εκπέμπει μπροστά από κατακόρυφο ανακλαστήρα. Τα κύματα συχνότητα  $f=10^{10}\text{Hz}$  προσπίπτουν κάθετα στον ανακλαστήρα, ανακλώνται χωρίς απώλειες ενέργειας ή άλλη αλλοίωση και συμβάλλουν με τα προσπίπτοντα. Δέκτης μικροκυμάτων που κινείται πάνω στη νοητή ευθεία που συνδέει πηγή και ανακλαστήρα καταγράφει μηδενική ένταση όταν είναι σε επαφή με τον τοίχο και στη συνέχεια 10 ακόμα μηδενισμούς, για μετατόπιση κατά διάστημα  $d$ . Δίνεται η ταχύτητα των κυμάτων  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

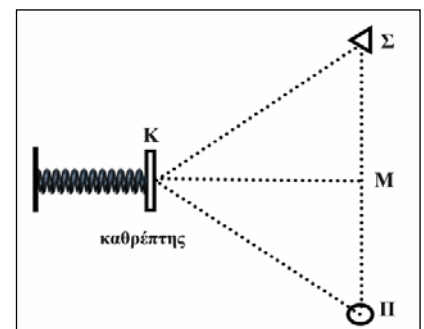
α. Να βρεθεί η απόσταση  $d$ .

β. Αν σε κάποια θέση και κάποια χρονική στιγμή η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου είναι  $E=300\text{V/m}$ , πόση είναι η ένταση του μαγνητικού πεδίου του κύματος στην ίδια θέση και χρονική στιγμή;

$$\alpha. d=0,15\text{m}, \beta. B=10^{-6}\text{T}$$

□A4.8 Ένας μεταλλικός καθρέπτης είναι συνδεδεμένος στο ελεύθερο άκρο ελατηρίου και μπορεί να ταλαντώνεται σε οριζόντιο επίπεδο. Το άλλο άκρο του ελατηρίου είναι στερεωμένο σε ακλόνητο σημείο. Ο καθρέπτης κάνει αρμονικές ταλαντώσεις με εξίσωση απομάκρυνσης  $x=2,2\eta\mu t$  (SI).

Ο μεταλλικός αυτός καθρέπτης μπορεί να λειτουργήσει και ως ανακλαστήρας ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, τα οποία εκπέμπονται από πηγή που είναι τοποθετημένη στο σημείο Π, του σχήματος. Στο σημείο Σ υπάρχει δέκτης κυμάτων και τα κύματα μπορούν να φτάσουν σε αυτόν είτε απευθείας από την πηγή, Π, είτε μέσω ανάκλασης στον καθρέπτη Κ. Οι ταλαντώσεις του καθρέπτη γίνονται πάνω στη μεσοκάθετο του τμήματος ΠΣ. Τη χρονική στιγμή  $t_0=0$ , ο καθρέπτης βρίσκεται σε απόσταση  $r=3\text{m}$  από την πηγή, Π και στο Σ παρατηρείται ενισχυτική συμβολή. Να βρείτε ποια είναι η αμέσως επόμενη χρονική στιγμή κατά την οποία παρατηρείται και πάλι ενισχυτική συμβολή στο σημείο, Σ.



Δίνονται η απόσταση  $\text{ΠΣ}=2\text{m}$ , η συχνότητα του κύματος  $f=1,5\cdot 10^8\text{Hz}$  και η σχέση των πλάτων των εντάσεων ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου,  $E_0=3\cdot 10^8B_0$ . Να θεωρηθεί ότι η θετική κατεύθυνση της ταλάντωσης είναι προς τα δεξιά και  $\sqrt{2}=1,4$   $\sqrt{3}=1,7$ .

$$t_1=\pi/6\text{s}$$

## 5. Ανάκλαση και διάθλαση του φωτός

### **(E) Ερωτήσεις**

**E5.1** Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Όταν οι ανακλώμενες ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας φωτεινής δέσμης εξακολουθούν να είναι παράλληλες μεταξύ τους, τότε η ανάκλαση λέγεται .....
- β. Όταν οι ανακλώμενες ακτίνες μιας παράλληλης προσπίπτουσας φωτεινής δέσμης δεν είναι πια παράλληλες μεταξύ τους, τότε η ανάκλαση λέγεται .....
- γ. Η προσπίπτουσα ακτίνα , η ανακλώμενη και η κάθετος στην επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης, βρίσκονται στο ίδιο .....
- δ. Η γωνία ανάκλασης είναι ίση με τη γωνία .....

**E5.2** Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Δείκτης διάθλασης ενός οπτικού υλικού ονομάζεται το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο ..... προς την ταχύτητα του φωτός στο υλικό.
- β. Ο δείκτης διάθλασης κάθε οπτικού υλικού εκτός του αέρα, είναι ..... από τη μονάδα.
- γ. Η προσπίπτουσα ακτίνα , η διαθλώμενη και η ..... στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων στο σημείο πρόσπτωσης, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.
- δ. Όταν μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός διαθλαστεί, ο λόγος του ημίτονου της γωνίας πρόσπτωσης προς το ημίτονο της γωνίας διάθλασης είναι ίσος με τον ..... λόγο των δεικτών διάθλασης των δύο μέσων.
- ε. Το μήκος κύματος μιας μονοχρωματικής ακτινοβολίας όταν μεταβαίνει από το κενό ή τον αέρα σε κάποιο άλλο οπτικό μέσο .....
- στ. Όταν μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μεταβαίνει από αραιότερο σε πυκνότερο υλικό τότε ..... προς την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης.

**E5.3** Να συμπληρώσετε τα κενά στις προτάσεις που ακολουθούν:

- α. Το φαινόμενο της ολικής εσωτερικής ανάκλασης συμβαίνει μόνο όταν το φως μεταβαίνει από μέσο, (α), σε οπτικά ..... μέσο, (β).
- β. Για να συμβεί ολική εσωτερική ανάκλαση θα πρέπει η γωνία πρόσπτωσης να είναι .....της κρίσιμης γωνίας.
- γ. Όταν το φως μεταβαίνει από πυκνότερο σε αραιότερο μέσο και η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με την κρίσιμη γωνία, τότε η διαθλώμενη ακτίνα κινείται.....προς τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών.
- δ. Η μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στις οπτικές ..... οφείλεται στο φαινόμενο της ολικής ανάκλασης.

**E5.4** Κατά την κατοπτρική ανάκλαση μιας μονοχρωματικής δέσμης παράλληλων ακτίνων:

- α. Μεταβάλλεται το μήκος κύματος της δέσμης.
- β. Οι ακτίνες κατευθύνονται σε διαφορετικές κατευθύνσεις.
- γ. Οι ακτίνες συνεχίζουν να έχουν την ίδια κατεύθυνση με την αρχική.
- δ. Οι ακτίνες συνεχίζουν να είναι παράλληλες αλλά σε διαφορετική κατεύθυνση.

**E5.5** Η διάχυση είναι μια μορφή ανάκλασης κατά την οποία μια παράλληλη δέσμη:

- α. Συνεχίζει να είναι παράλληλη.
- β. Παύει πια να είναι παράλληλη.
- γ. Προσπίπτει σε λεία και στιλπνή επιφάνεια.

**E5.6** Κατά την ανάκλαση μιας ακτίνας φωτός:

- α. Αλλάζει η ταχύτητα του φωτός.
- β. Δεν μεταβάλλεται η κατεύθυνση της ακτίνας.
- γ. Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης.
- δ. Όλα τα προηγούμενα.

**E5.7** Όταν μια δέσμη φωτός προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφορετικών οπτικών μέσων, τότε:

- α. Ένα μέρος του φωτός ανακλάται και το υπόλοιπο διαθλάται.
- β. Όλο το φως ανακλάται.
- γ. Όλο το φως διαθλάται.
- δ. Όλο το φως ανακλάται, αν το δεύτερο οπτικό μέσο είναι οπτικά πυκνότερο.

**E5.8** Ο δείκτης διάθλασης ενός οπτικού υλικού είναι:

- α. Μικρότερος της μονάδας.
- β. Καθαρός αριθμός
- γ. Πάντοτε ακέραιος.
- δ. Τίποτα από τα παραπάνω.

**E5.9** Ο δείκτης διάθλασης ενός οπτικού υλικού ισούται:

- α. Με το 1, αν το υλικό είναι διαφανές.
- β. Με το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο υλικό προς την ταχύτητα του φωτός στο κενό.
- γ. Με το πηλίκο της ταχύτητας του φωτός στο κενό προς την ταχύτητα του φωτός στο υλικό.
- δ. Με το γινόμενο της ταχύτητας του φωτός στο κενό επί την ταχύτητα του φωτός στο υλικό.

