

ΜΑΘΗΣΙΑΚΌΣ ΣΤΑΘΜΌΣ ΙΙΙ: ΤΙ ΤΑΛΑΝΤΏΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΦΩΣ;	27
1 Μηχανικά κύματα	27
1.α Η πηγή των μηχανικών κυμάτων	27
1.β Χρειάζεται μέσο;	27
1.γ Διάδοση και μετατόπιση στην ίδια ή σε διαφορετική κατεύθυνση;	28
1.δ Τα σωματίδια ταξιδεύουν μαζί με το κύμα;	29
1.ε Η πηγή των κυμάτων του φωτός	30
2 Ιντερμέδιο: Υπάρχουν δονήσεις που δεν επαναλαμβάνονται;	30
3 Φως: τι πάλλεται;	33
3.α Πεδία δυνάμεων που μπορούν να ταξιδέψουν μέσω κενού διαστήματος	33
3.β Πεδία που αλλάζουν στο χρόνο: κύματα πεδίου	36
3.γ Ηλεκτρομαγνητικά κύματα	37
4 Μια θάλασσα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	38

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ:



Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Παρόμοια Διανομή 4.0 Διεθνές (CC BY-NC-SA 4.0)

Υπό τους ακόλουθους όρους:

- Αναφορά στον δημιουργό — Πρέπει να κάνετε [κατάλληλη μνεία](#), να παρέχετε σύνδεσμο στην άδεια και [να δηλώνετε τυχόν τροποποιήσεις](#). Αυτό μπορείτε να το κάνετε με οποιονδήποτε εύλογο τρόπο, χωρίς όμως να υπονοείται ότι ο αδειοδότης εγκρίνει εσάς ή τη χρήση σας.
- Μη-εμπορική — Δεν επιτρέπεται η χρήση του υλικού για [εμπορικούς σκοπούς](#).

Μπορείτε να:

- Μοιραστείτε - να αντιγράψετε και να αναδιανείμετε το υλικό με οποιοδήποτε μέσο ή μορφή
 - Προσαρμόσετε - να αναμείξετε, να τροποποιήσετε και να δημιουργήσετε πάνω στο υλικό
- Ο δικαιούχος δεν μπορεί να ανακαλέσει αυτές τις ελευθερίες, εφόσον τηρείτε τους όρους της άδειας.

Αναφορά στο έργο πρέπει να γίνεται ως εξής:

Frans R., Tamassia L. Μαθησιακοί Σταθμοί του Quantum SpinOff (2014). Centre for Subject Matter Teaching, KHLim Katholieke Hogeschool Limburg, Diepenbeek, Βέλγιο



Μαθησιακός σταθμός III: Τι ταλαντώνεται με το φως;

Το φως είναι κύμα, κάτι για το οποίο θα πρέπει να έχετε πειστεί έως τώρα. Ένα **κύμα τι, όμως;** Ελπίζουμε να ανακαλύψουμε την πραγματική φύση των κυμάτων φωτός: τι είδος κύματος είναι το φως;

Πρώτα θα μελετήσουμε τα μηχανικά κύματα, όπως τα βλέπουμε σε ένα σκοινί, στο νερό ή τα ακούμε ως ηχητικά κύματα. Κατόπιν, θα εξετάσουμε τις ιδιότητες αυτών των κυμάτων και θα καθορίσουμε αν μπορούν να ισχύουν και για το φως.

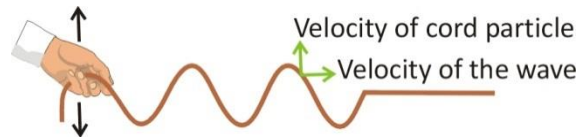
1 Μηχανικά κύματα

1.a Πηγή των μηχανικών κυμάτων

Για αρχή, σκεφτείτε ένα κύμα σε σκοινί. Πώς μπορείτε να προκαλέσετε κύμα σε σκοινί; Ποια είναι η προέλευση αυτού του κύματος;

.....

Όταν κοιτάζετε ένα μικρό τμήμα του σκοινιού, πώς κινείται καθώς το κύμα ταξιδεύει κατά μήκος του σκοινιού;



.....

Είναι πράγματι η αρχική ταλάντωση που διαδίδεται, αλλά το ίδιο το σκοινί δεν διαδίδεται... Παρομοίως, κάθε ήχος προέρχεται από μια ταλάντωση στην πηγή της. Για παράδειγμα, τι πάλλεται όταν ακούτε τον ήχο

μιας κιθάρας;

ενός πιάνου;

μιας μηχανής;

Όμως, τα σωματίδια του αέρα δεν διαδίδονται. Είναι η ταλάντωση του **ήχου** που διαδίδεται δημιουργώντας ένα ηχητικό *κύμα*. Ας το εξετάσουμε λίγο καλύτερα.

1.b Απαιτούμενο μέσο;

Η **ταλάντωση** θα μπορούσε να **διαδοθεί** μέσω του σκοινιού, επειδή τα μόρια του σκοινιού είναι συνδεδεμένα.

**Είναι πάντα αναγκαίο ένα μέσο διά
του οποίου καθίσταται δυνατή η διάδοση του κύματος;**

Χρειάζεται κάποιο μέσο ο ήχος;

Αν πάλλετε τη χορδή μιας κιθάρας σε κενό, θα ακούγατε κάτι;

Ναι/Όχι Γιατί ναι ή όχι;

.....
Ένα ηχητικό κύμα μεταδίδεται μόνο όταν οι δονήσεις στον αέρα μεταφέρονται μακρύτερα από το ένα μόριο στο άλλο. Πράγματι, τα ηχητικά κύματα χρειάζονται κάποιο μέσο για να διαδοθούν.

