



Τεύχος 21  
Ιανουάριος - Αύγουστος 2005

Το “φαινόμενον” και η ιστορία του  
Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου  
Ο τρισδιάστατος κόσμος σε δισδιάστατους πίνακες  
Ταξίδι στη σκέψη του Ηράκλειτου  
Albert Einstein: Ο φιλόσοφος  
Ο Ιωάννης Φιλόππος και η σχετικότητα  
Γιατί ο χρόνος ρέει πάντα προς το μέλλον;  
Το θεώρημα του Goedel  
Κυψέλες καυσίμου  
Το μέλλον της προώθησης αεροσκαφών  
Το σύμπαν σε έναν υπολογιστή

Συνέντευξη: Θόδωρος Αγγελόπουλος



Τεύχος 21  
Ιανουάριος - Αύγουστος 2005

Προεδρεία Τμ. Φυσικής  
**Δ. Κυριάκου**

Υπεύθυνος έκδοσης - Επιμέλεια  
**Κ. Καμπάς**

Βοήθησαν πολύ  
**Π. Χαρίτος**  
**Π. Σαμπάνης**

Στο τεύχος αυτό συνεργάστηκαν  
**Χάρης Βάρβογλης**  
Αναπλ. καθηγητής Τμ. Φυσικής  
**Ορέστης Καλογήρου**  
Επίκ. καθηγητής Τμ. Φυσικής  
**Κ. Χατζησάββας**  
Υποψ. Διδάκ. Τμ. Φυσικής  
**Γ. Χατζηθαντζίδης**  
Υποψ. Διδάκ. Τμ. Φυσικής

**Π. Χαρίτος**  
**Θ. Μπίσμπας**  
**Μ. Παπαδημητρίου**  
**Χ. Μακαρονά**  
**Δ. Τζορμπατζίδης**  
**Ν. Καρακούσης**  
Φοιτητές του Τμ. Φυσικής

Το "Φαινόμενο" είναι ανοικτό σε όποιες ιδέες και απόψεις, οι οποίες όμως εκφράζουν μόνο τους συγγραφείς

## ΕΚΔΗΛΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΟΥ Α.Π.Θ. ΠΑΓΚΟΣΜΙΟ ΕΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ 2005

Η Γενική Συνέλευση του Ο.Η.Ε., η Unesco και η Διεθνής Ένωση Βασικής και Εφαρμοσμένης Φυσικής (IUPAP) ανακήρυξαν το 2005 ως Παγκόσμιο Έτος Φυσικής. Ο διεθνής εορτασμός της Φυσικής συμπίπτει με την 100η επέτειο από το «μαγικό» έτος 1905, όταν ο Αλβέρτος Αϊνστάιν προκάλεσε μια από τις μεγαλύτερες επιστημονικές επαναστάσεις με τρεις ρηξικέλευθες ανακαλύψεις: απέδειξε την ύπαρξη των ατόμων και των μορίων, έδωσε κύρος στο αναδυόμενο πεδίο της κβαντικής μηχανικής και διατύπωσε την θεωρία της ειδικής σχετικότητας, που οδήγησε στην πιο διάσημη εξίσωση όλων των εποχών,  $E = mc^2$ .

Κατά τη διάρκεια του έτους εκδηλώσεις σε όλο τον κόσμο θα φωτίσουν τη ζωντάνια της Φυσικής και τη σημασία της στην επόμενη χιλιετία. Το Παγκόσμιο Έτος Φυσικής έχει σαν στόχο να φέρει στο πλατύ κοινό τη μαγεία της Φυσικής και να εμπνεύσει μια νέα γενιά επιστημόνων.

Το Τμήμα Φυσικής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης συμμετέχοντας στον διεθνή εορτασμό της Φυσικής προγραμματίζει μια σειρά εκδηλώσεων για το 2005. Οι εκδηλώσεις που προγραμματίζονται δεν περιορίζονται θεματικά μόνο στην προβολή της Θεωρίας της Σχετικότητας, αλλά στοχεύουν στο να γίνουν πιο κατανοητές οι σημαντικές ανακαλύψεις του 20ου αιώνα, που χαρακτηρίστηκε ο αιώνας της Φυσικής. Τα επιτεύγματα αυτά, επέφεραν τεράστιες βελτιώσεις στην ποιότητα της ζωής μας: Η θεωρία της Κβαντικής Φυσικής για παράδειγμα, που γεννήθηκε στις αρχές του 20ου αιώνα, οδήγησε στην ανακάλυψη του transistor, των lasers, των ημιαγωγών και της νανοτεχνολογίας ή η έννοια των υπερχορδών, που μπορεί ίσως να εξηγήσει ολόκληρο το Σύμπαν μέσα από μία και μοναδική θεωρία.

*Ανάμεσα στις εκδηλώσεις που προγραμματίζονται από το Τμήμα Φυσικής είναι:*

- Διαλέξεις, ημερίδες, σεμινάρια από διακεκριμένους επιστήμονες, που εργάζονται στην πρώτη γραμμή των διεθνών εξελίξεων της σύγχρονης Φυσικής.
- Διήμερο για το κοινό στις 30 Σεπτεμβρίου / 1 Οκτωβρίου με την ονομασία «Ανοιχτές Θύρες», όπου οι επισκέπτες θα μπορούν με απλό και κατανοητό τρόπο να ενημερωθούν για τις εκπαιδευτικές και ερευνητικές δραστηριότητες του Τμήματος Φυσικής.
- Εβδομάδα επαγγελματικής προοπτικής για φοιτητές και μαθητές.
- Καλλιτεχνικές και άλλες εκδηλώσεις των φοιτητών του Τμήματος Φυσικής.
- Ημέρα πανηγυρικού εορτασμού στην αίθουσα Τελετών του Α.Π.Θ. στις 11 Οκτωβρίου. Ομιλητές: Ι. Αντωνόπουλος, Καθηγητής Φυσικής, Πρύτανης Α.Π.Θ.; Ι.Α. Τσουκαλάς, Καθηγητής Φυσικής, Γενικός Γραμματέας Έρευνας & Τεχνολογίας; Professor G.Hoof, University of Utrecht, βραβείο Nobel Φυσικής 1999.
- Παραγωγή οπτικοακουστικού υλικού του Τμήματος Φυσικής σχετικά με το επάγγελμα του φυσικού.
- Διήμερο με τη μορφή συνεδρίου, όπου όλες οι ερευνητικές ομάδες του Τμήματος Φυσικής θα παρουσιάσουν τις ερευνητικές τους δραστηριότητες (τέλος Νοεμβρίου).
- Διεθνές workshop για τη σχετικότητα στις 15-16 Δεκεμβρίου με τη συμμετοχή διακεκριμένων επιστημόνων του εξωτερικού.

## Το "Φαινόμενο" και ο κύκλος του, οι μαθητές και οι δάσκαλοί τους, ο Καβάφης και ο Επίκουρος.

Το "Φαινόμενο" με το τεύχος αυτό κλείνει έναν κύκλο, ένα μεγάλο μέρος της ιστορίας του, για να μην πω την ιστορία του. Ήταν το 1992 όταν ο Κώστας Μανωλάκης, τότε πρόεδρος του Τμήματος Φυσικής, είχε την όμορφη ιδέα της πρώτης έκδοσής του. Τότε ξεκίνησε με οκτώ σελίδες και με τη στήριξη του προέδρου και τη δουλειά των συνεργατών του καθιερώθηκε και προχώρησε, έτσι ώστε ο μετέπειτα πρόεδρος και νυν πρύτανης Γιάννης Αντωνόπουλος μπόρεσε να του δώσει νέα ώθηση, ώστε να γίνει θεσμός. Ο Γ. Αντωνόπουλος το 1996 μου εμπιστεύτηκε την συνέχεια της έκδοσης. Ευτύχησα τότε στο ξεκίνημα του δεύτερου κύκλου να έχω συνεργάτες μια αρκετά μεγάλη ομάδα φοιτητών (περίπου δέκα), παιδιά με όρεξη, καλλιέργεια και οράματα. Δούλεψαν πολύ και γρήγορα το περιοδικό έφθασε τις 16 σελίδες και αργότερα τις 32, όπως είναι σήμερα, με 1000 τεύχη κυκλοφορία. Εκείνα όμως τα παιδιά άρχισαν σιγά-σιγά να φεύγουν (λόγω πτυχίου) και έβλεπα ότι παρά τις επίμονες ανακοινώσεις και αναζητήσεις δεν έρχονταν καινούργια.

Η συρρίκνωση της συντακτικής ομάδας ήταν ταχύτατη και ακμάζουσας απόγνωσης.

Για μένα η αρχική έκπληξη γρήγορα βρήκε την εξήγησή της. Οι νέες φουρνιές φοιτητών (πράγμα που ισχύει και σήμερα ακόμη πιο έντονα) ήταν γεννήματα του πιο πρωτότυπα άθλιου και παγκόσμιας αποκλειστικότητας πατέντας, εκπαιδευτικού μας συστήματος που από το νηπιαγωγείο ακόμα σταλάζει στις συνειδήσεις των παιδιών (και των γονιών τους) ότι ο μοναδικός σκοπός της ζωής τους είναι η εισαγωγή τους στο Πανεπιστήμιο. Έτσι η καλύτερη, η τρυφερότερη και δημιουργικότερη περίοδος της ζωής τους, που έπρεπε να διαμορφώνει χαρακτήρες και προσωπικότητες μεταβλήθηκε σε ένα συνεχές φροντιστήριο. Τα παιδιά στερημένα από κάθε επαφή με άλλες αξίες παιδείας όπως τέχνη, λογοτεχνία, άθληση, αρχαία ελληνική γραμματεία, κλπ. μεταβλήθηκαν σε απομνημονευτές και φωτογράφους κειμένων εν πολλοίς αχρήστων και φθάνουν στο πανεπιστήμιο στεγνά, χωρίς καμιά καλλιέργεια, χωρίς πνεύμα ευρύτερων αναζητήσεων, φανερά κουρασμένα, χωρίς πολλά ενδιαφέροντα παρά μόνο ίσως ένα. Πώς να πάρουν το πτυχίο, διατηρώντας το λυκειακό σύνδρομο της στείρας απομνημόνευσης. Η πλειοψηφία των φοιτητών μας δεν έχει και δεν μπορεί να έχει επαφή με τις έννοιες γνώση, κριτικό πνεύμα και επιστήμη. Και πώς να μπορέσει; Αυτά τα παιδιά είναι τα μόνα που δεν φταίνε. Βαθύτατη είναι η πεποίθησή μου ότι ακρογωνιαίος λίθος της σωστής παιδείας είναι ο δάσκαλος. Ποιος δάσκαλος λοιπόν; Πώς να λειτουργήσει μέσα στο δημοσιούπαλλίλίκι της μέσης και κατώτερης παιδείας με μισθούς πείνας, και στο σφιχτό αγκάλιασμα του αναλυτικού προγράμματος, ιδιαίτερα στη μέση εκπαίδευση, από το οποίο δεν μπορεί και δεν πρέπει να ξεφύγει; Αλλά και στα ΑΕΙ τι δυνατότητες αφήνει η ραπερμανία, η ραπερ-οσυλλογή, το αφεντικί και το αμόκ της βελτίωσης των βιογραφικών; Τα παιδιά δεν φταίνε σίγουρα. Ο Διογένης ο κυνικός, στην Αρχαιότητα γυρνούσε με το φανάρι αναμμένο μέρα μεσημέρι, ψάχνοντας να βρει άνθρωπο. Σήμερα θα έψαχνε να βρει δάσκαλο. Και θέλω να εξηγηθώ. Αυτά δεν αφορούν όλους. Η ασημαντότητα των πολλών είναι ένα σημαντικό σύνολο.

Ας ξαναγυρίσω στο "Φαινόμενο". Έτσι λοιπόν, μ' αυτά και μ' αυτά φθάσαμε στο σήμερα. Παρ' ότι θέλω να πιστεύω ότι κάναμε καλή δουλειά, η προσέλευση νέων φοιτητών-συνεργατών έπεφτε ταχύτατα στο μηδέν και τυπικά το άγγιξε. Η κατανομή Gauss έγινε κατανομή ψευδομονοχρωματικότητας, μέχρι να γίνει συνάρτηση Dirac. Από το 2000 η συντακτική ομάδα είχε τρία μέλη. Θεωρώ υποχρέωσή μου να αναφέρω ονόματα και να τους ευχαριστήσω θερμότατα. Ο φοιτητής Παναγιώτης Σαμπάνης, φιλότιμα και βεβαίως ανιδιοτελώς για χρόνια είχε την ευθύνη των γραφικών και του στησίματος του περιοδικού. Σήμερα είναι στο στρατό. Ο φοιτητής Παναγιώτης Χαρίτος, έχοντας το μικρόβιο της δημοσιογραφίας, από το 2001 ήταν η ψυχή του περιοδικού, μάζεψε υλικό, έπαιρνε τις συνεντεύξεις και βοηθούσε στην τελική του εμφάνιση. Σήμερα φεύγει και αυτός, ανοίγοντας τα φτερά του από το Σεπτέμβριο για μεταπτυχιακές σπουδές στην Αγγλία. Μένει λοιπόν η ομάδα που δεν είναι πια ομάδα αφού είναι μονομελής. Αυτό λοιπόν το μόνο μέλος, θέλει να ευχαριστήσει τον Γιώργο Κανελλή (προεδρία 1997-2001), και τον απερχόμενο πρόεδρο Δημήτρη Κυριάκο, οι οποίοι στις τετραετίες της προεδρίας τους μας στήριξαν αμέριστα. Η συμπαράστασή τους ήταν θερμότατη και συγχρόνως διακριτικότερη, αφήνοντας μας ελεύθερους στις επιλογές των κειμένων και στη γενικότερη εμφάνιση του περιοδικού. Θέλω να ευχηθώ τα καλύτερα και στο νέο πρόεδρο στην περίπτωση συνέχισης της έκδοσης.