**E5.10** Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μεταβαίνει από οπτικό μέσο (α) σε οπτικό μέσο (β) με γωνία πρόσπτωσης,  $\theta_\alpha$  και αντίστοιχη γωνία διάθλασης,  $\theta_\beta$ . Η μαθηματική διατύπωση του νόμου Snell είναι:

$$\alpha. \frac{n_\alpha}{n_\beta} = \frac{\eta\mu\theta_\alpha}{\eta\mu\theta_\beta} \quad \beta. \frac{n_\alpha}{n_\beta} = \frac{\eta\mu\theta_\beta}{\eta\mu\theta_\alpha} \quad \gamma. n_\alpha \sigma\upsilon\nu\theta_\beta = n_\beta \sigma\upsilon\nu\theta_\alpha$$

**E5.11** Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μεταβαίνει από οπτικό μέσο (α) σε οπτικό μέσο (β) και προσπίπτει κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών. Η διαθλώμενη ακτίνα:

- α. Έχει διαφορετική συχνότητα από την προσπίπτουσα.
- β. Έχει διαφορετική διεύθυνση από την προσπίπτουσα.
- γ. Έχει ίδια ταχύτητα διάδοσης με την προσπίπτουσα.
- δ. Συνεχίζει κάθετα στο οπτικό μέσο (β).

**E5.12** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός μεταβαίνει από οπτικό μέσο (α) σε οπτικό μέσο (β) με γωνία πρόσπτωσης  $\theta_\alpha$  και γωνία διάθλασης  $\theta_\beta$ . Η τιμή του λόγου,  $\eta\mu\theta_\alpha/\eta\mu\theta_\beta$  :

- α. Εξαρτάται από την τιμή της γωνίας  $\theta_\alpha$ .
- β. Εξαρτάται από τους δείκτες διάθλασης των δύο οπτικών μέσων γι' αυτήν την ακτινοβολία.
- γ. Είναι πάντοτε μικρότερος της μονάδας.
- δ. Είναι πάντοτε μεγαλύτερος της μονάδας.

**E5.13** Κατά τη διάθλαση μιας μονοχρωματικής ακτινοβολίας:

- α. Μεταβάλλεται το χρώμα.
- β. Μειώνεται πάντοτε το μήκος κύματος.
- γ. Μεταβάλλεται η ταχύτητα διάδοσης.
- δ. Δεν μεταβάλλεται ποτέ η διεύθυνση διάδοσης.

**E5.14** Μονοχρωματική ακτινοβολία μεταβαίνει από τον αέρα στο γυαλί και προσπίπτει πλάγια στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο οπτικών μέσων. Η διαθλώμενη ακτίνα:

- α. Συγκλίνει προς την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια.
- β. Αποκλίνει από την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια.
- γ. Συνεχίζει στην ίδια κατεύθυνση.
- δ. Εκτρέπεται κατά  $180^{\circ}$  από την αρχική της κατεύθυνση.

**E5.15** Μονοχρωματική ακτινοβολία μεταβαίνει από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο και προσπίπτει πλάγια στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο οπτικών μέσων. Η διαθλώμενη ακτίνα:

- α. Συγκλίνει προς την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια.
- β. Αποκλίνει από την κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια.
- γ. Συνεχίζει στην ίδια κατεύθυνση.
- δ. Εκτρέπεται κατά  $180^{\circ}$  από την αρχική κατεύθυνσή της.

**E5.16** Κατά τη διάθλαση μιας ακτινοβολίας μεταβάλλεται:

- α. Το χρώμα, η ταχύτητα και το μήκος κύματος.
- β. Η συχνότητα της ακτινοβολίας.
- γ. Μόνο η ταχύτητα του φωτός.
- δ. Η ταχύτητα και το μήκος κύματος της ακτινοβολίας.

**E5.17** Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μεταβαίνει από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο και προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων με την κρίσιμη γωνία των δύο υλικών. Τότε:

- α. Ανακλάται και επιστρέφει στο αρχικό μέσο.
- β. Διαθλάται με γωνία διάθλασης μικρότερη από  $90^{\circ}$ .
- γ. Διαθλάται με γωνία διάθλασης ίση με  $90^{\circ}$ .
- δ. Χρειαζόμαστε και άλλα στοιχεία για τα οπτικά μέσα για να απαντήσουμε.

**E5.18** Για να συμβεί ολική εσωτερική ανάκλαση πρέπει το φως να μεταβαίνει:

- α. Από το πυκνότερο προς το αραιότερο οπτικά μέσο και να προσπίπτει με την κρίσιμη γωνία στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών.
- β. Από το πυκνότερο προς το αραιότερο οπτικά μέσο και να προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών με γωνία μεγαλύτερη από την κρίσιμη.
- γ. Από το πυκνότερο προς το αραιότερο οπτικά μέσο και να προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών με γωνία μικρότερη από την κρίσιμη.
- δ. Από το αραιότερο προς το πυκνότερο οπτικά μέσο και να προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών με γωνία μεγαλύτερη από την κρίσιμη.

**E5.19** Ένα κατεργασμένο διαμάντι λαμποκοπά στο φως χάρις στο φαινόμενο της:

- α. Διάχυσης του φωτός.
- β. Κατοπτρικής ανάκλασης του φωτός.
- γ. Ολικής εσωτερικής ανάκλασης του φωτός.
- δ. Συμβολής του φωτός.

**E5.20** Ένας δύτες που βρίσκεται μέσα στο νερό και κοιτάζει προς την επιφάνεια μπορεί να βλέπει:

- α. Μόνο την επιφάνεια του νερού.
- β. Μόνο το βυθό.
- γ. Μόνο τον αέρα.
- δ. Όλα τα προηγούμενα.

**E5.21** Να εξηγήσετε με λίγα λόγια:

- α. Τη διαφορά κατοπτρικής ανάκλασης και διάχυσης.
- β. Τους νόμους της κατοπτρικής ανάκλασης.
- γ. Τους νόμους της διάθλασης.
- δ. Πότε συμβαίνει ολική εσωτερική ανάκλαση.
- ε. Γιατί ο δείκτης διάθλασης των οπτικών μέσων είναι,  $n \geq 1$ .

**E5.22** Με τη βοήθεια του νόμου του Snell να ελέγξετε την αλήθεια των ακόλουθων προτάσεων και να δώσετε πλήρη αιτιολόγηση της ορθότητας αυτών.

- α. Αν μονοχρωματική ακτίνα φωτός περάσει από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο, η διαθλώμενη ακτίνα αποκλίνει από την κάθετο.
- β. Αν μονοχρωματική ακτίνα φωτός περάσει από οπτικά αραιότερο σε οπτικά πυκνότερο μέσο η διαθλώμενη ακτίνα συγκλίνει προς την κάθετο.
- γ. Αν μονοχρωματική ακτίνα φωτός προσπέσει κάθετα στη διαχωριστική επιφάνεια δύο διαφανών υλικών δεν αλλάζει κατεύθυνση.

**E5.23** Να δικαιολογήσετε την αλήθεια της ακόλουθης πρότασης:

«Όταν το μονοχρωματικό φως διέρχεται από ένα οπτικό υλικό σε κάποιο άλλο, η συχνότητα δεν μεταβάλλεται».

**E5.24** Να δοθούν σύντομες απαντήσεις στα ερωτήματα που ακολουθούν:

- α. Κατά τη μετάβαση μιας ακτίνας μονοχρωματικού φωτός από ένα οπτικό μέσο στο άλλο, ποια γωνία ονομάζεται κρίσιμη ή οριακή γωνία;
- β. Ποιοι παράγοντες και πως καθορίζουν την τιμή της κρίσιμης γωνίας μεταξύ δύο οπτικών υλικών;
- γ. Υπό ποιες προϋποθέσεις συμβαίνει το φαινόμενο της ολικής εσωτερικής ανάκλασης;
- δ. Πως εξηγείται η λαμπρότητα των διαμαντιών;

**E5.25** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές;

- α. Αν το φως προσπέσει πάνω σε λεία και στιλπνή επιφάνεια (κάτοπτρο) τότε όσες ακτίνες επιστρέψουν στο ίδιο οπτικό μέσο ακολουθούν συγκεκριμένη διεύθυνση που καθορίζεται από την κλίση της επιφάνειας.
- β. Αν το φως προσπέσει πάνω σε μια ακανόνιστη και τραχιά επιφάνεια τότε όσες ακτίνες επιστρέψουν στο ίδιο οπτικό μέσο διασπείρονται προς όλες τις κατευθύνσεις.
- γ. Κατά τη διάχυση του φωτός, η κάθε ακτίνα που ανακλάται στην επιφάνεια ακολουθεί τους νόμους της κατοπτρικής ανάκλασης.
- δ. Κατά την ανάκλαση ή τη διάχυση του φωτός η ταχύτητα διάδοσης αυτού μεταβάλλεται.

