

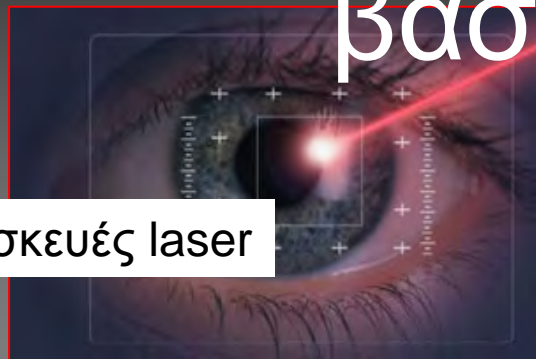
# **2015** Διεθνές Έτος Φωτός και των τεχνολογιών που βασίζονται σ' αυτό



# Γιατί όμως το **έτος 2015** θεωρείται **ορόσημο** σχετικά με το φως;

- **200** χρόνια πριν το 1815 ο **Fresnel** δημοσίευσε εργασία, που υποστήριζε την κυματική συμπεριφορά του φωτός.
- **150** χρόνια πριν το 1865 ο **Maxwell** διατυπώνει την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του φωτός
- **100** χρόνια πριν το 1915 δημοσιεύεται η Γενική Θεωρία της Σχετικότητας του **Einstein**
- **50** χρόνια πριν το 1965 οι **Penzias** και **Wilson** ανακαλύπτουν την μικροκυματική ακτινοβολία υποβάθρου, την ηλεκτρομαγνητική ηχώ των πρώτων στιγμών της δημιουργίας του σύμπαντος.
- και το **βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2014** είχε άμεση σχέση με το φως. **Μπλε led**

