

**ΗΧΟΣ**



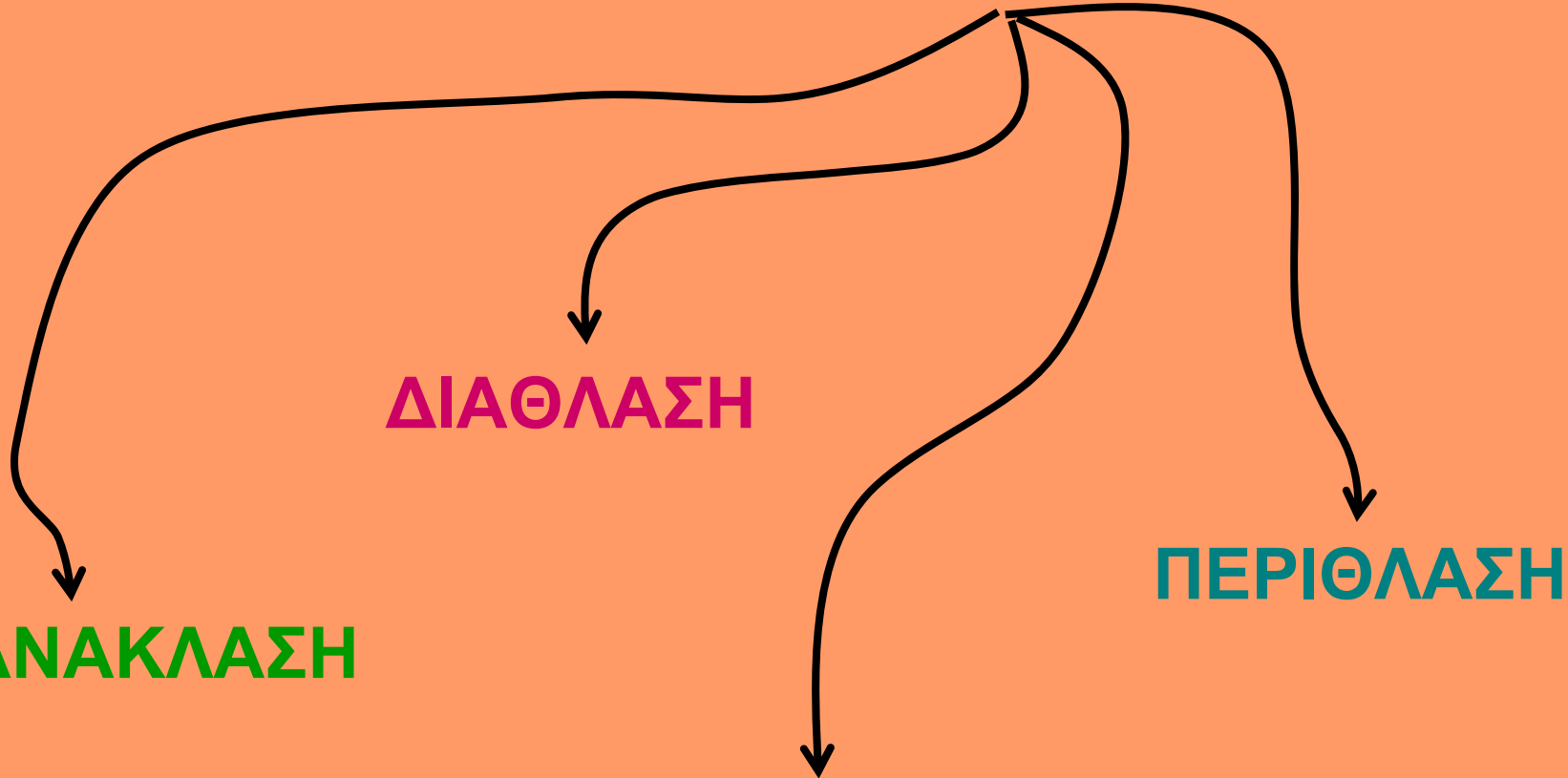
**ΚΥΜΑ**

**ΑΝΑΚΛΑΣΗ**

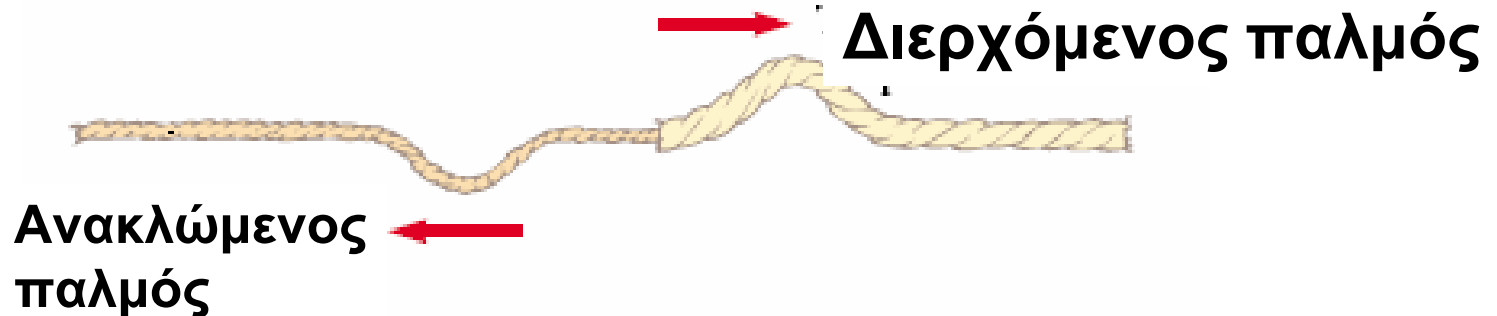
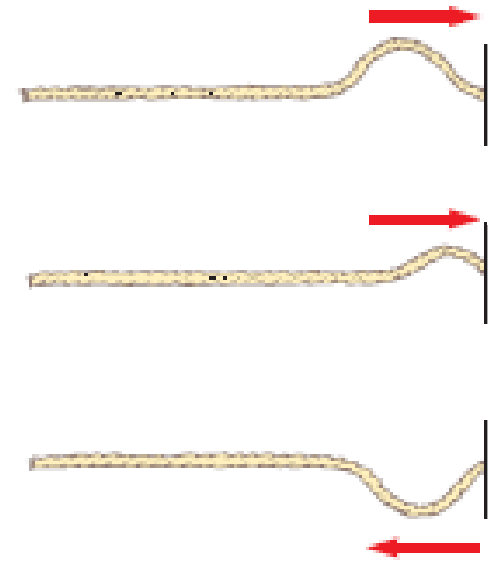
**ΔΙΑΘΛΑΣΗ**

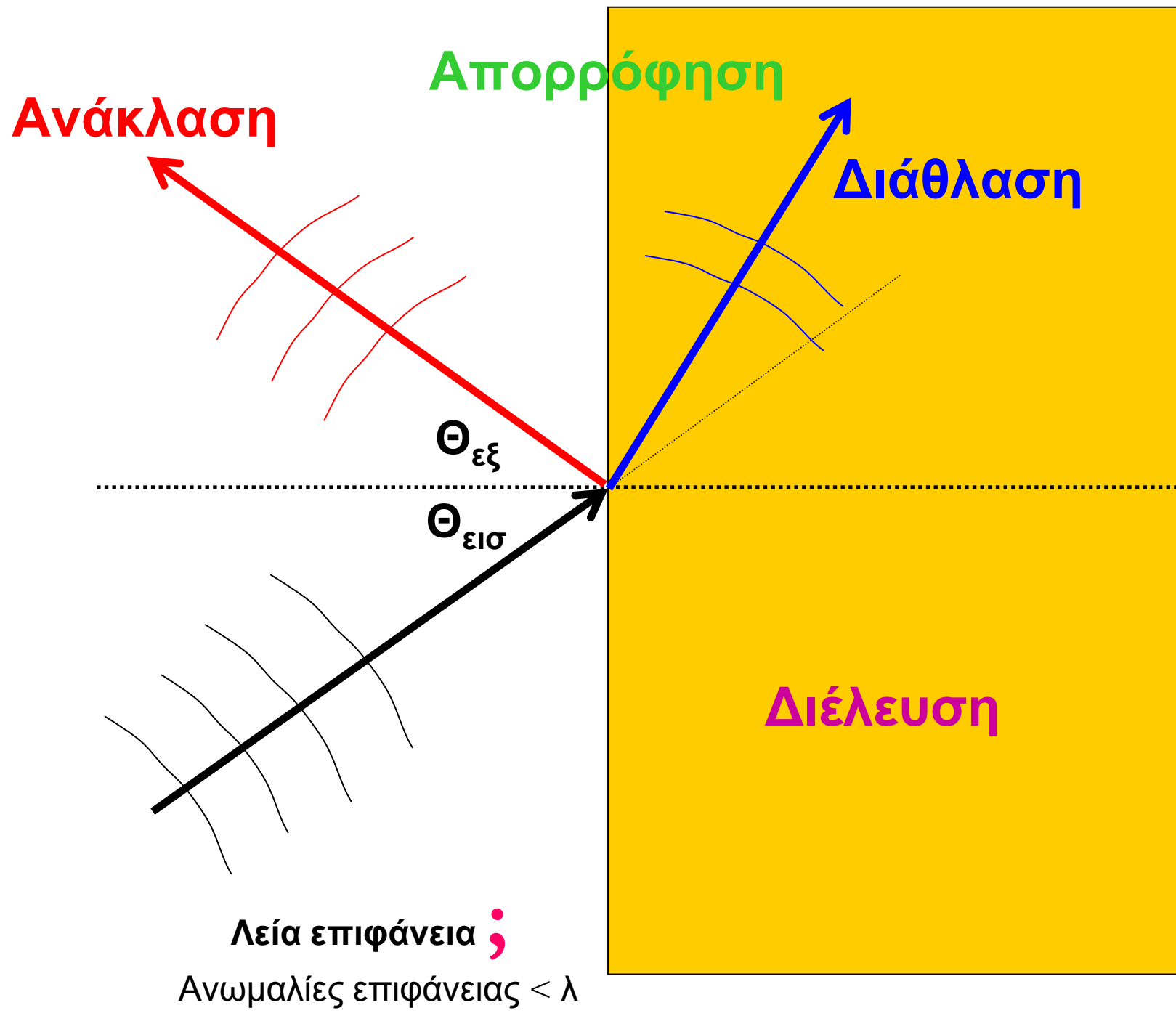
**ΣΥΜΒΟΛΗ**

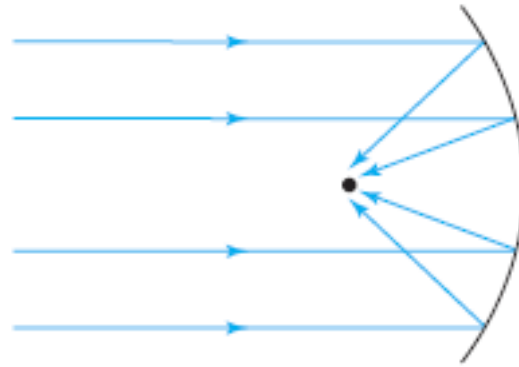
**ΠΕΡΙΘΛΑΣΗ**



Έχουμε ανάκλαση κάθε φορά που ένα κύμα το οποίο διαδίδεται σε υλικό μέσο συναντά άλλο μέσο που έχει διαφορετική πυκνότητα από το πρώτο.







