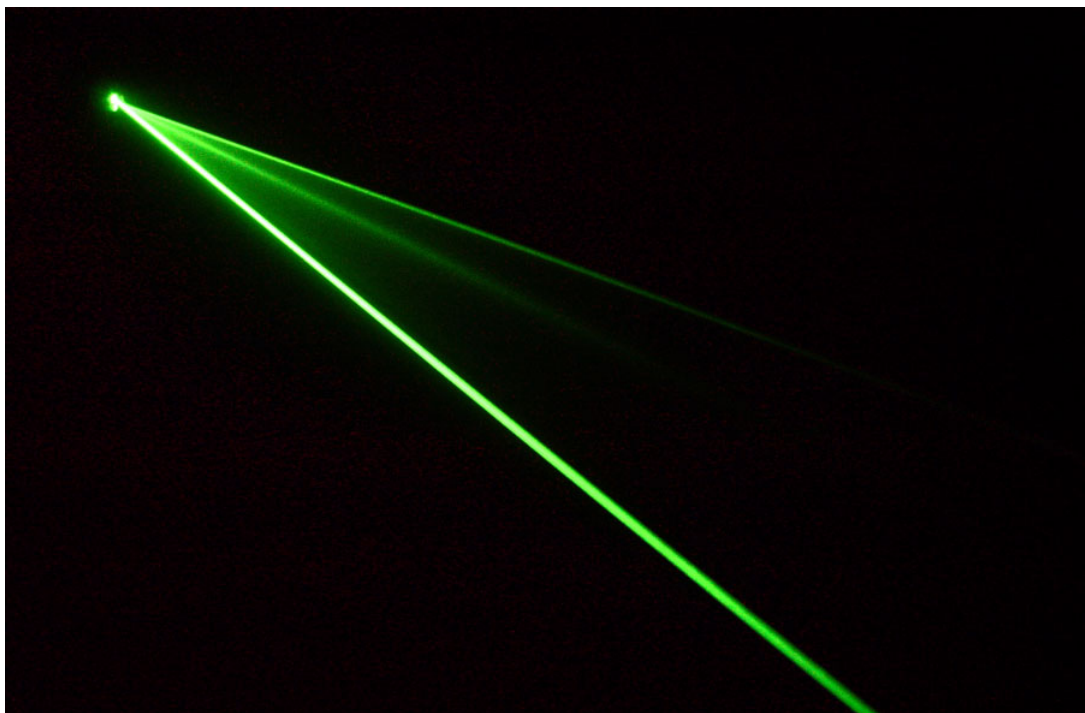
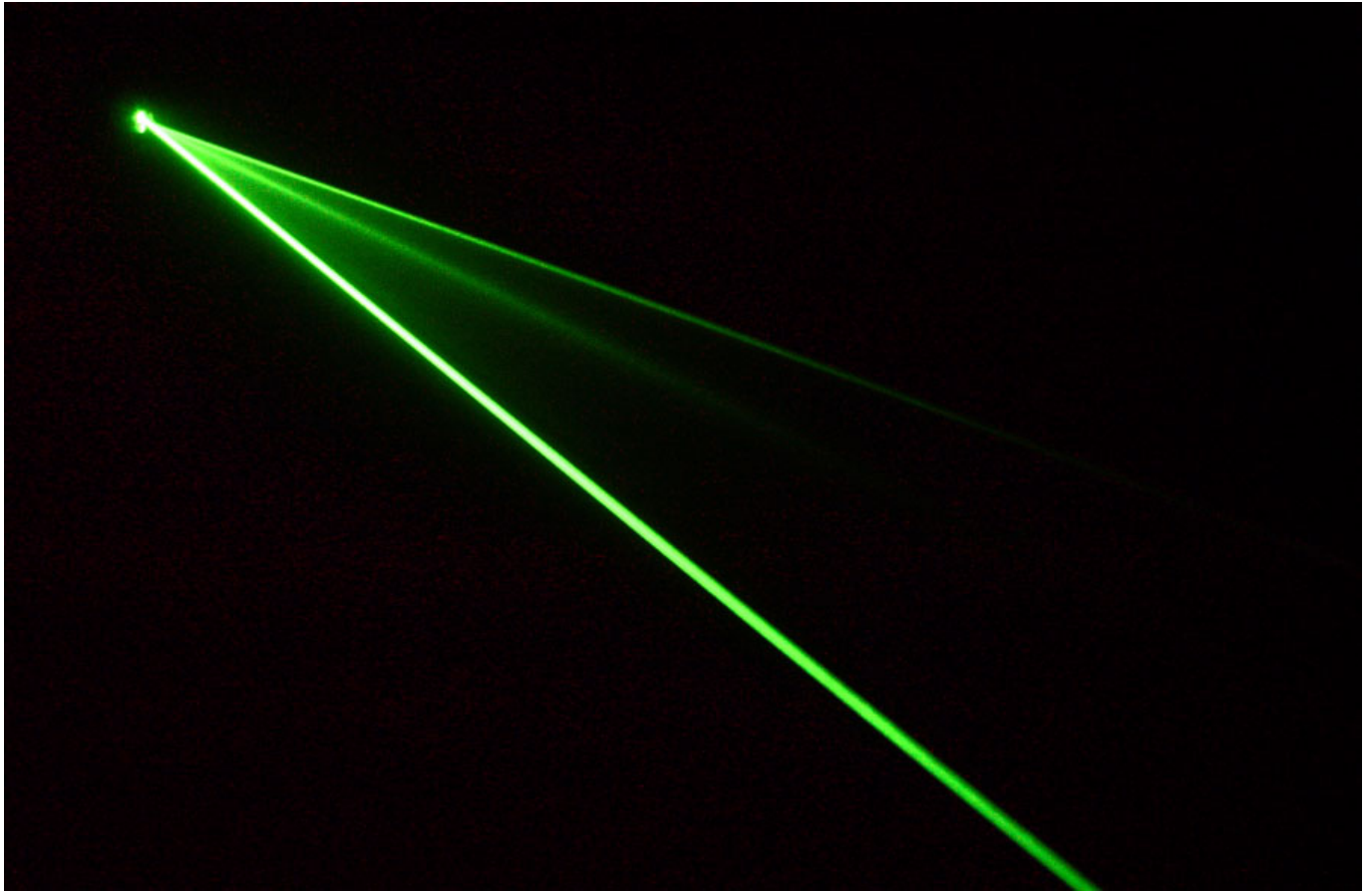


