

ΜΑΘΗΣΙΑΚΌΣ ΣΤΑΘΜΌΣ ΙΙΙ: ΤΙ ΤΑΛΑΝΤΏΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΦΩΣ;	42
1 Μηχανικά κύματα	42
1.a Πηγή των μηχανικών κυμάτων	42
1.b Απαιτούμενο μέσο;	43
1.c Διάδοση και μετατόπιση στην ίδια ή σε διαφορετική κατεύθυνση;	43
1.d Τα σωματίδια ταξιδεύουν μαζί με το κύμα;	44
1.e Η πηγή των κυμάτων φωτός	45
2 Φως: Τι πάλλεται;	46
2.a Δυνάμεις (πεδία) που ταξιδεύουν σε κενό διάστημα	47
2.b Πεδία που αλλάζουν στον χρόνο: κύματα πεδίου	49
2.c Ηλεκτρομαγνητικά κύματα	51
3 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα	52
4 Μια θάλασσα ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων	53
5 Το ατομικό μοντέλο του Rutherford όντως θα καταρρεύσει	53
6 Έννοιες στον Σταθμό Μάθησης ΙΙΙ	54

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 οποιοδήποτε 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. , Andreotti E. (2015) Quantum SpinOff Learning Stations. Art of Teaching, UCLL, Diepenbeek, Βέλγιο



Lifelong
Learning
Programme

Το Quantum Spin-Off χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση υπό το πρόγραμμα LLP Comenius (540059-LLP-1-2013-1-BE-COMENIUS-CMP).

Renaat Frans, Laura Tamassia, Erica Andreotti

Επαφή: renaat.frans@khlim.be

Το παρόν υλικό αντικατοπτρίζει τις απόψεις των συγγραφέων και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για τη χρήση οποιασδήποτε πληροφορίας περιέχεται στο παρόν

Μαθησιακός σταθμός III: Τι ταλαντώνεται με το φως;

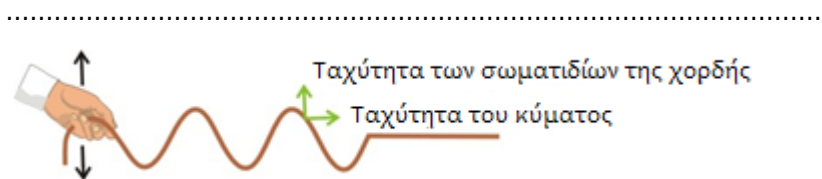
Το φως είναι κύμα, κάτι για το οποίο θα πρέπει να έχετε πειστεί έως τώρα. Ένα **κύμα τι, όμως;** Ελπίζουμε να ανακαλύψουμε την πραγματική φύση των κυμάτων φωτός: τι είδος κύματος είναι το φως;

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 διὰ
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;

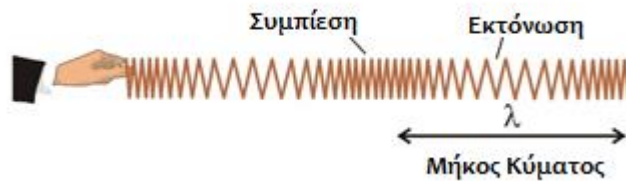
Όταν μια ταλάντωση διαδίδεται μέσω κάποιου μέσου διάδοσης, υπάρχουν δύο είδη κυμάτων. Το κύμα μπορεί να διαδοθεί:

- a. καθέτως 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,

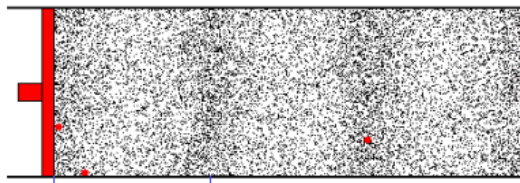
- b. παράλληλο προς τη μετατόπιση της ταλάντωσης



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.