Τα μηχανικά κύματα χρειάζονται κάποιο μέσο

Χρειάζεται μέσο το φως;

Μπορεί, όμως, **το φως** να ταξιδεύει **στο κενό**, ή όχι;



Σκεφτείτε το διάστημα μεταξύ του **ήλιου** και της **γης** ή των **αστεριών**: δεν υπάρχει αέρας και ουσιαστικά ύλη: είναι άδειο. Παρ' όλα αυτά, μπορούμε να δούμε το φως που προέρχεται από τον ήλιο και τα αστέρια! Προφανώς, το φως ταξιδεύει *σε κενό διάστημα*. Αν όμως ισχύει αυτό, τι είδους κύμα είναι το φως;

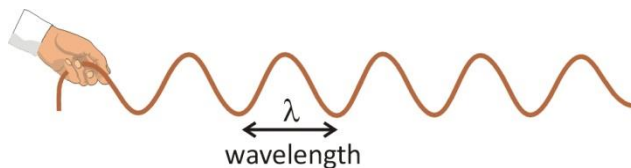
Σκεφτείτε την πληθώρα των μορφών **ασύρματης επικοινωνίας** που χρησιμοποιούμε καθημερινά, όπως το Wi-Fi ή τα σήματα του κινητού μας τηλεφώνου ή των δικτύων gps. Μεταφέρουν πληροφορίες από το ένα μέρος στο άλλο μέσω κυμάτων. Αυτά τα κύματα έχουν τον χαρακτήρα του φωτός, υπό την έννοια ότι χρειάζονται κάποιο μέσο;

Μπορούν αυτά τα σήματα να διαδοθούν και μέσω του κενού ή απαιτείται αέρας ή κάποιο άλλο μέσο;

1.c Διάδοση και μετατόπιση στην ίδια ή σε διαφορετική κατεύθυνση;

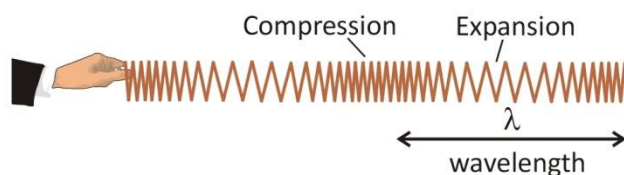
Όταν μια ταλάντωση διαδίδεται μέσω κάποιου μέσου διάδοσης, υπάρχουν δύο είδη κυμάτων. Το κύμα μπορεί να διαδοθεί:

- a. κάθετως προς τη μετατόπιση της ταλάντωσης



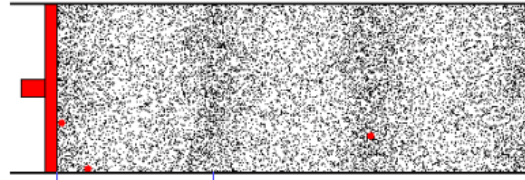
Μια πηγή ταλαντώνεται (κάθετα) και προκαλεί ταλάντωση στα κοντινά σωματίδια. Βλέπετε το κύμα που δημιουργείται στην οριζόντια κατεύθυνση. Έτσι, η κατεύθυνση της κίνησης της ταλάντωσης είναι (στην ίδια κατεύθυνση/ κάθετη προς) την κατεύθυνση της κίνησης του κύματος. Αυτό ονομάζεται **εγκάρσιο** κύμα,

- b. παράλληλο προς τη μετατόπιση της ταλάντωσης



Αυτή τη φορά, η κατεύθυνση της κίνησης της ταλάντωσης είναι (στην ίδια κατεύθυνση/ κάθετη προς) την κατεύθυνση της κίνησης του κύματος. Αυτό ονομάζεται **διαμήκες** κύμα. Εμφανίζει περιοχές εξάπλωσης και πύκνωσης.

Τα ηχητικά κύματα είναι εγκάρσια ή διαμήκη?



Σχήμα 1

Ένα ηχητικό κύμα παράγεται στον αέρα από σωματίδια τα οποία λίγο-πολύ συμπιέζονται μεταξύ τους. Αυτό το κύμα πίεσης διαδίδεται διαμηκώς.
(Πηγή: Educational Materials of The Institute of Sound and Vibration Research, Southampton, UK)

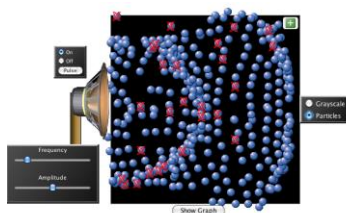
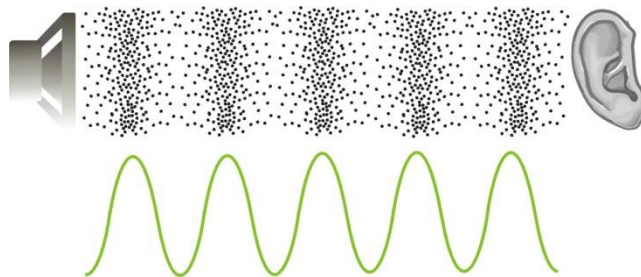
Τώρα, δεν είναι εύκολο να καταλάβουμε αν το φως, που προφανώς δεν χρειάζεται κάποιο μέσο διάδοσης, είναι εγκάρσιο ή διαμήκες κύμα. Ας εξετάσουμε λοιπόν αν το φως διαθέτει τις γνωστές ιδιότητες των κυμάτων. Αν ναι, υποστηρίζεται η υπόθεση ότι το φως είναι μια κινούμενη ταλάντωση, με άλλα λόγια, κύμα.

1.d Τα σωματίδια ταξιδεύουν μαζί με το κύμα;

Μπορείτε να αποφανθείτε για το αν τα παλλόμενα σωματίδια κινούνται στην κατεύθυνση που κινείται το κύμα;

Παρακολουθήστε μια αναπαράσταση διαμήκων και εγκάρσιων κυμάτων στην ιστοσελίδα του isvr http://resource.isvr.soton.ac.uk/spcg/tutorial/tutorial/Tutorial_files/Web-basics-nature.htm

Τα σωματίδια κινούνται μπρος-πίσω στο ίδιο σημείο, αλλά δεν εμφανίζουν καθαρή κίνηση. Το κύμα είναι ένα είδος διαταραχής που διαδίδεται. Είναι η ενέργεια της μετατόπισης που διαρκώς μεταφέρεται και κινείται.



