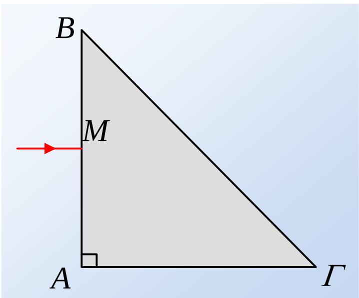
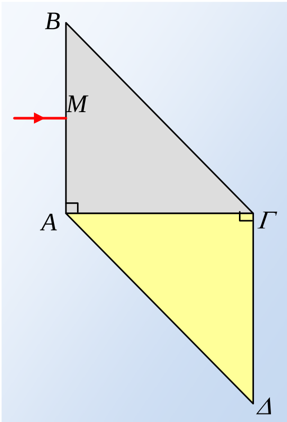
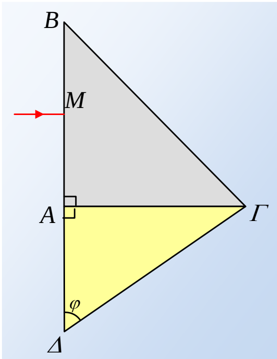
Ένας συνδυασμός πρισμάτων και διάθλαση.

Η τομή ενός πρίσματος είναι ορθογώνιο ισοσκελές τρίγωνο ΑΒΓ με κάθετες πλευρές 4cm. Μια μονοχρωματική ακτινοβολία με μήκος κύματος στο κενό λ_0=640nm προσπίπτει κάθετα στο μέσον της πλευράς ΑΒ, όπως στο πρώτο σχήμα. Αν ο δείκτης διάθλασης του πρίσματος για την ακτινοβολία αυτή είναι n=1,6:

i) Πόσα μήκη κύματος βρίσκονται κάθε στιγμή στο εσωτερικό του πρίσματος;





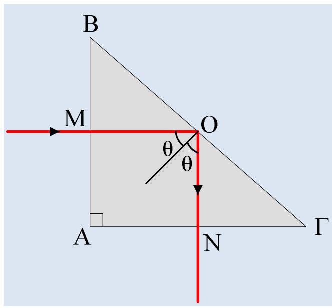


ii) Τοποθετούμε ένα όμοιου σχήματος δεύτερο πρίσμα, με δείκτη διάθλαση n_1=1,5 όπως στο μεσαίο σχήμα. Να χαράξετε την πορεία της ακτίνας, μέχρι την έξοδό της στον αέρα.

iii) Αν το δεύτερο πρίσμα είχε τομή ορθογωνίου τριγώνου με γωνία Δ=φ=60°, (δεξιό σχήμα) να χαράξετε ξανά την πορεία της ακτίνας μέχρι την έξοδό της στον αέρα.

Απάντηση:

i) Η ακτίνα θα κινηθεί ευθύγραμμα μέχρι να πέσει στο σημείο Ο της πλευράς ΒΓ (αφού ξεκινά από το μέσον της ΑΒ και είναι παράλληλη προς την πλευρά ΑΓ, το σημείο Ο είναι το μέσον της ΒΓ). Η γωνία πρόσπτωσης θ είναι ίση με 45° αφού η γωνία ΜΟΒ είναι ίση με 45° σαν συμπληρωματική της Β και θ+ΜΟΒ=90°.



Βρίσκουμε την κρίσιμη γωνία θ_{crit}: $n\cdot ημ\theta_{crit}=1 \rightarrow$

$$ημ\theta_{crit}=\frac{1}{n}=\frac{1}{1,6}=\frac{5}{8}=0,625$$

$$\text{ενώ } ημ\theta=\frac{\sqrt{2}}{2}\approx 0,71$$

παρατηρούμε ότι ημθ> $ημ\theta_{crit}$, συνεπώς η ακτίνα θα υποστεί ολική ανάκλαση και θα εξέλθει από το μέσον της ΑΓ κάθετα προς αυτήν. Η διαδρομή δηλαδή στο εσωτερικό του πρίσματος έχει μήκος s=(ΜΟ)+(ΟΝ) = 2cm + 2cm = 4cm.