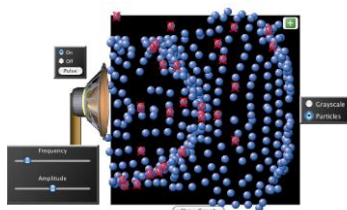
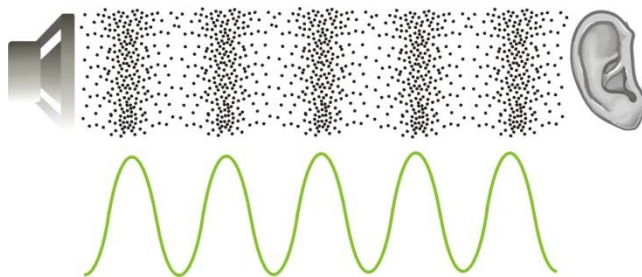
1.d Τα σωματίδια ταξιδεύουν μαζί με το κύμα;

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/spcq/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;

Σκεφτείτε το παράδειγμα ενός μετάλλου που κρατάτε σε μία φωτιά: Μπορείτε να συμπεράνετε πόσο θερμό είναι το μέταλλο ανάλογα με το χρώμα του;



Τι μπορείτε να συμπεράνετε από τα χρώματα των αστεριών;

Οι ερυθροί αστέρες είναι ψυχροί, με θερμοκρασία της τάξης των 3000 Κέλβιν (K), ενώ οι μπλέ αστέρες είναι θερμότεροι και η θερμοκρασία τους μπορεί να ξεπεράσει τους 30000 K. Η θερμοκρασία του αγαπημένου μας κίτρινου Ήλιου είναι 6000 K.

Στην άνω αριστερά πλευρά της παραπάνω εικόνας βλέπετε τον αστερισμό του Ωρίωνα. Ο ψυχρός ερυθρός υπεργίγαντας Betelgeuse είναι εμφανέστερος από τα υπόλοιπα, θερμότερα, μπλέ αστέρια που

σχηματίζουν τον αστερισμό. Ο λαμπερός αστέρας Rigel, ένας μπλέ υπεργίγαντας, βρίσκεται στο κάτω δεξιά πλευρά του αστερισμού. Μπορείτε να τους βρείτε;

Ο αστερισμός του Ωρίωνα όπως φαίνεται από το βουνό Nemrut Dagı στην Τουρκία. Πηγή: Αστρονομική φωτογραφία της Ημέρας, Nasa

Άσκηση:

Ποιες είναι οι συχνότητες ταλάντωσης του ορατού φωτός; (Δείτε το)

Ήταν σωστή η υπόθεση του Huygens ότι το φώς έχει μεγάλη συχνότητα ταλάντωσης; (ΝΑΙ/ΟΧΙ)

Πόσες φορές μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ορατού φωτός σε σύγκριση με έναν τόνο των 440 Hz (ο οποίος αντιστοιχεί στην νότα λα);

.....

Θερμότερα αντικείμενα εκπέμπουν φως υψηλότερης (Πιο κόκκινης/Πιο μπλέ) συχνότητας από ψυχρά αντικείμενα. Η υπόθεση του Huygens ήταν ότι η ταλάντωση κάποιων σωματιδίων ύλης προκαλεί την εκπομπή του φωτός. Όσο πιο θερμό είναι ένα αντικείμενο, τόσο πιο γρήγορα δονούνται τα σωματίδιά του.

Τι είναι αυτό που δονείται στο φωτεινό κύμα που έχει διαφύγει από την ύλη και ταξιδεύει;

2 Φως: Τι πάλλεται;

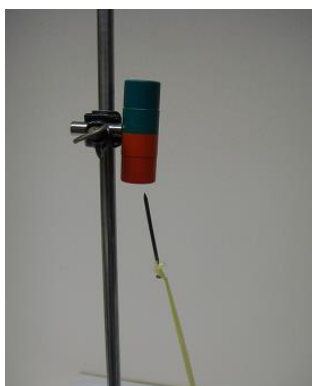
Επειδή το φως **δεν χρειάζεται μέσο διάδοσης**, δεν μπορεί να είναι μηχανικό κύμα όπως είναι ο ήχος ή το κύμα στο σκοινί (που χρειάζονται ένα υλικό μέσο).

Είναι αλήθεια ότι δεν μπορούμε να τοποθετήσουμε το φως στην τσέπη μας. Επομένως ψάχνουμε φυσικές ποσότητες που είναι συνδεδεμένες με την ύλη. Υπάρχουν φυσικές ποσότητες που δεν είναι υλικές: τα πεδία. Θα ήταν καλή υποθεση οι το φως παράγεται από

ένα μεταβαλλόμενο πεδίο: μία ταλάντωση του πεδίου. Έχετε υπόψιν σας πεδία τα οποία δεν χρειάζονται μέσον και τα οποία μπορούν πράγματι να ταξιδέψουν μέσα από το κενό όπως κάνει και το φως; Ας ψάξουμε να βρούμε αυτά τα πεδία που μπορούν να γεμίσουν το διάστημα.

