
ΦΥΣΙΚΗ Γ' ΛΥΚΕΙΟΥ

ΘΕΤΙΚΗΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗΣ
ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ

ΚΥΜΑΤΑ



ΜΠΕΝΑΚΗΣ ΜΑΝΩΛΗΣ
ΦΥΣΙΚΟΣ

ΚΥΜΑΤΑ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΘΕΩΡΙΑΣ

ΚΥΜΑ είναι η διάδοση μιας διαταραχής που **μεταφέρει ενέργεια και ορμή** με σταθερή ταχύτητα, **χωρίς όμως να μεταφέρει ύλη**.

Για τη δημιουργία ενός κύματος απαιτείται η **πηγή του κύματος** (η αφετηρία της διαταραχής) και το **μέσο διάδοσης** (ο χώρος στον οποίο θα διαδοθεί η διαταραχή).

Η πηγή των κυμάτων εκτελεί εξαναγκασμένη ταλάντωση που η ενέργειά της μεταδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις με ορισμένη ταχύτητα. Η διάδοση γίνεται μέσω των μορίων του μέσου, τα οποία αλληλεπιδρούν με τα γειτονικά τους. Τα μόρια του μέσου εκτελούν διαδοχικά την ίδια κίνηση με αυτή της πηγής αλλά με διαφορά φάσης, χωρίς να μεταφέρονται σε άλλες περιοχές του χώρου.

Όταν η ταλάντωση της πηγής είναι αρμονική, τότε το κύμα ονομάζεται **αρμονικό**.

- Κάθε κύμα : εκπορεύεται από μια πηγή (ένας ταλαντωτής σε ελεύθερη ή εξαναγκασμένη ταλάντωση), διαδίδεται σε κάποιο μέσο (κενό, αέρας, νερό...) ,είναι δυνατόν να ανιχνευθεί από κάποιον δέκτη (που μπορεί να είναι επίσης ένας ταλαντωτής ο οποίος ενεργοποιείται από αυτό).

ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

- Με κριτήριο το μηχανισμό διάδοσης : **Μηχανικά** (χρειάζονται μέσο διάδοσης) & **Ηλεκτρομαγνητικά** (δε χρειάζονται μέσο διάδοσης – διαδίδονται και στο κενό)
- Με κριτήριο τις διαστάσεις του μέσου : **Γραμμικά**, **επιφανειακά** και **όγκου**.
- Με κριτήριο το μηχανισμό διάδοσης : **Εγκάρσια** (τα μόρια του μέσου ταλαντώνονται κάθετα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος) & **Διαμήκη** (τα μόρια του μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος).
Τα εγκάρσια κύματα διαδίδονται στα στερεά και στην επιφάνεια των υγρών, σχηματίζοντας όρη και κοιλάδες.
Τα διαμήκη κύματα διαδίδονται στα στερεά, υγρά και αέρια, σχηματίζοντας πυκνώματα και αραιώματα.
- Με κριτήριο τη μετακίνηση της φάσης : **Τρέχοντα** & **στάσιμα**.

Περίοδος του κύματος (T) : το χρονικό διάστημα στο οποίο η κυματική εικόνα επαναλαμβάνεται

Συχνότητα του κύματος (f) : Η συχνότητα ταλάντωσης των μορίων του μέσου.

Ταχύτητα κύματος (v) : Η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται η διαταραχή.

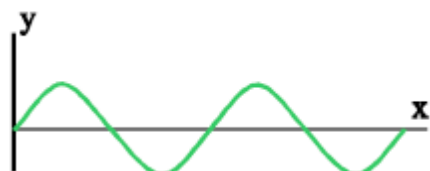
Εξαρτάται μόνο από το μέσο διάδοσης και δεν εξαρτάται από το πόσο ισχυρή είναι η διαταραχή. (σε συγκεκριμένο μέσο διάδοσης, όλα τα κύματα έχουν την ίδια ταχύτητα)

Μήκος κύματος (λ) : Η απόσταση που διανύει το κύμα σε μια περίοδο (ή η απόσταση μεταξύ δύο σημείων που απέχουν το ίδιο από τη θέση ισορροπίας και κινούνται κατά την ίδια φορά)

Η ενέργεια του κύματος καθορίζει το πλάτος ταλάντωσης των μορίων του μέσου.

Θεμελιώδης εξίσωση της κυματικής :

$$v = \lambda \cdot f$$

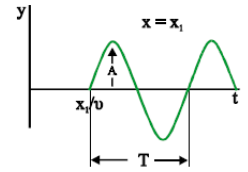


$$\text{ΕΞΙΣΩΣΗ ΑΡΜΟΝΙΚΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ: } y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Η εξίσωση είναι μια συνάρτηση με δύο μεταβλητές (χρόνος t - απόσταση x)

α) Για δεδομένο x : $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \text{σταθερ} \right)$

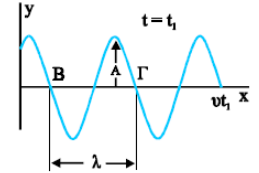
(πληροφορεί για τις θέσεις που αποκτά ένα υλικό σημείο στο κύλημα του χρόνου)



β) Για δεδομένο t : $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\text{σταθ.} - \frac{x}{\lambda} \right)$

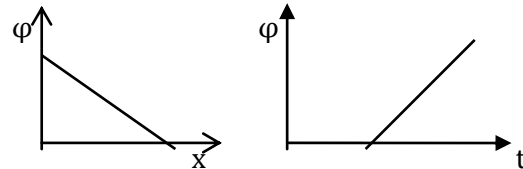
(πληροφορεί για τις θέσεις όλων των σημείων του μέσου μία δεδομένη χρονική στιγμή)

Η εξίσωση καλείται **στιγμιότυπο του κύματος** (είναι ένα είδος φωτογραφίας του).



Φάση του κύματος: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$ (εξαρτάται από τη θέση και το χρόνο)

- Αν $t = \text{σταθερό}$, $\varphi = 2\pi \left(\text{σταθ.} - \frac{x}{\lambda} \right)$
- Αν $x = \text{σταθερό}$, $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \text{σταθ.} \right)$



Διαφορά φάσης: Στον ίδιο χρόνο t : $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta x}{\lambda}$

Στο ίδιο σημείο x : $\Delta\varphi = 2\pi \frac{\Delta t}{T}$

Συμφωνία φάσης: (έχουν δύο σημεία όταν σε κάθε χρονική στιγμή, έχουν την ίδια απομάκρυνση και την ίδια ταχύτητα ταλάντωσης)

$$\Delta x = \kappa \cdot \lambda, \quad \text{όπου } \kappa = 1, 2, 3, \dots$$

Αντίθεση φάσης: (έχουν δύο σημεία όταν σε κάθε χρονική στιγμή, έχουν αντίθετη απομάκρυνση και αντίθετη ταχύτητα ταλάντωσης)

$$\Delta x = (2 \cdot \kappa + 1) \frac{\lambda}{2}, \quad \text{όπου } \kappa = 0, 1, 2, 3, \dots$$

- Όλα τα σημεία του υλικού μέσου, καθυστερούν σε φάση έναντι της πηγής κατά $\Delta\varphi = 2\pi x / \lambda$
- Η φάση φ μειώνεται καθώς κινούμαστε στην κατεύθυνση διάδοσης του κύματος.
- Όλα τα σημεία του υλικού μέσου καθυστερούν χρονικά έναντι της πηγής κατά $\Delta t = x / v$

□ Ένα σημείο σε απόσταση x_1 , αρχίζει να ταλαντώνεται μετά από χρόνο $\Delta t = x_1 / v$ (δηλαδή το κύμα φθάνει στο σημείο αυτό, μετά από χρόνο $\Delta t = x_1 / v$)

□ Εξίσωση αρμονικού κύματος που κινείται προς τα αριστερά: $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$

□ Ταχύτητα ταλάντωσης σημείου (ωκύτητα): $v = \omega \cdot A \cdot \sigma\upsilon\nu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

□ Επιτάχυνση σημείου: $a = -\omega^2 \cdot A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$

□ Άλλες μορφές της εξίσωσης κύματος: $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(f \cdot t - \frac{x}{\lambda} \right)$ ή $y = A \cdot \eta\mu \left(\frac{2\pi t}{T} - \frac{2\pi x}{\lambda} \right)$

ΣΥΜΒΟΛΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Είναι το αποτέλεσμα της ταυτόχρονης διάδοσης δύο ή περισσότερων κυμάτων στην ίδια περιοχή ενός ελαστικού μέσου.

Σύμφωνες πηγές: όταν έχουν την ίδια φάση ή οι φάσεις των δύο πηγών διαφέρουν κατά 2π

Συμβολή κυμάτων από δύο σύμφωνες πηγές

Έστω δύο σύμφωνες πηγές Π_1 και Π_2 .

Στο σημείο M φθάνουν δύο κύματα

$$y_1 = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1}{\lambda} \right) \quad \text{και}$$

$$y_2 = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_2}{\lambda} \right)$$

Το αποτέλεσμα της συμβολής, θα είναι $y = y_1 + y_2$

οπότε προκύπτει:

(χρησιμοποιώντας τη τριγωνομετρική ταυτότητα:

$$\eta\mu\alpha + \eta\mu\beta = 2\sigma\upsilon\nu \frac{\alpha - \beta}{2} \eta\mu \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$$y = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2\lambda} \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda} \right)$$

θέτω πλάτος: $A' = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2\lambda}$ και φάση $\varphi = \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda} \right)$

$$\text{Άρα} \quad y = A' \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{r_1 + r_2}{2\lambda} \right)$$

Η εξίσωση αυτή, παριστάνει γραμμική αρμονική ταλάντωση, πλάτους $A' = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2\lambda}$

και συχνότητας ίσης με τη συχνότητα των κυμάτων.

Το πλάτος εξαρτάται από τη διαφορά των αποστάσεων του υλικού σημείου από τις πηγές.

Διερεύνηση:

(α) ποια σημεία ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος;

$$\text{Πρέπει } A' = 2 \cdot A \rightarrow \sigma\upsilon\nu 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2} = \pm 1 \rightarrow 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2} = N \cdot \pi \rightarrow \boxed{|r_2 - r_1| = N \cdot \lambda}, \text{ όπου}$$

$N=0,1,2,3,\dots$

[ενισχυτική συμβολή]

Επομένως, τα υλικά σημεία των οποίων οι αποστάσεις από τις πηγές διαφέρουν κατά ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος, ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος $2A$.

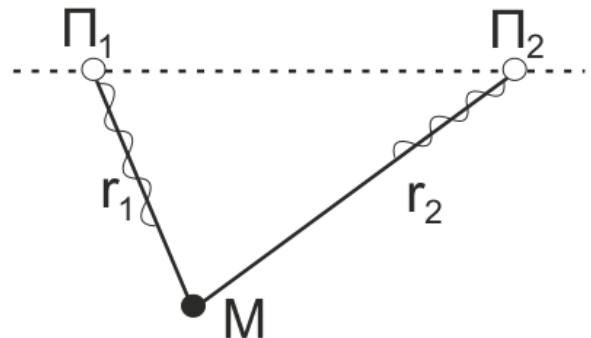
(β) ποια σημεία έχουν μηδενικό πλάτος;

$$\text{Πρέπει } A' = 0 \rightarrow \sigma\upsilon\nu 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2} = 0 \rightarrow 2\pi \frac{r_2 - r_1}{2} = (2N+1) \cdot \frac{\pi}{2} \rightarrow \boxed{|r_2 - r_1| = (2N+1) \frac{\lambda}{2}},$$

όπου $N=0,1,2,3,\dots$ **[αποσβεστική συμβολή]**

Επομένως, τα σημεία της επιφάνειας των οποίων οι αποστάσεις από τις πηγές διαφέρουν κατά περιττό πολλαπλάσιο του $\lambda/2$, παραμένουν ακίνητα.

