



Φαινόμενο

Περίοδος Δ | Τεύχος 33 | Δεκέμβριος 2020

ISSN: 2529-1874/2529-1882 (online)

Οικονομική: Ισχυροποιώντας
ή αλλάζοντας το παράδειγμα;
Σελ. 10

Νανοσωματίδια, πλασμόνια,
χρώμα Μία σύντομη ιστορία
Σελ. 16

Ελληνίδες γυναίκες
που διέπρεψαν
στις φυσικές επιστήμες
Σελ. 26

Στέφανος Τραχανάς: Live συνέντευξη
από την ΡΑTh Σελ. 29

Νόμπελ Φυσικής 2020
για την ανακάλυψη πως ο σχηματισμός
των μαύρων τρυπών προβλέπεται από
τη Γενική Θεωρία της Σχετικότητας
Σελ. 1

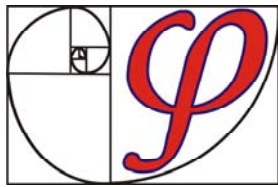
Μπράντφερ για την
καλύτερη ποιότητα
αέρα (Αθήνα-Θεσσαλονίκη)
Σελ. 3

Η θρυλική ηλιόπετρα
των Βίκινγκς Σελ. 7

Όταν η φύση παίζει με το φως

δομικός χρωματισμός στα ζώα και τα φυτά

Σελ. 19



Φαινόμενον

Περίοδος Δ' · Τεύχος 33
Δεκέμβριος 2020

Περιοδική έκδοση του Τμήματος
Φυσικής Α.Π.Θ. (προεδρία Δ. Μελά)

συντακτική ομάδα

Επιτροπή εκδόσεων, σεμιναρίων
και προβολής του Τμήματος
Φυσικής

Μαρία Κατσικίνη · Ελένη Βίγκα ·
Σπύρος Κασσαβέτης · Χαράλαμπος
Σαραφίδης · Νικόλαος Χαστάς ·
Παναγιώτης Πατσάλας · Αργύρης
Λασκαράκης · Ιωάννης Τσιαούσης

—
Δημήτριος Ευαγγελινός

στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν

Ιφιγένεια Γιαννακούδη
(φοιτήτρια Τμ. Φυσικής)

Σπύρος Κασσαβέτης
(ΕΔΙΠ Τμ. Φυσικής)

Μαρία Κατσικίνη
(αναπλ. καθηγήτρια Τμ. Φυσικής)

Μαρία Κρικέλη
(φοιτήτρια Παν. Σύδνεϋ)

Φιλοθέη Μπουφίδου
(διπλωματούχος ΠΜΣ Τμ. Φυσικής)

Μίλαν Τσομπάνογλου
(φοιτητής Τμ. Φυσικής)

Νικόλαος Χατζαράκης
(πτυχιούχος Τμ. Φυσικής)

Εκτύπωση

COPYCITY Ε.Π.Ε.

ψηφιακή έκδοση

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

E-mail επικοινωνίας:

phenomenon@physics.auth.gr

facebook: Περιοδικό "Φαινόμενον"

ISSN: 2529-1874 · 2529-1882 (online)

σημείωμα της σύνταξης

Το παρόν τεύχος του «ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ» περιλαμβάνει ένα άρθρο για το Νόμπελ Φυσικής 2020 και άρθρα σχετικά με τη μόλυνση του περιβάλλοντος, με θέματα οπτικής και νανοτεχνολογίας και με την οικονομοφυσική. Περιέχονται επίσης άρθρα για το «πώς λειτουργούν» οι μάσκες προστασίας και οι οθόνες υγρών κρυστάλλων καθώς και ένα άρθρο για τις ελληνίδες στις φυσικές επιστήμες. Από το τεύχος δεν λείπουν τα νέα του τμήματος και δραστηριότητες των φοιτητών του τμήματος με μια παρουσίαση της συνέντευξης του Σ. Τραχανά από την ΡΑΤΗ

Η ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

περιεχόμενα

• Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2020	1
• Μπραντεφέρ για την καλύτερη ποιότητα αέρα	3
• Η θρυλική ηλιόπετρα των Βίκινγκς	7
• Οθόνες υγρών κρυστάλλων	9
• Οικονομική	10
• Νανοδομημένα, πλασμόνια, χρώμα	15
• Όταν η φύση παίζει με το φως	19
• Μάσκες προστασίας	24
• Ελληνίδες γυναίκες που διέπρεψαν στις φυσικές επιστήμες	26
• Live συνέντευξη με τον Στέφανο Τραχανά	29
• Συνέβησαν στο Τμήμα	31
• Περιλήψεις διδακτορικών διατριβών	32



Εξώφυλλο: Αλέξανδρος Μυλωνάς (φοιτητής Τμ. Φυσικής).
Οπισθώφυλλο: Κωνσταντίνος Εμμανουηλίδης



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.

Βραβείο Νόμπελ Φυσικής 2020

...για τις μαύρες τρύπες



επιστημονικά νέα



**Νικόλαος
Χατζαράκης**
Πτυχιούχος
Τμήματος Φυσικής

Ας σκεφτούμε ένα νέφος ύλης. Ως γνωστόν, η ύλη, έχοντας μάζα, αλληλεπιδρά βαρυτικά. Έτσι κάθε σωματίδιο δέχεται την έλξη όλων των υπολοίπων. Από τη συνολική έλξη που δέχεται, το σύνολο των σωματιδίων συμπυκνώνεται, δηλαδή το νέφος ύλης καταρρέει. Ας υποθέσουμε, για ευκολία, ότι η κατάρρευση γίνεται ακτινικά,

χωρίς δηλαδή το νέφος να περιστρέφεται. Καθώς το νέφος καταρρέει, η πυκνότητά του αυξάνεται και η έκτασή του, η ακτίνα του, μειώνεται. Οι τροχιές των σωματιδίων έρχονται πιο κοντά, οπότε όχι μόνον η πυκνότητα ύλης, αλλά και η πυκνότητα του χώρου και του χρόνου αυξάνεται. Ουσιαστικά, σημεία του χώρου πλησιάζουν και σημεία του χρόνου απομακρύνονται. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα σωματίδια επιταχύνονται λόγω της βαρυτικής τους έλξης. Καθώς ύλη και χωρόχρονος συμπιέζονται, δημιουργείται ένας οριζοντας, μία σφαιρική επιφάνεια που μεγαλώνει και σιγά-σιγά καλύπτει το σύνολο της καταρρέουσας ύλης. Η δημιουργία αυτού του οριζοντα χωρίζει το χωρόχρονο «έξω» από το χωρόχρονο «μέσα», απαγορεύοντας σε έναν εξωτερικό ακίνητο παρατηρητή να συνεχίσει να επικοινωνεί με έναν κινούμενο παρατηρητή που ακολουθεί τα σωματίδια στην κατάρρευσή τους. Το αποτέλεσμα είναι ότι εμείς, ως εξωτερικοί ακίνητοι παρατηρητές, κάνουμε επαφή με την ύλη, καθώς αυτή περνάει τον οριζοντα. Τι συμβαίνει, όμως, στην ύλη;

Για να το περιγράψουμε αυτό, θα χρησιμοποιήσουμε δύο απλές εξισώσεις. Αν \vec{u} είναι η ταχύτητα των σωματιδίων, τότε $\Theta = \vec{\nabla} \cdot \vec{u}$ ονομάζουμε την παράμετρο σύγκλισης/απόκλισης των τροχιών των σωματιδίων - και άρα του χωροχρόνου. Επίσης, ορίζουμε ως ρ την πυκνότητα ύλης-ενέργειας του νέφους των σωματιδίων με την πίεση ενός νέφους σκόνης να θεωρείται αμελητέα. Για μία πολύ απλή περίπτωση, όπως η παραπάνω, και για τις δύο αυτές μεταβλητές οι εξισώσεις πεδίου του Einstein απλοποιούνται στις εξής δύο συνήθεις διαφορικές εξισώσεις:

$$\frac{d\Theta}{dt} = -\frac{1}{3}\Theta^2 - \kappa\rho \quad \frac{d\rho}{dt} = -\Theta\rho$$

όπου κ η βαρυτική σταθερά και t ο ίδιος χρόνος (ο χρόνος του κινούμενου παρατηρητή). Η πρώτη από αυτές είναι η εξίσωση Landau-Raychaudhuri, που καθορίζει τη διαστολή ή τη συστολή του χωροχρό-

νου, ενώ η δεύτερη είναι η εξίσωση συνέχειας, που εξασφαλίζει τη διατήρηση μάζας και ενέργειας. Είναι εύκολο να δει κανείς στην περίπτωση αυτή ότι όσο το ρ αυξάνει και το Θ γίνεται αρνητικό, η χρονική παράγωγος του Θ μειώνεται απεριόριστα και η χρονική παράγωγος του ρ αυξάνεται απεριόριστα. Όσο

$$\frac{d\Theta}{dt} \leq -\frac{\Theta^2}{3}$$

η λύση της πρώτης τείνει ασυμπτωτικά στο $\Theta - \Theta_0 \geq 3(\tau - \tau_0)^{-1}$, όπου τ_0 ο αρχικός χρόνος και Θ_0 η αρχική τιμή της παραμέτρου συστολής/διαστολής. Αν $\Theta \leq \Theta_0$, τότε $\Theta \rightarrow -\infty$, οπότε ο χωρόχρονος συστέλλεται άπειρα σε πεπερασμένο χρόνο και οι τροχιές των σωματιδίων δεν μπορούν να εξελιχθούν φυσικά πέρα από αυτό το όριο. Ταυτόχρονα, η χρονική παράγωγος του ρ τείνει στο άπειρο, οπότε και η εξέλιξη της ύλης σταματά.

Το όριο αυτό ονομάζεται από τους μαθηματικούς singularity (μοναδικότητα) και ορίζεται ως το σημείο πέρα από το οποίο ένα μαθηματικό υπόδειγμα παύει να είναι αυτοσυνεπές. Στην περιπτώσή μας, η φυσική πραγματικότητα που περιγράψαμε μέχρι τώρα, μέσα από το πλαίσιο της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας, παύει να υφίσταται, ενώ η ίδια η θεωρία αδυνατεί πλέον να κάνει προβλέψεις. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξε ο Roger Penrose το 1965 σε ένα άρθρο μόλις 3 σελίδων με τίτλο "Gravitational Collapse and Space-Time Singularities". Ένας από τους στόχους του Penrose ήταν να αποδείξει ότι η Γενική Σχετικότητα έχει ένα όριο, στο οποίο δηλώνει πως παύει να ισχύει, ίσως, η μόνη θεωρία φυσικής που αυτοσυνεπώς δηλώνει κάτι τέτοιο. Ταυτόχρονα, όμως, κατάφερε να αποδείξει ότι η δημιουργία μίας μοναδικότητας, άρα μίας μελανής οπής, είναι εφικτή μέσα από την κατάρρευση της ύλης. Έτσι, η παρατήρηση σημείων στον ουρανό απ' τη γειτονιά των οποίων προερχόταν μεγάλης έντασης ακτινοβολία χωρίς τα ίδια να φαίνονται, ή άστρων που κινούνταν ταχύτατα γύρω από αόρατα κέντρα, μπορούσε πλέον να εξηγηθεί από μια έννοια που μέχρι τότε φάνταζε μια αφύσικη θεωρία, μία που και ο ίδιος ο Einstein είχε θεωρήσει απίθανη όταν η λύση του Schwarzschild εμφανίστηκε.

Κι όμως, σήμερα πολλές εξόφθαλμα περίεργες αστροφυσικές παρατηρήσεις μπορούν να εξηγηθούν μέσα από την υπόθεση των μελανών οπών. Για παράδειγμα, το 1972 οι Charles Thomas Bolton, Louise Webster και Paul Murdin υποστήριξαν ότι η πηγή ακτινοβολίας X Cygnus X-1, δεν είναι παρά το ζεύγος ενός αστέρα και μίας μελανής οπής η οποία

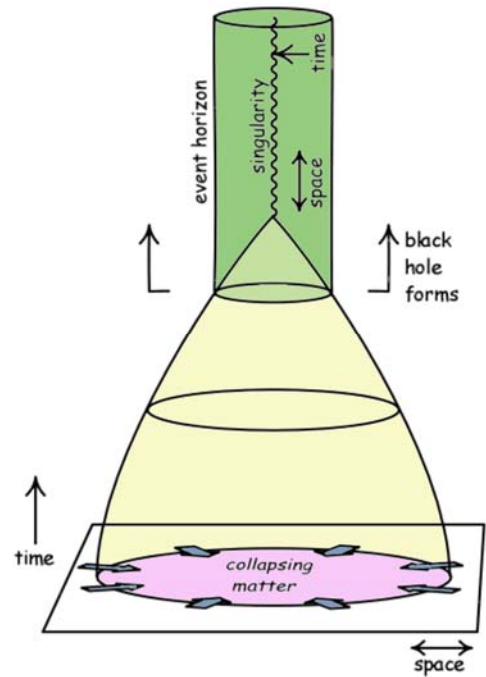
απορροφά το υλικό του συνοδού της. Το Νοέμβριο του 2011 παρατηρήθηκε από το τηλεσκόπιο Hubble ένα quasar, δηλαδή ένα νέφος ύλης που καταρρέει περιστρεφόμενο σε μία υπερμεγέθη μελανή οπή. Στις 14 Σεπτεμβρίου, παρατηρήθηκε από το LIGO η βαρυτική ακτινοβολία που εξέπεμψε η σύγκρουση δύο μελανών οπών, με τουλάχιστον 10 ακόμα τέτοιες παρατηρήσεις μέχρι σήμερα. Το 2017 παρουσιάστηκε η πρώτη «φωτογραφία» της σκιάς μιας μαύρης τρύπας, στο κέντρο του γαλαξία Messier 87 από τη διεθνή συνεργασία Event Horizon Telescope, ενώ το 2019 παρουσιάστηκε και η δεύτερη, αυτή τη φορά από το Sagittarius A* στο κέντρο του δικού μας γαλαξία.

Ωστόσο, οι παρατηρήσεις αυτές δεν ήταν οι πρώτες ενδείξεις για την ύπαρξη τέτοιων «ανωμαλιών» του χωροχρόνου. Ήδη από το 1931, ο Karl Jansky είχε παρατηρήσει μία έντονη πηγή ραδιοκυμάτων από το κέντρο του γαλαξία. Το 1963, ο Maarten Schmidt παρατήρησε ότι το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα της πηγής αυτής δεν ταιριάζει με το φάσμα ενός τυπικού αστέρα, ενώ οι E. E. Salpeter και Ya. Zeldovich το 1964 και ο D. Lynden-Bell το 1969 πρότειναν ότι το αντικείμενο αυτό θα μπορούσε να είναι ένα πολύ συμπαγές αντικείμενο, όπως μία μελανή οπή. Την άποψη αυτή συμπλήρωσαν οι A. M. Wolfe και G. Burbidge το 1970, που συμπέραναν ότι η διασπορά ταχυτήτων των αστέρων στο κέντρο ενός (ελλειπτικού) γαλαξία είναι τόσο μεγάλη που μπορεί να εξηγηθεί μόνον από την ύπαρξη ενός σώματος πολύ μεγάλης μάζας στο κέντρο του γαλαξία, μάζας πολύ μεγαλύτερης από αυτή οποιουδήποτε αστέρα. Οι D. Lynden-Bell και M. Rees υπέθεσαν το 1971 ότι το σώμα αυτό θα μπορούσε να είναι μία υπερμεγέθης μελανή οπή. Ακολούθως, το 1974 οι B. Balick και R. Brown, αξιοποιώντας το Συμβολόμετρο της Πράσινης Ακτής του National Radio Astronomy Observatory, παρατήρησαν το Sagittarius A*, μία πηγή έντονης ακτινοβολίας σύγχροτρον, παρατήρηση που αποτέλεσε και την πρώτη ισχυρή ένδειξη της ύπαρξης μιας μελανής οπής στο κέντρο του γαλαξία μας.

Από το 1990 το τηλεσκόπιο Hubble, από το 1994 ο Φασματογράφος Αμυδρών Αντικειμένων, καθώς και άλλα μέσα (π.χ. το Very Long Baseline Array) παρατηρούσαν και παρατηρούν το κέντρο του γαλαξία. Από την περίοδο αυτή, μία διεθνής ομάδα με κέντρο το Ινστιτούτο Max Planck του Garching και επικεφαλής τον Reinhard Genzel και λίγο αργότερα



Roger Penrose • Reinhard Genzel • Andrea Ghez



Σχήμα 1: Η διαγραμματική απεικόνιση ενός νέφους ύλης που καταρρέει ακτινικά δημιουργώντας έναν οριζόντα γεγονότων και μέσα σε αυτόν μία ιδιομορφία (βασισμένο στο διάγραμμα του Penrose). Ο τρισδιάστατος χώρος έχει συμπαγοποιηθεί σε δύο διαστάσεις, ενώ ο χρόνος (για έναν εξωτερικό παρατηρητή) ρέει από κάτω προς τα πάνω. Περνώντας τον οριζόντα, ο χώρος και ο χρόνος αντιστρέφονται, οπότε όλες οι τροχιές οδηγούνται στην ιδιομορφία.

η ομάδα της Andrea M. Ghez από το Πανεπιστήμιο της California, μελετούν συστηματικά αυτές τις παρατηρήσεις, εξετάζοντας συγκεκριμένα τις τροχιές των αστέρων και των νεφών σκόνης στην περιοχή του κέντρου του γαλαξία. Συμπέρασμα των πολυετών ερευνών τους είναι η επιβεβαίωση της υπόθεσης για την ύπαρξη μιας υπερμεγέθους μελανής οπής στο κέντρο, καθώς μόνον το βαρυτικό πεδίο μιας μελανής οπής με μάζα περίπου 4.15×10^6 μάζες Ηλίου μπορεί να ερμηνεύσει τις κινήσεις αυτές.

Στις 6 Οκτωβρίου 2020, η Σουηδική Ακαδημία Επιστημών ανακοίνωσε την απονομή του βραβείου Nobel Φυσικής κατά το ήμισυ στον R. Penrose, για την απόδειξη ότι η δημιουργία μιας μελανής οπής είναι συμπέρασμα της Γενικής Θεωρίας Σχετικότητας και κατά το ήμισυ στους R. Genzel και A. M. Ghez για την παρατηρησιακή επιβεβαίωση της ύπαρξης μιας υπερμεγέθους μελανής οπής στο κέντρο του Γαλαξία.

Πηγές

- Penrose, R. (1965). “Gravitational Collapse and Space-time Singularities”. *Phys. Rev. Lett.* 14, 57
- The Nobel Committee for Physics (2020). “Theoretical Foundation for Black Holes and the Supermassive Compact Object at the Galactic Centre.”
- <https://www.nobelprize.org/uploads/2020/10/advanced-physicsprize2020.pdf>

μπραντεφέρ για την καλύτερη ποιότητα αέρα

Αθήνα-Θεσσαλονίκη



φυσική της ατμόσφαιρας



Φιλοθέη Μπουφίδου
Διπλωματούχος ΠΜΣ
Φυσικής Περιβάλλοντος
Τμήματος Φυσικής

Η ατμοσφαιρική ρύπανση και η ανθρώπινη υγεία είναι δύο συνιστώσες με σχέση αιτίου-αποτελέσματος. Η υγεία των πολιτών εξαρτάται από την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και τίθεται σε κίνδυνο όταν ο αέρας είναι ρυπασμένος. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ), η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι

ο σημαντικότερος περιβαλλοντικός κίνδυνος για την υγεία στην Ευρώπη. Κάθε χρόνο, στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ), περίπου 400.000 άνθρωποι πεθαίνουν πρόωρα εξαιτίας των υπέρμετρων συγκεντρώσεων των ατμοσφαιρικών ρύπων, ενώ οι ημερήσιες μετρήσεις καταγράφουν περισσότερους από 1.000 πρόωρους θανάτους κατά μέσο όρο εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, αριθμός ο οποίος είναι υπερδεκαπλάσιος των θυμάτων από τα τροχαία ατυχήματα.¹

Παρά το γεγονός ότι η πλέον προβαλλόμενη επίπτωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλεται σε μέγιστες τιμές συγκέντρωσης των ατμοσφαιρικών ρύπων, ο ΕΟΠ (Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλο-

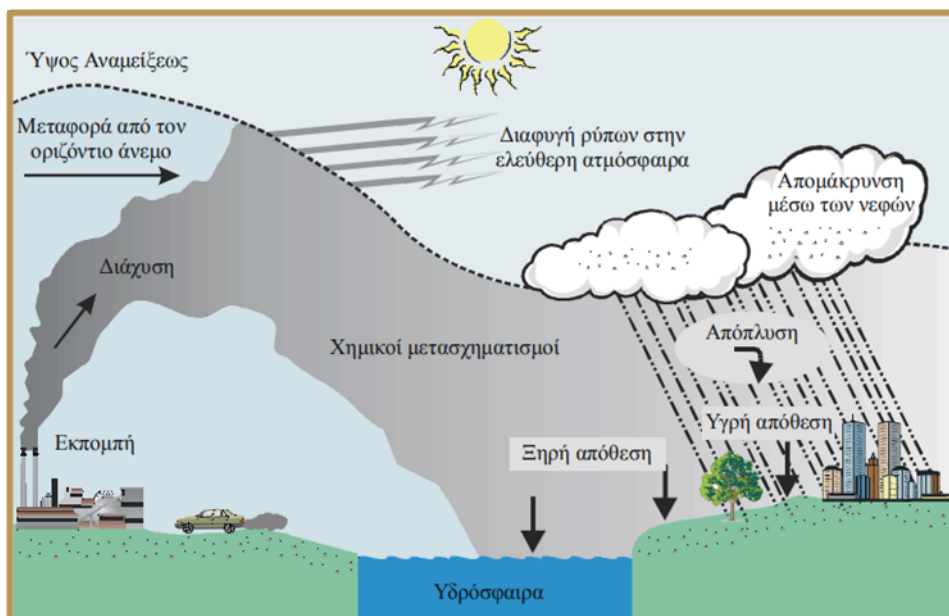
ντος) προειδοποιεί ότι, η μακροχρόνια έκθεση των πολιτών σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις ρύπων αποτελεί μεγαλύτερο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Μάλιστα, ιδιαίτερα εκτεθειμένοι είναι οι άνθρωποι που ζουν σε αστικές περιοχές, όπου οι εκπομπές ρύπων είναι εντονότερες.

Ρύποι

Αρχικά, οι εκπεμπόμενοι ατμοσφαιρικοί ρύποι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, στους πρωτογενείς και στους δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρύποι απελευθερώνονται απευθείας από την πηγή, ενώ οι δευτερογενείς προέρχονται από τις διάφορες φυσικοχημικές αντιδράσεις των πρωτογενών ατμοσφαιρικών ρύπων. Από τους εκπεμπόμενους πρωτογενείς ατμοσφαιρικούς ρύπους βασικότεροι είναι το CO, τα NO_x, τα PM₁₀, τα PM_{2,5} και το SO₂. Το O₃, που είναι ακόμη ένας βασικός παράγοντας ρύπανσης, ανήκει στους δευτερογενείς ρύπους.

Οι συγκεντρώσεις των παραπάνω πρωτογενών ρύπων είναι μεγαλύτερες κατά τη διάρκεια του χειμώνα, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων καυσίμων που καίγονται για τη θέρμανση των κτιρίων καθώς επίσης και λόγω των περισσότερων εκπομπών CO





Σχήμα 1: Σχηματική περιγραφή των ατμοσφαιρικών διεργασιών που επηρεάζουν τη διασπορά των ρύπων.

από τους κινητήρες των αυτοκινήτων, τα οποία σε ψυχρές θερμοκρασίες απαιτούν περισσότερα καύσιμα για να ξεκινήσουν.

Όλοι οι ρύποι, είτε εντάσσονται στους πρωτογενείς, είτε στους δευτερογενείς, εξαρτώνται από τις μετεωρολογικές παραμέτρους που επικρατούν στην ατμόσφαιρα και οι συγκεντρώσεις τους επηρεάζονται από τεσσάρων ειδών διεργασίες, τις εκπομπές, τους χημικούς μετασχηματισμούς, την διασπορά και την απόθεση.²

Μηχανισμοί διασποράς των ρύπων

Το Σχ. 1 δείχνει σχηματικά τις ατμοσφαιρικές διεργασίες που συντελούν στη διασπορά των αέριων ρύπων οι οποίοι εκπέμπονται από μία καμινάδα. Σε πρώτο στάδιο, οι εκπεμπόμενοι ρύποι, λόγω της υψηλότερης θερμοκρασίας τους από τον περιβάλλοντα αέρα και της αρχικής ορμής τους, ανυψώνονται μέχρι ένα ορισμένο ύψος. Το ύψος του θυσάνου έχει αντίκτυπο στην ποιότητα του αέρα της περιοχής, καθώς όσο το ύψος αυξάνεται, οι συγκεντρώσεις στο έδαφος μειώνονται.³ Στη συνέχεια, οι ρύποι μεταφέρονται από τον οριζόντιο άνεμο μακριά από την πηγή. Ο οριζόντιος άνεμος αποτελεί τον βασικότερο μηχανισμό αραίωσης και απομάκρυνσης των ρύπων. Στις περιπτώσεις όπου πνέουν ισχυροί άνεμοι, τα επίπεδα ρύπανσης είναι συνήθως χαμηλά.

Οι αναταρακτικές κινήσεις του αέρα είναι υπεύθυνες για την κατακόρυφη μεταφορά και την διαπλάτυνση του θυσάνου, με τελικό αποτέλεσμα την αραίωση. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται διάχυση. Η κλίμακα και η ένταση της αραίωσης εξαρτώνται από τον βαθμό ανατάραξης της ατμόσφαιρας. Σε

συνθήκες ευστάθειας, οι αναταρακτικές κινήσεις είναι μικρές κλίμακας και η κατακόρυφη ανάμιξη γίνεται αργά, ενώ σε συνθήκες μεγάλης αστάθειας οι τυρβώδεις στρόβιλοι είναι μεγαλύτεροι και η ανάμιξη πολύ έντονη. Η δράση των αναταρακτικών κινήσεων περιορίζεται στο κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, περίπου στο ένα χιλιόμετρο.³

Ένα μέρος της ρύπανσης διαφεύγει από το στρώμα ανάμιξης στην ελεύθερη ατμόσφαιρα. Εκεί η απουσία αναταρακτικών κινήσεων έχει ως αποτέλεσμα οι κατακόρυφες κινήσεις των ρύπων να γίνονται με πολύ αργούς ρυθμούς.

Ωστόσο, οι ατμοσφαιρικοί μηχανισμοί στην ελεύθερη ατμόσφαιρα είναι μεγαλύτερης χωρικής και χρονικής κλίμακας, ώστε οι ρύποι που διαφεύγουν στην ελεύθερη ατμόσφαιρα να επηρεάζουν ευρύτερες περιοχές της Γης. Κατά το χρόνο παραμονής τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι υφίστανται διάφορους χημικούς μετασχηματισμούς λόγω αντιδράσεων μεταξύ τους ή με τα συστατικά της καθαρής ατμόσφαιρας. Οι χημικές αντιδράσεις των ρύπων μπορεί να δώσουν και ουσίες οι οποίες δεν είναι ρύποι. Σε πολλές περιπτώσεις όμως στα προϊόντα των χημικών αντιδράσεων περιλαμβάνονται και νέοι, δευτερογενείς, ρύποι.³

Με την απόθεση οι ρύποι μεταφέρονται από την ατμόσφαιρα στο έδαφος. Υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι απόθεσης: η βαρυτική καθίζηση, η υγρή απόθεση και η ξηρή απόθεση. Βαρυτική καθίζηση είναι η πτώση των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων λόγω του βάρους τους. Η υγρή απόθεση συμβαίνει σε περίπτωση υετού και γίνεται με δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι η σάρωση των ρύπων από την βροχή ή το χιόνι και η μεταφορά τους στο έδαφος (απόπλυση). Ο δεύτερος τρόπος είναι η πρόσληψη των ρύπων από τα νεφοσταγονίδια και η ένωση μεταξύ τους για τον σχηματισμό των σταγόνων της βροχής και γίνεται πριν τη δημιουργία της βροχής. Τέλος, με την ξηρή απόθεση τα μικρά σωματίδια και οι αέριοι ρύποι τα οποία ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα, κατακρατούνται από την υποκείμενη επιφάνεια όταν έρθουν σε επαφή με αυτή.