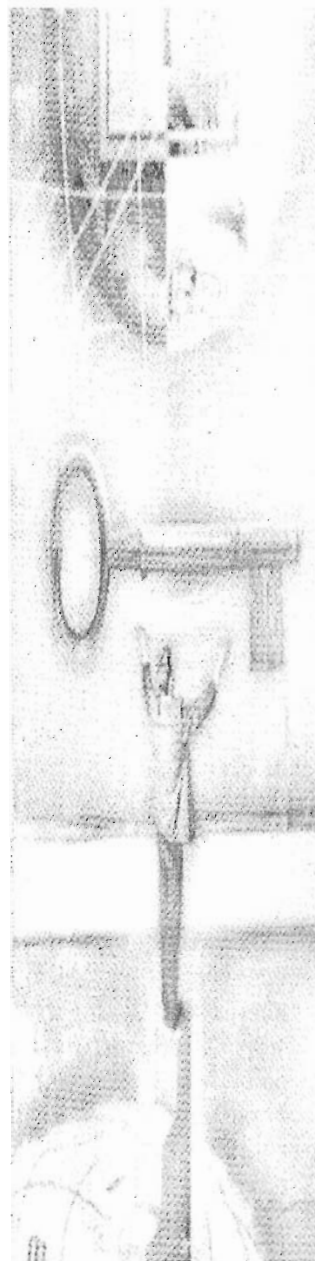
Καιρός να τελειώνουμε λοιπόν. Όταν κανείς κάνει μια δουλειά δεν την παινεύει βεβαίως. Αυτό ανήκει σ' άλλους. Δικαιούται όμως να τη θεωρεί παιδί του και να αισθάνεται τη φόρτιση και τη συγκίνηση αναπολώντας την. Η ηλικία βαραίνει, η ψυχική κούραση βαραίνει, η απογοήτευση κάποιων ελπίδων βαραίνει. Κι όπως λέει η Αλεξανδρινή λατρεία μου: "Κι αν δεν μπορείς να κάνεις τη ζωή σου όπως τη θες, τούτο προσπάθησε τουλάχιστον όσο μπορείς: μην την εξευτελίζεις μες την πολλή συνάφεια....".

Άνιση η κατανόηση και η συνειδητοποίηση των άγριων και ήμερων της ανθρώπινης ψυχής, τόσο στην ατομική όσο και στη συλλογική διάσταση της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

"Λάθε βιώσας" λοιπόν σεβαστέ μου Επίκουρε, "Λάθε βιώσας"

Εύχομαι στο "Φαινόμενο", καλή συνέχεια.

Κ.Καμπάς.



# Μπαταρίες Ιόντων Λιθίου

## καθημερινής χρήσης



Οι μπαταρίες ιόντων λιθίου ή απλά όπως τις αποκαλούμε «μπαταρίες λιθίου» έχουν εισβάλει για τα καλά στην καθημερινότητά μας τα τελευταία χρόνια με την ραγδαία εξάπλωση των κινητών τηλεφώνων, των ψηφιακών φωτο-

γραφικών μηχανών, των φορητών υπολογιστών και πολλών άλλων – κυρίως φορητών – συσκευών.

Τι είναι όμως αυτό που τις κάνει να ξεχωρίζουν και να προτιμούνται από τις άλλες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες; Γιατί άργησαν να χρησιμοποιηθούν ευρέως αφού είχαν κάποια ασύγκριτα πλεονεκτήματα; Είναι δυνατόν μια μπαταρία λιθίου να προκαλέσει τραυματισμό, όπως έχουμε ακούσει κατά καιρούς στις ειδήσεις; Όλα αυτά είναι ερωτήματα που θα προσπαθήσουμε να απαντήσουμε στην συνέχεια.

Οι δύο κύριοι λόγοι που οδηγούν στην επιλογή μιας μπαταρίας λιθίου για μια φορητή συσκευή (ή το αντίστροφο) ως την βέλτιστη λύση, είναι το ότι δεν εμφανίζουν το φαινόμενο μνήμης και ότι ο λόγος αποθηκευμένης ενέργειας προς βάρος είναι πολύ υψηλός σε σχέση με άλλες τεχνολογίες μπαταριών μειώνοντας το συνολικό βάρος της συσκευής. Όμως το ότι δεν παρουσιάζουν το φαινόμενο μνήμης δεν σημαίνει ότι δεν χάνουν την απόδοσή τους, αφού οι χημικές αντιδράσεις που γίνονται στο εσωτερικό της για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος τείνουν να εξασθενούν με την πάροδο του χρόνου και με την πάροδο των κύκλων φόρτισης, γεγονός που σημαίνει ότι έχουν «ημερομηνία λήξεως» και όσο τις φορτίζουμε ή απλά τις έχουμε και κάθονται, χάνουν ένα μέρος της χωρητικότητας τους κατ' αναλογία με το φαινόμενο μνήμης. Έχουν όμως το πλεονέκτημα ότι ένα τυπικό στοιχείο μπαταρίας ιόντων λιθίου είναι ικανό να παράγει τάση 3,6V, δηλαδή τρεις φορές μεγαλύτερη από την τάση ενός στοιχείου NiCd ή NiMH.

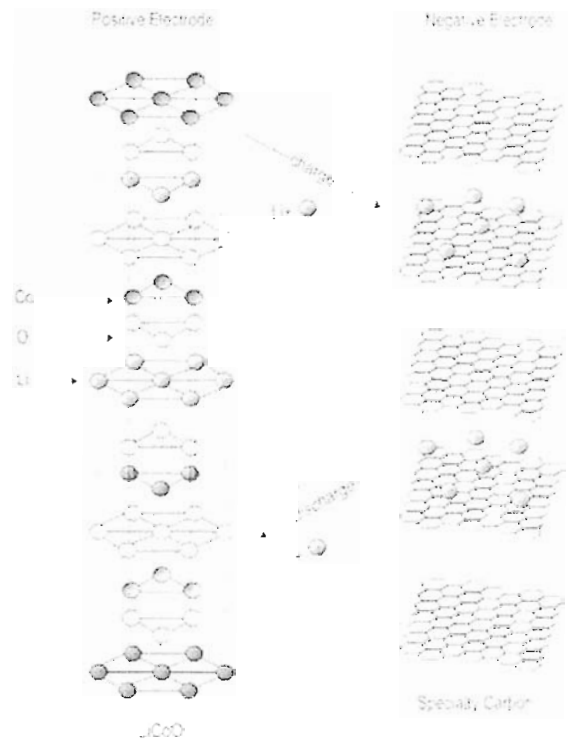
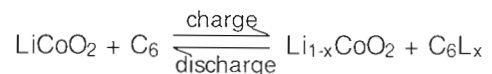
## Η δομή ενός στοιχείου Li-Ion

Η δομή ενός στοιχείου μπαταρίας λιθίου αναπτύσσεται σε τρία επίπεδα. Έτσι έχουμε μια κάθοδο που αποτελεί τον θετικό ακροδέκτη και κατασκευάζεται από LiCoO<sub>2</sub>, την άνοδο που κατασκευάζεται από ειδικό υλικό με βάση τον άνθρακα και ένα επίπεδο διαχωρισμού μεταξύ αυτών. Όλα αυτά συμπεριλαμβάνονται στο εσωτερικό ενός μεταλλικού κελύφους που σε καμιά περίπτωση δεν πρέπει να παραβιάσουμε γιατί είναι δυνατόν να προκληθεί βίαιη φωτιά. Επιπλέον στο εσωτερικό του στοιχείου υπάρχει και ο ηλεκτρολύτης που αποτελείται από άλας λιθίου

σε οργανικό διάλυμα. Επίσης κάθε στοιχείο διαθέτει διάφορους μηχανισμούς προστασίας, όπως βαλβίδα εκτόνωσης αερίου σε περίπτωση που αναπτυχθεί αέριο στο εσωτερικό της μπαταρίας, θερμική ασφάλεια κλπ.

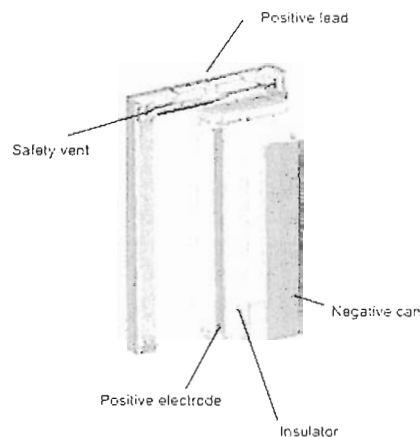
## Αρχή λειτουργίας μιας μπαταρίας Li-Ion

Η χημική αντίδραση που λαμβάνει μέρος στο εσωτερικό της μπαταρίας κατά την φόρτιση και εκφόρτιση είναι η εξής:



Η βασική αρχή λειτουργίας στηρίζεται στον ιονισμό του λιθίου στην κάθοδο κατά την φόρτιση και την μετάβαση μέσω του διαχωριστικού επιπέδου στην άνοδο. Κατά την εκφόρτιση ιόντα λιθίου από την άνοδο μεταβαίνουν στην κάθοδο και επανασυνδέονται στο αρχικό μόριο.

Prismatic Cell



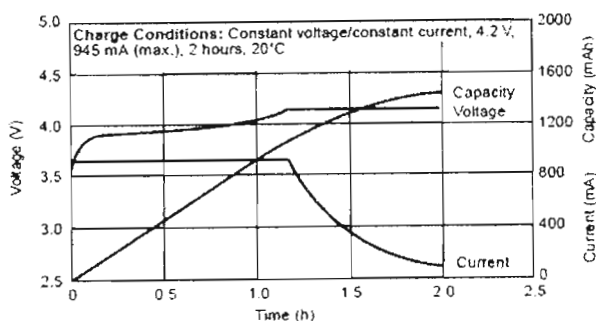
## Βασικά χαρακτηριστικά

Τα βασικά χαρακτηριστικά των μπαταριών λιθίου που τις κάνουν να ξεχωρίζουν από τις υπόλοιπες μπαταρίες είναι τα εξής:

- ▶ Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα που φθάνει τις 400Wh/L ή αλλιώς 1600Wh/Kg
- ▶ Υψηλή τάση της τάξης των 3,6V έως και 3,7 για τις νεότερης γενιάς μπαταρίες – ανά στοιχείο
- ▶ Δεν παρουσιάζουν το φαινόμενο μνήμης και μπορούν να φορτιστούν οποιαδήποτε στιγμή
- ▶ Έχουν όμως μικρότερη διάρκεια ζωής σε σχέση με τις μπαταρίες NiCd ή NiMH
- ▶ Μπορούν να φορτιστούν με υψηλά ρεύματα φόρτισης (0,5-1A) που σημαίνει μικρούς χρόνους φόρτισης
- ▶ Επίπεδη καμπύλη εκφόρτισης, που σημαίνει ότι η τάση παραμένει σταθερή κατά την εκφόρτιση της.
- ▶ Τρόπος φόρτισης: σταθερού ρεύματος – σταθερής τάσης
- ▶ Όρια τάσης λειτουργίας: 2,8V έως 4,2V
- ▶ Θερμοκρασίες λειτουργίας: 0-40°C

## Χαρακτηριστικά φόρτισης

Η μέθοδος φόρτισης είναι σταθερού ρεύματος – σταθερής τάσης, που σημαίνει ότι γίνεται φόρτιση με σταθερό ρεύμα μέχρι να φθάσει η τάση τα 4,2V και έπειτα συνεχίζει η φόρτιση με σταθερή τάση έως ότου να μηδενιστεί το ρεύμα. Ο μέσος χρόνος πλήρους φόρτισης κυμαίνεται από 2-4 ώρες και δεν μπορούν να φορτιστούν πολύ γρήγορα για να μην ανεβεί η θερμοκρασία τους πάνω από το επιτρεπτό επίπεδο. Επίσης όσο χαμηλώνει η θερμοκρασία τόσο αυξάνει ο χρόνος φόρτισης.

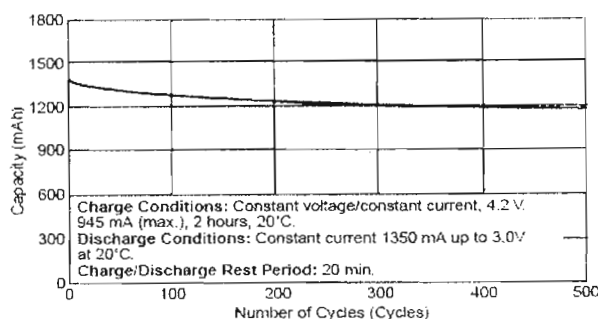


Τυπική καμπύλη φόρτισης στοιχείου Li-Ion

## Χωρητικότητα

Η χωρητικότητα των μπαταριών λιθίου δεν είναι σταθερή με τον χρόνο, ακόμη και όταν δεν τις χρησιμοποιούμε. Αυτό είναι και ένα από τα μεγαλύτερα μειονεκτήματά τους. Έτσι μια πλήρως φορτισμένη μπαταρία σε θερμοκρασία 25°C χάνει περίπου το 20% της χωρητικότητας της από την στιγμή που κατασκευάστηκε και αποθηκεύτηκε. Εάν το επίπεδο φόρτισης είναι 40% τότε η απώλεια χωρητικότητας είναι 2%, 4% και 14% για θερμοκρασίες 0°C, 25°C και 40°C αντίστοιχα. Επιπλέον εάν η τάση τους πέσει κάτω από 2,8V (βαθιά εκφόρτιση) χάνεται πάλι ένα ποσοστό της χωρητικότητας τους. Επίσης 100 κύκλοι φόρτισης μειώνουν την αρχική χωρητικότητα της μπαταρίας στο 75-85% της αρχικής χωρητικότητας.

