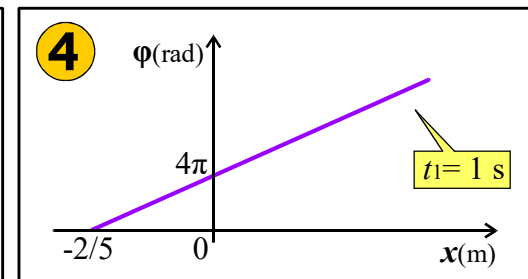
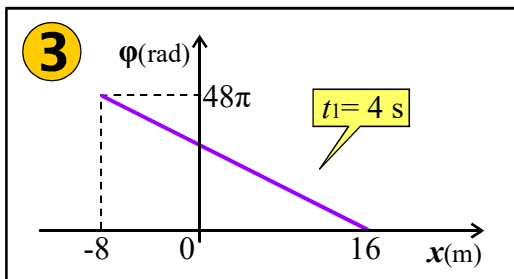
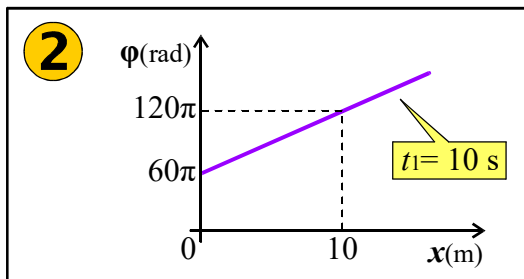
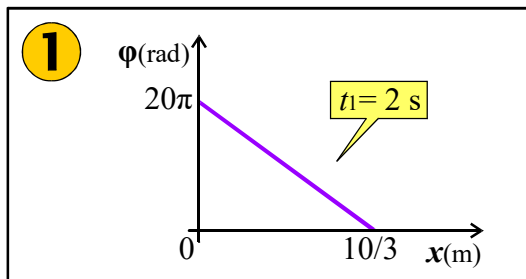


Να γραφεί η εξίσωση της φάσης [$\varphi(x)$ ή $\varphi(t)$] και να βρεθεί η φορά του κύματος στις παρακάτω περιπτώσεις



1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☐ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☐
- της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$
- φορά κύματος:

» $\varphi = 20\pi \text{ rad} \rightarrow x = \square$ } $T = \square$
 » $x = 10/3 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\lambda = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$

1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☐ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☐
- της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$
- φορά κύματος:

» $\varphi = 60\pi \text{ rad} \rightarrow x = \square$ } $T = \square$
 » $\varphi = 120\pi \text{ rad} \rightarrow x = \square$ } $\lambda = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$

1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☐ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☐
- της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$
- φορά κύματος:

» $\varphi = 48\pi \text{ rad} \rightarrow x = \square$ } $T = \square$
 » $x = 16 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\lambda = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$

1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☐ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☐
- της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$
- φορά κύματος:

» $\varphi = 0 \text{ rad} \rightarrow x = \square$ } $T = \square$
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\lambda = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$

2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία) } $\alpha = \square$
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\beta = \square$
 » $\varphi = 0 \text{ rad} \rightarrow x = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$
 $\varphi = 2\pi \left(\square \right)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία) } $\alpha = \square$
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\beta = \square$
 » $x = 10 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$
 $\varphi = 2\pi \left(\square \right)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία) } $\alpha = \square$
 » $x = -8 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\beta = \square$
 » $x = 16 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$
 $\varphi = 2\pi \left(\square \right)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