**E5.26** Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις που αναφέρονται στην ανάκλαση του φωτός είναι σωστές;

- α. Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η κάθετη στην επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης μιας ακτίνας, βρίσκονται σε διαφορετικά επίπεδα.
- β. Η γωνία ανάκλασης είναι ίση με τη γωνία πρόσπτωσης.
- γ. Αν μια ακτίνα φωτός προσπέσει σε επίπεδο κάτοπτρο με διεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $30^\circ$  με την επιφάνεια του κατόπτρου, η ανακλώμενη θα σχηματίζει γωνία  $60^\circ$  με την κάθετη στο σημείο πρόσπτωσης.
- δ. Αν μια ακτίνα φωτός προσπέσει σε επίπεδο κάτοπτρο με διεύθυνση που σχηματίζει γωνία  $30^\circ$  με την επιφάνεια του κατόπτρου, η κατεύθυνση της ανακλώμενης σχηματίζει με την κατεύθυνση της προσπίπτουσας γωνίας  $120^\circ$ .

**E5.27** Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν και αναφέρονται στη διάθλαση είναι σωστές;

- α. Αιτία της διάθλασης είναι η διαφορετική ταχύτητα που έχει το φως στα δύο οπτικά μέσα.
- β. Η ταχύτητα του φωτός σε ένα οπτικό μέσο είναι μικρότερη από αυτή που έχει το φως στο κενό.
- γ. Ο (απόλυτος) δείκτης διάθλασης για όλα τα διαφανή υλικά (εκτός του αέρα) είναι πάντοτε μεγαλύτερος της μονάδας.
- δ. Όταν το φως μεταβαίνει από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο, η ταχύτητα και η συχνότητα μεταβάλλονται.

**E5.28** Μονοχρωματική ακτινοβολία μεταβαίνει από τον αέρα στο γυαλί και προσπίπτει πλάγια στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο οπτικών μέσων. Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές ή λανθασμένες; Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

- α. Η συχνότητα της ακτινοβολίας μεταβάλλεται.
- β. Η ταχύτητα της ακτινοβολίας διατηρείται σταθερή.
- γ. Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας μειώνεται.
- δ. Η διεύθυνση της ακτινοβολίας συγκλίνει προς την κάθετο στην επιφάνεια στο σημείο πρόσπτωσης.

**E5.29** Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μεταβαίνει από οπτικό μέσο, (1), με δείκτη διάθλασης  $n_1$  σε οπτικό μέσο, (2), με δείκτη διάθλασης  $n_2$ . Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι σωστές;

- α. Η ολική ανάκλαση είναι δυνατή μόνο αν,  $n_1 > n_2$ .
- β. Η κρίσιμη ή οριακή γωνία δίνεται από τη σχέση  $\eta\mu\theta_{cr} = \frac{n_1}{n_2}$ .
- γ. Για να συμβεί ολική ανάκλαση πρέπει η γωνία πρόσπτωσης να είναι μικρότερη από τη κρίσιμη γωνία  $\theta_{cr}$ .
- δ. Αν η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη κρίσιμη γωνία, τότε το φως περνάει στο μέσο (2) με διεύθυνση κάθετη στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών.

**E5.30** Ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις που αναφέρονται στην κρίσιμη γωνία είναι σωστές ή λανθασμένες; Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

- α. Η κρίσιμη γωνία αναφέρεται σε ζεύγη υλικών και όχι στο καθένα από αυτά.
- β. Η κρίσιμη γωνία για ένα ζεύγος υλικών εξαρτάται μόνο από τους δείκτες διάθλασης των υλικών για την ακτινοβολία αυτή.
- γ. Αν ένα υγρό, έχει για μια ακτινοβολία, δείκτη διάθλασης  $n_0 = \sqrt{2}$ , η κρίσιμη γωνία του υγρού αυτού ως προς τον αέρα είναι  $45^\circ$ .
- δ. Αν ένα δύτης βρίσκεται μέσα στο νερό και κοιτάζει προς τα πάνω, μπορεί να δει έξω από το νερό υπό οποιαδήποτε γωνία και αν κοιτάζει.

**E5.31** Ποιο από τα φαινόμενα που ακολουθούν δεν οφείλεται στην ολική εσωτερική ανάκλαση;

- α. Η παγίδευση ακτίνας φωτός σε οπτική ίνα.
- β. Τα κατεργασμένα διαμάντια λαμποκοπούν πολύ έντονα.
- γ. Ένα μολύβι μισοβυθισμένο σ' ένα ποτήρι με νερό φαίνεται σαν σπασμένο.
- δ. Με το περισκόπιο οι άνθρωποι μέσα στο υποβρύχιο βλέπουν τι γίνεται πάνω από την επιφάνεια του νερού.

**E5.32** Ο δείκτης διάθλασης ενός διαφανούς οπτικού μέσου:

- α. Έχει μόνο μια τιμή για το μέσο αυτό.
  - β. Μπορεί να είναι και  $\sqrt{3}/2$ .
  - γ. Είναι αντιστρόφως ανάλογος με την ταχύτητα του φωτός μέσα στο οπτικό μέσο.
  - δ. Είναι αδύνατον να είναι μικρότερος της μονάδας.
- Ποιες από τις προηγούμενες προτάσεις είναι σωστές;

**E5.33** Τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης ισχύουν:

- α. Μόνο για τα φωτεινά κύματα.
- β. Για όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.
- γ. Για τα μηχανικά κύματα.
- δ. Όλα τα παραπάνω.

**E5.34** Αν μια επίπεδη κατοπτρική επιφάνεια περιστραφεί κατά γωνία  $\varphi$  και η κατεύθυνση της προσπίπτουσας ακτίνας διατηρηθεί σταθερή, τότε η ανακλώμενη ακτίνα θα περιστραφεί κατά:

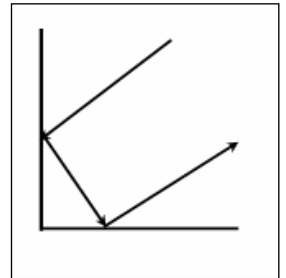
- α.  $\varphi$
- β.  $2\varphi$
- γ.  $\varphi/2$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.35** Δύο επίπεδες κατοπτρικές επιφάνειες σχηματίζουν μεταξύ τους μια στερεή γωνία,  $\theta=90^\circ$  και μια φωτεινή ακτίνα προσπίπτει στη μία επιφάνεια υπό γωνία  $\varphi$ , όπου  $\varphi < 90^\circ$ , ανακλάται, προσπίπτει και στη δεύτερη επιφάνεια και ανακλάται και πάλι. Η τελική ανακλώμενη και η αρχική προσπίπτουσα είναι μεταξύ τους:

- α. Παράλληλες.
- β. Κάθετες
- γ. Σχηματίζουν γωνία  $60^\circ$ .

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



**E5.36** Όταν μονοχρωματικό φως μεταβαίνει από το κενό ή τον αέρα σε κάποιο άλλο οπτικό μέσο, το μήκος κύματος:

- α. Αυξάνεται
- β. Μειώνεται
- γ. Μένει σταθερό

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.37** Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μεταβαίνει από αραιότερο οπτικό υλικό σε πυκνότερο και προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών υπό γωνία  $\theta_1$  ως προς την κάθετο. Η ακτίνα διαθλάται και εισέρχεται στο άλλο υλικό υπό γωνία  $\theta_2$  ως προς την κάθετο.

I. Ποια από τις ακόλουθες σχέσεις γωνιών είναι η σωστή;

- α.  $\theta_1 > \theta_2$ ,
- β.  $\theta_1 < \theta_2$ ,
- γ.  $\theta_1 = \theta_2$

II. Ποια από τις ακόλουθες σχέσεις μηκών κύματος είναι η σωστή;

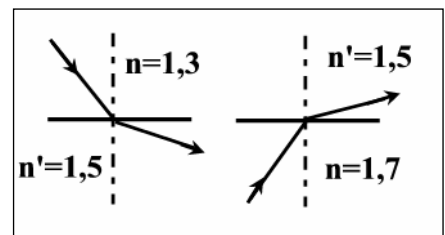
- α.  $\lambda_1 > \lambda_2$ ,
- β.  $\lambda_1 < \lambda_2$ ,
- γ.  $\lambda_1 = \lambda_2$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.38** Στο σχήμα φαίνονται δύο διαθλάσεις μιας μονοχρωματικής ακτίνας φωτός που προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων.