Πρακτικά όλα αυτά σημαίνουν ότι οποιαδήποτε μπαταρία λιθίου μέσα σε 4-5 χρόνια είναι άχρηστη.



Τυπική καμπύλη χωρητικότητας-κύκλων φόρτισης

Έτσι μερικοί πρακτικοί κανόνες για να διαρκέσει η μπαταρία του κινητού μας περισσότερο είναι:

- Όταν δεν την χρησιμοποιούμε να την αποθηκεύσουμε σε επίπεδο φόρτισης 40% και σε χαμηλές θερμοκρασίες αλλά όχι κάτω από 0°C
- Να μην την αποφορτίζουμε τελείως
- Να την φορτίζουμε νωρίς και συχνά
- Να μην την εκθέτουμε σε υψηλές θερμοκρασίες ή στον ήλιο
- Εάν δεν την χρησιμοποιούμε να την φορτίζουμε μια φορά τον χρόνο για να μην αποφορτιστεί κάτω από το όριο ασφάλειας.

## Αυτοεκφόρτιση

Ένα άλλο πλεονέκτημα των μπαταριών λιθίου είναι η μικρή αυτοεκφόρτιση τους που είναι της τάξης του 5% ανά μήνα σε σχέση με το 30% και το 20% των μπαταριών NiMH και NiCd αντίστοιχα.

	Ni-Cd	Ni-MH	Lead acid	Li-ion κυλινδρική	Li-ion πρισματική	Li-Poly
Όνομαστική τάση (V)	1.2	1.2	2,1	3.6	3.6/3.7	3.6
Ενεργειακή πυκνότητα (Wh/Kg)	50	70	30	80	100-160	140
Ενεργειακή πυκνότητα (Wh/L)	150	200	—	—	250-360	—
Κύκλοι φόρτισης (φορές)	500	560	—	1000	1000	—
Κίνδυνος περιβαντολογικός	χαμηλός	μεσαίος	μεσαίος	μεσαίος	μεσαίος	μεσαίος
Ασφάλεια	υψηλή	υψηλή	μέση	χαμηλή	χαμηλή	χαμηλή
Κόστος	χαμηλό	μεσαίο	χαμηλό	υψηλό	υψηλό	υψηλό
Αυτοεκφόρτιση (% μήνα)	25-30	30-35	—	6-9	6-9	—
Φαινόμενο μνήμης	Ναι	Ναι	Ναι	Όχι	Όχι	Όχι

## Προφυλάξεις

Οι λόγοι για τους οποίους άργησαν οι μπαταρίες λιθίου να χρησιμοποιηθούν ευρέως στις φορητές συσκευές είναι λόγοι ασφάλειας κατά κύριο λόγο. Αυτό συμβαίνει διότι πρέπει η τάση τους, το ρεύμα φόρτισης - εκφόρτισης και η θερμοκρασία μιας μπαταρίας λιθίου να βρίσκεται συνεχώς μέσα σε προκαθορισμένα όρια ασφάλειας, που αν ξεπεραστούν είναι δυνατόν να κάνουν μια μπαταρία λιθίου ένα μικρό εκρηκτικό μηχανισμό, ικανό να προκαλέσει έως και τραυματισμό.

Την λύση στο πρόβλημα της ασφάλειας έφεραν οι κατασκευαστές ολοκληρωμένων κυκλωμάτων οι οποίοι ανέπτυξαν διάφορα ολοκληρωμένα προστασίας μπαταριών λιθίου, τα οποία παρακολουθούν τις διάφορες παραμέτρους της μπαταρίας και αν παρουσιαστεί μη φυσιολογική ένδειξη σταματούν την διαδικασία φόρτισης ή εκφόρτισης. Έτσι άρχισαν να κατασκευάζονται και να χρησιμοποιούνται μαζικά.

Μπορεί όμως οι κατασκευαστές να έχουν φροντίσει για την προστασία μας όμως δεν λείπουν και οι «παράπλευροι» κατασκευαστές που φτιάχνουν και αυτοί τις δικές τους μπαταρίες λιθίου συνήθως με χαμηλά στάνταρ ασφάλειας, γεγονός που έχει οδηγήσει στο παρελθόν σε ανάφλεξη μπαταριών λιθίου και τραυματισμούς. Έτσι ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δείχνουμε όταν αντικαθιστούμε μια μπαταρία λιθίου, ώστε αυτή να είναι εγκεκριμένη από τον κατασκευαστή. Επιπλέον εφόσον είναι στην επιλογή μας πρέπει να εφαρμόζουμε τους παρακάτω κανόνες ασφάλειας:

- ▣ Δεν πρέπει να πετάμε την μπαταρία στην φωτιά ή να την θερμαίνουμε
- ▣ Να μην τοποθετούμε την μπαταρία με ανάποδη πολικότητα
- ▣ Να μην βραχυκυκλώνουμε τους πόλους
- ▣ Να μην την βάζουμε μαζί με κλειδιά και άλλα μεταλλικά αντικείμενα
- ▣ Να μην προσπαθήσουμε να την τρυπήσουμε ή να την αποσυναρμολογήσουμε
- ▣ Να μην την βρέξουμε διότι είναι δυνατόν να χαλάσουν τα εσωτερικά κυκλώματα προστασίας αν και η μπαταρία μπορεί να λειτουργεί όταν στεγνώσει, να αποτελεί έναν κίνδυνο «στο τσεπάκι» μας.
- ▣ Εφόσον έχουν περάσει το όριο ζωής τους πετάξτε τις στους ειδικούς κάδους ανακύκλωσης για μπαταρίες.

Παπαδημητρίου Μιχάλης  
φοιτητής Τμήματος Φυσικής



## Ο Ιωάννης Φιλόππος και η Θεωρία της Σχετικότητας

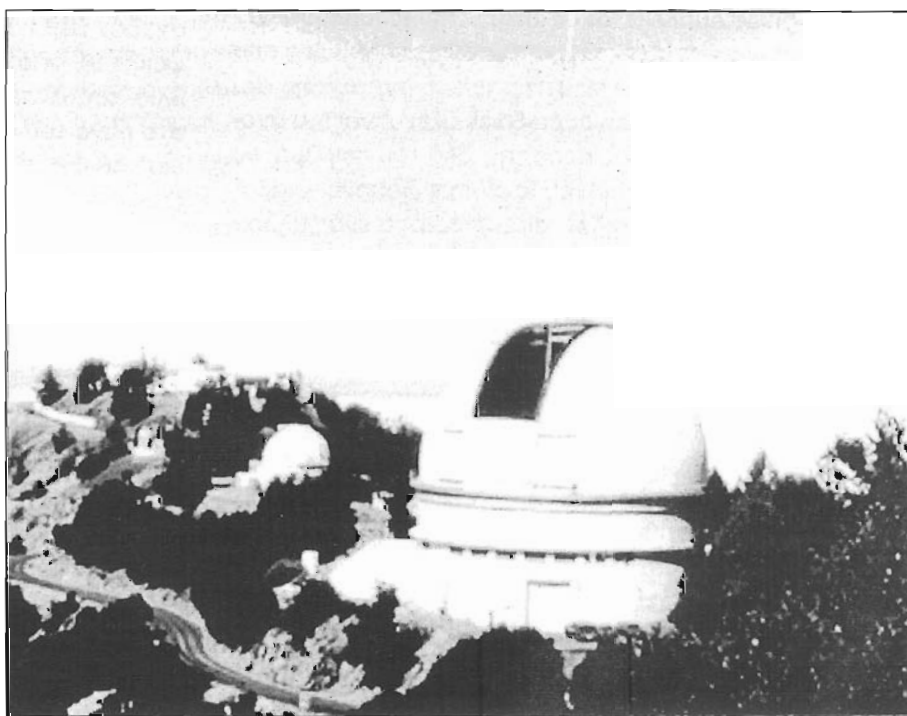
Σύμφωνα με την παράδοση, ο Γαλιλαίος κατέρριψε τη θεωρία της κίνησης του Αριστοτέλη, δείχνοντας ότι βαριά και ελαφριά αντικείμενα που έριχνε από τον Πύργο της Πίζας έπεφταν ταυτόχρονα. Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί όχι μόνο τη βάση της Μηχανικής, αλλά και ένα από τα αξιώματα της θεωρίας της Σχετικότητας του Αϊνστάιν, το οποίο ονομάζεται Αρχή της Ισοδυναμίας. Σύμφωνα όμως με τα γραπτά κείμενα, φαίνεται ότι ο Γαλιλαίος δανείστηκε την ιδέα του πειράματος από τον Έλληνα φυσικό φιλόσοφο Ιωάννη Φιλόππο. Θα είναι κρίμα λοιπόν, σήμερα που άρχισε να αναγνωρίζεται αυτή η προσφορά της ελληνικής επιστήμης στη σύγχρονη Φυσική, ένα νέο πείραμα να αποδείξει ότι, τελικά, η Αρχή της Ισοδυναμίας δεν ισχύει.

Σύμφωνα με όσα δέχεται η Φυσική σήμερα, η βαρυτική δύναμη ανάμεσα σε δύο σώματα δεν εξαρτάται από το είδος του υλικού, από το οποίο αυτά είναι φτιαγμένα. Άμεση συνέπεια αυτού του γεγονότος είναι ότι ο νόμος, ο οποίος συνδέει τη δύναμη που εφαρμόζεται σε ένα σώμα με την κίνηση αυτού του σώματος, και ο νόμος της βαρύτητας εξαρτώνται από την ίδια φυσική ποσότητα, που ονομάζεται μάζα. Αυτή είναι η περίφημη Αρχή της Ισοδυναμίας, εξαιτίας της οποίας όλα τα σώματα πέφτουν ταυτόχρονα, είτε εξετάζουμε την κίνησή τους στο πλαίσιο της Κλασικής Μηχανικής είτε στο πλαίσιο της Θεωρίας της Σχετικότητας.

Τα τελευταία χρόνια, όμως, πολλές θεωρίες που προσαθούν να συνδέσουν τα δύο ασύμβατα μέχρι σήμερα κεφάλαια της Φυσικής, τη Θεωρία της Σχετικότητας και την Κβαντομηχανική, υποθέτουν ότι η Αρχή της Ισοδυναμίας δεν ισχύει παρά μόνο προσεγγιστικά. Επομένως η δύναμη της βαρύτητας μεταξύ δύο σωμάτων θα πρέπει να εξαρτάται από το είδος του υλικού από το οποίο αυτά είναι φτιαγμένα. Μέχρι σήμερα έχουν γίνει πολλά πειράματα με σκοπό να ελέγξουν την ισχύ της Αρχής της Ισοδυναμίας, κανένα όμως δεν κατάφερε να την καταρρίψει. Επομένως έχει μεγάλο ενδιαφέρον η προσπάθεια μιας ομάδας αμερικανών επιστημόνων, που σχεδιάζουν να ελέγξουν αυτό το βασικό αξίωμα της Φυ-

σικής, μετρώντας με απaráμιλλη ακρίβεια τη διαφορά της ελκτικής δύναμης του Ήλιου στη Γη και στη Σελήνη.

Σήμερα γνωρίζουμε ότι η Σελήνη δημιουργήθηκε όταν ένα αστεροειδής συγκρούστηκε με τη Γη και εκτόξευσε στο διάστημα ένα μεγάλο τμήμα της γήινης επιφάνειας. Επειδή στη Γη τα βαριά στοιχεία, σίδηρος και νικέλιο, βρίσκονται συγκεντρωμένα στο κέντρο της, το υλικό από το οποίο δημιουργήθηκε η Σελήνη αποτελείται από ελαφρά στοιχεία, κυρίως πυρίτιο. Το αποτέλεσμα είναι ότι η πυκνότητα της Σελήνης είναι περίπου η μισή από την πυκνότητα της Γης. Αν λοιπόν η Αρχή της Ισοδυναμίας δεν ισχύει ακριβώς, ο Ήλιος θα έλκει με διαφορετική δύναμη ένα κιλό σεληνιακής μάζας από ό,τι ένα κιλό γήινης μάζας. Η διαφορά αυτή θα προκαλεί και διαφορές στην κίνηση



Μια ακτίνα λέιζερ εκπέμπεται από τη Γη και με ένα τηλεσκόπιο ανιχνεύουμε την ανάκλασή της σε ένα από τα κάτοπτρα που είναι τοποθετημένα στη Σελήνη.

των δύο σωμάτων, τις οποίες σχεδιάζουν να μετρήσουν οι αμερικανοί επιστήμονες με τη βοήθεια μιας ακτίνας λέιζερ.

