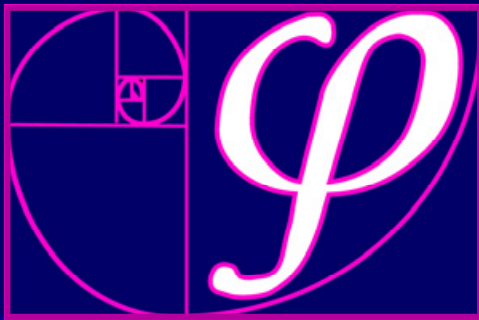




Περίοδος Δ' • Τεύχος 23 • Δεκέμβριος 2015

αινόμενον!!!

Το περιοδικό του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ.

φύση του φωτός ●

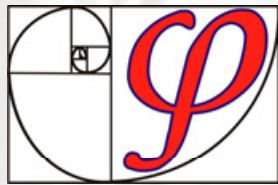
βαρυτικά κύματα ●

laser και έργα τέχνης ●

βραβείο Νόμπελ φυσικής 2015 ●

εξωτερικιστική προσέγγιση του Νεύτωνα ●

<http://phenomenon.physics.auth.gr>



φαινόμενον::::

Περίοδος Δ' · Τεύχος 23

Δεκέμβριος 2015

Περιοδική έκδοση του Τμήματος
Φυσικής Α.Π.Θ. (προεδρία Κ. Χρυσάφη)

συντακτική ομάδα

Γεώργιος Δημητράκοπουλος

(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Μαρία Κατσικίνη

(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Αναστάσιος Λιόλιος

(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Χαρίκλεια Μελέτη

(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Στυλιανός Στούλος

(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Ιωάννης Στούμπουλος

(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Ολυμπία Δάρτση, Δάφνη Παρλιάρη,

Δημήτριος Χατζηπαναγιωτίδης

(Απόφοιτοι Τμ. Φυσικής)

Στέφανος Μαύρος, Μαρία Κρικέλη,

Χρήστος Παπαπαντελής, Μάριος

Σαμάνης, Αναστασία Τερζοπούλου,

Βασίλειος Τσιώλης, Θεοδοσία

Χαραλαμπίδου, Νικόλαος

Χατζαράκης

(Φοιτητές/τριες Τμ. Φυσικής)

στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν

Σωτήριος Βες

(Καθηγητής Τμ. Φυσικής)

Στυλιανός Μάσεν

(Ομότιμος Καθηγητής Τμ. Φυσικής)

Ιωάννης Στούμπουλος

(Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Μαρία Κατσικίνη

(Επικ. Καθ. Τμ. Φυσικής)

Παναγιώτης Κάβουρας

(Διδάκτορας Τμ. Φυσικής)

Δάφνη Παρλιάρη

(Απόφοιτος Τμ. Φυσικής)

Χρήστος Παπαπαντελής, Αναστασία

Τερζοπούλου, Θεοδοσία

Χαραλαμπίδου, Νικόλαος

Χατζαράκης

(Φοιτητές/τριες Τμ. Φυσικής)

εκτύπωση

COPYCITY Ε.Π.Ε.

ψηφιακή έκδοση

<http://phenomenon.physics.auth.gr>

E-mail επικοινωνίας:

phenomenon@physics.auth.gr

σημείωμα της σύνταξης

Με την ευκαιρία του εορτασμού του 2015 ως Διεθνές Έτος Φωτός, σε αυτό το τεύχος του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ», περιέχεται ένα άρθρο σχετικό με τη φύση του φωτός και ένα άρθρο για την εφαρμογή των laser στη συντήρηση έργων τέχνης. Περιλαμβάνονται επίσης δύο άρθρα για την εξωτερικοτική προσέγγιση του Νεύτωνα και για τις μεθόδους ανίχνευσης βαρυτικών κυμάτων. Από το τεύχος αυτό δεν λείπουν εντυπώσεις φοιτητών από επισκέψεις σε πανεπιστήμια του εξωτερικού, το «επιστημονικό» σταυρόλεξο, τα νέα, οι εκδηλώσεις του τμήματος, μια ενημέρωση για τις φοιτητικές ομάδες της ΣΘΕ και τα επιστημονικά νέα με τα βραβεία Νόμπελ Φυσικής 2015.

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

περιεχόμενα

♦ Νόμπελ Φυσικής 2015	1
♦ Φως: η περίεργη αυτή φυσική οντότητα!	2
♦ Ο Isaac Newton υπό το φως της εξωτερικοτικής προσέγγισης της ιστορίας των επιστημών	7
♦ Νέα μέθοδος ανίχνευσης βαρυτικών κυμάτων	12
♦ Αυτοί του έφυγαν: Μ. Γρουπαίος	17
♦ Ακαδημαϊκή περιήγηση	18
♦ Η χρήση του laser στη συντήρηση έργων τέχνης	21
♦ Παράλληλα σύμπαντα εντός ΣΘΕ	24
♦ Σταυρόλεξο	26
♦ Συνέβησαν στο Τμήμα	27

φωτογραφίες



Εξώφυλλο : Wikimedia (Mato Rachela), Principia Mathematica (I. Newton), Wikipedia (neutrino oscillations), space.com, M. Bellini (National Inst. of Optics), www.theacropolismuseum.gr

Φωτογραφίες εκδηλώσεων: Ι. Στούμπουλος



πνευματικά δικαιώματα

Το δημοσιευμένο υλικό στο περιοδικό αυτό προστατεύεται από Copyright. Το υλικό δημοσιεύεται υπό όρους που καθορίζονται από την Creative Commons Public License και απαγορεύεται κάθε χρήση του με διαφορετικές προϋποθέσεις από αυτές που καθορίζονται από την άδεια. Είστε ελεύθεροι να διανείμετε, αναπαράγετε, κατανείμετε, διαδώσετε, διασκευάσετε το έργο αυτό με τις ακόλουθες προϋποθέσεις: Η αναφορά στο έργο πρέπει να γίνει κατά τον τρόπο που καθορίζεται από το συγγραφέα ή το χορηγό της άδειας (αλλά όχι με τρόπο που να υποδηλώνει ότι παρέχουν επίσημη έγκριση σε σας ή για χρήση του έργου από εσάς). Εάν αλλοιώσετε, τροποποιήσετε ή δομήσετε πάνω στο έργο αυτό, η διανομή του παράγωγου έργου μπορεί να γίνει μόνο υπό τους όρους της ίδιας, παρόμοιας ή συμβατής άδειας.

Δείτε αναλυτικά τους όρους: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>

Οι απόψεις που παρουσιάζονται σε κάθε κείμενο εκφράζουν το συγγραφέα του και όχι υποχρεωτικά τη συντακτική ομάδα του περιοδικού.

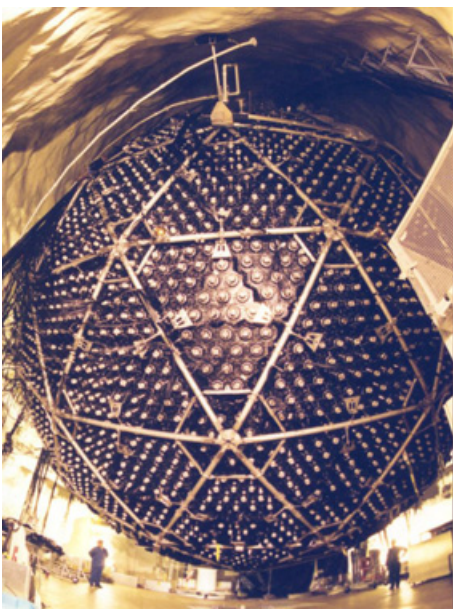


● Οι ταλαντώσεις των νετρίνων αποδεικνύουν ότι έχουν μάζα

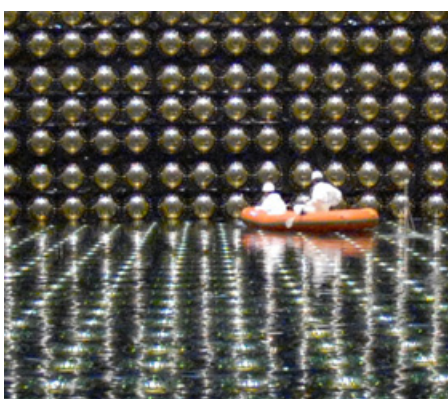
Το βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2015 απονεμήθηκε από κοινού στον Ιάπωνα Takaaki Kajita και στον Καναδό Arthur B. McDonald ως αναγνώριση της σημαντικότητας της συνεισφοράς τους στην πειραματική ανάδειξη του μετασχηματισμού των νετρίνων. Με την αλλαγή της χιλιετίας, ο Takaaki Kajita παρουσίασε την ανακάλυψη ότι τα μιονικά νετρίνα, τα οποία παράγονται στην ατμόσφαιρα της Γης κατά την αλληλεπίδρασή της με την κοσμική ακτινοβολία, μετασχηματίζονται καθ' οδόν προς τον ανιχνευτή Super Kamiokande. Εν τω μεταξύ, η ερευνητική ομάδα του Arthur B. McDonald, απέδειξε ότι τα ηλεκτρονικά νετρίνα που παράγονται με πυρηνικές αντιδράσεις στο εσωτερικό του Ήλιου, δεν εξαφανίζονται στην πορεία τους προς τη Γη. Αντιθέ-

τως, έφθαναν στο παρατηρητήριο νετρίνων του Sudbury έχοντας διαφορετικές ιδιότητες καθώς μετασχηματίζονταν σε μιονικά- ή ταυ-νετρίνα. Ο μετασχηματισμός αυτός μπορεί να εξηγηθεί μόνο με τη παραδοχή ότι αυτά έχουν μάζα.

Ο γρίφος των νετρίνων, τον οποίο οι Φυσικοί προσπαθούσαν για δεκαετίες να αποσαφηνίσουν, λύθηκε. Συγκριτικά με θεωρητικούς υπολογισμούς για τον αριθμό των ηλεκτρονικών νετρίνων που παράγονται στο εσωτερικό του Ήλιου, οι πειραματικές μετρήσεις έδειχναν ότι τα δυο τρίτα αυτών εξαφανίζονταν μυστηριωδώς και δεν μπορούσαν να ανιχνευτούν. Με τα πειράματα των Kajita και McDonald αποδείχθηκε ότι τα νετρίνα μετασχηματίζονται και μάλιστα έχουν μάζα η οποία ωστόσο είναι πάρα πολύ μικρή. Για τους φυσικούς στοιχειωδών σωματιδίων, αυτή ήταν μια ιστο-



Ο ανιχνευτής νετρίνων στο παρατηρητήριο νετρίνων του Sudbury. Αποτελείται από 10000 φωτοπολλαπλασιαστές και στο εσωτερικό του περιέχει το δοχείο με το βαρύ ύδωρ με οποίο αντιδρούν τα νετρίνα.



Τεχνικοί επιθεωρούν το εσωτερικό του ανιχνευτή νετρίνων Super-Kamiokande στην Ιαπωνία. Διακρίνεται μέρος των φωτοπολλαπλασιαστών (από τους συνολικά 11000) που ανιχνεύουν την ακτινοβολία Cherenkov που παράγεται κατά την αλληλεπίδραση των νετρίνων και τους 32000 τόνους νερού που περιέχεται στη βάση του.

Νόμπελ
Φυσικής
2015



Οι Takaaki Kajita (αριστερά) και Arthur B. McDonald (δεξιά) στους οποίους απονεμήθηκε το βραβείο Νόμπελ 2015.

ρική ανακάλυψη καθώς αμφισβητούσε μια βασική προϋπόθεση του Καθιερωμένου Μοντέλου, που εξηγούσε επιτυχώς τη θεμελιώδη δομή της ύλης, αλλά θεωρούσε ότι τα νετρίνα έχουν μηδενική μάζα.

Μετά τα φωτόνια, που θεωρούνται τα σωματίδια που απαρτίζουν δέσμες φωτός (βλ. επόμενο άρθρο), τα νετρίνα είναι τα σωματίδια που υπάρχουν σε μεγαλύτερη ποσότητα στον Κόσμο μας. Η Γη συνεχώς βομβαρδίζεται από νετρίνα. Χιλιάδες δισεκατομμύρια νετρίνα διαπερνούν το σώμα μας κάθε δευτερόλεπτο. Τίποτε δεν μπορεί να τα σταματήσει. Μετά από αυτές τις ανακαλύψεις, έχει ενταθεί η προσπάθεια των Φυσικών σε όλο τον κόσμο για να ανιχνεύσουν τα νετρίνα και να διερευνήσουν τις ιδιότητές τους. Νέες ανακαλύψεις είναι προ των πυλών και αναμένεται να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο καταννούμε την ιστορία, τη δομή και το μέλλον του Σύμπαντος.

Πηγές:

<http://www.nobelprize.org>

<http://www-sk.icrr.u-tokyo.ac.jp>

<http://www.sno.phy.queensu.ca>



**Σωτήριος
Βες**
Καθηγητής
Τμ. Φυσικής

1. Εισαγωγή

Το μυστήριο του φωτός διαμόρφωσε τον πυρήνα σκέψεως σχεδόν όλων των κοινωνιών και προσήλκυσε την άμεση προσοχή των φιλοσόφων ήδη από τον 5^ο αιώνα π.Χ. Η έννοια του φωτός καταλαμβάνει κεντρική θέση σε όλες τις θρησκείες και αργότερα στη κοσμοθεωρία του ανθρώπου για τον κόσμο του και το σύμπαν. Το φως αποτέλεσε το εργαλείο μέσω του οποίου ο άνθρωπος τεκμηριώσε το πλείστον των γνώσεών του για το σύμπαν, αλλά ταυτόχρονα αποτέλεσε και το όχημα των τεχνολογικών του επιτευγμάτων. Δεν αποτελεί έκπληξη που η "απάντηση" σε ερωτήματα για το "πώς" και "τι" "βλέπουμε", πώς γίνεται η αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη, συμβαδίζει με τις αντιλήψεις για τον κόσμο μας. Αν και οι αρχικές μας αντιλήψεις αποδείχθηκαν εσφαλμένες, άλλες επιβεβαιώθηκαν μέσω επανειλημμένων πειραματικών ελέγχων, όπως για παράδειγμα το πεπερασμένο της ταχύτητας διάδοσης του φωτός, η αρχή του ελαχίστου χρόνου (ακρότατου γενικά) διάδοσης του φωτός, η κυματική και σωματιδιακή του φύση και εν τέλει η δυϊκή του φύση.

ΓΕΝΕΣΙΣ Κεφάλαιον α'

...

γ' καὶ εἶπεν ὁ Θεὸς γενηθήτω φῶς καὶ ἐγένετο φῶς.

δ' καὶ εἶδεν ὁ Θεὸς τὸ φῶς, ὅτι καλόν καὶ διεχώρισεν ὁ Θεὸς ἀνὰ μέσον τοῦ φωτὸς καὶ ἀνὰ μέσον τοῦ σκότους.

ε' καὶ ἐκάλεσεν ὁ Θεὸς τὸ φῶς ἡμέραν καὶ τὸ σκότος ἐκάλεσε νύκτα καὶ ἐγένετο ἑσπέρα καὶ ἐγένετο πρωΐ, ἡμέρα μία

...

Το φως ήταν το σύμβολο του θεού Ρα

(Επιγραφή ~ 1300 π.Χ.)

"Εγώ είμαι ο ένας που ήνοιξεν τα μάτια του και ἐγένετο φως. Όταν έκλεισαν τα μάτια του ἐπεσεν σκότος".

("I am the one who openeth his eyes, and there is light; When his eyes close, darkness falleth.")

Οι ινδουιστικές σχολές Samkhya and Vaisheshika, γύρω στον 6^ο-5^ο αιώνα π.Χ. ανέπτυξαν θεωρίες για το φως.

Το φως είναι ένα από τα πέντε θεμελιώδη στοιχεία από τα οποία αποτελείται ο κόσμος.

Δεν φαίνεται να γινόταν κάποια αναφορά στην ατομικότητα αυτών των στοιχείων τα οποία φαίνεται ότι θεωρούνταν συνεχή.

2. Κυματική φύση

Η βαθιά αινιγματική φύση του φωτός μπορεί να γίνει αντιληπτή και μέσα από την νεότερη μακρά διαμάχη που ξεκίνησε από τον Νεύτωνα και τον Huygens στις αρχές του 1700. Ως γνωστόν ο Νεύτωνας ήταν υπέρμαχος της σωματιδιακής φύσης του φωτός, παρ' όλο που στην προσπάθειά του να την τεκμηριώσει εφηύρε τους γνωστούς δακτυλίους του Νεύτωνα, χαρακτηριστικό γνώρισμα της κυματικής φύσης, ενώ ο Huygens υποστήριζε την κυματική φύση. Στις αρχές του 1800, ο Young προσπάθησε να επιλύσει την διαμάχη μέσω του γνωστού

πειράματος των δύο σχισμών.

Το αποτέλεσμα ήταν η εμφάνιση ημιτονικών κροσσών συμβολής, των κροσσών περιθλάσεως μακρινού πεδίου απλής σχισμής, γεγονός που οδήγησε στην σχεδόν καθολική αποδοχή του κυματικού χαρακτήρα του φωτός. Όμως, ενώ ήδη από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα κατανοήθηκε θεωρητικά -μέσω των εξισώσεων Maxwell (1861) και τεκμηριώθηκε πειραματικά από τον M. Faraday (1851)- ότι το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο (φως χαμηλής συχνότητας) συνιστούν ενιαίο κυματικό φαινόμενο, ανέκυψε ταυτόχρονα το βασικό ερώτημα: Τι είναι αυ-

τό που υφίσταται τον "κυματισμό"; Την εποχή εκείνη οι περισσότεροι φυσικοί αποδεχόταν την παρουσία ενός "ειδικού" μέσου, του **"αιθέρα"**, το οποίο επέτρεπε τη διάδοση της "οπτικής" διαταραχής. Όμως ο αιθέρας θα έπρεπε να κατείχε μια ασυνήθη ιδιότητα: Θα έπρεπε να πληροί όλο το χώρο και επιπλέον να είναι εξαιρετικά αραιός.

Όμως αυτό δημιούργησε επιπλέον προβλήματα, γιατί όπως είχαν δείξει οι Young, Fresnel και Arago το φως ήταν εγκάρσια πολωμένο, γεγονός που θα απαιτούσε ένα πυκνό και σκληρό μέσο που να εξασφαλίζει τις απαιτούμενες διατμητικές τάσεις επαναφοράς. Να σημειωθεί ότι τόσο Faraday όσο και ο Maxwell ήταν θιασώτες της έννοιας του αιθέρα, όπου το μεν ηλεκτρικό πεδίο το θεωρούσαν ως αποτέλεσμα της "μετατόπισης" ή της παραμόρφωσης των "σωματιδίων του αιθέρα", ενώ το μαγνητικό πεδίο οφειλόταν στην "περιστροφή" ή στη "δίνη" περιοχών φορτισμένων σωματιδίων του αιθέρα. Μια μεταβολή στη δομή των "δινών" (μαγνητικό πεδίο) θα πρέπει να δημιουργεί, και αντίστροφα, μια μεταβολή στη "μετατόπιση" στο μέσο, ώστε να είναι δυνατή η δημιουργία κύματος μέσω της ταυτόχρονης μεταβολής του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

Η μηχανιστική θεώρηση του Maxwell περί φωτός, είναι χαρακτηριστικό παράδειγμα της αντίληψής μας για τον "κόσμο" μας. Όμως εν τω μεταξύ, έχουμε μάθει ότι το μαγνητικό και ηλεκτρικό πεδίο είναι ιδιότητες του χώρου και της σχετικότητας, δηλαδή της κίνησης ενός συστήματος συντεταγμένων ως προς ένα άλλο. Οι

εξισώσεις του Maxwell παραμένουν σε ισχύ ακόμη και αν αγνοηθεί η παρουσία του αιθέρα, καθόσον αυτές περιγράφουν πώς οι εν λόγω ιδιότητες αλληλεξαρτώνται και πώς συνδέονται με τα ακίνητα και κινούμενα φορτία (του μέσου). Οι εξισώσεις του Maxwell ερμηνεύουν όλα τα κλασσικά ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένης και της ταχύτητας διάδοσης του φωτός. Επιπλέον στην περίπτωση της αποδοχής του αιθέρα, είναι δύσκολο αυτή να τεκμηριωθεί γιατί ο αιθέρας θα έπρεπε να βρίσκεται σε ακινησία ως προς τη Γη ή τον Ήλιο. Η ιδέα της αναγκαιότητας της εισαγωγής του αιθέρα απορρίφθηκε τελείως από το πείραμα των Michelson – Morley (αρχικά το 1887 και αρκετές επαναλήψεις μετέπειτα), όπου η αναμενόμενη ασυμμετρία (μετατόπιση) των κροσσών συμβολής λόγω της σχετικής κίνησης της Γης ως προς τον αιθέρα δεν εντοπίστηκε, παρόλο που η ευαισθησία του οργάνου ήταν υπεραρκετή. Το αρνητικό αποτέλεσμα αφενός μεν τεκμηριώνει τη σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός αφετέρου δε καθιστά μη απαραίτητη την εισαγωγή της έννοιας του αιθέρα, αφού αυτός δεν έχει καμία επίπτωση στην διάδοση του φωτός¹.

Αυτή η πειραματική διαπίστωση, ότι δηλαδή η ταχύτητα του φωτός είναι ανεξάρτητη από την ταχύτητα του παρατηρητή, βοήθησε τον Einstein να διατυπώσει την αρχή της σχετικότητας, δηλαδή ότι όλα τα α-

δρανιακά, δηλαδή μη επιταχυνόμενα, συστήματα αναφοράς είναι πλήρως ισοδύναμα όσον αφορά την εκτέλεση πειραμάτων. Η τελευταία διαπίστωση εκφράζεται μαθηματικά μέσω των μετασχηματισμών Lorentz. Πράγματι, ο όλος κύκλος γίνεται και μαθηματικά αυτοσυνεπής, διαπιστώνοντας ότι οι εξισώσεις του Maxwell παραμένουν αναλλοίωτες κατά Lorentz (διατηρούν τη μορφή τους). Από τα παραπάνω μπορεί άμεσα να προσμετρηθεί η σημασία του φωτός για την ανάπτυξη νέων θεωριών.