Να βρείτε αν οι εικόνες είναι σωστές ή λανθασμένες.

Να αιτιολογήσετε την θετική ή αρνητική απάντησή σας.

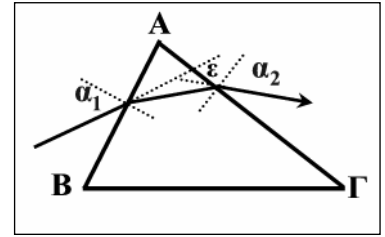


**E5.39** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός μεταβαίνει από οπτικό μέσο (α) με δείκτη διάθλασης  $n_\alpha = 3/2$  σε μέσο (β) με  $n_\beta = 3\sqrt{2}/2$ . Η γωνία πρόσπτωσης στη διαχωριστική επιφάνεια των δύο υλικών είναι  $\theta_\alpha = 45^\circ$ . Η γωνία διάθλασης  $\theta_\beta$  θα είναι:

- α.  $30^\circ$
- β.  $45^\circ$
- γ.  $60^\circ$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.40** Ακτίνα μονοχρωματικής ακτινοβολίας προσπίπτει στην έδρα AB, πρίσματος τριγωνικής κύριας τομής ABΓ, με γωνία πρόσπτωσης  $\alpha_1$  και εξέρχεται από την πλευρά AΓ υπό γωνία  $\alpha_2$  ως προς την κάθετο σ' αυτήν. Αν A είναι η διαθλαστική γωνία του πρίσματος, να αποδείξετε ότι η γωνία εκτροπής  $\varepsilon$  της ακτίνας αυτής λόγω του πρίσματος δίνεται από τη σχέση:



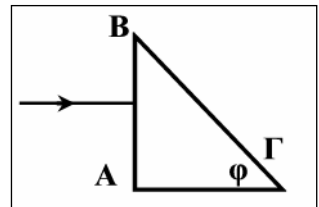
- α.  $\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2 - 2A$     β.  $\varepsilon = A - \alpha_1 - \alpha_2$     γ.  $\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2$     δ.  $\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2 - A$   
 Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.41** Έστω πρίσμα τριγωνικής κύριας τομής που περιβάλλεται από αέρα, του οποίου έχουμε τη δυνατότητα να μεταβάλλουμε τον δείκτη διάθλασης  $n$ . Αν θεωρήσουμε μονοχρωματική ακτινοβολία που προσπίπτει στην μια έδρα με σταθερή γωνία πρόσπτωσης  $\alpha_1$ , ενώ η διαθλαστική γωνία A είναι σταθερή και αυξάνουμε το δείκτη διάθλασης  $n$ , τότε η γωνία εκτροπής  $\varepsilon$ :

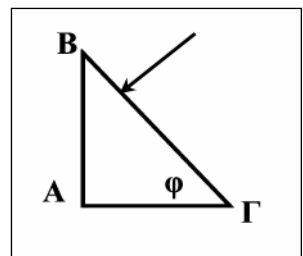
- α. Διατηρείται σταθερή    β. Αυξάνεται    γ. Μειώνεται

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας κάνοντας χρήση του νόμου του Snell και της σχέσης που δίνει τη γωνία εκτροπής,  $\varepsilon = \alpha_1 + \alpha_2 - A$ .

**E5.42** Θεωρούμε πρίσμα κύριας τομής ορθογώνιου ισοσκελούς τριγώνου με δείκτη διάθλασης,  $n > \sqrt{2}$  για μια μονοχρωματική ακτινοβολία και μια ακτίνα που προσπίπτει κάθετα σε μια από τις δύο κάθετες έδρες του πρίσματος. Να δείξετε ότι θα υποστεί ολική ανάκλαση και θα εξέλθει από την άλλη κάθετη έδρα και μάλιστα κάθετα σ' αυτήν.



**E5.43** Το πρίσμα που φαίνεται στο σχήμα έχει τομή σχήματος ορθογώνιου ισοσκελούς τριγώνου και αποτελείται από υλικό με δείκτη διάθλασης  $n = 3/2$ . Να σχεδιάσετε την πορεία μιας μονοχρωματικής φωτεινής ακτίνας που εισέρχεται στο πρίσμα κάθετα στην υποτείνουσα έδρα, μέχρι να εξέλθει από αυτό και να αιτιολογήσετε τη μορφή της.



**E5.44** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός που διαδίδεται στο γυαλί προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια του γυαλιού με τον αέρα με γωνία πρόσπτωσης  $\theta_1$  με  $n\theta_1 = \sqrt{3}/2$ . Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού είναι  $n_1 = \sqrt{2}$ . Η ακτινοβολία θα:

- α. Διαθλαστεί και θα βγει στον αέρα.  
 β. Κινηθεί παράλληλα στη διαχωριστική επιφάνεια.  
 γ. Ανακλαστεί ολικά από τη διαχωριστική επιφάνεια.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

(Πανελλαδικές 2004)

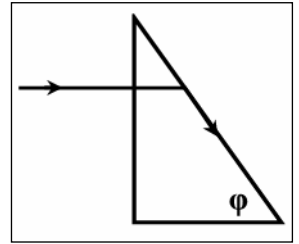
**E5.45** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός που διαδίδεται στον αέρα προσπίπτει πλάγια στην επιφάνεια γυάλινης πλάκας με γωνία πρόσπτωσης  $\theta_1$ . Η πλάκα παρουσιάζει για την ακτινοβολία αυτή δείκτη διάθλασης  $n$ . Αν η ανακλώμενη ακτίνα είναι κάθετη στη διαθλώμενη, τότε ισχύει:

- α.  $\varepsilon\theta_1 = 1/n$     β.  $\varepsilon\theta_1 = n$     γ.  $n\theta_1 = 1/n$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



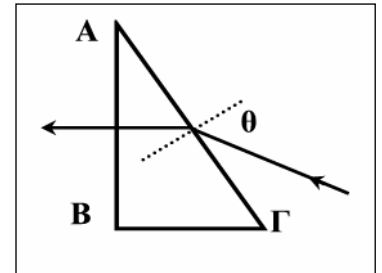
**E5.46** Στο διπλανό σχήμα φαίνεται η πορεία μιας μονοχρωματικής ακτίνας φωτός που προσπίπτει κάθετα στην κάθετη πλευρά ορθογώνιου γυάλινου πρίσματος. Δίνεται για το πρίσμα  $\eta = 60^\circ$ . Ο δείκτης διάθλασης για την ακτινοβολία αυτή είναι:



α.  $n=2$                       β.  $n=3/2$                       γ.  $\sqrt{3}$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

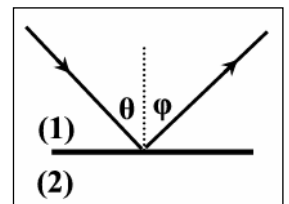
**E5.47** Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στην υποτείνουσα έδρα γυάλινου πρίσματος με γωνία  $\theta=45^\circ$ . Η γωνία του πρίσματος είναι  $A=30^\circ$  και η ακτίνα βγαίνει κάθετα από την έδρα AB. Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού είναι:



α.  $n=2\sqrt{2}$                       β.  $n=\sqrt{2}$                       γ.  $n=2$

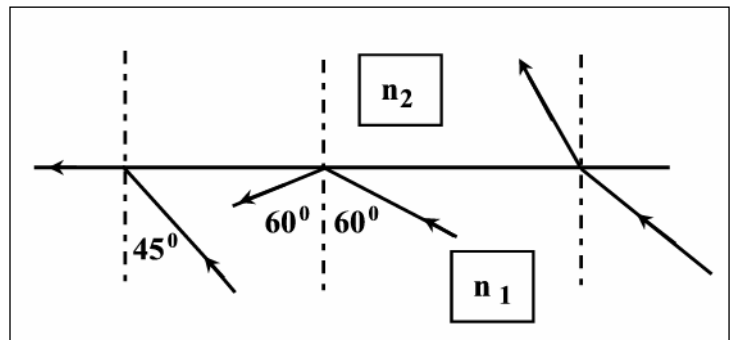
Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.48** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός συναντά τη διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων και ανακλάται όπως φαίνεται στο σχήμα. Ποιες από τις προτάσεις που ακολουθούν είναι σωστές; Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

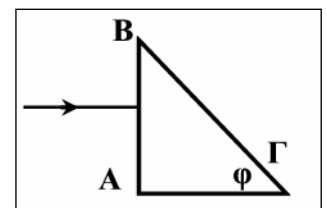


- α. Συμβαίνει το φαινόμενο της ολικής ανάκλασης.
- β. Για τους δείκτες διάθλασης ισχύει  $n_1 > n_2$ .
- γ. Για τις ταχύτητες του φωτός στα δύο οπτικά μέσα ισχύει  $v_1 < v_2$ .
- δ. Για τη γωνία  $\theta$  ισχύει  $\eta \mu \theta = n_1/n_2$ .
- ε. Για τις γωνίες πρόσπτωσης και ανάκλασης ισχύει  $\theta = \phi$ .