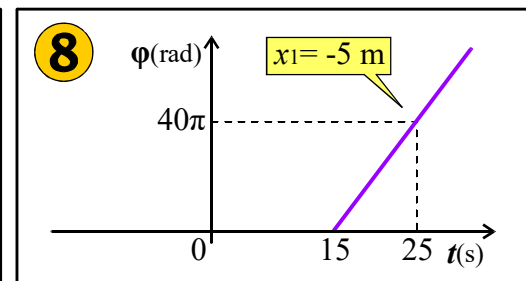
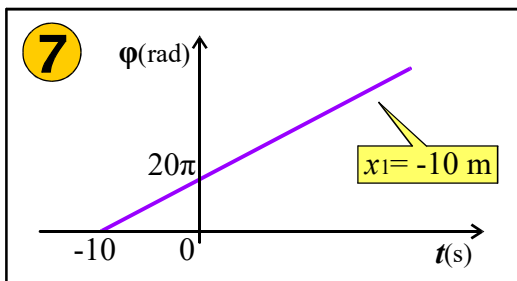
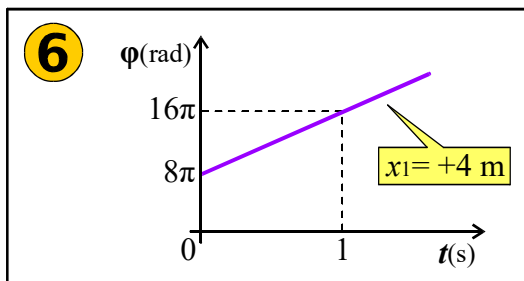
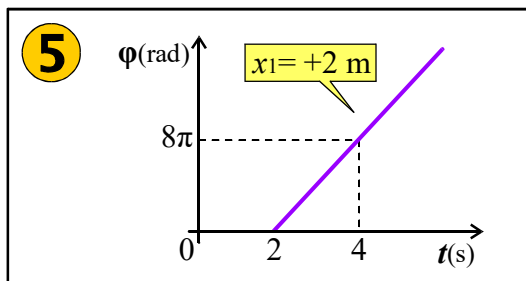
2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία) } $\alpha = \square$
 » $x = -2/5 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$ } $\beta = \square$
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = \square$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = \square$
 $\varphi = 2\pi \left(\square \right)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t_1}{T} \square \frac{x}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:



1ος τρόπος

$$\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \phi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \square 0 \\ \bullet \phi(0) \square 0 \end{array} \right\} \phi(0) = \square 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

$$\left. \begin{array}{l} \gg t = 2 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \\ \gg t = 4 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = \square \\ \lambda = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$

1ος τρόπος

$$\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \phi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \square 0 \\ \bullet \phi(0) \square 0 \end{array} \right\} \phi(0) = \square 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

$$\left. \begin{array}{l} \gg \phi = 8\pi \text{ rad} \longrightarrow t = \square \\ \gg t = 1 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = \square \\ \lambda = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$

1ος τρόπος

$$\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \phi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \square 0 \\ \bullet \phi(0) \square 0 \end{array} \right\} \phi(0) = \square 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

$$\left. \begin{array}{l} \gg t = 0 \longrightarrow \phi = \square \\ \gg \phi = 0 \longrightarrow t = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = \square \\ \lambda = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$

1ος τρόπος

$$\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \phi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \square 0 \\ \bullet \phi(0) \square 0 \end{array} \right\} \phi(0) = \square 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

$$\left. \begin{array}{l} \gg t = 15 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \\ \gg \phi = 40\pi \text{ rad} \longrightarrow t = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = \square \\ \lambda = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \phi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = 2 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \\ \gg t = 4 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = \square \\ \beta = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$
 $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$ $\bullet x_1 \square 0$

• άρα της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \phi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = 0 \longrightarrow \phi = \square \\ \gg t = 1 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = \square \\ \beta = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$
 $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$ $\bullet x_1 \square 0$

• άρα της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \phi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = -10 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \\ \gg t = 0 \longrightarrow \phi = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = \square \\ \beta = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$
 $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$ $\bullet x_1 \square 0$

• άρα της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \phi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = 15 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \\ \gg t = 25 \text{ s} \longrightarrow \phi = \square \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = \square \\ \beta = \square \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\phi =$
 $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right)$ $\bullet x_1 \square 0$

• άρα της μορφής: $\phi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \square \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος:

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ & ΟΔΗΓΙΕΣ για τη συμπλήρωση του Φύλλου Εργασίας

1ος τρόπος

διάγραμμα $\varphi(x)$

Για να βρούμε τη φορά του κύματος από ένα διάγραμμα φάσης - θέσης αξιοποιούμε την **κλίση** του διαγράμματος. Από την εξίσωση $\varphi(x)=2\pi(t_1/T \mp x/\lambda)$ θα έχουμε για θετικές κλίσεις $(+2\pi/\lambda)$, αριστερά κύματα και για αρνητικές κλίσεις $(-2\pi/\lambda)$, δεξιά κύματα.