# Τεχνολογικά επιτεύγματα που βασίζονται στο φως



συσκευές laser



Οικονομία Στην Κατανάλωση  
Μεγάλη Διάρκεια Ζωής

led



οι ψηφιακοί αισθητήρες

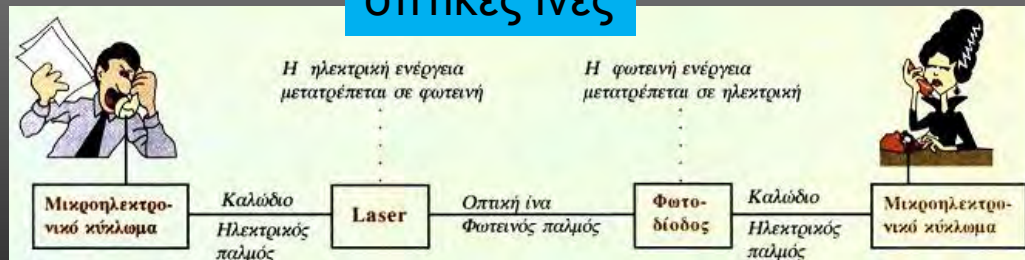


η ολογραφία



οπτική των νανοκρυστάλλων

οπτικές ίνες

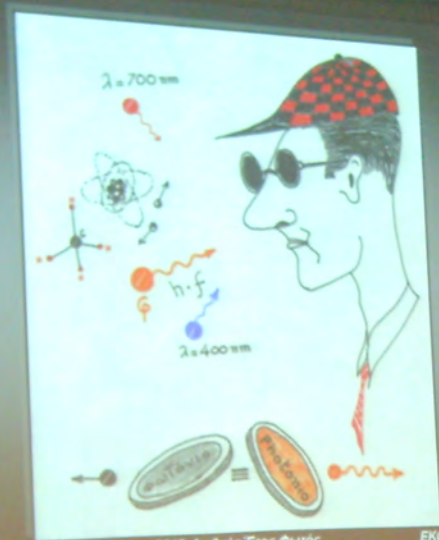


# **Μια αστυνομική ιστορία για **ΤΟ ΦΩΣ****

**Εικονογράφηση: Γιώργος Δημητριάδης**

**Κείμενα: Σοφία Παπαδοπούλου**



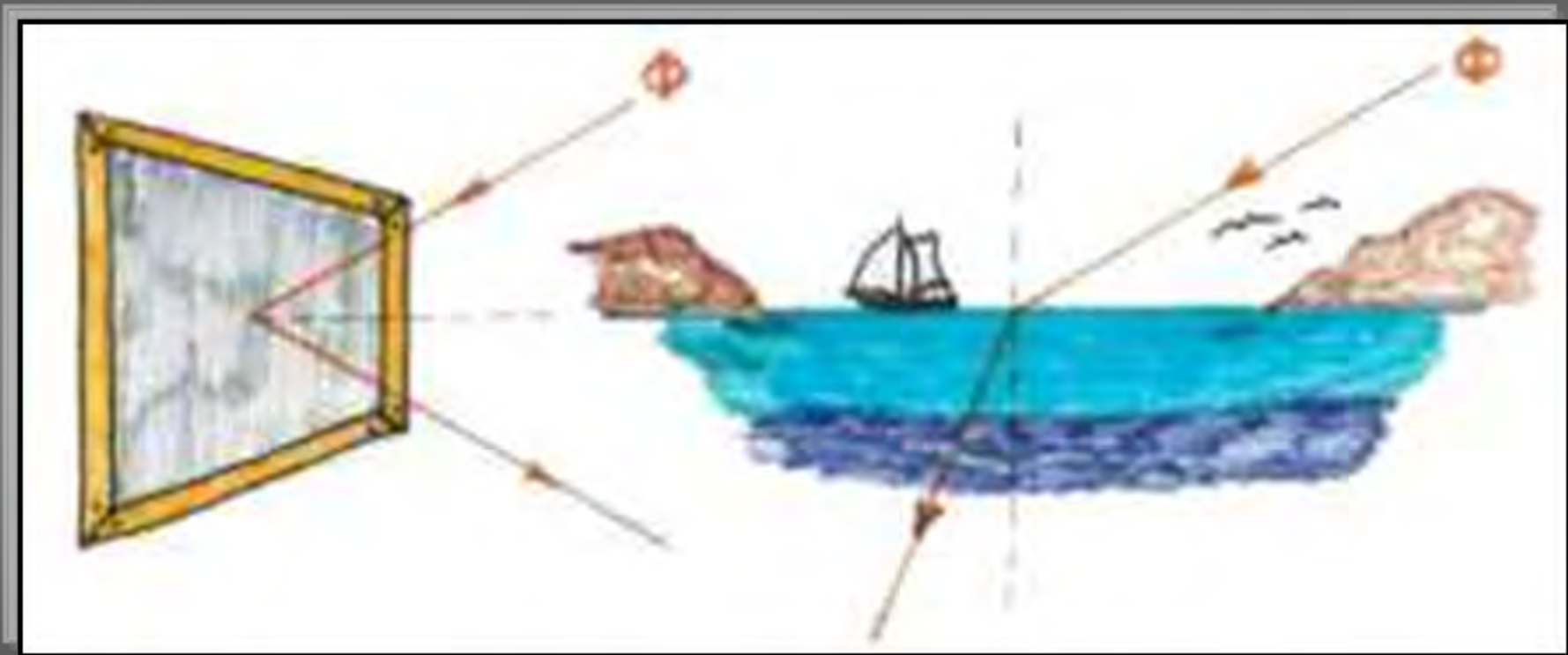


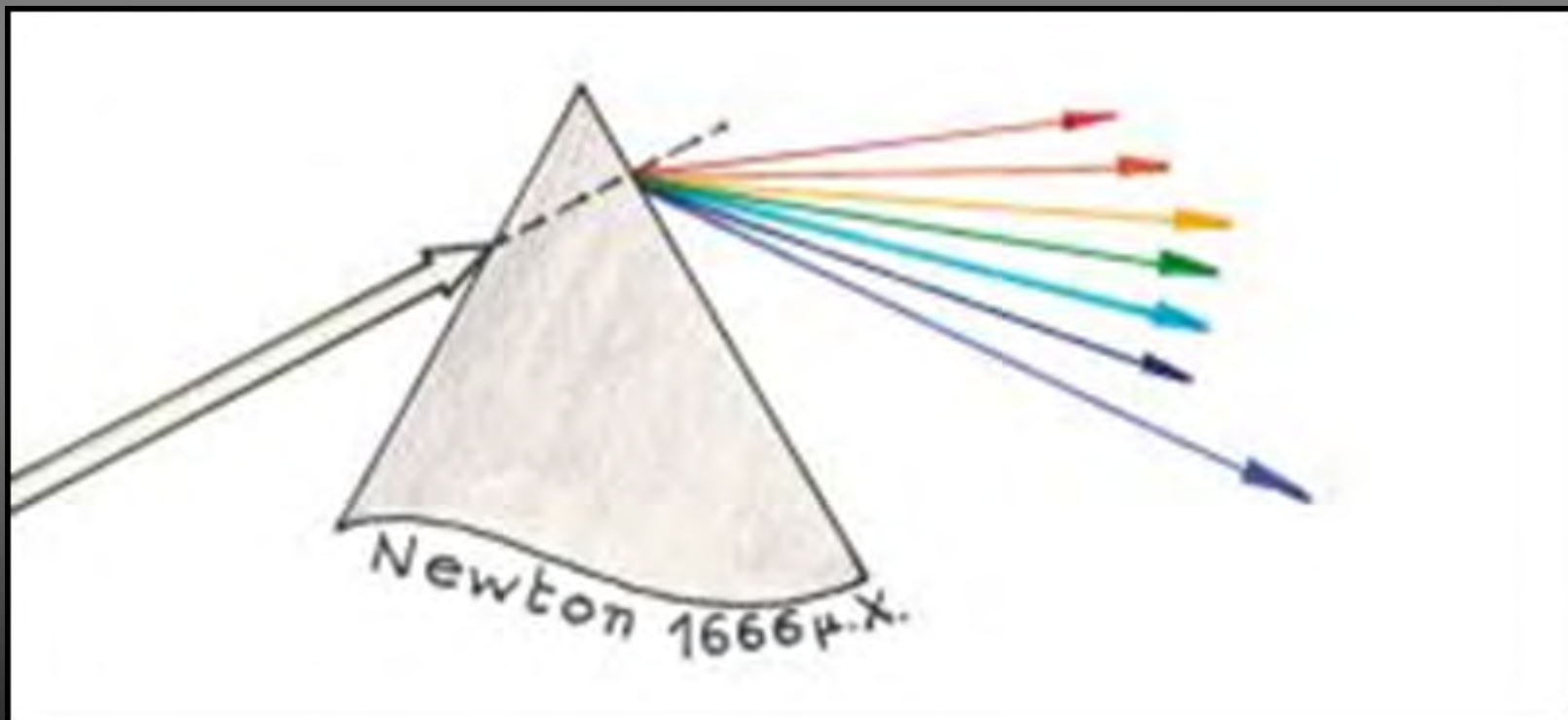
17-12-2015