Οι αστροναύτες των αποστολών Απόλλων 11, 14 και 15 άφησαν στην επιφάνεια της Σελήνης κάτοπτρα, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη συνέχεια από επιστήμονες στη Γη για να μετρηθεί με μεγάλη ακρίβεια η απόσταση Γης-Σελήνης. Η μέθοδος είναι πολύ απλή στη σύλληψή της. Μια ακτίνα λέιζερ εκπέμπεται από τη Γη, ανακλάται στο κάτοπτρο που είναι τοποθετημένο στην επιφάνεια της Σελήνης και επι-

στρέφει στη Γη. Αν μετρήσουμε με μεγάλη ακρίβεια το χρονικό διάστημα που χρειάστηκε η ακτίνα για να φθάσει μέχρι τη Σελήνη και να επιστρέψει, μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση Γης Σελήνης διαιρώντας το μισό από αυτό το διάστημα με την ταχύτητα του φωτός, δηλαδή 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Οι μετρήσεις μέχρι σήμερα μας έχουν δώσει την απόσταση Γης-Σελήνης, περίπου 385.000 χιλιόμετρα, με ακρίβεια ενός εκατοστόμετρου. Το πείραμα που πρόκειται να γίνει θα υπολογίσει αυτήν την απόσταση με ακρίβεια ενός χιλιοστόμετρου, δηλαδή όσο περίπου είναι η διάμετρος ενός κόκκου άμμου! Με την απaráμιλλη αυτή ακρίβεια θα μπορέσουμε να ελέγξουμε αν η Σελήνη και η Γη κινούνται γύρω από τον Ήλιο όπως προβλέπει η Αρχή της Ισοδυναμίας ή αν υπάρχουν διαφορές, οι οποίες μπορούν να εξηγηθούν με τις σύγχρονες θεωρίες που υποθέτουν ότι το Σύμπαν έχει 10 διαστάσεις, αντί για τις 3 που αντιλαμβανόμαστε με τις αισθήσεις μας.

Πώς όμως εμπλέκεται σε αυτήν την ιστορία ο Ιωάννης ο Φιλόπονος, ένας Έλληνας φυσικός φιλόσοφος που έζησε στην Αλεξάνδρεια κατά το τέλος της όψιμης αρχαιότητας; Η απάντηση σίγουρα ξαφνιάζει: είναι πια σχεδόν βέβαιο ότι ο Γαλιλαίος πήρε την ιδέα του πειράματος του πύργου της Πίζας από τον Ιωάννη Φιλόπονο, διαβάζοντας τις απόψεις του τελευταίου στα έργα ενός άλλου Έλληνα φιλόσοφου της εποχής, του Σιμπλικίου. Ο Σιμπλικίος πίστευε στη θεωρία της κίνησης του Αριστοτέλη, σύμφωνα με την οποία τα βαρύτερα σώματα πέφτουν ταχύτερα από ό,τι τα ελαφρότερα. Αυτό συμβαίνει πραγματικά όταν το πείραμα γίνεται στη γήινη ατμόσφαιρα, επειδή η αντίσταση του αέρα έχει μεγαλύτερη επίδραση

στα ελαφρότερα σώματα. Δεν συμβαίνει όμως όταν το πείραμα γίνεται στο κενό, όπως έδειξε ο αμερικανός αστροναύτης της αποστολής Απόλλων 15 Ντέιβιντ Σκοτ, ο οποίος επανέλαβε το πείραμα του Γαλιλαίου στη Σελήνη. Ένα φτερό και ένα σφυρί, που άφησε να πέσουν από τα χέρια του, έφτασαν ταυτόχρονα στην επιφάνεια της Σελήνης, επειδή ο δορυφόρος της Γης δεν έχει ατμόσφαιρα.

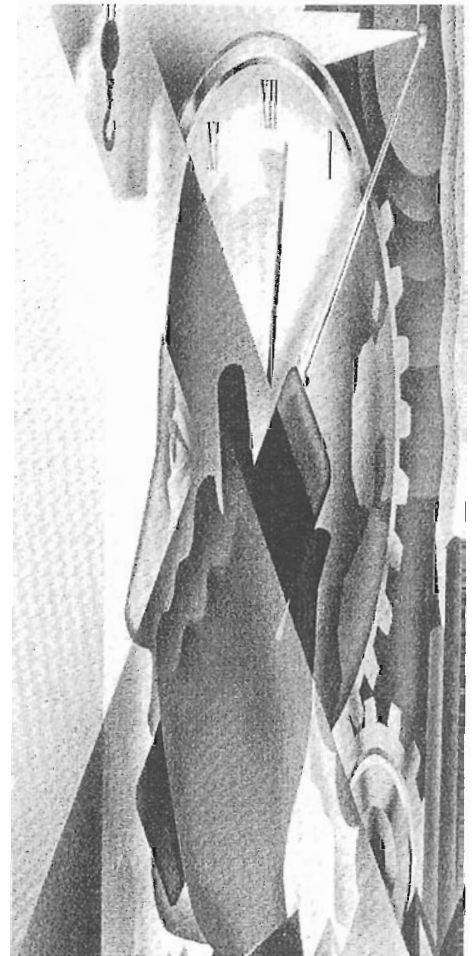
Αντίθετος στην άποψη του Αριστοτέλη ήταν ο Φιλόπονος, ο οποίος είχε διακρίνει τα άτοπα στα οποία οδηγούσε μια τέτοια θεωρία. Είχε λοιπόν προτείνει, από τα μέσα του δού μ.Χ. αιώνα, το πείραμα της πτώσης σωμάτων διαφορετικής σύστασης και βάρους, προβλέποντας μάλιστα ότι τα βαρύτερα σώματα δεν θα πέσουν ταχύτερα. Δυστυχώς οι ιδέες του Φιλόπονου γρήγορα ξεχάστηκαν, επειδή κατά το Μεσαίωνα είχε επικρατήσει η αυθεντία του Αριστοτέλη. Είναι όμως σχεδόν βέβαιο ότι ο Γαλιλαίος γνώριζε τις απόψεις του, από το γεγονός ότι σε ένα από τα βιβλία του αναφέρεται στον Σιμπλικίο, ο οποίος στα έργα του σχολιάζει εκτενώς τη φυσική θεωρία του Φιλόπονου.

Χ. Βάρβογλης  
Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής

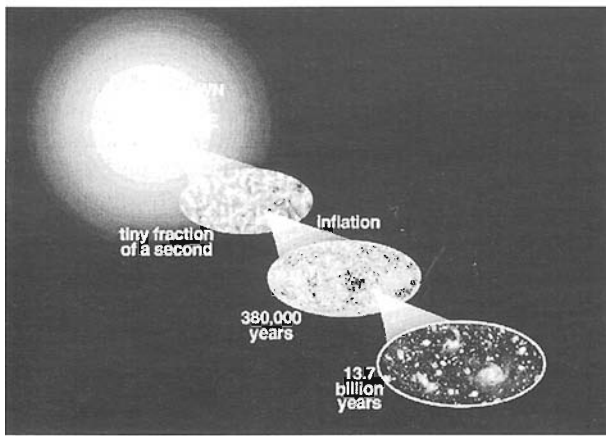
**Γιατί ο χρόνος ρέει πάντα προς το μέλλον;**

Όλοι οι άνθρωποι έχουν τη συνείδηση ότι ο χρόνος ρέει πάντα από το παρελθόν προς το μέλλον. Όμως επιστημονικές προσπάθειες εκατονταετιών δε μπόρεσαν να εξηγήσουν το γιατί. Μια τρελή θεωρητική ιδέα ίσως μας οδηγήσει στη λύση του προβλήματος.

Από τις καθημερινές μας εμπειρίες έχουμε διαμορφώσει την αντίληψη ότι χώρος και χρόνος είναι δύο εντελώς διαφορετικά μεγέθη. Για παράδειγμα, όταν στεκόμαστε επάνω σε μια γραμμή μπορούμε να προχωρήσουμε είτε προς τα εμπρός είτε προς τα πίσω. Όταν όμως «ζούμε» μια χρονική στιγμή, μπορούμε να προχωρήσουμε μόνο προς το μέλλον, και όχι προς το παρελθόν. Με άλλα λόγια ο χρόνος πάντα αυξάνει, και δεν μπορούμε ούτε να «σταθούμε» σε μια χρονική στιγμή ούτε, πολύ περισσότερο, να γυρίσουμε στο παρελθόν. Για το λόγο αυτό οι φυσικοί, ακολουθώντας το δρόμο που είχε ανοίξει ο Νεύτωνας, μεταχειρίζονταν παραδοσιακά τον χώρο και τον χρόνο με εντελώς διαφορετικό τρόπο. Αυτό όμως οδήγησε σε μια σημαντική ασυμφωνία μεταξύ της επιστήμης και του πραγματικού κόσμου. Συγκεκριμένα από τις εξισώσεις της κλασικής Φυσικής, αλλά και των δύο νεώτερων επεκτάσεών της, της Κβαντομηχανικής και της Γενικής Θεωρίας Σχετικότητας







Το βέλος του χρόνου είναι δυνατό να οφείλεται στη διαστολή και την εξέλιξη του Σύμπαντος, που δημιουργήθηκε με τη Μεγάλη Έκρηξη και έφθασε στη σημερινή μορφή του, έπειτα από 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια.

τητας, δεν προκύπτει με κανένα τρόπο η ιδιότητα του χρόνου να ρέει πάντα προς τα εμπρός. Με άλλα λόγια, η Φυσική δεν μπορεί να ερμηνεύσει ένα από τα βασικότερα στοιχεία του πραγματικού κόσμου που μας περιβάλλει. Το πρόβλημα αυτό έγινε γνωστό ως βέλος του χρόνου και απασχόλησε πάρα πολλούς επιστήμονες, από τη εποχή της Αναγέννησης μέχρι και τις ημέρες μας.

Η λογική αντιμετώπιση του προβλήματος οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συνεχής ροή του χρόνου προς το μέλλον θα πρέπει να συνδέεται με τη μεταβολή κάποιου φυσικού μεγέθους που αυξάνει συνέχεια, ώστε χρόνος και μέγεθος να μεταβάλλονται με τον ίδιο τρόπο. Μέχρι σήμερα μόνο δύο μεγέθη αυτού του είδους είναι γνωστά στη Φυσική. Το ένα είναι η απόσταση μεταξύ των γαλαξιών, η οποία αυξάνει διαρκώς λόγω της διαστολής του Σύμπαντος. Το άλλο είναι η εντροπία του Σύμπαντος, μια ποσότητα που εκφράζει πόσο τυχαίες είναι οι θέσεις και οι κινήσεις των διάφορων σωμάτων στο Σύμπαν. Για παράδειγμα, όσο πιο πιθανή είναι μια συγκεκριμένη διάταξη των γαλαξιών στο Σύμπαν, τόσο μεγαλύτερη η εντροπία της. Ο μεγάλος αστροφυσικός Χόκινγκ, μεταξύ των δύο, είχε επιλέξει αρχικά τη διαστολή του Σύμπαντος ως αιτία της κατεύθυνσης του βέλους του χρόνου. Ο χρόνος αυξάνει επειδή το Σύμπαν διαστέλλεται. Η σύνδεση της φοράς της αύξησης του χρόνου με τη διαστολή του Σύμπαντος έχει όμως μια πολύ «παράξενη» συνέπεια. Αν κάποια στιγμή το Σύμπαν σταματήσει να διαστέλλεται και αρχίσει να συστέλλεται, όπως προβλέπουν μερικά κοσμολογικά μοντέλα, τότε θα αντιστραφεί και η φορά του βέλους του χρόνου: θα «θυμόμαστε» το μέλλον και θα ανησυχούμε για το παρελθόν! Μετά από μερικά χρόνια ο Χόκινγκ διαπίστωσε ότι η αρχική επιλογή του προκαλούσε περισσότερα προβλήματα από όσα έλυνε και άλλαξε γνώμη. Συντάχθηκε μαζί με την πλειοψηφία των φυσικών, οι οποίοι θεωρούν τη φορά του χρόνου συνδεδεμένη με την αύξηση της εντροπίας. Ο χρόνος αυξάνει επειδή αυξάνει η εντροπία του Σύμπαντος. Όπως απέδειξε ο Χόκινγκ, η εντροπία συνεχίζει να αυ-

ξάνεται ακόμη και αν το Σύμπαν αρχίσει να συστέλλεται, οπότε η επιλογή αυτή αποφεύγει το παράδοξο της επιστροφής προς το μέλλον. Όμως η σύνδεση της αύξησης του χρόνου με την αύξηση της εντροπίας έχει και αυτή ένα σοβαρό πρόβλημα.

Αν το Σύμπαν εξελίσσεται έτσι ώστε η εντροπία του να αυξάνει συνέχεια, αυτό σημαίνει ότι όταν αυτό δημιουργήθηκε, κατά τη Μεγάλη Έκρηξη, είχε πολύ μικρή εντροπία. Αλλά, σύμφωνα με όσα ήδη αναφέρθηκαν, και η πιθανότητα να δημιουργηθεί το Σύμπαν με τον τρόπο που δημιουργήθηκε θα έπρεπε να είναι πολύ μικρή! Άρα το Σύμπαν δεν είναι δυνατό να δημιουργήθηκε «τυχαία». Μήπως δημιουργήθηκε από κάποιο ανώτερο όν; Οι φυσικοί δεν βρίσκουν τις απαντήσεις αυτού του είδους πειστικές, και έτσι αναπτύχθηκε μια «τρελή» θεωρητική ιδέα. Σύμφωνα με αυτή, δεν υπάρχει μόνο ένα Σύμπαν, αυτό στο οποίο ζούμε, αλλά άπειρα. Το καθένα από αυτά έχει γεννηθεί από κάποιο άλλο που προϋπήρχε. Έτσι λύνεται το φιλοσοφικό πρόβλημα πώς και γιατί δημιουργήθηκε το Σύμπαν στο οποίο ζούμε εμείς, αλλά και το φυσικό πρόβλημα πώς «έτυχε» να γεννηθεί με τόσο απίθανο τρόπο.