Τα παραπάνω ισχύουν ανεξάρτητα με το αν το κύμα διαδίδεται στον θετικό ($x>0$) ή/και στον αριστερό ($x<0$) ημιάξονα του ελαστικού μέσου.

Θετική κλίση	$+2\pi/\lambda$	→	Αριστερό κύμα	$\varphi = 2\pi(t_1/T + x/\lambda)$
Αρνητική κλίση	$-2\pi/\lambda$	→	Δεξί κύμα	$\varphi = 2\pi(t_1/T - x/\lambda)$

διάγραμμα $\varphi(t)$

Για να βρούμε τη φορά του κύματος από ένα διάγραμμα φάσης - χρόνου **δεν** μπορούμε να αξιοποιήσουμε την κλίση, διότι αυτή είναι πάντα θετική $(+2\pi/T)$, ανεξάρτητα της φοράς του κύματος: $\varphi = 2\pi(+t/T \mp x_1/\lambda)$.

Επομένως πρέπει να καταφύγουμε σε άλλη διαδικασία...

Κοιτάμε τι **πρόσημο** έχει (ή φαίνεται να έχει) η φάση τη χρονική στιγμή $t=0$.

ΠΡΟΣΟΧΗ: το πρόσημο της φάσης πρέπει να αξιοποιηθεί **σε συνδυασμό** με το **πρόσημο** του σημείου x_1 , για το οποίο έχει φτιαχτεί το διάγραμμα $\varphi-t$.

ΔΕΞΙ ΚΥΜΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΚΥΜΑ	ΔΕΞΙ ΚΥΜΑ	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΚΥΜΑ
$\varphi = 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}) \Rightarrow \varphi(0) = -2\pi \frac{x_1}{\lambda} \left\{ \begin{array}{l} \varphi(0) < 0 \\ x_1 > 0 \end{array} \right.$	$\varphi = 2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda}) \Rightarrow \varphi(0) = +2\pi \frac{x_1}{\lambda} \left\{ \begin{array}{l} \varphi(0) > 0 \\ x_1 > 0 \end{array} \right.$	$\varphi = 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}) \Rightarrow \varphi(0) = -2\pi \frac{x_1}{\lambda} \left\{ \begin{array}{l} \varphi(0) > 0 \\ x_1 < 0 \end{array} \right.$	$\varphi = 2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda}) \Rightarrow \varphi(0) = +2\pi \frac{x_1}{\lambda} \left\{ \begin{array}{l} \varphi(0) < 0 \\ x_1 < 0 \end{array} \right.$

! Στη 3η περίπτωση το κύμα ξεκινάει την $t=0$ να διαδίδεται από τη θέση $x=0$ προς τα δεξιά. Άρα σε ένα σημείο στον αρνητικό ημιάξονα ($x_1 < 0$) θα πρέπει το κύμα να είχε περάσει στο παρελθόν (για $t' < 0$).