2015 Διεθνές Έτος Φωτός

ΕΚΦΕ Νέας Ιωνίας









# Huygens



ΛΑΓΩΝΙΚΟ 1

H



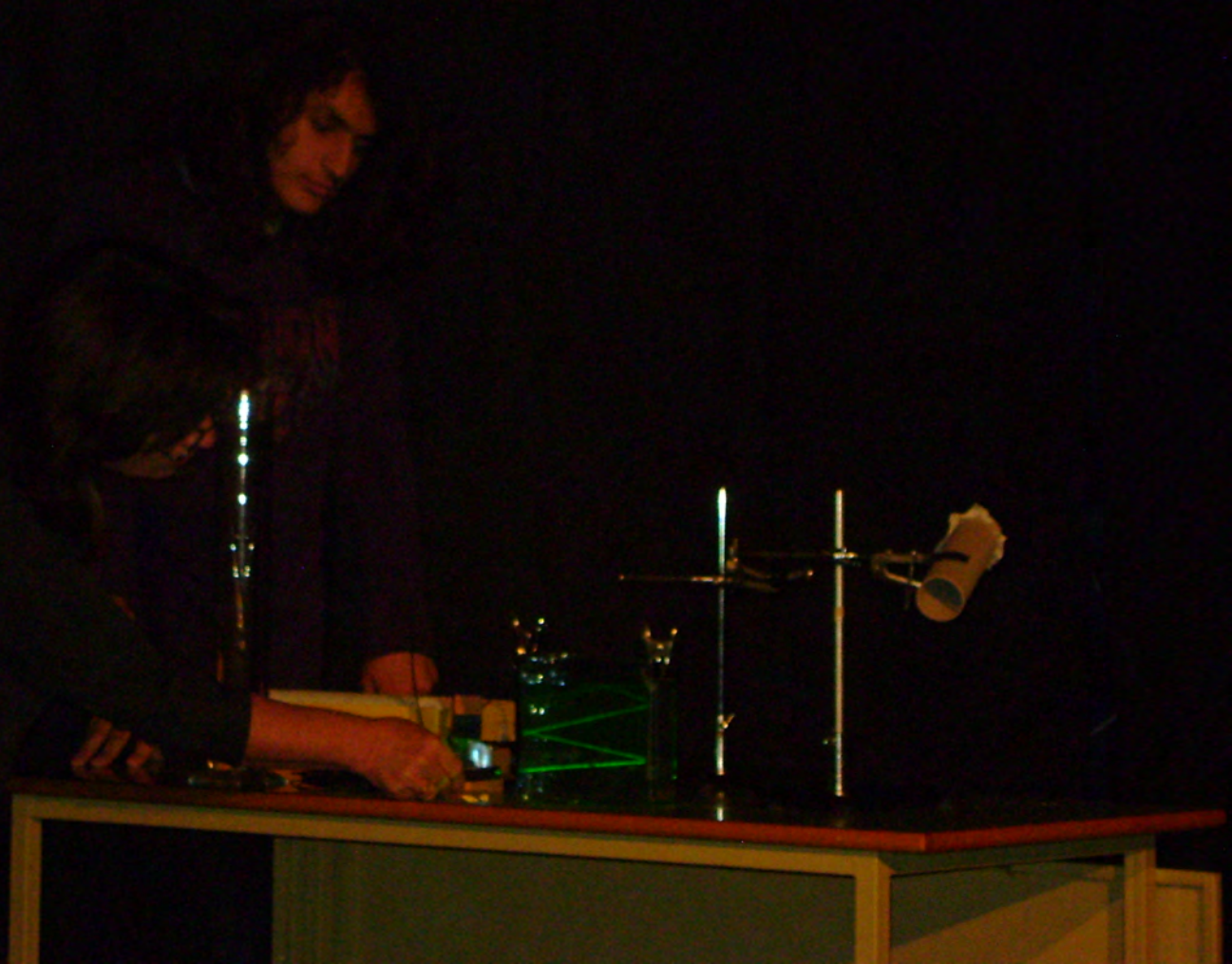
# Νεύτωνας



ΛΑΓΩΝΙΚΟ 2

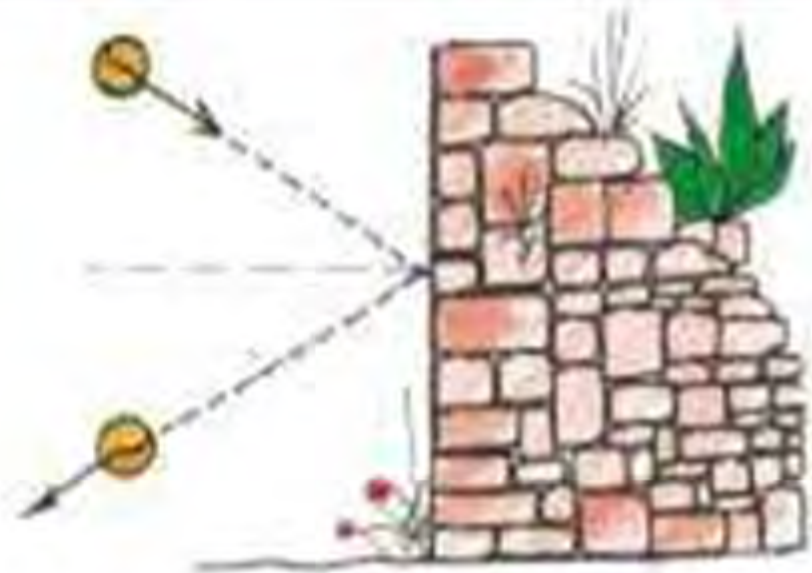
N





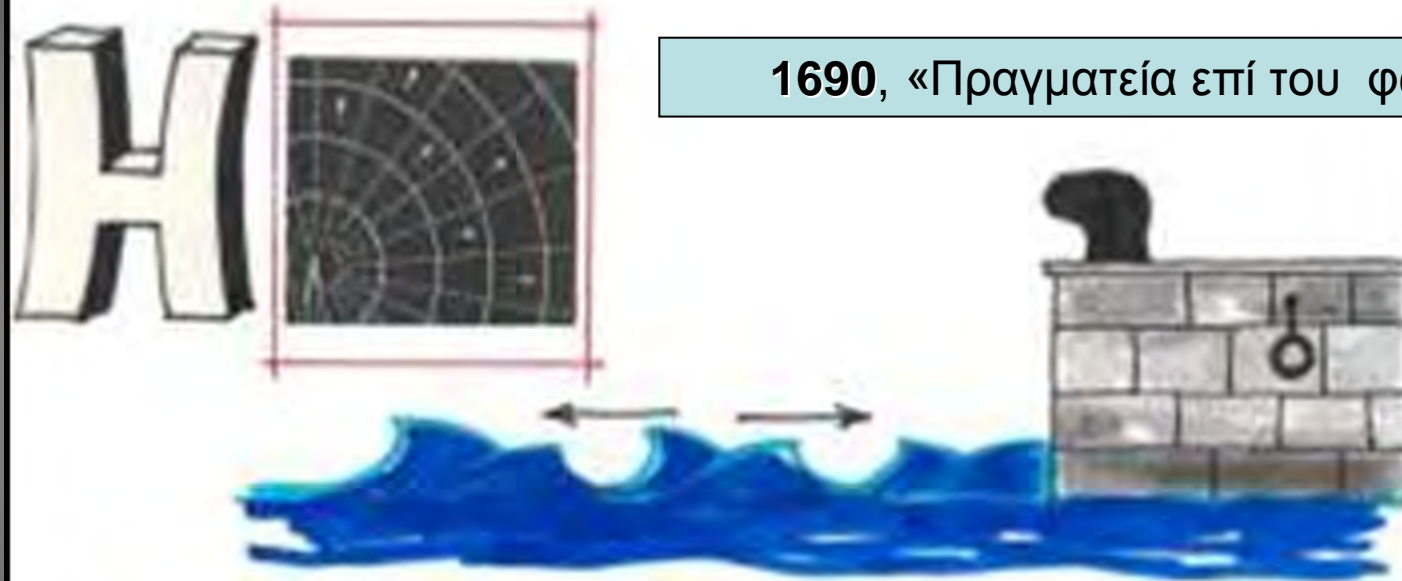


Κατά το Newton  
το φωτεινό σώμα  
εκπέμπει σωματίδια

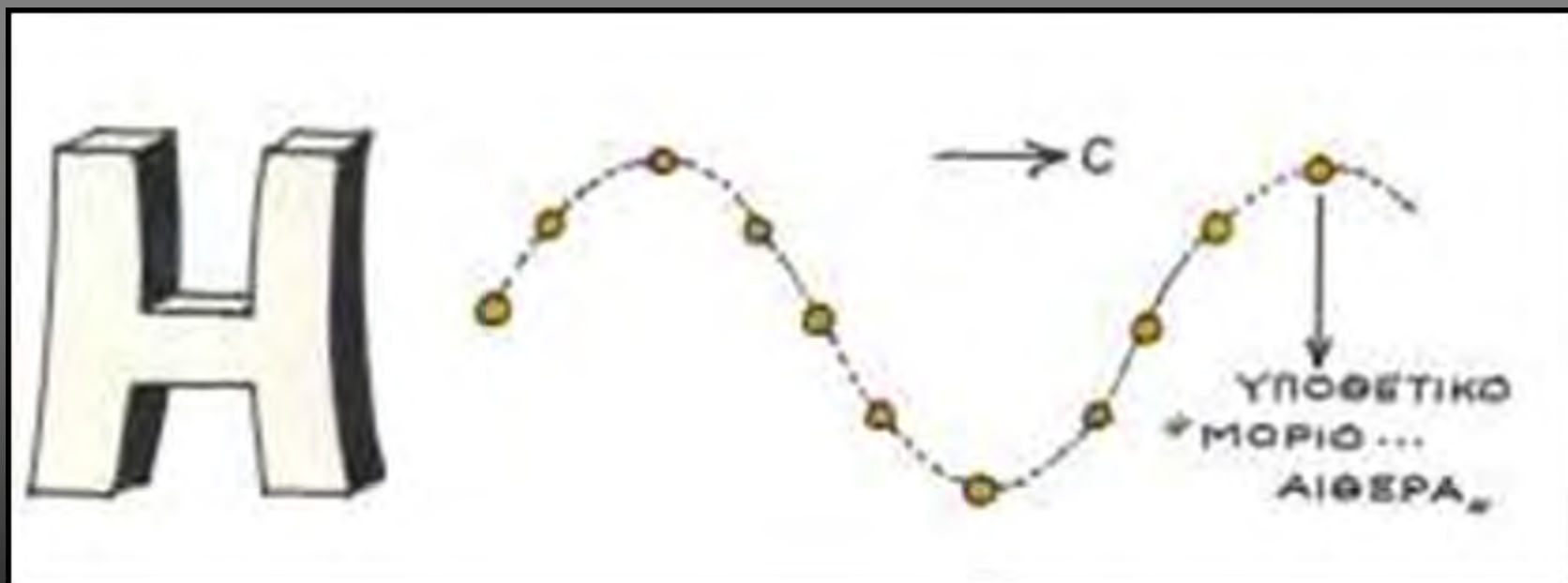


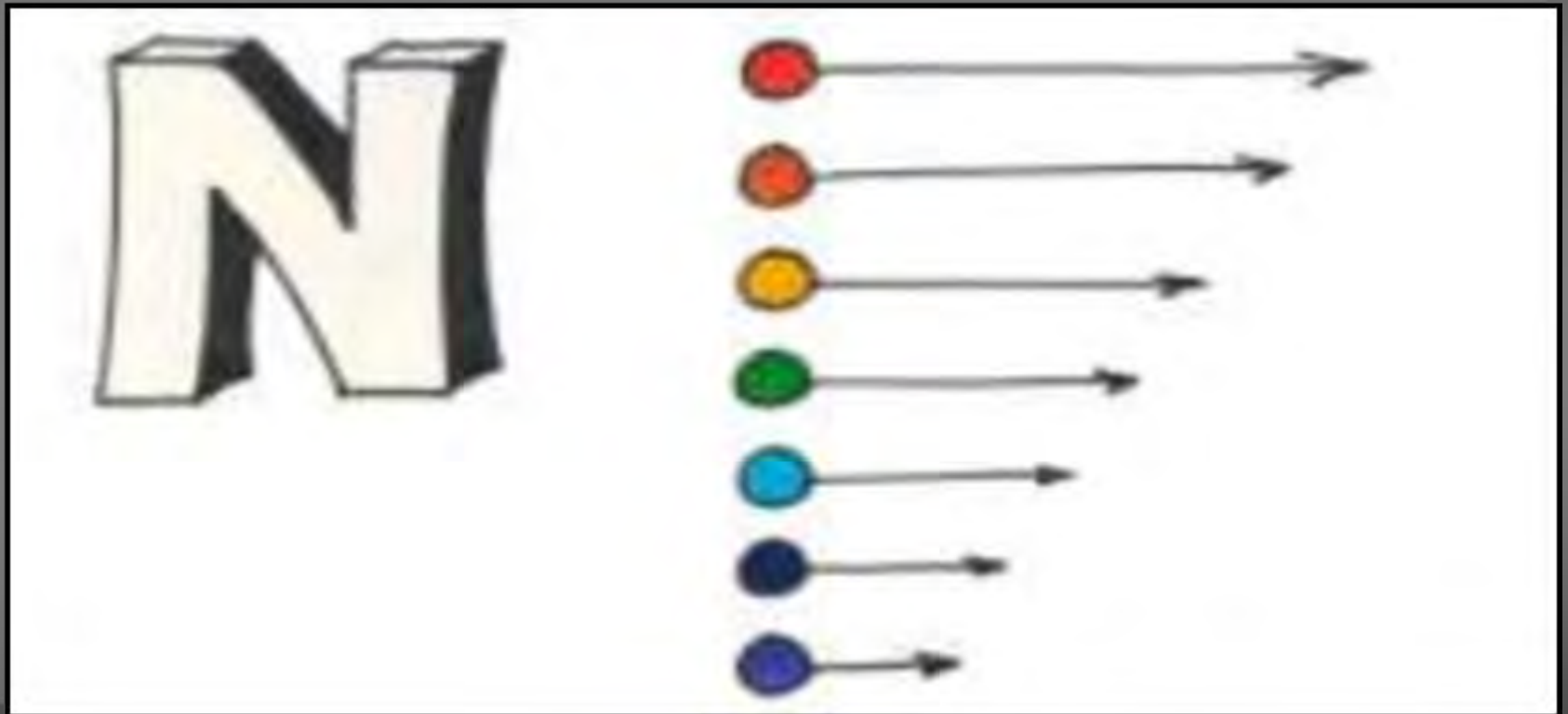
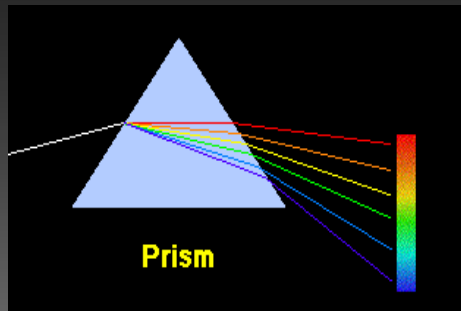
1704, «Optics»

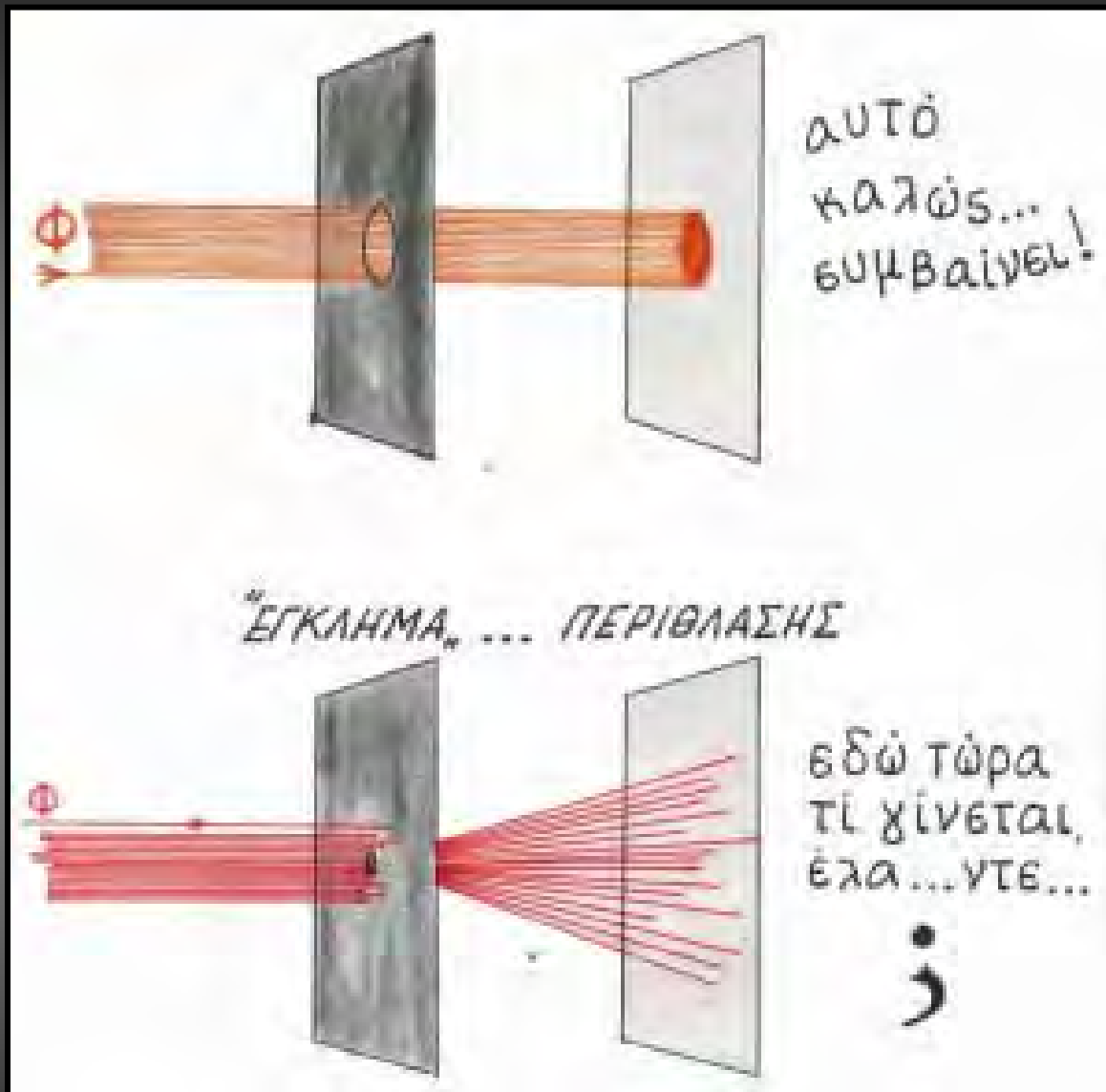
1690, «Πραγματεία επί του φωτός»