Για παράδειγμα, σε ένα ηχητικό κύμα, τα σωματίδια πάλλονται γύρω από τη θέση ισορροπίας τους. Είναι η διαταραχή που ταξιδεύει: η ενέργεια της ταλάντωσης μεταφέρεται μέσω των σωματιδίων του αέρα και στο τέλος προκαλεί την ταλάντωση της ακουστικής μεμβράνης. Αυτό φαίνεται καθαρά στην αναπαράσταση του Phet. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/wave->

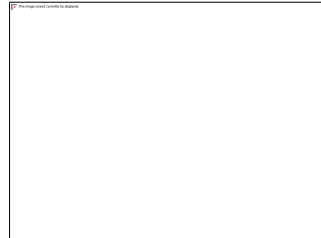
[interference](#)

1.e Η πηγή των κυμάτων φωτός

Ο ήχος λοιπόν προέρχεται από μια ταλάντωση. Όταν η ταλάντωση αυτή διέρχεται μέσω του αέρα, προκύπτει κάποιου είδους ηχητικό κύμα.

Αν το φως είναι κύμα, μπορούμε να υποθέσουμε *ότι και αυτό είναι η πηγή κάποιου είδους ταλάντωσης*. Τι είδους όμως; Δεν είναι εύκολο να το οπτικοποιήσουμε. Ο Ολλανδός φυσικός Christiaan Huygens, όμως, συνειδητοποίησε ότι - αν το φως είναι πράγματι κυματικό φαινόμενο - θα πρέπει να πηγάζει από κάποια ταλάντωση.

Ο Huygens υποστήριξε ότι το φως - επειδή συνήθως προέρχεται από ζεστά αντικείμενα (κάποιο κερί, κάποιο καυτό λαμπερό μέταλλο, ξύλο που σιγοκαίει...) προέρχεται από την **έντονη ταλάντωση των σωματιδίων** στο ζεστό υλικό. Υπέθεσε ότι η συχνότητα ταλάντωσης του φωτός θα είναι πολύ υψηλότερη από εκείνη του ήχου.



Ένα θερμό αντικείμενο, όπως ο ήλιος ή κάποιο καυτό μέταλλο, εκπέμπει φως. Είναι δυνατό οι ταλαντώσεις των σωματιδίων στο υλικό να είναι η πηγή των κυμάτων φωτός;

2 **Ιντερμέδιο:** Υπάρχουν ταλαντώσεις που **δεν επαναλαμβάνονται;**

Όπως οι πραγματικοί επιστήμονες, ας περιγράψουμε την έννοια της συχνότητας ταλάντωσης. Όλες οι ταλαντώσεις έχουν συχνότητα; Υπάρχουν ταλαντώσεις που δεν έχουν συχνότητα;

i) **Ήχοι με και χωρίς τονικό ύψος**

Όταν παίζετε ένα μουσικό όργανο όπως πιάνο ή βιολί, θα δημιουργηθεί ένας ήχος που έχει τονικό ύψος. Όταν χτυπάτε το τραπέζι, παράγετε έναν ήχο που δεν έχει τονικότητα.

Υπάρχει κάτι που κάνει την παλλόμενη χορδή ή τον παλλόμενο αέρα (στα πνευστά όργανα) που δημιουργεί έναν ήχο με τονικό ύψος, έναν τόνο. Αν χτυπήσετε το τραπέζι ή τα χέρια σας, παράγεται ένας ήχος χωρίς τονικότητα. Στην πραγματικότητα, τι κάνει τη συγκεκριμένη δόνηση να προκαλεί θόρυβο (ήχο χωρίς τονικό ύψος);

Τι ιδιαίτερο έχουν οι δονήσεις που δημιουργούν τόνο συγκριτικά με αυτές που δεν παράγουν τόνο;

Ας εξετάσουμε τη διαφορά μεταξύ τόνου και θορύβου με ένα μικρό πείραμα. Θα χρειαστείτε:

1. Ένα μικρόφωνο
2. Έναν υπολογιστή στον οποίο μπορείτε να εγκαταστήσετε ένα freeware πρόγραμμα, όπως το Visual Analyser (VA) που μπορεί να καταγράψει ηχητικές δονήσεις μέσω μικροφώνου.

Προετοιμασία

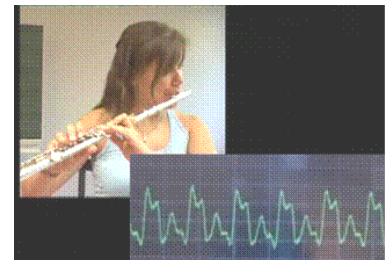
1. Πηγαίνετε στο www.sillanumsoft.org και κατεβάστε το πρόγραμμα Visual Analyser.
2. Εγκαταστήστε το πρόγραμμα στον υπολογιστή σας και ξεκινήστε το.
3. Συνδέστε ένα μικρόφωνο στην υποδοχή του υπολογιστή σας
4. Πατήστε το πλήκτρο "ON" στο άνω αριστερό άκρο του παραθύρου του VA.
5. Πατήστε "Settings" (άνω αριστερά στο VA)
6. Δείτε στο Settings -> In/Out Device αν το μικρόφωνό σας έχει επιλεγεί ως input.