ΔΕΞΙ ΚΥΜΑ

$$\varphi_{\Delta\epsilon} = 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}) \xrightarrow{t=0} \varphi(0) = -2\pi \frac{x_1}{\lambda} \rightarrow \begin{cases} x_1 > 0 \Rightarrow \varphi(0) < 0 \\ x_1 < 0 \Rightarrow \varphi(0) > 0 \end{cases}$$

ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΚΥΜΑ

$$\varphi_{\Lambda\pi} = 2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda}) \xrightarrow{t=0} \varphi(0) = +2\pi \frac{x_1}{\lambda} \rightarrow \begin{cases} x_1 > 0 \Rightarrow \varphi(0) > 0 \\ x_1 < 0 \Rightarrow \varphi(0) < 0 \end{cases}$$

διάγραμμα $\phi(x)$

Με αυτόν τον τρόπο, αντιμετωπίζουμε το διάγραμμα ως ευθεία $\phi = \beta + \alpha x$ και από τα δεδομένα του, βρίσκουμε τους συντελεστές α και β . Έτσι καταλήγουμε στην τελική εξίσωση φάσης.

Στη συνέχεια συγκρίνουμε την εξίσωση που βγάλαμε με την θεωρητική εξίσωση $\phi = 2\pi(t_1/T \mp x/\lambda)$ και από το πρόσημο, ανάμεσα στα t_1/T και x/λ , καταλήγουμε στη φορά του κύματος:

$\phi = \beta + \alpha x \longrightarrow \phi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} + \frac{x}{\lambda}\right) \xrightarrow{(+)} \text{ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΚΥΜΑ}$
$\phi = \beta - \alpha x \longrightarrow \phi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) \xrightarrow{(-)} \text{ΔΕΞΙ ΚΥΜΑ}$

διάγραμμα $\phi(t)$

Και εδώ αντιμετωπίζουμε το διάγραμμα ως ευθεία $\phi = \alpha t + \beta$ και από τα δεδομένα του, βρίσκουμε τους συντελεστές α και β . Έτσι καταλήγουμε στην τελική εξίσωση φάσης.

Στη συνέχεια συγκρίνουμε το πρόσημο του x_1 με το πρόσημο που υπάρχει μέσα στην τελική εξίσωση της φάσης (πρόσημο σταθερού όρου). Διακρίνουμε 4 περιπτώσεις:

<i>i</i>	<i>ii</i>	<i>iii</i>	<i>iv</i>
$\phi = a t + \beta $ $x_1 > 0$ $\phi = 8\pi t + 8\pi$ $x_1 = +4\text{m}$	$\phi = a t - \beta $ $x_1 > 0$ $\phi = 4\pi t - 8\pi$ $x_1 = +2\text{m}$	$\phi = a t + \beta $ $x_1 < 0$ $\phi = 2\pi t + 20\pi$ $x_1 = -10\text{m}$	$\phi = a t - \beta $ $x_1 < 0$ $\phi = 4\pi t - 60\pi$ $x_1 = -5\text{m}$

Επειδή το x_1 “κρύβεται” μέσα στο β , θα πρέπει η θεωρητική εξίσωση της φάσης $[\phi = 2\pi(t/T \mp x_1/\lambda)]$ και συγκεκριμένα το πρόσημο ανάμεσα στα t/T και x_1/λ , το πρόσημο του x_1 και το πρόσημο ανάμεσα στα $|a|t$ και $|\beta|$, στην τελική εξίσωση της φάσης, να συμπίπτουν. Έτσι, οι σωστές θεωρητικές εξισώσεις φάσης (που θα μας δώσουν και τη φορά του κύματος) για τις 4 περιπτώσεις είναι:

<i>i</i>	<i>ii</i>	<i>iii</i>	<i>iv</i>
$\phi = 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda}\right)$ ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΚΥΜΑ	$\phi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right)$ ΔΕΞΙ ΚΥΜΑ	$\phi = 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda}\right)$ ΔΕΞΙ ΚΥΜΑ	$\phi = 2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda}\right)$ ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΚΥΜΑ

$$\phi(x) = 2\pi(t_1/T \mp x/\lambda)$$

1ος τρόπος

- κλίση
»» φορά κύματος
- θεωρητική εξίσωση φάσης
- δεδομένα από το διάγραμμα
»» τελική εξίσωση φάσης