Κατά το Huygens το φως διαδίδεται εντός του αιθέρος δια κυμάτων





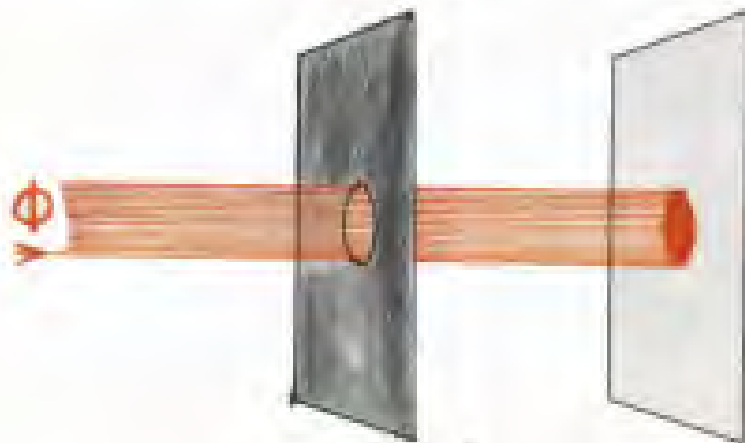




Ταχύτητα του φωτός

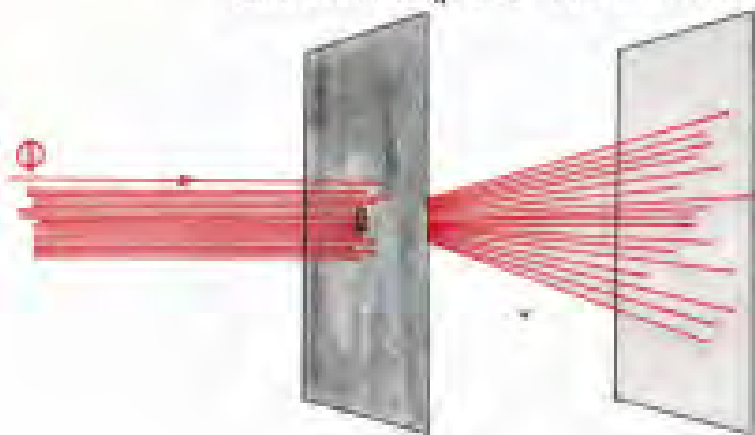
$$c = 300.000 \text{ Km/s}$$





αυτό  
καλώς...  
συμβαίνει!

“ΕΓΚΛΗΜΑ” ... ΠΕΡΙΘΛΑΣΗΣ



εδώ τώρα  
τι γίνεται,  
έλα... γτε...

;

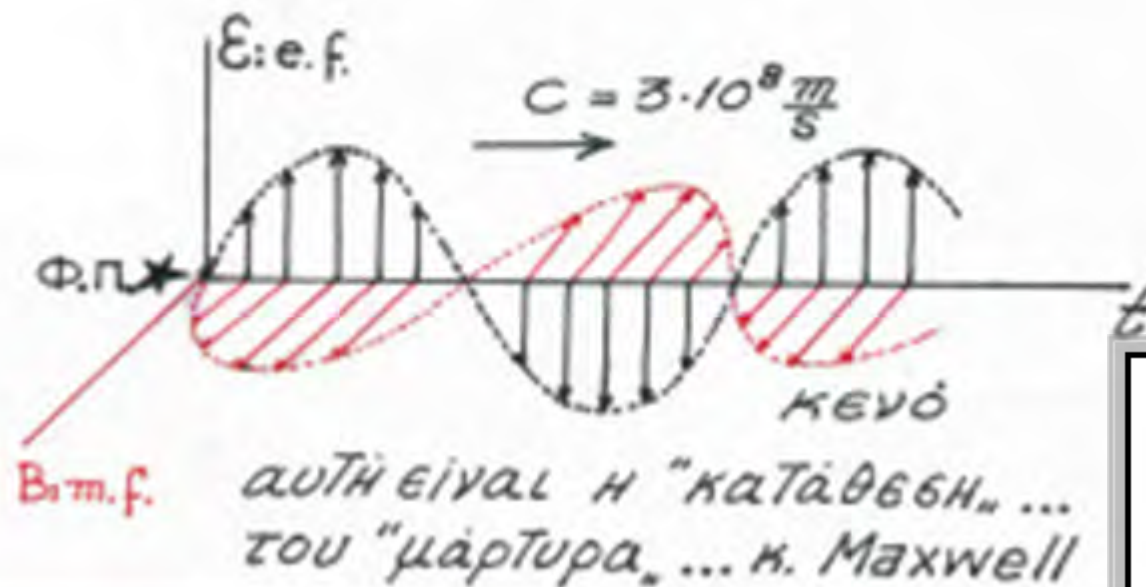
... δόθηκε εξήγηση από τον ...