**E5.49** Στο σχήμα η οριζόντια γραμμή είναι η διαχωριστική επιφάνεια δύο οπτικών μέσων με δείκτες διάθλασης  $n_1=3/2$  και  $n_2=3\sqrt{2}/4$ . Τρεις ακτίνες της ίδιας ακτινοβολίας διαθλώνται στην επιφάνεια αυτή με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα. Ποιες από τις εικόνες είναι σωστές ή λανθασμένες; Να αιτιολογήσετε την κάθε επιλογή σας.



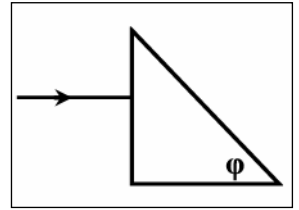
**E5.50** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια της έδρας AB ενός πρίσματος του οποίου η κάθετη τομή έχει σχήμα ορθογώνιου τριγώνου ABΓ, όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού για την ακτινοβολία αυτή είναι  $n=2\sqrt{3}/3$ . Η ελάχιστη τιμή της γωνίας  $\phi$  του πρίσματος για την οποία η ακτίνα εξέρχεται στον αέρα από την επιφάνεια της έδρας ΒΓ, είναι:



α.  $45^\circ$                       β.  $30^\circ$                       γ.  $60^\circ$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

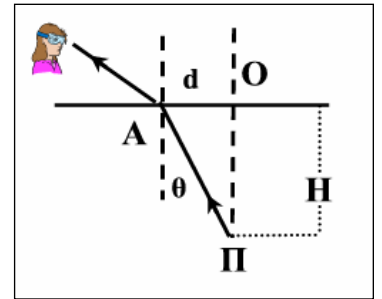
**E5.51** Ακτίνα μονοχρωματικής ακτινοβολίας προσπίπτει κάθετα στη μια κάθετη έδρα γυάλινου πρίσματος, κύριας τομής ισοσκελούς ορθογωνίου τριγώνου. Το πρίσμα περιβάλλεται από νερό δείκτη διάθλασης  $n_v=4/3$  και η ακτίνα προέρχεται από το νερό. Οι τιμές του δείκτη διάθλασης του γυαλιού του πρίσματος για αυτήν την ακτινοβολία, ώστε η ακτίνα να υφίσταται ολική ανάκλαση όταν προσπίπτει στην υποτείνουσα έδρα του πρίσματος, είναι:



- α.  $n > \sqrt{2}$                       β.  $n > 4\sqrt{2}/3$                       γ.  $n < 4\sqrt{2}$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

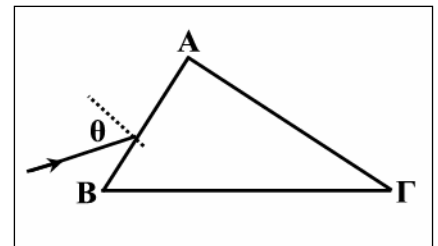
**E5.52** Σημειακή πηγή μονοχρωματικού φωτός,  $\Pi$ , βρίσκεται σε βάθος  $H$  κάτω από την επιφάνεια υγρού, το οποίο έχει για αυτήν την ακτινοβολία δείκτη διάθλασης  $n=\sqrt{2}$ . Η πηγή εκπέμπει μια ακτίνα φωτός που κατευθύνεται σε σημείο  $A$  της επιφάνειας της υγρού. Το σημείο  $A$  απέχει απόσταση  $d=3\text{m}$  από το σημείο  $O$ , στο οποίο η κατακόρυφη που διέρχεται από το  $\Pi$ , τέμνει την επιφάνεια του υγρού. Οι τιμές του βάθους  $H$  της πηγής για τις οποίες είναι δυνατή η έξοδος της ακτίνας στον αέρα, από το σημείο  $A$  είναι:



- α.  $H \geq 3\text{m}$                       β.  $H \leq 3\text{m}$                       γ.  $H \geq 2\text{m}$

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.53** Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει με γωνία πρόσπτωσης  $\theta$  στη μια κάθετη έδρα  $BA$ , γυάλινου πρίσματος που έχει τομή ορθογωνίου τριγώνου  $BA\Gamma$ , με  $A=90^\circ$ . Το πρίσμα περιβάλλεται από αέρα. Η ακτίνα αυτή αναδύεται από ένα σημείο της έδρας  $AG$ , εφαπτομενικά προς αυτή.



I. Η σχέση που συνδέει την τιμή της γωνίας  $\theta$  και το δείκτη διάθλασης του γυαλιού είναι:

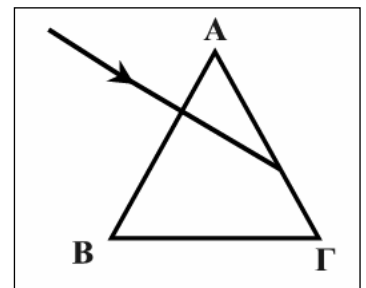
- α.  $\eta\mu\theta=1/n$                       β.  $\eta\mu\theta=n-1$                       γ.  $\eta\mu\theta=\sqrt{n^2-1}$

II. Έστω ότι το πρίσμα έχει δείκτη διάθλασης  $n=\sqrt{3/2}$  και μια ακτίνα φωτός προσπέσει στο πρίσμα αυτό με γωνία  $\theta_1=60^\circ$ , ποιο από τα δύο θα συμβεί:

- α. Η ακτίνα θα υποστεί ολική εσωτερική ανάκλαση στην έδρα  $AG$ .  
β. Η ακτίνα θα αναδυθεί από την έδρα  $AG$ .

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.54** Η κύρια τομή του πρίσματος είναι το ισόπλευρο τρίγωνο  $AB\Gamma$  και ο δείκτης διάθλασης του διαφανούς υλικού από το οποίο αποτελείται είναι  $n=3/2$ . Μονοχρωματική ακτίνα φωτός προσπίπτει κάθετα στην έδρα  $AB$  και φτάνει μέχρι την έδρα  $AG$ . Η ακτίνα φωτός:

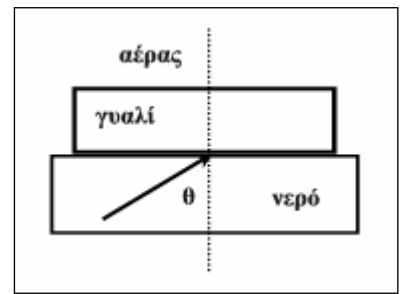


- α. Εξέρχεται εφαπτομενικά της έδρας  $AG$ .  
β. Εξέρχεται από την έδρα  $AG$ .  
γ. Υφίσταται ολική εσωτερική ανάκλαση στην έδρα  $AG$ .

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

**E5.55** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός διαδίδεται στο νερό, προσπίπτει με γωνία,  $\theta$  στη γυάλινη πλάκα και μετά εξέρχεται στον αέρα, εφαπτομενικά, στη πάνω οριζόντια έδρα της πλάκας. Αν οι δείκτες διάθλασης του νερού είναι  $n_v=4/3$  και του γυαλιού,  $n_\gamma=2$ , τότε, για τη γωνία πρόσπτωσης,  $\theta$ , ισχύει:

- α.  $\eta\mu\theta=1/2$                       β.  $\eta\mu\theta=1/3$                       γ.  $\eta\mu\theta=3/4$

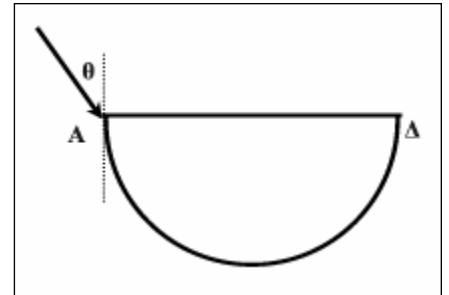


**E5.56** Μισός γυάλινος κύλινδρος ισορροπεί όπως φαίνεται στο σχήμα και από το σημείο Α εισέρχεται σ' αυτόν μονοχρωματική ακτινοβολία με γωνία  $\theta=45^\circ$ . Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού για την ακτινοβολία αυτή είναι  $n=\sqrt{2}$ .