- Ο γεωμετρικός τόπος των σημείων για τα οποία συμβαίνει ενισχυτική ή αποσβεστική συμβολή είναι υπερβολές. Το σύνολο των υπερβολών καλούνται κροσσοί συμβολής.



ΣΤΑΣΙΜΑ ΚΥΜΑΤΑ

Είναι το αποτέλεσμα της συμβολής δύο κυμάτων ίδιας συχνότητας και ίδιου πλάτους που διαδίδονται στο ίδιο μέσο με ίδια ταχύτητα και προς αντίθετες κατευθύνσεις.

$$y_1 = A \cdot \eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \quad \text{και} \quad y_2 = A \cdot \eta\mu 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right)$$

Το κύμα που προκύπτει : $y = y_1 + y_2$. οπότε
(χρησιμοποιώντας πάλι τη τριγωνομετρική ταυτότητα :

$$\eta\mu\alpha + \eta\mu\beta = 2\sigma\upsilon\nu \frac{\alpha - \beta}{2} \eta\mu \frac{\alpha + \beta}{2}$$

$$y = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi x}{\lambda} \eta\mu \frac{2\pi t}{T}$$

Η εξίσωση αυτή παριστάνει αρμονική ταλάντωση

Πλάτος του στάσιμου: $A' = 2A \cdot \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi x}{\lambda}$

Παρατηρούμε ότι **το πλάτος εξαρτάται μόνο από τη θέση του σημείου και όχι από το χρόνο.**

- Το πλάτος της ταλάντωσης δεν είναι το ίδιο για όλα τα σημεία, αλλά εξαρτάται από τη θέση κάθε σημείου του μέσου.
- Κάθε σημείο του στάσιμου κύματος ταλαντώνεται με σταθερό αλλά διαφορετικό πλάτος από τα υπόλοιπα σημεία. (κάθε σημείο έχει το δικό του πλάτος)

ΚΟΙΛΙΕΣ - ΔΕΣΜΟΙ

(Α) Υπάρχουν σημεία που ταλαντώνονται με μέγιστο πλάτος .

Τα σημεία αυτά ονομάζονται **κοιλίες**.

Συνθήκη για κοιλίες : πρέπει $A' = 2A \rightarrow \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi x}{\lambda} = \pm 1 \rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = \pm k\pi$

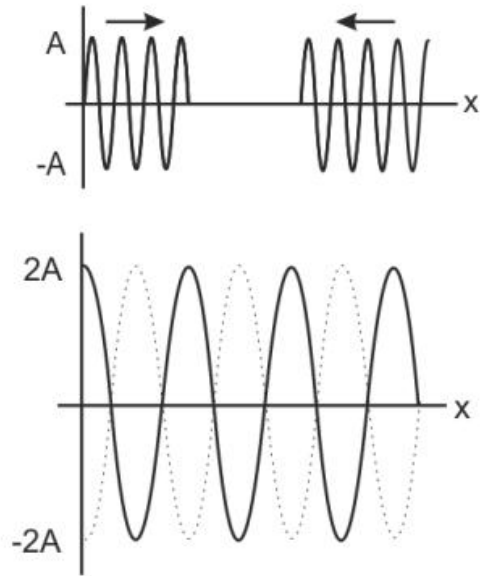
$$\rightarrow x_k = k \cdot \frac{\lambda}{2}, \quad \text{όπου } k = \pm 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

(Β) Υπάρχουν σημεία που παραμένουν μονίμως ακίνητα . Τα σημεία αυτά ονομάζονται **δεσμοί**.

Συνθήκη για δεσμούς : πρέπει $A' = 0 \rightarrow \sigma\upsilon\nu \frac{2\pi x}{\lambda} = 0 \rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = (2k + 1) \frac{\pi}{2} \rightarrow$

$$x_k = (2k + 1) \cdot \frac{\lambda}{4}, \quad \text{όπου } k = \pm 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$$

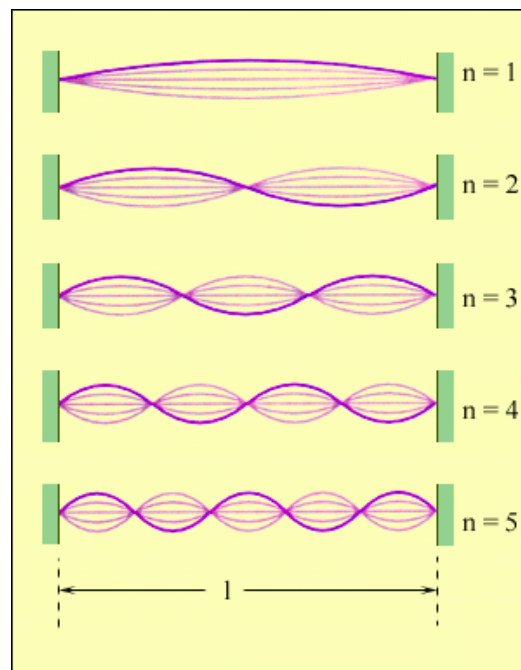
- Η απόσταση δύο δεσμών ή δυο κοιλιών είναι $\frac{\lambda}{2}$
- Η απόσταση δεσμού - κοιλίας είναι $\frac{\lambda}{4}$
- Στη θέση $x=0$ υπάρχει κοιλία του στάσιμου



- Όλα τα σημεία παίρνουν τη μέγιστη απομάκρυνση ταυτόχρονα και περνούν επίσης ταυτόχρονα από τη θέση ισορροπίας.
- Τα σημεία που βρίσκονται ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς δεσμούς έχουν ίδια φάση ($\varphi=0$)
- Τα σημεία εκατέρωθεν δεσμού (αυτά που τα χωρίζει δεσμός), έχουν διαφορά φάσης $\varphi=\pi$.
- Από τα προηγούμενα προκύπτει ότι η διαφορά φάσης μεταξύ των σημείων του στάσιμου μπορεί να πάρει μόνο δύο τιμές : μηδέν (0) ή π .
- Το στάσιμο κύμα δε μεταφέρει ενέργεια. Η ενέργεια που προέρχεται από τα συμβαλλόμενα κύματα, κατανέμεται στα μόρια του μέσου και κάθε ένα εκτελεί ταλάντωση με διαφορετικό πλάτος.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΤΡΕΧΟΝΤΟΣ & ΣΤΑΣΙΜΟΥ ΚΥΜΑΤΟΣ

- Στο τρέχον κύμα, όλα τα σημεία ταλαντώνονται με ίδιο πλάτος, ενώ στο στάσιμο, κάθε σημείο ταλαντώνεται με το δικό του πλάτος.
- Στο τρέχον κύμα, έχουμε μεταφορά ενέργειας από σημείο σε σημείο ενώ δε γίνεται αυτό στο στάσιμο.
- Στο τρέχον, η φάση κάθε σημείου εξαρτάται από τη θέση του, ενώ στο στάσιμο είναι 0 ή π .
- Στο τρέχον, τα σημεία περνούν από τη θέση ισορροπίας σε διαφορετικές στιγμές, ενώ στο στάσιμο ταυτόχρονα.
- Στο τρέχον, υπάρχει συγκεκριμένη κατεύθυνση διάδοσης, ενώ στο στάσιμο δεν υπάρχει.
- Στο τρέχον, όλα τα σημεία ταλαντώνονται, ενώ στο στάσιμο υπάρχουν σημεία που παραμένουν ακίνητα (δεσμοί).



ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΚΥΜΑΤΑ

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα (ΗΜ) είναι ένα σύνθετο κύμα που αποτελείται από δύο εγκάρσια κύματα (ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό) κάθετα μεταξύ τους, τα οποία βρίσκονται σε συμφωνία φάσης και διαδίδονται με την ίδια ταχύτητα (τη ταχύτητα του φωτός).

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δε χρειάζεται μέσο διάδοσης .

Στο κενό το ΗΜ κύμα διαδίδεται με ταχύτητα $c=3 \cdot 10^8$ m/s, ενώ σε κάθε άλλο μέσο με μικρότερη ταχύτητα.

$$\text{Εξίσωση του ηλεκτρικού πεδίου : } E = E_0 \cdot \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

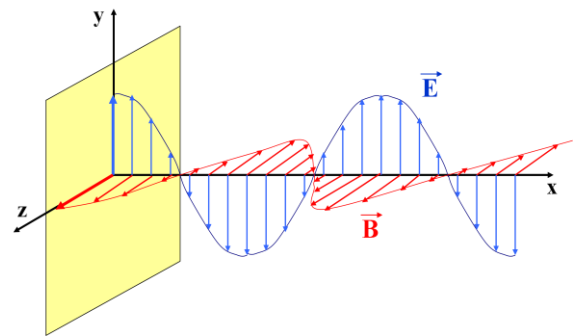
$$\text{Εξίσωση του μαγνητικού πεδίου : } B = B_0 \cdot \eta \mu 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

Αν το κύμα διαδίδεται στο κενό, κάθε στιγμή ο λόγος των μέτρων των εντάσεων του ηλεκτρικού προς το μαγνητικό πεδίο είναι σταθερός και ίσος με c . .

$$\frac{E}{B} = \frac{E_0}{B_0} = c$$

- Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υπακούουν στην αρχή της επαλληλίας.
- Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υπακούουν στη θεμελιώδη κυματική εξίσωση $u = \lambda f$

- Αιτία της δημιουργίας των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι η επιταχυνόμενη κίνηση ηλεκτρικών φορτίων.
- Για να είναι ένα κύμα ηλεκτρομαγνητικό , πρέπει να ισχύει ότι $E/B = c$ και $c = \lambda f$



ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από ταλαντούμενα ηλεκτρικά δίπολα αλλά και κατά τις αποδιεγέρσεις των ατόμων ή μορίων. Έτσι καλύπτουν ένα μεγάλο εύρος συχνοτήτων το οποίο ονομάζεται Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα. Τα κύματα αυτά έχουν διαφορετικές συχνότητες και διαφορετικά μήκη κύματος με αποτέλεσμα να έχουν διαφορετικές ιδιότητες και εφαρμογές.

| Φάσμα | Μήκος κύματος λ | Παραγωγή | Χρήσεις |
|-----------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|
| Ραδιοκύματα | 10^5 m έως λίγα cm | Ηλεκτρονικά κυκλώματα | Ραδιοφωνία - τηλεόραση |
| Μικροκύματα | 30cm - 1mm | Ηλεκτρονικά κυκλώματα | Ραντάρ, φούρνοι μικροκυμάτων, ιατρική |
| Υπέρυθρη ακτινοβολία | 1mm - 700nm | Θερμά σώματα | Θέρμανση, φωτογράφιση |
| Ορατή ακτινοβολία | 700nm - 400nm | Αποδιεγέρσεις ατόμων | όραση |
| Υπεριώδης ακτινοβολία | 400nm - 60 nm | Αποδιεγέρσεις ατόμων | Ιατρική, αποστείρωση |
| Ακτίνες X | 10^{-8} m - 10^{-13} m | Επιβράδυνση ηλεκτρονίων σε μεταλλικό στόχο | Ιατρική |
| Ακτίνες γ | 10^{-10} m - 10^{-14} m | Αποδιέγερση πυρήνων, πυρηνικές αντιδράσεις | Ιατρική |

ΟΡΑΤΟ ΦΑΣΜΑ

Είναι το τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. Εκτείνεται σε εύρος μηκών κύματος από 400nm έως 700nm (στο κενό).