Thomas YOUNG

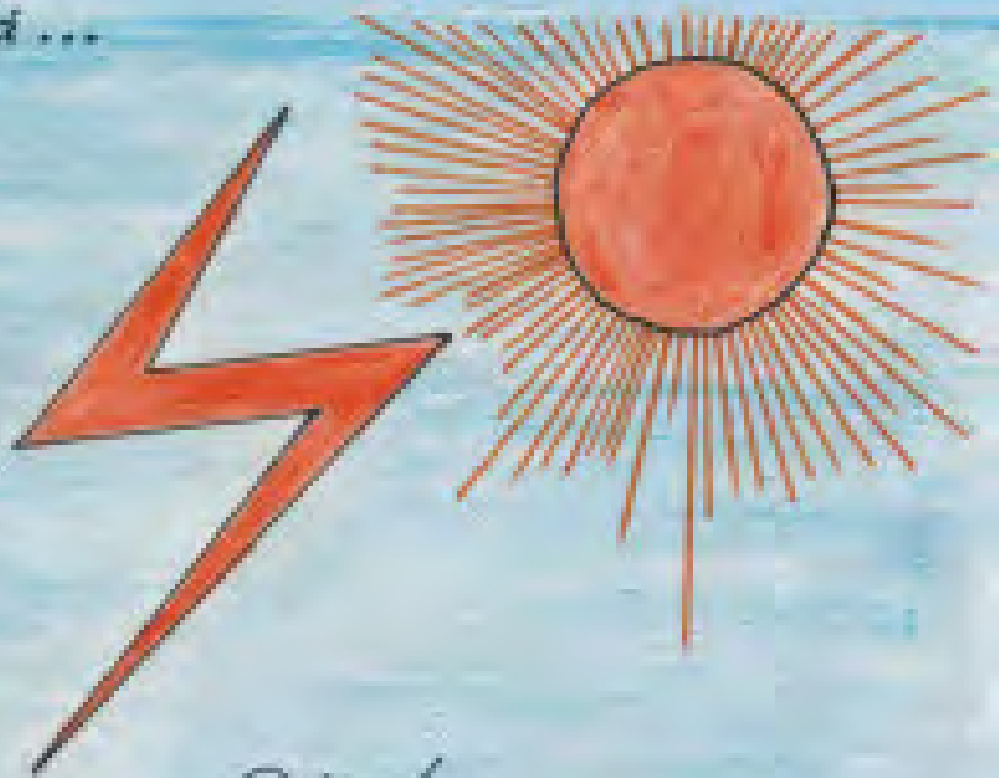


Young

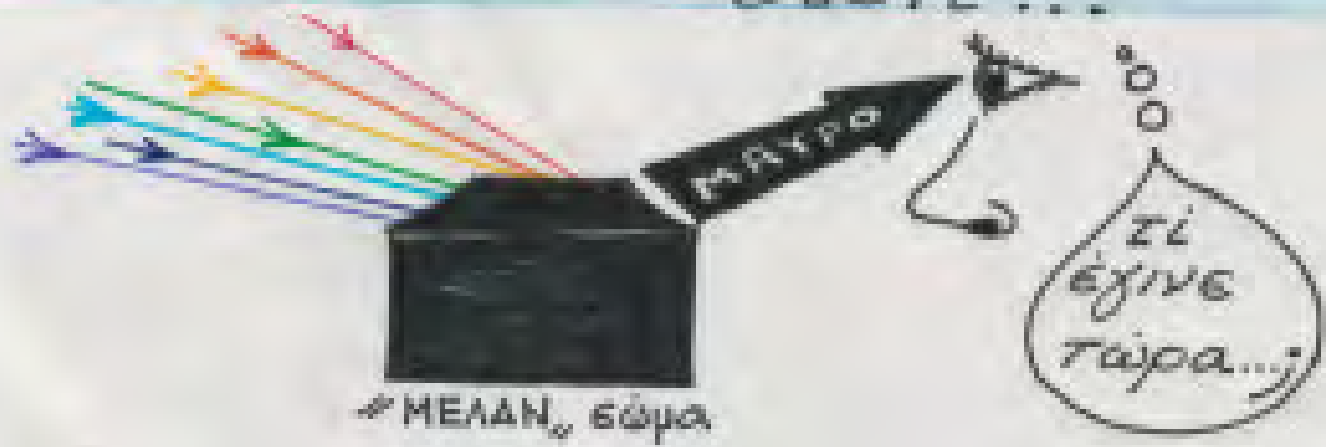
# Ένοχος κηρύσσεται το κύμα

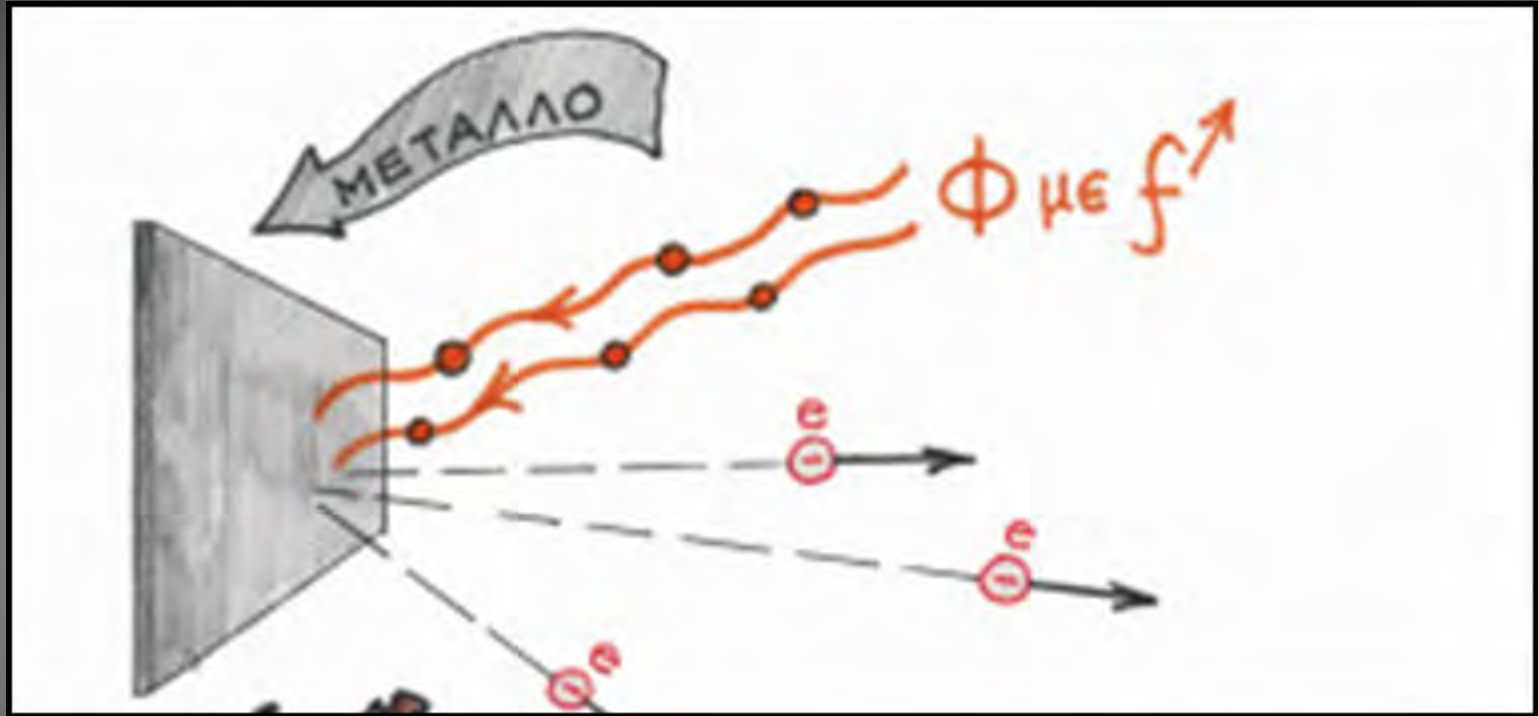


και ξαφνικά...



Σιότι...





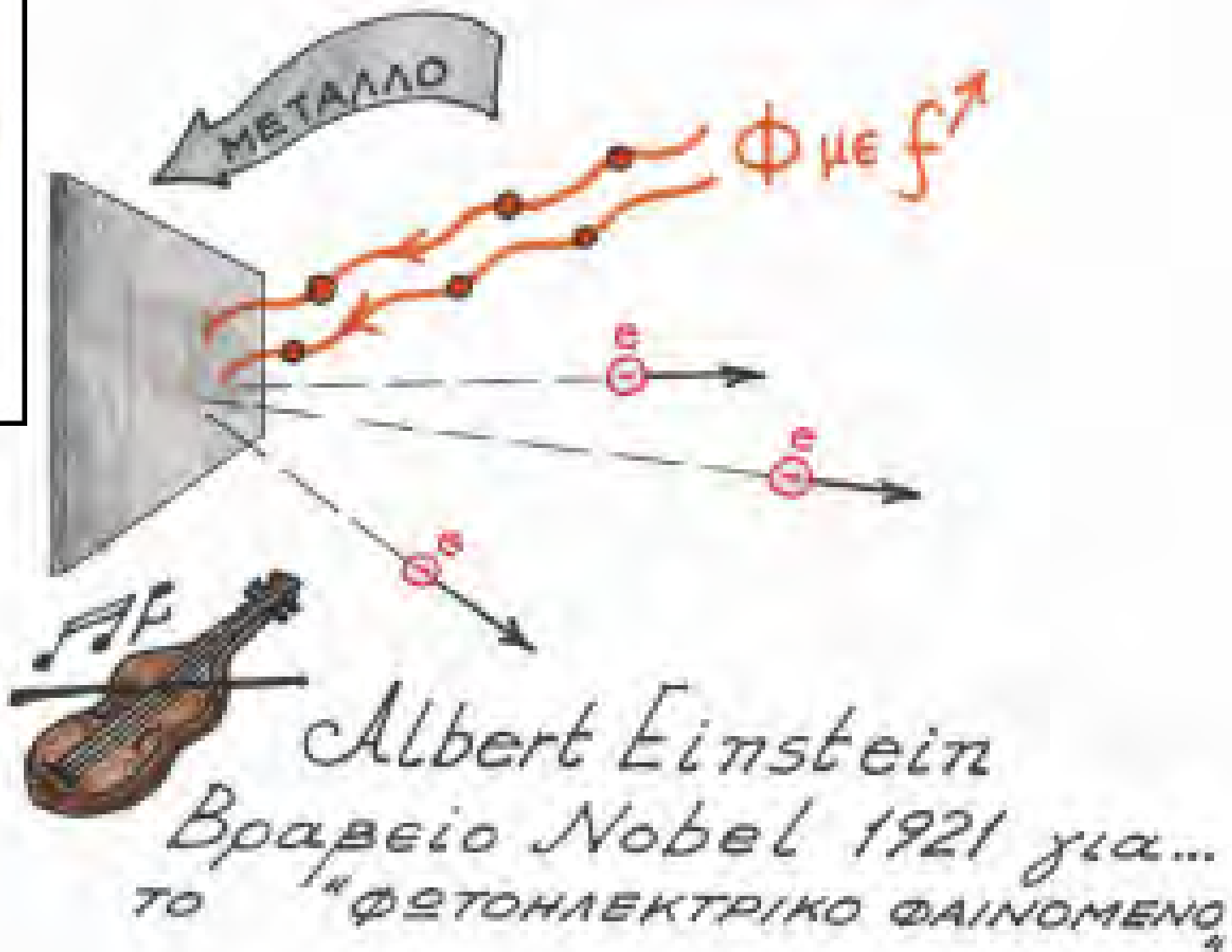
**Πέφτοντας σε μέταλλα βγάζει ηλεκτρόνια  
(φωτοηλεκτρικό φαινόμενο)**