Καταγραφή των ρύπων

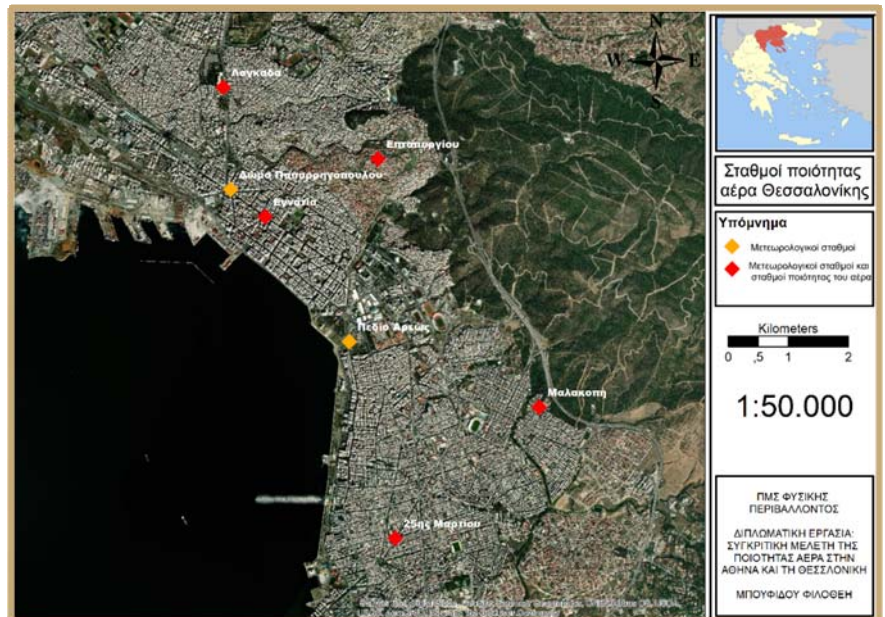
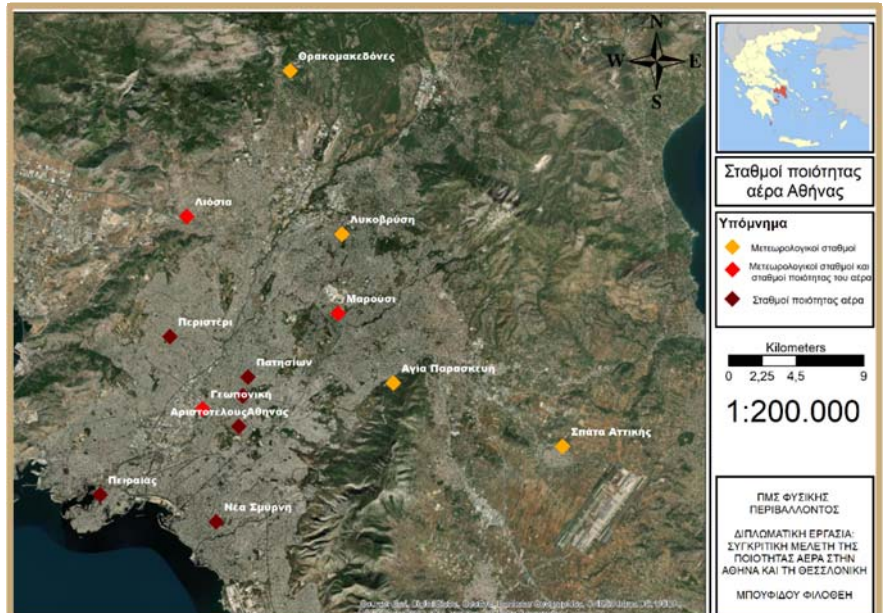
Οι μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις των ρύπων

των δύο μεγαλουπόλεων (Αθήνα και Θεσσαλονίκη) προέρχονται από το εγχώριο υπάρχον δίκτυο των σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Συγκεκριμένα για την Αθήνα, οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανήκουν στο Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (ΕΔΠΑΡ) και λειτουργούν υπό την ευθύνη του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ). Για τη Θεσσαλονίκη, οι σταθμοί ανήκουν στο Δίκτυο Ελέγχου Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του Δήμου Θεσσαλονίκης.

Οι σταθμοί μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του ΕΔΠΑΡ και του Δήμου Θεσσαλονίκης μετράνε τη συγκέντρωση κάθε ρύπου με διαφορετική μέθοδο. Οι μέθοδοι μέτρησης των ρύπων παρατίθενται στον Πίνακα 1. Η μέτρηση των ρύπων γίνεται σε συνεχή βάση καθ' όλη τη διάρκεια του 24ώρου. Ο χρόνος απόκρισης των αυτόματων αναλυτών είναι της τάξης του ενός λεπτού, δηλαδή ο κάθε αναλυτής δίνει μια τιμή περίπου κάθε λεπτό. Με ένα μικροεπεξεργαστή, που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και που είναι συνδεδεμένος με τους αυτόματους αναλυτές, υπολογίζονται κάθε ώρα οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης. Οι τιμές αυτές μεταβιβάζονται στον κεντρικό υπολογιστή της Υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής και με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η συνεχής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής.⁴

Σύγκριση Αθήνας-Θεσσαλονίκης

Όπως παρατηρούμε στο Σχ. 3, κάποιιοι ρύποι, στο διάστημα 2014-2016, έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις

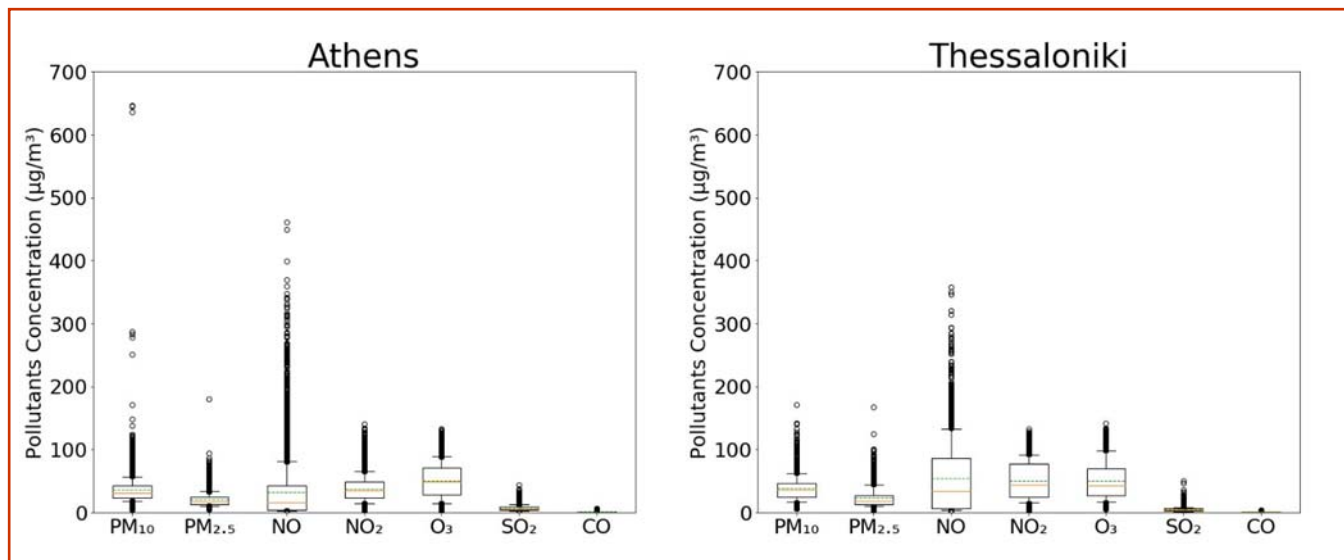


Σχήμα 2: Χάρτης με τους σταθμούς μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Αθήνα (πάνω) και στη Θεσσαλονίκη (κάτω).

στην Αθήνα ενώ κάποιοι άλλοι βρίσκονται σε υψηλότερα επίπεδα στην Θεσσαλονίκη. Στην πραγματικότητα τα σωματίδια και τα οξείδια του αζώτου έχουν κατά μέσο όρο υψηλότερη ημερήσια συγκέντρωση στην Θεσσαλονίκη, παρόλο που οι ακραίες τιμές τους είναι πιο ανεβασμένες στην Αθήνα. Αντίθετα, το διοξείδιο του θείου εμφανίζει μεγαλύτερες μέσες τιμές ημερήσιας συγκέντρωσης στην Αθήνα, παρόλο που φαίνεται στο διάγραμμα ότι οι

Πίνακας 1: Μέθοδοι μέτρησης των ρύπων

Ρύπος	Χρονική βάση μετρήσεων	Μέθοδος μέτρησης
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπέρυθρο (NDIR)
Οξείδια του αζώτου (NO,NO ₂)	1 ώρα	Χημειοφωταύγεια
Όζον (O ₃)	1 ώρα	Απορρόφηση στο υπεριώδες
Διοξείδιο του θείου (SO ₂)	1 ώρα	Φθορισμομετρία
Αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ ₁₀ -PM ₁₀)	1 ώρα	Απορρόφηση β ακτινοβολίας



Σχήμα 3: Διαγράμματα boxplots* για τη συγκέντρωση των ρύπων PM₁₀, PM_{2.5}, NO, NO₂, O₃, SO₂ και CO για την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη από μετρήσεις που ελήφθησαν από το ΕΔΠΑΡ (για την Αθήνα) και από τον Δήμο Θεσ/νίκης για τα έτη 2014-2016.

ακραίες τιμές SO₂ στη Θεσσαλονίκη ξεπερνούν τις αντίστοιχες της πρωτεύουσας. Το μονοξείδιο του άνθρακα και το όζον έχουν σχεδόν ίσο μέσο όρο και στις δύο πόλεις.

Όπως γνωρίζουμε η Αθήνα έχει τρεις φορές περίπου τον πληθυσμό της Θεσσαλονίκης και περισσότερες βιομηχανίες δραστηριοποιούνται στα προάστια της. Επομένως θα ήταν αναμενόμενο οι ρύποι στην πρωτεύουσα να ξεπερνούν κατά πολύ αυτούς στη Θεσσαλονίκη. Ωστόσο, οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σωματιδίων, όπως αναφέρθηκε, στη Θεσσαλονίκη δικαιολογούνται από το γεγονός πως ένα μεγάλο κομμάτι τους παράγεται δευτερογενώς και είναι πιθανό να προέρχονται από τις γύρω περιοχές. Επιπλέον, τα NO_x, τα οποία τα περιμέναμε πολύ υψηλότερα στην Αθήνα λόγω του μεγαλύτερου στόλου οχημάτων, έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις στην Θεσσαλονίκη, γεγονός που οφείλεται στην επιλογή των σταθμών μέτρησης ποιότητας του αέ-

ρα (αν είναι τύπου αστικού, περιαστικού ή υποβάθρου) και στον άνεμο, ο οποίος στην Αθήνα έχει μέση ταχύτητα κατά 20% μεγαλύτερη από τη Θεσσαλονίκη.

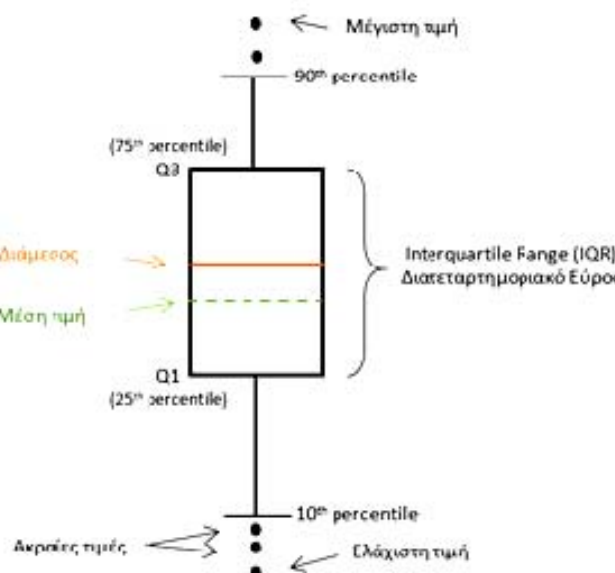
Πηγές

- ¹ Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο. (2018). Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής. CURIA RATIONUM ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΕΛΕΓΚΤΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ.
- ² Ζιώμας, Γ. (2007). Περιβαλλοντική Επιστήμη: ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ - ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ. ΑΘΗΝΑ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών.
- ³ Μελάς, Δ., Αλεξανδροπούλου, Α., Αμοιρίδης, Β., Κακαρίδου, Μ., & Σουλακέλλης, Ν. (2000). ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ [Οδηγός εκπαιδευτικών]. ΑΘΗΝΑ: ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ.
- ⁴ ΥΠΕΧΩΔΕ, ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Δ/ΝΣΗ ΕΑΡΘ, ΤΜΗΜΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ. (2006). Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ. ΑΘΗΝΑ: ΥΠΕΧΩΔΕ.

*** Σχηματική απεικόνιση και ερμηνεία ενός boxplot**

Το boxplot είναι ένας γραφικός τρόπος παρουσίασης πέντε μέτρων μιας κατανομής δεδομένων. Πρόκειται για ένα χρήσιμο διάγραμμα για τη σύγκριση συνεχών κατανομών σε διαφορετικούς πληθυσμούς. Για την κατασκευή του δημιουργείται ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο με βάσεις το πρώτο και το τρίτο τεταρτημόριο. Ενδιάμεσα τοποθετείται η διάμεσος (το 2^ο τεταρτημόριο). Από τα μέσα των βάσεων ξεκινούν κατακόρυφες γραμμές οι οποίες συνδέουν τις οριακές τιμές της μεταβλητής. Αν υπάρχουν και άλλες τιμές εκτός των οριακών τιμών, αυτές δηλώνονται επιπλέον με κουκκίδες.

Πηγή: wikipedia



η Θρυλική ηλιόπετρα των Βίκινγκς



ΟΠΤΙΚΗ



Milan
Τσουπάνογλου
Φοιτητής
Τμήματος Φυσικής

Περί τα τέλη του 8^{ου} αιώνα μ.Χ. παρατηρήθηκε στη βόρεια Ευρώπη η δράση μιας φυλής αξιόλογων πολεμιστών οι οποίοι κυριάρχησαν και κατέκτησαν αξιοσημείωτες σε πλήθος και έκταση περιοχές. Πρόκειται για τη φυλή των Βίκινγκς των οποίων η εδαφική εξάπλωση διήρκησε περίπου έως τα τέλη του 11^{ου} αιώνα. Η ιμπεριαλιστική τους δράση περιελάμβανε περιοχές της Βόρειας και Δυτικής Ευρώπης, της Ισλανδίας, της Γροιλανδίας, της Μεγάλης Βρετανίας καθώς και περιοχές στα παράλια της Μεσογείου αλλά και της Βόρειας Αμερικής! Εκτός από ικανότατοι πολεμιστές, οι Βίκινγκς υπήρξαν και δεινοί θαλασσοπόροι. Οι μεγάλες θαλάσσιες εκτάσεις που διένυαν ήταν κάτι ασυνήθιστο για την τότε εποχή ιδιαίτερα αν αναλογιστεί κανείς πως οι μαγνητικές πυξίδες και οι εξάντες δεν αποτελούσαν μέρη του εξοπλισμού πλοήγησής τους και επιπλέον τα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη του Βορρά καθιστούσαν την πλοήγηση με τη βοήθεια των άστρων ανεπαρκή.

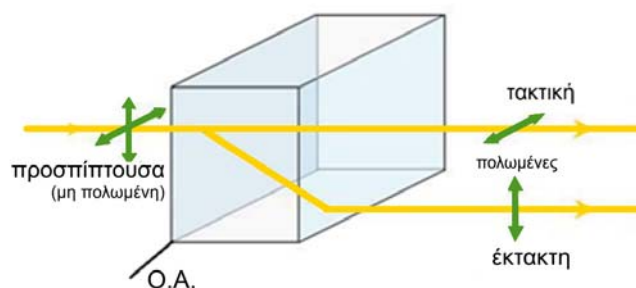
Οι Βίκινγκς φαίνεται να προσανατολιζόνταν στις θάλασσες κυρίως με βάση τη θέση του Ήλιου στον ουράνιο θόλο. Σύμφωνα με αρχαιολογικά ευρήματα, ο προσανατολισμός γινόταν με τη βοήθεια ηλιακών πυξίδων όπου εικάζεται αφενός πως τα εργαλεία αυτά παρείχαν πληροφορίες για το γεωγραφικό πλάτος και αφετέρου για την ορθή πορεία βάσει των σημείων του ορίζοντα. Ωστόσο, για την επιστημονική κοινότητα, δεν ήταν ξεκάθαρη η μέθοδος πλοήγησής τους αλλά και η ακριβής λειτουργία των οργάνων.

Το 1977, λίγο έξω από το νησί Άλντερνεϊ του πορθμού της Μάγχης, εντοπίστηκε από έναν ντόπιο ψαρά, ένα ναυάγιο της Ελισαβετιανής εποχής της Αγγλίας. Στο εν λόγω ναυάγιο πραγματοποιήθηκε μια σειρά ανασκαφών που συνεχίζονται μέχρι και σήμερα. Σε μία από αυτές, ανακαλύφθηκε το πρόσφατο 2013 ένα αντικείμενο που διαλεύκανε εν μέρει το μυστήριο περί της πλοήγησης των Βίκινγκς ή καλύτερα επιβεβαίωσε κάποιες δημοφιλείς θεωρίες. Ένα αντικείμενο που θύμιζε τις περιγραφές από μύθους και ιστορίες των Βίκινγκς και ενδεχομένως η ύπαρξή του να δίνει απαντήσεις στο άμεσο ερώτημα που προκύπτει. Τι συνέβαινε όταν ο Ήλιος ήταν καλυμμένος από πυκνά σύννεφα ή ομίχλη και ήταν αδύνατος ο προσανατολισμός βάσει αυτού;

Σύμφωνα με τους θρύλους, οι Βίκινγκς προσανατολιζόνταν στη θάλασσα με τη βοήθεια μιας λίθου που ονόμαζαν ηλιόπετρα (sunstone). Υπάρχουν πολλές εκ-

δοχές σε μύθους και διηγήματα σε ό,τι αφορά τις ιδιότητες της λίθου ωστόσο, η επιστήμη φαίνεται να είναι σε θέση να δώσει μια τεκμηριωμένη απάντηση και σύμφωνα με τις δημοφιλέστερες εικασίες, πρόκειται για το ορυκτό άλας του κρυσταλλικού ασβεστίτη (CaCO_3). Το ορυκτό αυτό, που ονομάζεται και Ισλανδική κρύσταλλος, κρυσταλλώνεται στο ρομβοεδρικό σύστημα (οι κρύσταλλοι μακροσκοπικά έχουν σχήμα πλάγιου παραλληλεπίπεδου) και παρουσιάζει ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες οπτικές ιδιότητες.

Το φως διερχόμενο από οπτικά αραιότερο σε οπτικά πυκνότερο μέσο, κατά τα γνωστά, διαθλάται και η διεύθυνση διάδοσης της προσπίπτουσας φωτεινής δέσμης μεταβάλλεται. Στον κρυσταλλικό ανισότροπο όμως ασβεστίτη, αυτή η δέσμη φωτός διαχωρίζεται σε δύο ξεχωριστές εντός του κρυστάλλου (Σχ. 1) ήτοι την τακτική και την έκτακτη δέσμη φωτός. Ο ασβεστίτης αποτελεί έναν μονοάξονα διπλοθλαστικό κρύσταλλο κάτι που σημαίνει πρώτον ότι παρουσιάζει αυτό το διαχωρισμό δέσμης και δεύτερον πως αν θεωρήσουμε τους τρεις άξονες που ορίζουν τη μοναδιαία κυψελίδα του, η διεύθυνση του ενός έχει διαφορετικές οπτικές ιδιότητες συγκριτικά με τις άλλες δύο. Η διεύθυνση αυτή ονομάζεται οπτικός άξονας (Ο.Α.) του κρυστάλλου και αυτή η ανισοτροπία του μεταφράζεται σε διαφορετικές ταχύτητες διάδοσης του φωτός στον κρύσταλλο ανάλογα με τη επίπεδο ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου του φωτός της δέσμης. Το φως μιας πηγής όπως ο Ήλιος είναι μη πολωμένο, δηλαδή αποτελείται από πλήθος ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (κυματοπακέτων) με τυχαίο επίπεδο ταλάντωσης του ηλεκτρικού τους πεδίου το οποίο όμως δύναται να αναλυθεί σε δύο συνιστώσες που ταλαντώνονται σε διευθύνσεις κάθετες μεταξύ τους. Κατά την πρόσπτωση στον κρύσταλλο, η συνιστώσα που ταλαντώνεται κάθετα στον οπτικό άξονα συνιστά την τακτική δέσμη



Σχήμα 1: Διπλοθλαστικότητα της Ισλανδικής κρυστάλλου. Η διεύθυνση ταλάντωσης του ηλεκτρικού πεδίου της δέσμης δίνεται με πράσινα βέλη. Ο.Α. είναι ο οπτικός άξονας.



Σχήμα 2: Χρήση ηλιόπετρας. Στιγμιότυπο από τη δημοφιλή σειρά Vikings του History Channel.

φωτός και η συνιστώσα που ταλαντώνεται παράλληλα προς αυτόν, την έκτακτη. Τα Η/Μ κύματα που ταλαντώνονται υπό γωνία και με τους δύο άξονες συνεισφέρουν στην ένταση και των δύο συνιστωσών. Κατά την πρόσπτωση του ηλιακού φωτός στην επιφάνεια του κρυστάλλου, η έκτακτη συνιστώσα φωτός επιβραδύνεται λιγότερο από την τακτική και αυτή η άνιση μεταβολή της ταχύτητας του φωτός προκαλεί εν τέλει τον διαχωρισμό τους. Εξυπακούεται πως προκειμένου να παρατηρηθεί το φαινόμενο, είναι αναγκαίο το ηλιακό φως να προσπέσει σε κατάλληλη επιφάνεια του κρυστάλλου ώστε η μια συνιστώσα του να ταλαντώνεται παράλληλα με τον οπτικό άξονα.

Ένας εύκολος τρόπος να αποφανθεί κάποιος για τη διπλοθλαστικότητα του ασβεστίτη είναι να παρατηρήσει οτιδήποτε μέσα από τον κρύσταλλο προσανατολίζοντας τον οπτικό του άξονα κατάλληλα. Το αντικείμενο που θα παρατηρήσει εμφανίζεται διπλό, δηλαδή θα παρατηρήσει την τακτική και έκτακτη δέσμη φωτός του αντικειμένου. Κάτι τέτοιο ωστόσο δεν παρατηρείται πάντα και όταν παρατηρείται οι δύο δέσμες δεν έχουν πάντα την ίδια ένταση. Αυτό οφείλεται στο ότι το φως δεν είναι πάντοτε μη πολωμένο όπως του Ήλιου ή μιας κοινής λάμπας πυρακτώσεως. Αυτό σημαίνει πως

στην περίπτωση που μια πολωμένη δέσμη φωτός, με προσανατολισμένη σε ένα επίπεδο ταλάντωση κυμάτων προσπέσει στον κρύσταλλο, τότε η έκτακτη και τακτική δέσμη θα έχουν διαφορετικές εντάσεις ανάλογα με την κλίση της πολωμένης δέσμης με τον οπτικό άξονα. Όσο πιο πολύ τείνει να παραλληλιστεί με αυτόν, τόσο θα αυξάνεται η ένταση της έκτακτης δέσμης σε βάρος της τακτικής.

Το ηλιακό φως είναι μη πολωμένο ωστόσο, κατά τη διάδοσή του στην ατμόσφαιρα σκεδάζεται στα μόρια του αέρα και σε σωματίδια σε αυτή και οι φωτεινές δέσμες φτάνουν στα χαμηλότερα στρώματα της τροπόσφαιρας όντας πολωμένες. Σύμφωνα με έρευνες, η πόλωσή τους φαίνεται να είναι κάθετη στο επίπεδο που ορίζεται από τον παρατηρητή, τον Ήλιο και το σημείο παρατήρησης στον ουρανό. Το φως που καταλήγει όμως στον παρατηρητή δεν είναι πλήρως πολωμένο και αποτελεί μια μίξη φυσικού μη πολωμένου και πολωμένου φωτός. Η χρήση του ασβεστίτη εξυπηρέτούσε στην ανίχνευση του Ήλιου όταν ήταν αφανής πίσω από σύννεφα ή ομίχλη ακόμα και στην περίπτωση που είχε ήδη δύσει. Πάνω σε ένα πλακίδιο ασβεστίτη υπήρχε σχεδιασμένη μια κουκκίδα στην εμπρόσθια επιφάνειά του και ένας παρατηρητής κοιτώντας την μέσα από τον κρύσταλλο σάρωνε τον ουράνιο θόλο. Στο σημείο που παρατηρούσε ίσης έντασης τακτική και έκτακτη δέσμη ήταν και το σημείο που βρισκόταν ο Ήλιος. Αριστερά και δεξιά του σημείου αυτού το φως είναι μερικώς πολωμένο κάθετα στον οπτικό άξονα και έτσι παρατηρείται με μεγαλύτερη ένταση η τακτική δέσμη (Σχ. 3). Βάσει πειραμάτων, το ποσοστό της πόλωσης του φωτός του Ήλιου διατηρείται σε ικανοποιητικό βαθμό ακόμα και όταν αυτός είναι καλυμμένος από σύννεφα ή ομίχλη ώστε να γίνεται δυνατή η ανίχνευσή του με τη βοήθεια του ασβεστίτη. Η θέση του Ήλιου μπορούσε να προσδιοριστεί με ιδιαίτερα ικανοποιητική ακρίβεια δεδομένης της πρωτόγονης φύσης της μεθόδου.

Η χρήση του κρυσταλλικού ασβεστίτη για την πλοήγηση των Βίκινγκς αντιμετωπίστηκε με δυσπιστία από ορισμένους επιστήμονες που εξέφρασαν αντίλογο τό-



Σχήμα 3: Επίδειξη λειτουργίας ασβεστίτη. α) παρατήρηση νοτιότερα της δύσης του Ηλίου, β) δύση του Ηλίου, γ) παρατήρηση βορειότερα.

σο για την χρήση του όσο και για την ίδια τη λειτουργικότητα της μεθόδου υπό συνθήκες ηλιακής αφάνειας. Ωστόσο, φαίνεται πως η γνώμη του συνόλου της επιστημονικής κοινότητας που μελέτησε το θέμα, συγκλίνει στο ότι ο ασβεστίτης ήταν κατά πάσα πιθανότητα εργαλείο για την επιτυχή διάσχιση των θαλασσών χωρίς απόκλιση από την επιθυμητή πορεία.

Πηγές:

- B. Bernáth et al., "How could the Viking Sun compass be used with sunstones before and after sunset? Twilight board as a new interpretation of the Uunartoq artefact fragment", *Proc. R. Soc. A* 470, 20130787 (2014).
- G.Ropars et al., "A depolarizer as a possible precise sunstone for Viking navigation by polarized skylight", *Proc. R. Soc. A* 468, 671–684 (2011).
- G. Horváth et al., "On the trail of Vikings with polarized skylight: experimental study of the atmospheric optical prerequisites allowing polarimetric navigation by Viking seafarers", *Phil. Trans. R. Soc. B* 366, 772–782 (2011).
- <http://www.alderneymaritimetrust.org/alderney-elizabethan-wreck/>

Ο καιρός ήταν συννεφιασμένος, και έπεφτε χιόνι, όπως είχε προβλέψει ο Σίγκουρντ. Ο βασιλιάς τότε, κάλεσε τους Σίγκουρντ και Νταγκ ενώπιόν του. Έστειλε κάποιον έξω για να παρατηρήσει τον καιρό, όμως δεν υπήρχε ούτε ένα ελάχιστο κομμάτι καθαρού ουρανού να δει. Ο βασιλιάς, ζήτησε τότε από το Σίγκουρντ να καθορίσει το σημείο που είχε φτάσει ο ήλιος στον ουρανό. Εκείνος του απάντησε με ακρίβεια. Τότε ο βασιλιάς που είχε την ηλιόπετρα, τη σήκωσε ψηλά και παρατήρησε το σημείο από όπου έρχονταν οι ηλιακές ακτίνες. Το σημείο που έδειχνε η ηλιόπετρα, ήταν ακριβώς αυτό που είχε υποδείξει ο Σίγκουρντ.

Απόσπασμα από το διήγημα J. E. Turville-Petre, "The story of Raud and his sons", Titus Wilson & Son, 1947.

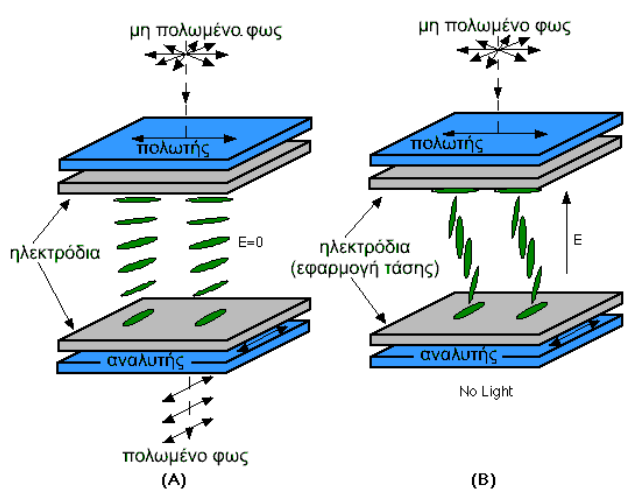


Οθόνες υγρών κρυστάλλων



Οι οθόνες των laptops, των κινητών τηλεφώνων και άλλων συσκευών χρησιμοποιούν υγρούς κρυστάλλους (LCs) οι οποίοι εμφανίζουν ένα είδος διπλοθλαστικότητας. Οι υγροί κρύσταλλοι αποτελούν μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ στερεού και υγρού. Μπορούν να ρέουν όπως ένα ρευστό αλλά τα μόριά τους (συνήθως οργανικά) τακτοποιούνται όπως τα άτομα σε ένα κρυσταλλικό στερεό. Επειδή τα επιμέρους μόρια είναι επιμήκη, όταν προσανατολίζονται σε μία διεύθυνση έχουν την ιδιότητα να πολώνουν μια (αρχικά μη πολωμένη) δέσμη φωτός. Εάν η προσπίπτουσα δέσμη φωτός είναι πολωμένη, ανάλογα με τη διεύθυνση προσανατολισμού των μορίων, υπάρχει η δυνατότητα να αποκοπεί εντελώς ή να διέλθει πλήρως το φως. Τέλος, μια ελικοειδής διάταξη των μορίων, είναι δυνατόν να στρέψει το επίπεδο πόλωσης μιας αρχικά πολωμένης δέσμης.