Για τον δείκτη διάθλασης ισχύει:

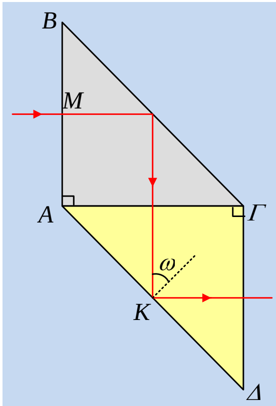
$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda} \rightarrow$$

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n} = \frac{640nm}{1{,}6} = 400nm$$

Οπότε κάθε στιγμή στο εσωτερικό του πρίσματος έχουμε:

$$N = \frac{s}{\lambda} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{400 \cdot 10^{-9}} = 10^5 \text{ μήκη κύματος.}$$

ii) Στο διπλανό σχήμα βλέπουμε την ακτίνα μετά την ολική της ανάκλαση να προσπίπτει κάθετα στην πλευρά ΑΓ, στο μέσον της, οπότε χωρίς να αλλάξει πορεία προσπίπτει στο μέσον Κ της πλευράς ΑΔ, υπό γωνία ω=45° (για τους ίδιους όπως παραπάνω λόγους).



Βρίσκουμε ξανά την οριακή γωνία για την ολική ανάκλαση στο σημείο Κ και έχουμε:

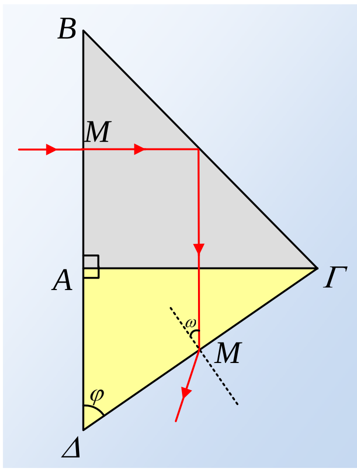
$$n_1 \cdot ημθ_{crit1} = n_{αερ} \cdot ημ90° \rightarrow ημθ_{crit1} = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{1{,}5} = \frac{2}{3} \approx 0{,}67$$

Παρατηρούμε λοιπόν ότι η κρίσιμη γωνία είναι μικρότερη από την γωνία πρόσπτωσης των 45° (στο πρώτο τεταρτημόριο η συνάρτηση του ημιτόνου είναι γνησίως αύξουσα, πράγμα που σημαίνει ότι μεγαλύτερη γωνία, μεγαλύτερο ημίτονο) και η ακτίνα θα υποστεί ξανά ολική ανάκλαση και θα φύγει υπό γωνία ξανά 45°, παράλληλα προς την πλευρά ΑΓ.

Αλλά τότε θα πέσει κάθετα στην ΓΔ και θα διαθλαστεί στον αέρα, χωρίς αλλαγή στην διεύθυνση διάδοσης.

Βλέπουμε δηλαδή ότι τελικά η ακτίνα θα κινηθεί σε διεύθυνση παράλληλη προς την αρχική, έχοντας υποστεί μόνο μια παράλληλη μετατόπιση, σε σχέση με την αρχική διεύθυνση διάδοσής της.

iii) Και πάλι βλέπουμε την ακτίνα να ανακλάται στο πρώτο πρίσμα και ακολουθώντας την ίδια πορεία, όπως και πριν, να προσπίπτει στο μέσον Μ της πλευράς ΓΔ, υπό γωνία ω. Η γωνία πρόσπτωσης ω έχει τις πλευρές κάθετες με τη γωνία ΑΓΔ του πρίσματος, αφού είναι οξείες γωνίες με κάθετες πλευρές, συνεπώς ω=30°. Αλλά προηγούμενα βρήκαμε ότι:



$$ημθ_{crit1} = \frac{1}{n_1} = \frac{1}{1{,}5} = \frac{2}{3} \approx 0{,}67$$

ενώ

$$\eta\mu\omega = \frac{1}{2} = 0,5$$

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρότερη της κρίσιμης γωνίας και η ακτίνα θα διαθλαστεί περνώντας στον αέρα στο σημείο Μ.

Υλικό Φυσικής - Χημείας.
Επειδή το να μοιράζεσαι πράγματα, είναι καλό για όλους....

Επιμέλεια

Διονύσης Μάργαρης