# Πάμε σε νέα αναθεώρηση της δίκης!



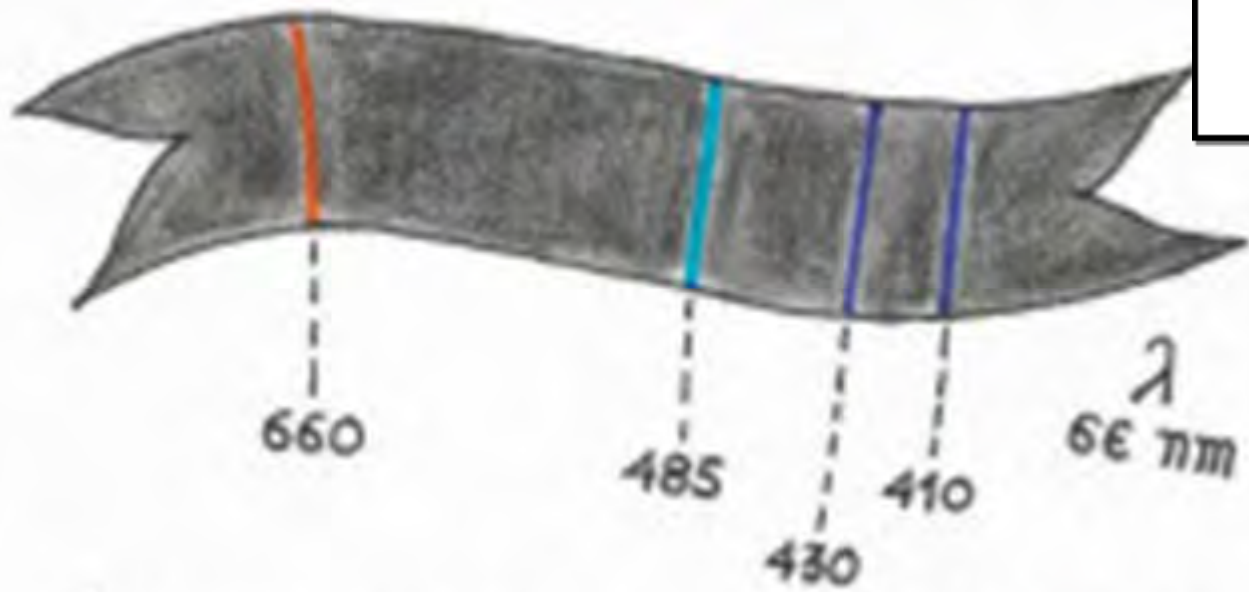


Einstein





ΓΡΑΜΜΙΚΟ ΦΑΣΜΑ ΕΚΠΟΜΠΗΣ  $H_2$



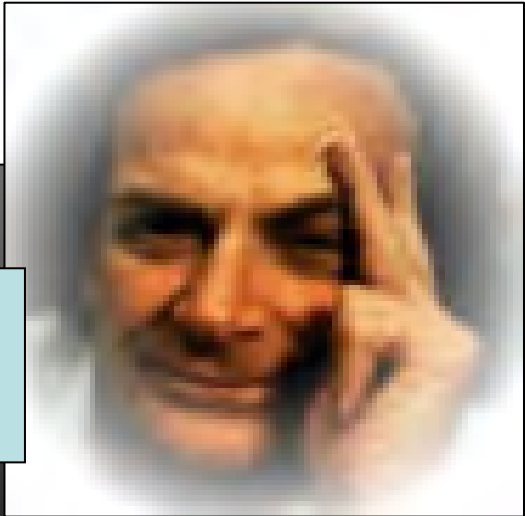
Bohr

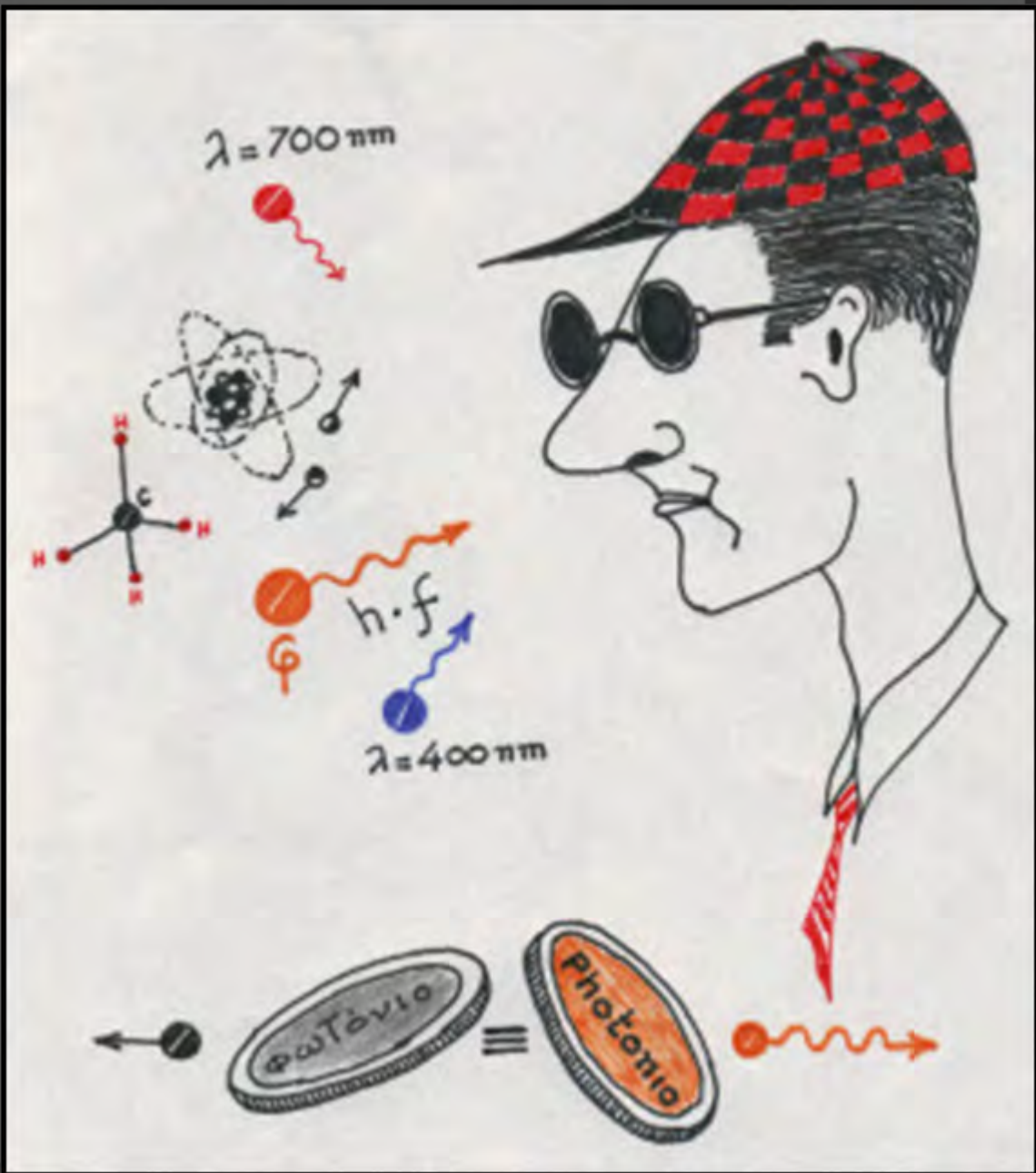
... Δόθηκε βεήχνηη από το Ν. Bohr



**Κβαντική θεωρία**

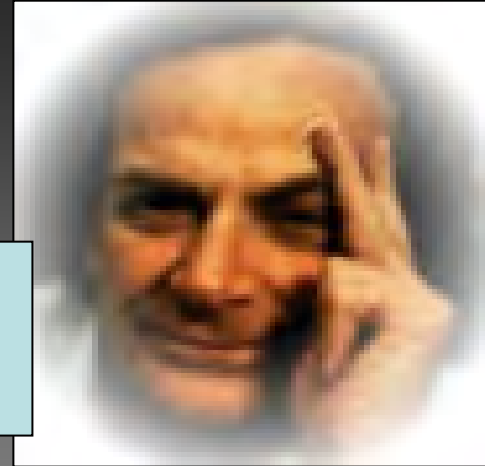
**R. Feynman:**  
Κβαντική ηλεκτροδυναμική





**R. Feynman:**

Κβαντική ηλεκτροδυναμική



«Τις Δευτέρες, τις Τετάρτες και τις Παρασκευές  
το φως είναι **κύμα**.

Τις Τρίτες, τις Πέμπτες και τα Σάββατα  
το φως είναι **σωματίδια**.

Τις Κυριακές σκεπτόμαστε **πως γίνεται αυτό;** »

# ΠΟΙΟΣ ΕΙΝΑΙ Ο ΔΡΑΣΤΗΣ; ΤΟ ΣΩΜΑΤΙΔΙΟ Ή ΤΟ ΚΥΜΑ;

## ΜΙΑ ΑΣΤΥΝΟΜΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟ ΦΩΣ

*Κείμενα: Σοφία Παπαδοπούλου*

*Εικονογράφηση: Γιώργος Δημητριάδης*

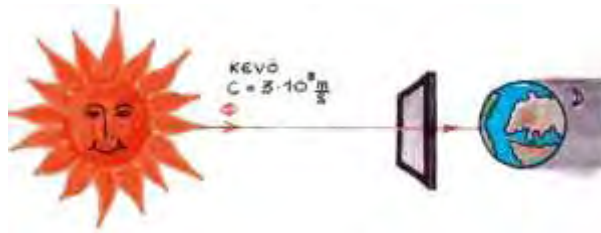
Στην Αστυνομία γινόταν σύσκεψη



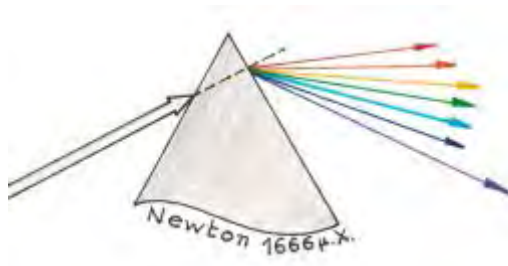
προκειμένου να βρεθεί ποιος ήταν ο δράστης που προκαλούσε πολλές ταραχές:  
όταν έπεφτε σε καθρέφτες γύριζε πίσω, όταν έπεφτε στη θάλασσα στράβωνε,



δεν είχε πρόβλημα να περάσει μέσα από το κενό, αλλά και ούτε μέσα από ένα τζάμι,



και, όταν έπεφτε πάνω σε ένα πρίσμα, μεταμφιεζόταν και από λευκός γινόταν πολύχρωμος



και πολλά άλλα.