Μονοχρωματική ακτινοβολία ονομάζεται η ακτινοβολία που περιέχει μήκη κύματος σε μία πολύ στενή περιοχή. Θεωρούμε ότι η μονοχρωματική ακτινοβολία περιέχει μία συχνότητα (ένα μήκος κύματος). Μονοχρωματική ακτινοβολία είναι η ακτινοβολία που παράγουν τα laser.

| Μήκος κύματος (στο κενό) | Χρώμα |
|--------------------------|-----------|
| 400nm – 440nm | Ιώδες |
| 440nm – 480nm | Κυανό |
| 480nm – 560nm | Πράσινο |
| 560nm – 590nm | Κίτρινο |
| 590nm – 630nm | Πορτοκαλί |
| 630nm – 700nm | ερυθρό |

ΑΝΑΚΛΑΣΗ – ΔΙΑΘΛΑΣΗ

Ανάκλαση εμφανίζεται όταν μία φωτεινή ακτίνα χτυπά στη διαχωριστική επιφάνεια που χωρίζει δύο οπτικά μέσα και επιστρέφει στο αρχικό μέσο διάδοσης.

Η γωνία που σχηματίζει η προσπίπτουσα ακτίνα με την κάθετη στην επιφάνεια ονομάζεται γωνία πρόσπτωσης, ενώ η γωνία που σχηματίζει η ανακλώμενη ακτίνα με την κάθετη, ονομάζεται γωνία ανάκλασης.

Η γωνία πρόσπτωσης είναι ίση με τη γωνία ανάκλασης $\theta_{\pi} = \theta_{\alpha}$ (νόμος της ανάκλασης)

Διάθλαση εμφανίζεται όταν μια φωτεινή ακτίνα χτυπά στη διαχωριστική επιφάνεια που χωρίζει δύο οπτικά μέσα και συνεχίζει στο νέο μέσο διάδοσης αλλάζοντας διεύθυνση.

Αιτία της διάθλασης είναι η διαφορετική ταχύτητα που έχει το φως στα διάφορα μέσα διάδοσης.

- Η προσπίπτουσα ακτίνα, η ανακλώμενη και η διαθλώμενη ακτίνα βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο που είναι κάθετο στη διαχωριστική επιφάνεια μεταξύ των μέσων και ονομάζεται επίπεδο διάθλασης.

Δείκτης διάθλασης: $n = \frac{c}{v}$,

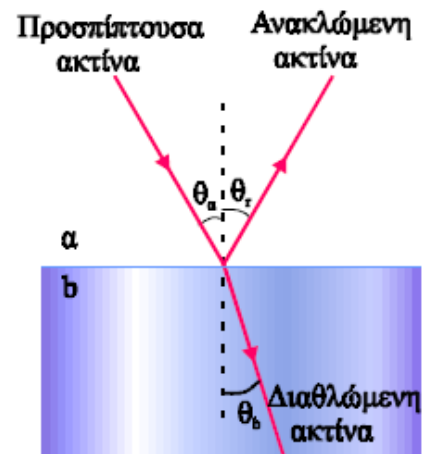
όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό και v η ταχύτητα του φωτός στο μέσο.

Φυσικά, ο δείκτης διάθλασης παίρνει τιμές μεγαλύτερες ή ίσες της μονάδας $n \geq 1$ αφού $c \geq v$

Ο δείκτης διάθλασης είναι καθαρός αριθμός. Ο δείκτης διάθλασης του κενού είναι $n=1$, ενώ για τα υπόλοιπα υλικά είναι $n>1$.

Αν ο δείκτης διάθλασης ενός υλικού μέσου Α είναι μεγαλύτερος από το δείκτη διάθλασης ενός υλικού μέσου Β, τότε λέμε ότι το μέσο Α είναι οπτικά πυκνότερο του Β.

Το φως διαδίδεται με μικρότερη ταχύτητα στο οπτικό μέσο Α από ότι στο Β.



Νόμος του Snell :

$$n_1 \cdot \eta\mu\theta_1 = n_2 \cdot \eta\mu\theta_2$$

ή $\frac{n_1}{n_2} = \frac{\eta\mu\theta_2}{\eta\mu\theta_1}$

- Όταν μια ακτίνα φωτός, περάσει από αραιότερο μέσο (έστω n_1) σε πυκνότερο (n_2), τότε η ταχύτητα και το μήκος κύματος μειώνονται, η γωνία διάθλασης είναι μικρότερη από τη γωνία πρόσπτωσης, ενώ η συχνότητα παραμένει σταθερή.
- $$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\eta\mu\theta_2}{\eta\mu\theta_1} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$
- Τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης αφορούν το σύνολο των ακτινοβολιών και τα μηχανικά κύματα και όχι μόνο το οπτικό φάσμα.
Χαρακτηριστικό παράδειγμα : τα ραδιοκύματα που ανακλώνται στις μεταλλικές επιφάνειες. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούμε παραβολικά κάτοπτρα και κατευθύνουμε τα ραδιοκύματα προς συγκεκριμένη κατεύθυνση .

ΟΛΙΚΗ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΑΝΑΚΛΑΣΗ

Ολική εσωτερική ανάκλαση παρατηρείται όταν το φως μεταβαίνει από πυκνότερο σε αραιότερο μέσο διάδοσης.

Υπάρχει μία γωνία πρόσπτωσης για την οποία η διαθλώμενη ακτίνα συμπίπτει με τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων. Η γωνία αυτή ονομάζεται **κρίσιμη γωνία** ή ορική (θ_{crit}).

Για γωνίες μεγαλύτερες της θ_{crit} , η ακτίνα δε διαθλάται αλλά ανακλάται ολικά.
Τότε έχουμε **ολική εσωτερική ανάκλαση** .

Υπολογισμός της κρίσιμης γωνίας θ_{crit} :

Από το νόμο Snell : $n_1 \cdot \eta\mu\theta_1 = n_2 \cdot \eta\mu\theta_2$.

Αν $\theta_1 = \theta_{crit}$, πρέπει $\theta_2 = 90^\circ \rightarrow \eta\mu\theta_2 = \eta\mu 90^\circ = 1$.

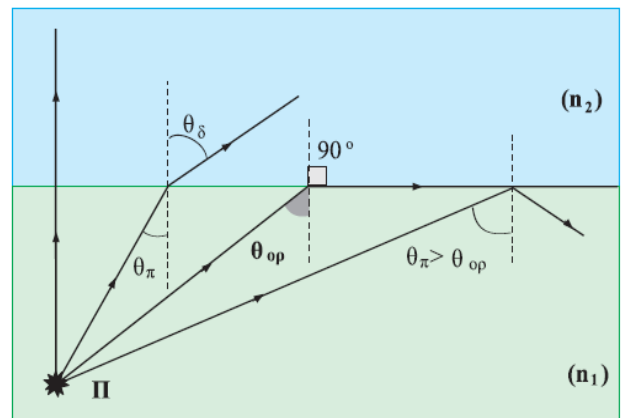
Οπότε $n_1 \cdot \eta\mu\theta_{crit} = n_2 \rightarrow$

$$\eta\mu\theta_{crit} = \frac{n_2}{n_1}$$

(Φυσικά πρέπει $n_2 < n_1$)

Αν το δεύτερο μέσο είναι ο αέρας ($n_2=1$), τότε

$$\eta\mu\theta_{crit} = \frac{1}{n}$$



- Χαρακτηριστική εφαρμογή του φαινομένου της ολικής ανάκλασης έχουμε στις οπτικές ίνες και σε οπτικές διατάξεις όπως τα περισκόπια . Επίσης στο φαινόμενο αυτό οφείλεται η λάμψη των πολυεδρικών πρισμάτων όπως οι πολύτιμοι λίθοι.

Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής

Μηχανικά κύματα

1. Κατά τη διάδοση ενός κύματος σε ένα ελαστικό μέσο :
 - α) μεταφέρεται ύλη
 - β) μεταφέρεται μόνο ενέργεια
 - γ) όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου έχουν την ίδια χρονική στιγμή την ίδια φάση
 - δ) μεταφέρονται ενέργεια και ορμή με ορισμένη ταχύτητα

2. Κατά τη διάδοση των εγκάρσιων κυμάτων, τα μόρια του ελαστικού μέσου :
 - α) ταλαντώνονται παράλληλα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
 - β) ταλαντώνονται κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
 - γ) κινούνται συνεχώς απομακρυνόμενα από τη πηγή των κυμάτων
 - δ) κινούνται συνεχώς προς τη πηγή των κυμάτων

3. Η ταχύτητα διάδοσης ενός μηχανικού κύματος εξαρτάται :
 - α) από τη συχνότητα του κύματος
 - β) από το μήκος κύματος του κύματος
 - γ) από το πλάτος του κύματος
 - δ) από το ελαστικό μέσο

4. Το μήκος κύματος ενός αρμονικού κύματος που διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου είναι :
 - α) η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών σημείων του ελαστικού μέσου τα οποία έχουν διαφορά φάσης 2π
 - β) η απόσταση μεταξύ της θέσης ισορροπίας και μιας ακραίας θέσης της ταλάντωσης
 - γ) η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο $t=T/2$
 - δ) η απόσταση ανάμεσα σε μια κορυφή και μια κοιλάδα εγκάρσιου κύματος

5. Η σχέση μεταξύ του μήκους κύματος λ , της συχνότητας f και της ταχύτητας v ενός κύματος είναι :
 - α) $v = f / \lambda$
 - β) $\lambda = f / v$
 - γ) $f = v / \lambda$
 - δ) $v = \lambda \cdot f$

6. Αν η συχνότητα των ταλαντώσεων της πηγής παραγωγής ενός αρμονικού κύματος διπλασιαστεί, τότε θα :
 - α) διπλασιαστεί το πλάτος του
 - β) διπλασιαστεί η περίοδος του
 - γ) υποδιπλασιαστεί η ταχύτητά του
 - δ) υποδιπλασιαστεί το μήκος κύματός του

7. Όταν ένα κύμα αλλάζει μέσο διάδοσης, τότε μεταβάλλεται :
 - α) η ταχύτητα και το μήκος κύματος του κύματος
 - β) η συχνότητα και το μήκος κύματος του κύματος
 - γ) μόνο η ταχύτητα του κύματος
 - δ) μόνο το μήκος κύματος του κύματος

8. Η εξίσωση ενός αρμονικού κύματος είναι $y = 5 \cdot \eta\mu(20\pi \cdot t - \pi \cdot x/10)$ (x, y σε cm)
 Το μήκος κύματος του κύματος είναι :
 - α) 10 cm
 - β) 5 cm
 - γ) 20 cm
 - δ) 40 cm
 Η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι :
 - α) 0,2 m/s
 - β) 2 m/s
 - γ) 10 cm/s
 - δ) 20 cm/s