6 Ιουνίου 2017

## Το φως «λυγίζει»

/ Πεμπτουσία· Ορθοδοξία-Πολιτισμός-Επιστήμες



Κάθε μαθητής ξέρει ότι το φως ταξιδεύει σε ευθεία γραμμή. Αλλά τώρα ερευνητές αποδεικνύουν ότι το φως μπορεί ομοίως να ταξιδέψει σε

**καμπύλη, χωρίς οποιαδήποτε εξωτερική επίδραση. Το αποτέλεσμα είναι στην πραγματικότητα μια οφθαλμαπάτη, αν και οι ερευνητές λένε ότι θα μπορούσε να έχει πρακτικές χρήσεις, όπως η κίνηση αντικειμένων με τη χρήση φωτός από μακριά.**

Είναι γνωστό ότι το φως κάμπτεται (π.χ. όταν για παράδειγμα ακτίνες του φωτός περνούν από τον αέρα στο νερό). Γι' αυτό κι ένα ραβδί βουτηγμένο σε μια λίμνη φαίνεται να γέρνει (λυγίζει) προς την επιφάνεια. Επίσης, στο διάστημα, οι ακτίνες του φωτός που περνούν κοντά σε πολύ ογκώδη αντικείμενα, όπως είναι τα αστέρια φαίνεται να καμπυλώνουν. Σε κάθε περίπτωση, το φως που κάμπτεται έχει μια εξωτερική αιτία: Για το νερό, είναι μια αλλαγή που οφείλεται στον δείκτη διάθλασης, και για τα αστέρια, είναι η στρεβλωμένη φύση της βαρύτητας.

Για να λυγίσει όμως το φως από μόνο του είναι σχεδόν ανήκουστο. Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, οι φυσικοί Michael Berry και Balazs Nandor ανακάλυψαν ότι μια κυματομορφή, Airy όπως λέγεται, ένα κύμα που περιγράφει πώς τα κβαντικά σωματίδια κινούνται, μπορεί μερικές φορές να καμφθεί κατά ένα μικρό ποσό. Αυτή η εργασία είχε αγνοηθεί σε μεγάλο βαθμό έως το 2007, όταν ο Δημήτρης Χριστοδουλίδης και άλλοι φυσικοί στο Πανεπιστήμιο στο Ορλάντο δημιούργησαν οπτικές εκδόσεις των κυμάτων Airy με το χειρισμό φωτός από λέιζερ, και διαπίστωσαν ότι η προκύπτουσα δέσμη ελαφρώς λυγίζει, καθώς διέσχισε έναν ανιχνευτή.

Πώς όμως προέκυψε αυτή η αυτο-κάμψη; Το φως είναι ένα συνονθύλευμα από κύματα, και οι κορυφές με τις κοιλάδες τους μπορεί να συμβάλουν το ένα με ένα άλλο. Για παράδειγμα, μια κορυφή περνώντας από κοιλάδα ακυρώνει το ένα το άλλο για να δημιουργήσει σκοτάδι. Μια κορυφή που συμβάλει με μία άλλη κορυφή "συμβάλει ενισχυτικά" για να δημιουργήσει ένα φωτεινό σημείο.

Τώρα, φανταστείτε το φως που εκπέμπεται από μια πλατιά λουρίδα (ταινία), όπως ένα σωλήνα φθορισμού ή, καλύτερα, ένα λέιζερ του οποίου η παραγωγή έχει επεκταθεί. Ελέγχοντας προσεκτικά την αρχική θέση των κορυφών των κυμάτων - τη φάση των κυμάτων - σε κάθε βήμα κατά μήκος της ταινίας, είναι δυνατόν να κάνουμε το φως που ταξιδεύει προς τα έξω να συμβάλει ενισχυτικά μόνο σε σημεία πάνω σε μια καμπύλη και να 'ακυρώνεται' οπουδήποτε αλλού. Η συνάρτηση Airy, η οποία περιέχει ταχύτατες αλλά φθίνουσες ταλαντώσεις, αποδείχθηκε ένας εύκολος τρόπος για να προσδιορίσουμε αυτές τις αρχικές φάσεις, εκτός από το ότι το συνιστάμενο φως θα λυγίζει μόνο μέχρι περίπου 8°.