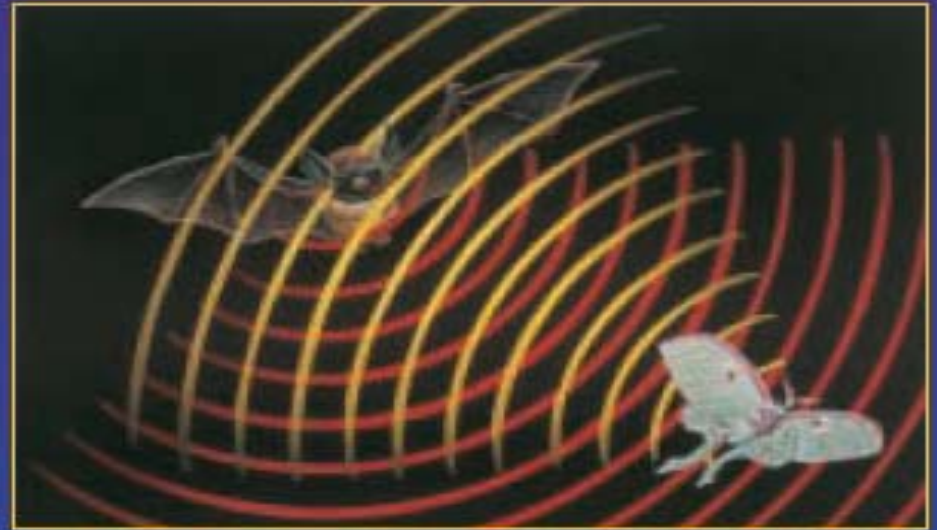
Ακουστικοί καθρέπτες στα παράλια της Αγγλίας (1930) για έγκαιρη ειδοποίηση αεροπορικής επίθεσης.



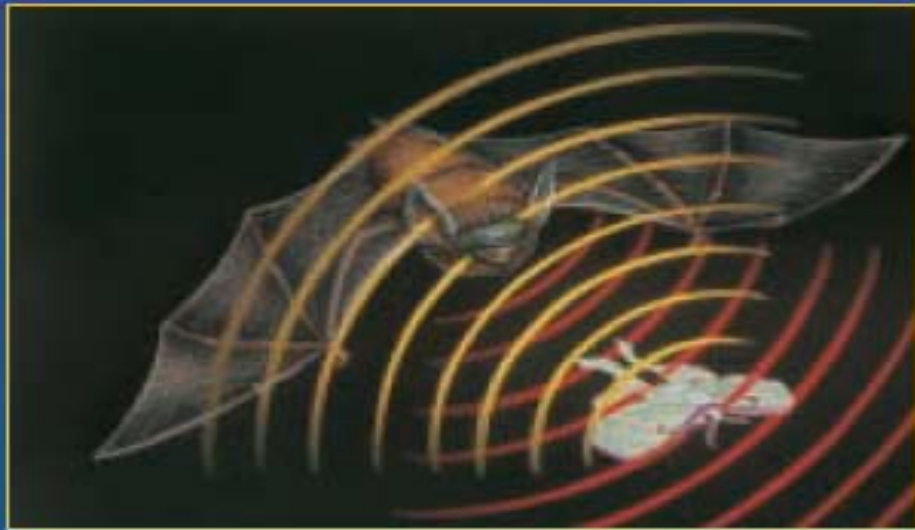
Παραβολικό μικρόφωνο για εστίαση ηχητικών κυμάτων



**A** Sound waves of a bat's ultrasonic cries spread out in front of it.



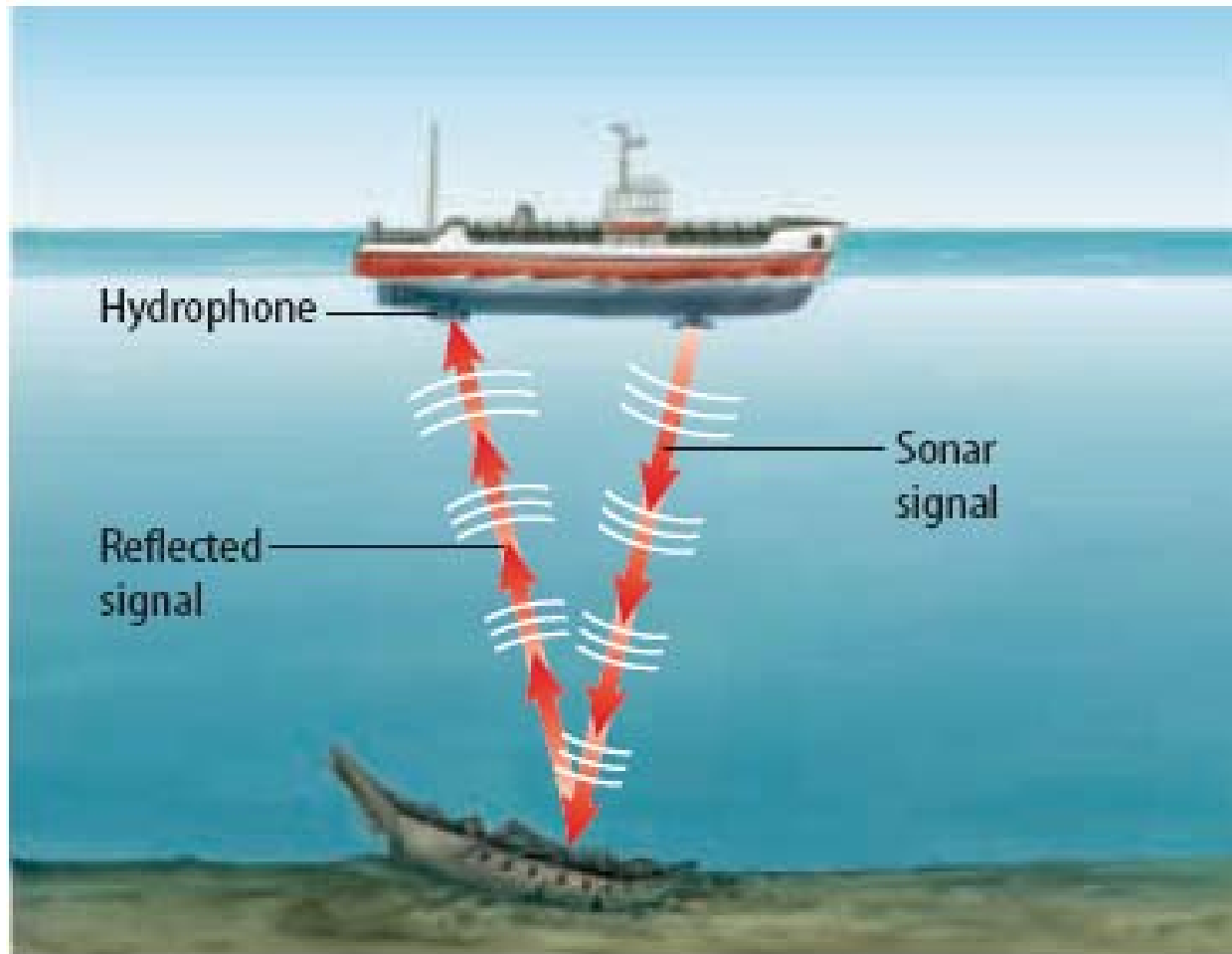
**B** Some of the waves strike a moth and bounce back to the bat.



**C** The bat determines the moth's location by continuing to emit cries, then changes its course to catch the moth.



**D** By emitting a continuous stream of ultrasonic cries, the bat homes in on the moth and captures its prey.

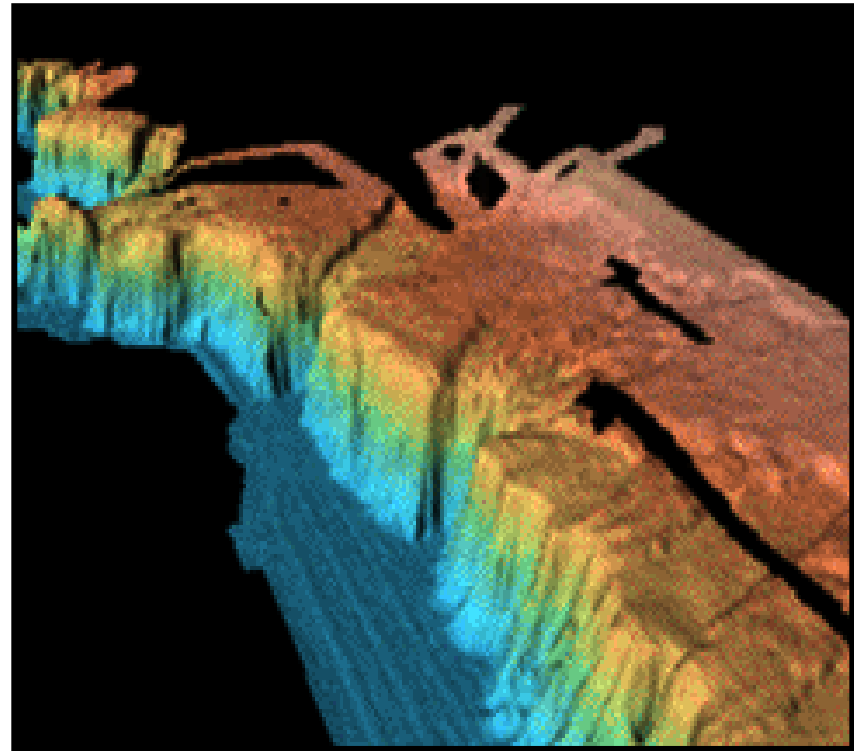


**Sonar uses sound waves to find objects that are underwater.**

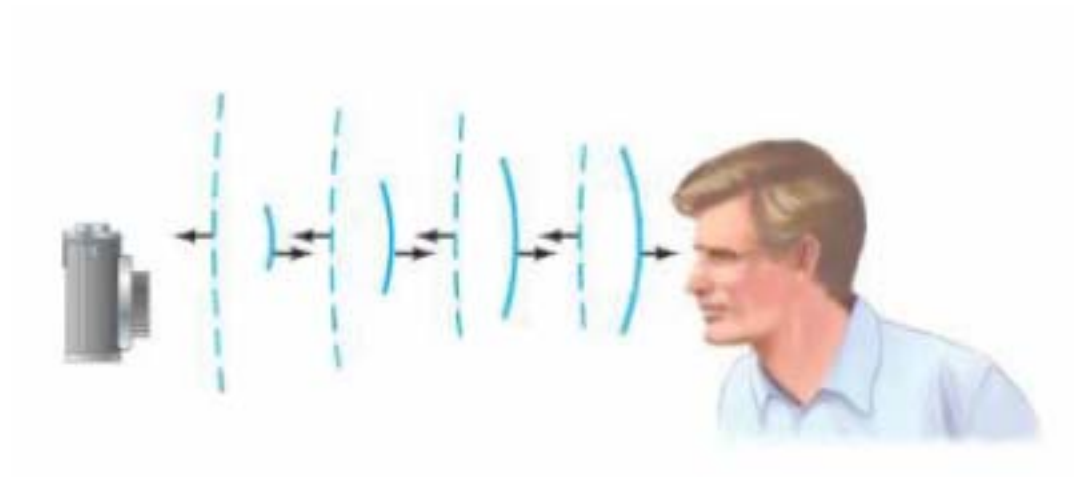
Σοναρ χρησιμοποιεί ανάκλαση ηχητικών κυμάτων για εντοπισμό αντικειμένων η χαρτογράφηση περιοχών κάτω από το νερό



**Υπέρηχος**



**SONAR**



Εστίαση φωτογραφικής μηχανής με υπέρηχο



## ΗΧΩ

Το αυτί για να μπορέσει να διακρίνει το ανακλώμενο κύμα ως ξεχωριστό από τον αρχικό ήχο πρέπει η καθυστέρηση στη λήψη του ανακλώμενου κύματος από το αυτί να είναι μεγαλύτερη από 0,1sec

Άρα η ανακλαστική επιφάνεια πρέπει να είναι σε απόσταση μεγαλύτερη από:

$$s = v_{\eta\chi} \cdot t = 343 \frac{m}{sec} \cdot 0,05 \text{ sec} = 17,2m$$

Η ηχώ έχει μεγαλύτερη μικρότερη ή ίση ένταση με τον αρχικό ήχο και γιατί;