2.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 αποθητική 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

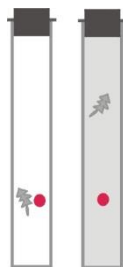


Κβαντοφυσική

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

.....

Ττοιχείων με τις μεγάλες εφαρμογές



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;

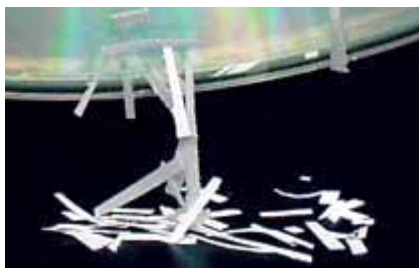
.....

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.



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**.

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

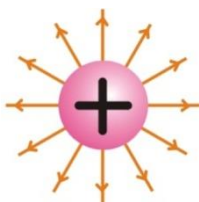
που εκ πρώτης όψεως δεν έχουν συνάφεια. Στην πραγματικότητα, έχουμε πάρει τον σωστό δρόμο για να ανακαλύψουμε την πραγματική φύση του φωτός!

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

2.b Πεδία που αλλάζουν στον χρόνο: κύματα πεδίου

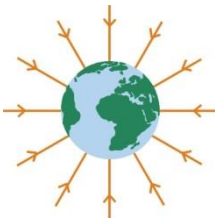
Θα μπορούσε το φως να είναι ένα κύμα από ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο;

Μέχρι τώρα, τα πεδία τα οποία περιγράψαμε δεν μεταβάλλονται με τον χρόνο: Είναι στατικά πεδία.



Παράδειγμα: Το ηλεκτρικό πεδίο

Αν η πηγή του πεδίου είναι στάσιμη, το πεδίο είναι στατικό. Εδώ βλέπετε ένα παράδειγμα, μια απεικόνιση του απωστικού πεδίου γύρω από ένα θετικό φορτίο. Οι φυσικοί ζωγραφίζουν φανταστικές δυναμικές γραμμές οι οποίες μαρτυρούν την ύπαρξη πεδίου.



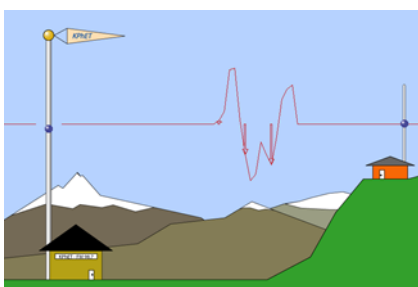
Αν θα μπορούσατε να τοποθετήσετε ένα δεύτερο θετικό φορτίο στο πεδίο, μια απωστική δύναμη θα εμφανιζόταν στην κατεύθυνση των δυναμικών γραμμών.

Παράδειγμα: Το βαρυτικό πεδίο

Αν τοποθετήσετε μία μάζα σε αυτό το βαρυτικό πεδίο, θα δεχθεί μια βαρυτική έλξη προς τη φορά της Γης.

Μπορούμε όμως να αντιληφθούμε ότι η ισχύς ενός πεδίου αλλάζει με τον χρόνο; Πως μπορεί να γίνει αυτό; Μήπως θα πρέπει να εξαναγκάσουμε σε κίνηση την πηγή του πεδίου;

Επιστροφή στις Κεραίες:



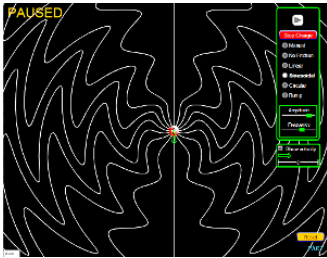
Ένα επιταχυνόμενο φορτίο που βρίσκεται σε μια κεραία εκπέμπει ραδιοκύματα. Αν χρειαστεί, ξαναδείτε την εφαρμογή για μια κεραία εκπομπής: phet.colorado.edu/en/simulation/radio-waves.