3. Έννοια του φωτονίου (Σωματιδιακή φύση)

Ο ρόλος του φωτός στην ανάπτυξη νέων θεωριών και την κατανόηση νέων πειραματικών αποτελεσμάτων δεν σταματάει εδώ. Το φως έπαιξε και εξακολουθεί να παίζει κεντρικό ρόλο στην κβαντομηχανική, τόσο στην θεμελίωσή της όσο και την ερμηνεία της. Η επιτυχία της μηχανιστικής θεώρησης της κυματικής φύσης του φωτός επισκιάστηκε αισθητά, περίπου έναν αιώνα αργότερα, από την ευρετική² (εκ του εύρισκω) θεώρηση του Einstein ότι το φως αποτελείται από αδιαίρετα ποσά, κβάντα, ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας $h\nu$. Ο Einstein αξιοποίησε την επιτυχή ερμηνεία μέσω των κβάντων φωτός από τον Planck του πειραματικού

¹ Θα πρέπει να αναφερθεί ότι υπάρχει μια ισχυρή κοινότητα φυσικών με απόψεις διαφορετικής ερμηνείας του πειράματος Michelson – Morley. Υπάρχουν ενδιαφέροντα άρθρα στο διαδίκτυο και σε περιοδικά.

² Ευρετική, είναι οποιαδήποτε προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων, τη μάθηση ή ανακάλυψη που χρησιμοποιεί μια πρακτική μέθοδο η οποία μπορεί να μην είναι η βέλτιστη ή τέλεια, αλλά είναι επαρκής για την επίλυση άμεσων στόχων. Όταν η εύρεση της βέλτιστης λύσης είναι αδύνατη ή ανέφικτη, οι ευρετικές μέθοδοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιταχυνθεί η διαδικασία για την εξεύρεση μιας ικανοποιητικής λύσης.

φάσματος εκπομπής της ακτινοβολίας ενός μέλανος σώματος για την εξίσου επιτυχή ερμηνεία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου και της ειδικής θερμότητας των υλικών. Όμως, εκτός και πλέον έτη μετά, υφίστανται ακόμη αινιγματικές έννοιες σχετικά με τη φύση αυτών των κβάντων.

Σήμερα, οι περισσότεροι ενεργοί φυσικοί νοιώθουν βολικά με την άποψη ότι οι κβαντικοί υπολογιστές, τα κβαντικά συστήματα επικοινωνίας και οι τεχνικές κβαντικής κρυπτογράφησης μπορούν να αναπτυχθούν δημιουργώντας, τροποποιώντας, διαδίδοντας και ανιχνεύοντας ένα μοναδικό **κβάντο**, το **φωτόνιο**,³ το οποίο κατά τη ρήση του Dirac, αλληλεπιδρά (=συμβάλλει) μόνο με τον εαυτό του. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν αρκετοί φυσικοί που πιστεύουν ότι οι φωτεινές δέσμες δεν "συμβάλλουν" (αλληλεπιδρούν) μεταξύ τους για να δημιουργήσουν μια ανακατανομή του πεδίου της ενέργειας (κροσσοί λόγω επαλληλίας), παρά μόνο αν παρευρίσκονται φωτοανιχνευτικά μόρια (άτομα) στο χώρο που λαμβάνει χώρα η επαλληλία, ώστε να υλοποιήσουν την ανακατανομή της ενέργειας. Η πρώτη ομάδα βασίζει τον ισχυρισμό της στην εννοιολογική παραδοχή του **μη-τοπικού χαρακτήρα** του φαινομένου της επαλληλίας και συνεπώς της δυνατότητας της τηλεμεταφοράς πληροφορίας⁴. Η τηλεμεταφορά κβαντικής πληροφορίας, δηλ. η ακριβής κατάσταση ενός ατόμου ή φωτονίου, μπορεί αξιωματικά

να μεταφερθεί επακριβώς από μια θέση σε μια άλλη, απαιτεί όμως την χρήση τόσο κλασικών μέσων επικοινωνίας όσο και μιας ήδη διαπλεγμένης (entangled) κβαντικής κατάστασης. Επειδή λοιπόν η συνολική διεργασία στηρίζεται και στην κλασική επικοινωνία, η ταχύτητα τηλεμεταφοράς κβαντικής πληροφορίας είναι μικρότερη από την ταχύτητα του φωτός, παρόλο ότι η διεμπλοκή λαμβάνει χώρα ακαριαία. Επίσης δεν μπορεί (προς το παρόν) να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αντιγράφων λόγω του θεωρήματος του μη – κλωνισμού⁵.

Η δεύτερη ομάδα προσπαθεί να γεφυρώσει την κλασική και κβαντική φυσική χρησιμοποιώντας διάφορες ημικλαστικές μεθόδους και έννοιες για την αποκατάσταση των εννοιών της "**πραγματικότητας**" και της "**τοπικότητας**". Η προϋπόθεση κλειδί, είναι ότι όλες οι μετρήσιμες διαδικασίες μετασχηματισμού (= μεταβολής) απαιτούν την ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ των αλληλεπιδρώντων, όπως αυτές καθορίζονται από τους νόμους δράσης μιας φυσικής δύναμης, η οποία όμως είναι πρακτικά αποτελεσματική εντός μιας πεπερασμένης χωρικής περιοχής. Αυτό με τη σειρά του υποδηλώνει ότι κάθε δέκτης της αλληλεπίδρασης θα πρέπει να βρίσκεται μέσα στη "σφαίρα" δράσεως του "δράστη" ώστε να προκύψει κάποια ανιχνεύσιμη μετατροπή. Η

δυσκολία "σαφούς" κατανόησης της κβαντομηχανικής παρά τον εξαιρετικά χρήσιμο φορμαλισμό της θα πρέπει να μας οδηγήσει στην αναθεώρηση της ερμηνείας της και του φορμαλισμού της. Στόχος θα πρέπει να είναι η ανακάλυψη της πραγματικής πηγής της αδυναμίας μας να κατανοήσουμε την κβαντομηχανική και να οραματισθούμε τις φυσικές διεργασίες πίσω από την αλληλεπίδραση φωτός και ύλης.

3.1. Μοναδικό φωτόνιο

Στην κβαντική ηλεκτροδυναμική, το φωτόνιο εισάγεται ως μοναδιαία διέγερση ενός κβαντισμένου τρόπου ενός πεδίου και συχνά ο τρόπος ταυτίζεται με επίπεδα κύματα (κυματική εικόνα), τα οποία κατέχουν ακριβώς καθορισμένη ενέργεια, ορμή και πόλωση. Όμως μια τέτοια ταύτιση, με βάση τις σχέσεις απροσδιοριστίας, συνεπάγεται πλήρη ασάφεια ως προς το χώρο και χρόνο. Αυτό δημιουργεί την πρώτη δυσκολία ως προς τι είναι το φωτόνιο. Αν είναι σωματίδιο, τότε κατά ποία έννοια κατέχει μια καθορισμένη θέση; Το πρόβλημα γίνεται ακόμη σοβαρότερο αν λάβει κανείς υπόψη του, ότι σε αντίθεση με άλλα παρατηρήσιμα μεγέθη στην κβαντομηχανική, δεν υπάρχει ερμιτιανός τελεστής (έχει πραγματικές ιδιοτιμές) ο οποίος να αντιστοιχείται άμεσα στη θέση για τα φωτόνια. Έτσι, ενώ μπορούμε να θεμελιώσουμε μια καλά ορισμένη κβαντομηχανική θεωρηση για τη θέση των ηλεκτρονίων, πρωτονίων και παρόμοιων σωματιδίων, απουσιάζει μια αντίστοιχη θεμελίωση για σωματίδια με ακέραιο σπιν. Συνεπώς η χωροχρονική θεώρηση για τα φωτόνια απαιτεί εξαιρε-

³ Ο όρος φωτόνιο εισήχθη το 1926 από τον χημικό Gilbert Lewis.

⁴ Να μην συγχέεται με την "τηλεμεταφορά" προσώπων (ύλης) στο *Galactica*.

⁵ Το θεώρημα του μη-κλωνισμού (no-cloning theorem) λέει ότι δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθεί ένα πιστό αντίγραφο σε μια αυθαίρετα άγνωστη κβαντική κατάσταση. Το κλασικό ανάλογο είναι: Αν γνωρίζουμε μόνο το αποτέλεσμα ενός εντελώς τυχαίου γεγονότος όπως η ρίψη ενός κέρματος, δεν μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μια επανάληψή του.

τική προσοχή⁶. Έχουμε συνηθίσει να ταυτοποιούμε ένα αντικείμενο με ένα μοναδικό σετ παραμέτρων, π.χ. μάζα, μέγεθος, μορφή, ενέργεια, ορμή κλπ. Κάθε μία από αυτές κατέχει μια καλά καθορισμένη τιμή. Σε αντίθεση το ένα και μοναδικό φωτόνιο μπορεί, κατά μία έννοια, να λάβει τιμές ενέργειας και πόλωσης σε πολλαπλές διευθύνσεις. Δηλαδή η χωρική συμβολή ενός μοναδικού φωτονίου (κβαντικά διακριτήματα) απαιτεί επαλληλία κβαντικών περιγραφών ενός μοναδικού φωτονίου. Έτσι το μοναδικό φωτόνιο δεν θα πρέπει να θεωρηθεί απλά ως ένα απλό επίπεδο κύμα μονοσήμαντα καθορισμένης διεύθυνσης, συχνότητας και πόλωσης. Μια τέτοια θεώρηση είναι σπάνια και αποτελεί ειδική περίπτωση. Αντίθετα η συνήθης περίπτωση είναι η θεώρηση του μοναδικού φωτονίου ως επαλληλία καταστάσεων. Βέβαια κατά την ανίχνευση το φως εμφανίζεται ως διακριτό και με καλά καθορισμένες ιδιότητες. Στο μεταβατικό στάδιο όμως τα πράγματα είναι εντελώς διαφορετικά.

Τελικά το ζήτημα "το που βρίσκεται" το φωτόνιο μας θυμίζει το ερώτημα **"από ποια οπή διέρχεται το φωτόνιο;"** στο πείραμα των δύο οπών του Young. Η καταλληλότερη απάντηση δόθηκε από τον R. Feynman. "Κανείς δεν ξέρει και το καλύτερο που έχουμε να κάνουμε είναι πάψουμε να το σκεφτόμαστε". Από την άλλη πλευρά αν θεωρήσουμε το φωτόνιο

ως μια μοναδική κβαντική διεγερση στον αντίστοιχο κανονικό τρόπο, τότε πολλά από τα μυστήρια απομακρύνονται.

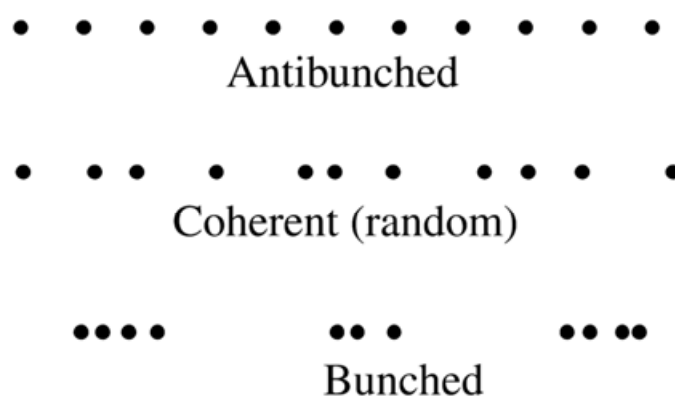
3.2. Πολλά φωτόνια

Η θεώρηση περισσότερων φωτονίων αυξάνει τις εννοιολογικές δυσκολίες ακόμη περισσότερο, καθόσον αυτά υπακούουν στη στατιστική Bose-Einstein, η οποία επιτρέπει την κατάληψη της ίδιας θέσης από σωματίδια με τις ίδιες παραμέτρους ενέργειας, ορμής, πόλωσης. Η θέση και ο χρόνος δεν αποτελούν εργαλεία για την θεωρητική διακρίσιμότητα των φωτονίων ως στοιχειώδη σωματίδια. Η στατιστική Bose κατατροπώνει την άποψή μας για μεμονωμένα ανεξάρτητα φωτόνια και χειρίζεται αυτά μάλλον ως συσσωματώματα με καθορισμένες ιδιότητες συμμετρίας (χώρος Fock). Σε αυτόν το χώρο προσδιορίζουμε μόνο τον αριθμό των σωματιδίων. Οι επιμέρους παράμετροι των επιμέρους ανεξάρτητων σωματιδίων δεν εμφανίζονται.

Μια άλλη πλευρά της στατιστικής που περιγράφει το φως είναι οι στατιστικές ιδιότητες των φωτονίων που προσπίπτουν πάνω σε έναν ανιχνευτή για διάφορες φωτεινές πηγές.

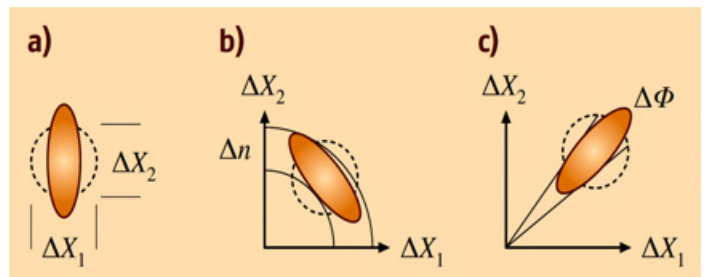
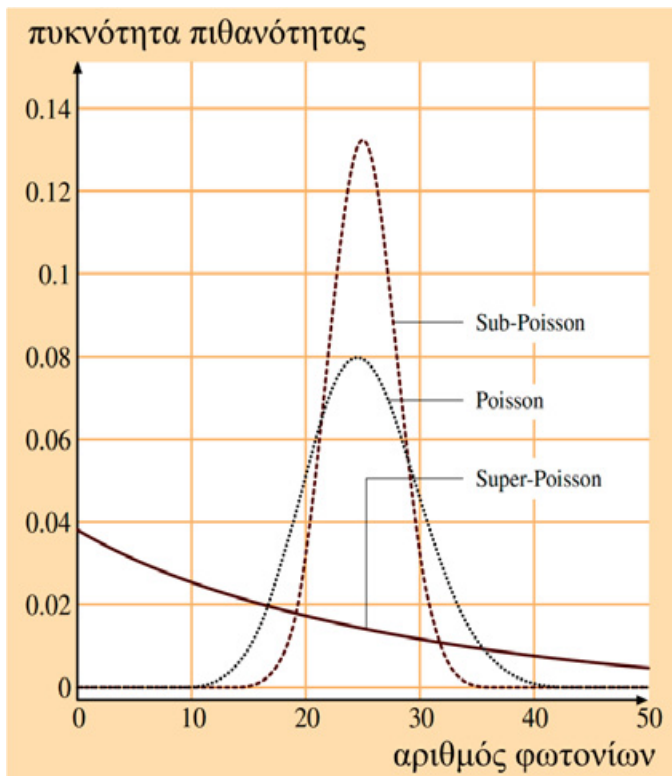
Οι **στατιστικές ιδιότητες του φωτός** είναι εξαιρετικά χρήσιμες τόσο για την κατανόηση της φύσης του όσο και για τις διάφορες εφαρμογές του. Έτσι για παράδειγμα τα φωτόνια μιας θερμικής πηγής εμφανίζουν το φαινόμενο των "σβώλων", δηλ. ανιχνεύονται "καθ' ομάδες" (bunching), μιας πηγής Laser έχουν σχεδόν σταθερή μέση τιμή και αυτά μιας πηγής με υπο-Poisson κατανομή εμφανίζουν σαφώς μικρότερη διασπορά, λόγω του ότι τα φωτόνια "αποφεύγουν" το ένα το άλλο (anti-bunching). Μια απλουστευμένη παράσταση για το πώς θεωρούμε τη ροή φωτονίων για τα τρία αυτά είδη φωτός δίδεται στο Σχήμα 1.

Ενώ στην κλασσική φυσική τα μεγέθη φάση και πλάτος είναι ανεξάρτητες μεταβλητές, στην κβαντική ηλεκτροδυναμική συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις απροσδιοριστίας που ισχύουν για τους αντίστοιχους τελεστές που εκφράζουν τα εν λόγω μεγέθη. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι να μπορούμε να μειώσουμε την απροσδιοριστία (διασπορά) του μέσου αριθμού φωτονίων σε βάρος της φάσης. Αυτό παριστάνεται στο άνω δεξιό μέρος του Σχήματος 2. Προφανώς σε



Σχήμα 1: Σύγκριση ροών φωτονίων για τα τρία είδη στατιστικών για τον ίδιο συνολικό αριθμό φωτονίων. Οι κύκλοι δεν αντιστοιχούν στη θέση των φωτονίων, αλλά αναπαριστούν κβαντικά γεγονότα.

⁶ Στη χωρική θεώρηση ο χωρικός εντοπισμός ενός φωτονίου μέσω ενός φωτοανιχνευτή καθιστά δυνατό τον ορισμό μιας "κυματοσυνάρτησης" για το χωρικό εντοπισμό του φωτονίου κατ' αναλογία με την κυματοσυνάρτηση ενός σωματιδίου με μάζα.



Σχήμα 2:

Αριστερά:

Κατανομή πυκνότητας πιθανότητας ως συνάρτηση του μέσου αριθμού φωτονίων για χαοτική πηγή (υπέρ-Poisson), σύμφωνη πηγή-Laser (Poisson) και υπο-Poisson πηγή (μη-κλασσική). Όλες οι πηγές έχουν τον ίδιο μέσο αριθμό φωτονίων 25.

Επάνω:

Επιμέρους ορθογώνιες συνιστώσες "συμπεσμένων" καταστάσεων α) στο κενό β) ως προς τον αριθμό των φωτονίων, γ) ως προς τη φάση.

Οι στικτές περιφέρειες αναπαριστούν σύμφωνες καταστάσεις ίσης αβεβαιότητας.

μια τέτοια κατάσταση, το μέσο κλασσικό πλάτος είναι μηδενικό όχι όμως και ο αριθμός των φωτονίων και φάσης!! (υπάρχουν απροσδιοριστίες γιατί οι ορθογώνιες συνιστώσες, quadratures, X_1 και X_2 , εμπεριέχουν και το πλάτος και τη φάση του πεδίου).

Από το στατιστική Bose-Einstein συνάγεται ότι η διακύμανση είναι

$$\sigma_n^2 = \bar{n} + \bar{n}^2 > \bar{n}$$

και άρα ο λόγος σήματος προς θόρυβο

$$S/N = \bar{n} / \sigma = \bar{n} / \sqrt{\bar{n} + \bar{n}^2} < 1.$$

Συνεπώς, το φυσικό φως (θερμικό, χαοτικό) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την διάδοση πληροφοριών. Σε αντίθεση το σύμφωνο, μη-κλασσικό, φως από πηγή Laser, αποτελεί πολύ καλό μέσο αφού εδώ $S/N > 1$ και

$$\bar{n} / \sigma = 1, > 1$$

αντίστοιχα. Επίσης τη μειωμένη απροσδιοριστία σε μια συνιστώσα θα μπορούσαμε να την εκμεταλλευτούμε αν αυξήσουμε σημαντικά τη διακριτική ικανό-

τητα οπτικών οργάνων. Το **μη-κλασσικό φως** μπορεί να παραχθεί με μια σειρά από μεθόδους, όπως φωταύγεια από μεμονωμένο άτομο παγιδευμένο σε μια ηλεκτρομαγνητική παγίδα, κβαντικές τελείες ημιαγωγών ή γενικά από κβαντικές κοιλότητες συντονισμού. Ωστόσο, η μετάπτωση από κλασσικό σε μη-κλασσικό φως έχει ήδη τεκμηριωθεί πειραματικά. Να σημειώσουμε τέλος, ότι φώτα με διαφορετική στατιστική είναι διαφορετικά. Το **θερμικό φως**, όσο και αν το κάνουμε με χρήση φίλτρων μονοχρωματικό, διαφέρει από το φως Laser ίδιου χρώματος. Το θερμικό φως συμβάλλει μόνο σε πρώτη τάξη (συμβολή εντάσεων ηλεκτρικού πεδίου), ενώ τα υπόλοιπα

σε ανώτερη τάξη (συμβολή εντάσεων).

Τελικά το ερώτημα "**τι είναι φως**" θα εξακολουθήσει να απασχολεί τους φυσικούς για μεγάλο χρονικό διάστημα και πιθανότατα θα τους οδηγήσει στην αναθεώρηση της ερμηνείας του και του φορμαλισμού πολλών παγιωμένων θεωριών και αντιλήψεων για τον κόσμο μας και πιθανότατα θα αποτελέσει τη βάση πολλών καινοτόμων εφαρμογών στην καθημερινή μας ζωή.





Ο Isaac Newton υπό το φως της εξωτερικιστικής προσέγγισης της ιστορίας των επιστημών



**Παναγιώτης
Κάβουρας**
Διδάκτορας
Τμ. Φυσικής

1. Εισαγωγή

Η σπουδαιότητα της ιστορίας της επιστήμης οφείλεται στο ότι προσφέρει στο σύγχρονο άνθρωπο, επιστήμονα ή μη, την ορθή οπτική γωνία των διαδρομών της επιστημονικής προόδου, εφαρμοσμένης και θεωρητικής. Εφόσον η ιστορία των επιστημών αξιώνει να ονομάζεται επιστήμη δεν μπορεί να αρχίζει και να τελειώνει με την απλή απαρίθμηση των μεγάλων ή μικρών αλμάτων της επιστημονικής προόδου, καταγράφοντας απλώς τη σωστή χρονική αλληλουχία εμφάνισής τους. Οφείλει να ερμηνεύει τη διαδικασία αυτής της προόδου. Οφείλει, δηλαδή, να ανακαλύπτει τις κινητήριες δυνάμεις που πυροδοτούν όχι μόνο τις λαμπρές επιστημονικές επιτυχίες, αλλά και τα σφάλματα, τις παλινωδίες, ακόμα και τις τραγωδίες της. Με αυτό τον τρόπο κατακτάται η προαναφερθείσα “ορθή οπτική γωνία” παρακολούθησης της πορείας της επιστημονικής προόδου.