Υπάρχουν διάφοροι τύποι διατάξεων απεικόνισης υγρών κρυστάλλων (liquid crystal displays=LCDs). Μία περίπτωση ενός LC rixel φαίνεται στο σχήμα δεξιά. Είναι μια πολυστρωματική διάταξη που αποτελείται από δύο πολωτές, έναν εμπρόσθιο και έναν οπίσθιο, με κάθετα μεταξύ τους επίπεδα πόλωσης, μεταξύ των οποίων βρίσκονται δυο διαφανή ηλεκτρόδια που περιέχουν τους υγρούς κρυστάλλους. Όλα τα rixels φωτίζονται από μία πηγή λευκού μη πολωμένου φωτός π.χ. LED. Το φως από την πηγή διέρχεται από τον οπίσθιο πολωτή και πολώνεται στο οριζόντιο επίπεδο. Όταν δεν εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια, τα μόρια διατάσσονται ελικοειδώς και στρέφουν το επίπεδο πόλωσης του φωτός κατά 90°. Αυτό το φως διέρχεται από τον εμπρόσθιο πολωτή και το rixel φαίνεται φωτεινό. Όταν εφαρμόζεται η μέγιστη διαφορά δυναμικού ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, διαταράσσεται η ελικοειδής διάταξη, το φως παραμένει πολωμένο στο επίπεδο της σελίδας και αποκόπτεται από τον εμπρόσθιο πολωτή. Το rixel τότε φαίνεται σκοτεινό. Για την παραγωγή έγχρωμης εικόνας, κάθε rixel υποδιαιρείται σε τρία μικρότερα sub-rixels που καλύπτονται με κόκκινα (R), πράσινα (G) και μπλε (B) φίλτρα. Η σύνθεση RGB στηρίζεται στο προσθετικό πρότυπο και μπορεί να αναπαράγει όλες τις αποχρώσεις.



<https://bly.colorado.edu/lcphysics/lcintro/tnlc.html>



Νικόλαος
Χατζαράκης
Πτυχιούχος
Τμήματος Φυσικής

Μία βασική πορεία στην εξέλιξη των κοινωνικών επιστημών –ιδιαίτερα των Οικονομικών– είναι η προσέγγιση των μεθόδων και των εργαλείων των φυσικών επιστημών. Τις τελευταίες δεκαετίες, πολλοί οικονομολόγοι προσπαθούν να αναλύσουν τις κινήσεις των οικονομιών (τις κινήσεις του ρυθμού μεγέθυνσης, του ποσοστού κέρδους, του πλη-

θωρισμού, του ποσοστού ανεργίας, των τιμών των μετοχών, κ.ο.κ.) καταφεύγοντας σε τεχνικές γνώστες στη Φυσική εδώ και πάνω από έναν αιώνα, όπως είναι η κατανομή Boltzmann-Gibbs, το μοντέλο Ising και γενικά η Στατιστική Φυσική, αλλά σε κάποιες περιπτώσεις και η Ρευστομηχανική ή ακόμη και η Κβαντική Μηχανική. Η πρόοδος που έχει επιτευχθεί τον τελευταίο καιρό στα πεδία συλλογής δεδομένων, αλλά και στο χώρο της Στατιστικής, της ανάλυσης και επεξεργασίας των δεδομένων, επέτρεψε την εγγύτερη προσέγγιση των δύο επιστημονικών πεδίων και δημιούργησε τον κλάδο της Οικονοφυσικής.

Ο όρος αυτός προέκυψε σε ένα συνέδριο στην Καλκούτα το 1995 από τον Eugene H. Stanley, που ήθελε να περιγράψει το αυξημένο ενδιαφέρον των φυσικών για την εφαρμογή μεθόδων της Στατιστικής Φυσικής στην ανάλυση των χρηματαγορών, των αγορών ομολόγων, ακόμα και των αγορών προϊόντων. Ως ένας διεπιστημονικός κλάδος, η Οικονοφυσική άνθισε για περίπου μία τριακονταετία, καθώς μαθηματικοί, φυσικοί και μηχανικοί κατευθύνονταν προς τα οικονομικά με στόχο να λύσουν προβλήματα σχετικά με στοχαστικές και μη-γραμμικές διαδικασίες, προβλήματα όπως η αυτορύθμιση των αγορών και οι διαταραχές τους αλλά και η πρόβλεψη του χρηματιστηρίου ή της αγοράς συναλλάγματος.

Ωστόσο, η κατάρρευση της παγκόσμιας οικονομίας το 2008 και η επακόλουθη ύφεση ανάγκασαν πολλούς οικονομολόγους να αναθεωρήσουν τις κεντρικές τους υποθέσεις. Ταυτόχρονα, η συνεχής μελέτη των μη-γραμμικών οικονομικών συστημάτων επί είκοσι πέντε χρόνια από τους οικονομοφυσικούς έχει επιφέρει ερωτήματα σε σχέση με τις μεθόδους, αλλά και με τον τρόπο εφαρμογής τους. Υπό το φως των παραπάνω, πολλές φωνές προσπαθούν να διαχωρίσουν εκ νέου τα Οικονομικά από τη Φυσική και τα εργαλεία της, θεωρώντας την εφαρμογή των τελευταίων ως λανθασμένη και αντιεπιστημονική προσέγγιση στο χώρο των κοινωνικών επιστημών. Ωστόσο, το δίλλημα μάλλον δεν είναι αν πρέπει να

εισχωρούν ή όχι τα εργαλεία της Φυσικής στα Οικονομικά, αλλά πώς πρέπει να γίνεται αυτό. Ταυτόχρονα, εγείρεται το ερώτημα αν η εφαρμογή των εργαλείων αυτών πέτυχε να ενισχύσει την κυρίαρχη αντίληψη στα Οικονομικά ή να την καταρρίψει και να οδηγήσει σε κάποιο νέο παράδειγμα.

Financial Engineering: ανάλυση των αγορών με Στατιστική Φυσική

Μία αγορά προϊόντων και ακόμη περισσότερο μία αγορά μετοχών, ομολόγων ή χρήματος, προκύπτει από τη σύνθεση πολλών δρώντων (agents) που κινούνται «τυχαία» προσφέροντας και ζητώντας εμπορεύματα ή τίτλους βάσει της χρησιμότητας (αναγκών) τους και του αποθέματος τους. Σύμφωνα με την κυρίαρχη οικονομική θεωρία, όπως προέκυψε από την οριακή ανάλυση των Jevons, Walras και Marshall, η ισορροπία επέρχεται στην αγορά όταν προκύπτει μία τιμή και μία ποσότητα για το εκάστοτε προϊόν ή τίτλο, στην οποία όσοι δρώντες θέλουν να πωλήσουν ή να αγοράσουν, μπορούν να το κάνουν. Στην κυρίαρχη πάντα θεωρία, η ισορροπία αυτή προκύπτει στατικά και θεωρείται ευσταθής. Ωστόσο, οι ίδιες υποθέσεις αυτής της θεωρίας σχετίζονται ελάχιστα με την πραγματικότητα. Οι πραγματικές διαδικασίες κίνησης και αλληλεπίδρασης των δρώντων είναι δυναμικές και ευμετάβλητες, οι παράγοντες που επιδρούν στις διαδικασίες είναι πολυδιάστατοι. Έτσι, οι στατικές, γραμμικές και ντετερμινιστικές αναλύσεις που καταλαμβάνουν τα βιβλία και πλήθος της αρθρογραφίας στα Οικονομικά, δεν επαρκούν για να προβλεφθούν οι πραγματικές κινήσεις των αγορών. Η προσέγγιση της Οικονοφυσικής, αξιοποιώντας κατ' αρχήν τις τεχνικές των προσομοιώσεων και κατά δεύτερον τις τεχνικές της ανάλυσης δεδομένων, προσπάθησαν να καλύψουν αυτό το κενό. Από το 1999 μέχρι και σήμερα, άρθρα που εμφανίστηκαν σε περιοδικά όπως το Physica A, το Nature, το Physical Journal B, αναλύουν συγκεκριμένες αγορές σε μία προσπάθεια πρόβλεψης της ταραχώδους πορείας τους.

Η συνηθισμένη πρακτική των ερευνητών ήταν να αντιστοιχούν φυσικές έννοιες, όπως «ενέργεια», «εντροπία», «θερμοκρασία» ή «spin», σε οικονομικές μεταβλητές ή καταστάσεις, όπως «εισόδημα», «χρησιμότητα» ή «δυναμική απόδοση». Έπειτα, ένα φυσικό υπόδειγμα συγκρινόταν, είτε θεωρητικά είτε μέσω προσομοιώσεων, με την αντίστοιχη κατάσταση που προκύπτει από κάποιο οικονομικό υπόδειγμα. Η εξέλιξη των φυσικών μεταβλητών ερμηνεύεται ως συμπεριφορά των αντίστοιχων οικονομικών μεταβλητών και σε προβλέψεις για τη συμπεριφορά

μίας πραγματικής αγοράς. Συνήθως πριν τη θεωρητική σύγκριση, πραγματικά δεδομένα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την αναγνώριση της εκάστοτε αγοράς και την *á priori* επικύρωση του μοντέλου. Οι συγκρίσεις αυτές επέτρεψαν την ανάδειξη των μικρών, αλλά όχι ασήμαντων παραγόντων που μπορεί να επιδρούν σε μία αγορά. Εμφανιζόμενοι ως ακραίες τιμές σε μία κατανομή (outliers), αφορούν τις, συνήθως λίγες, περιπτώσεις που η κυρίαρχη θεωρία δεν λειτουργεί και η ισορροπία δεν αποκαθίσταται. Οι μελέτες των «παχέων ουρών» των κατανομών των μεταβλητών ενός οικονομοφυσικού υποδείγματος επιτρέπουν τη στάθμιση αυτών των παραγόντων και την κατάταξή τους ανάλογα με το μέγεθος και την επίδραση που έχουν. Έτσι, μία οικονομοφυσική μελέτη μπορεί να καταδείξει τον κίνδυνο μίας νέας επένδυσης με βάση την ισχύ των outliers στην αντίστοιχη αγορά.¹

Η βασική υπόθεση που επιτρέπει τη σύγκριση των δύο είναι η εξής: Για να ισχύσουν οι «κανόνες του παιχνιδιού» σύμφωνα με τους Jevons, Marshall, κ.ο.κ. σε μία ελεύθερη οικονομία, οι δρώντες πρέπει να είναι πολλοί, να αλληλεπιδρούν ελεύθερα και τυχαία και η ύπαρξη ή η ανυπαρξία του καθενός να είναι εν γένει ασήμαντη για το όλο σύστημα. Οι ίδιοι «κανόνες» ισχύουν για την Κινητική Θεωρία των Αερίων των Maxwell και Boltzmann. Έτσι, οι περισσότεροι φυσικοί και μηχανικοί ένιωθαν την ελευθερία να κάνουν όποια σύγκριση ή αναλογία ήθελαν –ή βόλευε– για να επιβεβαιώσουν ή να διαψεύσουν ένα αποτέλεσμα. Οι αυθαίρετες αυτές αναλογίες οδηγούν σε πολλές περιπτώσεις σε αδύναμα και αντικρουόμενα αποτελέσματα ή σε μία άνευ όρων υπεράσπιση των κυρίαρχων απόψεων. Σε άλλες περιπτώσεις, αποδείχτηκε ότι η καθαυτό στατιστική μελέτη μίας αγοράς είναι πολύ χρησιμότερη από τη θεωρητική της περιγραφή μέσω πολύπλοκων μοντέλων. Ακόμη περισσότερο, αποδείχτηκε ότι η πρόβλεψη των τιμών των μετοχών με τόσο περίπλοκες μεθόδους δεν προσέφερε σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις απλούστερες στατιστικές μεθόδους (π.χ. τη δεσμευμένη μέση τιμή).

Όπως συνόψισαν τις παρατηρήσεις τους, οι Gallegati *et al.* (2006), «... (1) η ελλιπής γνώση των εξελίξεων εντός της οικονομικής επιστήμης, (2) η αντίδραση για νέες, πιο ασφαλείς στατιστικές μεθοδολογίες, (3) η αντίληψη ότι η παρουσία κανονικότητας στα οικονομικά δεδομένα είναι παγκόσμια, και (4) η εγκυρότητα των θεωρητικών υποδειγμάτων που χρησιμοποιούνται για την ερμηνεία των εμπειρικών δεδομένων [...] αποτελούν σημεία τριβής στο διεπιστημονικό πεδίο». Εστιάζοντας στο τέταρτο –και σημαντικότερο, ίσως– σημείο, παρατηρούν ότι πολλά οικονομικά φαινόμενα διαφέρουν ριζικά από τα φυσικά τους ανάλογα, όπως για παράδειγμα

¹ Το άρθρο των Chakraborti *et al.* (2011) συγκεντρώνει πολλά από τα βασικά συμπεράσματα των πρώτων δεκαπέντε χρόνων καθώς και τα προβλήματα που συναντήθηκαν. Βιβλία όπως των Sinha *et al.* (2010) αποτελούν μία καλή αρχή για τις μεθόδους και τον τρόπο εφαρμογής των διαφόρων υποδειγμάτων.

η θεμελιώδης υπόθεση της συντηρητικότητας ενός συστήματος, που μπορεί να ισχύει για φυσικά συστήματα που διατηρούν την ενέργεια, όχι όμως για ένα οικονομικό σύστημα που συνεχώς παράγει πλούτο. Κρατώντας τις αναλογίες σε ένα θεμελιώδες επίπεδο, ίσως μπορούμε να εξάγουμε συμπεράσματα για την οικονομία, μπαίνοντας, όμως, στο βάθος της ανάλυσης μίας συγκεκριμένης αγοράς, αγνοώντας την ίδια στιγμή τόσο σημαντικές διαφορές, οδηγεί σίγουρα σε λάθος αποτελέσματα.

Οι Gallegati *et al.* (2006) παρατηρούν ακόμα ότι τα περισσότερα οικονομοφυσικά υποδείγματα, παρασυρμένα ίσως από την κυρίαρχη οικονομική θεωρία, αντιλαμβάνονται την οικονομία ως ένα σύστημα ανταλλαγής, αποκρύπτοντας εξ ολοκλήρου την πλευρά της παραγωγής, που είναι ίσως η σημαντικότερη πλευρά ενός βιομηχανικού καπιταλιστικού κόσμου. Η ελλιπής γνώση των εξελίξεων εντός της οικονομικής επιστήμης δημιουργεί ένα κενό στις γνώσεις ενός οικονομοφυσικού, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τις πολύπλοκες και συχνά αντίπαλες απόψεις που έχουν σχηματιστεί κατά τους δύο μισούς αιώνες. Για παράδειγμα, η έμφαση των κλασικών οικονομολόγων (κυρίως των Smith και Ricardo) ή των ριζοσπαστών ομολογών τους (όπως ο Marx) για την προτεραιότητα της παραγωγικής διαδικασίας, η έμφαση των θεσμιστών (όπως ο Schumpeter) για την ταραχώδη διάχυση των καινοτομιών, η διαμάχη των Keynes και Hayek (και των ακολούθων τους μέχρι σήμερα) για τη δράση του κράτους στην οικονομία, η σύνδεση του χρηματοπιστωτικού τομέα με την παραγωγή όπως την αντιλήφθηκε ο Minsky, συχνά απουσιάζουν από τη σκέψη των οικονομοφυσικών, που δίνουν προτεραιότητα στην ανάλυση μίας αγοράς και στην πρόβλεψη της εξέλιξής της, παρά στο σύνολο της οικονομίας και στους εξωτερικούς παράγοντες που μπορεί να επιδρούν.

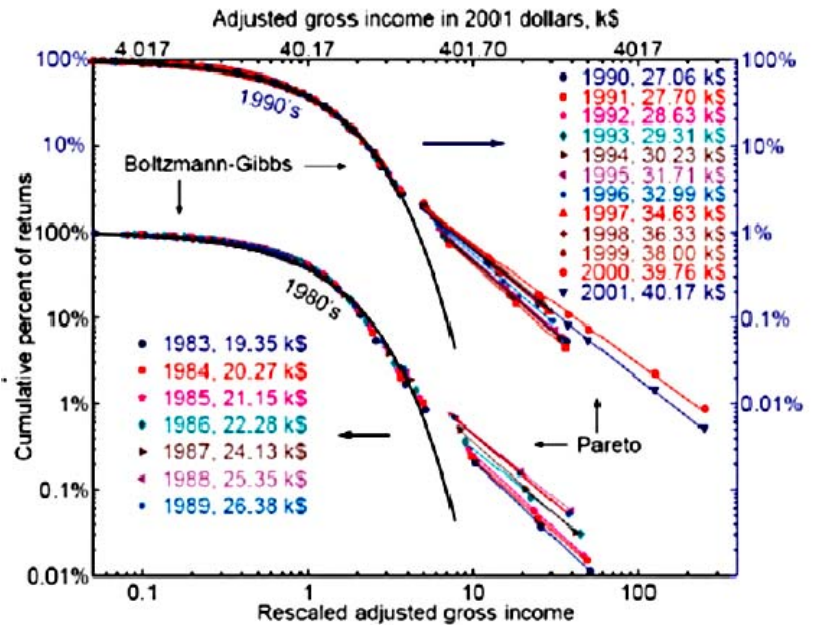
Από αυτήν την αιρετική ίσως σκοπιά, οι περισσότεροι οικονομοφυσικοί μοιάζουν σαν πολιτικοί μηχανικοί που επιχειρούν να χτίσουν μία γέφυρα, χωρίς να έχουν πρώτα ρωτήσει τους γεωλόγους για τη μορφή, τη σύσταση και την αντοχή του εδάφους, τους φυσικούς για τη δομή και την αντοχή των υλικών, τους μετεωρολόγους για τις βροχοπτώσεις της περιοχής και πόσο επιδρούν στο ποτάμι. Όσο καλή δουλειά κι αν έχουν κάνει στη γέφυρα καθαυτή, οι εξωτερικοί παράγοντες μπορούν πάντα να τη ρίξουν...

Κλασσικά Οικονομικά και Μαθηματικές Μέθοδοι: σύγκλιση ή απόκλιση;

Όποιος ψάξει την ιστορία της Οικονομικής Επιστήμης θα βρει στις απαρχές της το γιατρό του Λουδοβίκου XV (F. Quesnay), έναν ηθικό φιλόσοφο (A. Smith), έναν ιερωμένο (T.R. Malthus), έναν έμπορο και βουλευτή (D. Ricardo) και πολλούς πολιτικούς στοχαστές (D. Hume, K. Marx), ο δε τρόπος που οι περισσότεροι εξ αυτών εκθέτουν τις συχνά αντικρουόμενες απόψεις τους, φλερτάρει με το ύφος ενός καθηγητή της φιλοσοφίας, απέχει όμως πολύ από τον τρόπο σκέψης ενός σύγχρονου μαθη-

ματικού.² Όπως όμως παρατηρούν πολλοί, οι πρωτεργάτες της οικονομικής θεωρίας κάθε άλλο παρά αντίθετοι ήταν στη σύγκριση με τη Φύση και τις φυσικές επιστήμες –σε μία λελογισμένη σύγκριση πάντα... Η ιατρική εκπαίδευση του Quesnay του επέτρεψε (τόσο στον ίδιο, όσο και στον Marx) να αντιληφθεί την οικονομία σαν ένα βιολογικό οργανισμό, η αγάπη του Smith για τον Newton αποτυπώνεται στην πίστη του ότι τα οικονομικά φαινόμενα μπορούν να συστηματοποιηθούν δηλαδή δεν αποτελούν τυχαία γεγονότα, ο ρασιοναλισμός του Ricardo και του Marx τους έπεισε ότι οι νόμοι της οικονομίας είναι εξίσου καθολικοί με τους φυσικούς, ακόμα κι αν δεν μπορούσαν να τους αποτυπώσουν ως τέτοιους.³ Σε πιο σύγχρονες έρευνες, η μαθηματική εκπαίδευση των Kalecki, Goodwin, Tinbergen, Minsky τους οδήγησε από πολύ νωρίς στην υιοθεσία αναλογιών ενός βιολογικού ή ενός φυσικού συστήματος με την οικονομία.

Έτσι, φεύγοντας από το επίπεδο της μελέτης μεμονωμένων αγορών, μπορούμε να βρούμε περιπτώσεις που η Οικονομική όχι μόνον έδωσε ξεκάθαρα αποτελέσματα, αλλά και άφησε σαφές αποτύπωμα στην οικονομική θεωρία –χωρίς να αντιτίθεται ούτε στο πρώτο, ούτε και στο τέταρτο σημείο των Gallegati *et al.* (2006). Η χαρακτηριστικότερη ίσως μελέτη είναι αυτή των Drăgulescu & Yakovenko (2001) για την κατανομή των εισοδημάτων στις ανεπτυγμένες καπιταλιστικές οικονομίες. Η απόδειξη ότι τα εισοδήματα δεν ακολουθούν την ίδια κατανομή, αλλά διατάσσονται αντίστοιχα προς το εισοδηματικό κλιμάκιο δεν ήταν ξένη προς την οικονομική θεωρία, αλλά αντιπροσώπευε κάποιες περιθωριακές, ετερόδοξες, ακόμη και ριζοσπαστικές απόψεις. Επί της ουσίας, η έρευνα αυτή απέδειξε την ύπαρξη δύο κοινωνικών/εισοδηματικών τάξεων, αυτή των χαμηλότερων εισοδημάτων (κυρίως μισθωτών) που κατανέμεται κατά Boltzmann-Gibbs, όπως ακριβώς ένα αέριο σε θερμική ισορροπία και αυτή των υψη-



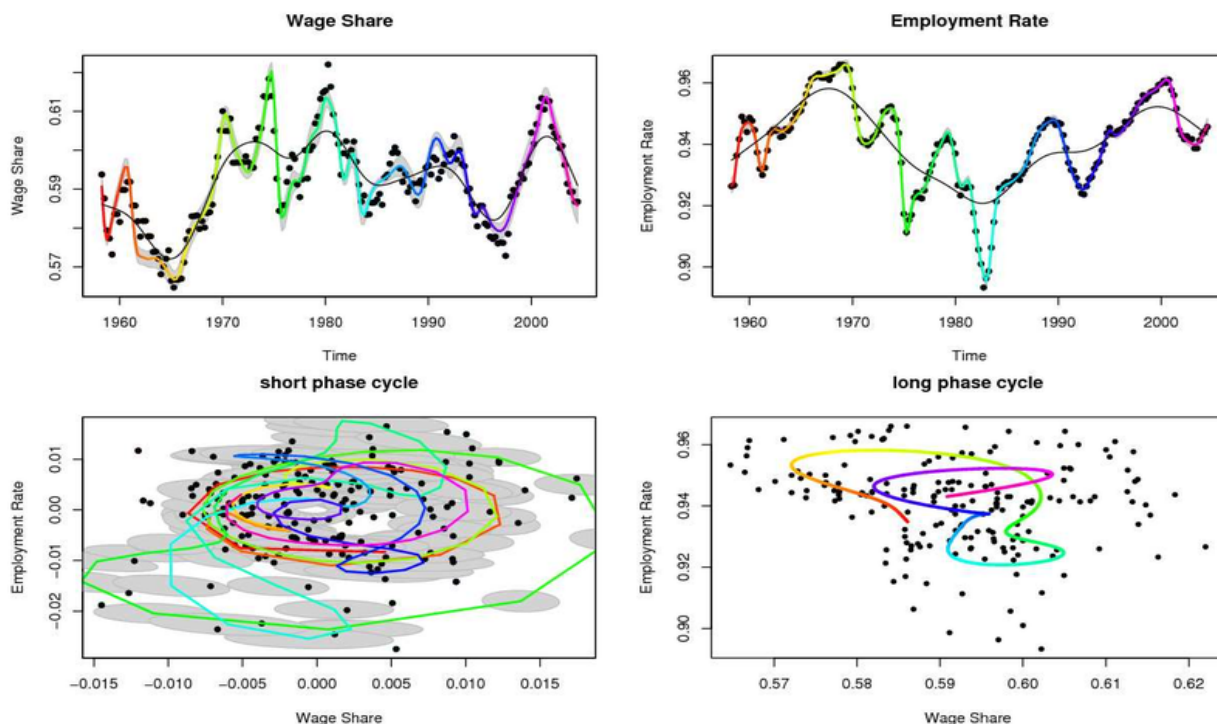
Σχήμα 1: Οι κατανομές των εισοδημάτων στις Η.Π.Α., 1983-2001, από την έρευνα των Drăgulescu και Yakovenko. Εμφανώς, τα χαμηλότερα εισοδήματα κατανέμονται βάσει της κατανομής Boltzmann-Gibbs ενώ τα υψηλότερα βάσει της κατανομής Pareto.

λότερων εισοδημάτων (κυρίως επιχειρηματιών) που κατανέμεται κατά Pareto, δηλαδή εκθετικά αντίστροφα προς τον πλούτο τους. Έτσι, η κατανομή του εισοδήματος σε φτωχούς και πλούσιους δεν είναι άνιση κατά λάθος, αλλά λόγω εγγενών συστημικών παραγόντων, εξ ου και η ποιοτική διαφοροποίηση των δύο κατηγοριών. Ταυτόχρονα, η διαφοροποίηση ενός πλούσιου από ένα φτωχό παύει να είναι απλά ποσοτική (τι εισόδημα έχει ο καθένας), αλλά γίνεται ποιοτική (σε ποια κατανομή ανήκει ο καθένας για την εκάστοτε χώρα και περίοδο).

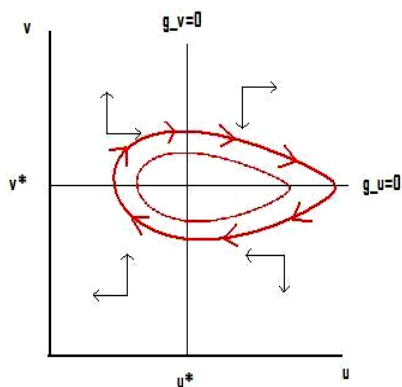
Η έρευνα αυτή δεν ήταν βέβαια η πρώτη. Ο πτυχιούχος Πολυτεχνείου Μ. Kalecki ήταν από τους πρώτους που επιχειρήσαν να περιγράψουν την οικονομία σαν ένα δυναμικό σύστημα, επηρεασμένοι σε μεγάλο βαθμό από τη θεωρία των ταλαντώσεων. Η περιοδική εμφάνιση κύκλων για τον Kalecki δεν ήταν ένα τυχαίο γεγονός, αλλά μία εγγενής διαδικασία του καπιταλιστικού συστήματος. Η μελέτη των επενδύσεων υπό την επίδραση των κερδών και των παραγωγικών δυνατοτήτων μίας οικονομίας, αλλά και η ευρεία γνώση του τόσο στα Οικονομικά όσο και στις Φυσικές επιστήμες, του επέτρεψε να αναγνωρίσει τα αίτια του Μεγάλου Κραχ –αλλά και τους τρόπους διαφυγής από αυτό– νωρίτερα από την κυρίαρχη φυσιογνωμία της εποχής, τον J. M. Keynes. Λίγες δεκαετίες αργότερα, το 1967, ο R. M. Goodwin θα κατέληγε στην κατασκευή και μελέτη ενός πολύ απλού δυναμικού συστήματος (δύο μόλις διαφορικών εξισώσεων), που περιέγραφαν την αλληλεπίδραση του μεριδίου των μισθών και του ποσοστού απασχόλησης σαν αλληλεπίδραση μεταξύ ενός θηράματος και ενός θηρευτή –το γνωστό σύστημα των Lotka και Volterra, που ξεκίνησαν τον κλάδο της Μαθηματικής Βιολογίας. Οι ταλαντώσεις που προέβλεπε το απλό αυτό σύστημα έχουν επιβεβαιωθεί εμπειρικά, ενώ μέχρι και σήμερα πολλοί οικονομολόγοι επεκτείνουν το υπόδειγμά του για να περιγράψουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τους οικονομικούς κύκλους. Η σχέση αυτή, βέβαια, έρχεται σε πλήρη συμφωνία με την κλασική σχολή (Smith, Ricardo) και τις ετερόδοξες φωνές (Marx), αλλά σε πλήρη αντίθεση με τις κυρίαρχες απόψεις, Έτσι, οι σπουδαιότερες εργασίες στο αντικείμενο, όπως τα βιβλία του ίδιου του Goodwin (1990), του Flaschel (2008) και του

² Γι' αυτό θυμάμαι πάντα την απορία που μου προέκυψε ακούγοντας καθηγητές Κλασικής Πολιτικής Οικονομίας να λένε πως «οι κλασσικοί οικονομολόγοι σκέφτονταν σε μαθηματικοί, αλλά γράφανε σε φιλόσοφοι». Χρειάστηκε να δω τις ελάχιστες σελίδες που αφιέρωσε στις εξισώσεις του ο Isaac Newton στα *Principia Mathematica Philosophiae Naturalis* για να αντιληφθώ την αξία αυτή της δήλωσης.

³ Ο Marx έλεγε ότι η διαφορά των φυσικών από τους οικονομικούς νόμους δεν είναι η εγκυρότητα ή η καθολικότητά τους, αλλά ο τρόπος που εκδηλώνονται.