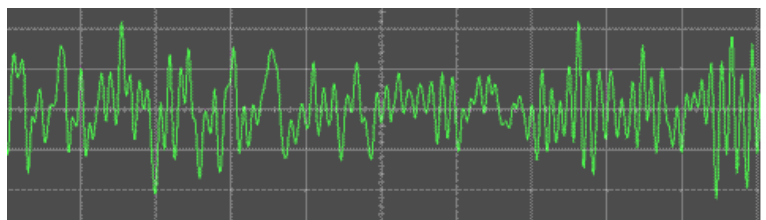
Έρευνα

Υπάρχει διαφορά μεταξύ μιας δόνησης που έχει τονικό ύψος και μιας άλλης που παράγει έναν απλό ήχο;

7. Προκαλέστε έναν ήχο με τονικό ύψος και έναν χωρίς (για παράδειγμα: μια σφυρίχτρα για να παράγετε ήχο με τονικότητα και χτυπήστε τα χέρια σας για να παράγετε ήχο χωρίς σαφές τονικό ύψος)
8. Κοιτάξτε **την ταλάντωση στον χρόνο, την κυματομορφή** στο άνω παράθυρο προβολής του VA.
9. Επαναλάβετε το με διαφορετικούς ήχους. Πιάστε ένα φλάουτο ή οποιοδήποτε άλλο μουσικό όργανο, αν χρειάζεται. Κάντε, επίσης, και άλλους θορύβους.



Σχήμα 2: Μια δόνηση στον χρόνο που παράγεται από φλάουτο. Η δόνηση επαναλαμβάνεται.



Σχήμα 3: Μια δόνηση στον χρόνο που παράγεται από χτύπημα χεριών. Η δόνηση δεν επαναλαμβάνεται.

Ποια είναι η μεγαλύτερη διαφορά μεταξύ της κυματομορφής μιας νότας και ενός ήχου;

.....

Ένας ήχος με τονικό ύψος επαναλαμβάνεται στον χρόνο και ονομάζεται *τόνος*. Ενώ ένας ήχος χωρίς τονικό ύψος, ονομάζεται *θόρυβος* επειδή η κυματομορφή δεν επαναλαμβάνεται στον χρόνο.

ii) Αναθεώρηση της περιόδου και της συχνότητας για τον ήχο

Αν η ταλάντωση εμφανίζει ένα **επαναλαμβανόμενο μοτίβο στον χρόνο** - με άλλα λόγια - αν είναι **περιοδική**, είναι χρήσιμο να υποδειχθεί ο χρόνος στον οποίο η ταλάντωση επαναλαμβάνεται. Αυτός ο χρόνος ονομάζεται **περίοδος** ταλάντωσης, συμβολιζόμενος ως ***T***.

Για παράδειγμα, η περίοδος ή ο χρόνος που παρεμβάλλεται μεταξύ των επαναλήψεων μιας ταλάντωσης μπορεί να είναι 1 δευτερόλεπτο.

Αν γνωρίζουμε την περίοδο, γνωρίζουμε πόσο χρόνο χρειάζεται το μοτίβο της ταλάντωσης για να επιστρέψει, αλλά μπορούμε επίσης να βρούμε πόσες ταλαντώσεις γίνονται ανά δευτερόλεπτο. Ο **αριθμός των ταλαντώσεων** ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται -ως γνωστόν- **συχνότητα**. Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το **hertz** (Hz).

Έτσι η συχνότητα μιας περιοδικής ταλάντωσης είναι αναλογική:

$$\frac{\text{number of vibrations}}{\text{second}} := \text{frequency}$$

Ένας υψηλός τόνος έχει μεγάλη συχνότητα, ενώ ένας χαμηλός τόνος μικρή συχνότητα.

Αν η περίοδος μιας ταλάντωσης είναι 0,5 s, ποιος είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων ανά δευτερόλεπτο ή η συχνότητα;..... Hz

Αν, για παράδειγμα, ένας τόνος έχει συχνότητα 3Hz, θα γίνουν 3 ολοκληρωμένες ταλαντώσεις ανά δευτερόλεπτο. Μία μόνο ταλάντωση, όμως, θα διαρκείs.
Αν μια νότα έχει περίοδο 1/10 s, τότε γίνονται ... ταλαντώσεις ανά δευτερόλεπτο.

Έχουμε ήδη διαπιστώσει ότι η **περίοδος και η συχνότητα** είναι **αντίστροφες**, γεγονός που μπορεί να διατυπωθεί με μαθηματικούς όρους ως εξής:

$$f = \frac{1}{\dots} \quad (1.)$$

Ποια είναι η συχνότητα μιας ταλάντωσης με περίοδο 1/100 s;

Ποια είναι η συχνότητα ταλάντωσης της νότας Λα (αναζητήστε το σε βιβλιογραφική πηγή);

Ποια είναι η συχνότητα ταλάντωσης του ορατού φωτός; (αναζητήστε το σε βιβλιογραφική πηγή) ..

Είχε δίκιο ο Huygens που υπέθετε ότι το φως έχει πολύ μεγάλη συχνότητα ταλαντώσεων; (Ναι / Όχι)

Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ορατού φωτός σε σύγκριση με εκείνη ενός Λα;

.....

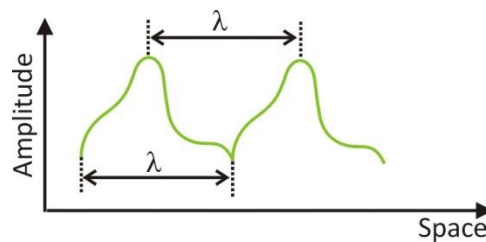
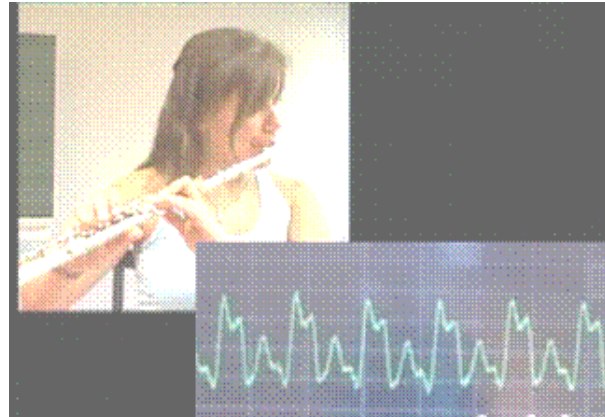
iii) Αναθεώρηση του μήκους κύματος

Αν μια ταλάντωση επαναλαμβάνεται στο χρόνο και μπορεί να ταξιδέψει μέσω του αέρα ή του διαστήματος, δημιουργεί ένα **κινούμενο κύμα με επαναλαμβανόμενο σχήμα**.