Δύο είναι οι βασικές ερμηνευτικές προσεγγίσεις της ιστορίας των επιστημών. Η εσωτερικιστική και η εξωτερικιστική, οι οποίες αποτελούν αντανakλάσεις των δύο θεμελιωδών ρευμάτων της φιλοσοφίας: του ιδεαλισμού και του υλισμού, αντι-

στοίχως. Η εσωτερικιστική ερμηνεία θεωρεί ως κινητήρια δύναμη της διαδικασίας εξέλιξης της επιστήμης τις προϋπάρχουσες επιστημονικές ιδέες και θεωρίες, μέσα από τις οποίες βλασταίνει η ατομική πνευματική παρόρμηση της μεγαλοφυΐας. Συνδέει, με άλλα λόγια, την επιστημονική πρόοδο της ανθρωπότητας με αποκλειστικά πνευματικά κίνητρα. Από την άλλη, η εξωτερικιστική ερμηνεία θεωρεί ως κύρια κινητήρια δύναμη της διαδικασίας εξέλιξης της επιστήμης τα οικονομικά και κοινωνικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε εποχής.¹ Αυτά ακριβώς τα χαρακτηριστικά είναι που θέτουν τις τεχνολογικές προκλήσεις, των οποίων η θεωρητική πραγμάτευση τίθεται ως καθήκον στους επιστήμονες κάθε εποχής. Με βάση την εξωτερικιστική ερμηνεία η μεγαλοφυΐα συνεχίζει να παίζει σημαντικό ρόλο, αλλά η δράση της είναι αυτή του καταλύτη, που αποφασίζει το “πότε ακριβώς” και όχι το “αν” ενός άλματος στην επιστήμη.

Συνοψίζοντας, η εσωτερικιστική προσέγγιση ξεκόβει την επιστημονική πρόοδο από το κοινωνικό γίνεσθαι, συναρτώντας την από την έμπνευση της μεγαλοφυΐας. Η εξωτερικιστική, αντιθέτως, θεωρεί την επιστημονική πρόοδο ως ένα από τα συστατικά στοιχεία του κοινωνικού γίνεσθαι, από το ο-

ποίο πρωτίστως επηρεάζεται αλλά και επηρεάζει.

2. Οι νέες τεχνικές ανάγκες της εποχής του Newton

Μετά τη σύντομη και ελπίζουμε όχι σκοτεινή εισαγωγή, θα θέσουμε το σκοπό του παρόντος άρθρου. Σκοπεύουμε να εφαρμόσουμε την εξωτερικιστική ερμηνευτική προσέγγιση στο έργο του Newton. Δηλαδή, να εξηγήσουμε γιατί η Μηχανική περιγράφηκε με έναν ολοκληρωμένο τρόπο υψηλής μαθηματικής αφαίρεσης και γιατί εκείνη τη συγκεκριμένη εποχή (τέλη του 17ου αιώνα). Ο οξυδερκής αναγνώστης θα αναγνωρίσει ότι τα δύο παραπάνω ερωτήματα αποτελούν στην πραγματικότητα ένα και το αυτό. Ότι η ανάγκη συνολικής περιγραφής της Μηχανικής προέκυψε νομοτελειακά από τις συνθήκες εκείνης της εποχής και δεν συνέπεσε τυχαία.

Για να καταφέρουμε να απαντήσουμε στα παραπάνω ερωτήματα, θα πρέπει να περιγράψουμε την εποχή στην οποία έζησε και δημιούργησε ο Newton. Πιο συγκεκριμένα, θα αναφερθούμε στις ανερχόμενες δυνάμεις παραγωγής (σε αυτή την ενότητα) και στις κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες του δεύτερου μισού του 17ου αιώνα (στην επόμενη ενότητα).

Εκείνη η εποχή χαρακτηριζόταν από τη βαθμιαία αποδό-

¹ Μια πιο ακριβής διατύπωση θα ήταν ότι η εξωτερικιστική ερμηνεία θεωρεί ως βασική κινητήρια δύναμη της διαδικασίας εξέλιξης της επιστήμης το σημείο ανάπτυξης των δυνάμεων παραγωγής και την αντιστοίχισή τους ή μη, σε μια δεδομένη ιστορική στιγμή, με τις επικρατούσες σχέσεις παραγωγής και ανταλλαγής. Μια τέτοια κινητήρια δύναμη, βεβαίως, δεν αφορά μόνο στην επιστημονική πρόοδο, αλλά συνολικά σε ολόκληρη την οικονομική, κοινωνική και πολιτιστική πρόοδο της ανθρωπότητας.

μηση του φεουδαρχικού κοινωνικο-οικονομικού συστήματος, υπό την πίεση των ανερχόμενων δυνάμεων παραγωγής: του εμπορίου μεγάλης κλίμακας και της βιομηχανίας,² με πρωτοπόρο τμήμα της την εξόρυξη. Το εμπόριο μεγάλης κλίμακας προέκυψε ως αναγκαιότητα, λόγω του χωρισμού της παραγωγής από την ανταλλαγή. Δημιούργησε, όπως ήταν φυσικό, ανάγκες για καλύτερες οδούς και μέσα μεταφοράς. Απαιτούνταν πια καλύτεροι χειρσαίοι δρόμοι και γέφυρες, βελτιωμένα χειρσαία και θαλάσσια μέσα μεταφοράς, ανάπτυξη της ναυσιπλοΐας και της χαρτογράφησης, μεγαλύτερα λιμάνια κ.λπ. Η βιομηχανία προέκυψε από την ανάγκη διόγκωσης του όγκου παραγωγής προϊόντων, με ιδιαίτερη σπουδαιότητα αυτών που σχετιζόνταν με τον πόλεμο, κάτι στο οποίο η ατομική παραγωγή και η ανταλλακτική οικονομία αδυνατούσε να ανταπεξέλθει. Η δημιουργία της βιομηχανίας συγκέντρωσε μεγάλο αριθμό παραγωγών που εργάζονταν με βάση την αρχή του καταμερισμού της εργασίας, εξαφανίζοντας σταδιακά το μεσαιωνικό συντεχνιακό σύστημα οργάνωσης της παραγωγής. Η εξορυκτική βιομηχανία απαιτούσε νέες μεθόδους εξόρυξης από μεγάλα βάθη, αερισμού των ορυχείων, άντλησης υπόγειων υδάτων, επεξεργασίας των μεταλλευμάτων.

Μιας και παραπάνω αναφέρθηκαν προϊόντα σχετιζόμενα με τον πόλεμο, δεν πρέπει να παραλειφθούν και τα τεχνολογικά προβλήματα που εγείρονταν από την ολοένα και ευ-

ρύτερη χρήση του πυροβολικού από τους στρατούς των οικονομικά ισχυρών κρατών. Προβλήματα που σχετίζονται με την ποσότητα του εμπορεύματος, τη μείωση του βάρους του κανονιού, τη βελτίωση του συστήματος σκόπευσης (εσωτερική βαλλιστική), καθώς και προβλήματα που σχετίζονται με την τροχιά του βλήματος στο κενό, την επίδραση της αντίστασης του αέρα, την απόκλιση της τροχιάς ενός βλήματος (εξωτερική βαλλιστική).

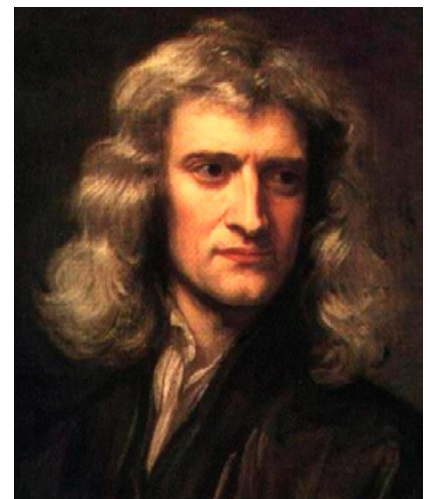
Τα παραπάνω τεχνολογικά προβλήματα απαιτούσαν την επίλυση πληθώρας προβλημάτων φυσικής. Πιο συγκεκριμένα:

• **Εμπόριο:** Ανάπτυξη της στατικής για κατασκευή νέων δρόμων και γεφυρών, ανάπτυξη της υδροστατικής για αύξηση του εκτοπίσματος των καραβιών, ανάπτυξη της υδροδυναμικής για βελτίωση της πλεύσης, ανάπτυξη της οπτικής για κατασκευή οργάνων παρατήρησης των άστρων για τις ανάγκες της ναυσιπλοΐας (πλοήγηση σε ανοικτή θάλασσα), ανάπτυξη της ουράνιας μηχανικής για πρόβλεψη του ακριβούς χρόνου των παλιωριών που επηρεάζονται από την κίνηση της Σελήνης, ανάπτυξη της μηχανικής για τις απαιτήσεις ακριβούς χρονομέτρησης που γίνονταν με εκκρεμή, πάλι για τις απαιτήσεις της ναυσιπλοΐας.

• **Εξορυκτική βιομηχανία:** Ανάπτυξη της δυναμικής για ορθή χρήση βαρούλκων και τροχαλιών, ανάπτυξη της αεροστατικής για τη μελέτη ρευμάτων αέρα που θα χρησίμευαν στον εξαερισμό των υπόγειων στοών, ανάπτυξη της υδροστατικής για τη μελέτη άντλησης νερού και κατασκευής εμβολοφόρου αντλίας.

• **Πυροβολικό:** Ανάπτυξη της δυναμικής για επίλυση προβλημάτων ανάκρουσης του κανονιού, ανάπτυξη της κινητικής και του νόμου της ελεύθερης πτώσης για τις ανάγκες πρόβλεψης της απόστασης και της θέσης που θα φτάσει το βλήμα (πλάγια βολή), ανάπτυξη της δυναμικής για πρόβλεψη του μεγέθους αντίστασης του αέρα σε σχέση με την ταχύτητα του βλήματος, μελέτη των αδρανειακών δυνάμεων για προσδιορισμό απόκλισης της τροχιάς ενός βλήματος.

Ο σύγχρονος άνθρωπος που έχει διδαχτεί τη Μηχανική του Newton, ακόμα και σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, και έχει την “ύστερη γνώση”, θα πρέπει να αναγνωρίζει ότι τα περισσότερα από τα παραπάνω προβλήματα φυσικής έχουν επιλυθεί από το επιστημονικό έργο του. Στο κεφαλαίο *δ ο υ ς σ η μ α σ ί α ς έ ρ γ ο* “Μαθηματικές Αρχές της Φυσικής Φιλοσοφίας” (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*), που αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα του ανθρώπινου νου, πετυχαίνει να περιγράψει, χρησιμοποιώντας αυστηρό μαθηματικό φορμαλισμό, τις θεμελιώδεις αρχές: κίνησης στερεών σωμάτων υπό την επίδραση κεντρι-



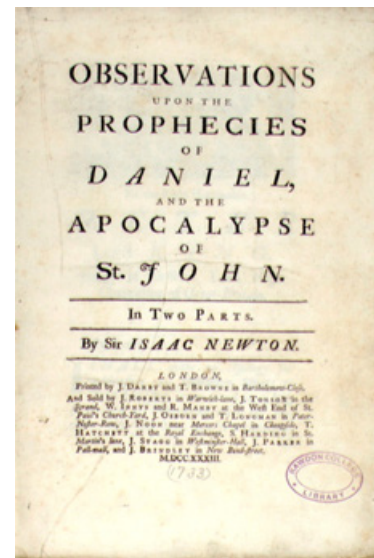
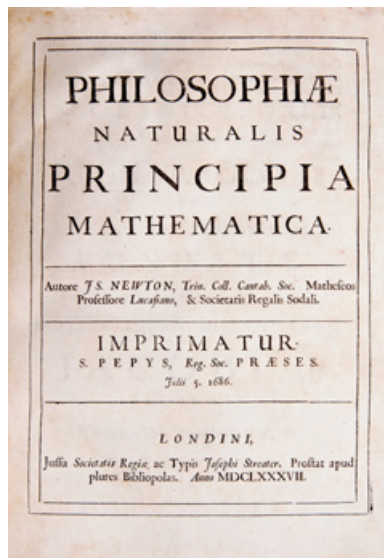
Πορταίτο του Newton, στα 1689.

² Η βιομηχανία στην οποία αναφερόμαστε, αποτελεί τον πρόγονο εκείνης της βιομηχανικής επανάστασης, η οποία τοποθετείται την τελευταία εικοσαετία του 18ου αιώνα για τη Μεγάλη Βρετανία.

κών δυνάμεων, κίνησης σωμάτων σε μέσα που παρουσιάζουν αντίσταση, υδροστατικής, πίεσης και συμπύκνωσης των αερίων, κίνησης του εκκρεμούς (με και χωρίς αντίσταση), κίνησης ρευστών. Τέλος, στο λεγόμενο “Σύστημα του Κόσμου” - τελευταίο μέρος των *Principia*, πραγματεύεται τις κινήσεις των πλανητών, την κίνηση της Σελήνης και τις ανωμαλίες της, τη μελέτη των παλιρροιών και τις μεταβολές της απόκλισης των χρονομέτρων στα θαλάσσια ταξίδια.³

Αυτό όμως το λαμπρό επίτευγμα προέκυψε ως “χείρα βοηθείας” στα φλέγοντα προβλήματα που αντιμετώπιζε η τεχνική που απαιτούνταν από τις ανερχόμενες δυνάμεις παραγωγής. Υπήρξε, με άλλα λόγια, το αποτέλεσμα τους και όχι η αιτία τους. Δε χωρά αμφιβολία ότι τα *Principia* με τη σειρά τους βοήθησαν στην επίλυση μελλοντικών τεχνικών προβλημάτων, που δεν είχαν εμφανιστεί στο δεύτερο μισό του 17ου αιώνα. Δε χωρά επίσης αμφιβολία ότι έδωσε νέα ώθηση στις επιστήμες χαρίζοντας τους ένα απαραίτητο μεθοδολογικό εργαλείο, τον απειροστικό λογισμό.⁴

Αυτά όμως δεν πρέπει να συσκοτίζουν τη πρωταρχική θέση που έχουν, σε κάθε εποχή, οι νέες τεχνικές ανάγκες. Ανάλογο ρόλο είχε η εμφάνιση της θερμοδυναμικής με τις πρωτόπορες εργασίες του N. L. S. Carnot⁵ ή η εμφάνιση του ηλεκτρομαγνητισμού με τη σύνθεση των ηλεκτρικών, μαγνητικών



Εσώφυλλα από δύο έργα του Newton. Αριστερά φαίνεται το περίφημο Principia, ενώ δεξιά φαίνεται ένα θεολογικό έργο με τίτλο: “Παρατηρήσεις επάνω στις προφητείες του Δανιήλ και τις αποκαλύψεις του Αγίου Ιωάννη”.

και οπτικών φαινομένων σε μία θεωρία από τον J. C. Maxwell.⁶ Έτσι συντελείται η επιστημονική πρόοδος. Πρακτική και θεωρία, τεχνολογία και επιστήμη είναι διαλεκτικά συζευγμένες. Η τεχνολογία αποτελεί έμπνευση για την επιστήμη και η επιστήμη το ανταποδίδει διευρύνοντας ακόμα περισσότερο τους ορίζοντες της τεχνολογίας.

3. Η εποχή του Newton

Η παραπάνω ενότητα κρύβει έναν κίνδυνο. Να νομίσει κανείς ότι το έργο του Newton εμπνεύστηκε και επηρεάστηκε αποκλειστικά από τις ανάγκες των δυνάμεων παραγωγής. Υπάρχουν όμως και άλλοι παράγοντες οι οποίοι άφησαν τη σφραγίδα τους στο έργο του Newton. Πριν τους μελετήσουμε, θα ήταν χρήσιμο να αναφέρουμε ότι ο Newton δεν αφιέρω-

σε τη δημιουργικότητά του μόνο στις έρευνες επάνω στη μηχανική. Ο Newton έκανε εκτεταμένες μελέτες επάνω στην αλχημεία και τη θεολογία, υπήρξε κοινοβουλευτικός εκπρόσωπος του Cambridge, καθώς και υπεύθυνος του βασιλικού νομισματοκοπείου. Το τελευταίο, μάλιστα, του χάρισε μεγαλύτερη φήμη στον καιρό του σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες δραστηριότητές του.

Σε όλες αυτές τις ενασχολήσεις του διακρίνουμε την επίδραση της εποχής του Newton. Πιο συγκεκριμένα, διακρίνουμε τις επιδράσεις της οικονομικής και πολιτικής διαπάλης του δεύτερου μισού του 17ου αιώνα. Βεβαίως η οικονομική και πολιτική διαπάλη αποτελεί την ηχώ εκείνης που γίνεται στη βάση της κοινωνίας. Δηλαδή, αποτελεί αντανάκλαση της προσπάθειας των νέων δυνάμεων παραγωγής (βλέπε εμπόριο και βιομηχανία) να μεταβάλλουν το φεουδαρχικό οικονομικό σύστημα σε ένα άλλο που θα τις ωφελεί περισσότερο. Ο Newton ανήκε στην ανερχόμενη αστική τάξη, στο σύνολο δηλαδή εκείνων που ασχολούνταν με το

³ Ο σκεπτικιστής μπορεί να υποθέσει ότι ο Newton ενδεχομένως να μη γνώριζε τις ανάγκες της τεχνικής της εποχής του. Υπάρχουν όμως συγκεκριμένες αποδείξεις για το αντίθετο. Στην αλληλογραφία του που σώζεται αποδεικνύεται η βαθιά γνώση των τεχνικών προβλημάτων που είχε ο μεγάλος επιστήμονας.

⁴ Στα *Principia* ο Newton χρησιμοποίησε ως αποδεικτική μέθοδο την Ευκλείδεια Γεωμετρία. Ο λόγος ήταν ότι η χρήση της του ήταν ουσιαστικά επιβεβλημένη, διότι θα βοηθούσε στην αποδοχή του έργου του.

⁵ Ο οποίος ήταν αξιωματικός στο σώμα μηχανικού του γαλλικού στρατού.

⁶ Ο οποίος τόνιζε την τεράστια επίδραση που είχε στο έργο του ο μεγάλος πειραματικός M. Faraday. Αξίζει να αναφερθεί ότι ο Faraday δεν είχε σπουδάσει.

εμπόριο και τη βιομηχανία. Όχι με την έννοια ότι ήταν κάτοχος μέσων λειτουργίας του εμπορίου ή της βιομηχανίας, αλλά με την έννοια ότι ασπαζόταν τις ιδέες της. Και ακριβώς οι ιδέες της ανερχόμενης αστικής τάξης αποτελούσαν την αντανάκλαση στο ιδεολογικό πεδίο της προαναφερθείσας διαπάλης μεταξύ φεουδαρχικών και πρωτο-καπιταλιστικών σχέσεων παραγωγής. Ο Newton ανήκε στη διάνοηση της ανερχόμενης αστικής τάξης. Κοντολογίς, στο σημείο αυτό έχουμε ξανά τις επιδράσεις των νέων δυνάμεων παραγωγής, όμως τώρα οι μορφές τους είναι πιο συγκαλυμμένες, αποκτούν μανδύες και προσωπεία που μπορεί να παραπλανήσουν.

Ας πάρουμε όμως τα πράγματα με τη σειρά, διότι η συζήτηση στο σημείο αυτό δεν είναι τόσο απλή όσο στην προηγούμενη ενότητα. Οι μελέτες του Newton στην αλχημεία σχετίζονταν με τη μελέτη μεταστοιχείωσης διάφορων μετάλλων σε χαλκό, ασήμι και χρυσό, με χημικές μεθόδους. Σήμερα μπορεί να γνωρίζουμε ότι μια τέτοια προσπάθεια ήταν προγραμμαμένη να αποτύχει, όμως τότε αποτελούσε έρευνα σε δύο εξαιρετικά κρίσιμα θέματα. Ο χαλκός αποτελούσε ένα από τα συστατικά του κράματος με το οποίο φτιάχνονταν τα κανόνια (μπρούτζος). Το ασήμι και ο χρυσός αποτελούσαν τα μέσα ανταλλαγής, που αντιπροσωπευόταν από το χρήμα. Προφανώς, οι ολοένα διογκούμενοι στρατοί και το ολοένα διογκούμενο εμπόριο απαιτούσαν ολοένα μεγαλύτερες ποσότητες κανονιών και χρήματος, αντιστοίχως, συνεπώς μεγαλύτερες ποσότητες των παραπάνω μετάλλων.

Η ενασχόληση του Newton με τη θεολογία, ο ίδιος άλλωστε

ήταν βαθιά θρησκευόμενος άνθρωπος, μπορεί να φαντάζει αντιφατική. Με την έννοια ότι ο πατέρας της αιτιοκρατίας, του πυλώνα ευρωπαϊκού ορθολογισμού, δε θα μπορούσε να πιστεύει σε κάτι το ανορθολογικό. Η άποψη αυτή παραβλέπει τις συνθήκες της εποχής που επηρέασαν τη σκέψη του μεγάλου επιστήμονα. Ο Newton ακολούθησε στα θρησκευτικά πιστεύω του τον Προτεσταντισμό, ο οποίος ήταν παιδί της Μεταρρύθμισης. Δηλαδή, του οχήματος που χρησιμοποίησε η ανερχόμενη αστική τάξη στη διαπάλη της με το Ρωμαιοκαθολικισμό,⁸ ο οποίος αποτελούσε την ιδεολογική πεμπτουσία της φεουδαρχίας που ηγεμόνευε στη φιλοσοφία και την επιστήμη. Σε όλη την Ευρώπη, αλλά με πολύ πιο έντονα χαρακτηριστικά στην Αγγλία, η ιδεολογική αυτή διαπάλη καλυπτόταν κάτω από το μανδύα της θρησκευτικής διαπάλης. Οι λόγοι που συνέβη αυτό υπερβαίνουν το σκοπό του παρόντος άρθρου, σχετίζονται όμως με τον τρόπο με τον οποίο κατέπεσε η παλαιά τάξη των φεουδαρχών στην Αγγλία.⁹

Ως Προτεστάντης ο Newton ήταν φορέας της προοδευτικής ιδεολογίας της νέας αστικής τάξης, χωρίς όμως να μπορεί να απαλλαγεί από τη θεοκρατική αντίληψη της φύσης. Δεχόταν, με άλλα λόγια την τελεολογία του Χριστιανισμού, που όπως κάθε θρησκεία θεωρεί ότι τα όντα και τα πράγματα είναι προκαθορισμένα να εκπληρώσουν ένα σκοπό, που έχει σχεδιαστεί από ένα ον που υπερβαίνει τη φύση, που βρίσκεται επέκεινα της πραγματι-

κότητας. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, τα Principia δεν ήταν προορισμένα από το δημιουργό τους “απλώς” να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν όλα τα θεμελιώδη προβλήματα της Μηχανικής, αλλά και να αποτελέσουν μία ολοκληρωμένη φιλοσοφική πραγματεία για τον κόσμο. Για τις τέτοιες αξιώσεις των Principia ο Newton, εκ των πραγμάτων, κατέφυγε στον Προτεσταντισμό και στη θεϊκή παρέμβαση στα φυσικά φαινόμενα. Δηλαδή, στα ιδεολογικά πιστεύω της τάξης στην οποία ανήκε.