I. Να σχεδιάσετε την πορεία της ακτίνας μέχρι την έξοδό της από τον κύλινδρο και να τη δικαιολογήσετε.

II. Η γωνία που σχηματίζει η ακτίνα εισόδου με την ακτίνα εξόδου από τον κύλινδρο είναι:

- α.  $0^\circ$                       β.  $45^\circ$                       γ.  $90^\circ$





### (Α) Ασκήσεις και προβλήματα

**A5.1** Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός μήκους κύματος  $\lambda_1=600\text{nm}$  ταξιδεύει σε οπτικό μέσο (1) και προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια αυτού με άλλο οπτικό μέσο (2), υπό γωνία  $60^\circ$  και διαθλάται υπό γωνία  $30^\circ$ . Ο δείκτης διάθλασης του οπτικού μέσου (1) για την ακτινοβολία αυτή είναι  $n_1=3/2$ . Να υπολογιστούν:

- Ο δείκτης διάθλασης του μέσου (2).
- Ο λόγος των ταχυτήτων του φωτός,  $c_1/c_2$  στα δύο οπτικά μέσα.
- Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας στο μέσο (2).

$$a. n_2=1,5\sqrt{3}, \beta. c_1/c_2=\sqrt{3}, \gamma. \lambda_2=200\sqrt{3}\text{nm}$$

**A5.2** Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός συχνότητας  $f=(\sqrt{2}/2)\cdot 10^{15}\text{Hz}$  εισέρχεται από τον αέρα στο γυαλί με γωνία πρόσπτωσης  $45^\circ$ .

- Αν η ταχύτητα του φωτός αυτού μέσα στο γυαλί γίνεται  $v=1,5\sqrt{2}\cdot 10^8\text{m/s}$ , πόση είναι η γωνία διάθλασης;
- Σε πόσο χρόνο διανύει πάχος γυαλιού  $10\text{cm}$ ;
- Πόσα μήκη κύματος από αυτή την ακτινοβολία περιέχονται σε μια διαδρομή  $30\text{cm}$  στο γυαλί; Δίνεται  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

$$a. 30^\circ, \beta. t=0,47\text{ns}, \gamma. 10^6 \text{ μήκη}$$

**A5.3** Μονοχρωματική δέσμη φωτός μήκους κύματος  $500\text{nm}$  μεταβαίνει από τον αέρα σε γυαλί και μετρήθηκε ότι η γωνία πρόσπτωσης στην επιφάνεια του γυαλιού είναι  $45^\circ$ , ενώ η γωνία διάθλασης  $30^\circ$ . Να υπολογιστούν:

- Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού γι' αυτήν τη δέσμη.
- Το μήκος κύματος του φωτός στο γυαλί.
- Αν ο αριθμός των μηκών κύματος που περιέχονται σε κομμάτι του ίδιου γυαλιού είναι  $2\cdot 10^5$ , πόσο είναι η διαδρομή που διανύει το φως μέσα στο γυαλί;

$$a. n=\sqrt{2}, \beta. \lambda=250\sqrt{2}\text{nm}, \gamma. 5\sqrt{2}\text{cm}$$

**A5.4** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός συχνότητας  $f=5\cdot 10^{14}\text{Hz}$  μεταβαίνει από ένα υγρό στον αέρα, και προσπίπτει στην επιφάνεια του υγρού υπό γωνία  $60^\circ$  ως προς αυτήν και διαθλάται υπό γωνία  $45^\circ$  ως προς την επιφάνεια.

- Πόσο είναι το μήκος κύματος του φωτός αυτού μέσα στο υγρό;
- Πόση είναι η κρίσιμη γωνία του υγρού ως προς τον αέρα.
- Αν το ίδιο φως μεταβεί από τον αέρα στο υγρό με γωνία πρόσπτωσης  $90^\circ$ , πόση θα είναι η γωνία διάθλασης; Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

$$a. \lambda=300\sqrt{2}\text{nm}, \beta. \theta_c=45^\circ, \gamma. \theta=45^\circ$$

**A5.5** Μονοχρωματική ακτίνα φωτός μεταβαίνει από τον αέρα σε υγρό δείκτη διάθλασης  $n=\sqrt{2}$  και προσπίπτει στην διαχωριστική επιφάνεια αέρα – υγρού με γωνία πρόσπτωσης  $45^\circ$ . Η κάθε ακτίνα αυτού του φωτός εν μέρει ανακλάται και εν μέρει διαθλάται μέσα στο υγρό.

- Να σχεδιάσετε τις πορείες της προσπίπτουσας, της ανακλώμενης και τη διαθλώμενης.
- Να υπολογίσετε τη γωνία μεταξύ της διαθλώμενης και της ανακλώμενης ακτίνας.

$$\beta. \omega=105^\circ$$

**A5.6** Ηλεκτρομαγνητικό κύμα διαδίδεται στο κενό και η εξίσωση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι  $E=6 \cdot 10^{-3} \eta \mu(\pi \cdot 10^8 t - kx)$  (SI).

α. Πόσο είναι το μήκος κύματος,  $\lambda_0$  και το πλάτος της έντασης του μαγνητικού πεδίου;

β. Αν το κύμα αυτό περάσει από το κενό στο νερό, του οποίου ο δείκτης διάθλασης γι' αυτήν την ακτινοβολία είναι  $n=4/3$ , το πλάτος της έντασης του μαγνητικού πεδίου γίνεται ίσο με το  $1/3$  της τιμής που είχε στο κενό. Να γραφεί η εξίσωση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε συνάρτηση με τα  $x$  και  $t$  όταν το κύμα διαδίδεται στο νερό.

Η ταχύτητα του φωτός στο κενό είναι  $c=3 \cdot 10^8$  m/s.

α.  $\lambda_0=6m$ ,  $B_0=2 \cdot 10^{-11}$  m, β.  $E=1,5 \cdot 10^{-3} \eta \mu(\pi \cdot 10^8 t - 4x/9)$ , (SI)

**A5.7** Δεξαμενή κυλινδρικού σχήματος με αδιαφανή τοιχώματα έχει πυθμένα διαμέτρου  $d=3m$ , είναι ανοικτή από το πάνω μέρος και γεμάτη με διαφανές υγρό.

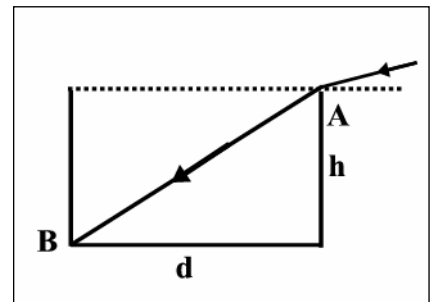
Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στο σημείο A της επιφάνειας του υγρού υπό γωνία  $30^\circ$  ως προς την επιφάνεια αυτήν, και αφού διαθλαστεί στο υγρό καταλήγει στο σημείο B της δεξαμενής όπως φαίνεται και στο σχήμα. Το ύψος της δεξαμενής είναι  $h=4m$ . Να υπολογιστούν:

α. Ο δείκτης διάθλασης του υγρού.

β. Η ταχύτητα του φωτός μέσα στο υγρό.

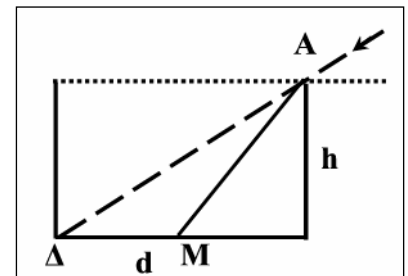
γ. Η επί τοις % μεταβολή της ταχύτητας του φωτός όταν περάσει από τον αέρα στο υγρό αυτό;

Δίνεται  $c=3 \cdot 10^8$  m/s.



α.  $n=1,44$ , β.  $2,083 \cdot 10^8$  m/s, γ.  $-30,55\%$

**A5.8** Προκειμένου να μετρήσουμε το δείκτη διάθλασης ενός υγρού πραγματοποιούμε το εξής πείραμα. Παίρνουμε ένα άδειο δοχείο με σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου, που έχει βάση μήκους  $d=30cm$  και ύψος  $h=40cm$ . Φωτίζουμε το δοχείο με μια ακτίνα μονοχρωματικής ακτινοβολίας έτσι ώστε η ακτίνα να περνάει από την κορυφή A και να καταλήγει στην κορυφή Δ. Τα σημεία A και Δ βρίσκονται στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο που τέμνει κάθετα τις έδρες του δοχείου. Γεμίζουμε το δοχείο με υγρό και χωρίς να αλλάξουμε την κατεύθυνση της ακτινοβολίας στο σημείο A, διαπιστώνουμε ότι τώρα η ακτίνα διαθλάται και καταλήγει στο μέσο M, της βάσης. Να υπολογιστεί ο δείκτης διάθλασης του υγρού, γι' αυτήν την ακτινοβολία.