Σχήμα 2: Θεωρητική μορφή (αριστερά) και εμπειρική επιβεβαίωση (επάνω) των κύκλων μισθών-απασχόλησης του Goodwin, βραχυπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα στις Η.Π.Α., 1958-2008, από έρευνα των Flaschel *et al.* (2007).



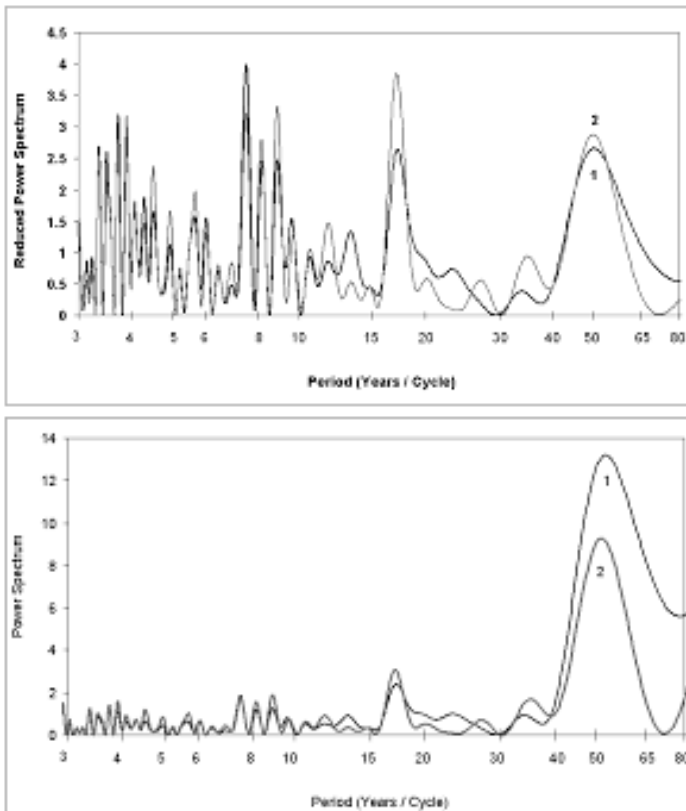
Shaikh (2016), υιοθετούν πάντα μία επικριτική και ετερόδοξη στάση.

Η στάση αυτή δικαιώνεται τόσο από την κανονικότητα με την οποία επαναλαμβάνονται οι οικονομικές κρίσεις, όσο και με την αναγνώριση των αιτιών τους. Το 2010, οι Korotayev και Tsirel επιχείρησαν να εξετάσουν πόσο κανονικές ήταν οι κρίσεις μελετώντας στοιχεία ρυθμών μεγέθυνσης από την παγκόσμια οικονομία για παραπάνω από έναν αιώνα. Χρησιμοποιώντας μετασχηματισμούς Fourier αντιλήφθηκαν την παρουσία πολύ συγκεκριμένων οικονομικών κύκλων, ο σημαντικότερος εκ των οποίων εμφανιζόταν ανά 50 περίπου χρόνια. Και αυτό το αποτέλεσμα δεν είναι πρωτόκουστο στην οικονομική θεωρία, καθώς συμφωνεί με τις παρατηρήσεις του Ρώσου οικονομολόγου και στατιστικολόγου N. Kodratieff. Ακόμη περισσότερο, όμως, συμφωνεί με τις αιτίες που ανέπτυξαν ετερόδοξοι φιλελεύθεροι όπως ο Schumpeter ή ριζοσπάστες σοσιαλιστές όπως ο Marx. Κατά βάθος, η ιδέα τους είναι πολύ α-

πλή: μία καπιταλιστική οικονομία που λειτουργεί σε συνεχή επέκταση, όπως ένας ζωντανός οργανισμός, πρέπει να περάσει από φάσεις αναθέρμανσης, οπότε η παλιότερες τεχνολογίες, οι αρχαιωμένοι θεσμοί, η φθίνουσα απόδοση των κεφαλαίων (και άρα η φθίνουσα κερδοφορία) θα «θεραπευτούν».

Όμως, η πιο ενδιαφέρουσα και πιο συνταρακτική μελέτη ίσως είναι αυτή των Farjoun και Machover, που πρωτοεκδόθηκε το 1983. Οι δύο μαθηματικοί και πολιτικοί ακτιβιστές επιχείρησαν να επιλύσουν ένα πρόβλημα εσωτερικής συνοχής της μαρξιστικής θεωρίας, το πρόβλημα του μετασχηματισμού από τις ώρες εργασίας στις τιμές των προϊόντων. Κατέληξαν ωστόσο να διατυπώσουν την ανάγκη για συνολικότερη αλλαγή της οικονομικής θεωρίας –μία ανάγκη που συμμερίστηκαν και συνέχισαν ο Krause (1982), οι Cottrell *et al.* (2009), ο Shaikh (2016) και οι Tsoulfidis & Tsaliki (2019), στηριζόμενοι λιγότερο ή περισσότερο στις μεθόδους της Οικονοφυσικής. Το πρόβλημα με το οποίο ασχολήθηκαν οι Farjoun & Machover δεν αποτελούσε απλά την ολοκλήρωση της μαρξιστικής θεωρίας, αλλά και το συνδυαστικό κρίκο για τη σύνδεση της παραγωγικής διαδικασίας (των ωρών εργασίας που δαπανώνται στην παραγωγή) με τον κόσμο της ανταλλαγής (των τιμών των προϊόντων που βλέπουμε ως καταναλωτές). Αντιλαμβανόμενοι τις βασικές μεταβλητές της παραγωγικής διαδικασίας ως στοχαστικές μεταβλητές, απέδειξαν ότι ο μετασχηματισμός των ωρών εργασίας σε τιμές προϊόντων είναι ορθός και πλήρης, συνδέοντας έτσι την παραγωγή με την ανταλλαγή, αλλά και πληρώνοντας το πρώτο και το τέταρτο σημείο κριτικής των Gallegati *et al.*, 25 χρόνια πριν διατυπωθούν.⁴

⁴ Λίγα χρόνια νωρίτερα, ο μαθηματικός Morishima και ο φυσικός Shaikh είχαν επίσης λύσει το πρόβλημα –υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις– αξιοποιώντας μία διαδικασία γνωστή ως Jacobi iteration. Οι Shaikh (2016) και Tsoulfidis & Tsaliki (2019) συνεχίζουν σε αυτήν την κατεύθυνση.



Σχήμα 3: Τα περιοδογράμματα του παγκόσμιου ρυθμού μεγέθυνσης, 1870–2009, πριν (πάνω) και μετά (κάτω) τη διόρθωση για τους παγκόσμιους πολέμους, από την έρευνα των Korotayev & Tsirel (2010). Είναι εμφανής η ύπαρξη συστημικών κύκλων ανά πενήντα περίπου χρόνια.

Προς ένα νέο παράδειγμα;

Ο επιστημολόγος Thomas Kuhn είχε διατυπώσει την άποψη ότι οι φυσικές επιστήμες κινούνται μέσω επαναστάσεων κατά τις οποίες το κυρίαρχο παράδειγμα, δηλαδή η κεντρική άποψη των επιστημόνων για τον κόσμο, αλλάζει άρδην. Έτσι, το πέρασμα από τη νευτώνεια στην κβαντική φυσική δεν ήταν μία απλή επέκταση, αλλά μία ρηξικέλευθη αλλαγή στον τρόπο που οι φυσικοί έβλεπαν τα σώματα, τα κύματα, τις δυνάμεις κ.ο.κ. Πολλοί ιστορικοί της επιστήμης έχουν παρατηρήσει ότι οι κοινωνικές επιστήμες δεν ακολουθούν την ίδια πορεία εξέλιξης καθώς πολλά παραδείγματα δύνανται να συνυπάρχουν. Συγκεκριμένα για τα Οικονομικά, έχει παρατηρηθεί από το Lakatos ότι η ακριβώς αντίστροφη διαδικασία βρίσκεται σε εφαρμογή, με το κυρίαρχο παράδειγμα (των Jevons, Walras, Marshall, κ.ο.κ.) να έχει καταρριφθεί, παρόλα αυτά να συνεχίζει να διδάσκεται και να χρησιμοποιείται.

Η τυφλή εφαρμογή των αρχών και των μεθόδων της Φυσικής στα Οικονομικά, όπως δοκιμάζεται τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, ιδιαίτερα στην ανάλυση των αγορών, έφερε μία τεράστια επανάσταση στις μεθόδους και στην αποτελεσματικότητα των οικονομικών μοντέλων που δύσκολα μπορεί κανείς να αμφισβητήσει, δεν κατάφερε όμως να ξεπεράσει τις βασικές αντιφάσεις που παρουσιάζει το κυρίαρχο παράδειγμά της. Αντίθετα, γεννά πολλά ερωτήματα τόσο για την εγκυρότητα της κυρίαρχης οικονομικής

θεωρίας, όσο και για την ελευθερία (ή την αυθαιρεσία) μας να εφαρμόζουμε σε αυτήν αναλογίες που μάλλον δεν ισχύουν. Αναλογιζόμενοι το πρώτο και το τέταρτο σημείο κριτικής των Gallegati *et al.* (2016) παρατηρούμε ότι οι συνήθεις εφαρμογές της Οικονομικής πάσχουν ως προς τη θεμελιώδη αντίληψή τους για τα οικονομικά φαινόμενα. Στρέφοντας, όμως, το βλέμμα παραπέρα, στις έρευνες του Goodwin, των Farjoun και Machover, του Krause, των Drăgulescu και Yakovenko, των Korotayev και Tsirel, βλέπουμε πως όχι μόνον υπάρχουν οι βάσεις για περαιτέρω προσέγγιση των φυσικών και κοινωνικών επιστημών, αλλά υπάρχουν και οι τρόποι να αποφευχθούν τα λάθη και οι αυθαιρεσίες. Το βασικό όμως που μπορούμε να διδαχτούμε από τις έρευνες αυτές είναι ότι, προσεγγίζοντας τα Οικονομικά με τη σκοπιά του Φυσικού, δε σημαίνει ότι πρέπει να κλείνουμε τα μάτια απέναντι στα ίδια τα Οικονομικά, αλλά ίσως να προσπαθούμε να συνεισφέρουμε στη διεύρυνση και στην αναθεώρηση της ίδιας της βάσης τους.

Πηγές:

- Chakraborti, A., Toke, I. M., Patriarca, M., & Abergel, F. (2011) *Econophysics review: I. Empirical facts*. *Quantitative Finance*, **11**, 991; *Econophysics review: II. Agent-based models*. *Quantitative Finance*, **11**, 1013.
- Cottrell, A. F., Cockshott, P., Michaelson, G. J., Wright, I. P. & Yakovenko, V. (2009). *Classical econophysics*. Routledge.
- Drăgulescu, A., & Yakovenko, V. M. (2001). *Exponential and power-law probability distributions of wealth and income in the United Kingdom and the United States*. *Physica A* **299**, 213.
- Farjoun, E., & Machover, M. (Eds.). (2020). *Laws of chaos*. Verso.
- Flaschel, P. (2008). *The macrodynamics of capitalism: elements for a Synthesis of Marx, Keynes and Schumpeter*. Springer Science & Business Media.
- Flaschel, P., Greiner, A., S. Luchtenberg & Nell, E. (2007). *Varieties of Capitalism: The Flexicurity Model in P. Flaschel, M. Landesmann, (eds): Mathematical Economics and the Dynamics of Capitalism*, London, Routledge.
- Gallegati, M., Keen, S., Lux, T., & Ormerod, P. (2006). *Worrying trends in econophysics*. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, **370**, 1.
- Goodwin, R. M. (1990). *Chaotic economic dynamics*. Oxford.
- Korotayev, A. V. & Tsirel, S. V. (2010). *A spectral analysis of world GDP dynamics: Kondratieff waves, Kuznets swings, Juglar and Kitchin cycles in global economic development, and the 2008–2009 economic crisis*. *Structure and Dynamics*, **4**.
- Krause, U. (1982). *Money and abstract labour: On the analytical foundations of political economy*. New Left-Books.
- Ormerod, P. (2016). *Ten years after “Worrying trends in econophysics”: developments and current challenges* *The European Physical Journal Special Topics*, **225**, 3281.
- Shaikh, A. (2016). *Capitalism: Competition, conflict, crises*. Oxford University Press.
- Sinha, S., Chatterjee, A., Chakraborti, A., & Chakraborti, B. K. (2010). *Econophysics: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Tsoulfidis, L., & Tsaliki, P. (2019). *Classical Political Economics and Modern Capitalism*. Springer Books.

νανοσωματίδια, πλασμόνια, χρώμα

...μια σύντομη ιστορία



οπτική στη νανοκλίμακα



Κασσαβέτης Σπύρος
ΕΔΙΠ
Τμήματος Φυσικής

Ορόσημο στη διαδρομή της Νανοτεχνολογίας αποτελεί η ομιλία του Richard Feynman στις 29 Δεκεμβρίου 1959 στο ετήσιο συνέδριο της Αμερικάνικης Εταιρείας Φυσικής στο California Institute of Technology (Caltech) με τίτλο «There's Plenty of Room at the Bottom: An Invitation to Enter a New

Field of Physics». ¹ Τον Ιανουάριο του 2000, ο Πρόεδρος των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής Bill Clinton, αποδεχόμενος την εισήγηση της επιστημονικής επιτροπής του (M. C. Roco, R. S. Williams, και P. Alivisatos) δίνει ουσιαστικά την εκκίνηση στο διεπιστημονικό «ράλι» έρευνας και ανάπτυξης στο «βυθό» της ύλης, στη Νανοτεχνολογία, υπογράφει την σχετική πρωτοβουλία (National Nanotechnology Initiative), εγκρίνει τη χρηματοδότηση και σημειώνει στην ομιλία του, στο Caltech πάλι, ότι «... κάποιος από τους ερευνητικούς στόχους μπορεί να υλοποιηθούν σε 20 χρόνια». ²

Σήμερα, είκοσι χρόνια μετά, ένας από τους πλέον ενδιαφέροντες και πολυθεματικούς τομείς της Νανοτεχνολογίας και ειδικότερα της Νανοφωτονικής είναι η Πλασμονική (Plasmonics), δηλαδή η επιστήμη και η τεχνολογία που εξετάζει τα οπτικά και οπτοηλεκτρονικά φαινόμενα στις επιφάνειες και τις διεπιφάνειες νανοδιάστατων / νανοδομημένων μετάλλων με διηλεκτρικά υλικά και ημιαγωγούς.

Οι ιδιαίτερες οπτικές ιδιότητες των μεταλλικών σωματιδίων είναι εμπειρικά γνωστές τουλάχιστον από τη Ρωμαϊκή εποχή. ³ Περίτεχνα αντικείμενα καθημερινής χρήσης εντυπωσιάζουν με τη χρήση νανοσωματιδίων (!) ευγενών μετάλλων, όπως το κύπελλο του Λυκούργου (4^{ος} αιώνας μ.Χ., Βρετανικό Μουσείο, Λονδίνο), το οποίο απεικονίζει τη νίκη του θεού Διόνυσου επί του Βασιλιά Λυκούργου, μυθολογικό θέμα προερχόμενο από τη Ραψωδία Ζ της Ιλιάδας του Ομήρου (Σχ. 1). Συγκεκριμένα, το κύπελλο του Λυκούργου αποτελείται από δύο μέρη: α) το γυάλινο δοχείο και β) τον περίτεχνο εξωτερικό διάκοσμο ο οποίος αναπαριστά τη μυθολογική μάχη. Είναι όμως το γυάλινο δοχείο που κερδίζει τις εντυπώσεις, εξαιτίας της διχρωμικής ιδιότητάς του. Έτσι, στο διάχυτο, ανακλώμενο λευκό φως το γυάλινο δοχείο έχει πράσινο χρώμα, ενώ όταν φωτίζεται εσωτερικά (ή από πίσω) με διερχόμενο λευκό φως, αποκτά ημιδιαφανές ρουμπινί χρώμα και δίνει την απαιτούμενη ένταση στον αναπαριστώμενο μύθο! Η

αιτία της διχρωμικής συμπεριφοράς εντοπίστηκε στα υλικά από τα οποία είναι κατασκευασμένο το γυάλινο δοχείο. Αρχικά τη δεκαετία του 1960, διαπιστώθηκε η ύπαρξη χρυσού και αργύρου στο γυαλί, ενώ στα τέλη της δεκαετίας του 1980, ο λεπτομερής χαρακτηρισμός με Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διέλευσης και Περίθλαση Ακτίνων-Χ απέδειξε την ύπαρξη νανοσωματιδίων χρυσού-αργύρου με μικρή περιεκτικότητα σε χαλκό και διάμετρο 50–100 nm. ^{3,4}

Παρ' όλο που τα κράματα αργύρου-χρυσού με μικρή περιεκτικότητα χαλκού, γνωστά με την ονομασία ήλεκτρον (electrum) στην Αρχαία Ελλάδα (η ίδια ονομασία χρησιμοποιούνταν και για το κεχριμπάρι), εντοπίζονταν στα αρχαία μεταλλεία, είναι το μέγεθος αυτών των σωματιδίων των κρυστάλλων που δίνει αυτές τις χαρακτηριστικές ιδιότητες στο κύπελλο του Λυκούργου. Παρά την εκτεταμένη παραγωγή υάλινων αντικειμένων κατά τα ρωμαϊκά χρόνια αλλά και μετέπειτα, η κατασκευή αντικειμένων από διχρωμικό γυαλί ήταν μικρής κλίμακας και η τεχνική αυτή γνώση «ξεχάστηκε» τα επόμενα χρόνια.

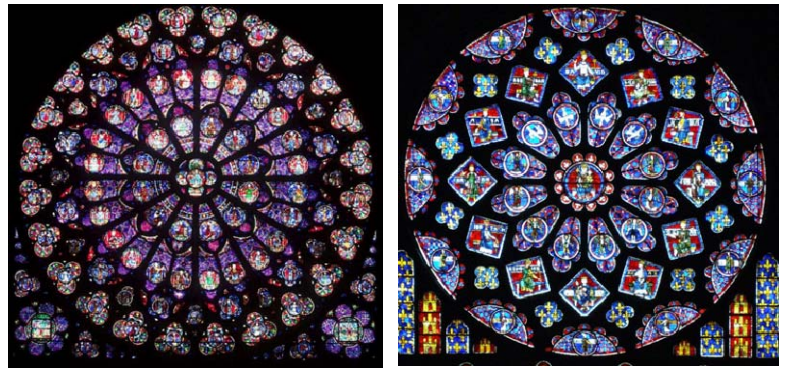
Η εμπειρική γνώση για την παραγωγή υάλινων αντικειμένων με το «θρυλικό» πλέον ρουμπινί-χρυσό χρώμα του κυπέλλου του Λυκούργου, γίνεται πραγματικά οργανωμένη και τεκμηριωμένη κατά τον Ύστερο Μεσαίωνα. ^{5,6} Πρώτη γραπτή αναφορά για την κατασκευή ρουμπινί υάλου με χρήση κολλοειδούς διαλύματος χρυσού γίνεται από τον Γερμανό Αλχημιστή Ανδρέας Λιβάνιους (1550–1616) στο πιθανότατα πρώτο στον κόσμο εγχειρίδιο χημείας με τίτλο «Alchemia» (1597), ενώ το 1612, στο έργο του «L' Arte Vitrayia», ο Φλωρεντίνος παπάς Αντόνιο



Σχήμα 1: Το κύπελλο του Λυκούργου (4^{ος} αιώνας μ.Χ.) φωτισμένο από εξωτερική πηγή λευκού φωτός -παρατήρηση με το ανακλώμενο φως (αριστερά)- και φωτισμένο από πηγή λευκού φωτός από πίσω ή εσωτερικά -παρατήρηση με διερχόμενο φως (δεξιά).

Ντε Νέρι (1576–1614) αναφέρεται στην κατασκευή υάλου με «υπέροχο κόκκινο χρώμα προερχόμενο από χρυσό». Η κύρια όμως αναφορά και περιγραφή της διαδικασίας παραγωγής ρουμπινί υάλου είναι αυτή του χημικού (αλχημιστή) J. Kunckel (1630 – 1703), ο οποίος με το βιβλίο του «Ars Vitrarum Experimentalis oder Vollkommene Glasmacherkunst» (1679) καθορίζει και τη βιομηχανική παραγωγή υάλινων αντικειμένων.⁷ Στο Σχ. 2, παρουσιάζεται το εξώφυλλο του βιβλίου και διάφανο ρουμπινί γυάλινο δοχείο που κατασκεύασε ο J. Kunckel στο Πότσδαμ, στην Υαλουργική εταιρεία του Βασιλιά της Πρωσίας Friedrich Wilhelm I. Αντίστοιχες είναι οι προσπάθειες και παρατηρήσεις του γιατρού A. Cassius του νεότερου στο βιβλίο του με τίτλο «De Auro» (1685), ο οποίος περιγράφει την παραγωγή διαλυμάτων κolloειδούς χρυσού και πιθανές ιατρικές εφαρμογές με αποτέλεσμα το χρώμα αυτό να ονομασθεί «Purple of Cassius».⁸

Ωστόσο, η τεχνική, εμπειρική γνώση για τον χρωματισμό γυάλινων αντικειμένων και

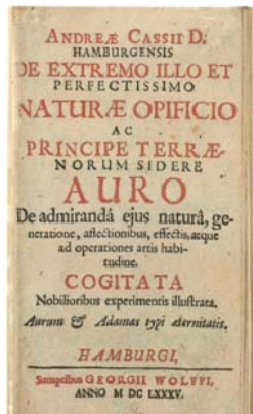


Σχίμα 3: Οι ροζέτες στα παράθυρα των Καθεδρικών Ναών Notre Dame στο Παρίσι (αριστερά) και στη Σαρτρ (δεξιά).

κolloειδών διαλυμάτων χρυσού ανέμενε την επιστημονική τεκμηρίωση. Έτσι, ο Michael Faraday το 1857 στη δημοσίευση του «Experimental relations of gold (and other metals) to light» αναφέρεται στο σχηματισμό ερυθρών διαλυμάτων κolloειδούς χρυσού και στην αντιστρεπτή μεταβολή του χρώματος υμενίων (thin films) χρυσού όταν συμπιεστούν,⁹ ενώ το 1897 ο χημικός Richard Zsigmondy (Νόμπελ Χημείας 1925 για τη χημεία κolloειδών) με τη βοήθεια του φυσικού H. Siedentopf, ο οποίος κατασκεύασε ειδικό οπτικό υπερμικροσκόπιο (slit ultramicroscope) για την εξέταση κolloειδών,¹⁰ παρατήρησε την πραγματική φύση των ερυθρών κolloειδών διαλυμάτων χρυσού και απέδειξε ότι ο χρωματισμός οφείλεται στην παρουσία νανοσωματιδίων χρυσού και οξειδίου του κασσίτερου (SnO₂). Αυτό ήταν! Υπήρχαν πλέον καταγεγραμμένες μέθοδοι και γνώσεις που μπορούσαν να εξηγήσουν και να αναπαράγουν τα εξαιρετικά έργα τέχνης της Αρχαιότητας και του Μεσαίωνα που συνδυάζουν εξαιρετικό χρωματισμό και διαφάνεια, όπως το κύπελλο του Λυκούργου και οι ροζέτες στα παράθυρα των Καθεδρικών Notre Dame στο Παρίσι (σ. δεν επηρεάστηκε από την πυρκαγιά του 2018 η οποία κατέστρεψε μεγάλο μέρος του ναού) και στη Σαρτρ (Σχ. 3). Τα χρώματα των δύο τελευταίων έχουν συσχετισθεί με το μέγεθος και το σχήμα των νανοσωματιδίων χρυσού και αργύρου.

Στο Σχ. 4(α) παρουσιάζεται η επίδραση του υλικού, του σχήματος και του μεγέθους στο χρωματισμό. Παρατηρούμε ότι αν τα νανοσωματίδια αργύρου έχουν σφαιρικό σχήμα τότε το χρώμα αλλάζει από γαλάζιο σε σκούρο γαλάζιο με μείωση του μεγέθους από τα 90 nm στα 40 nm, αντίστοιχα.^{5,16} Τα νανοσωματίδια χρυσού με μέγεθος 100 nm σκεδάζουν έντονα το πορτοκαλί φως, ενώ εκείνα με μέγεθος 50 nm σκεδάζουν έντονα το πράσινο. Στο Σχ. 4(β) παρουσιάζεται το χρώμα που έχουν οι ράβδοι αργύρου και χρυσού και τα κolloειδή διαλύματα των νανοσωματιδίων τους.

Πού οφείλεται όμως αυτή η συμπεριφορά; Τί συμβαίνει κατά την αλληλεπίδραση του φωτός με τα νανοσωματίδια μετάλλων; Η διερεύνηση του φαινομένου ξεκίνησε από την αρχική παρατήρηση του Woods (1902)¹⁴ και την εισαγωγή του συντονισμού των επιφανειακών πλασμονίων, την θεωρία του Maxwell Garnet (Effective Medium Theory) (1904)¹² και τη θεωρία της σκέδασης του φωτός του Mie (1908),¹³ ενώ η πλήρης περιγραφή και εξήγηση δημοσιεύ-



Σχίμα 2: (Επάνω αριστερά) Το εξώφυλλο του έργου «Ars Vitrarum Experimentalis oder Vollkommene Glasmacherkunst» του J. Kunckel. (Επάνω δεξιά) Εξώφυλλο του βιβλίου «De Auro» του γιατρού A. Cassius του νεότερου. (Κάτω) Ρουμπινί διάφανο δοχείο το οποίο κατασκευάστηκε από τον J. Kunckel στην Υαλουργική εταιρεία του Βασιλιά της Πρωσίας Friedrich Wilhelm I στο Πότσδαμ (Stadtmuseum, Berlin).



Σχήμα 4: (α) Ο χρωματισμός που δίνουν τα σφαιρικά νανοσωματίδια χρυσού και αργύρου ανάλογα με το μέγεθός τους, (β) Φωτογραφίες ράβδων αργύρου και χρυσού και διαλυμάτων κολλοειδών νανοσωματιδίων αργύρου (αριστερά) και χρυσού (δεξιά).

θηκε το 1968 στις εργασίες του Otto¹⁴ και των Kretschmann και Raether,¹⁵ οι οποίοι αναφέρθηκαν στη διέγερση των επιφανειακών πλάσμονίων, δηλαδή τη συλλογική διέγερση των ηλεκτρονίων των επιφανειακών ατόμων των μετάλλων.

Επομένως, το ηλεκτρικό πεδίο της προσπίπτουσας ακτινοβολίας διεγείρει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια της επιφάνειας των μετάλλων, τα οποία με τη σειρά τους δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο. Όταν το τε-

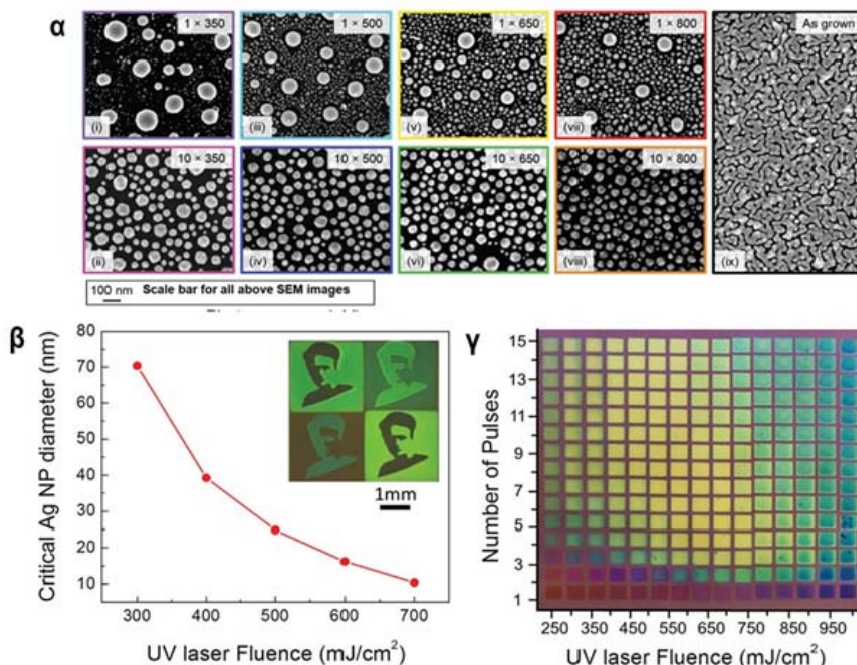
λευταίο συντονίζεται με το ηλεκτρικό πεδίο της ακτινοβολίας τότε έχουμε το φαινόμενο του συντονισμού επιφανειακών πλάσμονίων (Surface Plasmon Resonance).

Στην περίπτωση των νανοσωματιδίων μετάλλων, τα ίδια τα νανοσωματίδια είναι η επιφάνεια του υλικού! Αν θεωρήσουμε νανοσωματίδια μετάλλων στην επιφάνεια διηλεκτρικού ή μονωτή ή σε διάλυμα και προσπίπτουσα ακτινοβολία με μήκος κύματος μικρότερο του μεγέθους των νανοσωματιδίων, τότε ο συντονισμός συμβαίνει τοπικά στην περιοχή των νανοσωματιδίων και έχουμε το φαινόμενο του τοπικού συντονισμού επιφανειακών πλάσμονίων (Localized Surface Plasmon Resonance, LSPR).