Είναι προφανές ότι αυτό είχε βαθιές συνέπειες στην επιστήμη που δημιούργησε ο Newton. Η αιτιοκρατία, το αξίωμα σύμφωνα με το οποίο για κάθε αποτέλεσμα θα πρέπει να αναζητείται η αιτία, μπορεί να είχε καθαρά υλιστικό περιεχόμενο σε ένα μέρος των Principia (βλέπε θεμελιώδη νόμο της Μηχανικής), σε άλλο μέρος τους όμως είχε ιδεαλιστικό περιεχόμενο. Πιο συγκεκριμένα, ο Newton μετά από τη διαδοχική αναζήτηση των αιτιών κίνησης της ύλης προς το απώτατο παρελθόν, πέφτει επάνω στην πρωταρχική κινούσα δύναμη που προέρχεται από το Θεό. Σαν ειδικότερο παράδειγμα: οι πλανήτες κατάφεραν να αγκιστρωθούν στις κλειστές τροχιές τους γύρω από τον ήλιο, χάριν της εφάπτομενικής συνιστώσας της ταχύτητας, που δόθηκε από το Θεό. Η ανάγκη για την αρχική κινούσα δύναμη προέρχεται από την αντίληψη ότι η κίνηση δεν αποτελεί εγγενή ιδιότητα της ύλης, δηλαδή ότι η ύλη μπορεί κάλλιστα να είναι εντελώς

⁸ Σημειώνεται ότι η Ρωμαιοκαθολική Εκκλησία ήταν ο ιδιοκτήτης του ενός τρίτου της συνολικής γης των καθολικών χωρών.

⁹ Βλέπε: “Πόλεμος των δύο Ρόδων”, όπου οι ισχυρότεροι φεουδαρχικοί οίκοι, αυτοί των York και των Lancaster, ουσιαστικά αλληλοεξοντώθηκαν στη διαμάχη τους για το θρόνο της Αγγλίας. Το όνομα του πολέμου προέρχεται από το γεγονός ότι τα εμβλήματα των παραπάνω οίκων ήταν το λευκό και το κόκκινο τριαντάφυλλο, αντιστοίχως.

αδρανής. Έτσι, προκύπτει αναγκαστικά το αξίωμα ότι η κίνηση χρειάζεται να πυροδοτηθεί από τη βούληση του Θεού.

Μία ακόμα αντίληψη που επικρατούσε στην επιστήμη της εποχής του Newton ήταν ότι η μόνη μορφή κίνησης (μεταβολής της κατάστασης) της ύλης είναι η μεταφορική κίνηση. Με άλλα λόγια η κίνηση (ή η μεταβολή) που σχετίζεται με την αλλαγή της θέσης ενός σώματος. Αυτό ήταν μια ακόμα εσφαλμένη άποψη, που όμως αποτελούσε αντανάκλαση του σημείου ανάπτυξης των δυνάμεων παραγωγής. Οι θερμικές μεταβολές ή η ενέργεια που σχετίζεται με αυτές, πολύ περισσότερο οι μεταβολές που σχετίζονται με κινήσεις ηλεκτρικών φορτίων ήταν ακόμα άγνωστες. Τα παραπάνω, άλλωστε, ήταν η αιτία που ο Newton δεν συμπεριέλαβε στα Principia κανενός είδους νόμο διατήρησης της ενέργειας. Η θεώρηση της μετατροπής της κινητικής ή της δυναμικής ενέργειας σε κάποια άλλη μορφή ενέργειας, απλώς δεν ήταν δυνατόν να υπάρξει εκείνη της εποχής.

Η μετατροπή της κινητικής σε θερμική ενέργεια, καθώς και η καταγραφή νόμων διατήρησης της ενέργειας ήταν καθήκον της επιστήμης των αμέσως επόμενων δεκαετιών. Ήταν παιδί του 18ου αιώνα και της ανάγκης για ερμηνεία και βελτιστοποίηση της ατμομηχανής. Σε αντικειμενικές συνθήκες, δηλαδή, που οι δυνάμεις παραγωγής ήδη είχαν κάνει το τεχνολογικό άλμα προς την ατμοκίνηση.

Προφανώς, με τα παραπάνω δεν μειώνεται το έργο του Newton. Αντιθέτως, ερμηνεύεται ότι οι αδυναμίες των Principia σχετίζονταν με κατεστημένες ιδέες, οι οποίες ήταν αντι-

κειμενικά αδύνατο να υπερβληθούν. Όσο τεράστια προσωπικότητα και αν ήταν ο Newton, όσο κολοσσιαίο και πρωτοπόρο και να ήταν το έργο του, δεν μπορούσε παρά να κινηθεί εντός του πλαισίου που καθοριζόταν από την ανάπτυξη των δυνάμεων παραγωγής της εποχής του, καθώς και των οικονομικών, φιλοσοφικών και πολιτικών χαρακτηριστικών της. Ο Newton, όπως και όλες οι εμβληματικές προσωπικότητες των επιστημών ήταν άνθρωποι και όχι υπερβατικά όντα που εμπνέονταν από κάποια θεία επιφοίτηση.

4. Επίλογος

Από τα παραπάνω θα πρέπει να έχει γίνει σαφές, ότι η εξωτερικιστική ερμηνευτική προσέγγιση της ιστορίας των επιστημών δεν επιθυμεί να μειώσει την αξία της μεγαλοφυΐας. Ούτε φυσικά και την αξία των υπάρχοντων επιστημονικών γνώσεων. Αυτό που επιτυγχάνει είναι να τα θέσει στη σωστή τους βάση, να τα δει από την «ορθή οπτική γωνία», για να επαναλάβουμε την έκφραση της εισαγωγής. Η εξωτερικιστική προσέγγιση δεν ερμηνεύει γιατί ο Newton ήταν μεγαλοφυΐς. Ερμηνεύει όμως γιατί μια μεγαλοφυΐα καταπιάστηκε με τα συγκεκριμένα προβλήματα.

Το ότι ο Newton δημιούργησε τα Principia συνδέεται με την εποχή του και τις ανάγκες της. Με το ότι η εμπειρική επίλυση μεμονωμένων τεχνικών προβλημάτων δεν αρκούσε πια. Οι νόμοι εξέλιξης της επιστήμης υπακούουν στους νόμους εξέλιξης των κοινωνιών. Υπακούουν, δηλαδή, στους νόμους που ερμηνεύουν τα ιστορικά φαινόμενα, σε ένα πολύ ευρύτερο ερμηνευτικό σχήμα, που μπορεί να φωτίσει την εξέλιξη τομέων της ανθρώπινης δημιουργίας, που εκτείνονται από τη φιλοσοφία και την κοινωνιολογία, τη νομική επιστήμη και τη γλωσσολογία, ως την πολιτική οικονομία και τις τέχνες. Αυτό το ερμηνευτικό σχήμα είναι ο Ιστορικός Υλισμός και ο Διαλεκτικός Υλισμός.

Σημείωση: Τα περισσότερα πραγματολογικά στοιχεία που αφορούν στα Principia, έχουν ληφθεί από το διάσημο κείμενο του Boris Hessen "The Social and Economic Roots of Newton's Principia", το οποίο παρουσιάστηκε στο Δεύτερο Διεθνές Συνέδριο Ιστορίας της Επιστήμης και της Τεχνολογίας "Science at the Crossroads", που έγινε το 1931 στο Λονδίνο. Το εν λόγω κείμενο θεωρείται ότι είχε τη μεγαλύτερη επίδραση από οποιοδήποτε άλλο στον τομέα της Ιστορίας της Επιστήμης [βλέπε π.χ. L.R. Graham, *Social Studies of Science* 15 (1985) 705-722].





**Νικόλαος
Χατζαράκης**
Φοιτητής
Τμ. Φυσικής

Η ύπαρξη ή μη των βαρυτικών κυμάτων αποτελεί σήμερα το κέντρο μίας από τις μεγαλύτερες και πιο μακροχρόνιες διαμάχες πάνω στην ορθότητα της Γενικής Θεωρίας Σχετικότητας. Η ανίχνευσή τους δε είναι ένα από τα κυριότερα ερευνητικά πεδία της σύγχρονης Αστρονομίας. Μέχρι τώρα, οι προσπάθειες, στηριζόμενες σε επίγεια συμβολόμετρα ακτινών laser ή φωτεινών σημάτων (όπως τα πειράματα VIRGO και LIGO), έχουν καταφέρει να αυξήσουν την τάξη ακρίβειας και να θέσουν νέα αυστηρότερα άνω όρια στην παραγωγή βαρυτικών κυμάτων από pulsars. Όμως, ακόμη δεν έχει επιτευχθεί η ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων, ενώ αυξάνονται οι φωνές που μιλούν για πολυπλοκότερα βαρυτικά κύματα από αυτά που πιστεύουμε πως υπάρχουν. Ταυτόχρονα, η κατασκευή μεγάλων διαστημικών ανιχνευτών, με στόχο την περαιτέρω αύξηση της ακρίβειας και την ανίχνευση των κυμάτων, είναι μία ιδέα ακόμη απροσέγγιστη – λόγω κατασκευαστικών παραγόντων. Ωστόσο, ερευνητές από την Καλιφόρνια ανέφεραν πρόσφατα, ότι υπάρχει ένας ακόμη τρόπος, εξίσου απλός αλλά φτηνότερος, για να ανιχνευτούν τα κύματα βαρύτητας...

Πρόβλεψη των Βαρυτικών Κυμάτων

Σύμφωνα με τη θεωρία βαρύτητας που πρότεινε ο Albert Einstein το 1916, ο χώρος και ο χρόνος –συνενωμένοι πλέον σε έναν τετραδιάστατο χωρόχρονο– καμπυλώνονται παρουσία μάζας. Η καμπύλωση αυτή είναι που προκαλεί την αίσθηση της βαρύτητας και την έλξη μεταξύ των μαζών. Μέσω αυτής της ερμηνείας, πολλά φαινόμενα, όπως η μεταβολές των περιηλίων των πλανητών ή η διαστολή του σύμπαντος, έχουν ερμηνευτεί. Ταυτόχρονα, όμως, έχουν γεννηθεί και πολλά ερωτηματικά.

Το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα των ερωτημάτων που δημιουργήθηκαν από τη μελέτη της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας είναι η ύπαρξη κυμάτων βαρύτητας. Πρόκειται για διακυμάνσεις του βαρυτικού πεδίου που προκαλούνται από ισχυρές βαρυτικές επιδράσεις ενός ή περισσότερων σωμάτων και διαδίδονται με πεπερασμένη ταχύτητα στο σύμπαν. Η ύπαρξή των διακυμάνσεων αυτών και της πεπερασμένης ταχύτητας διάδοσής τους είναι λογικές απόρροιες της διάδοσης πληροφοριών για τη δομή ενός πεδίου δυνάμεων σε κάποια θέση στο χώρο και το χρόνο, όπως προκύπτει από τις σχετικιστικές θεωρίες. Τα κύματα αυτά φαίνονται ανάλογα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στη θεωρία του Maxwell, όπου μία διαταραχή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου διαδίδεται με τη μορφή κύματος. Όμως, τα δύο αυτά κύματα έχουν μία βασική διαφορά: τα ηλεκτρομαγνητικά

κύματα διαδίδονται στο χωρόχρονο ενώ τα βαρυτικά είναι καμπυλώσεις του ίδιου του χωροχρόνου, καθώς το βαρυτικό πεδίο είναι συνυφασμένο με αυτόν. Μια καλή αναλογία είναι η διάδοση κυμάτων στην επιφάνεια μία λίμνης λόγω της πτώσης μίας πέτρας στο νερό – τα κύματα δε διαδίδονται απλά στην επιφάνεια του νερού, αποτελούν ρυτιδώσεις της ίδιας της επιφάνειας.

Φαινόμενα ικανά να προκαλέσουν τη διάδοση τέτοιων κυμάνσεων είναι η κίνηση δύο ή περισσότερων πολύ πυκνών σωμάτων (όπως αστέρες νετρονίων ή μελανές οπές) σε ημι-Κεπλεριανές τροχιές, η σύγκρουση τέτοιων σωμάτων και οι εκρήξεις υπερκαινοφανών (εφόσον δεν είναι πλήρως συμμετρικές). Αξίζει να παρατηρήσουμε ότι τα φαινόμενα αυτά κατατάσσονται στα πλέον βιαιότερα που συναντώνται στο σύμπαν και, ως εκ τούτου, είναι αρκετά σπάνια. Δηλαδή, η κίνηση των πλανητών γύρω από τον Ήλιο ή, ακόμη, των αστερων γύρω από το κέντρο ενός γαλαξία (φαινόμενα αρκετά συνηθισμένα στο σύμπαν) προκαλούν μεν ακτινοβολία βαρυτικών κυμάτων, αλλά η ακτινοβολία αυτή είναι πολύ χαμηλής έντασης και άρα μη ανιχνεύσιμη.

Λόγω της ιδιόρρυθμης φύσης τους, τα βαρυτικά κύματα θα ήταν οι πλέον κατάλληλοι φορείς πληροφοριών για τα πιο σπάνια και πιο ενδιαφέροντα αστροφυσικά φαινόμενα. Η δυνατότητά τους, ως διακυμάνσεις του ίδιου του χωροχρόνου, να διαπερνούν αναλλοίωτα μάζα ή ακτινοβολία θα προσέφερε

μία ευκαιρία για την καλύτερη μελέτη αυτών των φαινομένων. Ταυτόχρονα, καθώς η Μεγάλη Έκρηξη ήταν ένα φαινόμενο αρκετά βίαιο και κατά τα πολύ πρώιμα στάδια του σύμπαντος (περίπου χρόνια) η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ήταν δεσμευμένη με την ύλη, τα βαρυτικά κύματα θα μπορούσαν να μας προσφέρουν ανεκτίμητες πληροφορίες για τη φύση του σύμπαντος κατά τις πρώτες στιγμές της δημιουργίας (περίπου από τα δευτερόλεπτα).

Ωστόσο, η ιδιόρρυθμη αυτή φύση που θα μπορούσε να αποτελέσει χρήσιμο εργαλείο στη μελέτη του σύμπαντος αποτελεί τροχοπέδη στην ανίχνευσή τους. Πώς είναι δυνατό να ανιχνευθεί κάτι το οποίο διαταράσσει το χώρο και το χρόνο απ' όπου περνάει. Κανένας "χάρακας" ή "χρονόμετρο" φτιαγμένα για να μετράνε το χώρο και το χρόνο όπως τους αντιλαμβανόμαστε δε θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν μετρήσεις για ένα βαρυτικό κύμα, καθώς θα διαταράσσονταν μαζί με το χώρο και το χρόνο γύρω τους κατά τη διέλευση του κύματος δίνοντας τα ίδια απο-

τελέσματα πριν, μετά και κατά τη διάρκεια της διέλευσης αυτής. Η ιδέα αυτή οδήγησε από πολύ νωρίς (δεκαετία του 1970) ορισμένους φυσικούς στην πεποίθηση ότι τα βαρυτικά κύματα (ενώ υπάρχουν) πολύ δύσκολα θα μπορούσαν να ανιχνευτούν.

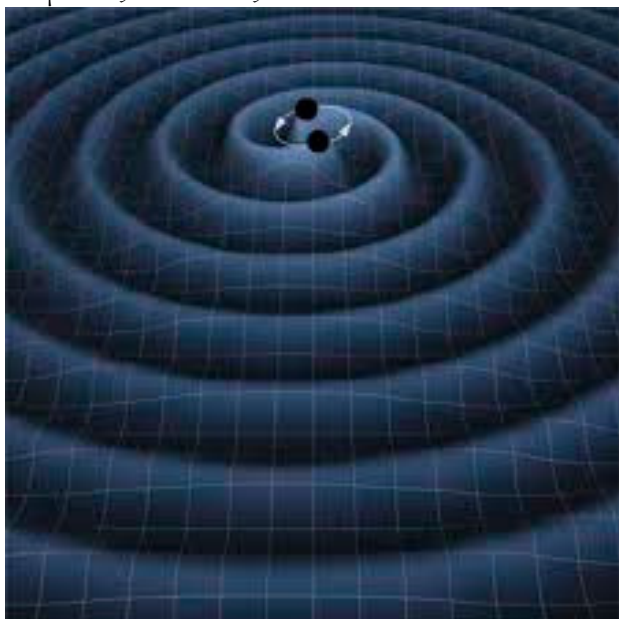
Η έμμεση ανακάλυψή τους, η θεωρητική επιβεβαίωση δηλαδή, ότι βαρυτικά κύματα μπορούν να παραχθούν ήρθε το 1974 από τη μελέτη του διπλού συστήματος PSR B1913+16 από τους Russell Allan Hulse και Joseph Hooton Taylor Jr. Το διπλό αυτό σύστημα αποτελείται από δύο αστέρες νετρονίων που κινούνται συνεχώς γύρω από ένα κοινό κέντρο μάζας. Οι προσεκτικές, όμως, μελέτες των Hulse και Taylor στις τροχιές των δύο αστέρων έδειξαν μία αργή αλλά σταθερή μείωση της μεταξύ τους απόστασης. Η μείωση αυτή συμφωνούσε απόλυτα με τις προβλέψεις της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας: η περιφορά των δύο αστέρων γύρω από το κοινό κέντρο μάζας τους προκαλεί μεταβολές στο βαρυτικό πεδίο, άρα παράγει βαρυτικά κύματα, τα οποία για να διαδοθούν απάγουν ενέργεια από

Υπάρχουν Βαρυτικά Κύματα;

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η ανίχνευση μίας ρυτίδωσης του χώρου και του χρόνου δεν είναι απλή υπόθεση καθώς οι μεταβολές του βαρυτικού πεδίου επιφέρουν μεταβολές στις διαστάσεις ενός σώματος, ασκούν δηλαδή παλιρροιογόνες δυνάμεις στα σώματα αυτά ανάλογες με το ρυθμό μεταβολής του πεδίου. Οποιοδήποτε κλασσικό μέσο ανίχνευσης θα καμπυλωνόταν μαζί με το χώρο και το χρόνο, δίνοντας τις ίδιες μετρήσεις πριν, μετά και κατά τη διάρκεια της διέλευσης ενός βαρυτικού κύματος. Όμως, σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη, η ανίχνευση της βαρυτικής ακτινοβολίας είναι εφικτή, αν χρησιμοποιήσουμε αυτή ακριβώς την ιδιότητα της.

Όταν ένα βαρυτικό κύμα διέρχεται από ένα σημείο του χωροχρόνου (ένα γεγονός δηλαδή), το σημείο αυτό παραμένει ανεπηρέαστο καθώς η γεωμετρία του χώρου αλλάζει, όπως εξηγήσαμε παραπάνω. Οπότε, ένας παρατηρητής στο σημείο αυτό δεν μπορεί να αντιληφθεί καμία αλλαγή στον εαυτό του κατά τη διέλευση του κύματος. Ωστόσο, οι αποστάσεις (χωρικές και χρονικές) του σημείου αυτού από τα γειτονικά του αλλάζουν καθώς διαδίδεται το κύμα.

Αν, δηλαδή, δύο σημεία έχουν υπό κανονικές συνθήκες (όταν δε διέρχονται βαρυτικά κύματα) απόσταση ℓ , κατά τη διέλευση του βαρυτικού κύματος η απόστασή τους θα μεταβληθεί κατά $\Delta\ell/\ell$ όπου $\Delta\ell = h\ell$ η σχετική μεταβολή της απόστασης και h το πλάτος του βαρυτικού κύματος. Όπως γίνεται αντιληπτό, η μεταβολές της απόστασης είναι ανάλογες του πλάτους του διερχόμενου κύματος και, κατά συνέπεια, όσο με-



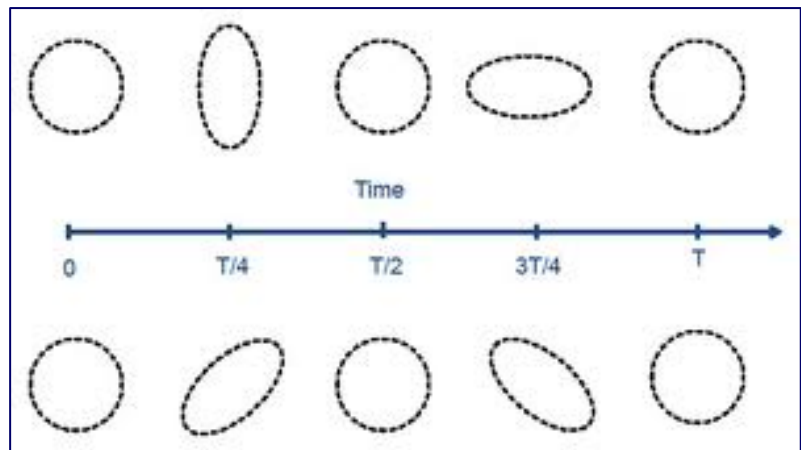
Σχήμα 1: Διπλό σύστημα αστέρων νετρονίων και τα βαρυτικά κύματα που παράγονται από την κίνησή τους.