9. Η φάση ενός κύματος, το οποίο διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση του άξονα x σε ένα σημείο του θετικού ημιάξονα :
 - α) αυξάνεται με το χρόνο
 - β) ελαττώνεται με το χρόνο
 - γ) αυξάνεται με την απόσταση από την αρχή O του άξονα
 - δ) ελαττώνεται με την απόσταση από την αρχή O του άξονα

10. Σε ένα ελαστικό μέσο διαδίδεται ένα αρμονικό κύμα μήκους κύματος λ . Η διαφορά φάσης των ταλαντώσεων δύο σημείων του μέσου που απέχουν μεταξύ τους απόσταση $\lambda/4$ είναι :

- α) $\pi/8$ β) $\pi/4$ γ) $\pi/2$ δ) π

11. Ένα αρμονικό κύμα πλάτους $A=0,2$ m , μήκους κύματος $\lambda = 1$ m συχνότητας $f = 5$ Hz διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση x κατά την αρνητική κατεύθυνση. Η εξίσωση του κύματος είναι :

- α) $y = 0,2\eta\mu(10\pi t - 2\pi x)$ β) $y = 0,2\eta\mu 2\pi(t/5 + x)$
 γ) $y = 0,2\eta\mu(10\pi t + 2\pi x)$ δ) $y = 0,2\eta\mu 2\pi(5t + 2\pi x)$

12. Η εξίσωση ενός αρμονικού κύματος είναι : $y = 4\eta\mu(16\pi t + 4\pi x)$ (x και y σε cm)

Η συχνότητα και το πλάτος του κύματος είναι αντίστοιχα :

- α) 8 Hz και 4 cm β) 16π Hz και 2,5 cm
 γ) 8π Hz και 4 cm δ) 4 Hz και 2,5 cm

13. Η φάση ενός αρμονικού κύματος :

- α) είναι συνάρτηση τόσο του χρόνου, όσο και της απόστασης από τη πηγή του κύματος
 β) είναι συνάρτηση μόνο του χρόνου
 γ) είναι συνάρτηση μόνο της απόστασης από τη πηγή του κύματος
 δ) εξαρτάται από το πλάτος του κύματος

Συμβολή – στάσιμα κύματα

14. Δύο πηγές κυμάτων χαρακτηρίζονται σαν σύγχρονες, όταν έχουν :

- α) το ίδιο πλάτος β) την ίδια φάση
 γ) την ίδια συχνότητα δ) την ίδια φάση και συχνότητα

15. Στην επιφάνεια ενός υγρού δύο σύγχρονες πηγές κυμάτων O_1 και O_2 εκτελούν κατακόρυφη αρμονική ταλάντωση και παράγουν πανομοιότυπα κύματα τα οποία έχουν το ίδιο μήκος κύματος λ . Ένα σημείο A της επιφάνειας στο οποίο φθάνουν τα δύο κύματα, θα μείνει συνεχώς ακίνητο, όταν η διαφορά των αποστάσεων $O_1A - O_2A$ είναι ίση με :

- α) $3\cdot\lambda$ β) $3\cdot\lambda/4$ γ) $11\cdot\lambda/2$ δ) μηδέν

16. Δύο σύμφωνες πηγές παράγουν κύματα ίδιου μήκους κύματος και ίδιας συχνότητας. Για να έχουμε ενίσχυση λόγω συμβολής σε ένα σημείο του μέσου πρέπει :

- α) η απόσταση ανάμεσα στις πηγές να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος
 β) η διαφορά των αποστάσεων του σημείου από τις πηγές να είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος
 γ) η διαφορά των αποστάσεων του σημείου από τις πηγές να είναι άρτιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος
 δ) η διαφορά των αποστάσεων του σημείου από τις πηγές να είναι περιττό πολλαπλάσιο του μήκους κύματος

17. Το στάσιμο κύμα είναι το αποτέλεσμα της συμβολής δύο κυμάτων που έχουν :

- α) το ίδιο πλάτος, την ίδια συχνότητα και την ίδια κατεύθυνση διάδοσης
 β) το ίδιο πλάτος, την ίδια συχνότητα και αντίθετες κατευθύνσεις διάδοσης
 γ) το ίδιο πλάτος, την ίδια συχνότητα και διαφορά φάσης $\pi/2$
 δ) το ίδιο πλάτος, αντίθετες κατευθύνσεις διάδοσης και ελάχιστα διαφορετικές συχνότητες

18. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών ενός στάσιμου κύματος το οποίο προκύπτει από τη συμβολή δύο αρμονικών κυμάτων μήκους κύματος λ , είναι :

- α) $\lambda/4$ β) $\lambda/2$
 γ) λ δ) $2\cdot\lambda$

19. Όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου που περιλαμβάνονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών ενός στάσιμου κύματος έχουν :

- α) διαφορετική συχνότητα ταλάντωσης β) ίδιο πλάτος ταλάντωσης
γ) διαφορετική φάση δ) ίδια φάση

20. Για να δημιουργηθεί ένα στάσιμο κύμα, τα δύο κύματα που συμβάλλουν δεν πρέπει να έχουν:

- α) την ίδια συχνότητα β) το ίδιο πλάτος
γ) την ίδια ταχύτητα διάδοσης δ) την ίδια κατεύθυνση διάδοσης

21. Το πλάτος ενός στάσιμου κύματος είναι :

- α) χρονικά και τοπικά σταθερό β) συνάρτηση του χρόνου t
γ) συνάρτηση του χρόνου t και τη θέσης x δ) συνάρτηση της θέσης x

22. Η εξίσωση ενός γραμμικού αρμονικού κύματος είναι $y = A\eta\mu 2\pi(t/T - x/\lambda)$

Η εξίσωση ενός δεύτερου κύματος που η συμβολή του με το πρώτο δίνει στάσιμο κύμα είναι

- α) $y = -A\eta\mu 2\pi(t/T - x/\lambda)$ β) $y = A\eta\mu 2\pi(t/T + x/\lambda)$
γ) $y = -A\eta\mu 2\pi(t/T + x/\lambda)$ δ) $y = A\eta\mu 2\pi(x/\lambda - t/T)$

23. Ηχητικό κύμα που διαδίδεται με ταχύτητα 330m/s πέφτει κάθετα πάνω σε λείο τοίχωμα και ανακλάται. Αν στο στάσιμο κύμα που δημιουργείται, η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών είναι 20cm, η συχνότητα του ηχητικού κύματος είναι :

- α) 825 Hz β) 660 Hz γ) 330 Hz δ) 175 Hz

24. Η ελάχιστη απόσταση μεταξύ ενός δεσμού και μιας κοιλίας σε ένα στάσιμο κύμα, το οποίο προκύπτει από τη συμβολή δύο αρμονικών κυμάτων μήκους κύματος λ , είναι :

- α) $\lambda/8$ β) $\lambda/4$ γ) λ δ) $\lambda/2$

25. Η εξίσωση ενός στάσιμου κύματος είναι : $y = \alpha \cdot \sigma\upsilon\nu\beta x \cdot \eta\mu\omega t$. Η απόσταση μεταξύ ενός δεσμού και της γειτονικής του κοιλίας είναι :

- α) $2\pi/\beta$ β) $\pi/2\beta$ γ) π/β δ) β/π

26. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις οι οποίες αναφέρονται στο τρέχον και στο στάσιμο κύμα, είναι λανθασμένη ;

- α) στο στάσιμο κύμα δε μεταφέρεται ορμή και ενέργεια, παρά μόνο μάζα
β) στο τρέχον κύμα μεταφέρεται ορμή και ενέργεια και όχι μάζα
γ) στο στάσιμο κύμα οι ταλαντώσεις των σημείων έχουν διαφορά φάσης μηδέν ή π
δ) στο τρέχον κύμα μεταφέρεται και η φάση

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα - ανάκλαση - διάθλαση

27. Η γωνία μεταξύ των διανυσμάτων της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε ένα σημείο του χώρου από το οποίο διέρχεται ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα είναι :

- α) 0° β) 30° γ) 60° δ) 90°

28. Το μέτρο της έντασης του μαγνητικού πεδίου ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος σε μια ορισμένη θέση και ορισμένη χρονική στιγμή είναι B . Το αντίστοιχο μέτρο E της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι :

- α) ανάλογο προς το B β) ανάλογο προς το B^2
γ) ανάλογο προς το $1/B$ δ) δεν σχετίζεται με το B

29. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις που αναφέρονται στο ηλεκτρομαγνητικό κύμα δεν είναι σωστή ;

- α) μεταφέρει ενέργεια ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου
- β) αποτελείται από χρονικά μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο
- γ) διαδίδεται σε διεύθυνση κάθετη προς το επίπεδο των εντάσεων του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου
- δ) διαδίδεται μόνο στο κενό

30. Στο κενό όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα :

- α) έχουν την ίδια συχνότητα
- β) έχουν το ίδιο μήκος κύματος
- γ) έχουν $E_{\max} = B_{\max}$
- δ) έχουν την ίδια ταχύτητα

31. Ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται όταν τα ηλεκτρικά φορτία :

- α) βρίσκονται σε κατάσταση ηρεμίας
- β) κινούνται με μικρή αλλά σταθερή ταχύτητα
- γ) κινούνται με μεγάλη αλλά σταθερή ταχύτητα
- δ) επιταχύνονται

32. Οι διαφορετικές ιδιότητες που εκδηλώνουν τα διάφορα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (ραδιοκύματα, μικροκύματα, υπέρυθρα, ακτίνες X) οφείλονται :

- α) στην ταχύτητα τους
- β) το πλάτος τους
- γ) στην κατεύθυνση διάδοσής τους
- δ) στο μήκος κύματος τους

33. Από τις παρακάτω περιοχές του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, τις μεγαλύτερες συχνότητες έχουν :

- α) οι ακτίνες X
- β) οι υπεριώδεις
- γ) τα ραδιοκύματα
- δ) τα μικροκύματα

34. Όταν ακτίνα φωτός συχνότητας f περάσει από οπτικό μέσο με δείκτη διάθλασης n_1 σε οπτικό μέσο με δείκτη διάθλασης n_2 , όπου $n_1 < n_2$, τότε :

- α) ελαττώνεται η συχνότητά του
- β) αυξάνεται η ταχύτητά του
- γ) αυξάνεται το μήκος κύματός του
- δ) ελαττώνεται το μήκος κύματός του

35. Όταν μια ακτίνα φωτός προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια ενός κατόπτρου, η γωνία ανάκλασης θα είναι :

- α) 0°
- β) 45°
- γ) 60°
- δ) 90°

36. Η διάθλασης μιας μονοχρωματικής ακτίνας φωτός, κατά τη μετάβαση της από ένα διαφανές μέσο σε άλλο, οφείλεται στο γεγονός ότι μεταβάλλεται :

- α) το πλάτος της έντασης του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου
- β) η συχνότητα
- γ) το μήκος κύματος
- δ) η ταχύτητα διάδοσης

37. Ο δείκτης διάθλασης ενός διαφανούς μέσου :

- α) είναι μικρότερος της μονάδας
- β) είναι μεγαλύτερος της μονάδας
- γ) είναι ίσος με τη μονάδα
- δ) δε μπορούμε να ξέρουμε

38. Όταν ακτίνες μονοχρωματικού φωτός συχνότητας f , προσπέσουν στη λεία διαχωριστική επιφάνεια αέρα-γυαλιού και περάσουν από το γυαλί στον αέρα, η γωνία πρόσπτωσης είναι :