Τι είναι αυτό το οποίο δονείται στην κεραία ;

Το φορτίο είναι η πηγή του πεδίου. Τι είδους πεδίο;

Λόγω της ταλάντωσης του φορτίου, το ηλεκτρικό πεδίο είναι (στατικό/μη στατικό). Η διεύθυνση του πεδίου αλλάζει διαρκώς. Αυτή είναι η αλλαγή που διαδίδεται στο διάστημα σαν κύμα. Το κύμα ενός μεταβαλλόμενου ηλεκτρικού πεδίου.

Ταλαντούμενα φορτία:



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;

.....



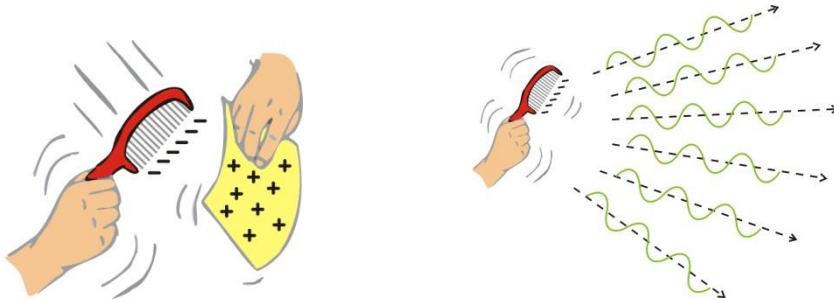
Μπορείτε να σκεφτείτε κάποιο πείραμα για να φτιάξετε ένα ηλεκτρικό πεδίο που μεταβάλλεται στον χρόνο, ώστε να παρατηρήσετε τις συνέπειες ενός "κυματοειδούς πεδίου";

.....

.....

Πείραμα:

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.**

2.c Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Μέχρι τώρα συζητάμε για ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία σαν να ήταν δύο ασύνδετα πράγματα. Όμως ο Δανός επιστήμονας Oersted ανακάλυψε κατά τύχη το 1820 ότι ένας αγωγός από τον οποίο διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα (άρα ένα μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο) δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο γύρω του.



ένος
έναν ρευματοφόρο αγωγό
μαγνήτες γύρω από το καλώδιο.

Πείραμα:

Προσπαθήστε να επιβεβαιώσετε το παραπάνω τοποθετώντας ρινίσματα σιδήρου στη μέση μιας κάρτας. Όταν ένα αρκετά ισχυρό συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα διέλθει από το καλώδιο, τα ρινίσματα σιδήρου ευθυγραμμίζονται και δείχνουν τη φορά του μαγνητικού πεδίου.



Εναλλακτικά, μπορείτε να παρατηρήσετε την δημιουργία μαγνητικού πεδίου γύρω από τοποθετώντας μικρούς

Το 1831 ο Michael Faraday μπόρεσε να δείξει το αντίθετο: ένα μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο μπορεί να προκαλέσει τη δημιουργία ενός ηλεκτρικού πεδίου.

Πείραμα:



Μπορείτε να προσπαθήσετε και αυτό. Ζητήστε ένα ευαίσθητο αμπερόμετρο, ένα πηνίο κι ένα μαγνήτη.

Μπορείτε να επάγετε ρεύμα αν κρατάτε τον μαγνήτη ακίνητο;

Επάγετε ρεύμα όταν κινείτε τον μαγνήτη;

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

Ο Σκωτός Φυσικός James Clerk Maxwell ήταν αυτός που συνέδεσε τα παραπάνω σε μία θεωρία για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα: ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που μεταβάλλονται χρονικά, επάγουν το ένα την δημιουργία του άλλου και έτσι αναγκάζονται να διαδοθούν:

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.

Αποδεικνύεται ότι το φως είναι ένα διαδιδόμενο ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

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!)

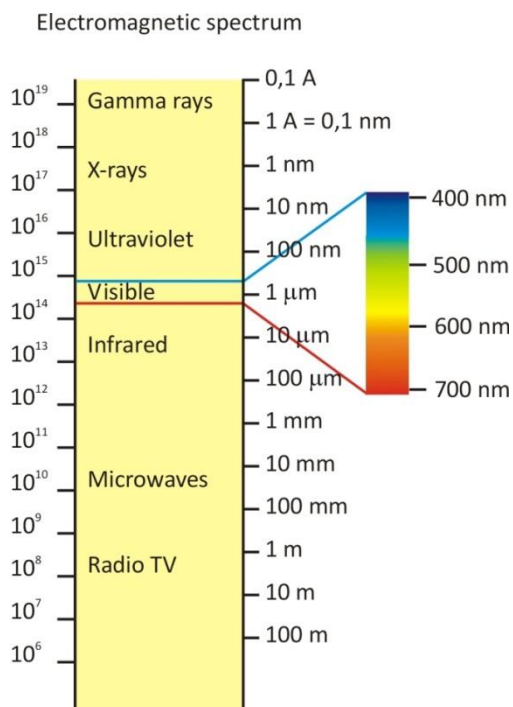
Πληροφορίες σχετικά με κάποια αλλαγή σε ένα πεδίο μπορεί να μεταφερθούν από το ένα μέρος στο άλλο μέσω ενός κύματος στο εν λόγω πεδίο.