το ίδιο το σύστημα προκαλώντας τη μείωση της απόστασης μεταξύ των αστέρων. Η εργασία των Hulse και Taylor τιμήθηκε με το βραβείο Nobel το 1993 και ακολουθήθηκε από πολλές αντίστοιχες μελέτες πάνω σε περισσότερα από τριάντα αντίστοιχα ζεύγη αστέρων, αποδεικνύοντας εμμέσως (πλην σαφώς) την ύπαρξη των κυμάτων βαρύτητας.

γαλύτερο το πλάτος τόσο ευκολότερα αντιληπτή η σχετική μεταβολή. Η μεταβολή αυτή είναι μετρήσιμη, αν υπάρχουν δύο παρατηρητές τοποθετημένοι στα δύο αυτά σημεία ικανοί να επικοινωνούν με μεγάλης ακρίβειας περιοδικά σήματα, όπως τα φωτεινά σήματα.

Οπότε, είναι φανερό από τον παραπάνω συλλογισμό ότι οι οποιεσδήποτε μετρήσεις πρέπει να γίνονται μέσω της επικοινωνίας δύο απομακρυσμένων σημείων του χωροχρόνου. Ο καταλληλότερος δε τρόπος μελέτης της επικοινωνίας αυτής – η οποία πρέπει να γίνεται, όπως αναφέρθηκε με φωτεινά σήματα – είναι μέσω της συμβολομετρίας. Στην πράξη, δύο φωτεινά σήματα εκπέμπονται από την ίδια πηγή προς δύο διαφορετικές κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις, διανύουν ίσες αποστάσεις ℓ , ανακλώνται και επιστρέφουν στην πηγή. Αν η όλη διαδικασία γίνει χωρίς διαταραχές, αν δηλαδή δε διέλθει κάποιο βαρυτικό κύμα από το μέρος όπου γίνεται το πείραμα, τότε επιστρέφοντας τα δύο σήματα στην πηγή συμβάλλουν σε φάση. Αν, όμως, υπάρξει έστω και η παραμικρότερη διαταραχή, παραδείγματος χάριν μία ελάχιστη αυξομείωση της απόστασης κατά $\Delta\ell$ λόγω της διέλευσης ενός κύματος βαρύτητας, τα δύο σήματα επιστρέφοντας στην πηγή δημιουργούν κροσσούς συμβολής. Οι κροσσοί αυτοί μεταβάλλονται περιοδικά ανάλογα με τη συχνότητα του διερχόμενου κύματος και έχουν αποστάσεις ανάλογες του πλάτους του, οπότε είναι δυνατό να μετρηθούν τα κύρια χαρακτηριστικά του βαρυτικού κύματος (συχνότητα, μήκος κύματος, πλάτος,...).

Σήμερα, η τεχνολογία επιτρέπει μέτρηση των σχετικών μεταβολών της τάξης $\Delta\ell = 10^{-16}$



Σχήμα 2: Δακτύλιος σωματιδίων κατά τη διάρκεια διέλευσης βαρυτικού κύματος σταυρωτά πολωμένου (πάνω) και πολωμένου κατά X (κάτω).

cm. Άρα, αν οι διανυόμενες από τα φωτεινά σήματα αποστάσεις είναι της τάξεως των 3 km, επιτρέπουν τη μέτρηση περιοδικών μεταβολών στη γεωμετρία του χωροχρόνου που αγγίζουν την τάξη του 10^{-21} . Έτσι, οι σημειωμένοι ανιχνευτές, που στηρίζονται στη συμβολομετρία φωτεινών σημάτων, αποτελούνται από μία πηγή φωτεινών σημάτων, έναν ανιχνευτή και δύο ίσου μήκους κάθετους μεταξύ τους βραχίονες ($\ell=3$ km περίπου) που ξεκινούν από την πηγή και καταλήγουν σε δύο ανακλαστήρες. Διατάξεις όπως αυτή λειτουργούν σε πολλές χώρες του κόσμου έχοντας ικανότητα να “δουν” περίπου 1 συμβάν ανά 50 έτη (όσος δηλαδή είναι ο αριθμός των υπερκαινοφανών του γαλαξία μας, πράγμα που εξηγεί για ποιο λόγο δεν έχει ακόμη παρατηρηθεί κάτι), ενώ με τις προγραμματισμένες για φέτος βελτιώσεις η ευαισθησία τους θα αυξηθεί κατά 10 φορές, επιτρέποντας την αντίληψη έως και ενός συμβάντος το χρόνο.

Ωστόσο, η όλη κατασκευή έχει τεράστιο κόστος και κανένα – μέχρι τώρα – αποτέλεσμα, πράγμα αναμενόμενο σκεπτόμενοι την τάξη ακρίβειας των κατασκευών αυτών. Για την αύξηση δε της πιθανότητας ανίχνευσης ενός γεγονότος απαι-

τείται η αναζήτηση πηγών με χαμηλότερη συχνότητα, όπως οι υπερμεγέθεις μελανές οπές και, κατά συνέπεια, η αύξηση των βραχιόνων. Και, λαμβάνοντας υπόψη μας ότι στην κοντινή μας περιοχή του σύμπαντος δεν υπάρχουν πηγές βαρυτικής ακτινοβολίας, τα βαρυτικά κύματα που φτάνουν στη Γη προέρχονται από μακρινά μέρη του σύμπαντος και είναι εξασθενημένα. Οπότε, το επόμενο βήμα για την αύξηση της πιθανότητας παρατήρησης ενός συμβάντος ισοδυναμεί με κατασκευή τεράστιων διαστημικών συμβολόμετρων αποτελούμενων από τρεις δορυφόρους, πράγμα το οποίο εκτινάσσει τις δυσκολίες κατασκευής και το κόστος της όλης επιχείρησης στα ύψη.

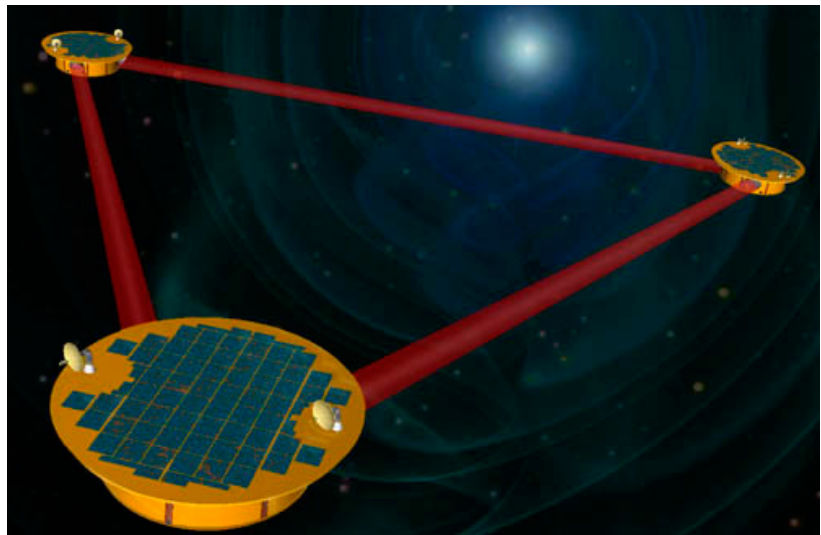
Η Ατομική Φυσική στην υπηρεσία της Αστρονομίας Βαρυτικών Κυμάτων

Πολλές προτάσεις έπεσαν στο τραπέζι για τη μείωση του κόστους της κατασκευής ενός διαστημικού συμβολόμετρου, με κυρίαρχη την πρόταση για συμβολόμετρο που θα χρησιμοποιούσε μόνο μία διαδρομή αντί για δύο, και άρα θα απαιτούσε “μόνον” δύο δορυφόρους. Η πρόταση αυτή, όμως, συνοδεύο-

ταν από αύξηση των τυχαίων διακυμάνσεων που δημιουργούν τα laser, ενός θορύβου γνωστού ως “θόρυβος φάσεων” (phase noise).

Πρόσφατα, ωστόσο, μία ομάδα επιστημόνων από το Πανεπιστήμιο του Stanford στην Καλιφόρνια πρότειναν έναν καινούριο τρόπο ανίχνευσης βαρυτικών κυμάτων βασισμένο στη συμβολομετρία ατόμων και όχι φωτεινών σημάτων. Η ιδέα αυτή φαίνεται να απαλείφει το θόρυβο φάσεως, κάνοντας την κατασκευή ενός φτηνότερου διαστημικού συμβολόμετρου εφικτή. Η ιδέα αυτή βασίζεται σε μοντέλα συμβολομετρίας ατόμων που αναπτύχθηκαν από τους Mark Kasevich και Steven Chu στο ίδιο πανεπιστήμιο τη δεκαετία του 1990.

Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία της ύλης, κάθε σωματίδιο είναι ισοδύναμο με ένα κυματοσυστοιχία πεπερασμένου μήκους, γνωστό ως υλοκύμα ή κύμα de Broglie. Ταυτόχρονα, ένα τέτοιο σωματίδιο μπορεί να βρεθεί σε διακριτές μόνο στάθμες ενέργειας, δηλαδή δεν μπορεί να καταλάβει κάθε θέση στο χώρο αλλά μόνον αυτές που του προσδίδουν συγκεκριμένες τιμές ενέργειας. Η ιδιότητα αυτή θυμίζει τα στάσιμα κύματα που μπορούν να δημιουργηθούν μόνον όταν ο διαθέσι-



Σχήμα 4: Απεικόνιση του διαστημικού συμβολόμετρου LISA με τρεις διαστημικούς σταθμούς (αρχικό σχέδιο).

μος χώρος πληρεί τη συνθήκη

$$\ell = (2n+1) \frac{\lambda}{2}$$

όπου ℓ το μήκος της χορδής, λ το μήκος κύματος και n ένας ακέραιος αριθμός. Κατά συνέπεια, ένα ηλεκτρόνιο μπορεί να βρεθεί σε συγκεκριμένες “τροχιές” γύρω από τον πυρήνα ενός ατόμου. Συγκεκριμένα, μπορεί να βρεθεί σε μία περιοχή που περιγράφεται από μία κυματοσυνάρτηση, η οποία προκύπτει από τη διαφορική εξίσωση Schrödinger.

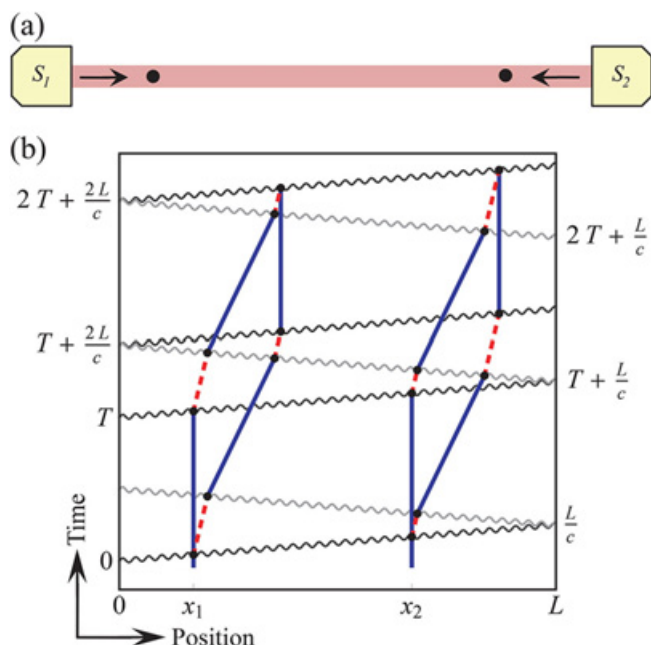
Οπότε, αν ένα άτομο δεχτεί ένα ποσό ενέργειας, παραδείγματος χάριν υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, το οποίο ισοδυναμεί με τη διαφορά ενέργειας μεταξύ δύο εκ

των διακριτών του σταθμών ενέργειας σε μία από τις οποίες βρίσκεται ένα ηλεκτρόνιο, το ηλεκτρόνιο αυτό θα μεταβεί στην άλλη στάθμη ενέργειας. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται διέγερση όταν στην τελική κατάσταση το ηλεκτρόνιο έχει υψηλότερη ενέργεια από ότι στην αρχική, και αποδιέγερση όταν στην τελική κατάσταση το ηλεκτρόνιο έχει χαμηλότερη ενέργεια από ότι στην αρχική. Η διέγερση ή η αποδιέγερση ενός ατόμου μπορεί να επιτευχθεί πολύ εύκολα με τη βοήθεια ενός laser.

Στο φαινόμενο αυτό στηρίζεται και η ιδέα των Kasevich και Chu. Δύο ομάδες (νέφη) ατόμων, διατηρούμενες σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία (ώστε να



Σχήμα 3: Φωτογραφίες των επίγειων πειραματικών διατάξεων για την ανίχνευση βαρυτικών κυμάτων. (Αριστερά) Πείραμα VIRGO στην Ιταλία και (Δεξιά) Πείραμα LIGO στις Ηνωμένες Πολιτείες.



Σχήμα 5: (α) Σχηματική απεικόνιση ενός συμβολόμετρου ατόμων, όπου S_1 και S_2 τα δύο κάτοπτρα και οι τελείες δίπλα τους τα ατομικά νέφη (β) Σχεδιαγράμματα της διαδοχικής διέγερσης των δύο ατομικών νεφών.

αποφευχθούν τα αυθόρμητα φαινόμενα διέγερσης και αποδιέγερσης), που βρίσκονται σε σταθερή απόσταση, δέχονται εναλλάξ ένα φωτεινό σήμα το οποίο διεγείρει ή αποδιεγείρει ταυτόχρονα τα μισά ηλεκτρόνια των ατόμων κάθε ομάδας, ενώ τα άλλα μισά παραμένουν μόνιμα στη βασική στάθμη. Το υλοκύμα των διεγερμένων ηλεκτρονίων έχει μικρότερη συχνότητα από το υλοκύμα των ηλεκτρονίων στη βασική στάθμη, όπως προκύπτει από τη σχέση $E=h\nu$, όπου E η ενέργεια τη στάθμης (που ελαττώνεται μικρότερη όσο αυξάνεται η στάθμη), ν η συχνότητα και $h=6.6261 \times 10^{-34} \text{ m}^2\text{kg s}$ η σταθερά του Planck. Κατά συνέπεια, τα δύο υλοκύματα συμβάλουν σε φάση όταν και οι δύο ομάδες ηλεκτρονίων είναι στη βασική κατάσταση ενώ δε συμβάλουν σε φάση όταν η μία ομάδα βρίσκεται σε διεγερμένη στάθμη.

Αυτή η ιδέα συμβολομετρίας είχε προταθεί από τους Kasevich και Chu στις αρχές της δεκαετίας του 1980 και περίπου μία δεκαετία αργότερα υλοποιήθηκε πειραματικά. Πλέον,

οι δημιουργοί του, με την καθοδήγηση του θεωρητικού φυσικού Peter Graham, πιστεύουν ότι αυτή η τεχνική συμβολομετρίας μπορεί να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά συμβολόμετρα στην αναζήτηση των βαρυτικών κυμάτων λόγω της μεγάλης της ακρίβειας και της έλλειψης θορύβου φάσεως.

Σύμφωνα με τις αναφορές τους, εφόσον η απόσταση μεταξύ των δύο ατομικών νεφών είναι σταθερή, ο χρόνος που κάθε ομάδα ατόμων θα παραμένει διεγερμένη (ή αποδιεγερμένη) είναι επίσης σταθερός, καθώς το φωτεινό σήμα θα καλύπτει συνεχώς την ίδια διαδρομή. Ο Kasevich δήλωσε χαρακτηριστικά πως «κάθε νέφος ατόμων είναι ένα χρονόμετρο» πολύ υψηλής ακρίβειας. Άρα, οποιαδήποτε μεταβολή της διαδρομής, οσοδήποτε μικρή κι αν είναι, θα προκαλεί μεταβολή στο χρόνο που ένα ατομικό νέφος θα παραμένει στη βασική ή στη διεγερμένη στάθμη. Άρα, ένα διερχόμενο βαρυτικό κύμα μπορεί να ανιχνευτεί μέσω της μεταβολής του χρόνου που θα προκαλέσει. Η δε διαφορά χρό-

νου θα αποκαλύπτει την ταυτότητα του κύματος (πλάτος, συχνότητα,...)

Βλέμμα στο Μέλλον

Η ομάδα των Kasevich και Chu έχει ήδη ξεκινήσει την κατασκευή ενός πρότυπου ατομικού συμβολόμετρου για να ελέγξουν κατά πόσον η πρότασή τους για τη χρήση της ατομικής συμβολομετρίας μπορεί να βοηθήσει στην ανίχνευση των βαρυτικών κυμάτων. Όμως, τα πάντα είναι ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Ειδικοί σε θέματα βαρυτικών κυμάτων, όπως ο B.S. Sathyaprakas, έδειξαν ενδιαφέρον για τη νέα αυτή ιδέα, αλλά συγκρατούν την αισιοδοξία τους. Όπως δήλωσε χαρακτηριστικά ο Sathyaprakas «το μεγάλο ερώτημα είναι τι τεχνολογία χρειάζεται για να λειτουργήσει κάτι τέτοιο στο διάστημα για τρία έως πέντε χρόνια. Δε λέω κάτι υπέρ του ή εναντίον του, απλά θα 'θελα να δω νούμερα!»

Ευχαριστίες: Ο συγγραφέας θα ήθελε να ευχαριστεί τους διδάσκοντές του, κκ. Α. Αποστολίδη, Χ. Μουστακίδη και Ν., Στεργιούλα για τις χρήσιμες συζητήσεις κατά τη διάρκεια της συγγραφής του άρθρου και τις καίριες παρατηρήσεις τους επί του τελικού κειμένου.

Πηγές:

- Κ. Κόκκοτας: "Αστρονομία Βαρυτικών Κυμάτων", *Hipparchos: The Hellenic Astronomical Newsletter*, volume 2, issue 6, pp. 36-41
- Tim Wogan: "Interfering Atoms would help detect Gravitational Waves", *PhysicsWorld* (<http://physicsworld.com/cws/article/news/2013/may/03/interfering-atoms-could-help-detect-gravitational-waves>)
- Jason Hogan: "A new method for detecting gravitational waves", *SPIE* (<http://spie.org/x93701.xml>)

Μιχαήλ Γρυπαίος



Πέρασε ήδη πάνω από ένας χρόνος που μας άφησε, στις 18 Μαρτίου 2014, ο δάσκαλός μας Μιχάλης Γρυπαίος, Ομότιμος Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής του Α.Π.Θ. Ο Καθηγητής Μιχάλης Γρυπαίος γεννήθηκε στην Αθήνα το 1936. Έλαβε το πτυχίο του Τμήματος Φυσικής του Ε.Κ.Π.Α. το 1960. Μετά τη στρατιωτική του θητεία, ως έφεδρος ανθυπολοχαγός Διαβιβάσεων, υπήρξε υπότροφος της Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας. Συνέχισε τις σπουδές του στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, από όπου έλαβε τον τίτλο του διδάκτορα το 1966. Μετά τις μεταπτυχιακές του σπουδές εργάστηκε ως ερευνητής στο Διεθνές Κέντρο Θεωρητικής Φυσικής στην Τεργέστη, στο Πανεπιστήμιο του Surrey και στο Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ". Εκλέχτηκε Καθηγητής στο Τμήμα Φυσικής του Α.Π.Θ. το 1970 και το υπηρέτησε ανελλιπώς έως το έτος 2004, οπότε συνταξιοδοτήθηκε λόγω ορίου ηλικίας.

Συνεχίζοντας την ιστορική αναδρομή, θα προσπαθήσω να περιγράψω με λίγα λόγια τον Άνθρωπο, το Δάσκαλο, τον Επιστήμονα αλλά και το Δημοκράτη Μιχάλη Γρυπαίο, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση σε κάθε ένα

από τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Ο Μ. Γρυπαίος εκλέχτηκε Καθηγητής στο Τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ τότε που στο πρόγραμμα σπουδών του Τμήματος δεν υπήρχαν μαθήματα όπως η Κβαντομηχανική, η Στατιστική Φυσική και οι Μαθηματικές Μέθοδοι Φυσικής. Έτσι, του δόθηκε η ευκαιρία να εισάγει για πρώτη φορά τα παραπάνω μαθήματα στο 4ο έτος, αλλά και το ένα από αυτά, τροποποιημένο προς την κατεύθυνση της Στερεάς Κατάστασης, στο μεταπτυχιακό της Ηλεκτρονικής Φυσικής. Σε διάστημα λιγότερο από δύο χρόνια έγραψε τα συγγράμματα: Μαθήματα Κβαντομηχανικής, Θέματα Στατιστικής Μηχανικής και Σημειώσεις Μαθηματικών Μεθόδων Φυσικής. Συγχρόνως, σε συνεργασία με τα νεότερα μέλη του Σπουδαστηρίου Θεωρητικής Φυσικής, συνέγραψε αντίστοιχα τεύχη Ασκήσεων και Τυπολογίων. Η συγγραφή των διδακτικών βιβλίων συνεχίστηκε με το 2^ο τόμο των Μαθημάτων Κβαντομηχανικής και το 1^ο τόμο των Μαθηματικών Μεθόδων Φυσικής. Η διδασκαλία των μαθημάτων του γίνονταν με ένα συστηματικό τρόπο και εισήγαγε καινοτομίες στο τρόπο διδασκαλίας και εξέτασης όπως η χρήση τυπολογίων στις εξετάσεις και η υποχρέωση των φοιτητών στην παράδοση ασκήσεων. Πρέπει επίσης να αναφερθεί ότι δεν υπολόγιζε το χρόνο που διέθετε στους φοιτητές.