Και το χρώμα;... το χρώμα προκύπτει από την συμπληρωματικότητα. Για παράδειγμα, ο LSPR των νανοσωματιδίων χρυσού είναι στη φασματική περιοχή του πράσινου (520 - 550 nm). Επομένως αυτή η φασματική περιοχή απορροφάται και το υλικό φαίνεται να έχει κόκκινο χρώμα, το οποίο είναι το συμπληρωματικό του πράσινου.

Τι καθορίζει τον LSPR; Πώς μπορούμε να το «μετακινήσουμε» σε διαφορετικά μήκη κύματος και να παράγουμε διαφορετικά χρώματα; Ο LSPR καθορίζεται τόσο από το υλικό των νανοσωματιδίων (το μέταλλο), το διηλεκτρικό υλικό στο οποίο βρίσκονται, όσο και από το μέγεθος και το σχήμα των νανοσωματιδίων. Για τους λόγους αυτούς, τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί πλήθος φυσικών και χημικών τεχνικών για την παρασκευή νανοσωματιδίων διαφόρων μετάλλων με διαφορετικό σχήμα και μέγεθος με αποτέλεσμα: (α) να καλύπτεται όλο το εύρος του οπτικού φάσματος, επομένως να είναι δυνατή η παραγωγή διαφόρων χρωματισμών και (β) να προκύπτουν νέες, πιο ευρηματικές και χρήσιμες πλάσμονικές εφαρμογές για τα μεταλλικά νανοσωματίδια, εκτός από το χρωματισμό των υλικών.

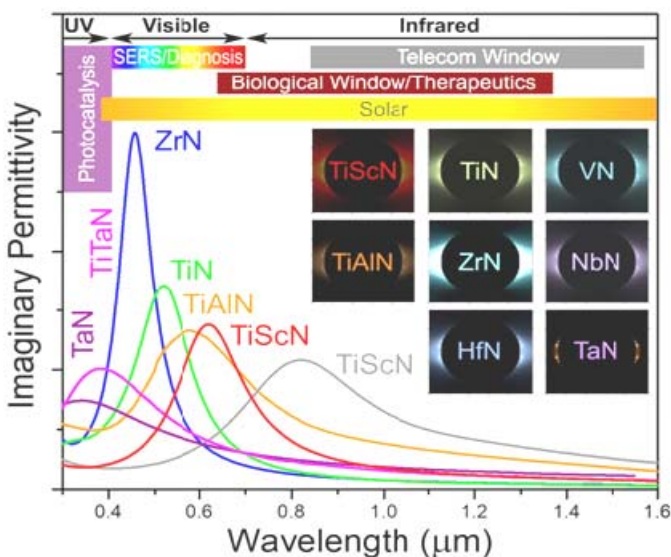
Στο Σχ. 5 παρουσιάζεται η χρωματική παλέτα που μπορεί να προκύψει από νανοσωματίδια αργύρου σε επιφάνεια μονοκρυσταλλι-



Σχήμα 5: (α) Εικόνες SEM: Η επιφάνεια νανοεπίστρωσης αργύρου πάχους 10 nm (δεξιά, ένδειξη "As grown") και των νανοσωματιδίων αργύρου, όπως αυτά προέκυψαν μετά την ακτινοβόληση της αρχικής νανοεπίστρωσης αργύρου με δέσμη Laser μεταβάλλοντας την ενέργεια/μονάδα επιφάνειας και το πλήθος των παλμών. β) το μέγεθος των νανοσωματιδίων αργύρου σε συνάρτηση με την ενέργεια του παλμού Laser και γ) Εικόνα οπτικής μικροσκοπίας του χρωματισμού που δίνουν τα νανοσωματίδια αργύρου εξαιτίας του μεγέθους τους σε επιφάνεια πυριτίου. Κάθε τετράγωνο αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ενέργεια/επιφάνεια της δέσμης Laser και αριθμό παλμών.¹⁷

κού πυριτίου (001), αν μεταβληθεί το μέγεθός τους.¹⁶ Στο επάνω μέρος του Σχ. 5 παρουσιάζονται εικόνες Ηλεκτρονικής Μικροσκοπίας Σάρωσης (SEM), στις οποίες φαίνεται η αρχική νανοεπικάλυψη αργύρου πάχους 10 nm (δεξιά, με την ένδειξη “As grown”) και τα νανοσωματίδια αργύρου που προέκυψαν με τοπική ανόπτηση του αργύρου (Laser annealing) από έναν παλμό ακτινοβολίας Laser (Excimer Laser), μήκους κύματος 248 nm και μεταβάλλοντας την ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας (F) της προσπίπτουσας ακτινοβολίας Laser μεταξύ 350 – 800 mJ/cm². Στην κάτω σειρά παρουσιάζεται η επίδραση των 10 παλμών ακτινοβολίας Laser και παρατηρείται ότι επιτυγχάνεται διαφοροποίηση του μεγέθους των νανοσωματιδίων, το οποίο κυμαίνεται από 10 έως 70 nm. Τελικά προκύπτει η χρωματική παλέτα του Σχ. 5(γ) όπως παρατηρείται με τη βοήθεια οπτικού μικροσκοπίου. Κάθε τετράγωνο αντιστοιχεί σε περιοχή που έχει «δεχθεί» ακτινοβολία Laser με F και πλήθος παλμών που φαίνονται στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο άξονα, αντίστοιχα, και παρατηρείται ότι είναι δυνατό τα πλασματικά νανοσωματίδια Ag να δώσουν μεγάλο εύρος χρωμάτων, αρκεί να διαφοροποιηθεί το μέγεθός τους!!!

Εκτός από τα ευγενή μέταλλα, οι πλασματικές εφαρμογές των νιτριδίων των μετάλλων μεταπτώσεως (Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Hf, Ta, Sc) έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας τα τελευταία χρόνια. Στο Σχ. 6 παρουσιάζεται η φασματική περιοχή που βρίσκεται ο LSPR (η κορυφή σε κάθε καμπύλη) των νανοσωματιδίων διαμέτρου 40 nm των TiN, ZrN, HfN, VN, NbN, TaN και των τριαδικών μετάλλων TiAlN και TiScN και οι πιθανές εφαρμογές τους. Έτσι, το πλασμόνιο του νιτριδίου



Σχήμα 6: Το φανταστικό μέρος της διηλεκτρικής συνάρτησης νανοσωματιδίων νιτριδίων μετάλλων μεταπτώσεως που υπολογίστηκε με Maxwell Garnet – Effective Medium Approximation¹² και οι εφαρμογές τους.¹⁸ Στην ένθετη εικόνα φαίνεται η κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου γύρω από το κάθενο νανοσωματίδιο.¹⁸

του τανταλίου (TaN) απορροφά στο υπεριώδες (UV) με εφαρμογή στη φωτοκατάλυση, τα νιτρίδια του ζirkονίου και του τιτανίου απορροφούν στο ορατό και έχουν πιθανές εφαρμογές στην εκμετάλλευση του Ηλιακού φάσματος όπως στα φωτοβολταϊκά, και σε βιοϊατρικές διαγνωστικές τεχνικές με βάση την ενίσχυση του σήματος που λαμβάνεται κατά τη σκέδαση Raman (Surface Enhanced Raman Scattering, SERS), ενώ τα τριαδικά νιτρίδια τιτανίου αλουμινίου (TiAlN) και Τιτανίου Σκανδίου (TiScN) μπορούν να έχουν εφαρμογές στο Υπέρυθρο: α) στο αποκαλούμενο βιολογικό παράθυρο του H/M Φάσματος για τη θεραπεία ασθενειών με πλασματική υπερθερμία (Plasmonic Hyperthermia) και β) στις τηλεπικοινωνίες.¹⁸

Εξακολουθεί, λοιπόν, να υπάρχει διαθέσιμος χώρος στο «βυθό» της ύλης για νέα φυσική και κυρίως νέες εφαρμογές για τα νανοσωματίδια των μετάλλων (και όχι μόνο) και τα πλασμόνια τους!

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή Π. Πατσάλα, Τμ. Φυσικής, ΑΠΘ για τις σχετικές με το άρθρο συζητήσεις/προτάσεις και τα Σχ. 5 και 6 και τον Δρ. Ν. Καλφαγιάννη, Nottingham Trent University, UK, για το Σχ. 5.

Πηγές

- R. Feynman, R., *Caltech Engineering and Science* 23, 22 (1960).
- M.C. Roco, R.S. Williams, and P. Alivisatos, *Nanotechnology Research Directions: Vision for Nanotechnology R&D in the Next Decade. National Science and Technology Council, White House 1999, reprinted Springer 2000.*
- I. Freestone, N. Meeks, M. Sax, et al., *Gold Bull* 40, 270 (2007).
- B.J. Barber and I.C. Freestone, *Archeometry* 32, 33 (1990).
- S. Horikoshi, N. Serpone, *Microwaves in Nanoparticle Synthesis: Fundamentals and Applications, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA (2013)*
- L. B. Hunt, *Gold Bulletin* 9,134 (1976).
- J. Kunckel, *Ars Vitruvia Experimentals oder Vollkommene Glasmacherkunst, Frankfurt, Germany.*
- A. Cassius, 'De Auro'. Hamburg, 1685.
- M. Faraday, *Philos. Trans. R. Soc. London* 147, 145 (1857).
- R. Zsigmondy, *Annalen* 301, 361 (1898).
- R.W. Wood, *Proc. Phys. Soc. London* 18, 269 (1902).
- J.C. Maxwell Garnett, *Phil. Trans. R. Soc. A* 203, 385 (1904).
- G. Mie, *Ann. Phys. (Leipzig)* 25, 377 (1908).
- A. Otto, *Z. Phys.* 216, 398 (1968).
- E. Kretschmann, H.Z. Raether, *Naturforsch.* A23, 2135 (1968).
- R. Jin et al., *Science* 294, 1901 (2001).
- N. Kalfagiannis, A. Siozios, D.V. Bellas, D. Toliopoulos, L. Bowen, N. Pliatsikas, W.M. Cranton, C. Kosmidis, D.C. Koutsogeorgis, E. Lidorikis, P. Patsalas, *Nanoscale* 8, 8236 (2016).
- P. Patsalas, N. Kalfagiannis, S. Kassavetis, G. Abadias, D.V. Bellas, Ch. Lekka, E. Lidorikis, *Materials Science and Engineering: R: Reports* 123, 1 (2018).

Όταν η φύση παίζει με το φως

...δομικός χρωματισμός στα ζώα και τα φυτά



ΟΠΤΙΚΗ



Μαρία Κατσικίνη
Αναπλ. Καθηγήτρια
Τμήματος Φυσικής

Παρατηρώντας τα ζώα και τα φυτά γύρω μας διαπιστώνουμε μια πληθώρα χρωμάτων. Οι χρωματισμοί αυτοί σπάνια είναι τυχαίοι. Η προκάλυψη (καμουφλάζ) είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό των ζώων ώστε να μην διακρίνονται εύκολα από τους θηρευτές τους. Καθώς τα

πουλιά αντιλαμβάνονται τα διαφορετικά χρώματα, το φτέρωμά τους χαρακτηρίζεται από έντονους χρωματισμούς γεγονός που παίζει σημαντικό ρόλο στην αναπαραγωγή τους. Το φύλο κάποιων ψαριών επίσης προσδιορίζεται από τον χρωματισμό τους. Στα περισσότερα θηλαστικά, το χρώμα περιορίζεται κυρίως σε λευκό, καφέ, γκρι και μαύρο, υποδηλώνοντας ότι η αχρωματοψία είναι κοινό χαρακτηριστικό σε αυτά τα ζώα. Και τα φυτά όμως χρησιμοποιούν το χρώμα. Λουλούδια με έντονους, φωτεινούς χρωματισμούς προσελκύουν έντομα που είναι απαραίτητα για την επικονίαση. Μούρα με έντονο κόκκινο και κίτρινο χρώμα προσφέρονται ως γεύμα σε πουλιά εξασφαλίζοντας έτσι ότι ο σπόρος θα αποθεθεί αργότερα σε μία άλλη περιοχή. Το χρώμα σε κάποια φίδια λειτουργεί και ως δέλεαρ καθώς ο έντονος χρωματισμός στο άκρο της ουράς τους προσελκύει βατράχους και σαύρες, όταν το υπόλοιπο σώμα του φιδιού είναι καλά κρυμμένο κάτω από ξερά φύλλα.

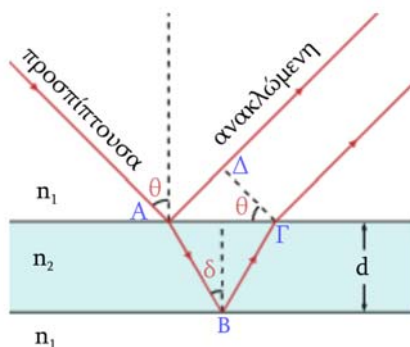
Το χρώμα των ζώων και των φυτών μπορεί να οφείλεται σε διάφορες αιτίες οι οποίες κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: το δομικό χρωματισμό και το χρωματισμό με χρωστικές ουσίες. Σε κάποιες περιπτώσεις συνυπάρχουν και οι δύο μηχανισμοί. Στο συγκεκριμένο άρθρο θα επικεντρωθούμε στον δομικό χρωματισμό.

Στους ζωντανούς οργανισμούς ο δομικός χρωματισμός

αποδίδεται στην παραγωγή χρώματος από μικροδομημένες επιφάνειες. Τα χαρακτηριστικά αυτών των δομών επηρεάζουν το χρώμα κυρίως μέσω των φαινομένων της ανάκλασης, της συμβολής, της περίθλασης και της διάχυσης.

Όταν μια δέσμη φωτός συναντά μια διαχωριστική επιφάνεια δύο μέσων διαφορετικού δείκτη διάθλασης, n_1 και n_2 , τότε συμβαίνει ανάκλαση (Σχ. 1). Για κάθετη πρόσπτωση, η ανακλαστικότητα, δηλαδή το ποσοστό της έντασης της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που ανακλάται, δίνεται από την εξίσωση: $R = ((n_1 - n_2) / (n_1 + n_2))^2$. Εάν το πρώτο μέσο είναι αέρας τότε $n_1 = 1$. Όταν όμως το φως συναντήσει ένα λεπτό υμένιο, τότε λαμβάνει χώρα ανάκλαση στις δύο διαχωριστικές επιφάνειες και ταυτόχρονα συμβαίνει και συμβολή. Στο Σχ. 1 φαίνεται μια τέτοια διάταξη καθώς και η πορεία δύο ακτίνων, αυτής που ανακλάται στην πρώτη διαχωριστική επιφάνεια αέρα-υμενίου και αυτής που διαθλάται στην πρώτη διαχωριστική επιφάνεια και ανακλάται στη δεύτερη. Η δεύτερη ακτίνα διανύει μεγαλύτερη απόσταση. Όταν η διαφορά οπτικού δρόμου των δύο ακτίνων (=διαφορά του δρόμου που διανύουν οι ακτίνες πολλαπλασιασμένη με το δείκτη διάθλασης n_2) είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος συμβαίνει εποικοδομητική συμβολή (μέγιστο φωτεινής έντασης). Ειδικότερα για κάθετη πρόσπτωση ($\theta = 0^\circ$) αυτό συμβαίνει όταν $2n_2d = (m + 1/2)\lambda$. Το $1/2$ αντιστοιχεί στο άλμα φάσης π κατά την ανά-

κλαση του φωτός όταν διαδίδεται από μέσο με μικρότερο σε ένα μέσο με μεγαλύτερο δείκτη διάθλασης. Όταν το υμένιο παρατηρείται υπό γωνία τότε η διαφορά οπτικού δρόμου γίνεται $2n_2d \cos \delta$ όπου δ η γωνία διάθλασης που προκύπτει από το νόμο του Snell. Εάν η προσπίπτουσα δέσμη είναι μονοχρωματική, όταν αλλάζει η γωνία παρατήρησης, θα αλλάζουν οι περιοχές του υμενίου που θα είναι φωτεινές ή σκοτεινές. Εάν



Σχήμα 1: Ανάκλαση, διάθλαση και συμβολή από λεπτό υμένιο.

η προσπίπτουσα δέσμη δεν είναι μονοχρωματική, τότε με αλλαγή της γωνίας παρατήρησης, οι διάφορες περιοχές του υμενίου θα αλλάζουν χρώμα καθώς σε διαφορετικά σημεία θα ικανοποιείται η συνθήκη για εποικοδομητική συμβολή για κάθε χρώμα. Για να παρατηρηθούν αυτά τα φαινόμενα θα πρέπει το πάχος του υμενίου να είναι πολύ μικρό.

Από τα παραπάνω γίνεται κατανοητό ότι η συνολική ανακλαστικότητα από ένα λεπτό υμένιο καθορίζεται τόσο από το φαινόμενο της ανάκλασης όσο και από αυτό της συμβολής. Για ένα λεπτό υμένιο που βρίσκεται στον αέρα, η συνολική ανακλαστικότητα δίνεται από την εξίσωση (για κάθετη πρόσπτωση):

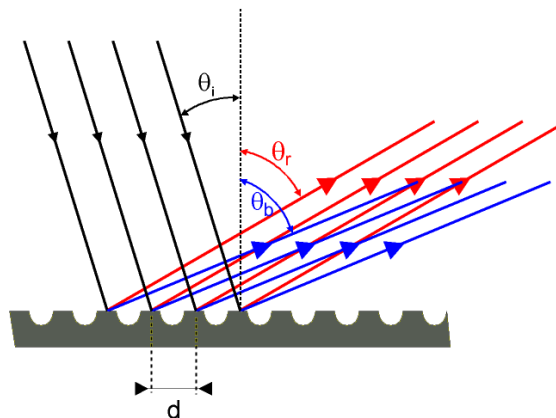
$$R = \frac{2r^2(1 - \cos 2\ell)}{1 - 2r^2 \cos 2\ell + r^4}$$

$$\text{όπου } r = \frac{n_1 - n_2}{n_1 + n_2} \text{ και } \ell = \frac{2\pi n_2 d}{\lambda}$$

Η εξίσωση τροποποιείται για πρόσπτωση υπό γωνία και γίνεται πιο πολύπλοκη στην περίπτωση πολυστρωματικών υμενίων.

Η ύπαρξη πολυστρωματικών δομών είναι διαδεδομένη στη φύση. Εάν το πάχος του υμενίου είναι ομοιόμορφο τότε ανακλάται έντονα ένα χρώμα. Η ανάκλαση είναι έντονη (μεταλλική λάμψη) και η απόχρωση αλλάζει ανάλογα με τη γωνία παρατήρησης. Το φαινόμενο αυτό λέγεται ιριδισμός και εκτός από τη συμβολή σε πολυστρωματικές δομές μπορεί να οφείλεται και σε περίθλαση ή στη δημιουργία φωτονικών δομών που θα συζητηθούν παρακάτω. Εάν τα υμένια δεν έχουν σταθερό πάχος τότε παρατηρούνται διαφορετικά χρώματα.

Μια περίπτωση στην οποία παρατηρείται ιριδισμός, είναι η μαργαρόριζα, το χαρακτηριστικό στρώμα στο εσωτερικό των κελυφών πολλών οστρακοειδών όπως τα μύδια. Από τη μαργαρό-



Σχήμα 3: Περίθλαση από ανακλαστικό φράγμα.

ριζα προέρχονται και τα μαργαριτάρια, υπό κατάλληλες προϋποθέσεις, σε συγκεκριμένα είδη. Η μαργαρόριζα αποτελείται από στρώσεις λεπτών πλακών αραγωνίτη (πολύμορφο του CaCO_3) που σταθεροποιούνται με τη βοήθεια οργανικής ουσίας.

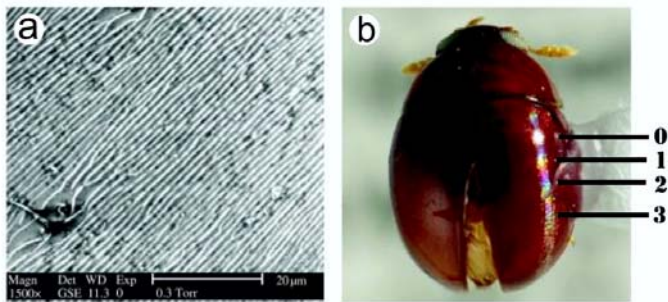
Μια άλλη περίπτωση δομικού χρωματισμού οφείλεται στην περίθλαση από περιοδικές δομές (φράγματα περίθλασης). Ένα ανακλαστικό φράγμα περίθλασης μπορεί να κατασκευαστεί από μια περιοδική διάταξη παράλληλων γραμμικών εξογκωμάτων/βαθουλωμάτων και έχει την ιδιότητα να αναλύει μια δέσμη λευκού φωτός στα «συστατικά» της. Στο Σχ. 3 φαίνεται ένα τέτοιο φράγμα, όπου d είναι η επονομαζόμενη σταθερά του φράγματος. Η συνθήκη για να συμβεί περίθλαση στην προκειμένη περίπτωση είναι: $d(\sin\theta_i - \sin\theta) = m\lambda$, όπου m είναι ένας ακέραιος αριθμός, θ_i η γωνία πρόσπτωσης και θ_r, θ_b οι γωνίες στις οποίες περιθλώνται διαφορετικά μήκη κύματος (π.χ. κόκκινο και μπλε φως).

Στα σκαθάρια παρατηρούνται διάφορες δομές που προκαλούν περίθλαση. Ο ιριδισμός που οφείλεται στην περίθλαση διακρίνεται από αυτόν που προκαλείται από τη συμβολή από πολυστρωματικές διατάξεις καθώς στην περίπτωση της περίθλασης υπάρχει καθορισμένη αλληλουχία χρωμάτων: ιώδες - μπλε - πράσινο - κίτρινο - πορτοκαλί - κόκκινο. Στο Σχ. 3 φαίνεται η περίπτωση ενός ανακλαστικού φράγματος περίθλασης που έχει παρατηρηθεί σε ένα σκαθάρι. Η σταθερά του φράγματος είναι περίπου $d = 1.5 \mu\text{m}$. Στην επιφάνεια του σκαθαριού είναι εμφανής η περίθλαση από το συγκεκριμένο φράγμα. Για $m = 0$ παρατηρείται η μηδενικής τάξης περίθλαση (λευκό φως) ενώ για $m = 1, 2, 3$ περίθλαση υψηλότερης τάξης όπου γίνεται εμφανής η ανάλυση του λευκού φωτός.

Ένας άλλος πολύ διαδεδομένος μηχανισμός δομικού χρωματισμού που παρατηρείται είναι



Σχήμα 2: (Αριστερά) Η μαργαρόριζα στο είδος *Margaritifera margaritifera* (μαργαριτοφόρο όστρακο του γλυκού νερού). (Δεξιά) Απεικόνιση με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο της μαργαρόριζας. Ο ιριδισμός της οφείλεται στην πολυστρωματική διαμόρφωση κρυστάλλων αραγωνίτη (pinterest).

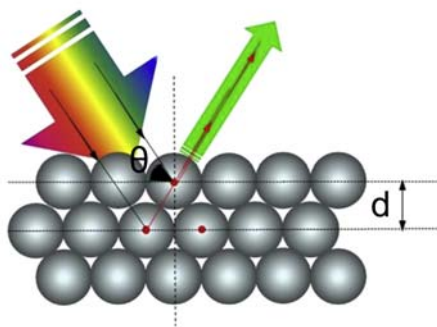


Σχήμα 4: (α) Απεικόνιση με ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης της περιοδικής δομής στην επιφάνεια σκαθαριού. (β) Επιφάνεια του σκαθαριού και χρωματισμός που οφείλεται στην περίθλαση. Με 0, ..., 3 υποδεικνύονται οι αντίστοιχες τάξεις περίθλασης (Seago et al., 2009).

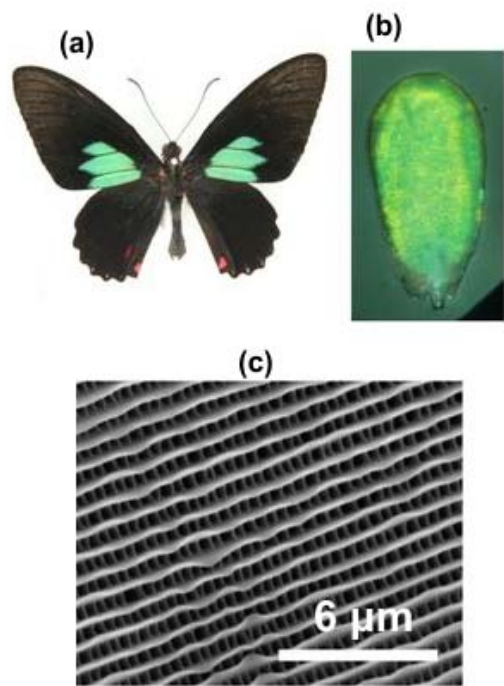
αυτός των φωτονικών κρυστάλλων. Οι φωτονικοί κρύσταλλοι είναι περιοδικές δομές στις οποίες η απόσταση επανάληψης είναι της τάξης του μήκους κύματος του φωτός, δηλαδή μερικές εκατοντάδες νανομέτρων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη χωρική εξάρτηση της διηλεκτρικής συνάρτησης και συνεπώς του δείκτη διάθλασης του μέσου. Οι φωτονικοί κρύσταλλοι είναι υπεύθυνοι για το δομικό χρωματισμό καθώς ανάλογα με τη διεύθυνση των στοιχείων που τους αποτελούν (θα μπορούσε να είναι ακόμη και οπές κατάλληλα διατεταγμένες) επηρεάζεται το φωτονικό τους χάσμα. Εάν αυτό το χάσμα εμπίπτει στην περιοχή του ορατού, τότε κάποιες συχνοτικές περιοχές δεν επιτρέπεται να διαδοθούν στον κρύσταλλο και επιλεκτικά ανακλώνται. Η περίθλαση κατά Bragg είναι η θεωρητική βάση για την περιγραφή αυτού του φαινομένου. Στο Σχ. 5 φαίνεται μια περιοδική δομή ενός φωτονικού κρυστάλλου. Σε αυτήν την περίπτωση η εξίσωση του Bragg τροποποιείται ως εξής:

$$\lambda = 2d\sqrt{n_{\text{eff}}^2 - \cos^2\theta}$$

αν ληφθεί υπ' όψιν και ο νόμος της διάθλασης του Snell. λ είναι το μήκος κύματος που «ανακλάται» (που αντιστοιχεί στο φωτονικό χά-



Σχήμα 5: Περίθλαση Bragg από μια περιοδική διάταξη σφαιρικών εμποδίων (Shao et al., 2016).

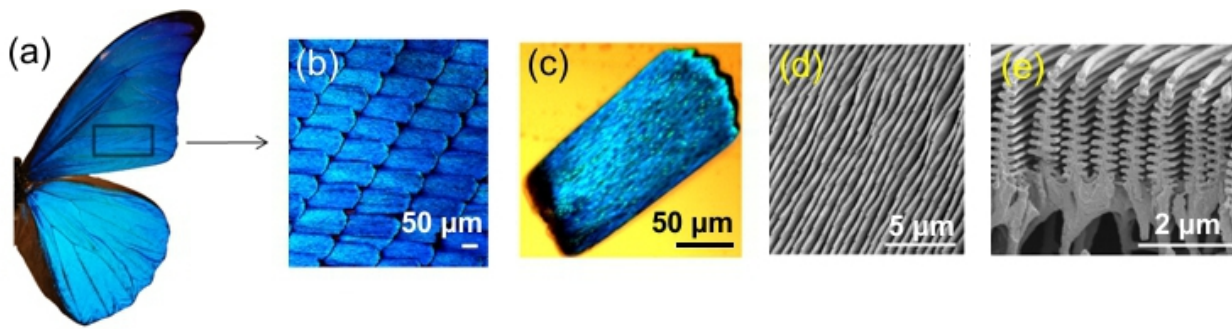


Σχήμα 6: Χρωματισμός με φωτονικούς κρυστάλλους στα φτερά της πεταλούδας *Parides sesostris* (α). Στο (β) φαίνεται η μορφολογία της δομής με απεικόνιση ηλεκτρονικής μικροσκοπίας ενός λεπιδίου (β) (Yoshioka et al., 2014).

σμα), d είναι η απόσταση μεταξύ επιπέδων τα οποία χαρακτηρίζονται από περιοδική διάταξη και n_{eff} είναι ο ενεργός δείκτης διάθλασης της δομής. Από την παραπάνω εξίσωση προκύπτει ότι ο δομικός χρωματισμός σε αυτήν την περίπτωση καθορίζεται από έναν αριθμό παραμέτρων όπως η σταθερά της περιοδικής διάταξης, η γωνία πρόσπτωσης, ο δείκτης διάθλασης.

Παραδείγματα δομικού χρωματισμού με φωτονικούς κρυστάλλους συναντάμε στις πεταλούδες. Στα φτερά της πεταλούδας *Parides sesostris* (Σχ. 6) υπάρχουν λέπια με έντονο σμαραγδί χρώμα που οφείλεται στην ύπαρξη συστοιχιών οπών νανομετρικών διαστάσεων στη χιτίνη (μια οργανική ουσία) των λεπιών. Οι οπές έχουν διάμετρο περίπου 150 nm, ισαπέχουν και διαμορφώνουν ομάδες με διαφορετικούς προσανατολισμούς. Το αποτέλεσμα είναι ότι αυτά τα λέπια ανακλούν το πράσινο φως εξίσου για διαφορετικές γωνίες παρατήρησης αντί να εμφανίζουν ιριδισμό.