- α) μικρότερη από τη γωνία διάθλασης
- β) μικρότερη από τη γωνία ανάκλασης
- γ) μεγαλύτερη από τη γωνία διάθλασης
- δ) ίση με τη γωνία διάθλασης

39. Όταν μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός μεταβαίνει από ένα οπτικό μέσο σε ένα άλλο με διαφορετικό δείκτη διάθλασης, τότε η γωνία διάθλασης συγκρινόμενη με τη γωνία πρόσπτωσης:

- α) είναι μικρότερη
- β) είναι ίδια
- γ) είναι μεγαλύτερη
- δ) μπορεί να είναι οποιοδήποτε από τα παραπάνω

40. Για κίτρινο φως νατρίου ($\lambda=589\text{nm}$), ο δείκτης διάθλασης του βενζόλιου είναι 1,501 και του νερού 1,333. Συνεπώς :
- για το κίτρινο φως, το νερό είναι οπτικά πυκνότερο μέσο από το βενζόλιο
 - το κίτρινο φως έχει μεγαλύτερη ταχύτητα στο νερό από ότι στο βενζόλιο
 - όταν ακτίνα κίτρινου φωτός περάσει από το νερό στο βενζόλιο, η γωνία πρόσπτωσης είναι μικρότερη από τη γωνία διάθλασης
 - το κίτρινο φως έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος στο βενζόλιο από ότι στο νερό
41. Μονοχρωματική ακτινοβολία μήκους κύματος λ_0 περνάει από τον αέρα σε διαφανές υλικό μέσα στο οποίο το μήκος κύματος της μειώνεται κατά $1/3$ της αρχικής του τιμής. Ο δείκτης διάθλασης του διαφανούς υλικού είναι :
- $n=3$
 - $n=1/3$
 - $n=3/2$
 - $n=2/3$
42. Μια μονοχρωματική ακτινοβολία περνάει από μέσο με δείκτη διάθλασης $n_1=3/2$ σε μέσο με δείκτη διάθλασης $n_2=5/3$. Η επί τοις εκατό μεταβολή της ταχύτητας διάδοσης της ακτινοβολίας είναι :
- 16,66%
 - 10%
 - 90%
 - 40%
43. Μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός μεταβαίνει από τον αέρα στο γυαλί. Αν η γωνία διάθλασης είναι $\theta_δ = 30^\circ$, η γωνία πρόσπτωσης $\theta_α$ είναι :
- μεταξύ 0° και 30°
 - μεταξύ 0° και 90°
 - μεταξύ 30° και 90°
 - ακριβώς 30°
44. Μια φωτεινή μονοχρωματική ακτινοβολία διαδίδεται από τον αέρα στο γυαλί του οποίου ο δείκτης διάθλασης είναι n . Ο λόγος του μήκους κύματος του φωτός στον αέρα προς το μήκος κύματος του φωτός στο γυαλί είναι :
- $1/n$
 - $1/n^2$
 - n
 - 1
45. Η ολική εσωτερική ανάκλαση μπορεί να συμβεί, όταν μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός διαδίδεται από ένα διαφανές μέσο σε άλλο που έχει :
- μικρότερο δείκτη διάθλασης
 - μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης
 - τον ίδιο δείκτη διάθλασης
 - δείκτη διάθλασης ίσο με τη μονάδα
46. Μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός προσπίπτει στη διαχωριστική επιφάνεια γυαλιού – αέρα από τη πλευρά του γυαλιού, με γωνία πρόσπτωσης ίση με τη κρίσιμη γωνία. Η γωνία διάθλασης της ακτίνας θα είναι :
- 0°
 - 45°
 - 90°
 - ίση με τη γωνία πρόσπτωσης
47. Μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός προσπίπτει με γωνία πρόσπτωσης $\theta = 45^\circ$ στη διαχωριστική επιφάνεια νερού – αέρα από τη πλευρά του νερού. Αν ο δείκτης διάθλασης του νερού για την ακτινοβολία αυτή είναι $n=4/3$, η ακτίνα :
- κατά ένα μέρος ανακλάται και κατά ένα μέρος διαθλάται
 - διαθλάται και κινείται κάθετα προς τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων
 - διαθλάται και κινείται παράλληλα προς τη διαχωριστική επιφάνεια των δύο μέσων
 - υφίσταται ολική ανάκλαση

Ερωτήσεις τύπου Σωστό – Λάθος

48. Κύμα ονομάζεται κάθε διαταραχή που μεταφέρει ενέργεια και ορμή με ορισμένη ταχύτητα
49. Η συχνότητα ενός κύματος δεν εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδεται το κύμα
50. Όταν διαδίδονται εγκάρσια κύματα σε ένα ελαστικό μέσο, τα μόρια του ελαστικού μέσου ταλαντώνονται παράλληλα στη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
51. Αν ένα κύμα αλλάζει μέσο διάδοσης, το μήκος κύματος δε μεταβάλλεται
52. Η εξίσωση $y = y_0 \cdot \eta\mu(\omega \cdot t + k \cdot x)$ όπου $k = 2\pi/\lambda$ περιγράφει αρμονικό κύμα το οποίο διαδίδεται κατά την αρνητική κατεύθυνση του άξονα xx'
53. Χαρακτήρισε τις παρακάτω προτάσεις σαν σωστές ή λανθασμένες :
- χωρίς υλικό ελαστικό μέσο δεν υπάρχει μηχανικό κύμα.
 - τα κύματα που διαδίδονται κατά μήκος μιας τεντωμένης χορδής είναι εγκάρσια.
54. Κατά τη διάδοση ενός αρμονικού κύματος :
- η απομάκρυνση των διαφόρων σημείων του μέσου από τη θέση ισορροπίας τους είναι γραμμική συνάρτηση του χρόνου
 - Η φάση της ταλάντωσης όλων των σημείων του μέσου κάθε χρονική στιγμή είναι ίδια
 - η διαφορά φάσης των ταλαντώσεων δύο ορισμένων σημείων του μέσου είναι σταθερή
 - οι θέσεις των διαφόρων σημείων του μέσου σε μια ορισμένη χρονική στιγμή αποτελούν το στιγμιότυπο του κύματος
55. Αν η εξίσωση ενός αρμονικού κύματος είναι $y = 0,2\eta\mu(20\pi t - 4\pi x)$ η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι $v = 5\text{m/s}$
56. Ένα αρμονικό κύμα που διαδίδεται στον θετικό ημιάξονα περιγράφεται από την εξίσωση $y = 8 \cdot \eta\mu\pi(4t + x/10)$
- το πλάτος του κύματος είναι 4 cm
 - η συχνότητα του κύματος είναι 2 Hz
 - το μήκος κύματος είναι 10 cm
 - το κύμα διαδίδεται από τα δεξιά προς τα αριστερά
57. Ένα αρμονικό κύμα περιγράφεται από την εξίσωση : $y = 0,2 \eta\mu\pi(6t - x/4)$
- η συχνότητα του κύματος είναι 3Hz
 - το μήκος κύματος του κύματος είναι $\lambda = 8\text{m}$
 - στη θέση $x=0$, τη χρονική στιγμή $t = 1/6 \text{ sec}$, η απομάκρυνση του σημείου του ελαστικού μέσου είναι $y = 0,2\text{m}$
 - η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι $v = 12\text{m/s}$
58. Η εξίσωση γραμμικού κύματος είναι $y = 0,1 \cdot \eta\mu 2\pi(2t - 0,1x)$
- η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι 20m/s
 - η απόσταση δύο σημείων τα οποία έχουν κάποια χρονική στιγμή διαφορά φάσης $3\pi/2$ είναι 15 m
 - η διαφορά φάσης ενός σημείου μεταξύ των χρονικών στιγμών 20s και 25s είναι $5\pi \text{ rad}$
 - το πλησιέστερο προς τη πηγή του κύματος σημείο που ταλαντώνεται σε αντίθεση φάσης με αυτήν απέχει από τη πηγή 5m

59. Δύο σύμφωνες πηγές εκπέμπουν αρμονικά κύματα ίδια συχνότητας και μήκους κύματος $\lambda=1,5\text{m}$ προς όλες τις κατευθύνσεις. Σε ποια από τα επόμενα σημεία του μέσου θα έχουμε ενίσχυση λόγω συμβολής ;

- α) στο σημείο Α που απέχει από τη μια πηγή 10m και από την άλλη 13m
- β) στο σημείο Β που απέχει 5m από κάθε πηγή
- γ) στο σημείο Γ που απέχει 8m από τη μια πηγή και 12,5m από την άλλη
- δ) στο σημείο Δ του οποίου η διαφορά των αποστάσεων από τις δύο πηγές είναι 2m

60. Το στάσιμο κύμα είναι το αποτέλεσμα της συμβολής δύο κυμάτων ίδιου πλάτους, ίδιας συχνότητας, που έχουν ίδια ταχύτητα και διαδίδονται προς την ίδια κατεύθυνση

61. Όλα τα σημεία γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου, στο οποίο δημιουργείται στάσιμο κύμα, ταλαντώνονται με το ίδιο πλάτος

62. Όλα τα σημεία μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών ενός στάσιμου κύματος :

- α) έχουν την ίδια φάση
- β) έχουν την ίδια συχνότητα
- γ) έχουν το ίδιο πλάτος
- δ) διέρχονται ταυτόχρονα από τη θέση ισορροπίας τους

63. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών στάσιμου κύματος είναι $\lambda/2$

64. Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλιών στάσιμου κύματος είναι $\lambda/2$

65. Στο στάσιμο κύμα, η απόσταση ενός δεσμού από τη πλησιέστερη του κοιλία είναι $\lambda/4$

66. Σε στάσιμο κύμα, όλα τα σημεία του ελαστικού μέσου τα οποία περιλαμβάνονται μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών έχουν την ίδια φάση

67. Η απόσταση μεταξύ ενός δεσμού και μιας κοιλίας του στάσιμου κύματος δίνεται από την εξίσωση $\Delta x = (2k+1)\lambda/4$

68. Κατά μήκος ενός σχοινού δημιουργούνται στάσιμα κύματα. Αν η θέση $x=0$ είναι μια κοιλία του κύματος τότε :

- α) το πλάτος της ταλάντωσης του σχοινού που βρίσκεται στη θέση x είναι $2A\sin 2\pi \cdot x/\lambda$
- β) κάθε σημείο του σχοινού που βρίσκεται στη θέση $x=(2k+1)\lambda/4$ είναι δεσμός
- γ) κάθε σημείο του σχοινού που βρίσκεται στη θέση $x=k\cdot\lambda$ είναι κοιλία του κύματος
- δ) στο στάσιμο κύμα έχουμε μεταφορά ενέργειας προς δύο αντίθετες κατευθύνσεις

69. Όταν κατά μήκος ενός γραμμικού ελαστικού μέσου δημιουργείται εγκάρσιο κύμα τότε :

- α) όλα τα σημεία του μέσου, εκτός από τους δεσμούς ταλαντώνονται με την ίδια συχνότητα
- β) το πλάτος της ταλάντωσης των διαφόρων σημείων του μέσου είναι αρμονική συνάρτηση του χρόνου και της απόστασης τους από τη θέση $x=0$
- γ) η απόσταση μεταξύ δύο δεσμών είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του $\lambda/2$
- δ) όλα τα σημεία του μέσου μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλιών έχουν την ίδια φάση