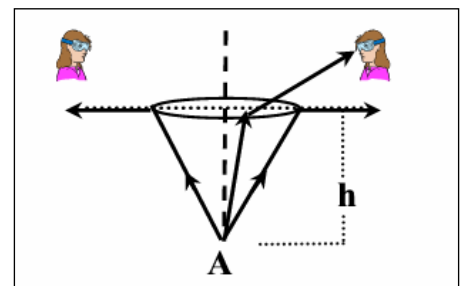


$n=1,709$

**A5.9** Σημειακή φωτεινή πηγή, A, μονοχρωματικής ακτινοβολίας βρίσκεται μέσα στο νερό πισίνας και σε βάθος  $h$  κάτω από την επιφάνειά του. Η πηγή εκπέμπει μονοχρωματικό φως προς όλες τις κατευθύνσεις, το οποίο μέσα στο νερό έχει ταχύτητα  $v=1,5\sqrt{2} \cdot 10^8$  m/s. Παρατηρητής που βρίσκεται σε κάποιο σημείο ψηλά πάνω από την επιφάνεια του νερού, παρατηρεί ότι στην επιφάνεια σχηματίζεται φωτεινός δίσκος ακτίνας  $r=2m$ . Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό  $c=3 \cdot 10^8$  m/s. Να υπολογιστούν:

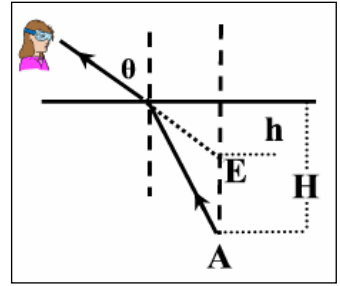
α. Ο δείκτης διάθλασης του νερού.

β. Το βάθος,  $h$ , στο οποίο βρίσκεται η πηγή.



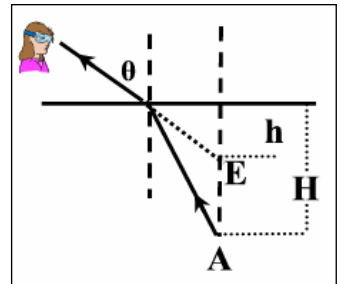
α.  $n=\sqrt{2}$  β.  $h=2m$

□A5.10 Σημειακή φωτεινή πηγή, A, εκπέμπει μονοχρωματικό φως μέσα από δεξαμενή που περιέχει νερό με δείκτη διάθλασης  $n=4/3$ . Η πηγή βρίσκεται σε βάθος  $H=4\text{m}$  κάτω από την επιφάνεια του νερού, αλλά παρατηρητής που στέκεται πάνω από το νερό την βλέπει φαινομενικά ανυψωμένη και νομίζει ότι βρίσκεται στη θέση, E. Δεχόμαστε ότι η γωνία η γωνία πρόσπτωσης,  $\theta$ , ως προς την κάθετο στην επιφάνεια, με την οποία βλέπει ο παρατηρητής τη φωτεινή πηγή είναι πολύ μικρή, έτσι ώστε να μπορούμε να θεωρήσουμε ότι  $\eta\mu\theta=\epsilon\phi\theta$ . Να υπολογιστεί το βάθος,  $h$ , στο οποίο βλέπει ο παρατηρητής τη φωτεινή πηγή.



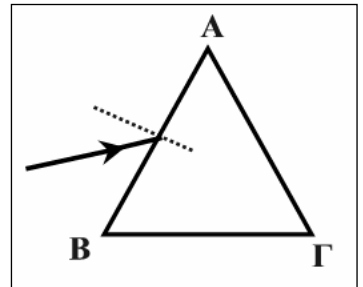
$$h=3\text{m}$$

□A5.11 Αντικείμενο, A, βρίσκεται μέσα στο νερό μιας λίμνης και αιωρείται σε βάθος  $H$  κάτω από την τελείως λεία επιφάνεια του νερού. Παρατηρητής που βρίσκεται έξω από το νερό κοιτάζει το αντικείμενο με γωνία  $\theta=60^\circ$  ως προς την κάθετο στην επιφάνεια και διαπιστώνει ότι το βλέπει στο σημείο E που βρίσκεται σε βάθος  $h=1\text{m}$ . Ο δείκτης διάθλασης του νερού είναι  $n=4/3$ . Να υπολογιστεί το πραγματικό βάθος,  $H$ , που βρίσκεται το αντικείμενο, A.



$$H=2,03\text{m}$$

□A5.12 Πρίσμα που περιβάλλεται από αέρα έχει κύρια τομή ισοπλεύρου τριγώνου ΒΑΓ και αποτελείται από υλικό με δείκτη διάθλασης  $n=\sqrt{2}$ , για μια ακτινοβολία. Ακτίνα αυτής της ακτινοβολίας προσπίπτει υπό γωνία  $\alpha_1=45^\circ$  ως προς την κάθετο, στην μια έδρα ΒΑ, του πρίσματος και αφού διαθλαστεί εξέρχεται από ένα σημείο της έδρας ΑΓ.



α. Να σχεδιάσετε την πορεία της ακτίνας στο εσωτερικό του πρίσματος από την είσοδο μέχρι την έξοδο της από το πρίσμα.

β. Να αποδείξετε ότι είναι δυνατή αυτή η έξοδος από την έδρα ΑΓ του πρίσματος.

γ. Να υπολογίσετε τη γωνία υπό την οποία εξέρχεται η ακτίνα από το πρίσμα ως προς την κάθετο στην έδρα.

δ. Να σημειώσετε στο σχήμα τη γωνία εκτροπής,  $\epsilon$ , και να την υπολογίσετε.

$$\gamma. 45^\circ \delta. \epsilon=30^\circ$$

□A5.13 Γυάλινο πρίσμα έχει εγκάρσια τομή σχήματος ισοπλεύρου τριγώνου ΑΒΓ, όπως και στο σχήμα της προηγούμενης άσκησης. Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στην έδρα ΑΒ με γωνία πρόσπτωσης  $\alpha_1=60^\circ$ . Η ταχύτητα διάδοσης αυτής της ακτινοβολίας μέσα στο πρίσμα είναι  $c=\sqrt{3}\cdot 10^8\text{km/s}$ .

α. Να υπολογιστεί ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος γι' αυτήν την ακτινοβολία.

β. Να αποδείξετε ότι η ακτίνα του φωτός θα βγει από το πρίσμα.

γ. Να υπολογίσετε τη γωνία εκτροπής,  $\epsilon$ , της ακτίνας όταν θα εξέλθει από το πρίσμα.

Δίνεται η ταχύτητα του φωτός στο κενό  $c=3\cdot 10^8\text{m/s}$ .

$$a. n=\sqrt{3}, \gamma. \epsilon=60^\circ$$

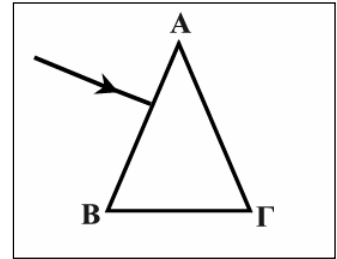
□A5.14 Ένα πρίσμα έχει εγκάρσια τομή ισοσκελούς τριγώνου γωνίας ΒΑΓ με  $A=30^\circ$  και  $AB=AG$ . Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός εισέρχεται στο πρίσμα κάθετα στην έδρα ΑΒ. Ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού του πρίσματος γι' αυτήν την ακτινοβολία είναι  $n=\sqrt{3}$ .

α. Να αποδείξετε ότι η ακτίνα θα αναδυθεί από την έδρα ΑΓ και δεν θα υποστεί ολική εσωτερική ανάκλαση. Το πρίσμα περιβάλλεται από αέρα.

β. Να υπολογιστεί η γωνία εκτροπής της ακτίνας κατά την έξοδό της.