Το έντονο μπλε χρώμα της πεταλούδας *Morpho* αποδίδεται και αυτό σε φωτονικούς κρυστάλλους. Στο Σχ. 7 απεικονίζεται ο μηχανισμός παραγωγής του έντονου μπλε χρώματος. Στο (α) φαίνεται φωτογραφία του φτερού της πεταλούδας, στο (β) εικόνα οπτικού μικροσκοπίου όπου διακρίνονται τα λέπια, στο (c) ένα λέπι όπου μπορεί να διακριθεί η δομή φωτονικού κρυστάλλου στο (d) εικόνα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σάρω-



Σχήμα 7: Χρωματισμός με φωτονικούς κρυστάλλους στα φτερά της πεταλούδας *Morpho* (Tippets et al., 2016).

σης όπου διακρίνονται σχεδόν παράλληλες λωρίδες και στο (e) κάθετη τομή των λωρίδων όπου διακρίνεται μια δενδριτικού τύπου υπερδομή.

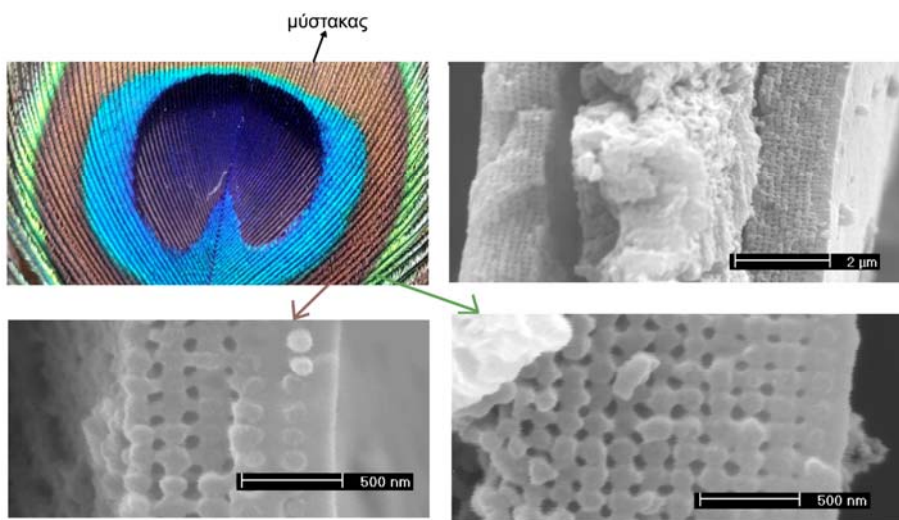
Στο φτέρωμα των αρσενικών παγωνιών υπάρχουν χαρακτηριστικά «μάτια» με μπλε, πράσινο, κίτρινους και καφέ μύστακες (Σχ. 8). Σε κάθε μύστακα υπάρχει ένα εξωτερικό περιβλήμα αποτελούμενο από φωτονικούς κρυστάλλους με διδιάστατη περιοδική δομή. Στη μπλε και πράσινη περιοχή σχηματίζεται τετραγωνικό πλέγμα ενώ στην καφέ ορθογώνιο. Οι διαφορετική χωρική περίοδος είναι αυτή που προσδίδει διαφορετικό χρώμα.

Ένα είδος φωτονικού κρυστάλλου υπάρχει και στα αγκάθια του ποντικίου της θάλασσας (*Aphrodita*). Αποτελείται από εξαγωνικές διατάξεις κενών νανοσφαιρών που δημιουργούν έντονα ιριδίζοντα χρώματα. Οι εξαγωνικές οπές απέχουν 0.51 μm η μία από την άλλη.

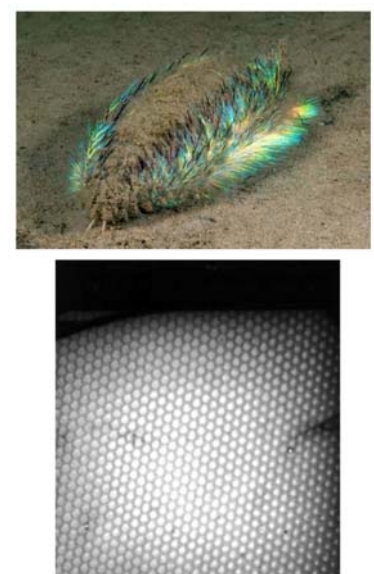
Ένας άλλος μηχανισμός δομικού χρωματισμού είναι τα επιλεκτικά κάτοπτρα. Παρατηρείται στην πεταλούδα *Papilio palinurus* (Σχ. 10). Τα επιλεκτικά (κοίλα) κάτοπτρα βρίσκονται στα λέπια των φτε-

ρών και έχουν σχεδόν ημισφαιρικό σχήμα μικρομετρικών διαστάσεων. Το σχήμα του διαμορφώνεται από περίπου 20 στρώσεις χιτίνης-αέρα. Αυτές οι δομές ανακλούν επιλεκτικά δύο μήκη κύματος. Κίτρινο φως ανακλάται απ' ευθείας από τα κέντρα αυτών των μικροκατόπτρων, ενώ το μπλε φως ανακλάται πλευρικά καθώς προσπίπτει αρχικά στη μία πλευρά, έπειτα προσπίπτει στην απέναντι πλευρά και μετά ανακλάται παράλληλα στην αρχική διεύθυνση. Η συγκεκριμένη κατασκευή επιτρέπει την επιλεκτική ανάκλαση μόνο κίτρινου και μπλε φωτός. Ο συνδυασμός τους δίνει το χαρακτηριστικό πράσινο χρώμα των φτερών. Αν παρατηρήσει κανείς αυτά τα λέπια στο μικροσκόπιο, θα δει μια συστοιχία κίτρινων κουκίδων που περιβάλλονται από μπλε κύκλους.

Το μούρο *Pollia condensata* εμφανίζει το πιο έντονο και λαμπερό μπλε χρώμα στη φύση (Σχ. 11). Η επιφάνεια του μούρου έχει 3 ή 4 στρώσεις κυττάρων με παχιά τοιχώματα που περιέχουν σπείρες της διαφανούς κυτταρίνης οι οποίες απέχουν τόσο ώστε να προκαλούν εποικοδομητική συμβολή για το μπλε φως. Κάτω από αυτά τα

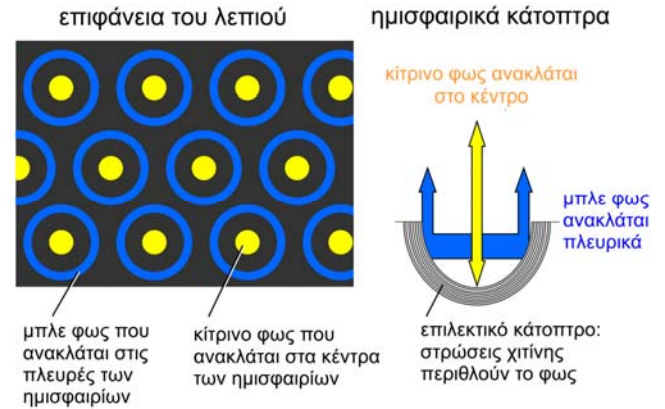


Σχήμα 8: Χρωματισμός με φωτονικούς κρυστάλλους στα χαρακτηριστικά «μάτια» του φτερώματος του παγωνιού (Zi et al., 2003).

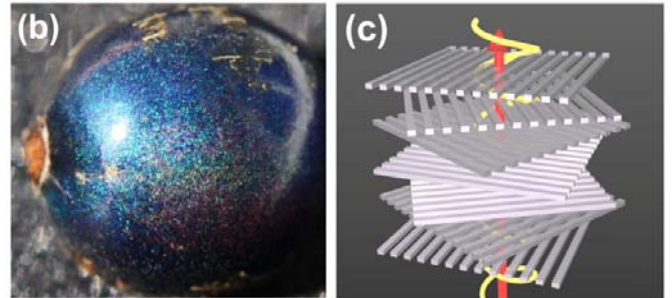


Σχήμα 9: Δομικός χρωματισμός στο ποντίκι της θάλασσας (Parker et al., 2001)

Σχήμα 10: Χρωματισμός με επιλεκτικό κατοπτρισμό στα φτερά της πεταλούδας *Papilio palinurus* (Kinoshita & Yoshioka, 2005).



Σχήμα 11: Το πιο έντονο μπλε χρώμα στη φύση παρατηρείται στα μούρα *Pollia condensate* (Vignolini et al., 2012).



κύτταρα υπάρχει μία σειρά κυττάρων που περιέχουν καφέ σκούρες τανίνες. Κάθε κύτταρο που βρίσκεται στην εξωτερική επιφάνεια του φλοιού, περιβάλλεται από μια ελικοειδή πολυστρωματική δομή ινών κυτταρίνης. Καθώς το πάχος αυτής της δομής είναι διαφορετικό σε γειτονικά κύτταρα, κάθε κύτταρο περιθλά διαφορετικό χρώμα από τα γειτονικά του με αποτέλεσμα το τελικό χρώμα να είναι σύνθεση έντονου μπλε που πλαισιώνεται με πράσινες, ιώδεις και κόκκινες κουκίδες. Η επιλεκτική ανάκλαση εδώ συμβαίνει όταν το μήκος κύματος του φωτός ταιριάζει με την περίοδο της ελίκωσης της σπειροειδούς διάταξης των ινών. Η περίοδος της ελίκωσης, p , κυμαίνεται από 125 έως 200 nm. Το μήκος κύματος που αντιστοιχεί στη μέγιστη ανακλαστικότητα δίνεται από την εξίσωση $\lambda = 2pn$ όπου n είναι ο δείκτης διάθλασης της κυτταρίνης. Για μία μέση τιμή της p ίση με 145 nm, το μήκος κύματος που ανακλάται προκύπτει ίσο με 445 nm που εμπίπτει στη φασματική περιοχή του μπλε.

Υπάρχουν πολλά παραδείγματα δομικού χρωματισμού στη φύση προσφέροντας εύφορο πεδίο μιμητισμού για τη σύνθεση παρόμοιων δομών στο εργαστήριο. Η φύση δεν σταματά να μας εκπλήσσει και όλα και περισσότερα μυστικά της αποκαλύπτονται καθώς βελτιώνονται τα εργαλεία χαρακτηρισμού που διαθέτουμε.

Πηγές

- **Armstrong, E., O'Dwyer, C. Artificial opal photonic crystals and inverse opal structures – fundamentals and applications from optics to energy storage, *J. Mater. Chem. C3*, 6109 (2015).**
- **Kinoshita, S., Yoshioka, S. Structural Colors in Nature: The Role of Regularity and Irregularity in the Structure. *ChemPhysChem* 6, 1442 (2005).**
- **Parker, A. R. et al. Photonic engineering. Aphrodite's iridescence. *Nature* 409, 36 (2001).**
- **Seago, A. E. et al. Gold bugs and beyond: a review of iridescence and structural colour mechanisms in beetles (Coleoptera). *J. R. Soc. Interface* 6S, 165–S184 (2009).**
- **J. Shao, G. Liu, L. Zhou, Biomimetic nanocoatings for structural coloration of textiles (Ch. 12), Jinlian Hu (ed.), Active Coatings for Smart Textiles, Woodhead Publishing (2016).**
- **Sun, J., et al. Structural coloration in nature. *RSC Adv.* 3, 14862 (2013)**
- **Tilley, R. J. D. Colour and the Optical Properties of Materials Wiley (2011).**
- **Tippets C. A. et al. Reproduction and optical analysis of Morpho inspired polymeric nanostructures, *J. Opt.* 18, 065105 (2016).**
- **Vignolini, S., et al. Pointillist structural color in Pollia fruit. *PNAS* 109 15712 (2012).**
- **Yoshioka, S. et al. Alignment of crystal orientations of the multi-domain photonic crystals in Parides sesostris wing scales. *J. R. Soc. Interface* 11, 20131029 (2014).**
- **Zi, J. et al. Coloration strategies in peacock feathers. *PNAS* 100, 12576 (2003)**
- <http://archive-srel.uga.edu/outreach/ecoviews/ecoview070701.htm>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Structural_coloration
- <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2019/science-behind-mother-pearl-makes-nacre-mother-materials/>
- <https://www.earthtouchnews.com/natural-world/how-it-works/this-rainbow-wonder-is-one-of-the-worlds-weirdest-worms/>

μάσκες προστασίας

... και η αρχή λειτουργίας τους



Μίλαν Τσομπάνογλου
Φοιτητής
Τμήματος Φυσικής

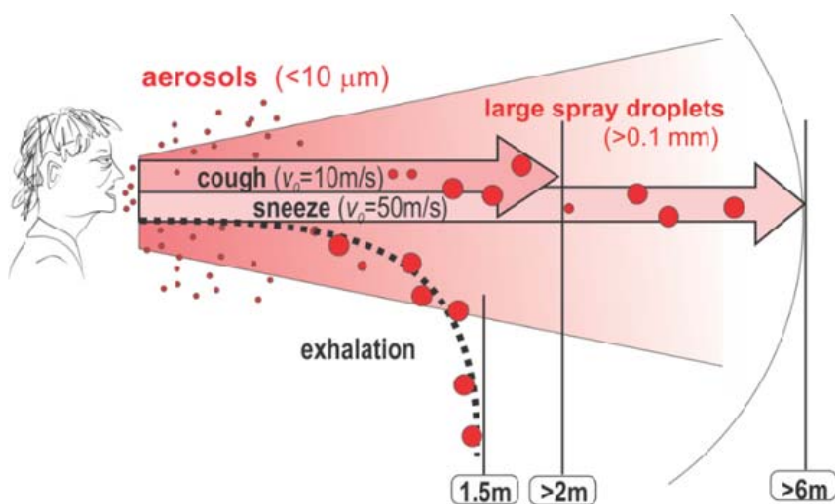
Σπίτι, καραντίνα, μετακίνηση 6 για «άθληση», βιντεοκλήσεις και πολλές ταινίες και σειρές. Ακούγονται γνώριμα; Αυτή είναι πλέον η καθημερινότητα μεγάλου μέρους του πληθυσμού. Η πανδημία φαίνεται να έχει ισχυρό κοινωνικό και οικονομικό αντίκτυπο στη χώρα και απουσία μιας ουσιαστικής αντιμετώπισης, η πρόληψη συνιστά το μοναδικό όπλο για την αποκλιμάκωση της υγειονομικής κρίσης. Στο πλαίσιο της ατομικής ευθύνης και εξαιρώντας τις δράσεις των αρμόδιων φορέων, η τήρηση των αποστάσεων, η αποφυγή μαζώξεων, ιδιαίτερα σε κλειστούς χώρους, το τακτικό πλύσιμο χεριών και η χρήση μάσκας είναι μερικές δράσεις που καταστéλλουν την εξάπλωση του ιού. Ωστόσο, όσον αφορά τη χρήση μάσκας, παρατηρείται συχνά αμφισβήτηση για την αποτελεσματικότητά της.

Υπάρχει η κοινή πεποίθηση πως η αρχή λειτουργίας μιας μάσκας θυμίζει αυτή ενός φίλτρου που εμποδίζει τα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη από τις οπές ανάμεσα στην πλέξη της, και επιτρέπει παράλληλα τα μόρια αέρα να διέρχονται, προστατεύοντας έτσι τον χρήστη της. Οι κοινές πεποιθήσεις συνηθίζουν να είναι λανθασμένες. Ενώ αυτό έχει μια δόση αλήθειας για μεγαλύτερα σωματίδια (π.χ. μολυσμένα σταγονίδια ή αιωρούμενα σωματίδια), δεν είναι ο μόνος τρόπος λειτουργίας μιας μάσκας. Υπάρχουν πολ-

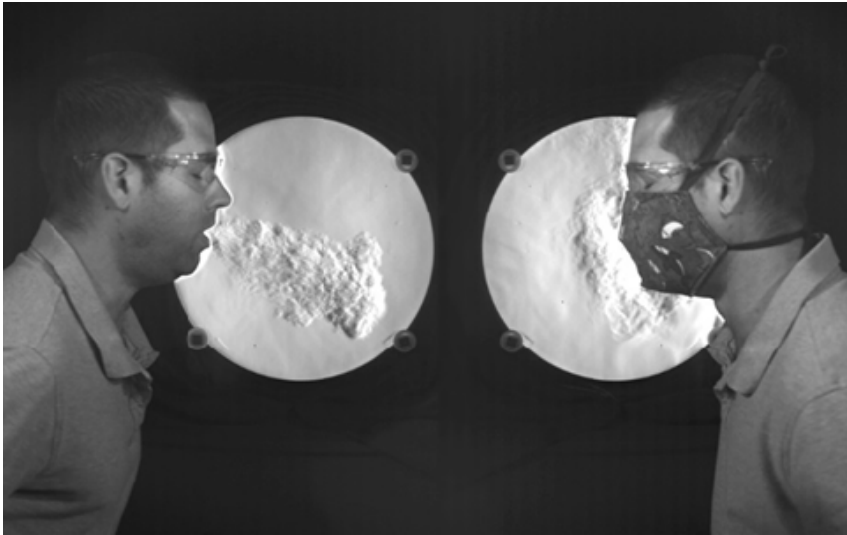
λά είδη μασκών με διαφορετικά επίπεδα προστασίας η καθεμία και κατ' επέκταση διαφέρει εν μέρει και η αρχή λειτουργίας τους. Οι μάσκες ανάλογα με το είδος τους παρέχουν προστασία από πλήθος αέριων ρύπων, μικροοργανισμών και γενικότερα επικίνδυνων για την υγεία πτητικών σωματιδίων. Αναφερόμενοι στο δυστυχώς επίκαιρο θέμα της εξάπλωσης του SARS-CoV-2, οι ιοί μέσω του αέρα εξαπλώνονται κυρίως υπό τη μορφή μολυσμένων σταγονιδίων. Οι μάσκες τύπου N95 και οι χειρουργικές, φιλτράρουν τον αέρα από διαφόρων διαμέτρων τέτοια σταγονίδια που ενδεχομένως βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Τα πτητικά σωματίδια ερχόμενα σε επαφή με τις ίνες της μάσκας προσκολλώνται σε αυτές δεχόμενα ασθενείς δυνάμεις van der Waals. Επιπλέον, οι μάσκες αυτές έχουν και έναν ακόμα μηχανισμό άμυνας χάριν στο ηλεκτροστατικό φίλτρο ανάμεσα στις στρώσεις, όπου σωματίδια βρίσκονται υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου όταν έρχονται σε εγγύτητα με τις ίνες της μάσκας. Τα σωματίδια παραμένουν προσκολλημένα ακόμα και αν αποτελούνται από μονωτικό υλικό λόγω της δημιουργίας επαγόμενων ηλεκτρικών δίπολων.

Η χρήση μάσκας παρέχει προστασία όχι μόνο στον ίδιο το χρήστη αλλά και σε όσους έρθουν σε επαφή με αυτόν στη περίπτωση που νοσεί. Με τη βοήθεια μιας ενδιαφέρουσας οπτικής τεχνικής, δίνεται η δυνατότητα της οπτικοποίησης της διασποράς των σωματιδίων της ανθρώπινης ανάσας. Η απεικόνιση σλίρεν (schlieren imaging) όπως ονομάζεται, βασίζεται στην μεταβολή του δείκτη διάθλασης του θερμότερου αέρα σε σχέση με τον ψυχρότερο. Αποδίδει εικόνες με τη μορφή σκιών με διαβαθμίσεις στην φωτεινή ένταση ανάλογα με τον τοπικό δείκτη διάθλασης του αέρα. Στο Σχ. 2 παρουσιάζεται μια σύγκριση εικόνων της τεχνικής αυτής όπου φαίνεται πως η χρήση μάσκας περιορίζει τη διασπορά σωματιδίων κατά το φτέρνισμα. Η μάσκα μειώνει τη ροή του αέρα και την ανακατευθύνει ώστε τα σωματίδια να μην απομακρύνονται σημαντικά από τη πηγή τους δηλαδή, τον χρήστη της μάσκας. Έτσι στην περίπτωση που αυτός είναι φορέας κάποιου ιού, η μάσκα εμποδίζει έως ένα βαθμό την εξάπλωσή του.

Σύμφωνα με τις οδηγίες αρμόδιων φορέ-

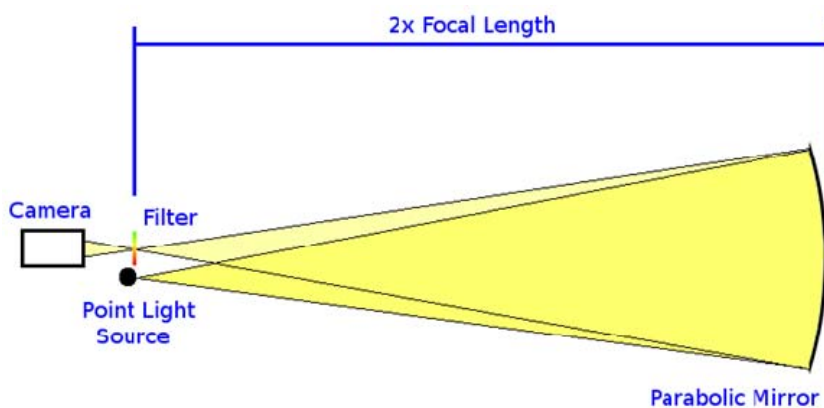


Σχήμα 1: Βεληνεκές και ταχύτητα σωματιδίων διαφορετικών διαμέτρων από ανθρώπινη ανάσα



Σχήμα 2: Απεικόνιση schlieren. Ροή αέρα φτερνίσματος με και χωρίς μάσκα

ων, για τον γενικό πληθυσμό αρκεί η χρήση μιας απλής υφασμάτινης μάσκας που παρόλο που τα επίπεδα προστασίας της από ιούς διακυμαίνονται ανάλογα με την ύφανση και τις στρώσεις της, αποδεικνύεται πως σε κάθε περίπτωση παρέχει ένα βαθμό προστασίας. Ωστόσο, υπάρχουν κάποια σημεία προσοχής που δε πρέπει να αμελούνται. Η σωστή εφαρμογή μιας μάσκας έχει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητά της. Παράλληλα, οι συνήθειες γύρω από τη χρήση της είναι σημαντικός παράγοντας για την προστασία από τον ιό. Για παράδειγμα μια λανθασμένη αφαίρεσή της από το πρόσωπο ή και το άγγιγμα της εξωτερικής, πιθανόν μολυσμένης επιφάνειάς της και κατόπιν το άγγιγμα του προσώπου μπορούν να αναιρέσουν οποιαδήποτε προστασία που αυτή παρέχει. Επιπλέον, είναι αναγκαίο να δοθεί προσοχή στις μεθόδους καθαρισμού των μάσκων στη περίπτωση που επαναχρησιμοποιηθούν. Αναφορικά, οι μάσκες τύπου N95 χάνουν τις ηλεκτροστατικές τους ιδιότητες κατά τον καθαρισμό τους με οινόπνευμα ή νερό και πρέπει να χρησιμοποιούνται άλλες μέθοδοι απολύμανσης π.χ. με ακτινοβολία UV-C.¹



Σχήμα 3: Απλή διάταξη απεικόνισης schlieren. Μια σημειακή πηγή παράγει φως που ανακλάται στην επιφάνεια παραβολικού κατόπτρου. Στο σημείο σύγκλισης τοποθετείται κάμερα που καταγράφει τις εικόνες schlieren. Ένα κάλυμμα καλύπτει μέρος του φωτός στο σημείο σύγκλισης. Η μεταβολή του δείκτη διάθλασης μετατοπίζει τη δέσμη στο σημείο αυτό και είτε εμποδίζεται από το κάλυμμα είτε όχι, προκαλώντας έτσι τις διαβαθμίσεις φωτός στην απεικόνιση του αέρα.

Όσον αφορά τις χειρουργικές μάσκες, προτείνεται να απορρίπτονται μετά τη χρήση αλλά αν αυτό δεν είναι δυνατό, είναι προτιμότερο να αφήνονται για τουλάχιστον 7 ημέρες σε καθαρό σημείο έως την επόμενη χρήση τους. Τέλος, οι υφασμάτινες μάσκες μπορούν να καθαριστούν με νερό και σαπούνι και κατόπιν να σιδερωθούν.

Η γνώση μας για τον ιό διαρκώς διευρύνεται και εμπλουτίζεται χάρη στις συνεχείς έρευνες που διεξάγονται. Είναι απολύτως αναγκαία η συνεχής ενημέρωση για τα νέα δεδομένα σχετικά με την πανδημία καθώς και η σωστή λειτουργία των αρμόδιων φορέων για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Παρόλα αυτά η περίοδος της υγειονομική κρίσης που διανύουμε αφορά όλους και πρέπει να αντιμετωπίζεται με σύνεση και αίσθημα ευθύνης. Ευχόμαστε όλοι το νέο έτος να φέρει την επιστροφή στην κανονικότητα και οι μάσκες να αποτελούν ξανά απαραίτητο αξεσουάρ μόνο σε γιατρούς και νοσοκόμους.

Πηγές

¹ <https://www.n95decon.org/>

² Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας Ερωτήσεις και απαντήσεις για τις μάσκες <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/q-a-on-covid-19-and-masks>

³ J. W. Tang et al., "A schlieren optical study of the human cough with and without wearing masks for aerosol infection control", *J R Soc Interface*, 6 (Suppl 6), S727-S736 (2009).

⁴ C. J. Kähler, R.Hain, "Fundamental protective mechanisms of face masks against droplet infections", *Journal of Aerosol Science*, 148, 105617 (2020).

⁵ My Stay-at-Home Lab Shows How Face Coverings Can Slow the Spread of Disease, <https://www.nist.gov/blogs/taking-measure/my-stay-home-lab-shows-how-face-coverings-can-slow-spread-disease>

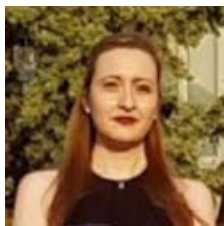
⁶ Vincent Chi-Chung Cheng et al., 2020, "The role of community-wide wearing of face mask for control of coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic due to SARS-CoV-2", *Journal of Infection*. 81, 107-114

ελληνίδες γυναίκες που διέπρεψαν στις φυσικές επιστήμες

μια πρώτη εικόνα των Ελληνικών Πανεπιστημίων στην ισότητα των φύλων



βιογραφίες



Μαρία Κρικέλη
φοιτήτρια του
Πανεπιστημίου του
Σύδνεϋ

Από το 1977, η 8^η Μαρτίου έχει θεσμοθετηθεί ως παγκόσμια μέρα της Γυναίκας με σκοπό την προώθηση των δικαιωμάτων και την ανάδειξη των προβλημάτων τους. Ο χώρος των επιστημών έχει αναδειχθεί από τους πιο σκληροπυρηνικούς

όσον αφορά την επαγγελματική ανέλιξη των γυναικών. Πάντως, παρά τις αντιξοότητες και τις απαιτητικές συνθήκες, πολλές γυναίκες κατάφεραν να διαπρέψουν στη Φυσικές Επιστήμες και να καταφέρουν να κερδίσουν τον σεβασμό της ακαδημαϊκής κοινότητας. Το άρθρο αυτό, κάνει μια τιμητική αναφορά σ' Ελληνίδες Φυσικούς, απόφοιτες του τμήματος Φυσικής ΑΠΘ, που έχουν διαπρέψει στον τομέα τους και δίνει μια πρώτη εικόνα της γυναικείας παρουσίας στα Ελληνικά Πανεπιστήμια.

Διακεκριμένες φυσικοί που έχουν αποφοιτήσει από τα Ελληνικά Πανεπιστήμια έχουν διαπρέψει στις Φυσικές Επιστήμες με τις διακρίσεις, την προσωπικότητα και την πρωτοποριακή έρευνα τους. Επιγραμματικά αναφέρουμε τιμητικά τις: Ασημίνα Αρβανιτάκη (Perimeter Institute for Theoretical Physics) και Χρύσα Κουβελιώτου (NASA). Στο ίδιο πλαίσιο πορεύονται επίσης οι: Γεωργία Πανοπούλου (CalTech) και Ελένη Κοντού (University of York). Από το τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ έχουν ξεχωρίσει αρκετές γυναίκες με τη δουλειά τους όπου οι πιο γνωστές εξ αυτών είναι η Βίκυ Καλογερά (Northwestern University, LIGO- Φαινόμενον: Περίοδος Τεύχος Δ28: Μάιος 2018), η Μαρία Πέτρου (Imperial College), η Βασιλική Παυλίδου (Πανεπιστήμιο Κρήτης), Μαρία Σπυροπούλου (CalTech) και η Γεωργία Τουρασσή (Oak Bridge National Laboratory). Ας γνωρίσουμε εκτενέστερα μερικές από τις σπουδαίες αυτές προσωπικότητες.

Βασιλική Παυλίδου

Η αστροφυσικός υψηλών ενεργειών

Η Δρ. Βασιλική Παυλίδου, αναπληρώτρια καθηγήτρια στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης και με καταγωγή από την Δράμα, θεωρείται μια από τις πρωτοπόρους στην Αστροφυσματιδιακή Φυσική και την Κοσμολογία, έχοντας μια καριέρα με αναρίθμητες διακρίσεις στο ενεργητικό της και πάνω από 6500 αναφορές όσο αναφορά τις δημοσιεύσεις της (h-index: 38; i-10 index: 74; m-index: 1.90). Αποφοίτησε από το τμήμα Φυσικής το 1999 με άριστα, συνεχίζοντας τις διδακτορικές τις σπουδές στο Πανεπιστήμιο του Illinois έχοντας μάλιστα λάβει υποτροφία (Amelia Earhart Fellowship) από το Zonta Foundation. Από το 2005 μέχρι το 2011 συνέχισε ως μεταδιδακτορική υπότροφος στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο (Kavli Institute for Cosmological Physics) και το Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Καλιφόρνια (Caltech). Μάλιστα, το 2008, κέρδισε υποτροφία από τη NASA (Fermi Fellowship), η οποία της έδωσε τη θέση της πρώτης Ελληνίδας ερευνήτριας που έχει λάβει αυτή την διάκριση από την χρονιά που θεσπίστηκε. Οι επόμενες ήταν: Μαρία Πετροπούλου, Purdue University-2013 (Einstein Fellow), Γεωργία Πανοπούλου- CalTech 2019 (Hubble Fellow).