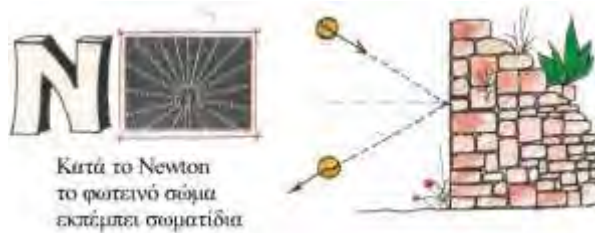
Τον αποκαλούσαν φως, όμως κανείς δεν ήξερε την πραγματική του ταυτότητα.

Στη σύσκεψη μετείχαν δύο από τα καλύτερα λαγωνικά της Αστυνομίας, που όμως είχαν διαφορετικές απόψεις για τον ένοχο, οι κ.κ. Huygens και Newton.

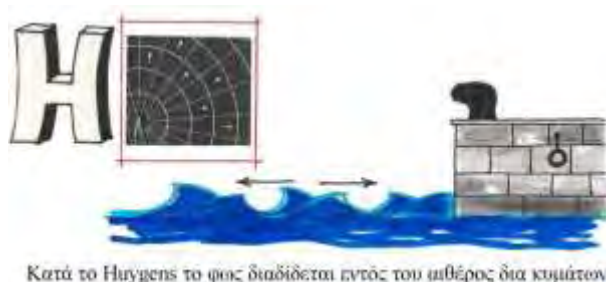


Ας παρακολουθήσουμε το διάλογό τους:

**N** Υποθέτω ότι ο δράστης είναι το σωματίδιο. Και αυτό το στηρίζω στο ότι μπορώ να εξηγήσω πολλά από τα εγκλήματα που έχει διαπράξει, πχ. όπως όλα τα ελαστικά σώματα ανακλώνται, ας πούμε μια μπάλα που πέφτει στο πάτωμα ή στον τοίχο αλλάζει πορεία, έτσι και τα σωματίδια του φωτός όταν πέσουν στον καθρέφτη.



**H** Και εγώ το εξηγώ αυτό, αλλά ξεκινώντας από άλλη παραδοχή. Υποστηρίζω ότι δράστης είναι το κύμα. Και ξέρουμε ότι όλα τα κύματα παρουσιάζουν το φαινόμενο της ανάκλασης.



**N** Η αλήθεια είναι ότι μέχρι εδώ θα μπορούσε να είναι σωστή ή η μια ή η άλλη υπόθεση. Ας προχωρήσουμε όμως σε άλλα φαινόμενα. Εγώ μπορώ να εξηγήσω τη διάδοση στο κενό, αφού όλα τα σώματα μπορούν να κινηθούν στο κενό και μάλιστα ανεμπόδιστα, χωρίς να τα ενοχλεί η τριβή. Τα κύματα όμως απαιτούν μέσο διάδοσης και δε διαδίδονται στο κενό.



**H** Υποθέτω ότι δεν υπάρχει απόλυτο κενό. Παντού υπάρχει ο "αιθέρας", ένα αόρατο ελαστικό, αβάρές υλικό, μέσω του οποίου διαδίδονται τα φωτεινά κύματα.



**N** Κάνεις μια επί πλέον υπόθεση, ότι υπάρχει "αιθέρας". Κανείς δεν μπορεί να μας διαβεβαιώσει ότι πράγματι υπάρχει.

**H** Πράγματι είναι ένα αδύνατο σημείο η υπόθεση περι "αιθέρα". Όμως εγώ εξηγώ πολύ εύκολα την ύπαρξη ακτίνων διαφορετικών χρωμάτων. Κάθε χρώμα χαρακτηρίζεται από ορισμένη συχνότητα.

**N** Εγώ λέω ότι υπάρχουν πολλά είδη σωματιδίων φωτός, για τα διάφορα χρώματα.



**H** Εδώ αρχίζει να γίνεται πολύπλοκη η θεωρία σου με την παραδοχή πολλών ειδών σωματιδίων. Υπάρχουν πράγματι;

**N** Και ο "αιθέρας" είναι αμφίβολο αν υπάρχει. Μπορούμε να πούμε ότι και των δυο μας οι υποθέσεις έχουν κάποια αδύνατα σημεία. Ας προχωρήσουμε λοιπόν να εξετάσουμε και άλλα φαινόμενα. Τα κύματα παθαίνουν περίθλαση. Όμως ο δράστης μας δεν έχει διαπράξει τέτοιο έγκλημα.

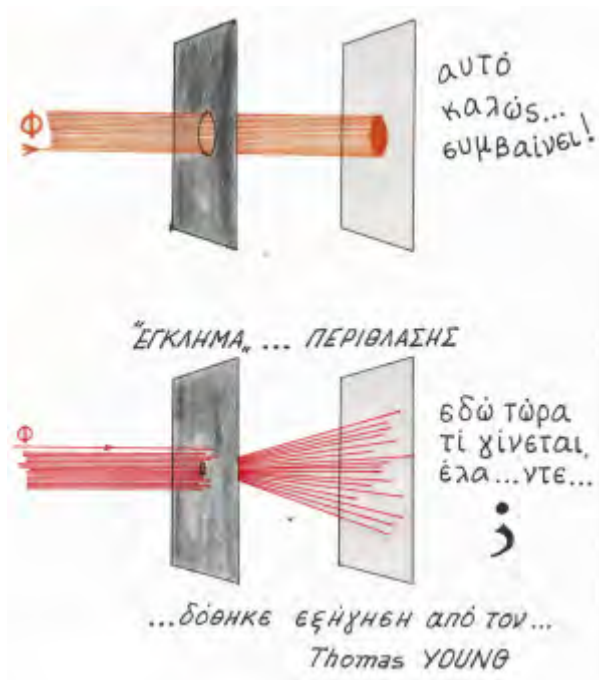
**H** Δεν αποκλείεται να το έχει διαπράξει, αλλά μην το έχουμε εντοπίσει ακόμα. Εγώ υποστηρίζω, ότι, επειδή το μήκος κύματος των φωτεινών ακτίνων είναι πάρα πολύ μικρό, χρειάζεται σχισμή ή εμπόδιο τόσο μικρό, που με τα σημερινά μέσα δεν το καταφέραμε ακόμα. Ίσως αργότερα...

Το συμβούλιο (επιστημονική κοινότητα) έκλινε τελικά υπέρ της άποψης του κ. Newton, αφού δεν είχε παρατηρηθεί περίθλαση. Στη δίκη που επακολούθησε ένοχος βρέθηκε το σωματίδιο. Καταδικάστηκε ερήμην, γιατί κανείς δεν μπορούσε να το συλλάβει, αφού έτρεχε τόσο γρήγορα, σαν παγκόσμιος πρωταθλητής της ταχύτητας που ήταν.



Πέρασε καιρός. Ένα επίσης ικανότατο λαγωνικό ο κ. Young, στήνοντας ενέδρα στον δράστη με πολύ λεπτές σχισμές, είδε ότι διέπραξε το έγκλημα της περίθλασης.

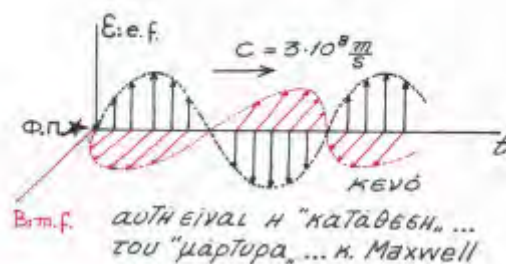




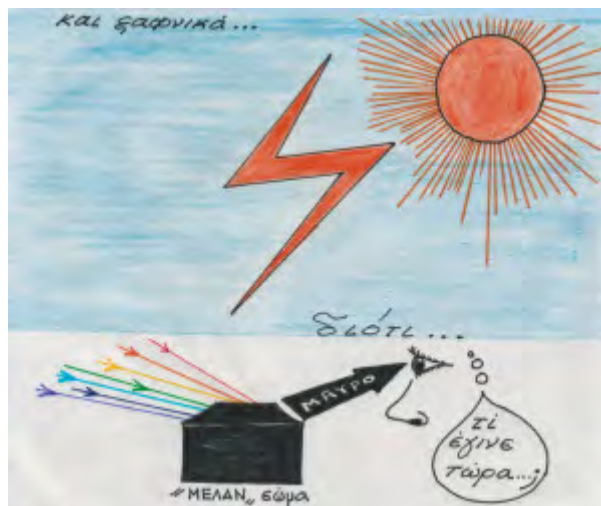
Ξαναγίνεται σύσκεψη. Τώρα το συμβούλιο αλλάζει άποψη και κλίνει υπέρ της κυματικής θεωρίας, μια και τα σωματίδια δεν προκαλούν περίθλαση.

Γίνεται αναθεώρηση της δίκης, απαλλάσσεται το σωματίδιο και ένοχος κηρύσσεται το κύμα.

Στη δίκη κατέθεσε και ο κ. Maxwell, που υποστηρίζει ότι το φως είναι κύμα, όχι όμως μηχανικό (σαν τον ήχο), αλλά ηλεκτρομαγνητικό (διάδοση ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου). Στήριξε την άποψή του στο ότι, σύμφωνα με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία του, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με ταχύτητα 300 000 km/s. Να είναι σύμπτωση ότι και το φως διαδίδεται με αυτήν την ταχύτητα; Πολύ απίθανο. Πρέπει να είναι το φως ηλεκτρομαγνητικό κύμα.



Ενώ λοιπόν φαίνεται ότι διαλευκάνθηκε επί τέλους η υπόθεση, ξαφνικά πέφτει κεραυνός εν αιθρία!



Προσπαθούν να εξιχνιάσουν την ακτινοβολία του μέλανος σώματος και αδυνατούν να την αποδώσουν στο κύμα. Ο δράστης ξαναχτυπάει, διαπράττει νέο έγκλημα: πέφτοντας σε μέταλλα βγάζει ηλεκτρόνια (φωτοηλεκτρικό φαινόμενο).