70. Σε ένα ελαστικό μέσο δημιουργείται στάσιμο κύμα με εξίσωση : $y = 4 \cdot \sin 2\pi x/5 \cdot \eta\mu 50\pi \cdot t$

- α) τα δύο κύματα που δημιουργούν το στάσιμο κύμα έχουν πλάτος 2cm
- β) η συχνότητα ταλάντωσης των διαφόρων σημείων του μέσου είναι 25Hz
- γ) η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών δεσμών είναι 5cm
- δ) δεν υπάρχουν σημεία του μέσου που είναι μονίμως ακίνητα

71. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις που αναφέρονται στο τρέχον και το στάσιμο κύμα είναι ορθές ;

- α) στο τρέχον κύμα δύο σωματίδια που απέχουν απόσταση λ μεταξύ τους βρίσκονται σε συμφωνία φάσης
- β) στο στάσιμο κύμα δύο σωματίδια που βρίσκονται σε απόσταση $\lambda/4$ από τις δύο πλευρές

- ενός δεσμού έχουν την ίδια φάση
γ) στο τρέχον κύμα γίνεται μεταφορά ενέργειας κατά τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος
δ) στο στάσιμο κύμα δεν γίνεται μεταφορά ενέργειας μέσω των δεσμών
72. Σε στάσιμο κύμα, η διαφορά φάσης μεταξύ δύο σημείων του ελαστικού μέσου τα οποία βρίσκονται το ένα αριστερά και το άλλο δεξιά ενός δεσμού, σε απόσταση $\lambda/3$ μεταξύ τους, είναι π (rad)
73. Οι επόμενες προτάσεις αναφέρονται στο ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Ποιες από αυτές είναι σωστές και ποιες λανθασμένες ;
α) το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δε μεταφέρεται στο κενό
β) το ηλεκτρικό και το μαγνητικό κύμα διαδίδονται σε επίπεδα κάθετα
γ) το ηλεκτρομαγνητικό κύμα δεν μεταφέρει ορμή
δ) τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με πυκνώματα και αραιώματα όπως και ο ήχος
74. Κατά τη μετάβαση ενός κύματος από ένα μέσο σε ένα άλλο αλλάζει :
α) η συχνότητα του κύματος
β) η ταχύτητα του κύματος
γ) το μήκος κύματος του κύματος
δ) όλα τα παραπάνω
75. Η ταχύτητα διάδοσης του φωτός :
α) είναι σταθερό μέγεθος ανεξάρτητο από το μέσο διάδοσης του
β) σε άλλα μέσα είναι μικρότερη από τη ταχύτητά του στο κενό και σε άλλα μεγαλύτερη
γ) μικραίνει όσο μεγαλώνει ο δείκτης διάθλασης του μέσου
δ) είναι πάντα μικρότερη ή ίση με τη ταχύτητά του στο κενό
76. Όταν μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός εισέρχεται από τον αέρα στο νερό, τότε :
α) το μήκος κύματος ελαττώνεται
β) η συχνότητα αυξάνεται
γ) η διεύθυνση της ακτίνας μεταβάλλεται
δ) η ταχύτητα διάδοσης ελαττώνεται
77. Μια μονοχρωματική ακτινοβολία όταν διαδίδεται σε ένα μέσο με δείκτη διάθλασης $n=1,5$ έχει μήκος κύματος $\lambda=700\text{nm}$. Άρα η ακτινοβολία είναι στη περιοχή του ερυθρού.
78. Αν μια μονοχρωματική ακτίνα καλύπτει μια απόσταση σε ένα διαφανές μέσο σε διπλάσιο χρόνο από όσο χρειαζόταν για την ίδια απόσταση στο κενό, τότε ο δείκτης διάθλασης του υλικού είναι $n=2$
79. Μονοχρωματικά δέσμη φωτός προσπίπτει στη λεία επιφάνεια γυάλινης πλάκας προερχόμενη από τον αέρα, με γωνία πρόσπτωσης $\theta_\alpha=60^\circ$. Για να είναι η ανακλώμενη ακτίνα κάθετη στη διαθλώμενη θα πρέπει ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού να είναι $n=\sqrt{3}$
80. Το φαινόμενο της ολικής εσωτερικής ανάκλασης εμφανίζεται όταν :
α) το φως μπαίνει από τον αέρα σε ένα υγρό
β) το φως μπαίνει από τον αέρα στο γυαλί με γωνία μεγαλύτερη από τη κρίσιμη γωνία
γ) το φως κινούμενο σε ένα οπτικό μέσο με δείκτη διάθλασης n_1 πέφτει στη διαχωριστική επιφάνεια με οπτικό μέσο το οποίο έχει δείκτη διάθλασης $n_2<n_1$ με γωνία πρόσπτωσης μεγαλύτερη από τη κρίσιμη γωνία
δ) το φως κινείται από οπτικά πυκνότερο σε οπτικά αραιότερο μέσο

Ερωτήσεις ανοικτού τύπου

81. Τι ονομάζεται αρμονικό κύμα; Τι μεταφέρεται κατά τη διάδοση ενός μηχανικού κύματος ;
82. Τι είναι εγκάρσια και τι διαμήκη κύματα ; Σε ποια μέσα διαδίδονται ;

83. Τι ονομάζεται φάση ενός αρμονικού κύματος και από τι εξαρτάται ;
84. Να δώσετε δύο ισοδύναμους ορισμούς για τη περίοδο T του κύματος και δύο ορισμούς για το μήκος κύματος.
85. Στην επιφάνεια του νερού μια δεξαμενής διαδίδονται ταυτόχρονα δύο κύματα μήκους κύματος λ από δύο σύμφωνες πηγές. Ένα σημείο M της επιφάνειας απέχει r_1 και r_2 απόσταση από τις δύο πηγές. Να αποδείξετε τη συνθήκη ώστε στο σημείο M να έχουμε :
- α) ενίσχυση β) απόσβεση
86. Τι ονομάζεται στάσιμο κύμα . Να αποδείξετε την εξίσωσή του.
87. Ένα εγκάρσιο αρμονικό κύμα, το οποίο περιγράφεται από την εξίσωση $y = A\eta\mu 2\pi(t/T - x/\lambda)$, διαδίδεται σε ένα ελαστικό μέσο και συμβάλλει με ένα άλλο εγκάρσιο αρμονικό κύμα έτσι ώστε να σχηματιστεί στάσιμο κύμα.
- α) να γράψετε την εξίσωση του δεύτερου κύματος, καθώς και την εξίσωση του στάσιμου
β) ποια σημεία λέγονται δεσμοί και ποιες κοιλίες σε ένα στάσιμο κύμα;
γ) πόσο απέχουν μεταξύ τους δύο στάσιμα κύματα ;
88. Να αιτιολογήσετε, γιατί ο δείκτης διάθλασης ενός οποιουδήποτε οπτικού μέσου για μια μονοχρωματική ακτινοβολία δεν είναι δυνατόν να είναι μικρότερος από τη μονάδα
89. Να διατυπώσετε το νόμο του Snell
90. Τι ονομάζεται ολική εσωτερική ανάκλαση και υπό ποιες συνθήκες συμβαίνει ; Με τη βοήθεια του νόμου του Snell να προσδιορίσετε τη σχέση που δίνει τη κρίσιμη γωνία.

Ερωτήσεις αντιστοίχισης

91. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης με τα στοιχεία της δεξιάς στήλης

| | |
|----------------------------|--|
| A. Μηχανικά κύματα | 1. Μεταφέρουν ενέργεια ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου |
| B. Ηλεκτρομαγνητικά κύματα | 2. Η απόσταση που διανύει το κύμα σε χρόνο μιας περιόδου |
| Γ. Μήκος κύματος | 3. Μεταφέρουν μηχανική ενέργεια |
| Δ. Στιγμιότυπο κύματος | 4. Είναι η γραφική παράσταση της εξίσωσης του κύματος για x =σταθερό |
| | 5. Είναι η γραφική παράσταση της εξίσωσης του κύματος για t =σταθερό |

92. Να αντιστοιχίσετε τα στοιχεία της αριστερής στήλης με τα στοιχεία της δεξιάς στήλης

| | |
|---|---|
| A. $y = y_0 \cdot \eta\mu(\omega t - kx)$ | 1. Εξίσωση μαγνητικού κύματος που διαδίδεται προς την αρνητική κατεύθυνση |
| B. $y = y_0 \cdot \eta\mu \cdot 2\pi/\lambda(vt + x)$ | 2. Εξίσωση μηχανικού κύματος το οποίο διαδίδεται προς την αρνητική κατεύθυνση |
| Γ. $\Delta\phi = 2\pi \cdot \Delta x / \lambda$ | 3. Εξίσωση ηλεκτρικού κύματος το οποίο διαδίδεται προς τη θετική κατεύθυνση |
| Δ. $E = E_0 \cdot \eta\mu 2\pi(t/T - x/\lambda)$ | 4. Διαφορά φάσης μεταξύ των ταλαντώσεων δύο σημείων του ελαστικού μέσου |
| E. $B = B_0 \cdot \eta\mu 2\pi(t/T + x/\lambda)$ | 5. Εξίσωση μηχανικού κύματος το οποίο διαδίδεται προς τη θετική κατεύθυνση |
| | 6. Εξίσωση στάσιμου κύματος |

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

ΚΥΜΑΤΑ

1. Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση του άξονα xx' διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα μήκους κύματος λ κατά την αρνητική κατεύθυνση. Θεωρούμε αρχή του άξονα το σημείο O το οποίο τη χρονική στιγμή $t=0$ αρχίζει να εκτελεί αμείωτη ταλάντωση με εξίσωση $y = A \cdot \eta\mu\omega t$. Οι φάσεις της ταλάντωσης δύο σημείων A και B του ελαστικού μέσου την ίδια χρονική στιγμή, είναι $\varphi_A = 15\pi/2$ και $\varphi_B = 5\pi/2$ αντίστοιχα.

Με ποιες από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε ;

α) Η εξίσωση που περιγράφει το κύμα είναι $y = A \cdot \eta\mu 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda} \right)$

β) Το κύμα διαδίδεται με κατεύθυνση από το σημείο B προς το σημείο A

γ) Τα σημεία A και B απέχουν μεταξύ τους απόσταση η οποία είναι περιττό πολλαπλάσιο του μισού μήκους κύματος $\lambda/2$

2. Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου διαδίδεται εγκάρσιο κύμα το οποίο περιγράφεται από την εξίσωση $y = 4\eta\mu\pi \cdot (10t - x/10)$ (y, x σε cm , t σε sec)

Με ποια από τα παρακάτω συμφωνείτε ;

α) το κύμα διαδίδεται προς την αρνητική κατεύθυνση του άξονα xx'

β) το πλάτος του κύματος είναι $4cm$ και η ταχύτητα διάδοσης είναι $1m/s$

γ) το μήκος κύματος είναι $20cm$ και η περίοδος του $0,2s$

δ) η ταχύτητα της ταλάντωσης του σημείου του ελαστικού μέσου με συντεταγμένη $x=20cm$ τη χρονική στιγμή $t=2,5s$ είναι $v=40\pi cm/s$

3. Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου το οποίο εκτείνεται στη διεύθυνση του άξονα xx' διαδίδεται εγκάρσιο αρμονικό κύμα μήκους κύματος $\lambda=20cm$ προς την αρνητική κατεύθυνση του άξονα. Η απομάκρυνση του σημείου O το οποίο θεωρούμε ως αρχή του άξονα δίνεται από την εξίσωση $y = 2 \cdot \eta\mu 20\pi t$. Με ποιες από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείτε ;

α) Η εξίσωση που περιγράφει το κύμα είναι $y = 2 \cdot \eta\mu 2\pi \left(10t + \frac{x}{20} \right)$

β) Η διαφορά φάσης $\varphi_A - \varphi_B$ μεταξύ των ταλαντώσεων δύο σημείων $A(40cm)$ και $B(-40cm)$ την ίδια χρονική στιγμή, είναι 8π

γ) Η ταχύτητα ταλάντωσης του σημείου B τη χρονική στιγμή $t=3s$ είναι $v = -10 cm/s$

δ) η ταχύτητα διάδοσης του κύματος είναι $v=2m/s$

4. Κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση κύμα συχνότητας $f=500Hz$ με ταχύτητα $v=1000m/s$ και πλάτους $A=5cm$.