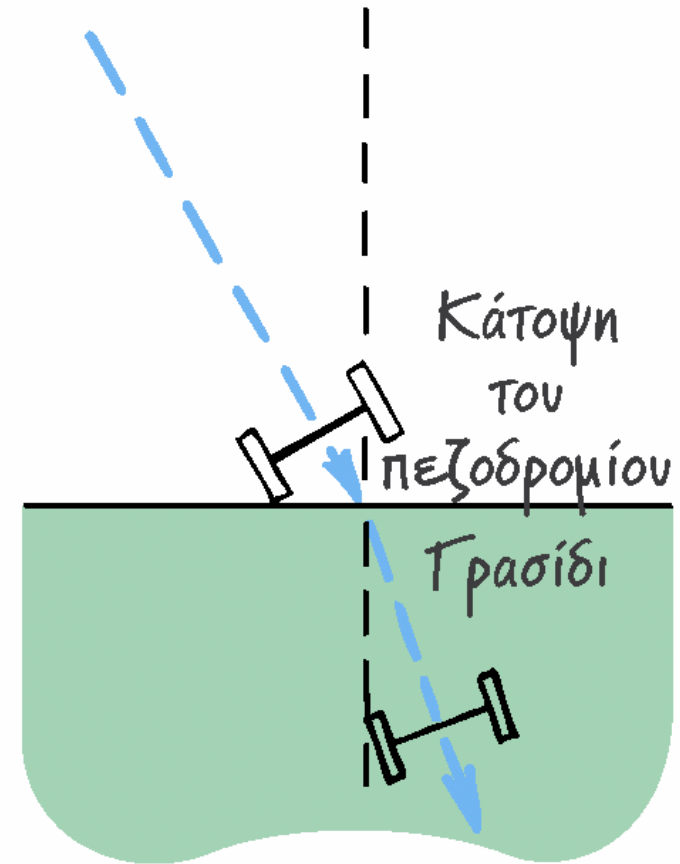
Αν μετά τον αρχικό ήχο λόγω πολλαπλών ανακλάσεων φτάσει στο αυτί μεγάλος αριθμός ηχητικών κυμάτων με χρόνο άφιξης μεταξύ τους μικρότερο από 0,01sec τότε ακούγεται παρατεταμένος ήχος

## ΑΝΤΗΧΗΣΗ ή ΜΕΤΗΧΗΣΗ

# Διάθλαση

**Διάθλαση** είναι η αλλαγή πορείας (η εκτροπή της πορείας) ηχητικού κύματος όταν περνά από ένα υλικό μέσο σε άλλο.

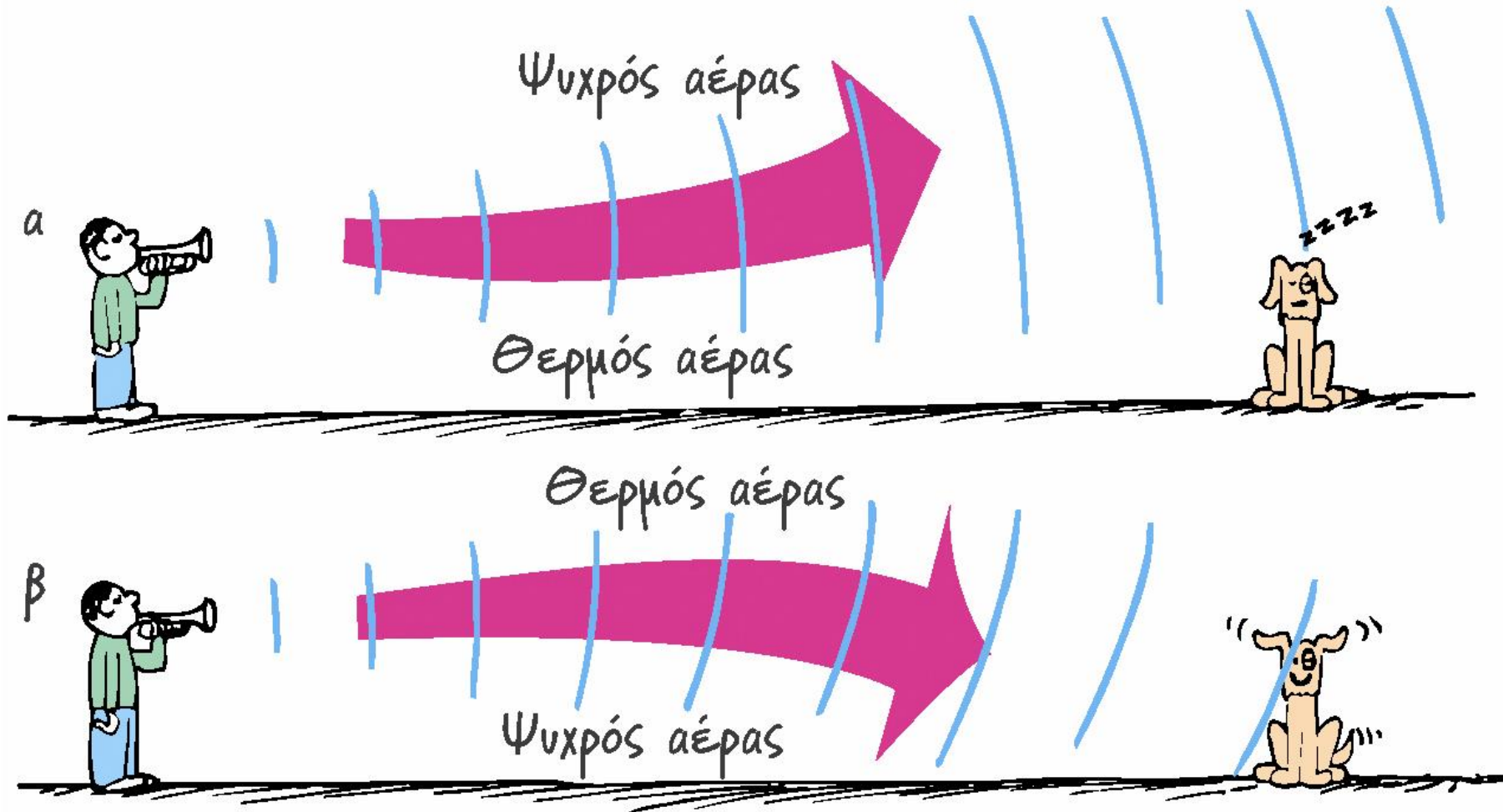
Αιτία είναι η διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του ήχου στα δύο υλικά μέσα.



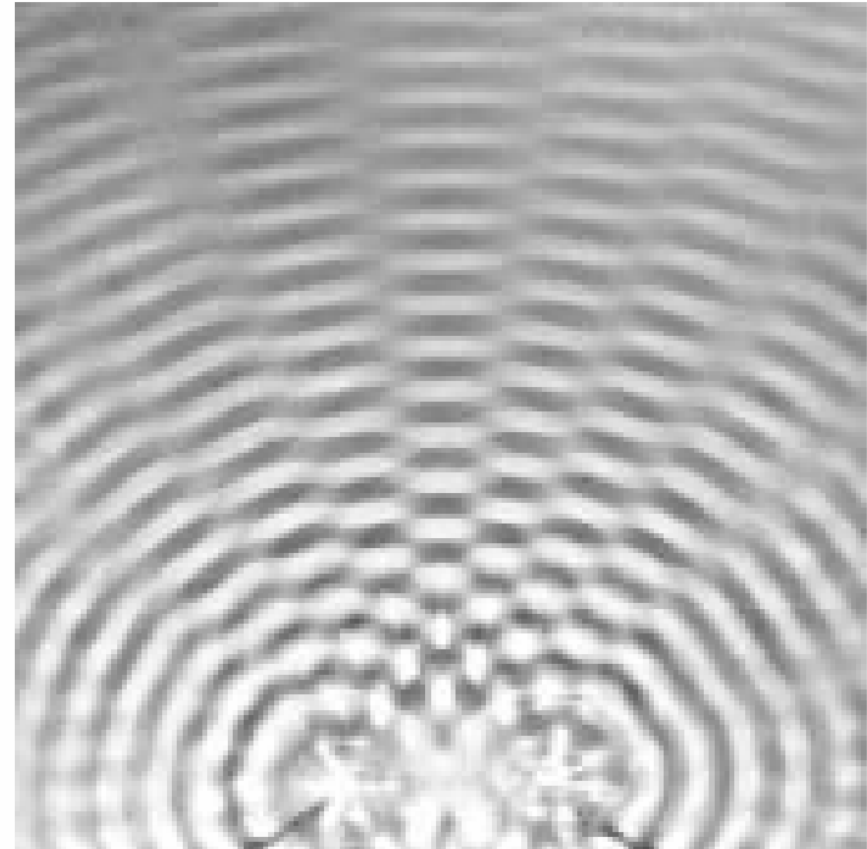
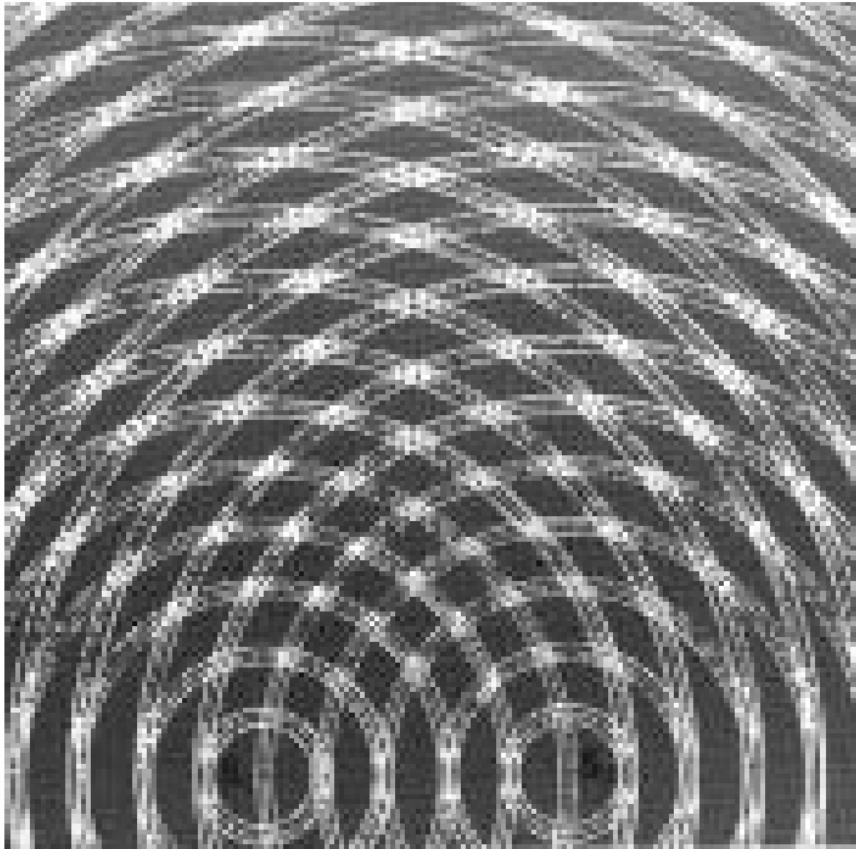
Η κατεύθυνση της κίνησης των περιστρεφόμενων τροχών μεταβάλλεται όταν ο ένας από αυτούς επιβραδύνεται πριν από τον άλλο.