Η ιδέα των Συμπάντων-γονέων που δημιουργούν Σύμπαντα-παιδιά μπορεί να φαίνεται στην αρχή εξαιρετικά παράδοξη, όμως είναι βασισμένη σε γνωστά μαθηματικά. Μεταξύ των ερευνητών που την έχουν χρησιμοποιήσει σε εργασίες τους είναι και ο ίδιος ο Χόκινγκ. Η συλλογιστική, πίσω από τα πολύπλοκα μαθηματικά, είναι δυνατό να γίνει κατανοητή σχετικά εύκολα. Υποθέτουμε ότι βρισκόμαστε σε ένα Σύμπαν στο οποίο η ύλη είναι πολύ αραιή. Τότε είναι δυνατό, με μια διαδικασία που προβλέπεται από την Κβαντομηχανική, να εμφανιστεί αυθόρμητα σε μια περιοχή ένα ποσό ενέργειας μεγαλύτερο από τον γύρω χώρο. Η ενέργεια αυτή μπορεί να μετατραπεί, με τη γνωστή σχέση της Σχετικότητας  $E = mc^2$ , σε μάζα και να αρχίσει η διαστολή αυτής της περιοχής. Μετά από ένα μεγάλο χρονικό διάστημα η μάζα θα έχει διασκορπιστεί σε ένα μεγάλο χώρο, έτσι ώστε η πυκνότητά της να είναι χαμηλή. Με τον τρόπο αυτό φθάνουμε στην κατάσταση από την οποία αρχίσαμε, και η διαδικασία αυτή είναι δυνατό να επαναλαμβάνεται επ' άπειρο.

Η αιώνια διαδοχική επανάληψη Μεγάλων Εκρήξεων, και η συνακόλουθη δημιουργία Συμπάντων-παιδιών από Σύμπαντα-γονείς, μπορεί να εξηγήσει τη φορά του βέλους του χρόνου, αλλά κανείς δεν γνωρίζει αν περιγράφει όντως τη φύση ή είναι, απλά, μια τρελή θεωρητική ιδέα. Είναι, όμως, ίσως η καλύτερη θεωρία που εξηγεί τη σημερινή κατάσταση του Σύμπαντος στο οποίο ζούμε, και για το λόγο αυτό αποτελεί πεδίο εντατικής έρευνας στη διεθνή επιστημονική κοινότητα των κοσμολόγων.

Χ. Βάρβογλης  
Αναπλ. Καθ. Τμ. Φυσικής

# Συνέντευξη: Θεόδωρος Αγγελόπουλος

Το πρόσωπο και το έργο του Θόδωρου Αγγελόπουλου δεν χρειάζονται ιδιαίτερες συστάσεις και προλόγους. Άλλωστε το έργο του έχει αποτελέσει το θέμα πολλών συνεδρίων και διδακτορικών διατριβών παγκοσμίως και οποιαδήποτε δικιά μου εισαγωγή θα ήταν πραγματικά φτωχή. Έτσι θα εκμεταλλευτώ αυτόν τον λίγο χώρο προκειμένου να αποχαιρετίσω τα πρόσωπα που σημάδεψαν τον κύκλο που κλείνει με τη συνέντευξη αυτή. Ήταν πριν 5 χρόνια, τον Σεπτέμβριο του 2000 όταν έγινα μέλος και εγώ της ομάδας του Φαινομένου, παίρνοντας την πρώτη μου συνέντευξη από μία Ελληνίδα διεθνούς βεληνεκούς, την Ελένη Καραϊνδρου την οποία θέλω να ευχαριστήσω όχι μόνο για το ότι με εμπιστεύτηκε για εκείνη την συνέντευξη αλλά και επειδή η φράση της "τέχνη και επιστήμη προσπαθούν να δώσουν μια παρηγοριά ψυχής στον άνθρωπο" αποτέλεσε το δικό μου στίγμα για την υπόλοιπη πορεία του περιοδικού. Βασικός συντελεστής και εμπνευστής σε αυτή την προσπάθεια ήταν ο κ. Κ.Καμπας τον οποίο και θέλω να ευχαριστήσω τόσο για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε όσο και για τα όσα μου δίδαξε τόσο στη Φυσική επιστήμη όσο και στη Φυσική πραγματικότητα μιας και πολλές φορές αυτά τα δύο δεν ταυτίζονται ως όφειλαν. Δεν μπορώ όμως να μην αναφερθώ σε έναν πραγματικό φίλο, σε έναν άνθρωπο που παρά τις πολλές επιφανειακές διαφορές μας εκτιμώ βαθιά γιατί μου έδειξε πως υπάρχει και η διαφορετική άποψη στη ζωή, μακριά από την ποσόστωση της εποχής μας. Αναφέρομαι στον Παναγιώτη Σαμπάνη που έκανε τα γραφικά του περιοδικού. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και τον Θόδωρο Αγγελόπουλο, που μου εμπιστεύθηκε αυτή την συνέντευξη, με την οποία κλείνει ο κύκλος που άνοιξε με τη στενή του συνεργατιά κ. Καραϊνδρου, την ημέρα που έκλεινε και ένας άλλος κύκλος, αυτός της θητείας του ως Προέδρου του Φεστιβάλ Κινηματογράφου Θεσσαλονίκη. Παράξενες που είναι οι συμπτώσεις...ή μήπως έτσι είναι η ίδια η ζωή;



**Ερ: Πότε αποφασίσατε να γίνετε κινηματογραφιστής;**

Απ: Το αποφάσισα στα 18 μου. Τη χρονιά που πέρασα στη Νομική Αθηνών. Μακάρι να το είχα αποφασίσει λίγο νωρίτερα. Η απόφασή μου αυτή ήταν που με οδήγησε στο να φύγω αργότερα στο Παρίσι, εγκαταλείποντας την Νομική λίγο πριν το πτυχίο. Ήταν μια απόφαση τελείως τρελή. Έφυγα από την Αθήνα χωρίς λεφτά, μόνο με το εισιτήριό μου και πηγαίνοντας κυριολεκτικά στο άγνωστο. Για να φανταστείς, την πρώτη νύχτα φιλοξενηθήκα από κάποιον που έτυχε να γνωρίσω στο τρένο. Ύστερα βέβαια μετακόμισα σε έναν φίλο μου και μέχρι να βγάλω κάποια χρήματα χρειάστηκε να δουλέψω σε επαγγέλματα άσχετα με τον κινηματογράφο.

**Ερ: Ποια ήταν τα πρώτα σας ερεθίσματα γύρω από τον κινηματογράφο;**

Απ: Τα αρχικά ερεθίσματα προέρχονται από τα πρώτα μετακατοχικά χρόνια. Τότε που πήγαινε πολύς κόσμος στον κινηματογράφο και εμείς - πιτσιρικά - τρυπώναμε, τη στιγμή που ο κόσμος πήγαινε να κόψει εισιτήριο και γινόταν μπούγιο και ανεβαίναμε στους εξώστες. Η πρώτη ταινία που είδα ήταν μια ταινία του Μάικλ Κέρτις: Άγγελοι με βρώμικα πρόσωπα. Υπάρχει μια σκηνή που ο πρωταγωνιστής οδηγείται στην ηλεκτρική καρέκλα. Δεν βλέπουμε τον πρωταγωνιστή αλλά τη σκιά του στον τοίχο. Ξαφνικά αυτός ο σκληρός γκάνγκστερ της Νέας Υόρκης, σπάει και φωνάζει: "Δεν θέλω να πεθάνω". Αυτή η κραυγή, ακουσμένη στην ηλικία των 8 χρόνων στοίχειωνε τις νύκτες μου. Αυτό ήταν το πρώτο αστυνομικό φιλμ που είδα και ίσως η πρώτη μου επαφή με τον κινηματογράφο. Αργότερα είδα πολλές ταινίες, πάρα πολλές. Ως φοιτητής της Νομικής έβλεπα δύο με τρεις ταινίες την ημέρα. Στο Παρίσι αυτό έγινε πάθος. Έβλεπα πάνω από τρεις ταινίες την ημέρα. Ήμουν όλη την Ημέρα στην Cinematheque. Όλη η Nouvelle Vague ονομάζονταν ποντίκια της ταινιοθήκης. Ο Τρυφώ, ο Γκοντάρ και οι άλλοι εκεί μέσα μάθανε κινηματογράφο- δεν τελειώσανε καμιά σχολή. Στη δική τους γενιά ήρθε λίγο αργότερα να προστεθεί και η δική μου.

**Ερ: Στο Βλέμμα του Οδυσσέα ακούγεται η φράση: "τι είμαι εγώ παρά ένας συλλέκτης από χαμένα βλέμματα, χαμένες στιγμές ίσως". Αναρωπιέμαι αν αυτός είναι και ο ορισμός του σκηνοθέτη;**

Απ: Αυτό που ακούγεται στο Βλέμμα του Οδυσσέα, λέγεται από έναν συντηρητή, έναν υπεύθυνο ταινιοθήκης. Ο διευθυντής της ταινιοθήκης ουσιαστικά είναι ένας συλλέκτης. Την περίοδο που ήμουν στο Παρίσι ως φοιτητής, δούλεψα στην ταινιοθήκη του Παρισιού και διευθυντής της τότε ήταν ο Λαγκλουά. Ο Λαγκλουά είναι ίσως ο διασημότερος διευθυντής ταινιοθήκης που υπάρχει στον κόσμο. Έστησε την ταινιοθήκη του Παρισιού με ένα πρωτόγνωρο πάθος που τον έκανε ένα πρόσωπο ιστορικό στον χώρο του κινηματογράφου. Ο άνθρωπος αυτός όταν ανακάλυπτε και έπιανε μια καινούργια ταινία στα χέρια του έκανε σαν παιδί. Έβλεπες αυτό που λέμε το πάθος του συλλέκτη. Ο κινηματογράφος είναι ένα βλέμμα, είναι η ματιά ενός ανθρώπου πάνω σε μία ιστορία ή σε ένα γεγονός. Εξ' ου και ο τίτλος της ταινίας στην οποία αναφέρθηκες. Το βλέμμα ενός

ανθρώπου και με αυτή την έννοια λέει ο φύλακας της ταινιοθήκης ότι είναι ένας συλλέκτης χαμένων βλεμμάτων. Ο σκηνοθέτης είναι το πρόσωπο που έχει κάθε φορά το δικό του ιδιαίτερο βλέμμα και όχι ο συλλέκτης. Στο Βλέμμα του Οδυσσέα υπάρχει το ερώτημα του κατά πόσο μπορώ ακόμα να δω καθαρά. Έχω την αθωότητα του πρώτου βλέμματος; Όπως την πρώτη φορά που κοίταξα μέσα από την κάμερα και δεν ανακάλυψα το σινεμά, αλλά ανακάλυψα τον κόσμο. Αυτό είναι το ερώτημα πάνω στα όρια του βλέμματος. Πόσο βλέπουμε, πόσο μπορούμε να δούμε, πόσο καθαρά βλέπουμε.

**Ερ: Πιστεύετε πως σε όλα όσα κάνουμε υπάρχει ένα χαμένο κέντρο, ένα χαμένο νόημα και είναι αυτό που τελικά ονομάζουμε Θεό;**

Απ: Είναι σαφές ότι υπάρχει ένα χαμένο κέντρο ή αν θες καλύτερα ένα χαμένο σημείο αναφοράς, το οποίο οι άνθρωποι προσπαθούν να βρουν, είτε κάνοντας απευθείας αναφορά στο Θείο, είτε κάνοντας αναφορά σε μία συγκεκριμένη ιδεολογία, η οποία αρχίζει και παύει να είναι θεϊκή πλέον διαστάσεις και μία θρησκευτική έννοια μέσα τους, γίνεται το βασικό σημείο αναφοράς. Εγώ έχω κάνει μια τριλογία η οποία αγγίζει τέτοια θέματα όπως είναι το Ταξίδι στα Κύθηρα, Ο Μελισσοκόμος και το Τοπίο στην ομίχλη. Το Τοπίο στην ομίχλη αγγίζει ακριβώς το ερώτημά σου. Η αναζήτηση ενός πατέρα, δεν είναι παρά η αναζήτηση ενός σημείου αναφοράς, κάτι στο οποίο να παραπέμπεις, να αναφέρεσαι. Αυτή είναι και η έννοια ενός πατέρα, η έννοια ενός κέντρου στο οποίο να μπορείς να ακουμπήσεις. Όταν ονόμασα την τριλογία αυτή ως την τριλογία της σιωπής, δηλαδή η σιωπή της Ιστορίας για το Ταξίδι στα Κύθηρα, η σιωπή του έρωτα στο Μελισσοκόμο και τέλος η σιωπή του Θεού στο Τοπίο στην Ομίχλη, ακριβώς αυτό εννοούσα.

**Ερ: Στις ταινίες, θέτετε θεμελιακά ερωτήματα γύρω από την ύπαρξη και τη ζωή και ήδη αναφερθήκαμε παραπάνω σε ένα. Πιστεύετε ότι τελικά θα μπορέσουμε να δώσουμε κάποιες απαντήσεις σε αυτά;**

Απ: Μου θέτετε μια ερώτηση στην οποία ήδη δεν ξέρω να σας απαντήσω. Νομίζω πάντως πως δεν θα γινόταν έργα, ούτε θα υπήρχε μια συνεχής αναζήτηση και αναφορά με μύριους τρόπους σε αυτά τα ερωτήματα αν είχαν βρεθεί οι απαντήσεις τους. Πιστεύω πως τα μεγάλα ερωτήματα για την αρχή και το τέλος της ζωής, για τη γέννηση και το θάνατο, που είναι και δύο από τα βασικότερα ερωτήματα της φιλοσοφίας, παραμένουν ερωτήματα, γρίφοι..