Παράλληλα, ανέπτυξε μια αξιόλογη ερευνητική ομάδα στο ερευνητικό πεδίο της Θεωρητικής Πυρηνικής Φυσικής με σημαντική παραγωγή έργου. Δημοσίευσε ένα μεγάλο αριθμό επιστημονικών άρθρων σε διεθνή περιοδικά και σε πρακτικά συνεδρίων και καθοδήγησε εν-

νέα διδακτορικές διατριβές. Ένας σημαντικός αριθμός από αυτούς τους διδάκτορες κατέχουν ή κατείχαν σημαντικές θέσεις σε Πανεπιστήμια και αλλού. Παράλληλα συνεργάστηκε με επιστήμονες διαφόρων Ερευνητικών Κέντρων και Πανεπιστημίων του εξωτερικού. Ασχολήθηκε ερευνητικά με τη Θεωρητική Πυρηνική Φυσική, τη Φυσική των Υπερπυρηνών και των Ατομικών Συσσωματωμάτων, με μεγάλη συμβολή στη μελέτη των αλληλοσυσχετίσεων μικρής εμβέλειας των νουκλεονίων στους πυρήνες. Έχει συμβάλει ουσιαστικά στη δημιουργία της Ελληνικής Εταιρείας Πυρηνικής Φυσικής, της οποίας υπήρξε ο πρώτος πρόεδρος και διοργάνωσε το πρώτο Πανελλήνιο Συμπόσιο Πυρηνικής Φυσικής το 1990. Τα συμπόσια αυτά έγιναν θεσμός από τότε. Διοργάνωσε επίσης στη Θεσσαλονίκη ένα Ευρωπαϊκό Συνέδριο Πυρηνικής Φυσικής το 1997.

Τέλος, πρέπει να τονιστεί η δημοκρατικότητα του Μιχάλη Γρυπαίου, που δεν διέκρινε τους ανθρώπους από την οικονομική τους κατάσταση ή από τη θρησκευτική ή την πολιτική τους ιδεολογία. Αυτό το τελευταίο έχει ιδιαίτερη σημασία αν αναλογιστούμε ότι στην περίοδο των τελευταίων σαράντα χρόνων υπήρξαν κάποια από αυτά που χαρακτηρίζονται ως πέτρινα.

Στυλιανός Μάσεν
Ομότ. Καθηγητής Τμ. Φυσικής

Τον Απρίλιο του 2015 έφυγε από κοντά μας ο **Νίκος Φλεβάρης**, Καθηγητής του Τμήματος Φυσικής.

MIT: τόσο μακρινό και όμως τόσο αληθινό!



**Αναστασία
Τερζοπούλου**
Φοιτήτρια
Τμ. Φυσικής

Βιογραφικό – αίτηση – συνέντευξη ... και ξαφνικά βρίσκεσαι στην άλλη άκρη του κόσμου, να επισκέπτεσαι ένα από τα κορυφαία πανεπιστήμια (MIT) και να συζητάς με τους εκεί καθηγητές για τις διαφορές και τις αδυναμίες του ελληνικού πανεπιστημιακού συστήματος.

Χρειάζεται προετοιμασία. Αναμφίβολα όταν πρόκειται να επιλεγείς ανάμεσα σε εκατοντάδες ατόμων πρέπει να «περάσεις» το βιογραφικό από το πρώτο ξεκαθάρισμα. Ακούγεται τόσο τρομακτικό το να φτιάξεις το βιογραφικό. Όλες σου οι ικανότητες σε 2-3 σελίδες. Τι να γράψεις και τι να αποσιωπήσεις; Γράψε αλήθειες!! Αν το καλοσκεφτείς... Απολυτήριο, πτυχίο (ή αναμενόμενη αποφοίτηση), ξένες γλώσσες, μαθήματα μέσω ίντερνετ, συνέδρια, ημερίδες, πρακτική άσκηση (αυτά είναι μόνο τα τυπικά). Δεξιότητες, ενδιαφέροντα ... ναι έχεις αποκτήσει από αυτές ... και ενδιαφέροντα έχεις, σε ομάδες συμμετείχες, αθλητισμό έκανες..... Μη διστάσεις να γράψεις. Αυτές οι 3 σελίδες πέρα από τις ικανότητες και τα πτυχία σου πρέπει να σκιαγραφούν και το χαρακτήρα σου. Σίγουρα χρειάζεται καλούς βαθμούς. Δεν πρόκειται για βαθμοθηρία αλλά για το πως θα ξεχωρίσεις

από τη μάζα.

Και αφού επιβιώσει το βιογραφικό από το πρώτο «ξεκαθάρισμα», έρχεται η στιγμή της συνέντευξης!! Πως πρέπει να είμαι (συμπεριφέρομαι, μιλάω, δείχνω); Άγχος.. Υπάρχει τρόπος να το κρύψεις; Δύσκολα.. μόνο να το διαχειριστείς μπορείς. Θυμήσου! Η συνέντευξη είναι αυτή που θα καθορίσει αν θα επιλέγεις. Δεν πρέπει ούτε να πιεστείς να δείξεις κάτι που δεν είσαι, αλλά ούτε και η υπερβολική χαλαρότητα βοήθησε κανέναν. Εύστοχες απαντήσεις, ακεραιότητα χαρακτήρα και πάνω απ' όλα να καταφέρεις να πείσεις ότι είσαι ο πιο κατάλληλος για τη θέση.

Μέσα από μια τέτοια διαδικασία βρέθηκα μέσα σε δύο μήνες με ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα στους χώρους του πανεπιστημίου του MIT να αναρωτιέμαι και να συγκρίνω και ως περιγράψω μερικές εντυπώσεις.

1^η μέρα

Βρίσκομαι σε μια μικρή αίθουσα παρακολουθώντας το μάθημα που εμείς ονομάζουμε «Γενική Φυσική Ι», να διδάσκεται σε περίπου είκοσι φοιτητές από έναν καθηγητή, που παρότι πολύ διακεκριμένος, έδειχνε ενθουσιώδης, με διάθεση να εξηγήσει αναλυτικά και να ενθαρρύνει τους φοιτητές του να συμμετέχουν στην επίλυση των ασκήσεων. Αξίζει να τονιστεί ότι ο καθηγητής γνώριζε τα μικρά ονόματα των φοιτητών του και έδινε σε όλους το λόγο. Να επισημάνω πως αυτοί οι φοιτητές ήταν μερικοί από αυτούς που απέτυχαν στο προηγούμε-

νο εξάμηνο να περάσουν το μάθημα. Σε αυτή την περίπτωση το πανεπιστήμιο χωρίζει το σύνολο των φοιτητών σε μικρές ομάδες και αναθέτει στον καθηγητή να διδάξει ξανά το μάθημα με περισσότερη έμφαση στην κατανόηση της θεωρίας και την επίλυση ασκήσεων. Στα πλαίσια του μαθήματος οι φοιτητές παρέδιδαν ασκήσεις τύπου "homework", οι οποίες διορθώνονταν από τους βοηθούς του καθηγητή "teaching assistants" και επιστρέφονταν σε αυτούς. Εντυπωσιασμένη από αυτή τη λειτουργία των μαθημάτων στο MIT, αποφασίζω σε μια ώρα κενή στο πρόγραμμα να παρακολουθήσω μια ομιλία. Πρώτη εικόνα, παρόμοια με εδώ: οι νεότεροι φοιτητές καθισμένοι στις πίσω και οι μεγαλύτεροι στις μπροστά θέσεις του αμφιθέατρου. Όμως όταν ξεκίνησε η ομιλία με παραξένεψε η ευκολία με την οποία κάποιος θα ζητούσε να κάνει μια ερώτηση στον ομιλητή τόσο κατά τη διάρκεια όσο και μετά το πέρας της παρουσίασης. Δεν ήταν μια απλή παράθεση των ερευνητικών του αποτελεσμάτων. Κάθε βήμα της δουλειάς του αμφισβητούνταν τόσο από συναδέλφους του όσο και από φοιτητές που εξέφραζαν τον προβληματισμό τους.

2^η μέρα

Με το χάρτη στα χέρια περιπλανώμαι στους διαδρόμους του πανεπιστημίου μέχρι που αντικρίζω μια αίθουσα στην οποία παγώνει το βλέμμα μου. Κυκλικά τραπέζια περιμετρικά, με καμιά δεκαριά υπολογιστές στο καθένα, πίνακες στον πλη-

σιέστερο τοίχο και αναρωτιέμαι: Τι εργαστήριο είναι αυτό; Πληροφορούμαι, λοιπόν, ότι δεν είναι εργαστήριο, αλλά αίθουσα διδασκαλίας!! «Γενική Φυσική II» διδάσκεται σε αυτήν. Επιστρέφω λοιπόν μετά από μερικές ώρες και βλέπω την αίθουσα γεμάτη φοιτητές, χωρισμένους σε ομάδες, καθένας μπροστά στον υπολογιστή και μερικούς βοηθούς να ελέγχουν και να εξηγούν. Η διδασκαλία γίνεται ως εξής: ο καθηγητής εξηγεί τα βασικά σημεία της θεωρίας και αναθέτει ένα πρόβλημα σε κάθε ομάδα. Τους δίνει χρόνο για να το επιλύσουν και στη συνέχεια το παρουσιάζουν στο σύνολο της τάξης. (Ας σημειωθεί πως αυτός ο τρόπος διδασκαλίας εφαρμόζεται πιλοτικά στο μάθημα αυτό).

3^η μέρα

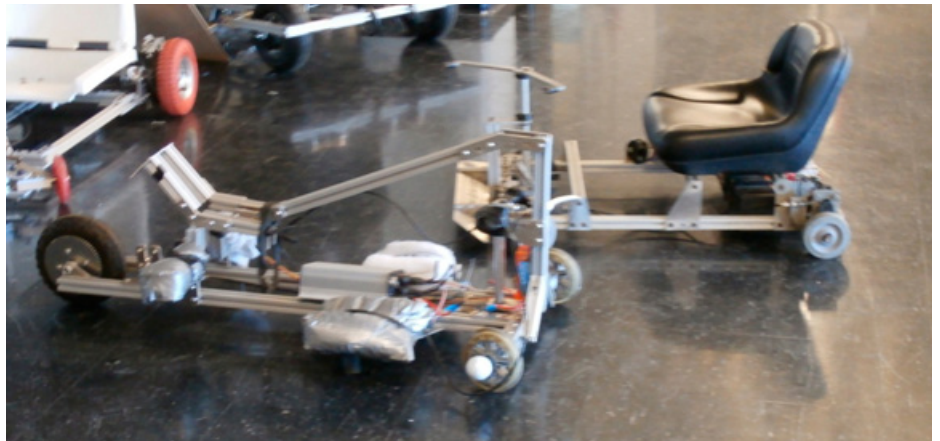
Και η επίσκεψη σε εργαστήρια του MIT διαφωτίζει πλέον το ερευνητικό περιβάλλον του πανεπιστημίου. Δεν θα αναλύσω τον εξοπλισμό, καθώς είναι προφανές ότι είναι υπερσύγχρονος, αλλά αυτό που μου έκανε εντύπωση ήταν μια αίθουσα ανάμεσα στα γραφεία των μεταπτυχιακών και διδακτορικών φοιτητών. Τρεις πίνακες γύρω-γύρω σε διαστάσεις τοίχου και από τη μία πλευρά τζάμι. Γραμμένες εξισώσεις από άκρη σε άκρη. Είναι ο χώρος που συναντιούνται και συζητούν τα αποτελέσματά τους οι ερευνητές του ίδιου εργαστηρίου, προσπαθώντας να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις.

4^η μέρα

Συζητώ με έναν προπτυχιακό φοιτητή του MIT ο οποίος τον επόμενο χρόνο αποφοιτεί με πτυχίο Φυσικής και Μαθηματικών. Μία δυνατότητα που δίνει το πανεπιστήμιο καθώς όταν γίνονται οι φοιτητές απο-



Κεντρικό αναγνωστήριο



Αυτοσχέδια οχήματα προπτυχιακών φοιτητών του MIT

δεκτοί εντάσσονται στο πανεπιστήμιο και όχι σε κάποιο τμήμα. Έτσι ανάλογα με τις επιλογές μαθημάτων που θα πάρουν μπορούν να αποφοιτήσουν με δύο τίτλους πτυχίου. Στην πορεία των σπουδών τους σημαντικός είναι ο προσανατολισμός και η βοήθεια που τους δίνεται από μέλη του πανεπιστημίου (μεταπτυχιακούς φοιτητές, διδάκτορες, καθηγητές). Εξίσου εντυπωσιακό είναι και το γεγονός ότι οι φοιτητές προτιμούν το καλοκαίρι να περάσουν χρόνο στο πανεπιστήμιο κάνοντας πρακτική σε κάποιο εργαστήριο. Σύμφωνα με την περιγραφή του, αυτή η επιλογή

αφορά μεγάλο ποσοστό των φοιτητών και αποτελεί σπουδαίο προσόν για τις μετέπειτα σπουδές τους.

5^η μέρα

Η ξενάγηση στο γυμναστήριο του MIT με έχει αφήσει άφωνη. Είναι αδύνατο να περιγράψω τις εγκαταστάσεις. Αν προσπαθίσω να σκεφτώ όλα τα γυμναστήρια που έχω επισκεφτεί στη ζωή μου και τα προσθέσω, ίσως σε μέγεθος και εξοπλισμό να μπορούν να συγκριθούν. Το σημαντικότερο από όλα είναι ότι η γυμναστική είναι υποχρεωτικό κομμάτι των σπουδών κάθε φοιτητή. Μαζί

με μαθήματα γενικού ενδιαφέροντος, ψυχολογίας και ανθρωπιστικού περιεχομένου, ένας προπτυχιακός φοιτητής πρέπει να παρακολουθεί και αθλητικά προγράμματα, σύμφωνα με τα ενδιαφέροντά του.

Όλες αυτές τις μέρες υπήρξαν συναντήσεις με Έλληνες καθηγητές του MIT στις οποίες στόχος ήταν να εντοπιστούν τα προβλήματα του ελληνικού πανεπιστημίου ή και γενικότερα της ελληνικής κοινωνίας και να προταθούν τρόποι βελτίωσης του ακαδημαϊκού περιβάλλοντος. Οι απόψεις ποίκιλλαν και αφορούσαν στους τομείς της ηθικής, της εξουσίας στην πολιτική, της οικονομίας, της εσωτερικής ανάγκης για προσφορά καθώς επίσης και στη δραστηριοποίηση των φοιτητών.

Θα μπορούσε να ισχυριστεί κανείς πολύ επιφανειακά ότι είναι οι εγκαταστάσεις, ο εξοπλισμός ή το «σύστημα» που κάνουν τη διαφορά στο πανεπιστήμιο του MIT. Όμως τα κίνητρα των φοιτητών εντοπίζονται πολύ βαθύτερα, είναι η θέληση, η προσπάθεια για το καλύτερο, ο συναγωνισμός.

Πόσο διαφορετικά λειτουργεί ένα τέτοιο πανεπιστήμιο; Πόσο διαφορετικοί είναι οι άνθρωποι του; Ποιες καινοτομίες μπορούν να υιοθετηθούν και στο δικό μας πανεπιστήμιο; Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που βοηθούν τους προπτυχιακούς φοιτητές είναι ο προσανατολισμός. Αυτός μπορεί να προέρχεται από καθηγητές του πανεπιστημίου καθώς επίσης και από φοιτητές μεταπτυχιακού/διδασκαλικού επιπέδου και στοχεύει στην ανακάλυψη των ενδιαφερόντων του φοιτητή. Παράλληλα, με τη σύνδεση του πανεπιστημίου με την αγορά εργασίας και τη βιομηχανία ο φοιτητής έχει τη δυνατότητα να ενημερωθεί και να



Είσοδος του τομέα πυρηνικής. Στην οροφή διακρίνεται συσκευή που φωτοβολεί μόλις εντοπίζει ακτίνες κοσμικής ακτινοβολίας.

προβληματιστεί σχετικά με τη μελλοντική του πορεία, ενώ αν έχει κάποια υλοποιήσιμη ιδέα υπάρχουν τα μέσα για να δημιουργήσει το προϊόν και να το εισάγει στην αγορά.

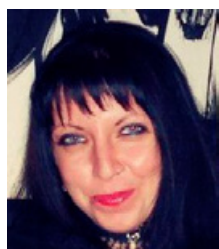
Έπειτα υπάρχει πληθώρα φοιτητικών ομάδων (οι οποίες δρουν χωρίς ιδιοτελή ή άλλα συμφέροντα) και απαρτίζονται από φοιτητές με κοινά ενδιαφέροντα. Σε αυτές ενθαρρύνονται ερευνητικά και κατασκευαστικά προγράμματα και οργανώνονται διαγωνισμοί μεταξύ των φοιτητών. Ο ρόλος αυτών των ομάδων είναι καταλυτικός στην εξέλιξη του φοιτητή καθώς δίνουν κίνητρο για συνεργασία, ομαδική δουλειά και άμεση εφαρμογή των θεωρητικών γνώσεων που αυτός αποκτά κατά τη φοίτησή του.

Ακόμη υποβοηθητικός είναι και ο ρόλος των βοηθών καθηγητών (teaching assistants) στην προετοιμασία και παράδοση

του μαθήματος καθώς επίσης και στην στήριξη και αξιολόγηση των φοιτητών. Διδασκαλικοί/μεταπτυχιακοί φοιτητές που αποτελούν βοηθούς παραδίδουν επιπλέον μαθήματα κατανόησης της θεωρίας και ασκήσεων προκειμένου να βοηθήσουν τους φοιτητές.

Τα παραπάνω αποτελούν τρία πολύ σημαντικά χαρακτηριστικά της λειτουργίας του MIT, μέσα από τη δική μου οπτική, τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στην ελληνική πραγματικότητα και να συμβάλλουν στη βελτίωση του πανεπιστημίου.

Στο πλαίσιο αυτό, εντοπίζω τις δυνατότητες βελτίωσης του πανεπιστημίου στο οποίο φοιτώ, ξεκινώντας από το τμήμα Φυσικής και προωθώντας αντίστοιχες δράσεις και στα υπόλοιπα τμήματα.



**Δάφνη
Παρλιάρη**
Απόφοιτος
Τμ. Φυσικής

Έχω που λέτε ένα φίλο, πολύ καλό παιδί, που είναι πολύ καλλιτεχνικός τύπος. Ζωγραφίζει, τραγουδάει, γράφει, κάνει χειροτεχνίες. Αυτό το παιδί είναι φοιτητής στη σχολή μας και από το πρώτο έτος ξετρυπώνει μαθήματα επιλογής τα οποία βοηθούν στην εκτόνωση της δημιουργικής του φύσης μέσα σε μια θάλασσα θετικής γνώσης. Σαν αποτέλεσμα λοιπόν αυτής του της αναζήτησης, παρακολουθήσαμε πριν λίγο καιρό το μάθημα των Οπτικών και Φασματοσκοπικών Μεθόδων Μελέτης και Συντήρησης Έργων Τέχνης. Κι ενώ εγώ, ως αυθεντική ψηλομύτα επιστήμων, περίμενα να βαρεθώ στο συγκεκριμένο μάθημα, κατέληξα να κάνω μια εργασία που μου άρεσε τόσο πολύ ώστε αποφάσισα να τη μοιραστώ μαζί σας.

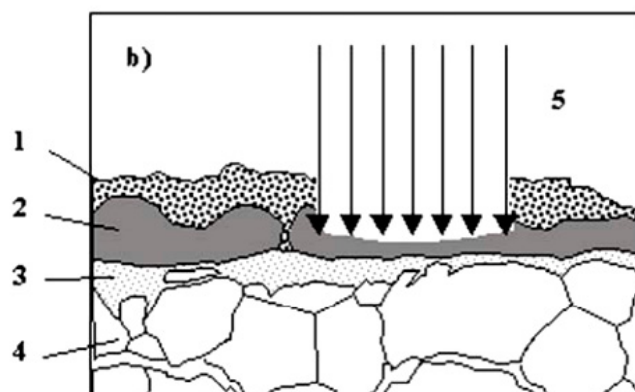
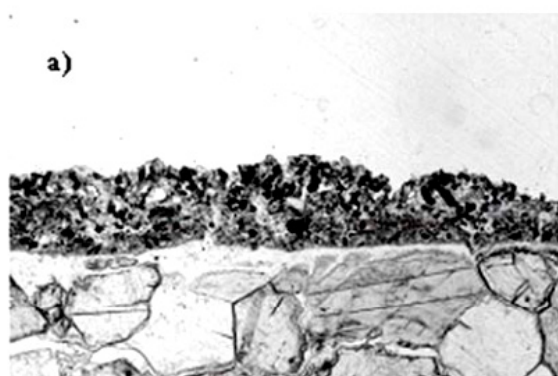
Χάρη στο μάθημα της Ατομικής και Μοριακής Φυσικής

(ΠΠ) είμαστε όλοι εξοικειωμένοι με τις αρχές λειτουργίας ενός laser. Στηριζόμενο στο φαινόμενο της εξαναγκασμένης εκπομπής φωτονίων παράγει πολωμένη, σύμφωνη δέσμη φωτός με ιδιότητες πολύ χρήσιμες: μονοχρωματικότητα, κατευθυντικότητα, μεγάλη ένταση. Αυτά τα χαρακτηριστικά βρήκαν την εφαρμογή τους σε ένα επιστημονικό πεδίο λίγο ανορθόδοξο, τη συντήρηση έργων τέχνης.

Την ιδέα πρώτος την είχε ο J. F. Asmus τη δεκαετία του 1970 ο οποίος χρησιμοποίησε laser για να καθαρίσει πέτρινα μνημεία της Βενετίας από την κρούστα της περιβαλλοντικής ρύπανσης που είχε κολλήσει πάνω τους. Ωστόσο σε εκείνη τη φάση λίγοι συντηρητές έδωσαν σημασία στην καινοτόμο μέθοδο που τους παρουσιάστηκε και δυσπιστούσαν έντονα απέναντί της. Μην ξέροντας πολλά γύρω από το laser, το αντιμετώπιζαν σαν κάτι επικίνδυνο για τα ευαίσθητα έργα τέχνης και προτιμούσαν τις παραδοσιακές μεθόδους καθαρισμού που ήξεραν καλά: βουρτσάκια, πανιά, χημικά διαλύματα και σκούπες.