α) Να υπολογίσετε : το μήκος κύματος, τη περίοδο και τη κυκλική συχνότητα ταλάντωσης ενός μορίου του ελαστικού μέσου

β) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος

5. Μια πηγή O που βρίσκεται στη θέση $x=0$ αρχίζει τη χρονική στιγμή $t=0$ να εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση $y=0,04\eta\mu 4\pi t$ (S.I.). Το παραγόμενο κύμα διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση του άξονα με ταχύτητα $v=50\text{m/s}$

- Να υπολογίσετε το μήκος κύματος του κύματος
- Να γράψετε την εξίσωση του κύματος
- Ποια χρονική στιγμή θα αρχίσει να κινείται ένα σημείο M που βρίσκεται στη θέση $x=500\text{m}$;
- Τη χρονική στιγμή $t=20\text{s}$ να βρείτε για το σημείο M
 - την απομάκρυνση y
 - την ταχύτητά του
 - την επιτάχυνσή του

6. Η εξίσωση γραμμικού αρμονικού κύματος είναι $y = 0,1\cdot\eta\mu 2\pi(2t - 0,1x)$ (S.I.). Να βρείτε:

- την ταχύτητα του κύματος
- την απόσταση δύο σημείων τα οποία κάποια χρονική στιγμή έχουν μεταξύ τους διαφορά φάσης $3\pi/2$
- τη διαφορά φάσης ενός σημείου μεταξύ των χρονικών στιγμών $t_1=20\text{s}$ και $t_2=25\text{s}$

7. Μια πηγή O αρχίζει να εκτελεί τη στιγμή $t=0$, απλή αρμονική ταλάντωση με εξίσωση $y=0,08\eta\mu\pi t$ (S.I.). Το παραγόμενο κύμα διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση του άξονα xx' με ταχύτητα $v=2\text{m/s}$.

- Να βρείτε την περίοδο, τη συχνότητα και το μήκος κύματος
- Να γράψετε την εξίσωση του κύματος
- Να γράψετε τις εξισώσεις που δίνουν την ταχύτητα ταλάντωσης και την επιτάχυνση σε συνάρτηση με το χρόνο για ένα σημείο M που βρίσκεται στη θέση $x=2\text{m}$.
- Να παραστήσετε γραφικά τη φάση φ της ταλάντωσης για τα διάφορα σημεία του ημιάξονα Ox σε συνάρτηση με τη συντεταγμένη x , τη χρονική στιγμή $t=5\text{s}$.

8. Ημιτονοειδές κύμα διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση του άξονα xx' σε γραμμικό ελαστικό μέσο και έχει μήκος κύματος $\lambda=24\text{m}$. Η εξίσωση δονήσεως της πηγής η οποία βρίσκεται στην αρχή O του άξονα είναι $y=A\cdot\eta\mu 2\pi t/T$. Κάποια στιγμή t δύο υλικά σημεία M και N τα οποία βρίσκονται πάνω στον άξονα έχουν αντίστοιχα φάσεις $\varphi_1 = 5\pi/6$ και $\varphi_2 = 20\pi/3$.

- Να αποδείξετε ότι το κύμα διαδίδεται με κατεύθυνση από το σημείο N προς το σημείο M .
- Να υπολογίσετε την απόσταση MN .

9. Δίνεται το αρμονικό κύμα με εξίσωση $y=0,08\cdot\eta\mu(30t - 0,24x + \pi)$ (S.I.)

Να υπολογίσετε : α) τη ταχύτητα του κύματος και τη μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης ενός σημείου του ελαστικού μέσου

β) Να βρείτε την ταχύτητα της ταλάντωσης, τη στιγμή $t=0$, ενός σημείου του ελαστικού μέσου που βρίσκεται στη θέση $x=25\cdot\pi/3 \text{ m}$.

γ) Να βρείτε την ταχύτητα της ταλάντωσης, τη στιγμή $t=0,1\cdot\pi \text{ s}$, ενός σημείου του ελαστικού μέσου που βρίσκεται στη θέση $x=50\pi \text{ m}$.

10. Πηγή παραγωγής ημιτονοειδών κυμάτων βρίσκεται στην αρχή O ομογενούς χορδής μεγάλου μήκους. Η εξίσωση δονήσεως του σημείου O είναι $y=4\cdot 10^{-2}\eta\mu 10\pi t$ (S.I.) και το παραγόμενο κύμα διαδίδεται κατά τη θετική κατεύθυνση. Το μήκος κύματος είναι $\lambda=0,8\text{m}$.

- Πόση είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος ;
- Να γράψετε την εξίσωση του κύματος
- Πόση είναι η απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας του, τη στιγμή $t=1,25\text{s}$ ενός σημείου της χορδής που απέχει από τη πηγή απόσταση $x=4\text{m}$.

11. Το άκρο O γραμμικού ομογενούς ελαστικού μέσου αρχίζει τη στιγμή $t=0$ να εκτελεί αμείωτη αρμονική ταλάντωση με εξίσωση $y=10\cdot\eta\mu 20\pi t$ (t σε s , y σε cm), οπότε διαδίδεται κατά μήκος του ημιάξονα Ox , κύμα με ταχύτητα $v=1m/s$.

α) Πόσο είναι το μήκος κύματος

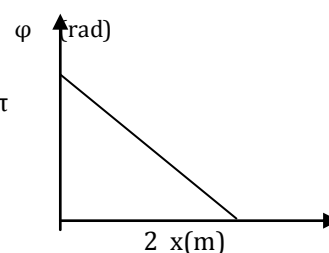
β) Πότε αρχίζει να ταλαντώνεται ένα σημείο M του ελαστικού μέσου το οποίο απέχει από τη πηγή O απόσταση $x=2m$;

γ) Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης του σημείου M και να υπολογίσετε την τιμή της τη χρονική στιγμή $t=5,625s$. Ποια είναι η φάση του σημείου M τη παραπάνω στιγμή ;

δ) Πόσο απέχει από το σημείο M , ένα σημείο N το οποίο την ίδια χρονική στιγμή έχει φάση $\varphi_N=72\pi+2\pi/3$; Κατά ποια φορά διαδίδεται το κύμα ;

ε) Να παραστήσετε γραφικά τη μεταβολή της φάσης του σημείου M σε συνάρτηση με το χρόνο

12. Ημιτονοειδές εγκάρσιο κύμα πλάτους $A=0,1m$ διαδίδεται κατά μήκος γραμμικού ελαστικού μέσου κατά τη θετική κατεύθυνση. Η εξίσωση δονήσεως της πηγής O που βρίσκεται στην αρχή του 10π άξονα είναι $y=A\cdot\eta\mu\omega t$. Στο σχήμα δίνεται η γραφική παράσταση της φάσης του κύματος σε συνάρτηση με την απόσταση x από τη πηγή τη χρονική στιγμή $t=2s$.



α) Να βρείτε τη περίοδο του κύματος και το μήκος κύματος

β) Πόση είναι η ταχύτητα του κύματος ;

γ) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος

δ) Να βρείτε για τη χρονική στιγμή $t=4s$ για ένα σημείο A του ελαστικού μέσου το οποίο απέχει από τη πηγή $x=1m$: την απομάκρυνση του , την ταχύτητά του , την επιτάχυνσή του.

ε) Να σχεδιάσετε το στιγμιότυπο του κύματος τη χρονική στιγμή $t=2s$.

13. Σε ένα σημείο O στην ελεύθερη εκτεταμένη επιφάνεια νερού που ηρεμεί, πέφτουν με σταθερό ρυθμό 120 σταγόνες το λεπτό. Δημιουργείται έτσι ένα επιφανειακό αρμονικό κύμα το οποίο θεωρούμε εγκάρσιο. Το πλάτος ταλάντωσης της πηγής O είναι σταθερό, ίσο με A . Παρατηρούμε ότι κατά μήκος μιας ακτίνας διάδοσης του κύματος σχηματίζονται 6 διαδοχικά 'όρη' τα οποία καλύπτουν απόσταση $d=2,5m$.

α) Να βρείτε την περίοδο του κύματος και το μήκος κύματος

β) Πόση είναι η ταχύτητα διάδοσης του κύματος ;

14. Πηγή εκτελεί απλή αρμονική ταλάντωση χωρίς αρχική φάση με συχνότητα $f=20Hz$ και πλάτος $A=10cm$. Η πηγή κατά τη ταλάντωσή της διεγείρει την ήρεμη επιφάνεια μιας δεξαμενής νερού και το κύμα που παράγεται διαδίδεται με ταχύτητα $v=0,75m/s$.

α) Να γραφεί η εξίσωση του παραγόμενου κύματος

β) Ένας φελλός απέχει $x=3m$ από τη πηγή. Να γραφεί η εξίσωση της απομάκρυνσης του φελλού από τη θέση ισορροπίας του σε συνάρτηση με το χρόνο

γ) Αν ο φελλός έχει μάζα $m=0,2g$ να υπολογιστεί η ολική ενέργεια με την οποία ταλαντώνεται

δ) Ποια είναι η σταθερά των ταλαντώσεων του φελλού ;

ΣΥΜΒΟΛΗ - ΣΤΑΣΙΜΑ

15. Σε δύο σημεία P_1 και P_2 ενός ελαστικού μέσου δημιουργούμε με κατάλληλη διάταξη δύο πηγές παραγωγής κυμάτων που ταλαντώνονται με το ίδιο πλάτος A και την ίδια συχνότητα f χωρίς αρχική φάση. Οι δύο πηγές απέχουν $d=10\text{cm}$ και τα κύματα έχουν μήκος κύματος $\lambda=4\text{cm}$. Να υπολογιστούν ο αριθμός των σημείων πάνω στο ευθύγραμμο τμήμα P_1P_2 στα οποία παρατηρείται ενισχυτική συμβολή και ο αριθμός των σημείων στα οποία παρατηρείται αναιρετική συμβολή και να προσδιοριστούν οι θέσεις τους.