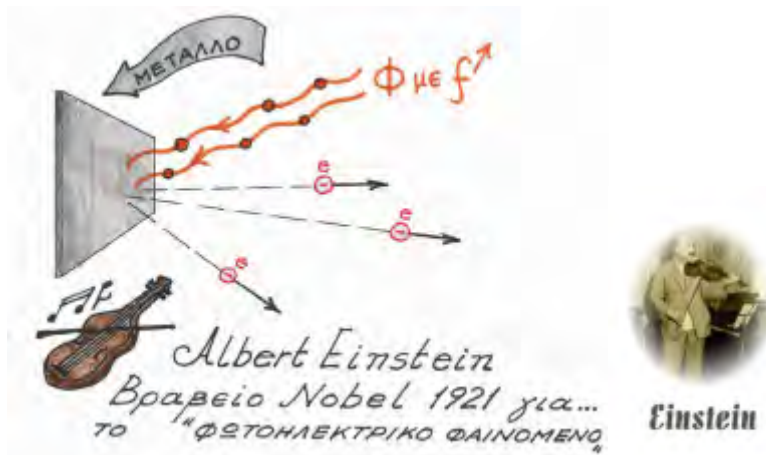
Προσπαθούν να την αποδώσουν στο κύμα, αλλά τα ίχνη δεν ταιριάζουν σ' αυτό, ο τρόπος δράσης θυμίζει δουλειά του σωματιδίου. Τα παραπάνω φαινόμενα επισύρουν υποψίες και πάλι για το σωματίδιο.

Τώρα οι αστυνομικοί (επιστημονική κοινότητα) τα έχουν χαμένα, βρίσκονται σε μια σχιζοφρενική κατάσταση. Το σωματίδιο δεν μπορεί να έχει διαπράξει την περίθλαση, όμως ούτε το κύμα το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Πάμε για νέα αναθεώρηση της δίκης! Η κατάσταση όμως είναι πολύ δύσκολη. Είναι αθώοι και οι δύο; Ή μήπως είναι συνένοχοι; Όμως η παρακολούθηση του ίδιου υπόπτου δείχνει ότι ο ίδιος είναι ικανός να διαπράξει και τα δύο εγκλήματα. Πραγματικό αδιέξοδο.

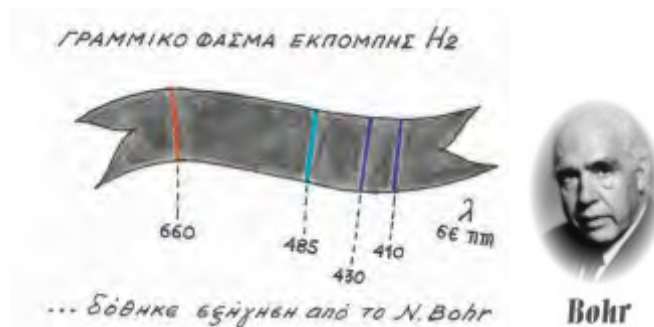
Τότε εμφανίζεται ένα προικισμένο μυαλό, ο κ. Planck, που κάνει μια τολμηρή υπόθεση: ο δράστης είναι ένας μεν, αλλά είναι διχασμένη προσωπικότητα, σαν άλλος Dr. Τζέκυλ και Mr. Χάυντ. Άλλοτε δρα ως Τζέκυλ (σωματίδιο) και άλλοτε ως Χάυντ (κύμα).



Στην άποψη αυτή προσχωρεί μια πλειάδα νέων λαγωνικών. Ένα από αυτά είναι πολύ γνωστό: ο κ. Einstein, που εξηγεί το [φωτοηλεκτρικό φαινόμενο](#).



Ο κ. Bohr εξηγεί το γραμμικό φάσμα του υδρογόνου,



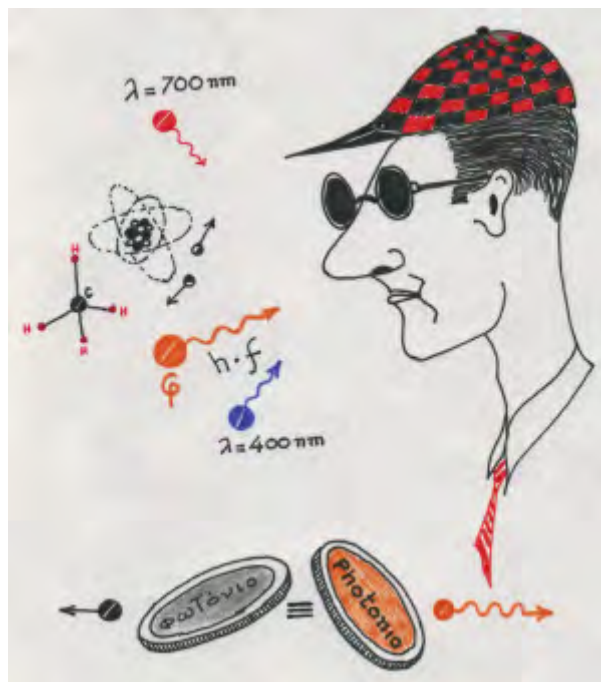
όχι όμως άλλων στοιχείων. Η θεωρία έχει ακόμα κενά. Λίγα χρόνια μετά συμπληρώνεται ως μια ολοκληρωμένη θεωρία, η κβαντική θεωρία.



Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωσή της έπαιξαν οι Heisenberg, Schrödinger και de Broglie. Στην εποχή μας ο Feynman μας έδωσε την κβαντική ηλεκτροδυναμική (QED).



Η αλήθεια είναι ότι η κβαντική θεωρία είναι μια δύσκολη θεωρία, γιατί προσκρούει στην κοινή λογική και εμπειρία. Λένε ότι μόνο με την γλώσσα των Μαθηματικών μπορεί κανείς να την προσεγγίσει και όχι με την κοινή λογική. Είναι σαν να θέλουμε να περιγράψουμε το χρώμα σε ένα τυφλό. Μπορούμε μόνο με τη γλώσσα των Μαθηματικών να πούμε στον τυφλό ότι το κόκκινο φως έχει μήκος κύματος 700nm, το ιώδες 400nm. Έτσι και εμείς είμαστε τυφλοί μπροστά σε αυτά που συμβαίνουν στον κόσμο των πολύ μικρών διαστάσεων. Το φως είναι σωματίδιο (φωτόνιο), αλλά δεν υπακούει στους νόμους του Νεύτωνα, με αποτέλεσμα να παρουσιάζει κυματικές ιδιότητες (ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα).



Μπορούμε να πούμε ότι το φωτόνιο είναι σαν ένα νόμισμα με δύο όψεις, άλλοτε μας δείχνει την μια, άλλοτε την άλλη, ή να πούμε ότι οι σωματιδιακές και κυματικές ιδιότητες κάνουν το φωτόνιο «δυάδα ομοούσιο και αχώριστο».

Η συγχώνευση των δύο φαινομενικά αντίθετων θεωριών, της σωματιδιακής και της κυματικής, σε μια νέα μορφή, την κβαντική, μας θυμίζει ένα ανέκδοτο με τον Ναστραντίν Χότζα:

Όταν δύο αντίδικοι πήγαν στον Χότζα, αυτός, όταν άκουσε τον ένα, του λέει «έχεις δίκιο», όταν άκουσε και τον άλλο, λέει και σ' αυτόν «έχεις δίκιο». Κάποιος που παρακολουθούσε τη δίκη, παρενέβη και είπε στον Χότζα «πώς γίνεται Χότζα μου, να έχουν και οι δύο δίκιο;». Τότε ο Χότζας του λέει «και συ έχεις δίκιο»!

Έτσι λοιπόν, παραφράζοντας την ιστορία, θα έλεγε και στον Νεύτωνα και στον Huygens ότι έχουν δίκιο κι οι δυο τους (δηλαδή και η σωματιδιακή και η κυματική θεωρία, όχι όμως με την κλασική μορφή τους), και προπαντός στους οπαδούς της κβαντικής θεωρίας, που οι έννοιες σωματίδιο – κύμα, για αυτούς, δεν είναι έννοιες αντίθετες, αλλά συμπληρωματικές.

Η απόφαση της τελευταίας δίκης δεν αμφισβητήθηκε μέχρι σήμερα (Κανείς δεν ξέρει τι μπορεί να συμβεί στο μέλλον! Όνειρο των επιστημόνων είναι να συγχωνεύσουν την κβαντική με την θεωρία της Σχετικότητας του Einstein).

Τώρα, αν αυτά τα παράξενα σας φαίνονται ακατανόητα, μη φοβάστε ότι το μυαλό σας έχει πρόβλημα. Όπως είπε και ο Bohr «όποιος είναι σε θέση να αντιμετωπίσει την κβαντική θεωρία χωρίς να ζαλιστεί, δεν την έχει κατανοήσει».

# ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ

- Κείμενα: *Σοφία Παπαδοπούλου*
- Εικονογράφηση: *Γιώργος Δημητριάδης*
- Επιμέλεια παρουσίασης: *Μαρίνα Στέλλα*
- Παρουσίασαν οι μαθητές:
  - *Μιχάλης Μαυροπάνος, 3<sup>ο</sup> ΓΕΛ Νέας Ιωνίας*
  - *Αλέξης Κεμαβόρ, 3<sup>ο</sup> ΓΕΛ Νέας Ιωνίας*
  - *Μαρία Νόρρα, 3<sup>ο</sup> ΓΕΛ Νέας Ιωνίας*