**Ερ: Η τέχνη είναι ένας τρόπος να απαντήσει κανείς σε αυτά τα ερωτήματα.**

Απ: Η τέχνη είναι η προσπάθεια όχι να απαντήσεις, αλλά να θέσεις την ερώτηση με ολοένα μεγαλύτερη ακρίβεια πλησιάζοντας ολοένα και πιο κοντά. Αυτό δεν σημαίνει ότι κάθε φορά καταφέρνεις να βρεθείς και πιο κοντά. Αυτό άλλωστε νομίζω ότι προσπαθεί να κάνει και η επιστήμη.

**Ερ: Στο Βλέμμα του Οδυσσέα βλέπουμε ένα παιδάκι που συναντά τον Χάρβεϊ Καϊτέλ και τον καθοδηγεί μέσα στα χαλάσματα. Στο Μία Αιωνιότητα και Μία Μέρα, υπάρχει πάλι το μικρό**

**παιδί που νοσηματοδοτεί εκ νέου τη ζωή του Αλέξανδρου και τον κάνει να το ακολουθήσει. Είναι αυτό ένα δείγμα πως η νέα γενιά είναι αυτή που μπορεί να δείξει το δρόμο;**

Απ: Όπως σου έχω πει και παλαιότερα, μου αρέσει οι ταινίες μου να είναι ανοικτές σε πολλά διαφορετικά επίπεδα ανάγνωσης και μακάρι ο κάθε θεατής να βλέπει κάτι διαφορετικό. Για μένα πάντως το παιδί στις ταινίες που ανέφερες, δεν είναι η νέα γενιά. Το παιδί είναι ένας άγγελος του καλού, είναι ένας οδηγός. Είναι έξω από αυτό που λέμε νέα ή παλαιά γενιά. Είναι ένα στοιχείο το οποίο δεν ακουμπά σ' αυτόν τον κόσμο. Σε ότι αφορά στην ερώτησή σου νομίζω ότι είναι σαφές πως κάθε φορά η μια γενιά διαδέχεται την άλλη και πάντα μια παλαιότερη γενιά την διαδέχεται μια καινούργια η οποία θα κάνει και το δικό της δρόμο. Υπάρχουν βέβαια και θυσιασμένες γενιές. Γενιές που από την ιστορική συγκυρία είναι χαμένες γιατί πέφτουν στην προς τα κάτω καμπύλη της ιστορίας, την προς τα κάτω καμπύλη της πορείας της ανθρωπότητας. Αυτό είναι και το κρίμα.

**Ερ: Ο Σολωμός δεν θα καταφέρει να ολοκληρώσει τους "Ελεύθερους Πολιορκημένους" επειδή του λείπουν οι λέξεις. Εσείς ως δημιουργός φοβάστε ότι μπορεί να χαθεί κανείς κυνηγώντας την τελειότητα;**

Α.Π: Το να κυνηγάς την τελειότητα δεν πρέπει να γίνεται σκοπός. Εγώ πιστεύω ότι κάθε φορά μπαίνουν ερωτήματα, ή αν θες τα ίδια ερωτήματα με άλλο τρόπο. Είναι τα πράγματα που σε βασανίζουν, είναι οι εφιάλτες σου, οι δαίμονές σου. Αυτά τα ερωτήματα είναι που σε κινούν. Αυτά σε βοηθούν κατά κάποιο τρόπο να απομακρύνεις την έννοια του θανάτου.

**Ερ: Δεν είναι μια πολυτέλεια όμως το να έχει κανείς αυτό το κίνητρο;**

Απ: Όχι. Πιστεύω ότι είναι θέμα επιλογής και όχι κάποιας πολυτέλειας.

**Ερ: Νομίζω όμως ότι μια τέτοια θεματολογία αν και βρίσκει θέση στον Ευρωπαϊκό κινηματογράφο, εντούτοις δύσκολα μπορεί να απασχολήσει τον Αμερικάνικο.**

Απ: Φυσικά. Δεν τίθεται καν θέμα σύγκρισης. Άλλωστε και η Ευρώπη με την Αμερική είναι δύο εντελώς διαφορετικά πράγματα. Βέβαια δεν είναι μόνο Ευρωπαϊκή, είναι και Ασιατική και όχι πως δεν είναι και Αμερικανική. Υπάρχει και εκεί αλλά υπάρχει σε πολύ λίγους. Ο κύριος όγκος, το κύριο σώμα του Αμερικάνικου κινηματογράφου, είναι το είδος αυτό που προσπαθεί να σε κάνει να ξεχάσεις αυτό που είσαι.

**Ερ: Τι είναι αυτό που λείπει δηλαδή από τον Ευρωπαϊκό ή τον Ασιατικό κινηματογράφο ώστε να κυριαρχήσει σε ένα διεθνές επίπεδο; Είναι απλώς η έλλειψη ενός δυνατού προμοτιόν όπως αυτό των Αμερικάνικων ταινιών;**

Απ: Δεν είναι θέμα κυριαρχίας. Πάντα η μετριότητα ή το ασήμαντο αν θες είναι αριθμητικά πολυπληθέστερο. Είμαι από τους ανθρώπους που πιστεύουν ότι την ιστορία του κόσμου την γράφουν οι

μειοψηφίες και είναι αυτές που ορίστηκαν σε διάφορες χρονικές περιόδους από την αντίστοιχη ιστορική συγκυρία να παίξουν το ρόλο του μπροστάρι της ιστορίας. Μια μικρή ομάδα ανθρώπου που σε κάθε στιγμή είναι αυτή που αναλαμβάνει να οδηγήσει και να δείξει το δρόμο προς το καινούργιο, προς το πρωτοπόρο σε όλους του υπόλοιπους.

**Ερ: Αισθάνεστε ότι οι κριτικοί έχουν σταθεί αμήχανα απέναντι στο έργο σας φορτίζοντας το με έννοιες που ίσως το κάνουν να μοιάζει δυσπρόσιτο στο ευρύ κοινό; Έχω την αίσθηση ότι δεν αφήνουν το κοινό να έρθει να δει μια ταινία του Αγγελόπουλου με τον ίδιο τρόπο που θα επέλεγε να πάει σε μια οποιαδήποτε άλλη ταινία.**

Απ: Καταρχάς πρέπει να σου πω ότι δεν μου αρέσει να ερμηνεύω ή να ερμηνεύουν άλλοι τα πράγματα που βλέπουν σε μια ταινία μου. Αρνιέμαι να ερμηνεύσω τη βροχή ή την ομίχλη ή τις ομπρέλες. Καμιά φορά ερμηνεύοντας ένα πράγμα το μικραίνεις. Χάνει τη ποιήσή του. Η ποιήση δεν είναι ερμηνευτική. Είχα διαβάσει δύο γαλλικά δοκίμια για την ταινία μου Μια αιωνιότητα και μία μέρα με τα οποία δεν συμφωνούσα καθόλου. Νοιώθω ότι κάθε φορά που προσπαθείς να ερμηνεύσεις ένα πράγμα, κάτι χάνεται. Εγώ δέχομαι τα πράγματα όπως δέχομαι και την ποιήση. Δεν συμφωνώ με τα περισσότερα κείμενα που γράφονται για τις ταινίες μου- είτε τα γράφουν ειδικοί, είτε όχι.

Από εκεί και πέρα σε ότι αφορά τους έλληνες κριτικούς η άποψή μου είναι ότι έχουν παύσει να υπάρχουν. Υπάρχουν βέβαια και κάποιοι οι οποίοι μπορεί να είναι καλών προθέσεων, αλλά αισθάνομαι ότι δεν επαρκούν. Είναι πολύ εύκολη η δουλειά τους όταν κρίνουν ξένες ταινίες, γιατί μπορούν να το κάνουν εκ του ασφαλούς και δυστυχώς μερικές φορές αντιγράφοντας τις κριτικές ξένων συναδέλφων τους. Όταν όμως έχουν να κρίνουν μια ελληνική ταινία εκεί είναι τελείως μόνοι τους και αυτό που κάνουν είναι να παίζουν το ρόλο του κριτή. Παίρνουν αυτό το ρόλο σε μια ιστορία που δεν μπορούν να την κρίνουν, γιατί δεν έχουν την επάρκεια να το κάνουν. Όταν εγώ μπήκα στην κριτική, υπήρχαν άνθρωποι όπως ο Ραφαηλίδης, ο Σκαλιώρας, ο Σταματίου κ.α. Τώρα έχουν μείνει κανένα δύο άνθρωποι που να καταλαβαίνουν. Οι υπόλοιποι μου φαίνεται πως είναι χαμένες ιστορίες.

**Ερ: Κεντρικό χαρακτηριστικό των ταινιών σας είναι ο χρόνος. Είχα διαβάσει και μια δήλωσή σας ότι για εσάς παρελθόν, παρόν και μέλλον μοιάζουν να συνυπάρχουν. Μπορείτε να μου αναλύσετε αυτή σας την άποψη για το χρόνο;**

Απ: Όλη η προσπάθειά μου είναι, κινηματογραφικά τουλάχιστο, να εγγράψω το παρελθόν ως παρόν και όχι ως κάτι απομακρυσμένο που δεν μας αφορά. Ως κάτι που συνυπάρχει με το παρόν μας και όχι ως κάτι που το έχουμε προσπεράσει και βρίσκεται πίσω μας. Καμία ταινία δεν μπορεί να βρίσκεται στο παρελθόν, από τη στιγμή που γίνεται τώρα, από τη στιγμή που γίνεται με τα σημερινά δεδομένα. Θα μου πείτε τώρα, ότι μα η μνήμη... Η μνήμη όμως δεν είναι κάτι ξένο για εμάς. Είναι η ιστορία του καθένα μας. Ο καθένας μας κουβαλάει μέσω της μνήμης την ιστορία του, η οποία δεν τον αφορά στο παρελθόν, τον αφορά στο παρόν και είναι αυτή που οριοθετεί το παρόν του. Από την



άλλη μεριά, υπάρχουν διάφορες θεωρήσεις της έννοιας του τρίπτυχου παρελθόν - παρόν - μέλλον. Οι ασιατές για παράδειγμα δεν δέχονται καθόλου αυτή την αλληλουχία και έχουν μία μόνο έννοια του χρόνου και για αυτό έχουν και μία διαφορετική προσέγγιση στο θάνατο. Φυσικά μεσολαβούν και οι θρησκείες, μεσολαβεί ο ινδουισμός, ο βουδισμός κ.α., βλέπει όμως και πάλι κανείς τη διαφορετική αντίληψη του χρόνου που έχουν. Η δικιά μας προσέγγιση της ιστορίας ως παρελθόν, παρόν και μέλλον δεν έχει επίσης καμία σχέση με τον τρόπο που αντιλαμβάνονταν το χρόνο οι αρχαίοι Έλληνες. Υπήρχαν πολλές διαφορετικές προσεγγίσεις και δοξασίες. Άλλη ήταν η προσέγγιση του Παρμενίδη και άλλη του Ηράκλειτου. Στην Αιωνιότητα και μια μέρα τίθεται το θέμα του χρόνου, των ορίων, του υποκειμενικού μας χρόνου... Για τον Ηράκλειτο ο χρόνος είναι παις πεσσεύων, ένα παιδί που παίζει αέναα πεσσούς. Είναι καθαρά προσωπικό θέμα το πως βλέπεις το χρόνο και για μένα όντως το παρελθόν συνδέεται με το παρόν. Αυτός είναι και ο τρόπος που γράφτηκε ο Θιάσος. Την ίδια στιγμή συνυπάρχουν στο ίδιο πλάνο το παρόν και το παρελθόν.

**Ερ: Στις ταινίες σας είναι η πίστη που κινεί τους ήρωές σας;**

Απ: Όχι, είναι η αναζήτηση. Όλα τα πρόσωπα των ταινιών μου ζητούν κάτι, ψάχνουν κάτι και για να το συνδυάσω με την προηγούμενή σου ερώτηση, αυτό είναι ίσως το χαμένο κέντρο, το χαμένο σημείο αναφοράς.

**Ερ: Μέσα από τις ταινίες σας κάνετε και την προσωπική σας αναζήτηση;**

Απ: Βέβαια. Κάνω έναν κινηματογράφο τόσο προσωπικό που δεν μπορεί να μην είναι έτσι τα πράγματα. Αλλιώς, θα έβλεπες μια τεράστια ανομοιομορφία στις ταινίες μου. Θα έκανα σκόρπια πράγματα, από εδώ και από εκεί.

**Ερ: Δεν ξέρω αν μπορεί κανείς να το φτάσει, αλλά εσείς αισθάνεστε ότι τείνετε σε αυτό το χαμένο κέντρο;**

Απ: Εγώ νομίζω ότι κάνω μία και μοναδική ταινία η οποία είναι σε διαρκή εξέλιξη, ένα work in progress, και της οποίας μέχρι τώρα βλέπουμε τα διάφορα κεφάλαια. Όταν κάποια στιγμή σταματήσω, θα σταματήσει και αυτή η μία ταινία που κάνω.