γ. Για ποια τιμή του δείκτη διάθλασης του γυαλιού του πρίσματος η ίδια ακτίνα εξέρχεται οριακά από την έδρα ΑΓ;

$$\beta. \epsilon=30^\circ \gamma. n=2$$

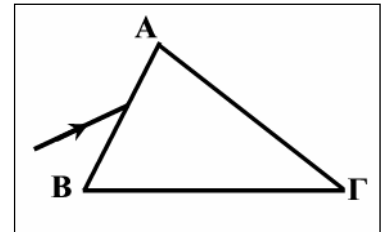


□A5.15 Πρίσμα κύριας τομής τριγώνου ΒΑΓ βρίσκεται στον αέρα και είναι κατασκευασμένο από διαφανές υλικό με δείκτη διάθλασης  $n=\sqrt{2}$  για μια συγκεκριμένη ακτινοβολία. Μια ακτίνα αυτής της ακτινοβολίας προσπίπτει στην έδρα ΒΑ υπό γωνία  $45^\circ$  ως προς την κάθετο και αμέσως μετά προσπίπτει στην έδρα ΑΓ.

α. Πόση πρέπει να είναι η τιμή της διαθλαστικής γωνίας, Α, του πρίσματος, ώστε η ακτινοβολία να εξέρχεται οριακά από την έδρα ΑΓ;

β. Πόση είναι η γωνία εκτροπής της ακτινοβολίας στην περίπτωση της οριακής εξόδου από το πρίσμα;

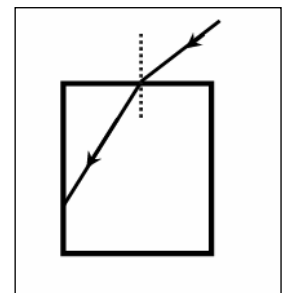
$$a. A=75^\circ, \beta. \epsilon=60^\circ$$



□A5.16 Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στην οριζόντια επιφάνεια ορθογώνιου πρίσματος γυαλιού υπό γωνία  $45^\circ$  ως προς την κάθετο σε αυτήν.

α. Αν το γυαλί περιβάλλεται από αέρα, για ποιες τιμές του δείκτη διάθλασης του γυαλιού είναι δυνατή η έξοδος της ακτίνας από την κατακόρυφη έδρα της πλάκας;

β. Αν το γυαλί είναι βυθισμένο ολόκληρο μέσα σε υγρό με δείκτη διάθλασης  $n_0=1,20$  για ποιες τιμές του δείκτη διάθλασης του γυαλιού συμβαίνει ολική ανάκλαση στην κατακόρυφη έδρα του πρίσματος; Η ακτίνα του φωτός στην περίπτωση αυτή προέρχεται από το υγρό.



$$a. n \leq \sqrt{3/2} \quad \beta. n > \sqrt{2,16}$$

□A5.17 Η κύρια τομή ΑΒΓ ενός πρίσματος είναι ισοσκελές ορθογώνιο τρίγωνο του οποίου η ορθή γωνία είναι η Α, οι ίσες πλευρές έχουν μήκος,  $AB=AG=12 \text{ cm}$  και περιβάλλεται από αέρα. Μια παράλληλη δέσμη μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στην έδρα ΑΒ παράλληλα προς την έδρα ΒΓ έτσι ώστε να την καλύπτει ολόκληρη.

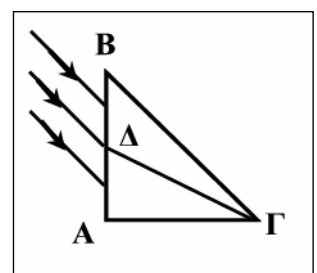
α. Βρείτε σε πόση απόσταση από την κορυφή Α προσπίπτει εκείνη η ακτίνα της δέσμης η οποία διαθλώμενη διέρχεται από την κορυφή Γ.

β. Αν μια ακτίνα μετά την διάθλασή της στην έδρα ΑΒ προσπέσει πρώτα στην έδρα ΒΓ από ποια έδρα θα βγει από το πρίσμα και υπό ποια γωνία ως προς την κάθετο προς την έδρα αυτή.

γ. Αν μια άλλη ακτίνα μετά την διάθλασή της επί της έδρας ΑΒ προσπέσει πρώτα στην έδρα ΑΓ από ποια έδρα θα βγει από το πρίσμα και υπό ποια γωνία ως προς την κάθετο προς την έδρα αυτή.

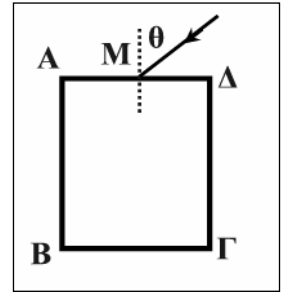
Δίνονται ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος  $n=\sqrt{2}$  και  $\eta_{\mu 15^\circ}=0,259$ ,  $\eta_{\mu 21^\circ 42'}=0,365$ .

$$a. 4\sqrt{3} \text{ cm}, \beta. \text{ Από την ΑΓ με } 45^\circ, \gamma. \text{ Από τη ΒΓ με } 21^\circ 42'$$





□A5.18 Ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προερχόμενη από τον αέρα προσπίπτει στο μέσο M της πλευράς AΔ ορθογώνιας διαφανούς πλάκας με πλευρές AΔ=10cm και ΓΔ=20cm υπό γωνία πρόσπτωσης  $\theta=60^\circ$  όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο δείκτης διάθλασης του υλικού της πλάκας για την ακτινοβολία αυτή είναι  $n=\sqrt{3}=1,7$ .

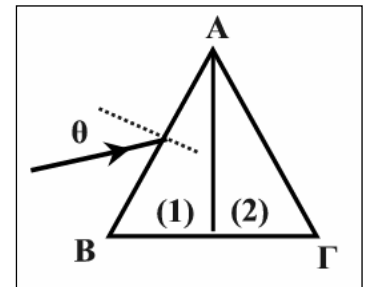


α. Να σχεδιαστεί η πορεία της ακτίνας και να δικαιολογηθεί η απάντησή σας.

β. Να προσδιοριστεί το σημείο και η γωνία εξόδου,  $\delta$ , της ακτίνας στον αέρα.

β.  $\delta=60^\circ$ , Από σημείο K της BΓ με  $KB=6,7\text{cm}$

□A5.19 Η εγκάρσια τομή ενός διπλού πρίσματος που βρίσκεται στο αέρα είναι ισόπλευρο τρίγωνο. Το πρίσμα αποτελείται από διαφορετικά διαφανή υλικά με  $n_1=\sqrt{2}$  και  $n_2=\sqrt{3}$  για μια μονοχρωματική ακτινοβολία. Μια ακτίνα αυτού του φωτός προσπίπτει στην έδρα AB υπό γωνία  $\theta=45^\circ$  και τελικά βγαίνει από το πρίσμα.



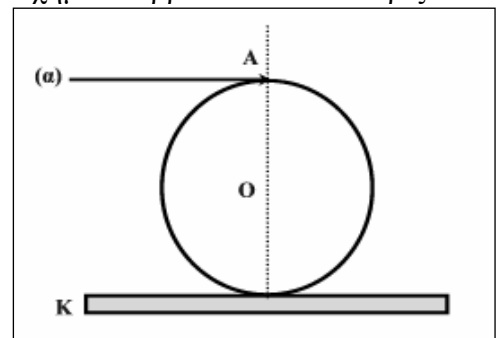
α. Να σχεδιάσετε την πορεία της ακτίνας μέχρι την έξοδό της.

β. Να υπολογίσετε τη γωνία εκτροπής της.

γ. Να επαναλάβετε τα ερωτήματα (α) και (β) αν το υλικό (2) είχε δείκτη διάθλασης  $n_2=2$ .

β.  $\epsilon=45^\circ$

□A5.20 Η γυάλινη σφαίρα ακτίνας  $R=1\text{m}$  που φαίνεται στο σχήμα ισορροπεί πάνω σε οριζόντιο κάτοπτρο, K και περιβάλλεται από αέρα. Μια ακτίνα μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει στην κορυφή A σε διεύθυνση οριζόντια μετά διαθλάται, βγαίνει από τη σφαίρα και φτάνει στο σημείο Γ του κατόπτρου. Ο δείκτης διάθλασης της σφαίρας για την ακτινοβολία αυτή είναι  $n=2\sqrt{3}/3$ .



α. Να σχεδιάσετε την πορεία της ακτίνας από το A στο Γ.

β. Να υπολογίσετε την απόσταση AΓ.

γ. Ποιος θα έπρεπε να ήταν ο δείκτης διάθλασης της γυάλινης σφαίρας ώστε η ακτίνα μετά το σημείο Γ να επέστρεφε στο A, ακολουθώντας την ίδια διαδρομή αλλά με αντίθετη φορά.

β.  $A\Gamma=\sqrt{7}\text{m}$ , γ.  $n'=\sqrt{2}$