Το κυματικό μοτίβο επαναλαμβάνεται μετά από μια ορισμένη απόσταση. Αυτή η απόσταση είναι το μήκος κύματος.

Βρείτε το μήκος κύματος στην κυματομορφή που παράγει το κλαρινέτο.

Μονάδα μέτρησης του μήκους κύματος είναι το μέτρο. Το σύμβολο για το μήκος κύματος είναι το ελληνικό γράμμα λ (λάμδα). Όπως γνωρίζετε το μήκος κύματος είναι η απόσταση που διανύει ένα κύμα στον χρόνο μιας περιόδου.



Αν η ταλάντωση είναι απλά μια κίνηση πάνω-κάτω (αυτό που οι φυσικοί ονομάζουν αρμονική κίνηση), το κύμα που προκύπτει είναι ένα ημιτονοειδές κύμα. Το προκύπτον κύμα μπορεί επίσης να έχει ένα πιο σύνθετο σχήμα (όπως στο παραπάνω σχήμα). Εφόσον η ταλάντωση επαναλαμβάνεται περιοδικά στον χρόνο, η κυματομορφή θα επαναλαμβάνεται στο διάστημα και θα μπορείτε να καθορίσετε το μήκος κύματος.

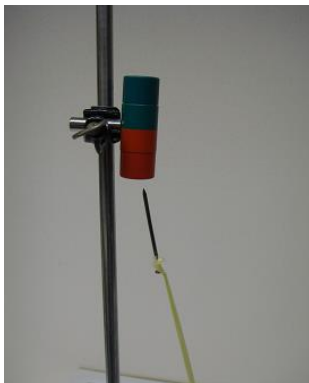
3 Φως: Τι πάλλεται;

Επειδή το φως **δεν χρειάζεται μέσο διάδοσης**, δεν μπορεί να είναι μηχανικό κύμα όπως είναι ο ήχος ή το κύμα στο σκοινί (που χρειάζονται ένα υλικό μέσο).

Ποιες φυσικές ποσότητες γνωρίζουμε που δεν συνδέονται με την ύλη; Υποψήφια είναι λοιπόν τα *πεδία*. Το φως θα μπορούσε να προκύπτει από μια αλλαγή στην ένταση του πεδίου· μια ταλάντωση πεδίου που μπορεί να διαδοθεί μέσω κενού διαστήματος. Έχουμε υπόψη μας τέτοια πεδία (δυνάμειων) που δεν απαιτούν κάποιο μέσο και που μπορούν πράγματι να ταξιδέψουν σε κενό διάστημα; Ας το εξετάσουμε.

3.a Δυνάμεις (πεδία) που ταξιδεύουν σε κενό διάστημα

i) Το μαγνητικό πεδίο



Θυμηθείτε την παιδική σας ηλικία και πόσο συναρπαστικό ήταν να παίζετε με μαγνήτες. Όταν κρατάτε δύο μαγνήτες σε μια συγκεκριμένη απόσταση το έναν από τον άλλον, μπορείτε να νιώσετε τη **δύναμη** που ασκούν ο ένας στον άλλον. Πρέπει να **ακουμπούν** οι μαγνήτες για να μεταφέρουν τη δύναμη;

.....

Θα ασκήσουν επίσης δύναμη ο ένας στον άλλον αν βρίσκονται σε

κενό αέρος;? *Ναι / Όχι*

Η μαγνητική δύναμη δεν απαιτεί μέσο για τη μεταφορά της. Ο μαγνήτης δημιουργεί μαγνητικό πεδίο. Η περιοχή γύρω από τον μαγνήτη θα αποκτήσει μια νέα φυσική ιδιότητα, το μαγνητικό *πεδίο*..

Αν τοποθετηθεί ένα καρφί ή κάτι ανάλογο στο σημείο όπου βρίσκεται το πεδίο, θα προκύψει μια δύναμη. Η δύναμη αυτή δεν απαιτεί κάποιο μέσο, αλλά παράγεται από το ίδιο το πεδίο και μπορεί να ασκείται **από απόσταση χωρίς επαφή**..

ii) Το ηλεκτρικό πεδίο



Είναι σχεδόν βέβαιο ότι έχετε δει πώς μπορείτε να τραβήξετε τα μαλλιά σας προς μια (νάυλον) χτένα χωρίς να τα ακουμπήσετε. Στην περίπτωση αυτή έχουμε να κάνουμε με την ηλεκτρική δύναμη που είναι. Υπάρχει επίσης μια δύναμη που ενεργεί εξ αποστάσεως *μέσω κάποιου πεδίου*. Δεν είναι ανάγκη τα μαλλιά σας να έρθουν σε επαφή με τη χτένα.

Ανάμεσα στα μαλλιά, υπάρχει μια ηλεκτρική απωθητική δύναμη που επίσης ενεργεί χωρίς να απαιτείται επαφή!

Υπάρχει ένα **ηλεκτρικό πεδίο** γύρω από τη χτένα και ανάμεσα στα μαλλιά. Και όπου υπάρχει ηλεκτρικό πεδίο, εμφανίζεται μια ηλεκτρική δύναμη που ασκείται *εξ αποστάσεως χωρίς επαφή*.

iii) Άλλα πεδία: βαρύτητα

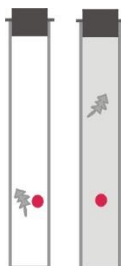


Εκτός από τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία, υπάρχει και ένα πιο προφανές πεδίο από όλα τα άλλα: το βαρυτικό πεδίο. Ποια δύναμη προκαλεί;

.....