**Ερ: Έχετε προχωρήσει με τα σχέδιά σας για τις επόμενες ταινίες σας;**

Απ: Έχω ήδη ετοιμάσει το σενάριο για τη δεύτερη ταινία της τριλογίας και σε λίγες μέρες θα πάω στις Κάνες όπου θα δω πως θα προχωρήσω με το υπόλοιπο στήσιμο της ταινίας.

**Ερ: Μιας και σήμερα είναι η προτελευταία μέρα σας, στη θητείας σας ως Πρόεδρου του Φεστιβάλ Κινηματογράφου Θεσσαλονίκης θα ήθελα να σας ρωτήσω πως νοιώθετε για όλες αυτές τις εξελίξεις.**

Απ: Ήθελα να φύγω, ήθελα να φύγω εδώ και καιρό

από το φεστιβάλ γιατί ο χρόνος μου δεν μου επέτρεπε να είμαι πλέον συνεπής στις διοικητικές μου υποχρεώσεις. Είχαν προκύψει αρκετές γραφειοκρατικές διαδικασίες και γινόταν ολοένα και περισσότερα διοικητικά συμβούλια και δεν είχα χρόνο για να τον μοιράσω σε όλα αυτά. Είχα αποφασίσει λοιπόν εδώ και καιρό να φύγω, αλλά με κρατούσε το γεγονός ότι ήθελα να στηρίξω τον Μισέλ Δημόπουλο και να μη χαθεί όλη αυτή η δουλειά που είχε γίνει τα προηγούμενα χρόνια. Δεν κατάφερα να τον κρατήσω και η εξουσία θεώρησε καλό να τον απολύσει. Εγώ είχα δηλώσει ότι χωρίς την παρουσία του Δημόπουλου δεν μπορούσα να συνεχίσω μόνος μου και έτσι αποφάσισαν να μας απομακρύνουν και τους δύο. Από εκεί και πέρα, βεβαίως και εύχομαι το Φεστιβάλ Κινηματογράφου να πάει καλά και μακάρι η νέα ηγεσία να πετύχει ακόμη περισσότερα. Δεν θα ήθελα όμως να καταστραφεί αυτό που έγινε. Αν το επιστρέψουν σε μία ενδοσκόπηση και άντε ξανά ο ελληνικός κινηματογράφος και άντε ξανά να διαγωνίζεται ο φούφουτος με τον άλλο φούφουτο, και να αναπτύσσεται αυτή η περιέργη αντιπαλότητα και δημιουργείται μια περιέργη εσωστρέφεια και ξαφνικά να μην βλέπουμε το σινεμά αλλά να βλέπουμε μόνο τα δικά μας προσωπικά προβλήματα εδώ μέσα, νομίζω ότι θα είναι μια μεγάλη αποτυχία.

**Ερ: Αλήθεια γιατί πιστεύετε ότι αυτό συμβαίνει κυρίως ή τόσο έντονα στον ελληνικό κινηματογράφο; Στην πλειονότητά τους οι ταινίες μοιάζουν να αφορούν μόνο τους δημιουργούς τους και μια μικρή παρέα γύρω τους και η θεματολογία τους φαίνεται να εξαντλείται στις ερωτικές περιπέτειες ενός ατόμου.**

Απ: Ούτε εγώ μπορώ να καταλάβω. Εγώ ειλικρινά δεν έχω καταλάβει τι μυαλά κουβαλάει ο Έλληνας. Ένα από τα ερωτήματά μου είναι τι γίνεται σε αυτή τη χώρα. Υπάρχουν κάποιες καταπληκτικές στιγμές, τις οποίες όταν τις ζεις, συγχωρείς όλα τα άλλα. Αισθάνομαι όμως ότι τα περισσότερα είναι ένα σημειωτόν στην ίδια θέση, μια απόλυτης ακινησία, μια ασημαντότητα. Χάθηκε και μια μεγάλη γενιά δημιουργών, μια γενιά ποιητών, που όντως μας κάνανε να πιστεύουμε πως υπάρχει κάτι σημαντικό σε αυτό το τόπο. Δεν ξέρω τι θα δείξει το μέλλον, ξέρω όμως ότι θα είναι ένα δύσκολο μέλλον κυρίως για τις γενιές που έρχονται. Θυμάμαι μάλιστα και ένα στίχο του Λαπαθιώτη που έγραψε περιγράφοντας τον εαυτό του αλλά και την γενιά του:

“ Χωρίς πίστη, χωρίς έρμα  
εγίναμε το λάφυρο του ανέμου...”

Χ.Π.Σας ευχαριστώ.

Απ.:Και εγώ.

Χαρίτος Παναγιώτης  
Φοιτητής Τμήματος Φυσικής





## ΤΟ ΘΕΩΡΗΜΑ ΤΟΥ GOEDEL

Το καλοκαίρι του 1900 στο Διεθνές συνέδριο των Μαθηματικών στο Παρίσι ο David Hilbert παρουσίασε τα περίφημα «23 προβλήματα». Το δεύτερο πρόβλημα ζητούσε την απόδειξη της συνέπειας των αξιωμάτων της λογικής.

Η απόδειξη ήρθε 31 χρόνια αργότερα από τον Kurt Goedel με το 2ο από τα περίφημα θεώρημα της μη-πληρότητας του Goedel (uber formal unentscheidbare saetze der principia mathematica and verwandter systeme), σε μια από τις κορυφαίες εκφράσεις της ανθρώπινης πνευματικής δημιουργίας για τον 20ο αιώνα. Χαρακτηριστικά, ο von Neumann αναφερόμενος στο θεώρημα του Goedel το χαρακτήρισε σαν την τρίτη μεγάλη επανάσταση του 20ου αιώνα μαζί με τη θεωρία της σχετικότητας και την κβαντομηχανική.

Υπάρχουν πολλές διατυπώσεις του συγκεκριμένου θεωρήματος το οποίο σε γενικές γραμμές μπορεί να διατυπωθεί εν συντομία ως εξής: «Σε κάθε αξιωματικό μαθηματικό σύστημα υπάρχουν προτάσεις ή οποίες δεν μπορούν να αποδειχθούν ή να απορριφθούν (προτάσεις για τις οποίες δεν μπορούμε να αποδείξουμε ότι είναι ψευδείς ή αληθείς) χρησιμοποιώντας τα αξιώματα του συγκεκριμένου μαθηματικού συστήματος».

Ένα αξιωματικό σύστημα περιγράφει τις προτάσεις που εξάγονται από ένα σύνολο στοιχείων και αξιωμάτων. Τα αξιώματα είναι οι εννοιολογικοί κανόνες με τους οποίους συνδυάζονται τα στοιχεία του συστήματος. Σύμφωνα με το Goedel σε κάθε αξιωματικό σύστημα υπάρχει τουλάχιστον μια πρόταση για την οποία δεν μπορούμε να αποδείξουμε ούτε ότι είναι αληθής ούτε ότι είναι ψευδής ή ότι το αξιωματικό σύστημα δεν είναι πλήρες. Η συνέπεια των μαθηματικών αξιωμάτων δεν μπορεί να αποδειχθεί.

Οι προτάσεις αυτές πιθανόν και να μπορούν να αποδειχθούν ή να απορριφθούν αλλά αυτό επιτυγχάνεται μόνο αν κάποιος επεκτείνει το σύστημα με επιπλέον κανόνες και αξιώματα. Έχει όμως πλέον δημιουργήσει ένα ευρύτερο σύστημα για το οποίο και πάλι θα ισχύει το θεώρημα του Goedel. Στο καινούριο-ευρύτερο σύστημα θα υπάρχει τουλάχιστον μια πρόταση για την οποία δεν μπορούμε να αποφασίσουμε αν είναι αληθής ή ψευδής.

Η υπερεκατονταετής προσπάθεια για την ανάπτυξη αξιωμάτων τα οποία και θα τοποθετούσαν το σύνολο των Μαθηματικών σε μια αξιωματική βάση και η οποία κορυφώθηκε με το Principia Mathematica του Russell και το φορμαλισμό του Hilbert, έλαβε πανηγυρικά τέλος το 1931.

Πολλές φορές οι προτάσεις για οποίες αναφέρει ο Goedel ότι δεν μπορούμε να αποδείξουμε ότι είναι ψευδείς ή αληθείς, αναφέρονται και ως παράδοξα.

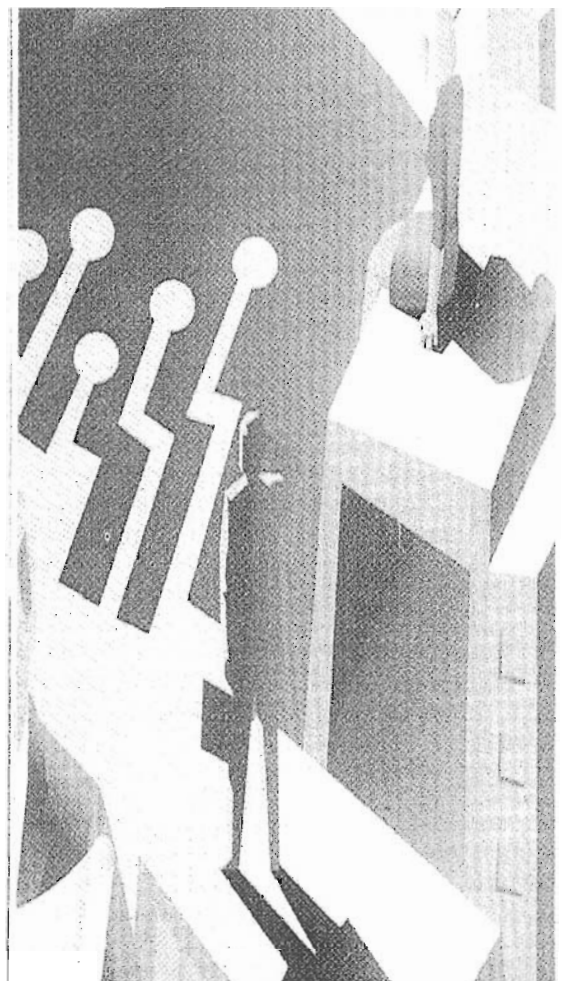
Άλλωστε από πολλούς το θεώρημα της μη-πληρότητας του Goedel συνδέεται άμεσα με το περίφημο παράδοξο του Επιμενίδη από τον 6ο αιώνα π.Χ. Ο Επιμενίδης, καταγόμενος από την Κρήτη, αποβιβάζεται από το καράβι στην Αθήνα και διατυπώνει την πρόταση-παράδοξο: «Όλοι η Κρητικοί είναι ψεύτες». Αν η πρόταση είναι αληθής τότε ο Επιμενίδης είναι και ο ίδιος ψεύτης οπότε η πρόταση είναι ψευδής. Αν η πρόταση είναι ψευδής, τότε οι Κρητικοί δεν είναι

ψεύτες-όλοι είναι φιλαλήθεις και η πρόταση του Επιμενίδη είναι παράδοξη.

Το θεώρημα του Goedel επί σειρά ετών αποτελούσε ένα σοκ που προκαλούσε ιδιαίτερη αβεβαιότητα στους μαθηματικούς και γενικότερα στους θεωρητικούς που καταπιάνονταν με τα θεμελιώδη ζητήματα, γιατί ουσιαστικά άφηνε εκτεθειμένες τη βεβαιότητα, την αντικειμενικότητα, την πληρότητα και την αυστηρότητα των μαθηματικών. Επίσης ο Goedel υποκαθιστούσε την έννοια ψευδής-αληθής με την έννοια αποδεικτέος (provable) και μη. Τέλος, το γεγονός ότι η απόδειξη του Goedel για το θεώρημα της μη-πληρότητας ήταν εξαιρετικά πολύπλοκη και δύσκολο να αναπαραχθεί ήταν ένα γεγονός που επέτεινε τη σύγχυση γύρω από το θέμα ακόμα περισσότερο.

Σήμερα η κατάσταση έχει αναστραφεί. Υπάρχει μια σειρά από αποδείξεις του θεωρήματος του Goedel (αποδείξεις από τη σκοπιά των κλασικών μαθηματικών, αποδείξεις από την πλευρά των υπολογιστών και των αλγορίθμων κοκ) και τα αποτελέσματα θεωρείται και εύκολο να αποδειχθεί και θεωρείται σχεδόν προφανές.

Μερικά από τα πιο σημαντικά ανοιχτά μαθηματικά προβλήματα, όπως π.χ. η εικασία του Goldbach, η εικασία του Berry κ.α. θεωρείται ότι ίσως να είναι προτάσεις που αποδεικνύουν το





θεώρημα της μη-πληρότητας του Goedel. Επίσης μια από τις πολλές χρήσεις του θεωρήματος του Goedel, πέρα από την αναμφισβήτη αξία του θεωρήματος αυτού αφ' εαυτού, είναι η διαπίστωση ότι ένας υπολογιστής είναι περιορισμένος από τα αξιώματα με τα οποία προγραμματίζεται. Το συγκεκριμένο επιχείρημα χρησιμοποιείται πολύ συχνά από τις γλωσσολογικές θεωρίες οι οποίες και δίνουν έμφαση στη δύναμη της γλώσσας σαν έκφραση του ανθρώπινου νου να βρίσκει καινούριους τρόπους για να εκφράζει ιδέες και να ανακαλύπτει απροσδόκητες αλήθειες.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η απόδειξη του θεωρήματος του Goedel με όρους φυσικής και πιο συγκεκριμένα με όρους πληροφορίας. «Αν ένα θεώρημα περιέχει περισσότερη πληροφορία από το σύνολο των αξιωμάτων με τα οποία περιγράφεται ένα φυσικό σύστημα, τότε το θεώρημα δεν είναι δυνατόν να εξαχθεί από τα αξιώματα». Το θεώρημα του Goedel παύει να είναι μια παθολογική κατάσταση αλλά παρουσιάζεται σαν κάτι φυσιολογικό και συχνά απαντώμενο στη Φύση.