Η τεχνολογία προχωρούσε όμως, και μαζί με αυτή γινόταν όλο και πιο επιτακτική η ανάγκη για αποτελεσματική και ασφαλή συντήρηση διάφορων έργων τέχνης, ιδιαίτερα σε χώρες με μεγάλο πολιτιστικό πλούτο. Με πρωτοπόρο τη Γαλλία τη δεκαετία του 1990, το laser εισάγεται επίσημα στη συντηρητική κοινότητα η οποία του δίνει τη θέση που του αξίζει στο οπλοστάσιό της. Ακολουθεί η Ιταλία, η Βρετανία, αλλά και η Ελλάδα που χρησιμοποιεί μεθόδους laser για τον καθαρισμό αγαλμάτων στο μουσείο της Ακρόπολης. Από το 1995 κι έπειτα, η Ευρωπαϊκή Ένωση οργανώνει σεμινάρια, δράσεις, ενημερώσεις και επιστημονικές ομάδες που σαν αντικείμενό τους έχουν την εξέλιξη των μεθόδων συντήρησης.

Σε αυτό τον τομέα σημαντική συμβολή έχει το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας Κρήτης (ΙΤΕ) το οποίο, με το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λείζερ, όχι μόνο έχει συμβάλλει τα μέγιστα στην ανάπτυξη του laser στη συντήρηση, αλλά έχουν δημιουργήσει και έναν ειδικό τύπο αυτής της συσκευής που



**Σχήμα 1: (α) Στρωματογραφία αποσυντεθημένου μαρμάρου.
(β) 1-2-3: κρούστα 4: μάρμαρο 5: η δέσμη Laser απομακρύνει τη βρωμιά.**

Λειτουργεί σε δύο μήκη κύματος ταυτόχρονα.

Είδη laser υπάρχουν πολλά: laser αερίου (Ni, Ar-Ion, He-Ne), laser ημιαγωγών και laser στερεάς κατάστασης (Nd:YAG, YVO, Ruby). Η συντήρηση προτιμάει το Nd:YAG κατά κύριο λόγο, αφού κυρίως επικεντρώνεται στον καθαρισμό πέτρινων καλλιτεχνημάτων. Η πηγή laser αποτελείται από ράβδο γρανάτη υτρίου-αλουμινίου εμπλουτισμένου με ιόντα νεοδυμίου σε πολλαπλές διεγερμένες στάθμες. Αυτά τα ιόντα, αφού απορροφήσουν φως από μια λυχνία ξένον μεταπίπτουν στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμποντας μια σύμφωνη, μονοχρωματική δέσμη φωτός.

Το συγκεκριμένο είδος laser εκπέμπει παλμούς υψηλής έντασης. Ειδικότερα, τα φωτόνια αποθηκεύονται στο θάλαμο άντλησης ώσπου να αποκτήσουν υψηλή ένταση κατωφλίου. Κατόπιν απελευθερώνονται με τη μορφή ταχύτατων παλμών διάρκειας 6-15 nsec. Η ενέργεια κάθε παλμού φτάνει τα 10 J και ανάλογα με τη διάταξη, μπορούν να παραχθούν 1-60 παλμοί/sec. Επίσης τα laser διαθέτουν δύο βασικές λειτουργίες, συνεχή ή παλμική. Στη συνεχή λειτουργία, η εκπομπή από την κοιλότητα συντονισμού είναι συνεχιζόμενη, ενώ στην παλμική πραγματοποιείται κατά διαστήματα.

Όπως είπαμε και πιο πάνω, η συντήρηση έργων τέχνης με laser επικεντρώνεται κυρίως στον καθαρισμό της πέτρας από τους βιολογικούς οργανισμούς που αναπτύσσονται πάνω της με το χρόνο, από τη μαύρη κρούστα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και από τον αποχρωματισμό (κιτρίνισμα) της λόγω χρόνου. Πέτρες που εκτίθενται σε αστικά περιβάλλοντα αναπτύσσουν στην επι-

φάνειά τους την τυπική διαδικασία θείωσης, με το ανθρακικό ασβέστιο να μετατρέπεται σε γύψο, οδηγώντας τελικά σε εξασθένηση του υλικού και της σταθερότητας του. Στη χειρότερη περίπτωση οδηγούμαστε ακόμα και σε απώλεια υλικών. Σε τέτοια περιστατικά η αποκατάσταση πρέπει να είναι άμεση ώστε να εξασφαλιστεί η σταθερότητα της επιφάνειας. Είναι απαραίτητο λοιπόν η μέθοδος που θα επιλέξουμε να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο παρεμβατική, ακόμα και να φέρεται επιλεκτικά στην επιφάνεια προς συντήρηση και στα υλικά προς απομάκρυνση.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι περιλαμβάνουν μηχανική απομάκρυνση ή χημικές αντιδράσεις. Η διάβρωση της κρούστας με μικρο-αμμοβολή προκαλείται από την κινητική ενέργεια και δεν μπορεί να είναι επιλεκτική. Η χρήση ανθρακικού αμμονίου ή άλλων χημικών αντιδρώντων έχουν τέτοια μειονεκτήματα τα οποία είναι πολύ δύσκολο να ελέγξουμε. Μία καλή απάντηση σε τέτοια προβλήματα είναι το laser: προοδευτικό, ακριβές, επιλεκτικό. Η φυσική διαδικασία που ακολουθείται είναι αφαίρεση με laser ανόργανων (πολλές φορές και οργανικών) στρωμάτων που αποτελούν την κρούστα προς απομάκρυνση.

Η αφαίρεση με laser (laser ablation) λαμβάνει χώρα όταν ο παλμός ακτινοβολίας laser απορροφάται από την επιφάνεια του υλικού, με αποτέλεσμα τη ραγδαία μετάβασή του από τη στερεά κατάσταση σε αέρια, ατμό ή πλάσμα. Αυτή η ξαφνική αλλαγή φάσης προκαλεί αύξηση θερμοκρασίας και αφαίρεση υλικών σε μορφή ατμών.

Το laser δουλεύει επιδερμικά επάνω στην πέτρα, όπου μόνο μερικά μm απορροφούν κά-

θε φορά την ακτινοβολία. Η επιλεκτική αφαίρεση γίνεται δυνατή, καθώς τα σκουρόχρωμα υλικά (η κρούστα βρωμιάς δηλαδή) απορροφούν πολύ πιο εύκολα την ακτινοβολία από τα ανοιχτόχρωμα (το υπόστρωμα προς συντήρηση).

Για να είμαστε δίκαιοι φυσικά, πρέπει να θυμόμαστε και τα μειονεκτήματα που μπορεί να παρουσιάζει μια μέθοδος τόσο εξελιγμένη τεχνολογικά όσο το laser. Καταρχάς θα πρέπει να εφαρμόζεται μόνο από εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο προσωπικό που έχει βαθιές γνώσεις τόσο συντήρησης όσο και Φυσικής. Επιπλέον, κύριο μέλημά μας πάντα είναι να προστατέψουμε όσο το δυνατό καλύτερα το καλλιτέχνημα που θέλουμε να συντηρήσουμε, οπότε το αν θα χρησιμοποιήσουμε laser και με ποιο τρόπο είναι ένα ερώτημα που ο κάθε συντηρητής πρέπει να σκεφτεί σοβαρά. Τις περισσότερες φορές μάλιστα γίνεται συνδυασμός του laser με παραδοσιακές μεθόδους καθαρισμού κατά το βέλτιστο τρόπο. Τέλος, υπάρχουν ειδικές προδιαγραφές ασφαλείας για το χώρο που στήνεται το laser και το συντηρητή που το χρησιμοποιεί: συστήματα εξαερισμού, φωτεινά σήματα, γάντια, γυαλιά και μάσκες προστασίας.

Από την άλλη, χρησιμοποιεί μόνο ενέργεια ακτινοβολίας και όχι νερό, χημικά, αποξεστικά εργαλεία ή πίεση. Σε εύθραυστες, ξεφτισμένες ή αποσυντεθειμένες επιφάνειες είναι πιο πιθανό να αποφύγουμε φυσική ζημιά στην πέτρα με τη χρήση laser απ' ό,τι με παραδοσιακές μεθόδους. Στο παρελθόν, για τέτοιου είδους μεθόδους, ήταν απαραίτητη η ενίσχυση της πέτρας με ενέσεις συνδετικού υλικού, συνήθως ethyl silicate. Το laser όμως είναι

μία άκρως επιλεκτική μέθοδος ικανή να αφαιρέσει τα λεπτότερα στρώματα, αρκεί να είναι διαφορετικά σε υφή από το εκάστοτε υπόστρωμα. Ο καθαρισμός με laser μπορεί να σταματήσει ανά πάσα στιγμή για να ελεγχθεί η πρόοδος που έχει γίνει και να συνεχιστεί αργότερα.

Όλα αυτά τα πλεονεκτήματα καθιστούν τη συντήρηση με laser ιδανική επιλογή ιδιαίτερα αν το υλικό έχει καταστεί εύθραυστο από αλλοιώσεις. Παρά το ότι είναι ανώτερο σε πολλά σημεία από πολλές μεθόδους, είναι μία χρονοβόρα διαδικασία και ακριβή, και δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλές επιφάνειες. Συνηθισμένο φαινόμενο είναι η εφαρμογή ως και τεσσάρων διαφορετικών laser για τον καθαρισμό δύσκολων επιφανειών.

Το laser δεν έχει αντικαταστήσει ολοκληρωτικά τις υπόλοιπες μεθόδους αλλά έχει κατακτήσει τη θέση του ανάμεσα στα όπλα που διαθέτουν οι συντηρητές, μαζί με τη μικροαμμοβολή, τα καταπλάσματα και τα χειροκίνητα εργαλεία. Η επιλογή κάθε φορά της κατάλληλης διαδικασίας εξαρτάται από το είδος των λεκέδων ή τον πρότερο καθαρισμό της επιφάνειας, ενώ συνίσταται ο δειγματοληπτικός έλεγχος ενός μικρού κομματιού. Αυτά και άλλα πολλά λοιπόν έμαθα μαζί με το φίλο μου στο μάθημα της συντήρησης έργων τέχνης και πραγματικά δεν το μετανιώνω καθόλου που τον ακολούθησα αυτή τη φορά. Ανακαλύψαμε ότι μερικές φορές η Φυσική είναι σε μέρη που δεν την περιμένεις κι αν έχεις όρεξη μπορείς κάθε μέρα να ανακαλύπτεις κάτι καινούριο σε αυτή την επιστήμη.

Πρόγραμμα συντήρησης και αποκατάστασης για τις Καρυάτιδες του Μουσείου Ακρόπολης

Η τεχνική καθαρισμού με λέιζερ εφαρμόζεται στο Μουσείο της Ακρόπολης και έχει αναπτυχθεί σε συνεργασία με το Ινστιτούτο Ηλεκτρονικής Δομής και Λέιζερ του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας Κρήτης.



Το Μουσείο επέλεξε να μην απομακρύνει τις Καρυάτιδες από τις αίθουσες του Μουσείου. Η ειδικά σχεδιασμένη πλατφόρμα επιτρέπει την απομόνωση ενός αγάλματος κάθε φορά και την προστασία των επισκεπτών με προστατευτικά πετάσματα τις ώρες χρήσης του λέιζερ, τα οποία θα απομακρύνονται στη συνέχεια ελευθερώνοντας τη θέαση του γλυπτού.

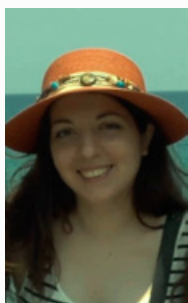


<http://www.theacropolismuseum.gr/el/content/parakolythisi-syntirisis-karyatidon>



Συμβαίνουν στο Τμήμα

Παράλληλα Σύμπαντα εντός ΣΘΕ



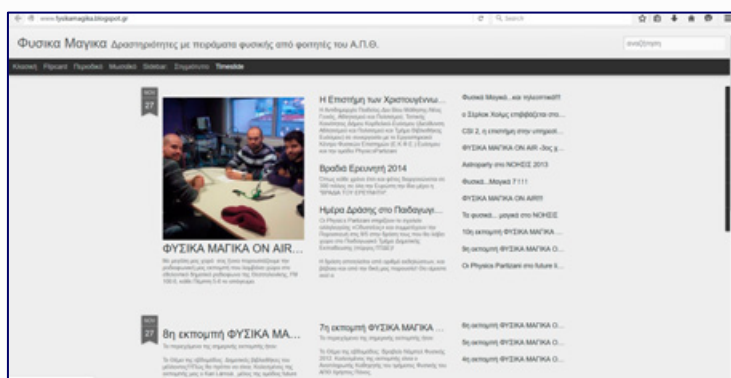
**Θεοδοσία
Χαραλαμπίδου**
Φοιτήτρια
Τμ. Φυσικής

- Υπάρχουν παράλληλα σύμπαντα;
- Ναι! Υπάρχουν! Και οι Φυσικοί της ΣΘΕ Θεσσαλονίκης έχουν βρει τρόπο να βρίσκονται όχι απλά σε ένα αλλά σε δυο, τρία ή και τέσσερα ταυτόχρονα και να ανακαλύπτουν νέους κόσμους! Δημιουργούν, διασκεδάζουν και ταξιδεύουν μαθαίνοντας...
Σας δίνουμε ένα "χάρτη προσανατολισμού" και σας καλούμε να μας ακολουθήσετε σε αυτό το ταξίδι, στο άπειρο κι ακόμα παραπέρα..!

Φυσικά...Μαγικό

Είναι ένα σύμπαν τρελό, επαναστατικό και φυσικά..μαγικό! Είναι οι **Physics Partizani**, οι επαναστάτες φυσικοί που θέλησαν να ανακαλύψουν τη μαγεία της Φυσικής! Πειραματίζονται με τους φυσικούς νόμους και ταξιδεύουν μαγεύοντας τους πάντες... Ακολουθήστε τους

• www.fysikamagika.blogspot.gr • fysikamagika@gmail.com • fb page: **Physics Partizani**



Δημοσιογραφικό

Ένα απίστευτο φαινόμενο είναι η ομάδα του "Φαινόμενον"! Εξερευνά στο σύμπαν αυτό από το 1992! Δεν χρειάζονται πολλά λόγια για τους ρεπόρτερς-συντάκτες αυτού του περιοδικού... Απλά διαβάστε το! Τα μέλη του ανανεώνονται τακτικά και υπάρχει συνεχώς ανάγκη για νέους θαρραλέους αρθρογράφους-συνταξιδιώτες!

• phenomenon@physics.auth.gr
• www.phenomenon.physics.auth.gr

Θεατρικό

Είναι ένα από τα πρώτα υπέροχα σύμπαντα που ανακάλυψαν οι Φυσικοί! Η Θεατρική ομάδα του Φυσικού κάνει νυχτερινούς περιπάτους αναζήτησης Ζωής στο σύμπαν αυτό, μέσα από το κεντρικό αμφιθέατρο της ΣΘΕ κάθε Δευτέρα και Τετάρτη στις 21:00.

• kiriakosdaniil@gmail.com
• fb page: **ΘΕΑΤΡΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΦΥΣΙΚΟΥ**



Σκακιστικά και άλλα...

Ένα σύμπαν διασκέδασης και ... στρατηγικής! Κάποια πρωινά ανοίγει μια πόρτα προς το σύμπαν αυτό από τον **Σκακιστικό όμιλο ΣΘΕ** (Δυτική πτέρυγα ΣΘΕ, τέλος του διαδρόμου πίσω από το κυλικείο) για παιχνίδια που ακονίζουν τη σκέψη όπως σκάκι ή go!

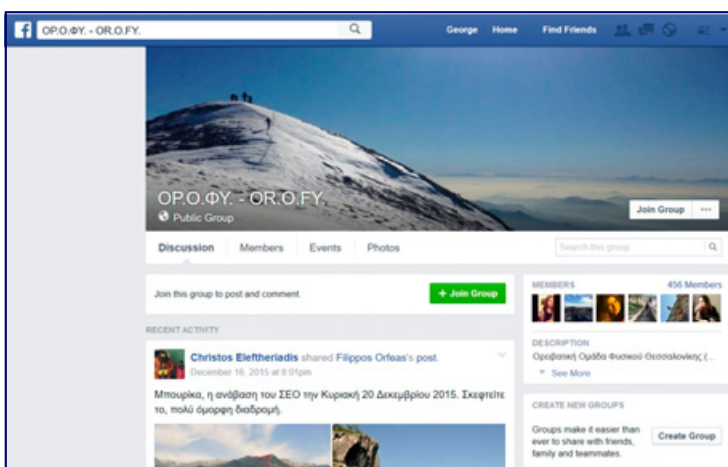
- kokkinos_kanapes@hotmail.com



Ορειβατικό

Ανακαλύφθηκε όταν οι Φυσικοί είπαν να πάρουν ...τα βουνά! Το σύμπαν αυτό προσφέρεται για εξερευνήσεις με στόχο την κορυφή! Η **Ορειβατική ομάδα Φυσικού (ΟΡ.Ο.ΦΥ)** έχει κατακτήσει ήδη αρκετές κορυφές και συνεχίζει σχεδιάζοντας νέες συμπαντικές διαδρομές...

- orofy@physics.auth.gr
- fb page: **ΟΡ.Ο.ΦΥ - OR.O.FY**



Αθλητικό

Αθλος είναι να είσαι Φυσικός αλλά το μυαλό δε γυμνάζεται καλά αν δεν ακολουθεί το σώμα! Έτσι σκέφτηκαν οι Φυσικοί και ξεκίνησαν την προπόνηση...! Ομάδες ποδοσφαίρου, μπάσκετ και ότι άλλο κάνει καλό, καθώς “νους υγιής εν σώματι υγεί”!

- **Πανεπιστημιακό Γυμναστήριο ΑΠΘ:**
www.gym.web.auth.gr



Path...

Ένα μονοπάτι προς ένα καινούργιο σύμπαν μόλις άρχισε να δημιουργείται... Η ομάδα Path (Physicists Aristotle university of Thessaloniki) μας καλεί να κάνουμε τα πρώτα βήματα στο σύμπαν της επιστημονικής έρευνας, μέσα από εκδηλώσεις-ομιλίες-σεμινάρια από Φυσικούς για Φυσικούς!

- path_auth@yahoo.com
- fb page: **Path**



ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ

1. Οπτικό όργανο που χρησιμοποίησαν οι Michelson και Morley στο διάσημο πείραμά τους (το οποίο απέτυχε να ανιχνεύσει τον υποθετικό αιθέρα και οδήγησε στην ανάπτυξη της ειδικής θεωρίας της σχετικότητας).
2. Το δεύτερο σε αφθονία χημικό στοιχείο στο σύμπαν – Οι μελανές ... τελικά εκπέμπουν ακτινοβολία (Hawking) – Άλγεβρα χρησιμοποιείται στη σύγχρονη θεωρητική φυσική (αντίστροφα).
3. Η ... της συμμετρίας για την ηλεκτρασθενή δύναμη συνέβη όταν η θερμοκρασία του σύμπαντος έγινε μικρότερη από 10^{15} K – Λεπτόνιο με μάζα σχεδόν διπλάσια του πρωτονίου!
4. Διατύπωσε τον πιο γνωστό ίσως νόμο για τα ηλεκτρικά κυκλώματα (μια γραφή) – Το αντισωματίδιο του καονίου (συντομογρ.)
5. Ο 3ος πλανήτης του ηλιακού συστήματος – Το spin του φωτονίου (στα αγγλικά!) – “Δορυφόροι” του P – Δύο από τα υπερόνια
6. Το σύμβολο του ίππου (μονάδα ισχύος) – Λογική πύλη που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρονικά κυκλώματα (αγγλ.) – Των υγρών μπορεί να είναι στρωτή ή τυρβώδης
7. Η σταθερότητά τους, παρά τις μεταξύ τους συγκρούσεις, οφείλεται στην κβάντωση – Χρονική στιγμή με ιδιαίτερη βαρύτητα για εμάς, αλλά όχι για τη φυσική!
8. Μπέραρντ ...: διάσημος θεατρικός συγγραφέας (μια γραφή) – Μονάδα μέτρησης που οι υποδιαιρέσεις της ακολουθούν το εξηνταδικό σύστημα – Σύμβολο βασικής αριθμητικής πράξης
9. Η ποσότητα που χρησιμοποιείται γενικά για την μέτρηση ενός μεγέθους (καθαρεύουσα) – Μπορούμε να τον δούμε στον παλμογράφο (2 λέξεις, αρχικά) – Ραδιοφωνικά κύματα με διαμόρφωση πλάτους (σύμβ.)
10. Αποτελούν το μόριο ουσίας που πρόσφατα ανακαλύφθηκε και σε υγρή μορφή στον Άρη (σύμβ.) – Με αυτό το γράμμα συμβολίζεται η κυματοσυνάρτηση (αντίστροφα) – Με αυτά λύνεται το παράδοξο του Ζήνωνα για τον Αχιλλέα και τη χελώνα

ΚΑΘΕΤΑ

1. Φαινόμενο ...: επιτρέπει στα σωματίδια να περάσουν από φράγματα που θα ήταν αδύνατο σύμφωνα με την κλασική φυσική.
2. Τα στοιχειώδη σωματίδια που την απαρτί-

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

Χρήστος Παπαπαντελής
Φοιτητής Τμ. Φυσικής

- ζουν είναι φερμιόνια – Σύνολο που αποτελείται από τα κοινά στοιχεία δυο συνόλων
3. Η κατάλληλη ... των χρωμάτων της ίριδας δίνει λευκό – Ήχος ... ασύμφωνος – Το υδροξύλιο
 4. Συνεχής, ακαθόριστος ήχος – Η κυματοσυνάρτηση μπορεί να εκφραστεί είτε στο χώρο των θέσεων, είτε στο χώρο των ...
 5. Πριν την εκτέλεση κάποιου πειράματος, πρέπει συνήθως να πατήσουμε αυτόν τον διακόπτη (αγγλ.) – Εισάγει συμπερασματική πρόταση
 6. Μονάδα φωτεινής ισχύος (ροής) που χρησιμοποιείται πλέον στους λαμπτήρες, η οποία λαβαίνει υπόψη της την ευαισθησία του ανθρώπινου ματιού στις διάφορες συχνότητες – Είναι τα μέλη μιας εξίσωσης (αντίστρ.)
 7. Συνεχόμενα στο αλφάβητο – Άρθρο (αντίστρ.)
 8. Το φαινόμενο της περιοδικής μεταβολής της διεύθυνσης του γήινου άξονα, με περίοδο 26000 έτη
 9. Το ατομικό μοντέλο του Bohr, αν και σχετικά σύγχρονο, είχε ακόμη μια έντονη ... κλασικής φυσικής (ξένη λέξη) – Ο τομέας φυσικής περιβάλλοντος μελετάει και τους αέριους ... (αιτιατική ενικού)
 10. Χρησιμοποιείται για τη μεταφορά ηλ. ρεύματος σε μεγάλες αποστάσεις (αρχικά) – Διάσημη ταινία του Ακίρα Κουροσάβα
 11. Σύμβολο του π σε γλώσσες προγραμματισμού και υπολογιστικές εφαρμογές – Είναι το όριο της κυματοσυνάρτησης στο μείον άπειρο με το όριο στο συν άπειρο – Αρχικά για την τεχνητή νοημοσύνη (αγγλ.)
 12. Το γενικευμένο συχνά αποκλίνει.