16. Δύο σύγχρονες πηγές P_1 και P_2 δημιουργούν στην επιφάνεια ενός υγρού κύματα πλάτους $A = 5\text{mm}$ και συχνότητας $f=120\text{Hz}$. Η ταχύτητα διάδοσης των κυμάτων είναι $v=48\text{cm/s}$.
α) Πόσο είναι το πλάτος της ταλάντωσης σε ένα σημείο B της επιφάνειας του υγρού που οι αποστάσεις του από τις δύο πηγές των κυμάτων είναι $(P_1B)=8\text{cm}$ και $(P_2B)=6\text{cm}$;
β) Πόσο είναι το πλάτος της ταλάντωσης σε ένα άλλο σημείο Γ που οι αποστάσεις του από τις δύο πηγές των κυμάτων είναι $(P_1\Gamma) = 10\text{cm}$ και $(P_2\Gamma) = 7\text{cm}$;

17. Το ένα άκρο μιας ελαστικής χορδής μήκους $\ell=50\text{cm}$ είναι δεμένο σε ακλόνητο εμπόδιο. Στο ελεύθερο άκρο της, συνδέουμε πηγή που εκτελεί αρμονική ταλάντωση με συχνότητα f . Το κύμα διαδίδεται κατά μήκος της χορδής με ταχύτητα $v=10\text{m/s}$ και προσπίπτει στο εμπόδιο. Το ανακλώμενο από το εμπόδιο κύμα και το προσπίπτον σε αυτό συμβάλλουν και δημιουργούν στάσιμο κύμα.
α) Αν ο αριθμός των ακίνητων σημείων πάνω στη χορδή είναι 6, να βρεθεί η συχνότητα f των ταλαντώσεων της πηγής
β) Αν η συχνότητα των ταλαντώσεων γίνει $f'=75\text{Hz}$ ποιος είναι ο αριθμός των ακίνητων σημείων πάνω στη χορδή ;

18. Το ελεύθερο άκρο μιας ελαστικής χορδής τίθεται σε ταλάντωση με εξίσωση $y=5\cdot\eta\mu 50\pi t$ ($y\rightarrow\text{cm}$, $t\rightarrow\text{sec}$). Το κύμα που παράγεται διαδίδεται με ταχύτητα $v=5\text{m/s}$ κατά μήκος της χορδής και ανακλάται στο ακίνητο εμπόδιο.
α) Να γραφεί η εξίσωση του στάσιμου κύματος που προκύπτει από τη συμβολή των δύο κυμάτων
β) Να βρεθούν το πλάτος και η μέγιστη ταχύτητα ταλάντωσης των διάφορων σημείων της χορδής

19. Το ένα άκρο ελαστικής χορδής μήκους $\ell=87\text{cm}$ είναι δεμένο σε ακίνητο εμπόδιο ενώ στο άλλο συνδέουμε διαπασών που ταλαντώνεται με συχνότητα $f=100\text{Hz}$. Το κύμα που παράγεται ανακλάται στο ακίνητο εμπόδιο και συμβαλλόμενο με το προσπίπτον δημιουργεί στάσιμο κύμα. Αν ο αριθμός των κοιλιών του στάσιμου είναι 15, να βρεθεί η ταχύτητα με την οποία διαδίδονται τα τρέχοντα κύματα στη χορδή.

20. Σε μια ελαστική χορδή σχηματίζεται στάσιμο κύμα με εξίσωση $y=6\cdot\text{συν}2\pi x/5\cdot\eta\mu 20\pi t$
α) Να βρεθούν το πλάτος και η ταχύτητα των κυμάτων που συμβάλλουν και δημιουργούν το στάσιμο κύμα
β) Να υπολογιστεί η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κοιλιών του στάσιμου
γ) Να υπολογιστεί η κινητική ενέργεια με την οποία ταλαντώνεται ένα μόριο της χορδής μάζας $m=10^{-5}\text{ kg}$ που απέχει $x=10\text{cm}$ από το ελεύθερο άκρο της χορδής

21. Γραμμικό ομογενές ελαστικό μέσο εκτείνεται κατά τη διεύθυνση x' . Δύο σημεία του A και B απέχουν μεταξύ τους απόσταση 20cm και αρχίζουν να ταλαντώνονται με την ίδια συχνότητα $f=5\text{Hz}$ και πλάτους $A=4\text{cm}$. Κατά μήκος του ελαστικού μέσου διαδίδονται τα δύο ημιτονοειδή εγκάρσια κύματα που παράγονται λόγω της ταλάντωσης των σημείων A και B. Το μήκος κύματος είναι $\lambda=4\text{cm}$.

α) Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος που προκύπτει από τη συμβολή των δύο κυμάτων.

β) Να βρείτε τις θέσεις και τον αριθμό των δεσμών και κοιλίων που σχηματίζονται

γ) Να γράψετε την εξίσωση της απομάκρυνσης y σε συνάρτηση με το χρόνο για τη δεύτερη προς τα δεξιά κοιλία μετά το σημείο O

22. Μια χορδή εκτελεί ταλάντωση με εξίσωση $y=8\text{συν}\frac{\pi x}{6}\eta\mu 10\pi t$ (x,y σε cm, t σε s).

α) Ποιο είναι το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης;

β) Να βρείτε την περίοδο, το μήκος κύματος και την ταχύτητα διάδοσης του τρέχοντος κύματος;

γ) Να γράψετε τις εξισώσεις των τρεχόντων κυμάτων από τη συμβολή των οποίων προέκυψε το στάσιμο

23. Αρμονικό κύμα διαδίδεται κατά μήκος ελαστικού μέσου κατά τη θετική κατεύθυνση και περιγράφεται από την εξίσωση $y = 4\eta\mu\pi(t - \frac{x}{10})$, όπου y,x μετρώνται σε cm.

α) Να γράψετε την εξίσωση του κύματος το οποίο όταν συμβάλλει με το προηγούμενο δημιουργεί στάσιμο κύμα.

β) Να γράψετε την εξίσωση του στάσιμου κύματος που δημιουργεί η συμβολή των δύο κυμάτων

γ) Να γράψετε τις εξισώσεις για την ταχύτητα και την επιτάχυνση ενός σημείου του ελαστικού μέσου το οποίο βρίσκεται στη θέση $x=2,5\text{cm}$

24. Κατά μήκος γραμμικού μέσου δημιουργείται στάσιμο εγκάρσιο κύμα το οποίο

περιγράφεται από την εξίσωση $y = 6\text{συν}\frac{\pi x}{10}\eta\mu 10\pi t$ (x,y σε cm, t σε s)

α) Να γράψετε τις εξισώσεις των τρεχόντων κυμάτων τα οποία δημιουργούν το στάσιμο

β) Πόσο είναι το πλάτος ταλάντωσης δύο σημείων A, B του μέσου τα οποία βρίσκονται στις θέσεις $x_1=-25\text{cm}$ και $x_2=+25\text{cm}$ αντίστοιχα;

γ) Να βρείτε τον αριθμό n των κοιλίων του στάσιμου κύματος που σχηματίζονται μεταξύ των σημείων A και B

δ) Μεταβάλλουμε κατάλληλα τη συχνότητα των συμβαλλόντων κυμάτων όποτε δημιουργείται ένα νέο στάσιμο κύμα. Διαπιστώνουμε ότι μεταξύ των σημείων A και B σχηματίζονται $n-1$ κοιλίες. Ποιο είναι το νέο μήκος κύματος και η νέα περίοδος που δημιουργούν το στάσιμο κύμα. Να γράψετε την εξίσωση του νέου στάσιμου κύματος

Η/Μ ΚΥΜΑΤΑ - ΑΝΑΚΛΑΣΗ - ΔΙΑΘΛΑΣΗ

25. Ένας ραδιοφωνικός σταθμός εκπέμπει σε συχνότητα $f=150\text{MHz}$.

α) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος που εκπέμπει ο σταθμός

β) Η μέγιστη τιμή της έντασης του μαγνητικού πεδίου σε κάποια θέση του άξονα διάδοσης του κύματος είναι $B=4\cdot 10^{-9}\text{ T}$. Να υπολογίσετε τη μέγιστη τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου στην ίδια θέση. Δίνεται $c=3\cdot 10^8\text{ m/s}$

26. Μια δέσμη παράλληλων ακτίνων μονοχρωματικού φωτός προσπίπτει με γωνία πρόσπτωσης $\theta_\alpha=60^\circ$ σε επίπεδη γυάλινη επιφάνεια. Αν η ανακλώμενη δέσμη είναι κάθετη στη διαθλώμενη, να υπολογίσετε :

α) τη γωνία διάθλασης της δέσμης

β) το δείκτη διάθλασης του γυαλιού

γ) τη ταχύτητα διάδοσης της δέσμης μέσα στο γυαλί. Δίνεται : $c=3\cdot 10^8\text{ m/s}$

27. Ένας κολυμβητής βρίσκεται μέσα στο νερό και βλέπει τον ήλιο υπό γωνία $\theta_\varphi=60^\circ$ ως προς τον ορίζοντα. Να υπολογίσετε την πραγματική γωνία ως προς τον ορίζοντα στην οποία βρίσκεται ο ήλιος. Δίνεται ο δείκτης διάθλασης του νερού $n=4/3$ και ότι $\eta\mu 42^\circ = 2/3$.

28. Μια μονοχρωματική ακτίνα φωτός προσπίπτει υπό γωνία θ_α σε μια γυάλινη πλάκα. Η πλάκα έχει παράλληλες έδρες και παρουσιάζει δείκτη διάθλασης n .

A. Να αποδειχθεί ότι όταν η ακτίνα εξέρχεται από τη πλάκα από την απέναντι έδρα είναι παράλληλη στην αρχική της διεύθυνση.

B. Αν ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού είναι $n=\sqrt{2}$, η πλάκα έχει πάχος $d=12\text{cm}$ και η γωνία πρόσπτωσης είναι $\theta_\alpha=45^\circ$, να υπολογίσετε, αν η ακτίνα ανακλάται από τη κάτω έδρα και εξέρχεται από την επάνω έδρα, την απόσταση του σημείου εισόδου από το σημείο εξόδου της ακτίνας από τη πλάκα.

29. Ένα γυάλινο πλακίδιο με δείκτη διάθλασης $n=\sqrt{3}$ είναι βυθισμένο μέσα σε υγρό με δείκτη διάθλασης $n=\sqrt{2}$. Από φωτεινή πηγή που βρίσκεται μέσα στο υγρό εκπέμπεται φωτεινή ακτινοβολία με μήκος κύματος (στο υγρό) $\lambda=550\text{nm}$. Η ακτίνα φωτός προσπίπτει στο πλακίδιο υπό γωνία 60° ως προς τη κάθετο στο σημείο πρόσπτωσης.

Να υπολογιστούν:

α) το μήκος κύματος του φωτός στο γυάλινο πλακίδιο

β) η γωνία διάθλασης

30. Μονοχρωματική ακτίνα φωτός συχνότητας $f=6\cdot 10^{14}\text{ Hz}$ κινείται παράλληλα προς μια κατακόρυφη έδρα ενός γυάλινου κύβου και προσπίπτει με γωνία πρόσπτωσης $\theta_\alpha=45^\circ$ στην επάνω έδρα του.

α) Να υπολογίσετε το μήκος κύματος της ακτινοβολίας μέσα στο κύβο

β) Να εξετάσετε αν η διαθλώμενη ακτίνα όταν προσπίπτει σε μια από τις άλλες κατακόρυφες έδρες του κύβου, υφίσταται ολική ανάκλαση ή όχι

Δίνεται ο δείκτης διάθλασης του γυαλιού $n=\sqrt{2}$ και η ταχύτητα του φωτός στο κενό $c=3\cdot 10^8\text{ m/s}$.