Από το 2013, η Δρ. Βασιλική Παυλίδου βρίσκεται στο Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου Κρήτης, έχοντας ιδρύσει την ερευνητική ομάδα "High Energy Astrophysics and Cosmology Group" και η οποία ασχολείται: 1. με την τρισδιάστατη χαρτογράφηση του Γαλαξιακού Μαγνητικού Πεδίου (PHAESTOS project), 2. την φυσική πίσω από τις εκτοξεύσεις σχετικιστικών πιδάκων (relativistic jets) από τους blazars, μέσω της χρήσης ενός πρωτοπόρου οπτικού-πολωσιμέτρου εγκατεστημένου στο Αστεροσκοπείο του Σκίνακα (ROBOPOL), 3. με την μελέτη των ιδιοτήτων των σχετικιστικών πιδάκων στους blazars και την αλληλεπίδραση τους με το γύρω αστροφυσικό περιβάλλον (JETPROP) 4. με καιρία κοσμολογικά προβλήματα όσον αφορά την φύση της σκοτεινής ενέργειας.

Το 2014, βραβεύθηκε από την L'Oreal- UNESCO για την προσφορά της στην έρευνα και τις διακρίσεις της και ανακηρύχθηκε μια από τις τρεις Ελληνίδες Γυναίκες της Επιστήμης για το έτος εκείνο.

Μαρία Σπυροπούλου **Η διάδοχος του Einstein**

Η Δρ. Μαρία Σπυροπούλου, καθηγήτρια στο τμήμα Φυσικής του Τεχνολογικού Ινστιτούτου της Καλιφόρνιας (CalTech) και με καταγωγή από την Καστοριά, θεωρείται μια από τις σημαντικές προσωπικότητες στον χώρο της Φυσικής παγκοσμίως με την πρωτοποριακή έρευνα της στον χώρο της Πειραματικής Σωματιδιακής Φυσικής και τις πολυάριθμες διακρίσεις της. Μάλιστα είναι, το πνευματικό δισέγγονο του Enrico Fermi μέσω του επιβλέποντα καθηγητή της John Huth! Αποφοίτησε από το τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ το 1993 και συνέχισε τις διδακτορικές της σπουδές στο Harvard, όπου ασχολήθηκε με συγκρούσεις σωματιδίων στο Fermilab για την εύρεση ενδείξεων Υπερσυμμετρίας. Μάλιστα κατά την φοίτηση της στο πανεπιστήμιο του Harvard βραβεύθηκε με το Teaching White Award (1993) και το Van Vleck Award (1999). Το 2001 συνέχισε ως μεταδιδακτορική ερευνήτρια στο Πανεπιστήμιο του Σικάγο με υποτροφία που της χορηγήθηκε από το Enrico Fermi Institute. Έπειτα συνέχισε την έρευνα της στο CERN μέχρι το 2011 όπου ήταν επικεφαλής της ομάδας ανάλυσης δεδομένων του πειράματος CMS (Compact Muon Solenoid) για την εύρεση ενδείξεων Υπερσυμμετρίας και φαινομένων πέρα του Καθιερωμένου Προτύπου (Standard Model). Παράλληλα ενσωματώθηκε στο δυναμικό των καθηγητών του CalTech ως αναπληρώτρια καθηγήτρια (2009). Από το 2017 έχει αναλάβει την έδρα του Shang-Yi Ch'en ως καθηγήτρια στο CalTech.

Πέρα από έρευνα και τις αναρίθμητες συμμετοχές της σε συνέδρια και workshops, η Δρ. Μαρία Σπυροπούλου είχε την επιμέλεια της συγγραφής κεφαλαίων από τα βιβλία "Perspectives on LHC Physics-World Scientific & Imperial College Press", "My Einstein: Essays by Twenty-four of the world's Leading Thinkers on the Man, His Work and His Legacy-John Brockman" και του "What we Believe but Cannot Prove: Today's Leading Thinkers on Science in the Age of Certainty-John Brockman" καθώς και έχει συμβάλει στην εκλαΐκευση της επιστήμης μέσω αναρίθμητων ντοκιμαντέρ και εκδηλώσεων (NASA TV, NOVA, Science Channel's Wormhole, the History Channel, the San Francisco Exploratorium κλπ.). Το 2017 ξεκίνησε ένα ερευνητικό πρόγραμμα (Alliance for Quantum Technologies και το Intelligent Quantum Networks



and Technology, IN-Q-NET), ιδιωτικής και δημόσιας χρηματοδότησης, μεταξύ του JPL (Jet Propulsion Laboratory), του CalTech, του Fermilab και του AT&T", το οποίο εστιάζει στην υλοποίηση κβαντικών δικτύων μέσω καινοτόμων κβαντικών τεχνολογιών. Τα αποτελέσματα μέχρι στιγμής είναι αρκετά ενθαρρυντικά.

Γεωργία Τουρασσή **Η Ελληνίδα ερευνήτρια στην καταπολέμηση του καρκίνου**

Η Δρ. Γεωργία Τουρασσή, διευθύντρια στο Ινστιτούτο Ιατρικών Δεδομένων καθώς και επικεφαλής της ομάδας Βιοϊατρικής Επιστήμης, Μηχανικής και Πληροφορικής (BSEC) του Oak Ridge National Laboratory (ORNL) είναι γνωστή, για τις πολυάριθμες διακρίσεις της στον τομέα της Ιατρικής Φυσικής και την πρωτοποριακή δουλειά της στην καταπολέμηση του καρκίνου. Αποφοίτησε από το τμήμα Φυσικής του ΑΠΘ το 1987, συνεχίζοντας τις διδακτορικές της σπουδές στην βιοϊατρική τεχνολογία στο Πανεπιστήμιο Duke όπου και αποφοίτησε το 1993. Βέβαια, κάποια χρόνια αργότερα διορίστηκε ως επίκουρη καθηγήτρια στο τμήμα Ακτινολογίας.

Μερικά από τα ερευνητικά ενδιαφέροντα της Δρ. Γεωργίας Τουρασσή αφορούν την ιατρική πληροφορική, την διάγνωση με τη βοήθεια υπολογιστή και την Τεχνική Νοημοσύνη (Artificial Intelligence). Έχει συνεισφέρει σημαντικά στην ιατρική απεικόνιση και θεωρείται πρωτοπόρος στην επιδημιολογία του καρκίνου μέσω της χρήσης μεγάλου όγκου δεδομένων. Στην πληροφορική ιατρικής απεικόνισης, η έρευνά της έχει παρουσιαστεί σε πολλές δημοσιεύσεις υψηλού προφίλ, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, τέσσερις εφευρέσεις και ένα βραβείο R&D100 το 2014. Η εξαιρετική και καινοτόμος δουλειά της, η οποία αριθμεί πάνω από 250 δημοσιεύσεις και πρακτικά συνεισδρών, της εξασφάλισε ανταγωνιστική χρηματοδότηση στο πλαίσιο του μηχανισμού Provocative Research Questions από την Εθνικό Ινστιτούτο Καρκίνου (NCI).

Καθ' όλη τη διάρκεια της σταδιοδρομίας της στον ακαδημαϊκό χώρο και στο Oak Ridge National Laboratory, η Δρ. Γεωργία Τουρασσή υπήρξε μέντορας και παθιασμένη υποστηρίκτρια των μειονοτήτων στις Φυσικές Επιστήμες. Ασχολείται με την καθοδήγηση γυναικών και μαθητών μέσω υποτροφιών από το Department of Energy και το ORNL. Η πλειοψηφία των επιβλεπόντων μαθητών της έχουν επιτύχει τόσο στον ακαδημαϊκό χώρο όσο και στη βιομηχανία.



Η γυναικεία παρουσία στα Ελληνικά Πανεπιστήμια

Με αφορμή τα παραπάνω, παρατηρούμε ότι πολλές διακεκριμένες Φυσικοί έχουν πρωτοπορήσει στον τομέα τους, αλλά ποια είναι η θέση τους στην Ελληνική ακαδημαϊκή κοινότητα; Παρατηρούμε ότι η συντριπτική πλειοψηφία αναζητά εργασία και επαγγελματική αποκατάσταση στο εξωτερικό αλλά τι γίνεται με όσες αποφασίζουν ν' ακολουθήσουν ακαδημαϊκή καριέρα στην Ελλάδα;

Κάναμε μια μικρή καταγραφή των γυναικών μελών ΔΕΠ στα τμήματα Φυσικής ανά την Ελλάδα και τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα Ι. Παρατηρούμε λοιπόν ότι με τα τωρινά δεδομένα, το Πανεπιστήμιο Αθηνών καθώς και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, για 6 προσλήψεις διδακτικού προσωπικού η μια θα συμπεριλαμβάνει γυναικεία παρουσία. Βέβαια τα πράγματα δεν είναι τόσο αποκαρδιωτικά όσο στο Πανεπιστήμιο Κρήτης και Ιωαννίνων όπου η αναλογία αυτή είναι

Πίνακας Ι: Αριθμός γυναικών μελών ΔΕΠ, ανά πανεπιστήμιο, προς το συνολικό προσωπικό από όλους τους τομείς της Φυσικής

Πανεπιστήμιο Αθηνών	10/60
Πανεπιστήμιο Κρήτης	1/19
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης	13/68
Πανεπιστήμιο Πατρών	4/28
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων	2/43

Πίνακας ΙΙ: Αριθμός γυναικών μελών ΔΕΠ, ανά τομέα και το ποσοστό τους συγκριτικά με το συνολικό αριθμό τους

Τομείς	Αριθμός γυναικών μελών ΔΕΠ	Ποσοστό %
Φυσική Περιβάλλοντος & Ατμόσφαιρας	7	23
Θεωρητική Φυσική/Αστρονομία	7	23
Ατομική & Πυρηνική Φυσική	3	10
Φυσική Στερεάς Κατάστασης/ Συμπυκνωμένης Ύλης	10	34
Ηλεκτρονική & Υπολογιστές	3	10

1 γυναικεία πρόσληψη από τις 20 συνολικά προσλήψεις που θα γίνουν σε διδακτικό προσωπικό!

Από τις 30 συνολικά γυναίκες μέλη ΔΕΠ των τμημάτων Φυσικής ανά την Ελλάδα, παρατηρήσαμε ότι η πλειοψηφία αυτών βρίσκεται στον τομέα της Φυσικής Στερεάς Κατάστασης/ Συμπυκνωμένης Ύλης με ποσοστό 33.3 %, ενώ ακολουθούν η Φυσική Περιβάλλοντος και η Αστρονομία/Θεωρητική Φυσική με 23.3%, ενώ το μικρότερο ποσοστό το κατέχουν ο τομέας της Ηλεκτρονικής και της Πυρηνικής Φυσικής με μόλις 10% επί του συνολικού αριθμού γυναικών μελών ΔΕΠ (Πίνακας ΙΙ).

Τέλος, κοιτάξαμε την κατάταξη τους αναφορικά με την βαθμίδα και παρατηρήσαμε ότι η πλειοψηφία αυτών έχουν την θέση Καθηγήτριας (33%), έπειτα ακολουθούν με ισοψηφία η θέση της Αναπληρώτριας και της Επίκουρης Καθηγήτριας (30%) και τέλος η θέση της Λέκτορα (7%).

Συμπερασματικά καταλήγουμε ότι παρά το μικρό ποσοστό γυναικών που ακολουθούν ακαδημαϊκή καριέρα στην Ελλάδα, η επαγγελματική ανέλιξη τους δεν φαίνεται να επηρεάζεται ιδιαίτερα. Παρόλα αυτά θα σταθούμε επιφυλακτικοί στο να βγάλουμε κάποιο τελικό αποτέλεσμα σχετικά με το αν υπάρχει εμφανής διάκριση μεταξύ των δύο φύλων καθώς δεν έχουμε λάβει υπόψιν, ακόμη, τα χρόνια που χρειάστηκαν για να μεταβούν από τη μια βαθμίδα στην άλλη, το βιογραφικό τους, ενδεχομένως τις οικονομικές απολαβές, την χρηματοδότηση και την σύγκριση όλων αυτών με τους άνδρες συναδέλφους τους, καθότι ξεφεύγει από το ύψος του συγκεκριμένου άρθρου. Σίγουρα όμως είναι εμφανής η ενθάρρυνση και η καθοδήγηση που χρειάζονται οι γυναίκες που αποφασίζουν να ακολουθήσουν τον ιδιαίτερο δρόμο της έρευνας και της ακαδημαϊκής καριέρας αφότου αποφοιτήσουν από το Πανεπιστήμιο και να γίνει σαφές ότι δεν είναι ακατόρθωτο να επιτύχει κανείς και να πρωτοπορήσει ανεξαρτήτως υπόβαθρου και φύλου.

Πηγές:

- patris.gr
- TEDXComotini
- entermessinia.gr
- en.wikipedia.org
- olcf,oml.gov
- imperial.ac.uk
- macleans.ca
- mosaiko.gr
- york.ac.uk
- nasa.gov
- ellines.com
- commons.wikimedia.org
- https://vpavidou.wixsite.com/website-1 <http://www.hep.caltech.edu/~smaria/> <https://www.ornl.gov/staff-profile/georgia-tourassi>
- <http://www.physics.upatras.gr/index.php?page=tmim-alstoria>
- <https://www.physics.auth.gr/>
- <http://www.physics.uoi.gr/el/node/2>
- <https://www.physics.uoc.gr/el>
- <http://www.phys.uoa.gr/>

live συνέντευξη με τον Στέφανο Τραχανά

από την εθελοντική ομάδα PAtH



δραστηριότητες φοιτητών του τμήματος

Την Παρασκευή 27/11/2020 η εθελοντική ομάδα PAtH φιλοξένησε τον κύριο Στέφανο Τραχανά στο κανάλι της στο YouTube για μία live συνέντευξη... ή, καλύτερα, εμπειρία! Ο κ. Τραχανάς με έναν αφοπλιστικά παραστατικό τρόπο ξετύλιξε το νήμα της ζωής του, μοιράστηκε τις απόψεις του που τον έχουν κάνει τον άνθρωπο που είναι σήμερα και μας αποκάλυψε την ιδιαίτερη προσωπικότητα πίσω από τα βιβλία που, έστω και ένα, έχουμε όλοι στις βιβλιοθήκες μας!

Η πορεία του ξεκινά από ένα χωριό της Κρήτης, όπου ως παιδί διαβάζει τον πρώτο τόμο μιας εγκυκλοπαίδειας της εποχής και εντυπωσιάζεται από την υποκρισία που διακρίνει στα γραπτά. Παράλληλα, το εκπαιδευτικό σύστημα του δημιουργεί αποστροφή για το σχολείο, όχι όμως και για τη γνώση! Στο τελευταίο, καθοριστική ήταν η συμβολή ενός δασκάλου του, μέσω της βιβλιοθήκης του οποίου ήρθε πρώτη φορά σε επαφή με επιστήμες, φιλοσοφία και τέχνες, τον συγγραφικό πλούτο που τελικά τον σηματοδότησε. Η αγάπη του αυτή τον φέρνει στο τμήμα Ηλεκτρολόγων-Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ, ένα μέρος που προοριζόταν για παιδιά εύπορων οικογενειών, όχι όπως η δική του. Ωστόσο, αυτό δεν στάθηκε εμπόδιο στα όνειρά του, αντιθέτως κυνήγησε ίσες ευκαιρίες με τους συμφοιτητές του με μεγάλο ζήλο.

Και εδώ γίνεται η πρώτη ανορθόδοξη στροφή στην πορεία του. Ο κος Τραχανάς μαγεύεται από τη Φυσική και δεν ακολουθεί το επάγγελμα του μηχανολόγου. Διαβάζοντας και μαθαίνοντας για τις εξισώσεις του Maxwell γοητεύθηκε από την ικανότητα τους να περιγράψουν την ηλεκτρομαγνητική θεωρία με τόση κομψότητα και... «εγένετο φώς»! Ξεκινά μεταπτυχιακές σπουδές στο Δημόκριτο, όπου και βλέπει έναν συμφοιτητή του να διαβάσει το βιβλίο κβαντομηχανικής του Landau. Η περιέργεια το φέρνει και στα δικά του χέρια και θα μπορούσε κανείς να πει ότι τα υπόλοιπα είναι

ιστορία. Γίνεται δεκτός στο Harvard ως υποψήφιος διδάκτορας, μια θέση που αφήνει και αφιερώνεται στο συγγραφικό του έργο! Αυτή είναι μια απόφαση που τον κάνει να έχει δεύτερες σκέψεις, επειδή η περιέργεια του κατά την συγγραφή τον ώθησε στην επίλυση προβλημάτων, όπως την εξίσωση του Schrodinger για δυναμικά που δεν συναντούμε σε συγγράμματα, που μετέπειτα δημοσιεύτηκαν από άλλους ερευνητές! Ωστόσο, δεν την μετανιώνει, γιατί η διαδρομή που ακολούθησε ήταν δύσκολη αλλά ενδιαφέρουσα! Προτιμά να μοιράζεται τις αποτυχίες που συνάντησε σε αυτή, διότι αποτελούν τα μαθήματα που παίρνουμε από τη ζωή και επιμένει πως αυτή δεν είναι ένας αλγόριθμος, είναι μια αναζήτηση αυτού που αγαπάς, παροτρύνει να μην ακολουθούμε την πεπατημένη, να τρέχουμε για εμάς και όχι για τις φιλοδοξίες άλλων!

Όσον αφορά το συγγραφικό του έργο λέει πως μέσα από αυτό «ο Τραχανάς δίδαξε τον Τραχανά», καθώς τον οδηγούσε η περιέργεια να λύσει τις δικές του απορίες. Τα περισσότερα βιβλία του αφορούν την κβαντομηχανική και τις διαφορικές εξισώσεις και μέσα από αυτά προσπαθεί να παρακινήσει τον αναγνώστη να ανακαλύψει μόνος του τη γνώση με τον πιο απλό τρόπο, ώστε να επιτευχθεί βαθιά και ποιοτική κατανόηση, χωρίς να παραλείπει τη σημασία που έχει να αγαπάς το αντικείμενο και να βάζεις συναίσθημα, καθώς «η μάθηση δεν είναι μόνον εγκεφαλική διαδικασία».

Στο συγγραφικό του έργο συγκαταλέγονται και δύο βιβλία που δεν είναι επιστημονικά. Το «Αμάρτημα της Εύας», που μόλις κυκλοφόρησε, έρχεται ως κριτική στην εκμάθηση Φυσικής που ακολουθείται από το σύστημα, που αποτελείται από περίπλοκες ασκήσεις βασισμένες σε στείρα θεωρία, χωρίς την κυριαρχία του πραγματικού κόσμου που μας καλεί να τον εξερευνήσουμε! Η Εύα, λοιπόν, και οι συμφοιτητές της από τη Σχολή Πλατωνικής Φυσικής, προβληματίζονται περί αυτού με φόντο τον έναστρο ουρανό. Αξιοσημείωτο είναι ότι όλα τα έσοδα θα χρησιμοποιηθούν



τις μεθόδους που ακολουθούνται κατά τη διδασκαλία. Αναγνωρίζει τη δυσκολία στη μαζική εκπαίδευση αλλά δεν αφήνει ασχολίαστη την προώθηση της στείρας γνώσης, τον βομβαρδισμό πληροφοριών που δέχεται ο μαθητής και όχι την παρότρυνση να μάθει να τις συνδυάζει και να βγάζει πορίσματα. Θεωρεί ότι αυτές οι

για την απονομή ενός βραβείου δημιουργικής διδασκαλίας στη μέση εκπαίδευση σε θέματα αστρονομίας. Το βιβλίο του «Το φάντασμα της όπερας- Η επιστήμη στον πολιτισμό μας», γράφτηκε με αφορμή μια επίσημη ομιλία του ίδιου, όποτε και συνειδητοποίησε πώς θεωρείται απαραίτητο να έχουν έρθει όλοι οι άνθρωποι σε επαφή με τα έργα μεγάλων καλλιτεχνών αλλά δεν ισχύει το ίδιο και για επιστημόνων! Δεν διστάζει να δείξει την αγανάκτησή του με το ότι οι περισσότεροι δεν δέχονται θεμελιώδεις αρχές που διέπουν τον κόσμο μας, όπως την Αρχή της Απροσδιοριστίας του Heisenberg (τον οποίο και έχει γνωρίσει), φοβούμενοι, ίσως, τον αντιδογματισμό της, το ότι υποστηρίζει την ανυπαρξία μίας πλήρους, απόλυτης αλήθειας και αυτό οδηγεί στην άνθηση ψευδοεπιστημών.

Λίγο μετά την έναρξη της συγγραφής, το ΙΤΕ Κρήτης του προτείνει μια θέση εκπαιδευτικού και ξεκινά το ταξίδι της διδασκαλίας. Χαρακτηρίζει τον εαυτό του μια ανωμαλία σε ένα σύστημα που η ανωριμότητά του και η ιδιάζουσα προσωπικότητά του τον έκανε να απεχθάνεται αλλά και να θέλει να είναι μέσα σε αυτό! Η πορεία του συνδέεται άρρηκτα με τις Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης και το 2015 ξεκινά το προσωπικό του στοίχημα, το mathesis! Μια πλατφόρμα για παρακολούθηση ανοιχτών διαδικτυακών μαθημάτων, με δωρεάν συμμετοχή. Πρόκειται για το όραμα 5 ανθρώπων να δώσουν την ευκαιρία στο ελληνικό κοινό να έρθει σε επαφή με τη γνώση, να εμπνεύσουν και να εμπνευστούν! Εστιάζει στην λαμπρή πλευρά της χώρας και στα υπέροχα μυαλά που υπάρχουν ανάμεσά μας.

Μέσα από τη συζήτηση με τον κ. Τραχανά γίνεται φανερό ότι προβληματίζεται ιδιαίτερα με

μέθοδοι σκοτώνουν την περιέργεια και τρομάζουν, με αποτέλεσμα να καλλιεργείται αποστροφή προς τις επιστήμες! Με περιγραφικό τρόπο και πολλά παραδείγματα αντιπροτείνει την στροφή προς την παρατήρηση, την παρότρυνση των μαθητών να εξάγουν συμπεράσματα με απλά μαθηματικά, με προσεγγίσεις, ώστε να ανακαλύψουν μόνοι τους τη μαγεία της εξερεύνησης. Ακόμη, υποστηρίζει τον «αυθάδη μαθητή», αυτόν που θα εκφράσει τις απορίες του έως ότου φτάσει στην καρδιά του προβλήματος! Παραμένοντας, παρ' όλ' αυτά, ρεαλιστής αναγνωρίζει ότι δεν μπορεί να αλλάξει τον κόσμο... ίσως να μπορεί, όμως, να μολύνει λίγο το σύστημα.

Ερωτώμενος για το κομμάτι της τηλεεκπαίδευσης στα πανεπιστήμια, πιστεύει πως θα αποτελέσει μια συνιστώσα στον τομέα της εκπαίδευσης στο άμεσο μέλλον και θα διαφοροποιήσει τη σχέση μαθητή-καθηγητή, με τη μάθηση να γίνεται πιο διαδραστική και εξατομικευμένη.

Η συνέντευξη έκλεισε με τον κύριο Τραχανά να μας συμβουλεύει να ακολουθούμε την καρδιά μας, να αφουγκραζόμαστε και να εμπιστευόμαστε την εσωτερική μας φωνή. Μέσα σε αυτήν τη μιάμιση ώρα, οι ιστορίες, οι απόψεις και το ανήσυχο, ατίθασο πνεύμα του μας ενέπνευσαν να δούμε τη Φυσική, αλλά και γενικά τη ζωή, υπό το πρίσμα της προσωπικής εξερεύνησης και τον ευχαριστούμε θερμά!

Σε περίπτωση που δεν την έχεις παρακολουθήσει, μπορείς να την βρεις στο κανάλι «PATH-PhysicistsAristotleThessaloniki» στο YouTube.

Γιαννακούδη Ιφιγένεια
Εκ μέρους της PATH



Την Παρασκευή 28/8/2020 και την Πέμπτη 19/11/2020 απονεμήθηκαν τα πτυχία στους αποφοίτους του τμήματος. Δεν πραγματοποιήθηκε τελετή απονομής λόγω της πανδημίας του κορωνοϊού.

ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΤΟΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ • ΑΛΛΑ ΑΝΤΖΕΛΑ • ΑΛ-ΜΠΕΛΜΠΕΪΣΙ ΡΑΜΙ • ΑΥΞΩΝΙΔΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ • ΒΑΓΚΙΔΗΣ ΧΡΗΣΤΟΣ • ΒΙΚΙΑΡΗΣ ΜΙΧΑΗΛ • ΒΙΟΛΑΡΗΣ ΑΒΡΑΑΜ • ΒΛΑΧΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ • ΓΑΒΡΙΗΛΙΔΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ ΝΕΚΤΑΡΙΑ • ΖΑΧΟΥ ΜΑΡΙΑ ΕΛΕΝΗ • ΚΑΜΠΑΝΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ • ΚΑΡΑΓΙΑΝΝΙΔΟΥ ΕΛΙΝΑ • ΚΑΡΑΚΩΣΤΑ ΠΕΤΡΟΥΛΑ • ΚΑΡΑΣΑΒΒΙΔΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ • ΚΑΡΥΔΑΣ ΘΕΟΦΑΝΗΣ • ΚΑΤΡΑΝΤΖΗ ΔΗΜΗΤΡΑ • ΚΑΤΣΙΚΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ • ΚΑΤΣΟΓΛΟΥ ΜΗΝΑΣ • ΚΙΟΥΜΟΥΡΤΖΟΓΛΟΥ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ • ΚΟΚΟΒΙΝΟΥ ΘΕΟΔΟΥΛΗ • ΚΟΠΑΛΙΔΗΣ ΘΩΜΑΣ • ΚΟΥΚΛΑΚΗ ΔΗΜΗΤΡΑ • ΚΟΥΤΑΒΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ • ΛΑΜΠΡΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ • ΛΑΣΚΟΣ-ΠΑΤΚΟΣ ΠΑΥΛΟΣ • ΜΑΜΑΡΑΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ • ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ • ΜΙΧΑΗΛΟΥΔΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ • ΜΠΟΥΤΣΙΟΥΚΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ • ΝΙΚΗΤΟΠΟΥΛΟΣ ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΝΙΚΟΛΑΪΔΗΣ ΑΡΙΣΤΕΙΔΗΣ • ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ • ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ • ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ ΔΑΦΝΗ • ΠΑΠΑΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΠΑΡΚΟΣΙΔΗΣ ΑΔΑΜ • ΠΑΤΤΑΣ ΟΔΥΣΣΕΑΣ • ΠΕΛΕΤΙΔΟΥ ΜΑΡΙΑ • ΠΡΟΒΑΤΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ • ΣΠΥΡΙΔΑΚΗΣ ΠΕΤΡΟΣ • ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΥΛΟΣ • ΤΖΑΤΖΑΓΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ • ΤΟΠΚΑΡΑΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ • ΤΣΑΚΑΤΑΝΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ • ΤΣΙΡΚΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ • ΤΣΟΥΡΟΣ ΙΑΚΩΒΟΣ ΜΑΡΙΟΣ

ΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ ΑΣΗΜΑΚΗΣ • ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΟΥ ΕΙΡΗΝΗ • ΓΙΑΓΚΟΥΖΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΓΚΛΙΑΓΙΑ ΣΤΕΡΓΙΑΝΗ • ΓΚΟΤΙΝΑΚΟΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ • ΔΕΣΠΟΤΑΚΗ ΜΑΡΙΑ • ΔΗΜΟΤΣΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΕΛΕΖΟΓΛΟΥ ΜΑΡΙΟΣ • ΖΑΧΟΣ ΛΑΜΠΡΟΣ • ΖΗΣΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΚΑΓΚΑ ΜΕΛΠΟΜΕΝΗ • ΚΑΝΕΛΛΙΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ • ΚΑΠΕΡΩΝΗ ΚΑΛΛΙΟΠΗ • ΚΑΡΑΚΟΥΤΑ ΚΛΕΟΝΙΚΗ • ΚΑΡΑΜΑΤΣΚΟΣ ΧΡΗΣΤΟΣ • ΚΑΡΙΠΙΔΗΣ ΣΑΒΒΑΣ • ΚΑΤΖΑΝΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ • ΚΑΤΣΑΜΠΕΚΗΣ ΑΓΓΕΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ • ΚΑΤΣΙΟΥΛΑ ΜΑΡΙΑ • ΚΑΧΡΙΜΑΝΗ ΣΟΦΙΑ • ΚΕΡΑΣΙΔΗΣ ΜΙΧΑΗΛ • ΚΟΝΤΟΥ ΚΥΡΙΑΚΗ • ΚΟΡΟΜΠΙΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ • ΚΟΥΤΑΛΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ • ΚΡΟΥΣΤΑΛΗ ΕΛΙΖΑΜΠΕΤΑ • ΛΙΑΓΚΑ ΑΓΓΕΛΙΚΗ • ΜΕΡΙΑΝΟΣ ΣΠΥΡΙΔΩΝ • ΜΗΛΙΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ • ΝΑΚΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ • ΝΟΥΛΗΣ ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ • ΝΤΟΥΣΙΟΥ ΠΡΩΤΟΨΑΛΤΗ ΕΛΕΝΗ • ΞΑΝΘΟΠΟΥΛΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ • ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΠΟΥΛΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ • ΠΑΝΟΥ ΘΩΜΑΣ • ΠΑΝΤΑΖΗ ΕΥΓΕΝΙΑ ΧΡΙΣΤΙΝΑ • ΠΑΠΑΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΥ ΕΥΓΕΝΙΑ • ΠΑΠΠΑ ΟΥΡΑΝΙΑ • ΠΑΥΛΙΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ • ΠΕΛΕΤΙΔΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ • ΠΕΡΟΝΤΣΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ • ΡΕΤΣΕΛΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ-ΦΑΙΔΩΝ • ΡΗΓΑΚΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ • ΣΑΠΑΛΙΔΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΣΜΥΡΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ • ΣΥΡΜΑΣ ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ • ΤΕΡΣΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΗΣ • ΤΣΑΓΚΑΛΙΔΟΥ ΑΘΗΝΑ • ΤΣΕΚΟΥΡΩΝΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ • ΤΣΙΝΙΚΑ ΕΛΕΝΗ • ΤΣΙΡΙΓΩΤΗ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΑ • ΤΣΙΡΙΓΩΤΗ ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ • ΤΥΠΟΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ • ΦΙΛΙΠΠΙΔΟΥ ΜΗΝΑ ΙΩΑΝΝΑ • ΦΥΤΟΠΟΥΛΟΥ ΘΕΟΔΟΣΙΑ • ΧΑΒΑΛΕΣ ΣΤΥΛΙΑΝΟΣ • ΧΑΤΖΗΑΝΑΓΝΩΣΤΟΥ ΕΥΡΙΔΙΚΗ • ΧΑΤΖΗΜΙΧΑΗΛ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

* παρατίθενται μόνο τα ονόματα αυτών που συναινέσαν

Τη Δευτέρα 9/11/2020 ορκίστηκαν οι νέοι διδάκτορες του τμήματος

Διδάκτορας	Επιβλέπων	Θέμα
ΑΓΓΕΛΟΥ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	Π. Αργυράκης	«Εφαρμογή θεωριών στατιστικής φυσικής σε τεχνολογικά δίκτυα»
ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΟΥ ΙΦΙΓΕΝΕΙΑ	Κ. Παρασκευόπουλος	«Μελέτη της επίδρασης νανοσωματιδίων στη γήρανση του πολυαιθυλενίου»
ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ ΦΙΛΙΠΠΟΣ	Π. Αργυράκης	«Μελέτη διαδικασιών διάχυσης σε περίπλοκα συστήματα και πολυεπίπεδα δίκτυα»
ΟΠΡΟΓΛΙΔΗΣ ΘΕΟΔΩΡΟΣ	Χ. Δημητριάδης	«Τρανζίστορ MOSFET νανοσυρμάτων τριπλής πύλης χωρίς ανορθωτικές επαφές: Συμπαγή μοντέλα για εφαρμογή σε προσομοίωση κυκλωμάτων»
ΤΑΡΑΝΗ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ	Γ. Βουρλιάς	«Μελέτη της επίδρασης του γραφενίου στις φυσικοχημικές ιδιότητες νανოსύνθετων πολυμερικών υλικών»
ΤΣΟΥΧΝΙΚΑ ΜΑΡΙΑ	Π. Αργυράκης	«Εξαγωγή χαρακτηριστικών δομής και εξέλιξης πολύπλοκων δικτύων και συστημάτων, και φαινομένων διάδοσης σε αυτά, με εφαρμογή μεθόδων στατιστικής μηχανικής σε πραγματικά δεδομένα»

Κωνσταντίνος Αγγέλου: Αντικείμενο της διατριβής είναι η μελέτη δικτύων έρευνας και καινοτομίας με μεθόδους που προέρχονται από την Στατιστική Φυσική και την Θεωρία Δικτύων. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται η δομή και ο τρόπος εξέλιξης τους και γίνεται προσπάθεια για την εξήγηση των παρατηρούμενων αλλαγών. Αρχικά, εξετάστηκε το δίκτυο αναφορών των πατεντών με καταγεγραμμένες πατέντες στο Ευρωπαϊκό Γραφείο Πατεντών (EPO) και σε μία διεθνή συνθήκη προστασίας εφευρέσεων (PCT) από το 1978 έως το 2016. Σε αυτό το δίκτυο έγινε δομική μελέτη βρίσκοντας την κατανομή του αριθμού συνδέσεων των κόμβων και εφαρμόστηκε η μέθοδος k-shell decomposition. Η μέθοδος αυτή κάνει μία αποδόμηση του δικτύου σε κελύφη, για την εύρεση των πιο σημαντικών πατεντών όσον αφορά την δομή του δικτύου. Στα κελύφη που προέκυψαν πραγματοποιήθηκε γεωγραφική και θεματική ανάλυση. Έγινε επίσης μελέτη της εξέλιξης του δικτύου εφαρμόζοντας την θεωρία της διήθησης όπλου και παρατηρήθηκαν αλλαγές διαχρονικά στην δημιουργία του μέγιστου συσσωματώματος. Για την δημιουργία δικτύων με παρόμοια συμπεριφορά και εξήγηση των παρατηρούμενων αλλαγών γίνεται χρήση ενός υβριδικού μοντέλου δημιουργίας δικτύων με χαρακτηριστικά από την θεωρία των τυχαίων δικτύων και των δικτύων προτιμητέας προσάρτησης (Barabási-Albert). Στην συνέχεια γίνεται μελέτη ενός δικτύου που αποτελείται από δύο επίπεδα. Το πρώτο αποτελείται από τις συνεργασίες που έχουν πραγματοποιηθεί μεταξύ εφευρετών για την δημιουργία πατεντών που έχουν καταχωρηθεί στο Ευρωπαϊκό Γραφείο Πατεντών και το δεύτερο αποτελείται από τις ερευνητικές συνεργασίες στα πλαίσια των Ευρωπαϊκών Επιχειρησιακών Προγραμμάτων Χρηματοδότησης της Έρευνας FP5-7 και Horizon2020. Οι κόμβοι του δικτύου είναι οι γεωγραφικές περιοχές των επιστημόνων και εφευρετών, ενώ υπάρχει σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων όταν επιστήμονες από διαφορετικές περιοχές συνεργάζονται. Για την δομική μελέτη αυτού του δικτύου θα χρησιμοποιηθεί η έννοια των multilinks, ένας δείκτης που περιγράφει την συνδεσιμότητα μεταξύ δύο κόμβων σε όλα τα επίπεδα του δικτύου, και θα μελετηθεί η εξέλιξη της. Παρατηρούμε παρόμοια εξέλιξη των multilinks διαχρονικά και προτείνουμε ένα μοντέλο τριών διαφορικών εξισώσεων και έξι παραμέτρων που να την περιγράφει και το οποίο προσαρμόζουμε στα πραγματικά δεδομένα για να βρούμε τις τιμές των παραμέτρων. Τέλος, στο ίδιο πολυ-επίπεδο δίκτυο πραγματοποιείται μελέτη με την χρήση της έννοιας των τριγώνων για να βρεθεί αν υπάρχει τάση για την δημιουργία εκτεταμένων ή μεμονωμένων συνδέσεων. Για τον λόγο αυτό χωρίζουμε τα δεδομένα σε διάφορα υπό-δίκτυα, υπολογίζουμε τον αριθμό των τριγώνων σε κάθε επίπεδο και τον συγκρίνουμε με αποτελέσματα που προκύπτουν από τυχαία δίκτυα με τις ίδιες ιδιότητες. Η ίδια μελέτη επαναλαμβάνεται κάνοντας χρήση του συντελεστή συσσωματώματος.

Γρηγοριάδου Ιφιγένεια: Το Πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας είναι πολύτιμο πολυμερές για εφαρμογές σε πολλούς εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Λόγω ότι η Γη περιβάλλεται από μία πλούσια σε οξυγόνο ατμόσφαιρα και λαμβάνοντας, επίσης, υπόψη ότι οι περισσότερες πολυολεφίνες είναι σημαντικά ευαίσθητες στην υπεριώδη ακτινοβολία όταν το οξυγόνο είναι παρόν, λόγω των ακαθαρσιών στη δομή τους – ομάδες καρβονυλίου, υπεροξειδίου, μπορεί να προκύψουν σημαντικά προβλήματα. Προκειμένου να παραταθεί η διάρκεια ζωής των τροφίμων και επίσης να αποφευχθούν μικροβιακές αλλοιώσεις, συνήθως προστίθενται αντιμικροβιακοί παράγοντες στο HDPE. Τα ιόντα χαλκού και τα νανοσωματίδια Ag είναι ευρέως γνωστά για τις αντιμικροβιακές τους ιδιότητες και χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές. Ωστόσο, δεν υπάρχει διαθέσιμη μελέτη για το πώς αυτά τα νανοσωματίδια επηρεάζουν τη σταθερότητα του HDPE, ειδικά κατά του ηλιακού φωτός. Έτσι, ο στόχος της τρέχουσας διατριβής είναι να αξιολογήσει την επίδραση των νανοσωματιδίων του χαλκού και των νανοσωματιδίων αργύρου στη UV σταθερότητα του HDPE. Τα νανοσύνθετα HDPE με διαφορετικές ποσότητες νανοϊών χαλκού παρασκευάστηκαν με ανάμιξη τήγματος σε διπλοκόχλιο εκβολέα Haake-Buchler. Από τις μι-

κρογραφίες SEM διαπιστώθηκε ότι υπάρχει ικανοποιητική διάσπαρά τους στην πολυμερική μήτρα. Η αντοχή στον εφελκυσμό δεν επηρεάστηκε από την προσθήκη νανοσωματιδίων και ενισχύθηκε μόνο το μέτρο του Young. Όλα τα νανοσύνθετα υπό μορφή ισόπαχων λεππών φιλμ εκτέθηκαν σε υπεριώδη ακτινοβολία στα 280 nm για αρκετές ημέρες. Όπως επαληθεύθηκε από τις μετρήσεις FTIR, ο μηχανισμός φωτοοξειδωσης αποτελείται από μακροσκοπική διάσπαση της αλυσίδας, σχηματισμό ενώσεων με ακόρεστες, υδροξυλικές και καρβονυλικές ακραίες ομάδες. Επίσης, από τη φασματοσκοπία FTIR και τη μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι η προσθήκη νανοϊών χαλκού ενισχύει τη UV σταθερότητα του HDPE. Από την ακουστική μικροσκοπία επιβεβαιώθηκε ότι η αποικοδόμηση με υπεριώδη ακτινοβολία είναι μια διαδικασία διάχυσης οξυγόνου και η προσθήκη νανοϊών χαλκού καθυστερεί την πρόοδο της. Τα νανοσύνθετα HDPE που περιέχουν διαφορετικές συγκεντρώσεις νανοσωματιδίων αργύρου (Ag) (0.5%, 1.0%, 2.0%, 3.0% και 5.0% wt.) παρασκευάστηκαν με ανάμιξη τήγματος σε διπλοκόχλιο εκβολέα Haake-Buchler. Τα νανοσύνθετα υπό μορφή ισόπαχων λεππών φιλμ εκτέθηκαν σε ακτινοβολία UV στα 280 nm σε σταθερή θερμοκρασία (25 °C) και σχετική υγρασία (50%) για μερικές ώρες. Τα δείγματα χαρακτηρίστηκαν για τη φωτοχημική τους σταθερότητα με διάφορες μεθόδους. Από τη φασματοσκοπία FTIR διαπιστώθηκε ότι σχηματίστηκαν νέες χημικές ενώσεις κατά τη διάρκεια της έκθεσης με υπεριώδη ακτινοβολία που συμπεριλαμβάνουν ομάδες καρβονυλίου, βινυλίου και υδροξυλίου / υδροξυ-υπεροξειδίου. Σύμφωνα με τα φάσματα, τα νανοσωματίδια δρουν ως αναστολείς του μηχανισμού φωτο-οξειδωσης του πολυμερούς. Επιπλέον, καθώς η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων αυξάνεται, επιτυγχάνεται καλύτερη προστασία. Περαιτέρω μελέτη των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με δοκιμές αντοχής σε εφελκυσμό, που έδειξαν ότι το καθαρό HDPE επηρεάστηκε σημαντικά από ακτινοβολία με υπεριώδη ακτινοβολία, ενώ τα νανοσύνθετα με Ag επηρεάστηκαν σε μικρότερη έκταση. Όσο μεγαλύτερη είναι η συγκέντρωση των νανοσωματιδίων στη μήτρα του πολυμερούς, τόσο περισσότερο μειώνουν την κινητικότητα των μορίων, αναστέλλοντας έτσι τη σχάση αλυσίδας του HDPE. Ο βαθμός κρυσταλλικότητας επηρεάστηκε επίσης από τον χρόνο έκθεσης σε υπεριώδη ακτινοβολία και την προσθήκη νανοσωματιδίων. Τέλος, ο μηχανισμός θερμικής αποικοδόμησης του HDPE και του νανοσύνθετου του με 1.0% wt. Ag πριν και μετά την έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία μελετήθηκε με χρωματογραφία πυρόλυσης-αερίου-φασματοσκοπίας μάζας (Py-GC / MS).

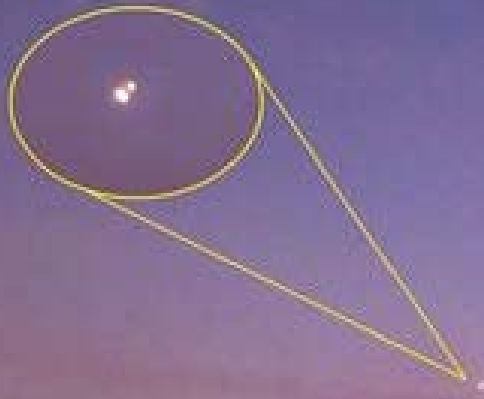
Οπρογλίδης Θεόδωρος: Το αντικείμενο αυτής της διατριβής είναι η ανάπτυξη συμπαγών μοντέλων για τα τρανζίστορ τριπλής πύλης χωρίς ανορθωτικές επαφές (Triple – Gate Junctionless Transistors – TG JLTS) και την εφαρμογή τους σε προσομοιωτές κυκλωμάτων. Το ρεύμα διαρροής είναι ένα μη επιθυμητό χαρακτηριστικό για κάθε ημιαγωγό και έτσι μελετάται στην περίπτωση των TG JLTS για διατάξεις η και p τύπου. Έπειτα, αναπτύσσεται το αναλυτικό συμπαγές μοντέλο ρεύματος απαγωγού το οποίο ισχύει στην περιοχή κένωσης των φορέων των TG JLTS. Το μοντέλο, στο οποίο εντάσσονται φαινόμενα μικρού καναλιού, επαληθεύεται για διατάξεις με μήκος καναλιού έως και 25nm. Το συμπαγές μοντέλο ρεύματος απαγωγού χρησιμεύει σαν πυρήνας όπου μπορούν να ενταχθούν πολλά επιπλέον φαινόμενα. Αρχικά, αναλύεται η βαλλιστική κίνηση των ηλεκτρονίων. Η μετάβαση από το φαινόμενο διάχυσης φορέων στη βαλλιστική μεταφορά τους επιτυγχάνεται με μία απλή αλλαγή της έκφρασης της ευκινησίας χαμηλού πεδίου. Εισάγοντας αυτή την έκφραση στο συμπαγές μοντέλο ρεύματος απαγωγού, η βαλλιστική κίνηση φορέων ενσωματώνεται σαν φαινόμενο. Επίσης, στο μοντέλο ρεύματος εισάγεται και η επίδραση της θερμοκρασίας στα TG JLTS. Οι παράμετροι του μοντέλου εξαγονται Αυτές οι παράμετροι εκφράζονται ως συνάρτηση της θερμοκρασίας και εισάγονται στο μοντέλο ρεύματος απαγωγού. Τα αποτελέσματα επαληθεύονται με τη χρήση πειραματικών δεδομένων. Η συνέχεια και η συμμετρία του συμπαγούς μοντέλου ρεύμα-

τος επιτυγχάνεται διαμορφώνοντας κάποιες εξισώσεις του αρχικού μοντέλου. Οι νέες εκφράσεις είναι συνάρτηση των κανονικοποιημένων φορτίων που περιέχουν την συνεχή και συμμετρική συνάρτηση Lambert. Στο μοντέλο εφαρμόζονται κάποια τεστ αξιολόγησης για να αποδειχθεί η αποτελεσματικότητά του. Στη συνέχεια, το συμμετρικό και συνεχές μοντέλο διαχωρητικότητας αναπτύσσεται και επαληθεύεται με δεδομένα προσομοίωσης για διατάξεις με μεγάλο και μικρό κανάλι. Επιπλέον, τα μοντέλα γράφονται σε γλώσσα προγραμματισμού Verilog-A και έτσι είναι έτοιμα για την εφαρμογή τους σε προσομοιωτές κυκλωμάτων. Επίσης, διερευνάται ο θόρυβος χαμηλών συχνοτήτων των TG JLTs τόσο στο πεδίο των συχνοτήτων όσο και στο πεδίο του χρόνου για διατάξεις με διαφορετικά μήκη καναλιού. Αναγνωρίζονται οι φυσικοί μηχανισμοί που διέπουν την προέλευση του θορύβου καθώς και η θέση των διακριτών παγίδων φορέων. Η διακύμανση της τάσης παράλληλων ζωνών συσχετίζεται με τον θόρυβο λόγω των παγίδων και έτσι μπορούν να προβλεφθούν οι διακυμάνσεις του ρεύματος απαγωγού. Η επίδραση του φαινομένου της ηλεκτρικής καταπόνησης φορέων στην απόδοση των TG JLTs μελετάται αναλύοντας την εξέλιξη των μακροσκοπικών και μικροσκοπικών παραμέτρων των τρανζίστορ με τον χρόνο καταπόνησης. Τα αποτελέσματα ποικίλλουν ανάλογα με το μήκος του καναλιού των ημιαγωγικών διατάξεων και φαίνεται πως διαφορετικοί μηχανισμοί προκαλούν υποβάθμιση των χαρακτηριστικών εισόδου των TG JLTs. Τέλος, η τοπική και καθολική μεταβλητότητα των TG JLTs ερευνώνται εκτενώς. Και για τις δύο περιπτώσεις, οι παράμετροι των ημιαγωγικών διατάξεων εξάγονται αναλύοντας τις χαρακτηριστικές εισόδου μέσω του αναλυτικού συμπαγούς μοντέλου ρεύματος απαγωγού. Εφαρμόζοντας την μέθοδο προσομοίωσης Monte-Carlo στο μοντέλο ρεύματος, η μεταβλητότητα του ρεύματος απαγωγού αναλύεται και υπολογίζεται η επίδραση κάθε παραμέτρου στην συνολική απόκλιση του ρεύματος απαγωγού. Επιπλέον, για την περίπτωση της τοπικής μεταβλητότητας, προσδιορίζονται οι κατασκευαστικές πηγές της μεταβλητότητας μέσω μιας τεχνικής που συνδυάζει το συμπαγές μοντέλο ρεύματος απαγωγού με προσομοιώσεις Monte-Carlo.

Ταράνη Ευαγγελία: Τελευταία, υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα νανοςύνθετα που εφαρμόζονται σε θερμικά αγώγιμα πολυμερικά υλικά. Τα πολυμερή που είναι πολύ αγώγιμα και ηλεκτροχημικά ενεργά έχουν επικεντρωθεί σε ορισμένες ελπιδοφόρες εφαρμογές όπως ηλιακά στοιχεία, αισθητήρες, συσκευές αποθήκευσης ενέργειας και σωλήνες. Το πολυαιθυλένιο (PE) είναι ένα ημικρυσταλλικό πολυμερές χαμηλού κόστους που παρουσιάζει καλές θερμικές και μηχανικές ιδιότητες, καθώς και υψηλή χημική αντοχή. Τα νανοϋλικά με βάση τον άνθρακα, όπως το οξείδιο του γραφενίου (GO) και τα νανοφυλλίδια του γραφενίου (GNPs), έχουν προταθεί ως πολυλειτουργικά νανοπληρωτικά επόμενης γενιάς για τη βελτίωση των πολυμερικών μητρώων. Ο πρώτος στόχος της διατριβής είναι η σύνθεση GO από γραφίτη χρησιμοποιώντας την τροποποιημένη μέθοδο Hummer. Ο δεύτερος στόχος είναι η σύνθεση νανοςύνθετων πολυμερικών υλικών HDPE/GNPs ενισχυμένων με διαφορετικά μεγέθη διαμέτρου (5, 15 και 25 nm) σε διάφορες συγκεντρώσεις (0,5-5% κ.β.) με τη μέθοδο των ανάμιξης τήγματος. Πραγματοποιήθηκε λεπτομερής δομική και μορφολογική μελέτη των GNPs στη μήτρα του HDPE συνδυάζοντας Περίθλαση Ακτίνων-Χ (XRD), Φασματοσκοπία Raman, Φασματοσκοπία Φωτοηλεκτρονίων Ακτίνων-Χ (XPS), Φασματοσκοπία Υπερύθρων με μετασχηματισμό Fourier (FTIR), Πολωτικό Οπτικό Μικροσκόπιο (PLM), Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Διέλευσης (TEM) και Ηλεκτρονική Μικροσκοπία Σάρωσης (SEM). Για να επιτευχθεί καλύτερη πληρότητα σχετικά με τη δομή των νανοςύνθετων HDPE/GNPs, η σχετική κρυσταλλικότητα υπολογίστηκε και συγκρίθηκε χρησιμοποιώντας κάποιες από τις προαναφερθείσες τεχνικές (XRD, FTIR, Raman και DSC). Η κρυστάλλωση και η τήξη των νανοςύνθετων πολυμερικών υλικών HDPE/GNPs σε μη ισόθερμες συνθήκες μελετήθηκε σε διάφορους ρυθμούς ψύξης χρησιμοποιώντας τη συμβατική Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (DSC), καθώς και τη Θερμιδομετρία Γρήγορης Σάρωσης (FSC). Η προσέγγιση για την περιγραφή πρωτογενούς κρυστάλλωσης βασίζεται σε εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία πυρήνωση και ανάπτυξη σφαιριδίων που διέπονται από εξίσωση τύπου

Avrami. Εξετάστηκε μια ισοτροπική τεχνική για την αξιολόγηση της ενέργειας ενεργοποίησης των νανοςύνθετων κατά τη διαδικασία κρυστάλλωσης μακριά από τη θερμοδυναμική ισορροπία. Η FSC ολοκληρώθηκε με μια σε βάθος ανάλυση των πολλαπλών κορυφών τήξης χρησιμοποιώντας την τεχνική της Διαμορφωμένης Θερμοκρασίας DSC (TM-DSC). Παρουσιάστηκε η επίδραση της διαμέτρου των GNPs στη θερμική σταθερότητα και τον μηχανισμό κινητικής των νανοςύνθετων πολυμερικών υλικών του HDPE χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Θερμοσταθμικής Ανάλυσης (TGA). Πραγματοποιήθηκε διεξοδική μελέτη για την κινητική θερμικής αποικοδόμησης σε όλα τα προετοιμασμένα δείγματα και ακολουθήθηκαν διαδικασίες προσαρμογής μοντέλου για τον υπολογισμό των ενεργειών ενεργοποίησης. Προκειμένου να κατανοηθεί σε βάθος ο μηχανισμός αποσύνθεσης, χρησιμοποιήθηκε η Πυρολυτική Αέρια Χρωματογραφία- Φασματοσκοπία Μάζας (Py-GC/MS) στα νανοςύνθετα πολυμερικά υλικά HDPE/GNPs έτσι ώστε να ανιχνευθεί κάθε ένα από τα θραύσματα που προέρχονται από κάθε μακρομόριο και να συσχετιστούν τα συλλεγόμενα δεδομένα με τον μηχανισμό αποσύνθεσης. Η επίδραση των GNPs με διαφορετικές διαμέτρου στη θερμική αγωγιμότητα, διερευνήθηκε συστηματικά σε όλες τις τιμές των συγκεντρώσεων. Επίσης, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα των επιλεγμένων μικρομηχανικών μοντέλων στην πρόβλεψη της θερμικής αγωγιμότητας των νανοςύνθετων υλικών. Διερευνήθηκε μια ολοκληρωμένη ανάλυση του μεγέθους των GNPs στις θερμομηχανικές ιδιότητες των νανοςύνθετων. Οι μηχανικές ιδιότητες των νανοςύνθετων HDPE/GNPs χαρακτηρίστηκαν από δοκιμές εφελκυσμού. Δοκιμάστηκαν διάφορα μικρομηχανικά μοντέλα και συγκρίθηκαν με πειραματικά αποτελέσματα λαμβάνοντας υπόψη τα διεσπαρμένα και συσσωματωμένα GNPs στη μήτρα HDPE, καθώς και την επίδραση του καταφυλίου διήθησης. Τέλος, SEM χρησιμοποιήθηκε για να παρατηρηθούν οι επιφάνειες θραύσης των σύνθετων μετά από δοκιμές εφελκυσμού.

Τσουχνικά Μαρία: Οι ερευνητικές και οικονομικές διεργασίες, καθώς και η ανάπτυξη καινοτομιών, αποτελούν τρία αλληλένδετα κοινωνικά πολύπλοκα συστήματα, τα οποία περιλαμβάνουν πολυποικίλες ανθρώπινες σχέσεις. Τα κοινωνικά αυτά συστήματα βρίσκονται σε μία κατάσταση συνεχούς αλληλεπίδρασης και συνδιαμόρφωσης με την κοινωνία. Αφενός, οι διεργασίες αυτές ορίζονται εν πολλοίς από τις επικρατούσες κοινωνικές συνθήκες και τους κανονισμούς που οι κοινωνίες επιβάλλουν, αφετέρου, οι διεργασίες αυτές με τη σειρά τους επηρεάζουν και διαπλάθουν την καθημερινότητά μας και τις συνθήκες διαβίωσης. Κατά συνέπεια, το ενδιαφέρον μας γύρω από τη βελτιστοποίηση αυτών των διεργασιών είναι έκδηλο και αέναο. Η κατανόηση και ο εντοπισμός προβλημάτων, αλλά και επιτυχιών, των διεργασιών αυτών αποτελεί τη βάση της διαδικασίας βελτιστοποίησής τους. Στη διατριβή αυτή, αναλύονται τρία τέτοια αντιπροσωπευτικά συστήματα, ένα για κάθε τύπο αυτών των διεργασιών, μελετώντας τα αντίστοιχα παραγόμενα δίκτυα, χρησιμοποιώντας τεχνικές θεωρίας γράφων (δικτύων). Συγκεκριμένα, εφαρμόζονται μεθοδολογίες ανάλυσης της δομής και της εξέλιξης δικτύων, αλλά και φαινομένων διάδοσης πάνω σε αυτά. Στο κεφάλαιο 2 της διατριβής, εξετάζεται η δομή ενός δικτύου που αφορά στην έρευνα το δίκτυο των ερευνητικών συνεργασιών που αποτυπώνονται στις ερευνητικές προτάσεις που έχουν υποβληθεί στο 7ο Πρόγραμμα – Πλαίσιο (7ο ΠΠ), Ευρωπαϊκό πρόγραμμα χρηματοδότησης της έρευνας. Στο κεφάλαιο 3, η διατριβή πραγματεύεται ένα σύστημα οικονομικών διεργασιών. Ειδικότερα, μελετώνται οι συνθήκες διάδοσης μίας οικονομικής κρίσης στο παγκόσμιο δίκτυο των πόλεων και των μεταξύ τους οικονομικών αλληλεπιδράσεων, οι οποίες αλληλεπιδράσεις αντανακλώνται στα δεδομένα ιδιοκτησιακών σχέσεων εταιρειών που βρίσκονται εντός των πόλεων του δικτύου. Τέλος, στο κεφάλαιο 4, εξετάζεται ένα σύστημα διεργασιών ανάπτυξης καινοτομιών και συγκεκριμένα μελετώνται τα χαρακτηριστικά της χρονικής εξέλιξης του δικτύου των συνεργασιών που αναπτύσσονται στα πλαίσια δημιουργίας καινοτομιών, οι οποίες συνεργασίες αντικατοπτρίζονται στα τα δεδομένα των πατεντών που έχουν υποβληθεί στο Ευρωπαϊκό Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας (ΕΓΔΕ).



Οι άρχοντες του ουρανού

Η Μεγάλη Σύνοδος των αέριων γιγάντων Δία και Κρόνου και το αστέρι της Βηθλεέμ. Στις 21 Δεκεμβρίου είχαμε την ευκαιρία να τους παρατηρήσουμε πολύ κοντά καθώς πλησίασαν σε μικρή φαινόμενη απόσταση που παρόμοια έχουμε να δούμε από το 1623, μόλις 14 έτη από την πρώτη φορά που κάποιος άνθρωπος του πλανήτη μας έστρεψε τηλεσκόπιο στον ουρανό!

Φωτογραφία - κείμενο
Κωνσταντίνος Εμμανουηλίδης