Συνέβησαν στο Τμήμα

• Ορκωμοσία διδασκόντων

Στις 27/1/2015 και 2/3/2015 ορκίστηκαν οι νέοι διδάκτορες του Τμήματος Φυσικής.

ΔΙΔΑΚΤΟΡΑΣ	ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ	ΘΕΜΑ
Chandran Narendrapaj	Ευστάθιος Πολυχρονιάδης	Μικρο- και Νανο-δομικός χαρακτηρισμός του Ανθρακο-πυριτίου (SiC) και συναφών υλικών, για ημιαγωγικές διατάξεις ισχύος, με τη χρήση Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Διέλευσης (TEM).
Κουκουλά Τριανταφυλλιά	Θωμάς Κεχαγιάς	Δομικές ιδιότητες και φαινόμενα σε σύνθετους ημιαγωγούς III-N χαμηλών διαστάσεων.
Νικόλαος Μπάστας	Παναγιώτης Αργυράκης	Δομικές διεργασίες και εφαρμογές της θεωρίας διάχυσης σε συστήματα πολλαπλής κλίμακας που παρουσιάζουν στοχαστικά φαινόμενα.
Καλλιόπη—Λουίζα Σωτηροπούλου	Σπυρίδων Νικολαΐδης	Ανάπτυξη πολυεπεξεργαστικών συστημάτων για υλοποίηση εφαρμογών.
Νικόλαος Φασαράκης	Χαράλαμπος Δημητριάδης	Νανο-τρανζίστορ MOSFET πολλαπλών πυλών: Συμπαγή μοντέλα ρεύματος και θορύβου για ανάπτυξη εργαλείων αυτοματοποιημένου σχεδιασμού νανο-ηλεκτρονικών.
Κωνσταντίνος Φράγκος	Αλκιβιάδης Μπάης	Μελέτη του ατμοσφαιρικού όζοντος με τη χρήση μεθόδων φασματοφωτομετρικής τηλεπισκόπησης.





Συνέβησαν στο Τμήμα

• Ορκωμοσίες πτυχιούχων

Τη Δευτέρα 30/3/2015 πραγματοποιήθηκε στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. ορκωμοσία νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.

ΟΙ ΝΕΟΙ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ	ΤΗΛΕΜΑΧΟΣ	ΚΑΛΦΑ	ΙΩΑΝΝΑ
ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ	ΣΩΤΗΡΙΟΣ	ΚΑΡΑΛΑΚΗ	ΧΡΙΣΤΙΑΝΝΑ
ΒΑΪΚΟΥΣΗ	ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ	ΚΑΡΒΟΥΝΙΑΡΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΒΑΣΙΛΑΚΟΠΟΥΛΟΣ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΚΑΡΚΑΝΙΑ	ΧΡΥΣΑΝΘΗ
ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ	ΗΡΑ	ΚΑΤΟΥΝΗ	ΜΑΡΙΑ
ΓΙΑΚΑΛΗΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	ΚΛΑΔΙΑΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΓΚΑΝΟΥΛΗ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ	ΚΟΥΤΚΟΥΣΗΣ	ΠΑΝΤΕΛΗΣ
ΔΗΜΗΤΡΙΑΔΟΥ	ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΑ	ΚΥΡΙΜΗΣ	ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ
ΖΟΡΜΠΙΑΣ	ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΙΩΑΝΝΙΔΗ	ΚΑΛΛΙΟΠΗ	ΛΑΠΠΑ	ΕΙΡΗΝΗ
ΚΑΚΛΑΜΑΝΟΣ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΛΥΚΑΡΤΣΗ	ΕΛΕΝΗ
ΚΑΛΠΑΞΙΔΟΥ	ΖΩΗ	ΜΑΥΡΙΔΗΣ	ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ





ΜΕΤΖΙΔΑΚΗΣ	ΜΙΧΑΗΛ
ΜΗΛΟΠΟΥΛΟΣ	ΣΑΒΒΑΣ
ΜΙΓΚΑΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΜΠΑΜΠΑΛΗΣ	ΣΕΡΓΙΟΣ
ΜΠΕΣΙΡΙ	ΕΥΑ
ΜΠΟΥΤΑΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΜΠΟΥΛΙΝΑΚΗ	ΕΙΡΗΝΗ
ΝΤΟΜΠΡΟΥΓΚΙΔΗΣ	ΒΙΤΑΛΙΟΣ
ΝΤΟΜΠΡΟΥΓΚΙΔΗΣ	ΒΑΝΤΙΜ
ΕΥΓΓΗ	ΜΑΡΙΑ
ΠΑΠΑΣΤΕΡΓΙΟΥ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΠΑΡΑΣΤΑΤΙΔΗΣ	ΣΠΥΡΙΔΩΝ
ΠΑΡΑΣΧΟΥ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ
ΠΕΖΟΔΡΟΜΟΥ	ΣΟΥΛΑΤΑΝΑ
ΡΑΠΤΗΣ	ΑΠΟΣΤΟΛΟΣ

ΣΑΒΒΙΔΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΣΑΛΟΝΙΚΙΔΟΥ	ΦΩΤΕΙΝΗ
ΣΟΜΠΟΝΗ	ΒΑΣΙΛΙΚΗ
ΣΠΑΝΔΩΝΙΔΟΥ	ΜΑΡΙΑ ΙΩΑΝΝΑ
ΣΤΑΪΟΣ	ΜΙΧΑΗΛ
ΣΤΑΜΟΥΛΗ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΣΤΟΓΙΑΝΝΟΥ	ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ
ΤΑΜΠΑΚΑ	ΕΛΕΝΗ
ΤΕΚΕΛΙΩΤΗΣ	ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ
ΤΖΗΜΠΟΥΚΑ	ΙΩΑΝΝΑ
ΤΟΠΑΛΙΔΟΥ	ΑΛΕΞΙΑ
ΤΣΑΜΗΣ	ΘΩΜΑΣ
ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΗΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΧΡΙΣΤΕΛΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΨΥΛΛΙΔΗΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ



Συνέβησαν στο Τμήμα

• Ορκωμοσίες πτυχιούχων

Την Τετάρτη 15/7/2015 και την Παρασκευή 24/7/2015 πραγματοποιήθηκαν στην Αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. ορκωμοσίες νέων πτυχιούχων του Τμήματος Φυσικής.

ΟΙ ΝΕΟΙ ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΙ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

ΚΟΥΡΑΙΤΗΣ	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ	ΚΟΜΠΑΤΣΙΑΡΗ	ΜΑΡΙΕΤΤΑ
ΑΛΕΠΙΔΗΣ	ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ	ΚΟΥΡΤΙΔΟΥ	ΔΗΜΗΤΡΑ
ΑΡΒΑΝΙΤΙΔΗΣ	ΛΑΖΑΡΟΣ	ΚΥΡΚΟΣ	ΠΑΡΑΣΧΟΣ
ΒΑΛΑΒΑΝΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΛΕΙΛΟΓΛΟΥ	ΜΑΡΙΑ
ΒΑΡΒΕΛΗΣ	ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ	ΛΙΟΥΤΑΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΒΟΥΛΓΑΡΙΔΟΥ	ΒΑΣΙΛΙΚΗ	ΜΑΔΙΚΑ	ΕΥΤΥΧΙΑ
ΓΕΩΡΓΙΑ	ΛΑΜΠΡΙΝΗ	ΜΑΚΡΗΣ	ΓΙΩΡΓΟΣ
ΓΙΑΝΝΑΚΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ		ΑΓΓΕΛΟΣ
ΓΙΑΝΝΑΚΟΠΟΥΛΟΣ	ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ	ΜΑΡΙΝΟΠΟΥΛΟΥ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΓΙΑΡΕΜΗΣ	ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΜΙΣΔΑΝΙΤΗ	ΣΤΑΥΡΟΥΛΑ
ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ	ΛΕΩΝΙΔΑΣ	ΜΟΝΕ	ΑΛΕΞΙΑ
ΔΟΑΝΗΣ	ΠΑΥΛΟΣ	ΜΟΥΣΙΟΣ	ΤΖΟΑΝΑ
ΖΑΧΑΡΟΠΟΥΛΟΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ	ΜΠΟΥΤΖΗ	ΣΠΥΡΟΣ
	ΝΙΚΟΛΑΟΣ	ΜΠΥΡΟΣ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ
ΖΩΓΡΑΦΟΣ	ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΚΛΑΜΑΝΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ	ΠΑΖΟΥΛΗ	ΔΕΣΠΟΙΝΑ
ΚΑΛΛΙΑΝΤΑΣΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ	ΠΑΛΛΑΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΚΑΜΑΡΑΚΗ	ΧΡΙΣΤΙΝΑ	ΠΑΠΠΑ	ΤΑΝΙΑ
ΚΑΡΑΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ	ΧΡΗΣΤΟΣ	ΠΑΡΑΣΧΗ	ΑΓΓΕΛΙΚΗ
ΚΑΡΠΟΥΖΑΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	ΠΑΤΕΛΟΥΔΗΣ	ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ
ΚΑΡΥΓΙΑΝΝΗΣ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ	ΠΑΤΣΑΜΑΝΗΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΑΤΡΑΝΤΖΗΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ	ΠΛΕΣΙΑ	ΜΑΡΙΑ
ΚΑΤΣΟΥΛΑ	ΔΗΜΗΤΡΑ	ΠΟΥΡΓΟΥΡΗΣ	ΜΑΡΙΟΣ
ΚΑΤΣΟΥΡΗΣ	ΣΠΥΡΙΔΩΝ	ΠΡΙΜΙΔΗΣ	ΘΩΜΑΣ
ΚΕΣΙΣΟΓΛΟΥ	ΙΩΑΝΝΗΣ	ΠΥΡΡΟΣ	ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ



ΡΕΠΑΤΣΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΡΟΥΤΣΩΝΗΣ	ΚΟΡΝΗΛΙΟΣ
ΣΑΜΑΡΑ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΧΡΥΣΟΣΤΟΜΙΔΟΥ	ΧΑΡΙΛΑΟΣ
ΣΑΟΥΛΙΔΗΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΙΔΗΡΟΠΟΥΛΟΣ	ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΚΟΝΤΟΣ	ΙΩΑΝΝΗΣ
ΣΚΟΥΡΤΙΑΣ	ΕΙΡΗΝΗ
ΣΜΥΡΛΗΣ	ΧΡΥΣΟΒΑΛΑΝΤΟΥ
ΣΤΕΡΓΙΟΥΛΑ	ΤΡΥΦΩΝ
ΤΙΤΟΝΗΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ	ΓΡΗΓΟΡΙΑ
ΤΣΑΚΙΡΗ	ΦΩΤΕΙΝΗ
ΤΣΕΡΕΛΗ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΤΣΙΡΚΟΣ	ΣΠΥΡΙΔΩΝ
ΦΑΚΙΟΛΑΣ	

ΦΡΑΓΓΟΣ	ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ
ΦΡΑΓΚΟΣ	ΠΑΝΤΕΛΗΣ
ΧΑΔΟΥΛΟΥ	ΣΤΕΛΛΑ
ΧΗΡΑ	ΜΑΡΙΑ
ΨΑΛΛΙΔΑΣ	ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑΥΡΟΛΕΞΟΥ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Σ	Υ	Μ	Β	Ο	Λ	Ο	Μ	Ε	Τ	Ρ	Ο
2	Η	Λ	Ι	Ο		Ο	Π	Ε	Σ		Ι	Λ
3	Ρ	Η	Ξ	Η		Υ		Τ	Α	Υ		Ο
4	Α		Η		Ο	Μ		Α	Ν	Τ	Ι	Κ
5	Γ	Η		Ο	Ν	Ε		Π	Σ		Σ	Λ
6	Γ		Η	Ρ		Ν	Ο	Τ		Ρ	Ο	Η
7	Α	Τ	Ο	Μ	Α		Τ	Ω	Ρ	Α		Ρ
8	Σ	Ο		Ω	Ρ	Α		Σ	Υ	Ν		Ω
9		Μ	Ο	Ν	Α	Σ		Η	Π		Α	Μ
10	Ο	Η	Η			Ι	Ψ		Ο	Ρ	Ι	Α

40 χρόνια Φυσική – 40 χρόνια Φυσικοί Συνάντηση για τα 40 χρόνια από την εισαγωγή στο Τμήμα

Το Σάββατο 28 Νοεμβρίου 2015, στις 17:00, πραγματοποιήθηκε στη Σχολή Θετικών Επιστημών, συνάντηση των παλαιών συμφοιτητών, που πέρασαν στο Τμήμα Φυσικής το 1975, με την ευκαιρία της συμπλήρωσης 40 χρόνων από την εισαγωγή τους. Η οργάνωση της συνάντησης ξεκίνησε πολλούς μήνες νωρίτερα, με μεγάλη προσπάθεια και κόπο, αφού δεν υπήρχαν αντίστοιχα αρχεία στο Τμήμα, και η επικοινωνία μεταξύ των μελών είχε χαθεί. Το τελικό αποτέλεσμα όμως, δικαίωσε όλη τη προσπάθεια. Περίπου 140 πρώην συμφοιτητές και νυν Φυσικοί, έδωσαν το παρόν στη πρόσκληση. Η εκδήλωση ξεκίνησε με μια πρώτη επαφή στην είσοδο του μεγάλου αμφιθεάτρου της ΦΜΣ, όπου έγιναν οι εγγραφές και παραλήφθηκαν τα προσωπικά καρτελάκια (έπρεπε να γίνουμε από αγνώριστοι, αναγνωρίσιμοι!). Στη συνέχεια, κουβε-

ντούλα και φωτογραφίες, στο μεγάλο αμφιθέατρο με τις πολλές αναμνήσεις, και εκδήλωση στην Α31, με ομιλίες και παρουσιάσεις παλαιών δραστηριοτήτων και φωτογραφιών από μαθήματα, βιβλία και εκδρομές. Μας τίμησαν με τη παρουσία τους και μίλησαν για το παρελθόν, πολλοί παλαιοί καθηγητές μας. Η κα Ε. Παπαδημητράκη-Χλίχλια, ο κος Π. Ρεντζεπέρης, ο κος Γ. Μπόζης, ο κος Ν. Σπύρου, ο κος Θ. Καρακώστας, ο κος Ι. Στοϊμένος, ο κος Χ. Βάρβογλης και ο κος Γ. Βουτσάς. Η συνέχεια δόθηκε στη φοιτητική Λέσχη, με γεύμα, γλυκά και άφθονο κρασί, κέφι και αναμνηστικές φωτογραφίες. Η εκδήλωση θα παρουσιασθεί αναλυτικά στο επόμενο τεύχος, με την ευχή να βρει συνεχιστές.

Ιωάννης Στούμπουλος
Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής





Συνέβησαν στο Τμήμα

Την Τρίτη 8/12/2015 πραγματοποιήθηκε εκδήλωση για τα 50 χρόνια από την ίδρυση του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών της Ηλεκτρονικής Φυσικής (Ραδιοηλεκτρολογίας) που ήταν και το πρώτο που ιδρύθηκε στο Τμήμα Φυσικής το 1965. Είχε προηγηθεί το αντίστοιχο Τμήμα του Πανεπιστημίου Αθηνών, για να καλύψει τις ανάγκες, κυρίως του ΟΤΕ. Χρειάστηκαν οι φοιτητικές κινητοποιήσεις του 1964 με απεργίες και αγώνες για να ιδρυθεί και να εξελιχθεί έως σήμερα σαν ένα από τα αρχαιότερα όσο και πιο επιτυχημένα Μεταπτυχιακά Προγράμματα Σπουδών διετούς διάρκειας.

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

**ΠΜΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
(ΡΑΔΙΟΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ)**

50 χρόνια
1965-2015
ΚΩΣΤΗΣ ΜΕΡΑ
ΑΥΡΙΟ

50 χρόνια εκπαίδευσης - έρευνας - ανάπτυξης
στην Ηλεκτρονική και τις Τηλεπικοινωνίες

*Παλαιοί και νέοι απόφοιτοι θα μιλήσουν για τη συμβολή
του μεταπτυχιακού στην επαγγελματική τους σταδιοδρομία
και για τις ευκαιρίες και τις προοπτικές του κλάδου*

Τρίτη 8/12/2015, ώρα 6μμ
Αίθουσα Α31 της Σχολής Θετικών Επιστημών

 
ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΡΕΥΝΑΣ
Αρμόδια και Συντονίστρια: Θεοφανώτα
Για τον λόγο του Τμήματος Φυσικής και της
Επιτροπής Ερευνών ΑΠΘ

elec@physics.auth.gr
<http://elec.physics.auth.gr>
 [elec.auth](https://www.facebook.com/elec.auth)



Από την εκδήλωση για τα 40
χρόνια από την εισαγωγή στο
Τμήμα Φυσικής.



Στις 20 Δεκεμβρίου 2013 ορίστηκε, από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών, το 2015 ως Διεθνές Έτος Φωτός και Τεχνολογιών που βασίζονται στο φως.

Στην απόφαση αυτή συνδέτιναι η πληθώρα των εφαρμογών που στηρίζονται στο φως, αλλά και η αναγκαιότητα για την προώθηση λύσεων βιώσιμης ανάπτυξης στους τομείς της ενέργειας, της γεωργίας, της υγείας και της εκπαίδευσης.

Το φως παίζει ζωτικό ρόλο στην καθημερινή μας ζωή αλλά αποτελεί και έναν αναπόσπαστο και πολυσχιδή τομέα της επιστήμης του 21^{ου} αιώνα. Έχει αδιαμφισβήτητη συνεισφορά στην ιατρική, στις τεχνολογίες διάδοσης πληροφορίας και έχει κεντρικό ρόλο στις πολιτιστικές, οικονομικές και πολιτικές εκφάνσεις της κοινωνίας. Το φως είναι παντού. Μας επιτρέπει να εκτελούμε τις καθημερινές μας δραστηριότητες και είναι αναπόσπαστο κομμάτι των τεχνολογικών και βιοϊατρικών επιτευγμάτων αλλά και της ψυχαγωγίας μας.

Ήλιος: Το φως του ήλιου είναι απαραίτητο για την ύπαρξη και διατήρηση της ζωής στη Γη μέσω της φωτοσύνθεσης. Μηχανισμοί αλληλεπίδρασης του φωτός του ήλιου με τον περιβάλλοντα χώρο είναι αυτοί που προσδίδουν πληθώρα χρωμάτων, από το ουράνιο τόξο και το μπλε του ουρανού μέχρι τα φύλλα των δέντρων και τα φτερά των πουλιών.

Laser: Χρησιμοποιείται εκτενώς σε καθημερινές δραστηριότητες από τη σάρωση barcodes στα σούπερ μάρκετ έως την εγγραφή & ανάγνωση CD και DVD.

Αλληλεπίδραση με την ύλη: Από τον τρόπο που το φως, προερχόμενο από κοινές λυχνίες έως και από Σύγχροτρα ή Free Electron Lasers, αλληλεπιδρά με την ύλη, προκύπτουν πληροφορίες για τη δομή και τη σύστασή της.

Τέχνες: Οι πίνακες ζωγραφικής και οι τοιχογραφίες είναι ένδειξη του τρόπου που, διαχρονικά και σε όλους τους πολιτισμούς του κόσμου, οι καλλιτέχνες διαχειρίζονται το φως και το χρώμα. Η μοντέρνα τεχνολογία προσφέρει καινούριες δυνατότητες στη διασκέδαση και την αρχιτεκτονική.

Ιατρική: Οι τεχνολογίες φωτονικής παρέχουν νέα διαγνωστικά και θεραπευτικά εργαλεία στην ιατρική και χειρουργική ενώ η πρόοδος στην οπτομετρία και τις επιστήμες της όρασης βελτιώνουν καθημερινά τις συνθήκες ζωής σε άτομα που το έχουν ανάγκη.

Φωτονική: Είναι ο τομέας της επιστήμης και της τεχνολογίας που ασχολείται με την εκπομπή, τον έλεγχο και την ανίχνευση του φωτός. Χάρη σε αυτή έχουν αναπτυχθεί τεχνολογίες των smartphones, laptops και συναφών συσκευών, το διαδίκτυο και πολλά ιατρικά μηχανήματα.

Ενέργεια: Το φως του ήλιου είναι η σημαντικότερη ανανεώσιμη, καθαρή πηγή ενέργειας που αναμένει περαιτέρω τεχνολογικές εξελίξεις για τη βέλτιστη αξιοποίησή του. Από την άλλη πλευρά, ισχυρές πηγές laser βελτιστοποιούνται για εφαρμογές στην ελεγχόμενη σύντηξη.

Φωτισμός και αρχιτεκτονική: Η παραγωγή αποδοτικότερων πηγών φωτισμού είναι ένα πεδίο εντατικής έρευνας καθώς ο φωτισμός ευθύνεται για το περίπου 20% της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας.

Τεχνολογίες επικοινωνίας: Μέσα κοινωνικής δικτύωσης, φθηνές τηλεφωνικές κλήσεις, βιντεο-κλήσεις με μέλη της οικογένειας, φίλους, συνεργάτες, είναι παραδείγματα επικοινωνίας μέσω του διαδικτύου, που καθίστανται δυνατές με τη βοήθεια του φωτός.