Το 1687, ο Νεύτωνας είχε ήδη καθορίσει ότι υπάρχει μια καθολική βαρυτική δύναμη ανάμεσα σε μάζες όπως ο ήλιος και η γη, για παράδειγμα.

Πρόκειται για ένα ακόμα παράδειγμα της δύναμης που προκύπτει ως αποτέλεσμα κάποιου πεδίου; *Ναι / Όχι*



Αυτή η δύναμη ενεργεί στο κενό ή χρειάζεται κάποιο μέσο;

.....

Τα αντικείμενα πέφτουν και στο κενό;

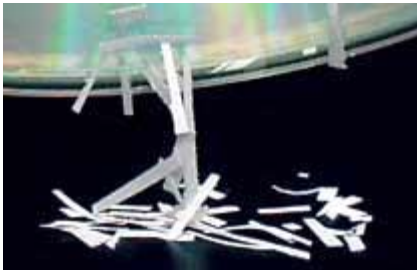
.....

Να ονομάσετε 3 δυνάμεις που είναι το αποτέλεσμα κάποιου πεδίου, και που ενεργούν και στο κενό:

- | | |
|----|-------|
| 1. | |
| 2. | |
| 3. | |

iv) Τα πεδία αποτελούν θεμελιώδη σύλληψη!

Αρχικά, οι φυσικοί δυσκολεύονταν με την ιδέα μιας "actio in distans", μιας δύναμης που ενεργεί από απόσταση μέσω του "τίποτα". Ωστόσο, ενσωμάτωσαν ουσιαστικά την ιδέα στην έννοια του "πεδίου". Από τότε, η έννοια του πεδίου δεν χάθηκε ποτέ από τη φυσική και τα πεδία βρίσκονται έκτοτε στο επίκεντρο κάθε θεωρίας της φυσικής: βαρυτικά πεδία, ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, ακόμα και κβαντικά πεδία!



Ένα ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται γύρω από ένα CD που φορτίζεται ηλεκτρικά μέσω της τριβής. Τα φορτία στα άτομα των συνδετήρων έλκονται από το πεδίο αυτό. (Πηγή φωτογραφίας: Wikipedia)

Τα πεδία μπορεί να έχουν πηγές. Για παράδειγμα, οι μάζες είναι πηγές βαρυτικών πεδίων, τα φορτία πηγές ηλεκτρικών πεδίων και οι μαγνήτες ή τα ηλεκτρικά κυκλώματα πηγές μαγνητικών πεδίων.

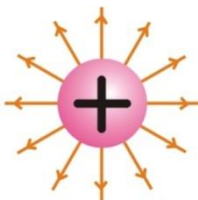
Γύρω από μια πηγή, δημιουργείται μια περιοχή όπου βρίσκεται το πεδίο.

Η παρουσία κάποιου πεδίου είναι δυνατό να ελεγχθεί τοποθετώντας ένα αντικείμενο "δοκιμασίας" στο πεδίο: για παράδειγμα, ένα φορτίο "δοκιμασίας" θα υποστεί μια ηλεκτρική δύναμη στο ηλεκτρικό πεδίο. Το αντικείμενο "δοκιμασίας" θα υποστεί μια δύναμη από απόσταση λόγω του πεδίου. Η δύναμη ενδέχεται να μειωθεί όσο αυξάνεται η απόσταση, αλλά βασικά εντοπίζεται σε όλα τα σημεία της περιοχής γύρω από

την πηγή. Για αυτόν ακριβώς το λόγο οι φυσικοί θεωρούν την περιοχή γύρω από την πηγή ως *πεδίο*.

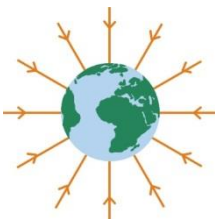
Η **δύναμη** είναι το **αποτέλεσμα** της παρουσίας κάποιου **πεδίου**.

Παράδειγμα: το ηλεκτρικό πεδίο



Εάν η πηγή του πεδίου είναι ακίνητη, το πεδίο είναι στατικό. Ορίστε ένα παράδειγμα, μια αναπαράσταση του απωθητικού πεδίου γύρω από ένα θετικό φορτίο. Οι φυσικοί σχεδιάζουν νοητές γραμμές πεδίου που υποδεικνύουν την παρουσία κάποιου πεδίου.

Αν τοποθετούσατε ένα δεύτερο θετικό φορτίο στο πεδίο, θα προέκυπτε μια απωθητική δύναμη στην κατεύθυνση των γραμμών του πεδίου.



Παράδειγμα: το βαρυτικό πεδίο

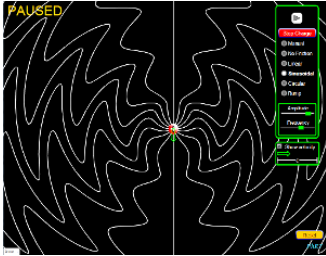
Αν τοποθετήσετε μια μάζα σε αυτό το βαρυτικό πεδίο, θα υποστεί μια βαρυτική έλξη προς το κέντρο της γης.

Ίσως νομίζετε ότι έχουμε παρεκκλίνει αρκετά από το αρχικό μας θέμα: την πραγματική φύση του φωτός. Η φυσική, όμως, κρύβει πάντα κάποιες εκπλήξεις: συσχετίζει πράγματα που εκ πρώτης όψεως δεν έχουν συνάφεια. Στην πραγματικότητα, έχουμε πάρει τον σωστό δρόμο για να ανακαλύψουμε την πραγματική φύση του φωτός!

Βασικά, το φως είναι πεδίο, όχι βαρυτικό αλλά ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο.