Τι είναι αυτό που προκαλεί την κάμψη του ηχητικού κύματος κατά την διάθλαση;

Ο ήχος διαθλάται όταν μέρη του μετώπου του κύματος ταξιδεύουν με διαφορετική ταχύτητα



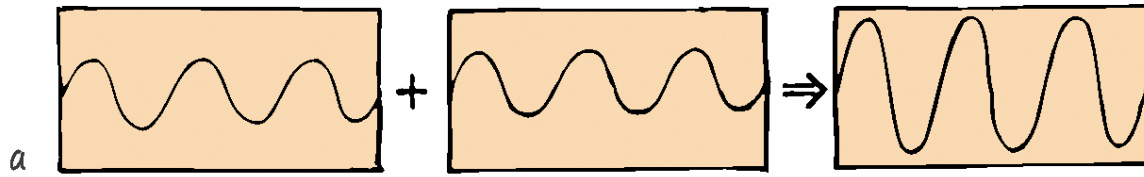
# ΣΥΜΒΟΛΗ



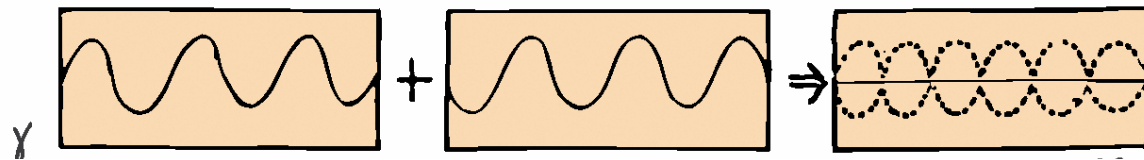
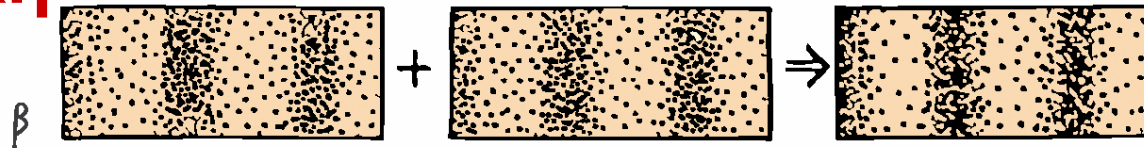
Δύο συρμοί υπερτιθέμενων υδάτινων κυμάτων δημιουργούν ένα σχήμα συμβολής. Η αριστερή εικόνα είναι ένα θεωρητικό διάγραμμα των εξαπλούμενων κυμάτων από τις δύο πηγές. Η δεξιά είναι μια φωτογραφία ενός πραγματικού σχήματος συμβολής.



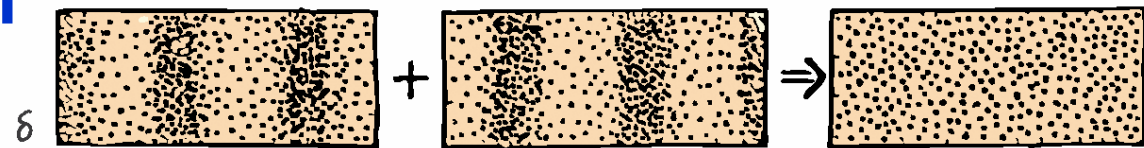
## ΣΥΜΒΟΛΗ



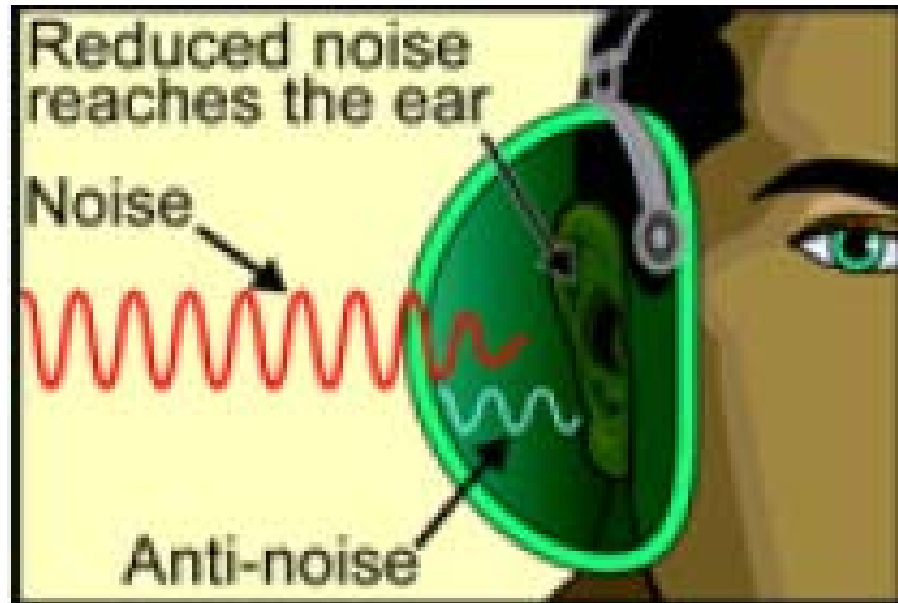
### Προσθετική



### Αφαιρετική

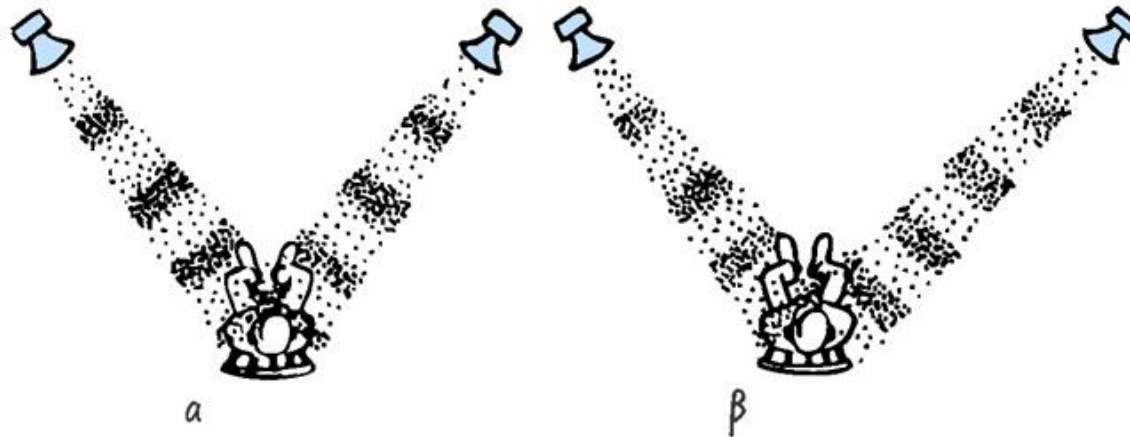


Ισχύει η αρχή της υπέρθεσης: όταν δύο ή περισσότερα κύματα συναντηθούν στην ίδια περιοχή ενός μέσου, το παραγόμενο κύμα προκύπτει από την άθροιση των απομακρύνσεων των επιμέρους κυμάτων.



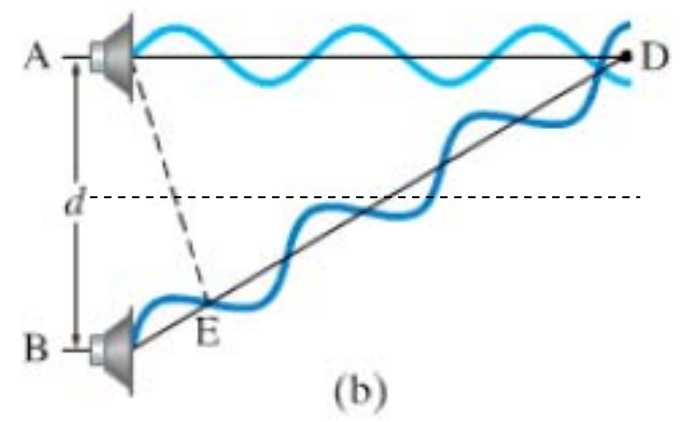
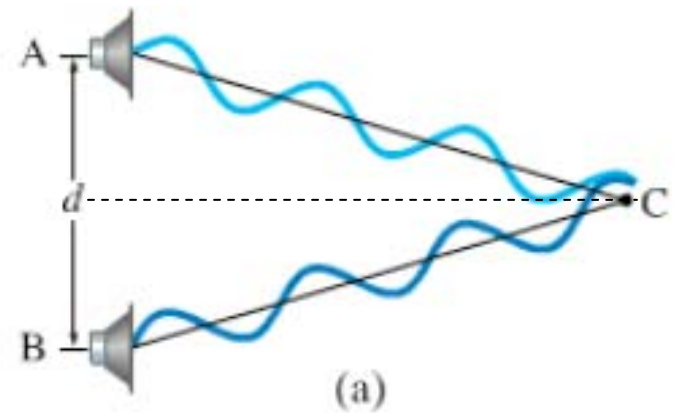
Πρόκληση συμβολής ηχητικών κυμάτων για προστασία αυτιού

Όταν οι αποστάσεις του ακροατή από τα ηχεία είναι ίσες τα κύματα φτάνουν σε φάση και συμβάλλουν ενισχυτικά



Όταν οι αποστάσεις του ακροατή από τα ηχεία διαφέρουν κατά μισό μήκος κύματος (ή  $3/2, 5/2$  κλπ) τα κύματα φτάνουν εκτός φάσης και συμβάλλουν αποσβεστικά





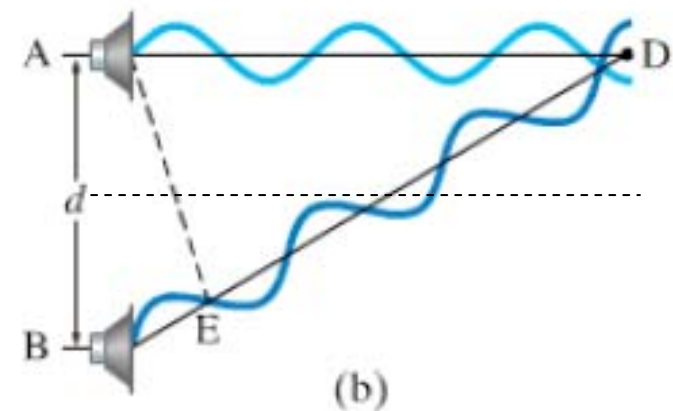
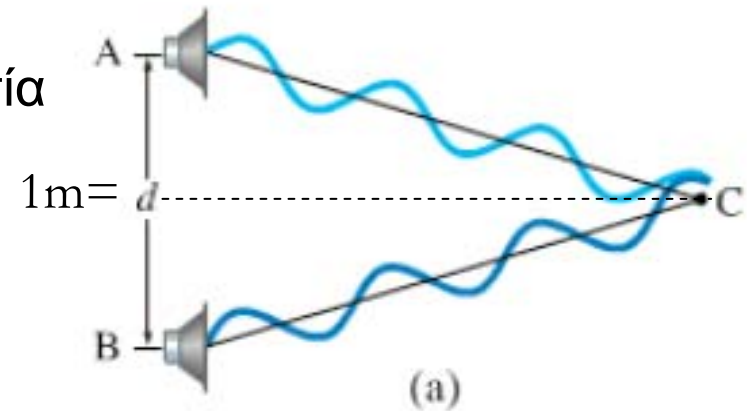
Δύο μεγάφωνα βρίσκονται σε απόσταση 1m μεταξύ τους και εκπέμπουν απλό ήχο συχνότητας 1150Hz. Ένας άνθρωπος στέκεται σε απόσταση 4m από το μεγάφωνο A. Πόσο μακριά στέκεται από το μεγάφωνο B ώστε να μην ακούει καθόλου ήχο; (θεωρείστε θερμοκρασία Δωματίου 20°C).

Παρατήρηση: Αφού ο άνθρωπος δεν ακούει ήχο στέκεται σε απόσταση από το B κατά μισό μήκος κύματος μεγαλύτερη από την απόστασή του από το A.