2ος τρόπος

- δεδομένα από το διάγραμμα
»» τελική εξίσωση φάσης
- σύγκριση με τη θεωρητική εξίσωση
»» φορά κύματος

$$\phi(t) = 2\pi(t/T \mp x_1/\lambda)$$

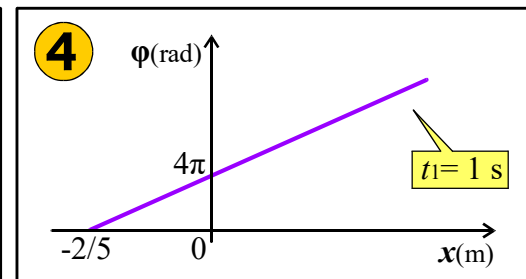
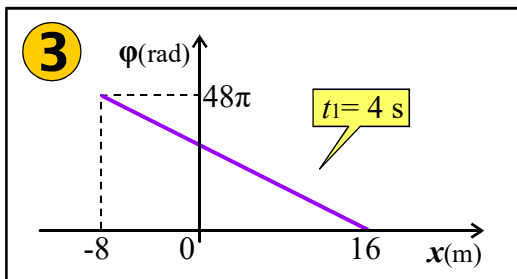
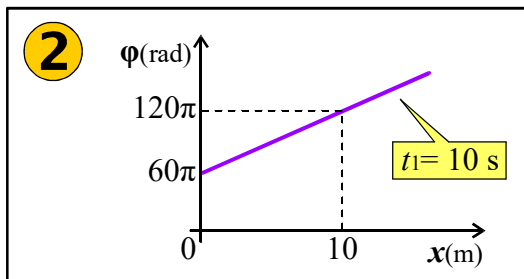
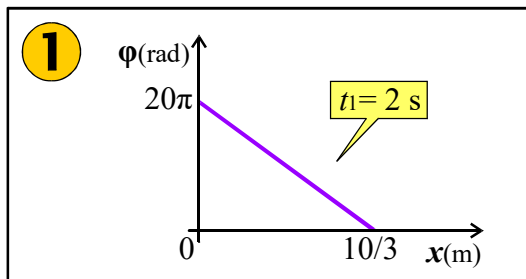
1ος τρόπος

- πρόσημο x_1
- πρόσημο $\phi(0)$
»» φορά κύματος
- θεωρητική εξίσωση φάσης
- δεδομένα από το διάγραμμα
»» τελική εξίσωση φάσης

2ος τρόπος

- δεδομένα από το διάγραμμα
»» τελική εξίσωση φάσης
- πρόσημο x_1
»» θεωρητική εξίσωση φάσης
»» φορά κύματος

Να γραφεί η εξίσωση της φάσης $\varphi(x)$ ή $\varphi(t)$ και να βρεθεί η φορά του κύματος στις παρακάτω περιπτώσεις



1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☐ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☒
- της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \mp \frac{x}{\lambda}\right)$
- φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

» $\varphi = 20\pi \text{ rad} \rightarrow x = 0 \text{ m}$ } $T = 1/5 \text{ s}$
 » $x = 10/3 \text{ m} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad}$ } $\lambda = 1/3 \text{ m}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(10 - 3x)$

1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☒ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☐
- της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \pm \frac{x}{\lambda}\right)$
- φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ

» $\varphi = 60\pi \text{ rad} \rightarrow x = 0 \text{ m}$ } $T = 1/3 \text{ s}$
 » $\varphi = 120\pi \text{ rad} \rightarrow x = 10 \text{ m}$ } $\lambda = 1/3 \text{ m}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(30 + 3x)$

1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☐ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☒
- της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \mp \frac{x}{\lambda}\right)$
- φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

» $\varphi = 48\pi \text{ rad} \rightarrow x = -8 \text{ m}$ } $T = 1/4 \text{ s}$
 » $x = 16 \text{ m} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad}$ } $\lambda = 1 \text{ m}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(16 - x)$

1ος τρόπος

- κλίση: ΘΕΤΙΚΗ ☒ ΑΡΝΗΤΙΚΗ ☐
- της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \pm \frac{x}{\lambda}\right)$
- φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ

» $\varphi = 0 \text{ rad} \rightarrow x = -2/5 \text{ m}$ } $T = 1/2 \text{ s}$
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = 4\pi \text{ rad}$ } $\lambda = 1/5 \text{ m}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(2 + 5x)$

2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία)
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = 20\pi \text{ rad}$
 » $\varphi = 0 \text{ rad} \rightarrow x = 10/3 \text{ m}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 20\pi - 6\pi x$
 $\varphi = 2\pi(10 - 3x)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \mp \frac{x}{\lambda}\right)$

- φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία)
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = 60\pi \text{ rad}$
 » $x = 10 \text{ m} \rightarrow \varphi = 120\pi \text{ rad}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 60\pi + 6\pi x$
 $\varphi = 2\pi(30 + 3x)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \pm \frac{x}{\lambda}\right)$

- φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ

2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία)
 » $x = -8 \text{ m} \rightarrow \varphi = 48\pi \text{ rad}$
 » $x = 16 \text{ m} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 32\pi - 2\pi x$
 $\varphi = 2\pi(16 - x)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \mp \frac{x}{\lambda}\right)$

- φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

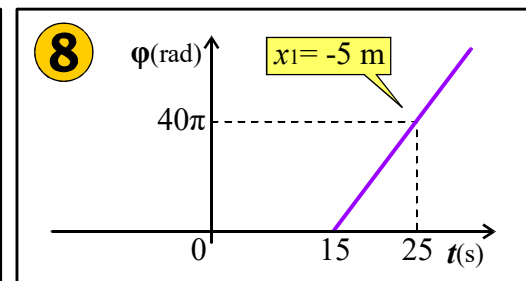
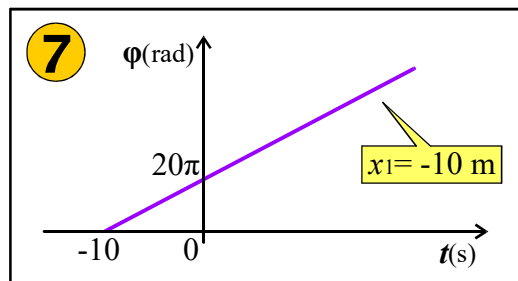
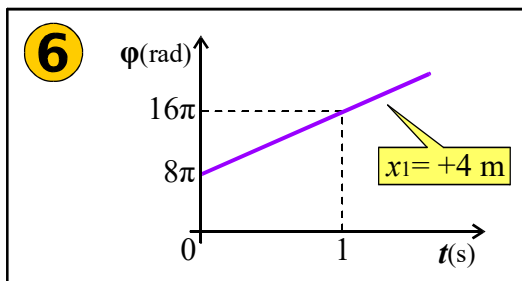
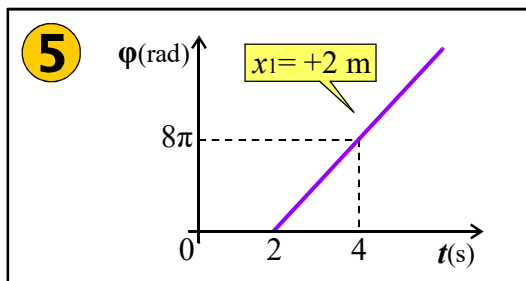
2ος τρόπος

$\varphi(x) = \beta + \alpha x$ (ευθεία)
 » $x = -2/5 \text{ m} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad}$
 » $x = 0 \text{ m} \rightarrow \varphi = 4\pi \text{ rad}$

» Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 4\pi + 10\pi x$
 $\varphi = 2\pi(2 + 5x)$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi\left(\frac{t_1}{T} \pm \frac{x}{\lambda}\right)$

- φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ



1ος τρόπος

$$\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \varphi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \geq 0 \\ \bullet \varphi(0) \leq 0 \end{array} \right\} \varphi(0) = -2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

$$\left. \begin{array}{l} \gg t = 2 \text{ s} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad} \\ \gg t = 4 \text{ s} \rightarrow \varphi = 8\pi \text{ rad} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = 1/2 \text{ s} \\ \lambda = 1/2 \text{ m} \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(2t - 4)$

1ος τρόπος

$$\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \varphi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \geq 0 \\ \bullet \varphi(0) \geq 0 \end{array} \right\} \varphi(0) = +2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ

$$\left. \begin{array}{l} \gg \varphi = 8\pi \text{ rad} \rightarrow t = 0 \text{ s} \\ \gg t = 1 \text{ s} \rightarrow \varphi = 16\pi \text{ rad} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = 1/4 \text{ s} \\ \lambda = 1 \text{ m} \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(4t + 4)$

1ος τρόπος

$$\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \varphi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \leq 0 \\ \bullet \varphi(0) \geq 0 \end{array} \right\} \varphi(0) = -2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

$$\left. \begin{array}{l} \gg t = 0 \rightarrow \varphi = 20\pi \text{ rad} \\ \gg \varphi = 0 \rightarrow t = -10 \text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = 1 \text{ s} \\ \lambda = 1 \text{ m} \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(t + 10)$

1ος τρόπος

$$\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} \mp \frac{x_1}{\lambda} \right) \xrightarrow{t=0} \varphi(0) = \mp 2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bullet x_1 \leq 0 \\ \bullet \varphi(0) \leq 0 \end{array} \right\} \varphi(0) = +2\pi \frac{x_1}{\lambda}$$

• της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ

$$\left. \begin{array}{l} \gg t = 15 \text{ s} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad} \\ \gg \varphi = 40\pi \text{ rad} \rightarrow t = 25 \text{ s} \end{array} \right\} \begin{array}{l} T = 1/2 \text{ s} \\ \lambda = 1/6 \text{ m} \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi(2t - 30)$

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \varphi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = 2 \text{ s} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad} \\ \gg t = 4 \text{ s} \rightarrow \varphi = 8\pi \text{ rad} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = 4\pi \\ \beta = -8\pi \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 4\pi t - 8\pi$
 $\varphi = 2\pi(2t - 4)$

• $\varphi = 2\pi(t/T \mp x_1/\lambda)$ $\bullet x_1 \geq 0$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \varphi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = 0 \rightarrow \varphi = 8\pi \text{ rad} \\ \gg t = 1 \text{ s} \rightarrow \varphi = 16\pi \text{ rad} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = 8\pi \\ \beta = 8\pi \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 8\pi t + 8\pi$
 $\varphi = 2\pi(4t + 4)$

• $\varphi = 2\pi(t/T \mp x_1/\lambda)$ $\bullet x_1 \geq 0$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \varphi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = -10 \text{ s} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad} \\ \gg t = 0 \rightarrow \varphi = 20\pi \text{ rad} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = 2\pi \\ \beta = 20\pi \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 2\pi t + 20\pi$
 $\varphi = 2\pi(t + 10)$

• $\varphi = 2\pi(t/T \mp x_1/\lambda)$ $\bullet x_1 \leq 0$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΔΕΞΙΑ

2ος τρόπος

$$\left. \begin{array}{l} \varphi(t) = at + \beta \text{ (ευθεία)} \\ \gg t = 15 \text{ s} \rightarrow \varphi = 0 \text{ rad} \\ \gg t = 25 \text{ s} \rightarrow \varphi = 40\pi \text{ rad} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \alpha = 4\pi \\ \beta = -60\pi \end{array}$$

► Εξίσωση Φάσης: $\varphi = 4\pi t - 60\pi$
 $\varphi = 2\pi(2t - 30)$

• $\varphi = 2\pi(t/T \mp x_1/\lambda)$ $\bullet x_1 \leq 0$

• άρα της μορφής: $\varphi = 2\pi \left(\frac{t}{T} + \frac{x_1}{\lambda} \right)$

• φορά κύματος: ΑΡΙΣΤΕΡΗ