Τώρα, οι φυσικοί Mordechai Segen και οι συνεργάτες του στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας στο Ισραήλ λένε ότι έχουν μια συνταγή για την παραγωγή φωτός που

αυτο-καμπυλώνεται με οποιαδήποτε γωνία, ακόμα και μέσω ενός πλήρους κύκλου. Το πρόβλημα με τη συνάρτηση Airy, λέει ο Segen, είναι ότι το σχήμα των ταλαντώσεων του καθορίζει τις κατάλληλες φάσεις δουλεύει μόνο σε μικρές γωνίες. Σε γωνίες πολύ μεγαλύτερες από  $8^\circ$ , το σχήμα γίνεται κατά προσέγγιση άτεχνο. Έτσι, η ομάδα του στράφηκε στις εξισώσεις του Maxwell, τους μαθηματικούς τύπους που περιγράφουν τη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Μετά από επίπονα μαθηματικά και την σχετική εικασία, οι ερευνητές βρήκαν λύσεις στις εξισώσεις του Maxwell που περιγράφουν με ακρίβεια τις αρχικές φάσεις που απαιτούνται για την πραγματική αυτο-κύρτωση του φωτός, όπως αναφέρουν αυτή την εβδομάδα στο Physical Review Letters.

Το έργο της ομάδας του Segen θα μπορούσε να παραμείνει θεωρητικό, αλλά κατά σύμπτωση, μια ομάδα με επικεφαλής τον John Dudley στο Πανεπιστήμιο Franche-Comté στην Γαλλία, έχει κάνει τα δικά της πειράματα στην αυτο-κύρτωση του φωτός. Με την τροποποίηση της υπάρχουσας συνάρτησης Airy, η ομάδα του Dudley κατόρθωσε να βρει τιμές της αρχικής φάσης που να αντιστοιχεί στην λύση της ισραηλινής ομάδας, ακόμα κι αν αυτοί δεν την γνώριζαν. Χρησιμοποιώντας μια συσκευή που ονομάζεται διαμορφωτής χωρικού φωτός για να προ-ρυθμίσουν την φάση μιας διευρυμένης δέσμης φωτός λέιζερ, η γαλλική ομάδα διαπίστωσε ότι το παραγόμενο φως αυτο-κυρτώνει έως και  $60^\circ$ , όπως αναφέρει στο Optics Letters.

Η αυτο-κύρτωση του φωτός θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μια οπτική λαβίδα. Οι συσκευές αυτές, οι οποίες αναπτύχθηκαν στη δεκαετία του 1980, χρησιμοποιούν τη δύναμη που δημιουργήθηκε από ένα έντονο φως λέιζερ για να συγκρατήσει μικροσκοπικά αντικείμενα στον αέρα. Ο Segen πιστεύει ότι με την αντικατάσταση των ακτίνων λέιζερ με αυτο-κυρτούμενο φως, οι ερευνητές θα μπορούσαν να αναγκάσουν παγιδευμένα αντικείμενα να ταξιδεύουν κατά μήκος πολύπλοκων διαδρομών χωρίς να τα αγγίξουμε. Με αυτόν τον τρόπο, το καμπυλωμένο φως θα μπορούσε επιλεκτικά να κινεί κύτταρα από ένα βιολογικό δείγμα, ένα θείο δώρο για τους βιομηχανικούς.

Ο φυσικός Pavel Polynkin στο Πανεπιστήμιο της Αριζόνα στο Tucson προτείνει μια άλλη εφαρμογή: να φτιάξει μία κυρτή τρύπα σε ένα υλικό, το οποίο θα ήταν αδύνατο με ένα κανονικό λέιζερ. Όμως, παρά αυτές τις εφαρμογές, ο ίδιος επισημαίνει ότι το ίδιο το φως δεν κάμπτεται πραγματικά, και αυτό το κάνει μόνο, λόγω του τρόπου με τον οποίο τα φωτεινά σημεία λόγω συμβολής, ευθυγραμμίζονται. Στην πραγματικότητα, λέει, το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας του φωτός δεν πηγαίνει προς τη φωτεινή καμπύλη, αλλά στις εξασθενημένες περιοχές που έχουν αποσβεστεί. “Δεν αμφισβητώ την επιστημονική σημασία της έρευνας”, προσθέτει. “Παρουσιάζει μια σημαντική συμβολή, αλλά

κανένας θεμελιώδης νόμος της φυσικής δεν έχει ακυρωθεί μέχρι στιγμής -και αυτό είναι καλό, κατά τη γνώμη μου.”

Πηγή: physics4u/Science