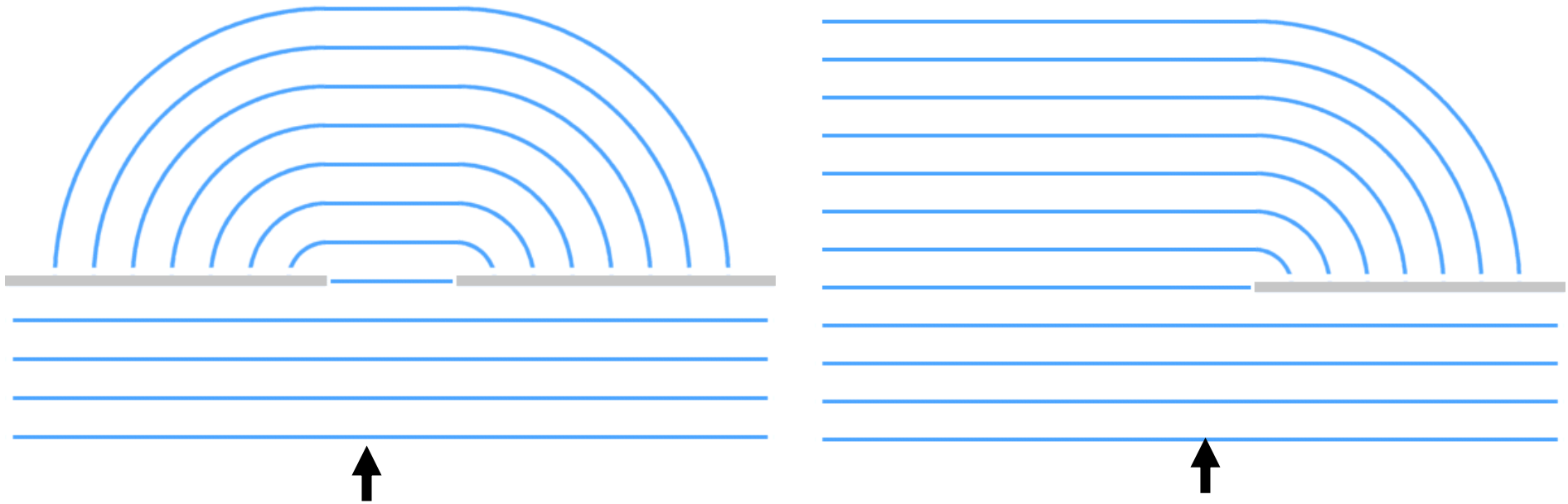
Το μήκος κύματος του ήχου είναι:

$$\lambda = \frac{v_{\eta\chi}}{f} = \frac{343 \frac{m}{sec}}{1150 Hz} = 0,30m$$

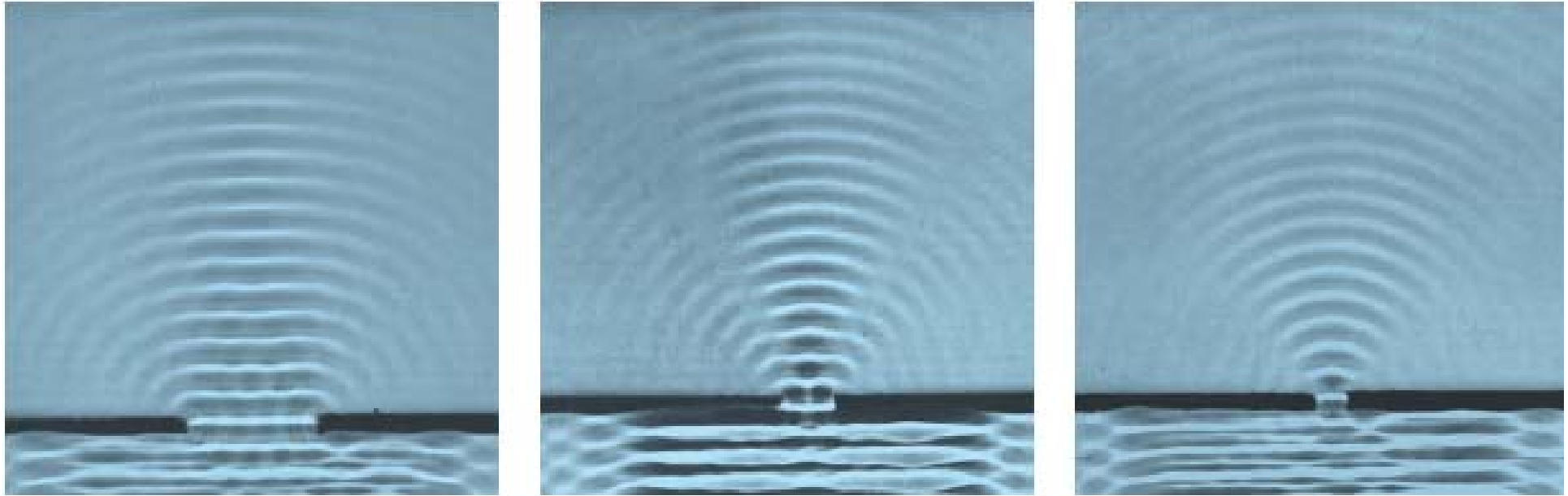
Άρα ο άνθρωπος βρίσκεται σε απόσταση 4,15 μέτρα από το B μεγάφωνο.



# Περίθλαση



Όταν το κύμα συναντά ανοίγματα ή εμπόδια κάμπτεται



## Περίθλαση κυμάτων σε ανάβαθη δεξαμενή με νερό

Το πόσο απλώνεται το κύμα στην περιοχή «σκιάς» εξαρτάται από τις διαστάσεις του εμποδίου σε σχέση με το μήκος κύματος της κυματικής διαταραχής



**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**



**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**



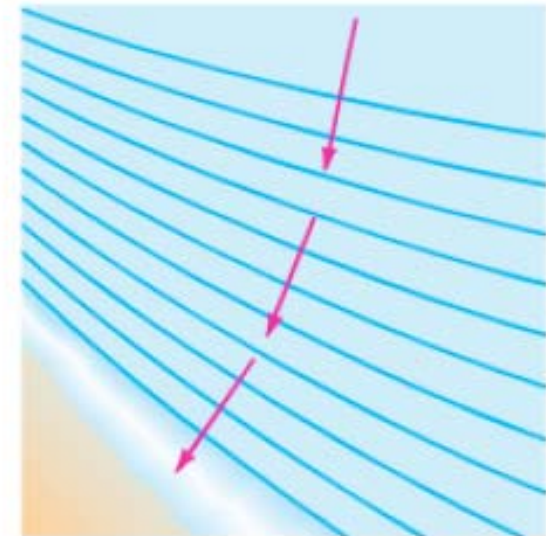
**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**



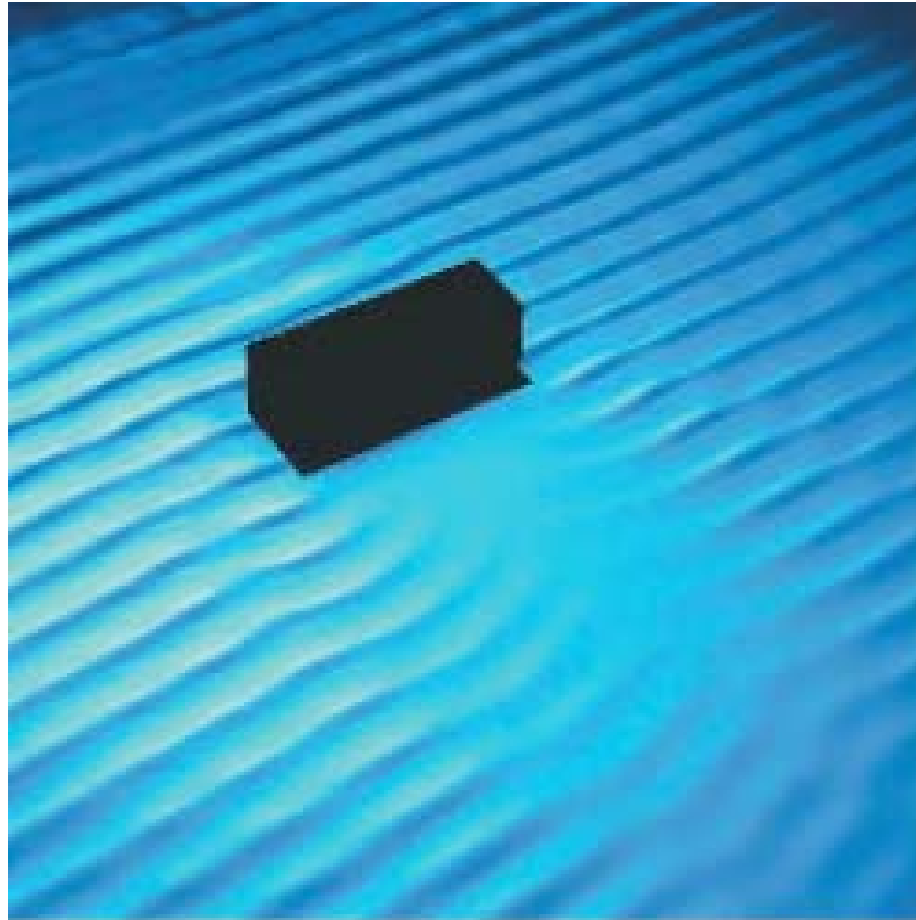
**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**



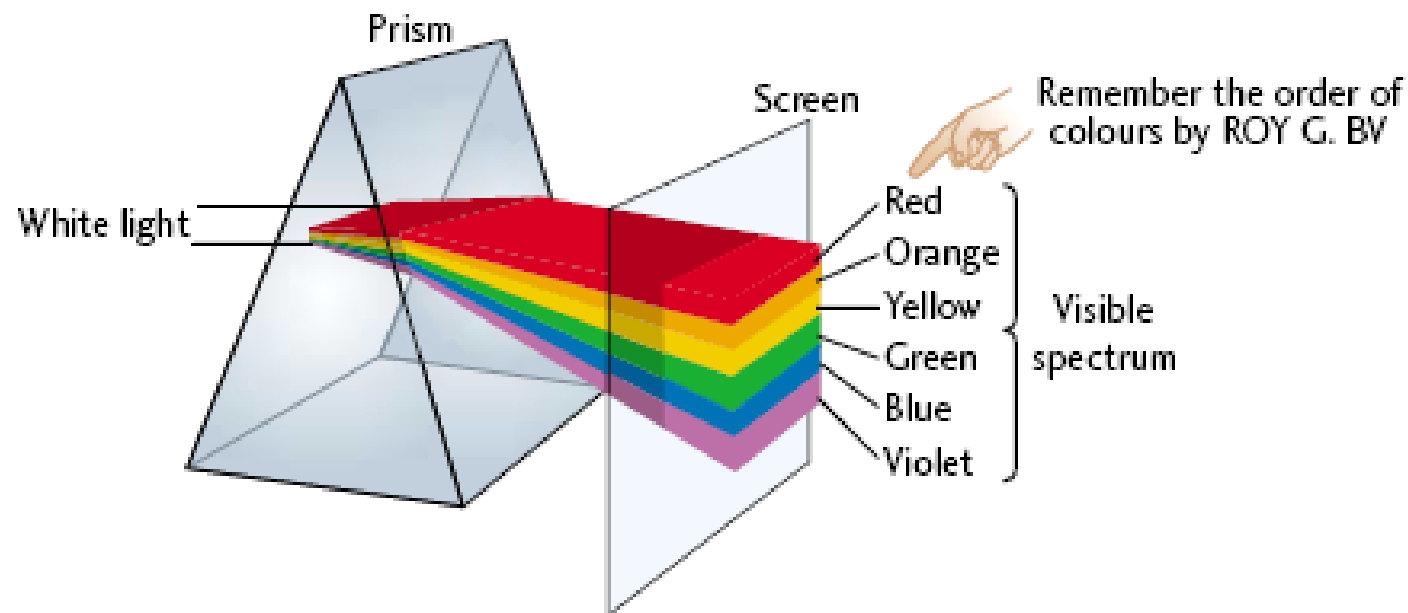
**FIGURE 11-42** Water waves refract gradually as they approach the shore, as their velocity decreases. There is no distinct boundary, as in Fig. 11-41, because the wave velocity changes gradually.