3.b Πεδία που αλλάζουν στον χρόνο: κύματα πεδίου

Μέχρι τώρα, περιγράψαμε κύματα που δεν μεταβάλλονται στον χρόνο: πρόκειται για στατικά πεδία. Είναι όμως πιθανό η δύναμη κάποιου πεδίου να μεταβάλλεται στον χρόνο; Πώς μπορεί να γίνει κάτι τέτοιο; Μήπως πρέπει να προκαλέσουμε μετακίνηση της πηγής του πεδίου;



Μάθετε πώς μπορείτε να μεταβάλετε ένα ηλεκτρικό πεδίο στον χρόνο με την παρακάτω μικροεφαρμογή phet.

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/radiating-charge>

Πώς μπορείτε να δημιουργήσετε ένα μαγνητικό πεδίο που αλλάζει στον χρόνο;

Ας εξετάσουμε λίγο καλύτερα το ζήτημα αυτό με απλά υλικά:

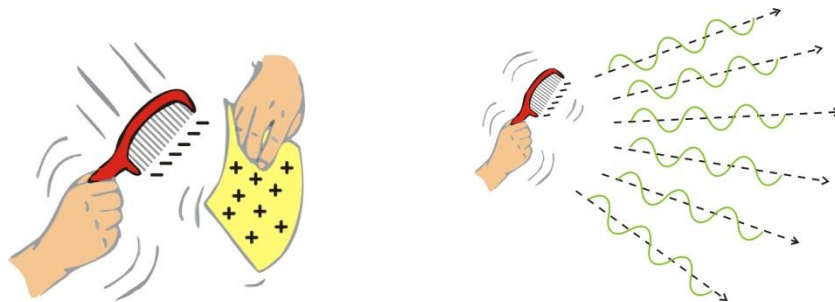
Το πεδίο ενός *παλλόμενου μαγνήτη* θα εξαπλωθεί στο χώρο και θα ποικίλλει στον χρόνο. Μπορείτε να δείτε τα αποτελέσματα του παλλόμενου πεδίου όταν πάλλετε έναν μαγνήτη πάνω από πριονίδια αλουμινίου ή σφραγίσματα.

Περιγράψτε τι συμβαίνει. Ο παλλόμενος μαγνήτης έρχεται σε επαφή με τα κομματάκια μετάλλου;



Μπορείτε να σκεφτείτε κάποιο πείραμα για να φτιάξετε ένα ηλεκτρικό πεδίο που μεταβάλλεται στον χρόνο, ώστε να παρατηρήσετε τις συνέπειες ενός "κυματοειδούς πεδίου";

Αν κινήσετε μια (αρνητικά) φορτισμένη χτένα, μπρος - πίσω, μπορείτε να κάνετε ένα κομμάτι χαρτιού να κινείται πάνω-κάτω από απόσταση!



Και αυτό μπορεί να ερμηνευθεί, αν υποθέσουμε ότι το πεδίο που δημιουργείται από τη φορτισμένη χτένα μεταβάλλεται στον χρόνο, ακριβώς όπως ένα κινούμενο κύμα. Εξηγεί τις κινήσεις του χαρτιού που παρατηρείτε.

**Ένα παλλόμενο πεδίο είναι απολύτως λογικό:
το κύμα του πεδίου μπορεί να διαδοθεί στο κενό,
επειδή το πεδίο αυτό καθ' αυτό θα μπορούσε ήδη να υπάρχει σε κενό.**

Ο Νεύτωνας υπέθεσε ότι οι μεταβολές στο πεδίο ήταν στιγμιαίες. Από τότε που ο Αϊνστάιν διατύπωσε τη θεωρία της σχετικότητας, γνωρίζουμε ότι η διάδοση ενός πεδίου συντελείται **με την ταχύτητα του φωτός** το περισσότερο. Η πληροφορία ότι ένας αστέρας ή κάποιο φορτισμένο σωματίδιο έχει αλλάξει θέση "επικοινωνείται" μέσω του πεδίου, μέσω των αλλαγών του πεδίου (και αυτό με ταχύτητα φωτός!)

*Πληροφορίες σχετικά με κάποια αλλαγή σε ένα πεδίο
μπορεί να μεταφερθούν από το ένα μέρος στο άλλο
μέσω ενός κύματος στο εν λόγω πεδίο.*

Αυτή η μορφή **ενεργειακής μεταφοράς, μέσω πεδίου**, αξιοποιείται καθημερινά όταν χρησιμοποιείτε Wi-Fi, μιλάτε στο κινητό σας τηλέφωνο ή ανοίγετε το ραδιόφωνο.

3.c Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Το ταλαντούμενο πεδίο που προέκυψε όταν κουνήσατε πάνω-κάτω την ηλεκτρικά φορτισμένη χτένα ήταν ηλεκτρομαγνητικής φύσης: προκάλεσε ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Γιατί λέμε *ηλεκτρομαγνητικό* και όχι απλά ηλεκτρικό κύμα;

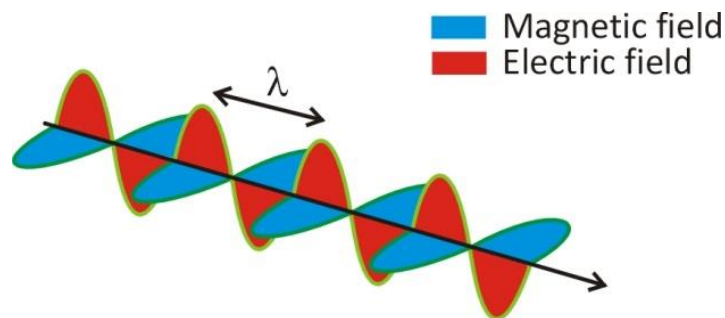
Μέχρι τώρα, μιλήσαμε για ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία σαν να επρόκειτο για δύο διαφορετικά πράγματα. Στις αρχές του 19^{ου} αιώνα, ο Σκωτσέζος φυσικός James **Maxwell** ανακάλυψε ότι *τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία που ποικίλλουν στον χρόνο στην πραγματικότητα προκαλούν το ένα το άλλο* και άρα επιφέρουν το ένα τη διάδοση του άλλου:

**Ένα ηλεκτρικό πεδίο που μεταβάλλεται στον χρόνο
παράγει ένα μαγνητικό πεδίο
και αντίστροφα
(ένα μαγνητικό πεδίο που μεταβάλλεται στον χρόνο, παράγει ένα ηλεκτρικό πεδίο)**

Συνεπώς η ύπαρξη *κύματων από ένα ηλεκτρικό πεδίο είναι αδύνατη χωρίς την ταυτόχρονη ύπαρξη μαγνητικών κυμάτων* και αντίστροφα. Στην επόμενη ενότητα, μπορείτε να ελέγξετε πειραματικά ότι οι αλλαγές στα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία αλληλοπροκαλούνται.

Η φυσική έχει επίσης δείξει ότι τα δύο πεδία ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος (το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο) είναι κάθετα το ένα προς το άλλο (βλ. σχήμα)

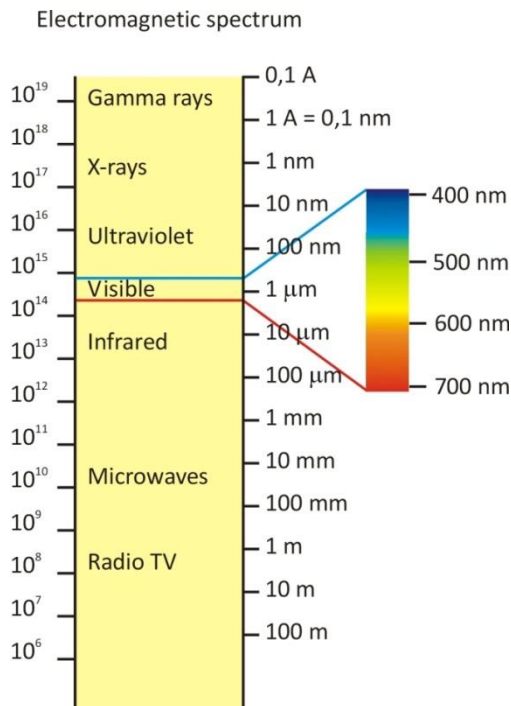
Αποδεικνύεται ότι το φως είναι ένα διαδιδόμενο ηλεκτρομαγνητικό κύμα.



Σχήμα 20:
Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από
ένα **ταλαντούμενο ηλεκτρικό** πεδίο και κάθετα προς αυτό,
ένα **ταλαντούμενο μαγνητικό** πεδίο, με την ίδια περιodicότητα.
Πηγή: *photonicswiki*

Επίσης δείτε το παρακάτω animation:

http://www.molphys.leidenuniv.nl/monos/smo/index.html?basics/light_anim.htm



Τα ραδιοκύματα που μεταφέρουν τη μουσική στο ραδιόφωνό σας, τα μικροκύματα στο φούρνο μικροκυμάτων σας, τα κύματα που χρησιμοποιούνται από το κινητό σας τηλέφωνο και τα ασύρματα δίκτυα είναι όλα ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Όλα αυτά τα κύματα είναι από φυσικής άποψης ίδια. Τότε λοιπόν **ποια είναι η διαφορά μεταξύ του φωτός, των ραδιοκυμάτων, των μικροκυμάτων ...** κ.λπ;

.....

Δείτε το σχήμα, όπου παρουσιάζεται ένα διάγραμμα όλων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

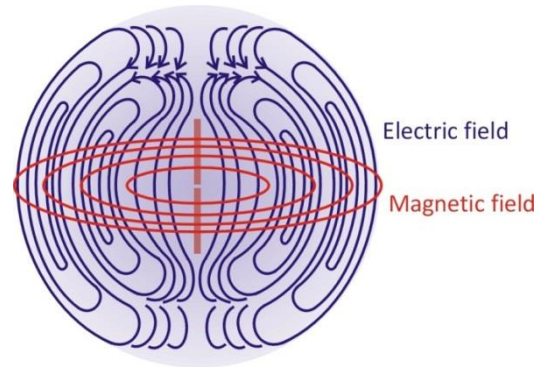
Τοποθετήστε τα παρακάτω κύματα σε ανιούσα τάξη:
Ορατό φως, ραδιοκύματα, UV, ακτίνες γ, μικροκύματα

.....

4 Μια θάλασσα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

Ουσιαστικά, ζούμε σε μια "θάλασσα" ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, εκ των οποίων τα περισσότερα δεν μπορούμε ούτε να τα δούμε ούτε να τα αισθανθούμε. Ο ανιχνευτής μας, το μάτι, είναι ευαίσθητος μόνο σε συγκεκριμένο μεσοδιάστημα μηκών κύματος. Αυτά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι λοιπόν που ονομάζονται φως.

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να παραχθούν **κουνώντας** π.χ. μια ηλεκτρικά φορτισμένη χτένα, αλλά και μια **κεραία** όπου τα **φορτία κινούνται μπρος-πίσω** σε ένα κομμάτι μεταλλικού σύρματος. Ραδιοφωνικά κύματα 50Hz είναι πολύ συνηθισμένα επειδή περιβαλλόμαστε διαρκώς από ένα εναλασσόμενο ρεύμα 50Hz.



Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το σκίσιμο μιας κεραίας και το πώς το ηλεκτρικό (μπλε) και το μαγνητικό (κόκκινα) πεδίο προκύπτουν λόγω του εναλασσόμενου ρεύματος που απλώνεται προς 3 κατευθύνσεις.

Επιτέλους ξέρουμε τι πάλλει τα κύματα φωτός...

Τι ταλαντώνεται με το φως;

.....

Γιατί το φως διαδίδεται στο κενό;

.....