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

3 Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Επίσης δείτε το παρακάτω animation:

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



Στην πραγματικότητα, το ορατό φως αποδεικνύεται ότι είναι μία ειδική περίπτωση ενός ευρύτερου φάσματος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. 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;

.....

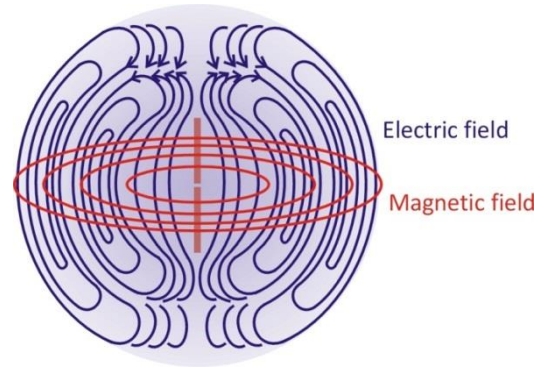
Δείτε το σχήμα, όπου παρουσιάζεται ένα διάγραμμα όλων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

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 εναλλασσόμενο ρεύμα 50Hz.



Σχήμα 20: Ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα απαρτίζεται από ένα ταλαντούμενο ηλεκτρικό πεδίο και κάθετα σε αυτό, ένα ταλαντούμενο μαγνητικό πεδίο με την ίδια περιοδικότητα.

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

Επιτέλους ξέρουμε τι πάλλει τα κύματα φωτός...

Τι ταλαντώνεται με το φως;

.....

Γιατί το φως διαδίδεται στο κενό;

.....

5 Το ατομικό μοντέλο του Rutherford όντως θα καταρρεύσει

Γνωρίζετε ότι στο κλασικό ατομικό μοντέλο του Rutherford το ηλεκτρόνιο περιφέρεται σε κύκλους γύρω απ' τον πυρήνα. Όπως πλέον κατανοείτε καλύτερα: το ηλεκτρόνιο έχει φορτίο, και ένα φορτίο σε κυκλική κίνηση επιταχύνεται, ή αν το δούμε από μια απόσταση- ένα φορτίο που ταλαντώνεται. Ταλαντούμενα ή επιταχυνόμενα φορτία εκπέμπουν ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Επομένως αν τα ηλεκτρόνια κινούνταν κυκλικά γύρω απ' τον πυρήνα, θα εξέπεμπαν φως διαρκώς. Όπως ήδη σημειώθηκε στον Μαθησιακό Σταθμό Ι, αυτό δεν είναι δυνατόν. Γιατί;

.....



*Ένα ηλεκτρόνιο που κινείται κυκλικά γύρω από τον πυρήνα του ατόμου θα εκπέμπει διαρκώς ηλεκτρομαγνητικά κύματα.
(Πηγή: EDN, Μάρτιος 2000)*

Επομένως η ίδια η ύπαρξη των ατόμων δεν μπορεί να εξηγηθεί μέσα από την κλασική φυσική. Όπως θα δείτε στους επόμενους δύο μαθησιακούς σταθμούς, μόνο η κλασική φυσική μπορεί να εξηγήσει την ύπαρξη των ατόμων και των μορίων με ένα νέο νόημα.

6 Έννοιες στον Σταθμό Μάθησης III

Συμπληρώστε προσθέτοντας τις έννοιες που λείπουν

Κλασσικές έννοιες:

Ένα κύμα είναι μία Που διαδίδεται.

Η έννοια του «πεδίου». Ηλεκτρικά, μαγνητικά, βαρυτικά πεδία.

Το φως είναι ένα διαδιδόμενο κύμα.

Κβαντικές Έννοιες:

Καμία