**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**



**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**



**Ποια κυματικά φαινόμενα παίζουν ρόλο;**

Όταν ακούμε μια συναυλία σε ένα ανοιχτό χώρο το ηχητικό πεδίο που δημιουργούν οι ηχητικές πηγές (τα μουσικά όργανα ή τα ηχεία του συστήματος ενίσχυσης ) αποτελείται από τον απευθείας ήχο.

Τις περισσότερες φορές η ακρόαση της μουσικής ή οι συνομιλίες γίνονται σε κλειστούς χώρους (γραφείο, σπίτι, θέατρο, αίθουσες μουσικής, κινηματογράφος κλπ) .

Κατά ένα μεγάλο ποσοστό οι χώροι αυτοί είναι ορθογώνια παραλληλεπίπεδα. Έχουμε λοιπόν *παράλληλες επιφάνειες που ευνοούν τις ανακλάσεις.*

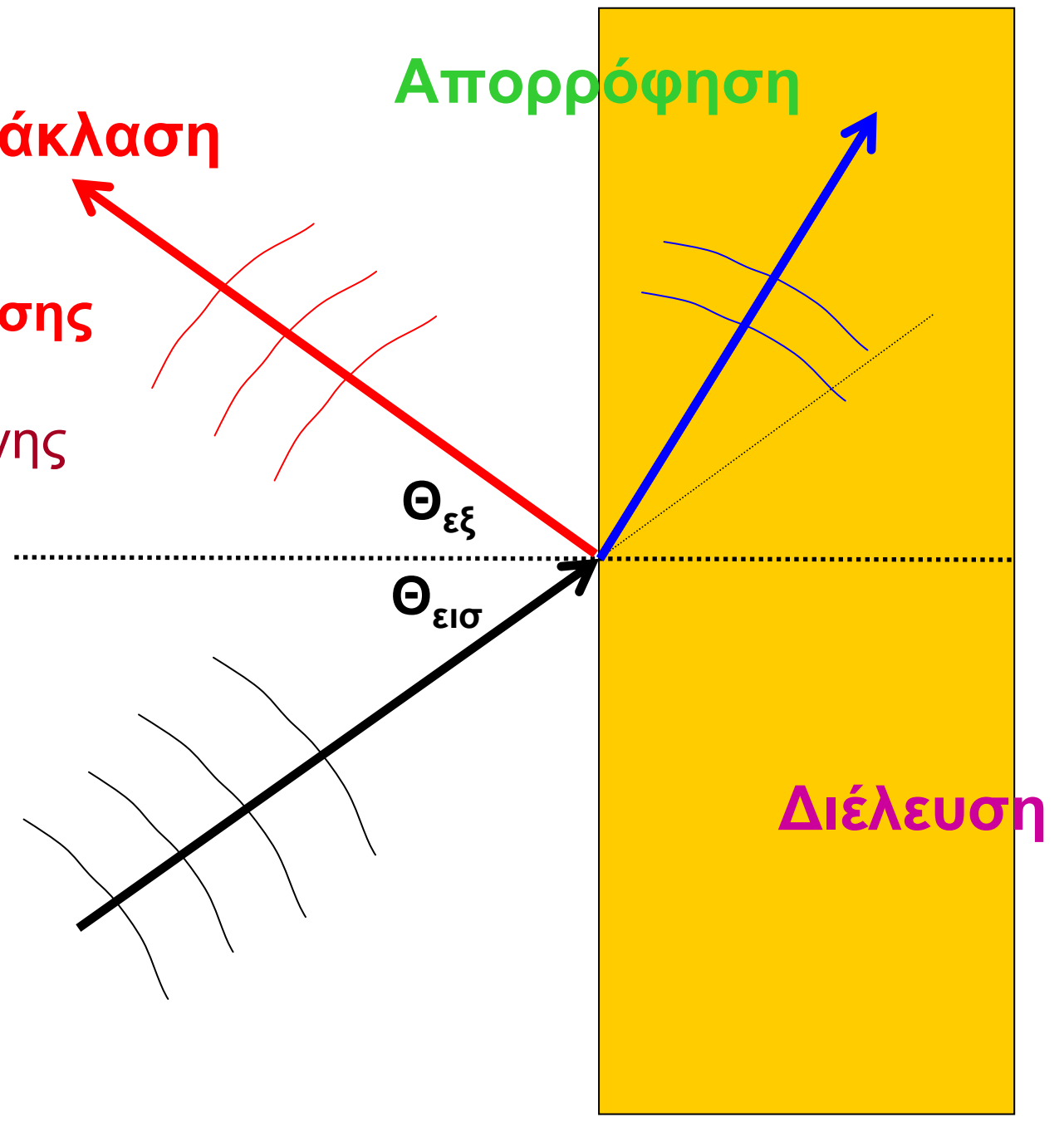
Άρα σε κλειστή αίθουσα το τελικό ηχητικό κύμα που φτάνει στο αυτί μας αποτελείται από τον **απευθείας ήχο** και τον **ανακλώμενο ήχο**.

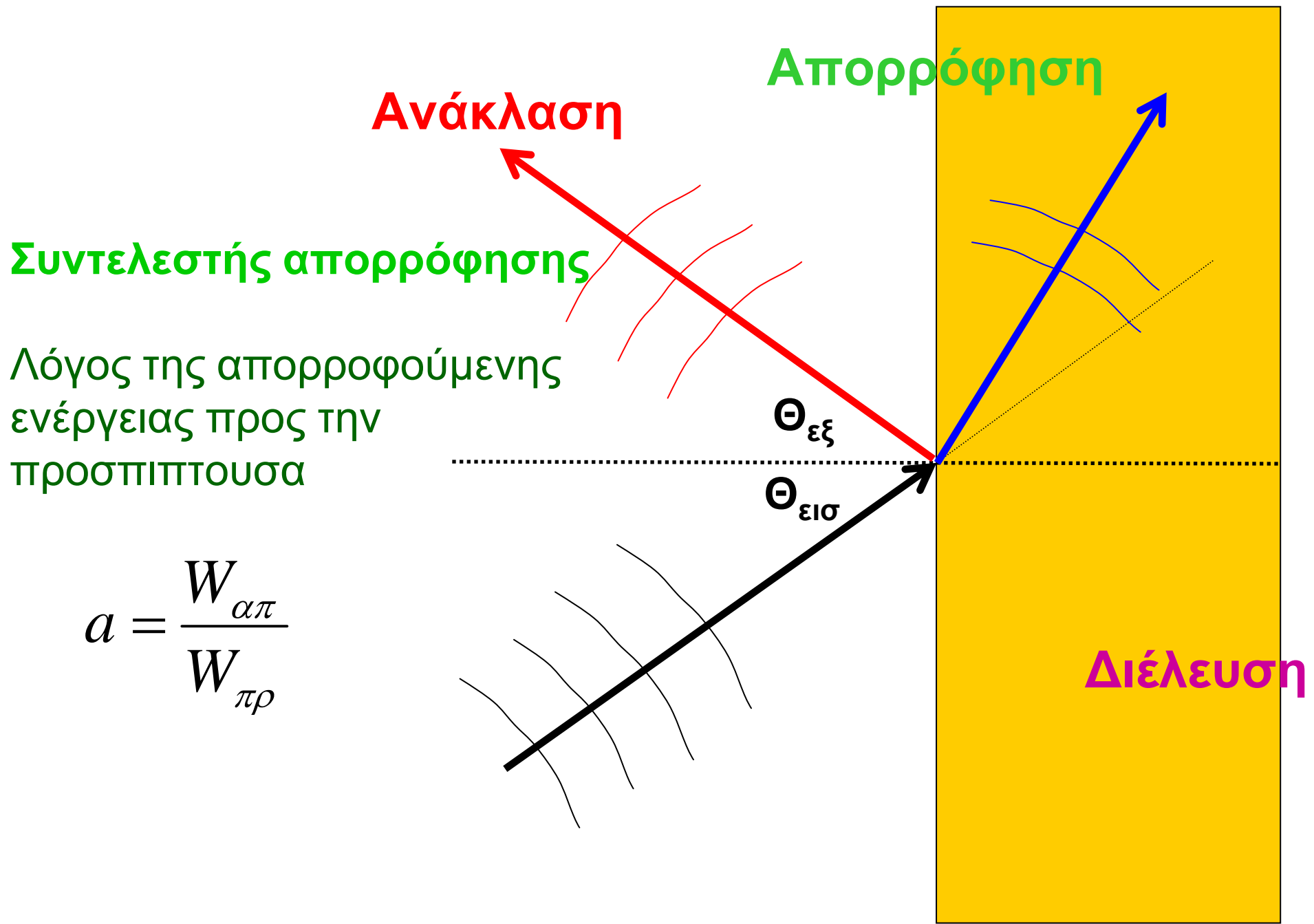
**Ανάκλαση**

**Συντελεστής ανάκλασης**

Λόγος της ανακλούμενης  
ενέργειας προς την  
προσπίπτουσα

$$r = \frac{W_{αν}}{W_{πρ}}$$





$$a = \frac{W_{\alpha\pi}}{W_{\pi\rho}}$$

Συντελεστής διέλευσης

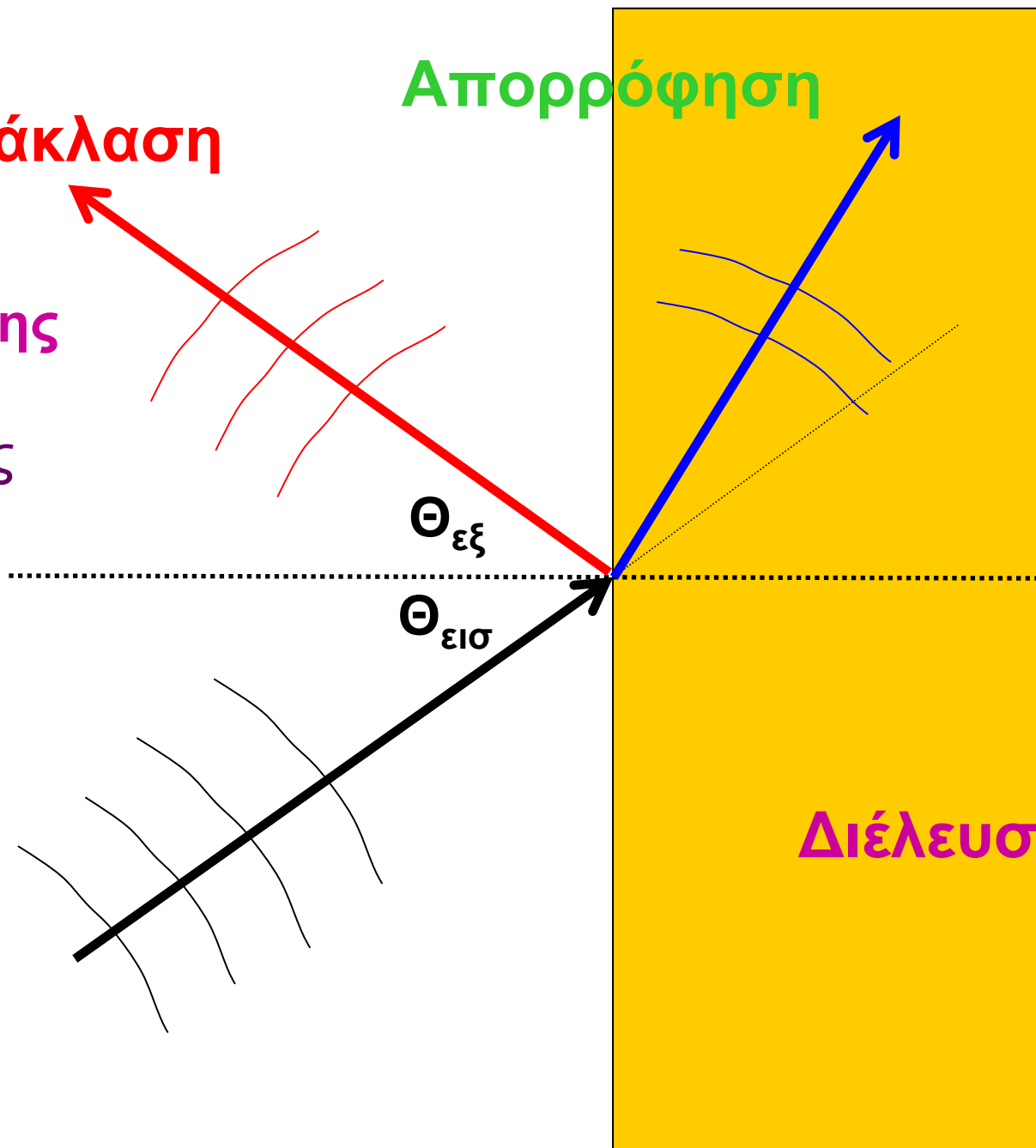
Λόγος της διερχόμενης  
ενέργειας προς την  
προσπίπτουσα

$$t = \frac{W_{\delta i}}{W_{\pi\rho}}$$

Ανάκλαση

Απορρόφηση

Διέλευση



$$r + a + t = 1$$

Για τις ανάγκες του μαθήματός μας θα θεωρήσουμε το συντελεστή διέλευσης πολύ μικρό και θα τον αγνοήσουμε  
οπότε

$$r + a = 1$$



## Τι σημαίνει ότι ο ήχος απορροφάται;

Το ηχητικό κύμα μεταφέρει ενέργεια (τα μόρια του αέρα ταλαντώνονται)

Όταν προσπίπτει σε επιφάνεια (τοίχο) προκαλεί ταλάντωση των μορίων της επιφάνειας

Μέρος της ενέργειας των μορίων του τοίχου μετατρέπεται σε θερμότητα

Ποιο χαρακτηριστικό του κύματος (για απλό ήχο) μεταβάλλεται όταν έχουμε απορρόφηση;      **συχνότητα;**      **ταχύτητα;**      **πλάτος;**

## Ο συντελεστής απορρόφησης εξαρτάται:

- 1) Από τη συχνότητα του ήχου
- 2) Από το υλικό της επιφάνειας
- 3) Από τη φύση της επιφάνειας
- 4) Από τη γωνία πρόσπτωσης



**Συντελεστής απορρόφησης;**

$$\alpha=1$$

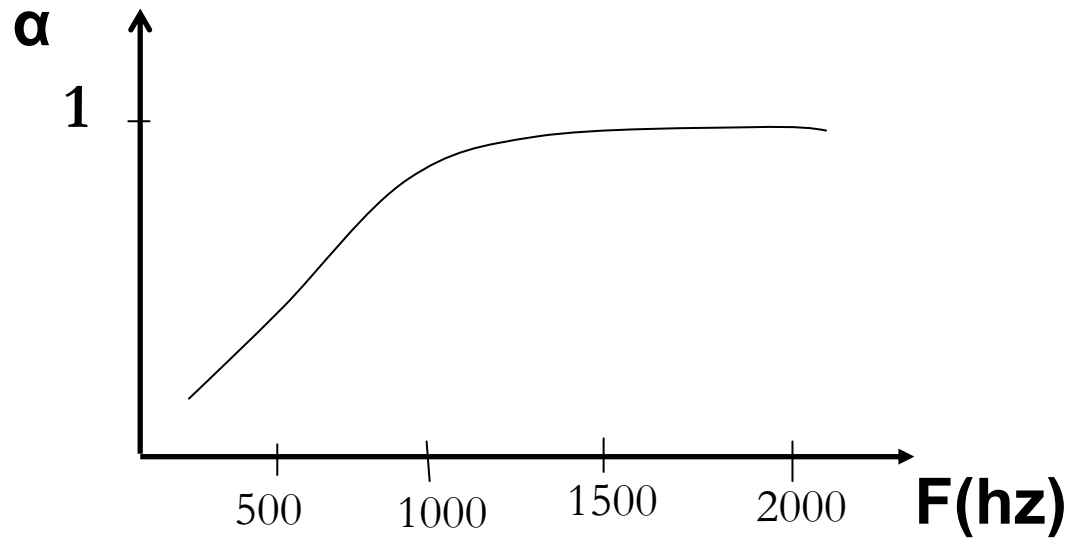
Τα ηχοαπορροφητικά υλικά χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του ήχου σε ένα χώρο και όχι για τον έλεγχο της μετάδοσης του ήχου ανάμεσα σε δύο χώρους

Το ποσό ηχοαπορρόφησης σ' ένα χώρο ενδιαφέρει άμεσα αρχιτέκτονες και πολιτικούς μηχανικούς για:

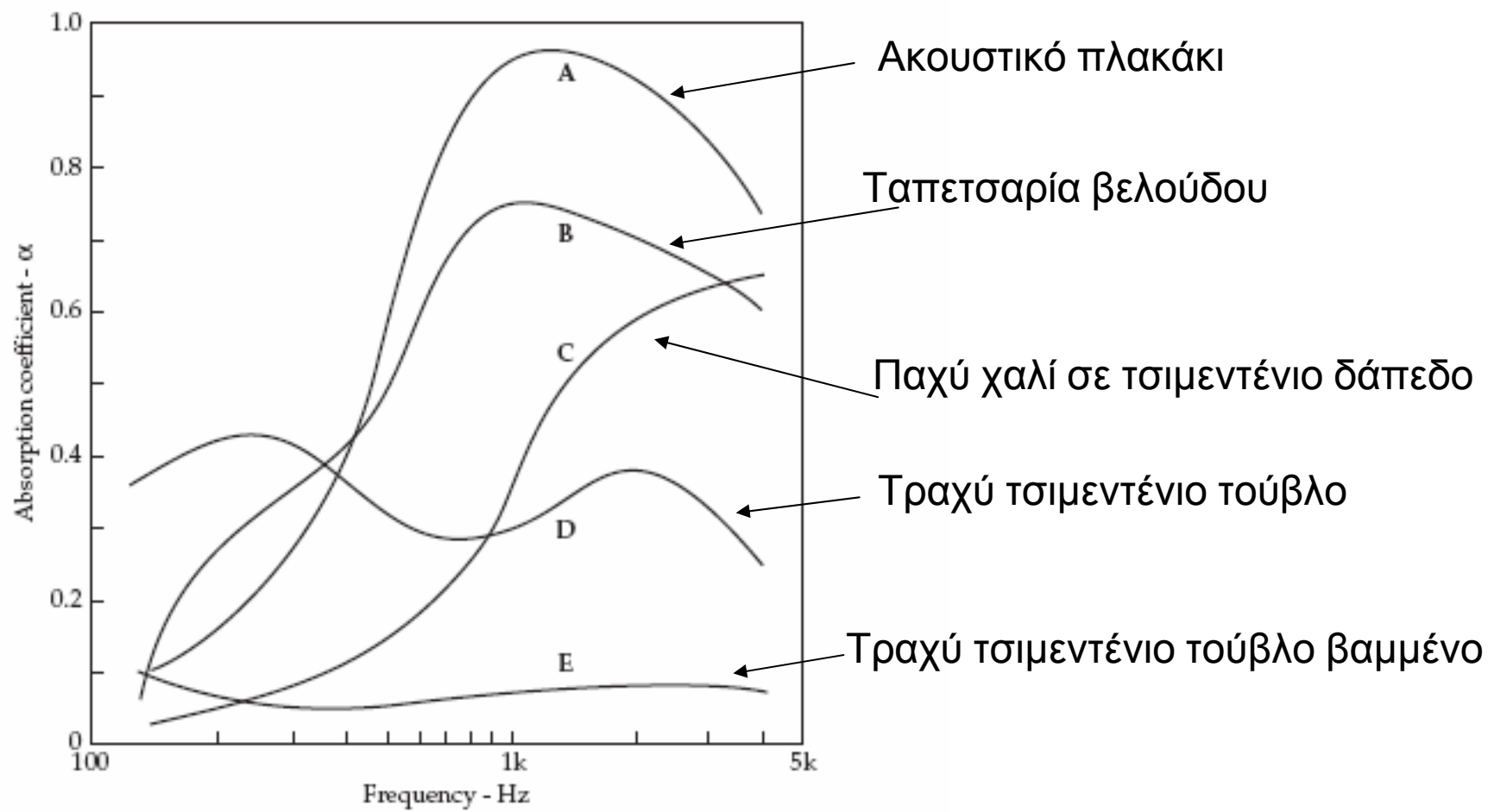
- 1) Να ελαττώσουν τη στάθμες θορύβου
- 2) Να εξαλείψουν την ηχώ
- 3) Να ελέγξουν την μετήχηση

# Ηχοαπορροφητικά υλικά

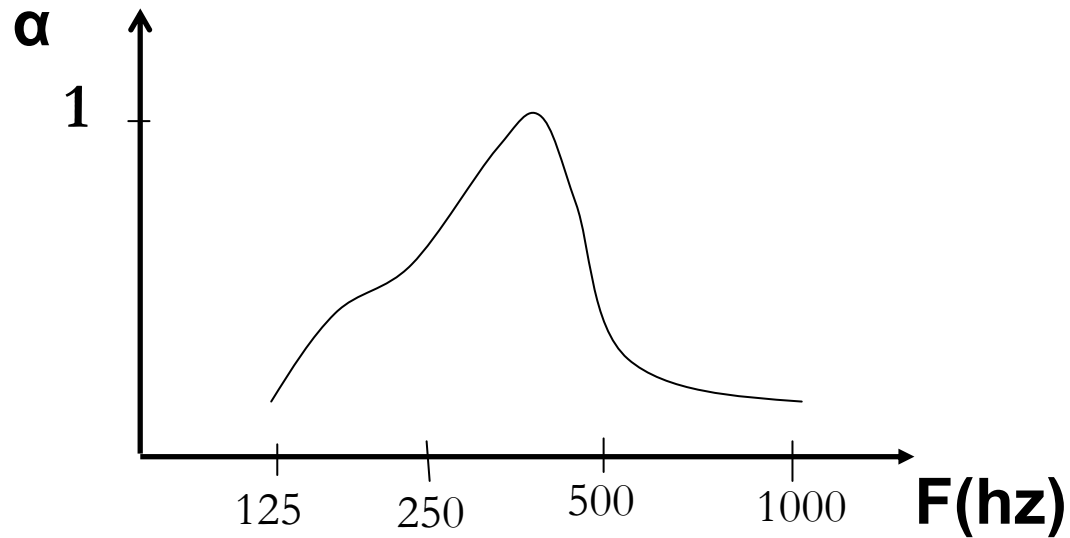
## Πορώδη υλικά



Ινώδη υλικά όπως χαλιά, υφάσματα, ρουχισμός, πάνελ από υαλοβάμβακα κλπ.

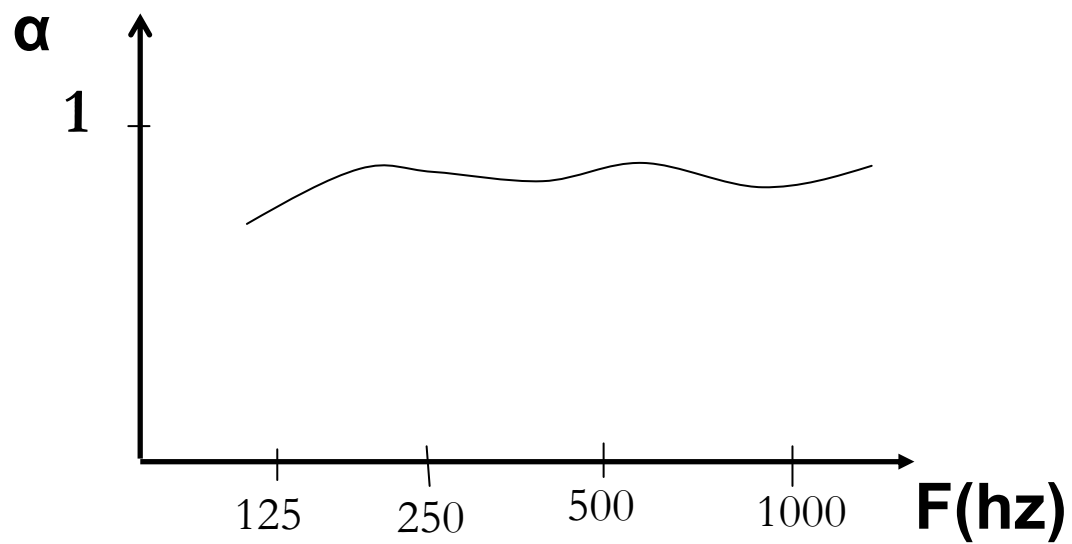


## Παλλόμενα υλικά



Υλικά με πολλά φύλλα σχετικά ελαστικά (κόντρα πλακέ).  
Πολλές φορές ένα φύλλο συμπαγούς υλικού με ένα στρώμα  
αέρα μεταξύ αυτού και του τοιχώματος μιας αίθουσας.

## Σύνθετα υλικά



## Επειδή συνήθως μας ενδιαφέρουν σύνθετοι ήχοι

Ορίζουμε μέσο συντελεστή απορρόφησης ως προς τη συχνότητα για κάθε είδος επιφάνειας

Συχνότητες: 250, 500, 1000, 2000, 4000Hz



«ανηχωϊκές αίθουσες»  
Αίθουσες με πολύ  
απορροφητικά τοιχώματα  
Χρησιμοποιούνται για  
μετρήσεις ήχου

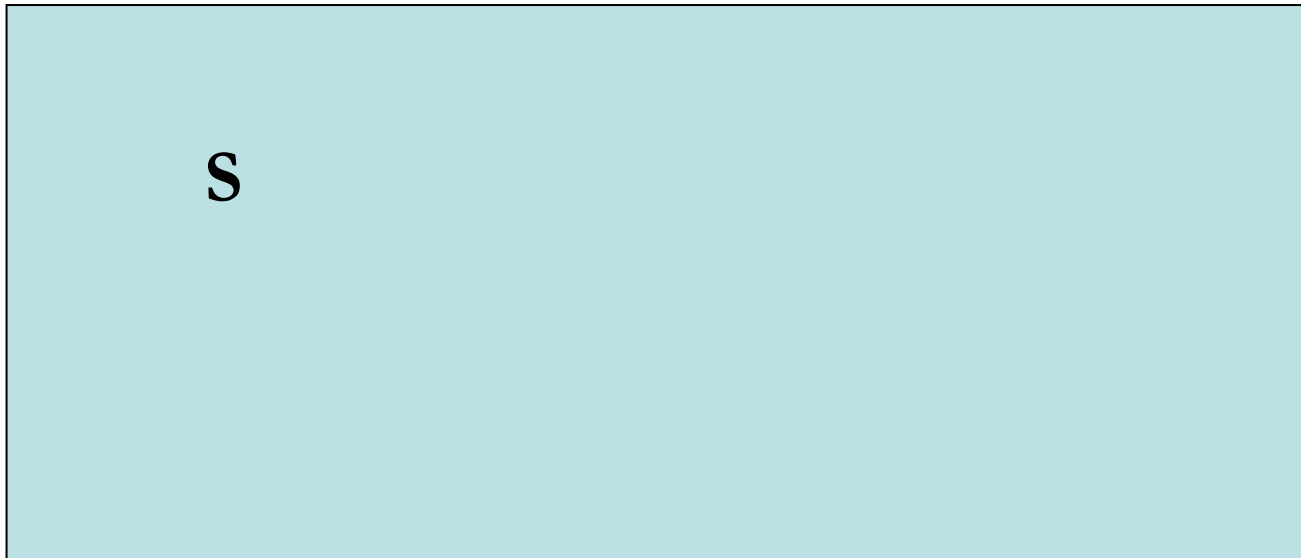


| <b>Υλικό</b>       | <b>Μέσος<br/>συντελεστής<br/>απορρόφησης</b> |
|--------------------|--|
| ανοιχτό παράθυρο   | 1  |
| χοντρή τσόχα       | 0,6  |
| κουρτίνες          | 0,4-0,7                                      |
| ακουστικά πλακάκια | 0,2-0,3                                      |
| χαλιά              | 0,2  |
| άνθρωπος           | 0,1-0,2                                      |
| σοβάς              | 0,03   |
| βαμμένο ξύλο       | 0,03   |
| μάρμαρο            | 0,01   |

# Ηχητική απορροφητικότητα μιας επιφάνειας

Αν μια επιφάνεια έχει εμβαδόν  $S$  και συντελεστή απορρόφησης  $\alpha$ , η ηχητική απορροφητικότητα της επιφάνειας αυτής είναι:

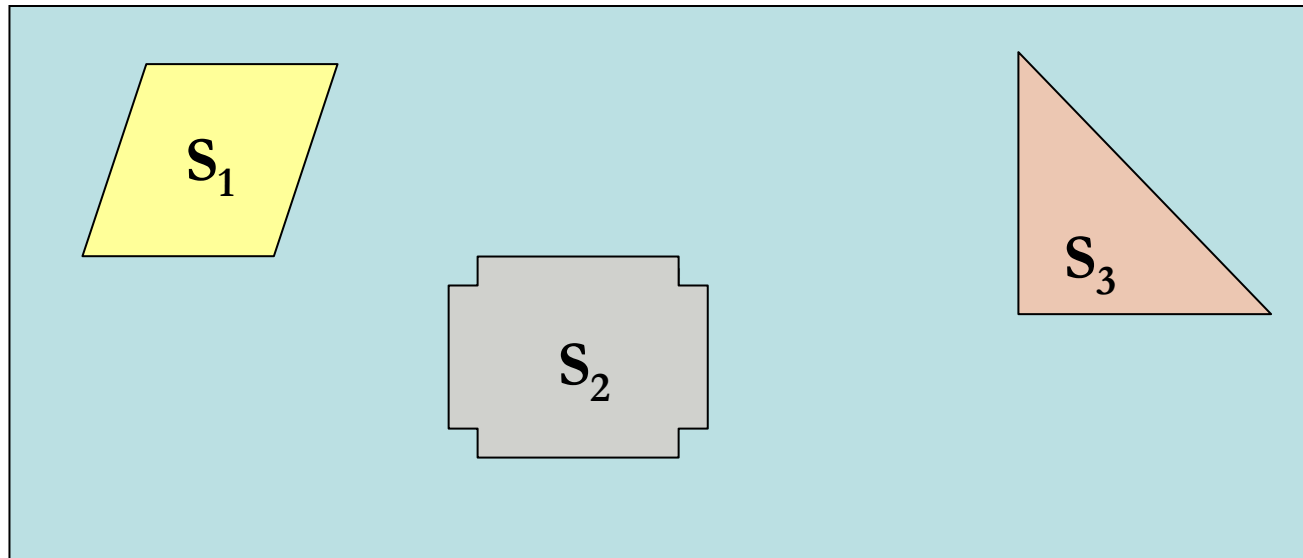
$$A = \alpha S$$

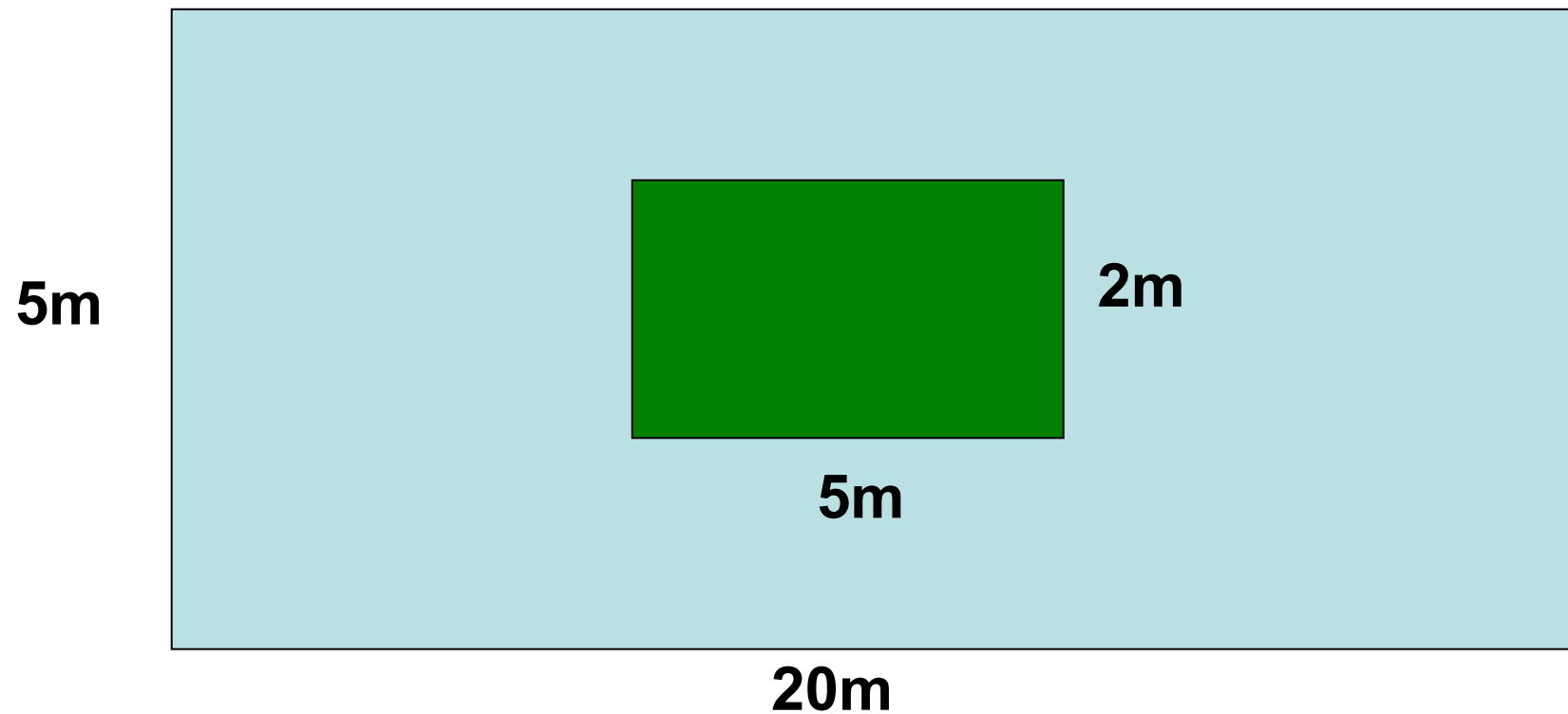


# Ηχητική απορροφητικότητα μιας επιφάνειας

Αν μια επιφάνεια είναι σύνθετη και αποτελείται από πολλά υλικά η ηχητική απορροφητικότητα της επιφάνειας αυτής είναι:

$$A = a_1 S_1 + a_2 S_2 + a_3 S_3 + \dots$$





$$\alpha_{\text{τοιχου}} = 0,02$$

$$E_{\text{τοιχου}} = 100\text{m}^2$$

$$\alpha_{\text{κουρτ}} = 0,4$$

$$E_{\text{κουρτ}} = 10\text{m}^2$$

$$A = (100 - 10) \cdot 0,02 + 10 \cdot 0,4 = 5,8\text{m}^2$$

**ΤΕΛΟΣ**