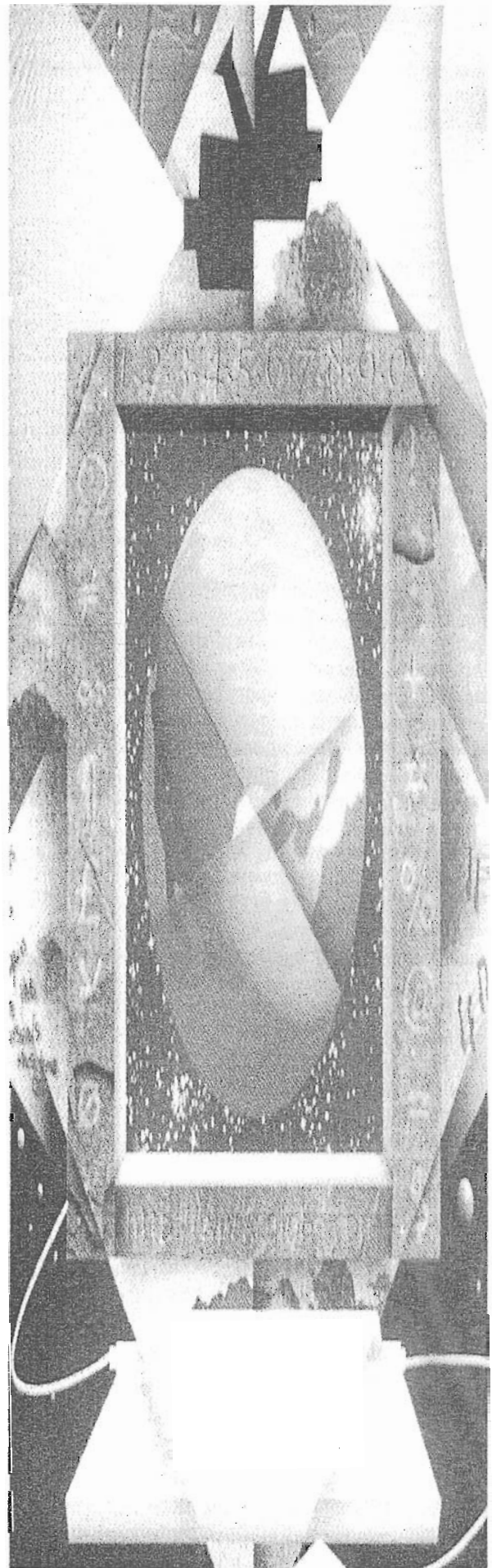
Το άμεσο ερώτημα που προκύπτει έχει να κάνει με την κατεύθυνση την οποία μας υποδεικνύει το θεώρημα του Goedel. Η αποτυχία απόδειξης ενός θεωρήματος μας δίνει το δικαίωμα να το εντάξουμε σε μια θεωρία μας, σαν καινούριο αξίωμα; Και υπό ποιες προϋποθέσεις;

Η άποψη του κορυφαίου Hermann Weyl επί του θέματος είναι ξεκάθαρη «τα μαθηματικά οφείλουν να κατανοηθούν σε συνδυασμό με τη φυσική σαν ένας κλάδος μιας θεωρητικής κατασκευής ενός πραγματικού κόσμου και οφείλουν να υιοθετήσουν ρεαλιστική και αιτιατή στάση σε ότι αφορά την επέκτασή τους, ακολουθώντας το παράδειγμα της φυσικής».

Το 2002 ο Steven Hawking έδωσε μια ομιλία στο Πανεπιστήμιο του Cambridge με αφορμή τον εορτασμό των 100 χρόνων από την γέννηση του Paul Dirac, με τίτλο "Goedel and the end of Physics". Από τους βασικούς υπέρμαχους της προσπάθειας για τη θεμελίωση μια Θεωρίας των Πάντων σχηματοποιημένης σε ένα πεπερασμένο αριθμό βασικών αξιωμάτων, ο Hawking χρησιμοποιεί το θεώρημα του Goedel για να ανασκευάσει τη βασική του πεποίθηση. Ο Hawking δηλώνει ευτυχής γιατί η αναζήτηση του ανθρώπου για να κατανοήσει τη Φύση δεν πρόκειται ποτέ να φτάσει στο τέλος και συνεχώς θα εμφανίζονται νέες προκλήσεις. Το θεώρημα του Goedel εξασφαλίζει τη μη-πληρότητα των αξιωματικών θεωριών που έχουν θεμελιωθεί ή θα θεμελιωθούν στο μέλλον.

99 χρόνια μετά τη γέννηση του (στο Brno της σημερινής Τσεχίας) και 27 χρόνια μετά το θάνατο του (καταδικάζοντας τον εαυτό του σε αστία μιας και αρνούσαν κάθε είδους τροφή γιατί θεωρούσε πως κάποιος θέλανε να τον δηλητηριάσουν) ο Kurt Goedel συνεχίζει να μας χαμογελάει αινιγματικά απολαμβάνοντας από πολλούς τον τίτλο του μεγαλύτερου λογικού μετά τον Αριστοτέλη.

Κώννος Χ. Χατζησάββας  
Υποψήφιος Διδάκτορας  
Τμ. Φυσικής



## Η οδύνη του ταξιδιού στη σκέψη του Ηράκλειτου

... .. και εκ πάντων εν και εξ ενός τα πάντα ... ..

### Ο φιλόσοφος του αιώνιου γίνεσθαι



Ο Θαλής, ο Αναξίμανδρος και ο Αναξίμενης ήταν οι τρεις Μιλήσιοι φιλόσοφοι που ξεπήδησαν μέσα από την ακμή της Μιλήτου και πρόσφεραν πολλά στην ελληνική διάνοηση.

Μετά την παρακμή της Μιλήτου, λόγω κυρίως της περσικής κατοχής, άρχισε να αναπτύσσεται η Έφεσος σαν μεγάλο εμπορικό κέντρο και έβγαλε έναν μεγάλο φιλόσοφο που σημείωσε εποχή με τη διδασκαλία του. Το όνομά του Ηράκλειτος (544-484π.Χ). Ως τα χρόνια του, οι άλλοι Ίωνες φιλόσοφοι, εξετάζοντας το κοσμο-

λογικό πρόβλημα, δεν πρόσεξαν ή δεν ασχολήθηκαν με το ζήτημα της κίνησης και εξέλιξης. Γι' αυτούς το βασικό ήταν να δώσουν απάντηση στο ερώτημα, ποια ήταν η πρώτη ουσία της ύλης από την οποία δημιουργήθηκε το Σύμπαν. Η νέα σχολή της Εφέσου προχώρησε πιο πέρα. Πρόσεξε το φαινόμενο της κίνησης και μεταβολής και έδωσε βαθυστόχαστες απαντήσεις που, αν και πέρασαν δυόμισι χιλιάδες χρόνια από τότε, δεν ξεπεράστηκαν από τη νεώτερη φιλοσοφία.

Φιλόσοφοι, ιστορικοί του ανθρώπινου πνεύματος και συγγραφείς έψαξαν στην ανατολική θρησκεία της Ινδίας, στη θρησκεία της Αιγύπτου ή του Ζωροάστρη, να βρουν τις βαθιές ρίζες της ηρακλειτικής «μεταφυσικής», ενώ άλλοι επιχειρήσαν να τη συλλάβουν κάτω από το φως των ελληνικών μυστηρίων. Ο Ηράκλειτος κατέχει μια κεντρική θέση στο σύνολο της ελληνικής φιλοσοφίας και σ' ολόκληρη την παγκόσμια ιστορία της σκέψης. Ξεπερνά όπως είπα την κοσμολογία της Σχολής της Μιλήτου, ενώ οι Ελεάτες ανοίγουν ένα διάλογο που στρέφεται εναντίον του. Ο Πλάτων και ο Αριστοτέλης ξεκινούν μεγάλο αγώνα ενάντια στη σκέψη του, οι στωϊκοί, οι σκεπτικοί, ίσως ακόμη και οι κυνικοί, κάνουν δικές τους - μετατρέποντάς τες - ορισμένες του σκέψεις. Ο Ιουστίνος τον βγάζει χριστιανό. Ο Χέγκελ τον ανακαλύπτει ξανά και βεβαιώνει πως δε υπάρχει ούτε μια πρόταση του Ηράκλειτου που δεν θα την έβαζε και στη δική του Λογική. Ο Λένιν τον αναγορεύει πατέρα του διαλεκτικού υλισμού. Ο Κίρκεγκωρ αποκαλεί τον εαυτό του μαθητή του Ηράκλειτου και ο Νίτσε πιστεύει πως ο κόσμος, εφόσον αιωνίως χρειάζεται την αλήθεια, αιωνίως θα χρειάζεται και τον Ηράκλειτο. Άλλοι υπογραμμίζουν τη σχέση του Ηράκλειτου με τους φιλοσόφους της Αναγέννησης και με τον Παस्कάλ, τον Σπινόζα, τον Γκαίτε, τον Χαίλντερλιν, τον Νοβάλις, τον Σοπενχάουερ, τον Προυτντόν, τον Μπέρξον, τον Φρόύντ, το σουρεαλισμό. Ο Χάιντεγκερ τον θεωρεί ως τον πρώτο μεγάλο στοχαστή και τέλος ο Μαρκ γράφει: «Η σύγχρονη φιλοσοφία δεν κάνει άλλο από το να ακολουθεί το δρόμο που άρχισαν ο Ηράκλειτος και ο Αριστοτέλης»

Εδώ να σημειώσουμε ότι η διδακτορική διατριβή του Καρλ Μάρξ ήταν πάνω στον Ηράκλειτο και τη φιλοσοφία του, όπου και έγραφε:

"Το γίνεσθαι-φιλοσοφία του κόσμου, είναι ταυτόχρονα γί-

νεσθαι-κόσμος της φιλοσοφίας. Η πραγμάτωσή της είναι κι ο χαμός της"

Η αρχαία παράδοση λέει πως τα γραψίματά του Ηράκλειτου ήταν μπερδεμένα και στρυφνά, γι' αυτό και τον έλεγαν σκοτεινό φιλόσοφο. Διηγούνται ότι όταν ο Ευριπίδης, που είχε χαρίσει το βιβλίο του στο Σωκράτη, τον ρώτησε ποια γνώμη σχημάτισε γι' αυτό, εκείνος απάντησε: «Όσα κατάλαβα, είναι σπουδαία, και όσα δεν κατάλαβα, είναι επίσης σπουδαία, μόνο που χρειάζεται σχεδόν να' ναι κανείς κολυμβητής από τη Δήλο ». Φαίνεται πιο πιθανό πως τις φιλοσοφικές σκέψεις του τις προόριζε για τους λίγους «εις εμοί μύριοι, εάν άριστος ή», έλεγε και διατύπωνε τα πορίσματά του κατά τρόπο δογματικό και αφοριστικό. Εδώ θα ήθελα να τονίσω το γεγονός ότι από την αρχαιότητα ακόμα η μοναχική ενασχόληση, που έστρεφε τα νώτα της στις μικρότητες των κοινών θνητών, ερμηνευόταν σαν σημάδι μελαγχολίας και απόσυρσης.

Πράγματι ο Ηράκλειτος καταφέρει βίαια χτυπήματα εναντίον της ανθρώπινης βλακειάς και της υπονοβασίας του μέσου ανθρώπου. Ο Διογένης ο Λαέρτιος μας διηγείται ότι σε κάποιον που τον ρώτησε γιατί σώπαινε, αυτός απάντησε: «ιν υμείς λαλείτε». Ο Ηράκλειτος περιφρονεί τις μάταιες κουβέντες και αρνείται τη ρητορική και τα τεχνάσματά της. Γιατί αυτός στηρίζεται στο λόγο (που σημαίνει ταυτόχρονα σκέψη και γλώσσα) και λέει αυτά που έχει να πει, και ενώ κρίνει αυστηρά τους ανθρώπους, τους προσφέρει τη βοήθειά του.

Έβλεπε τον κόσμο σαν ενιαίο σύνολο, που ούτε γεννήθηκε, ούτε θα χαθεί. Ο Εφέσιος φιλόσοφος παίρνει σαν το αιώνιο και πρωταρχικό στοιχείο του κόσμου, τη φωτιά (ενέργεια). Λέγοντας φωτιά, δεν εννοούσε μόνο τη φλόγα, αλλά και τη ζεστασιά γενικά και ακόμα την ανάσα (ψυχή). Από τη φωτιά γεννιούνται όλα τα όντα και σ' αυτήν ξαναπηγαίνουν. «Ουσία και αρχή πάντων εστί το πύρ.» Τίποτα δεν είναι σταθερό, μόνιμο, ακίνητο. «Πάντα ....ρείν, είναι δε παγίως, ουδέν.» Ο Κόσμος – το Σύμπαν – δεν είναι κατασκευάσμα κανενός θεού ή κανενός ανθρώπου, μα στην αρχή ήταν τα πάντα φωτιά. «Κόσμον τόνδε τον αυτόν απάντων, ούτε τις θεών ούτε ανθρώπων εποίησεν. αλλ' ήν αεί και έστι και έσται πύρ αείζων. απόμνον μέτρα και σβεννύμενον μέτρα.» Ο θεός δεν είναι τίποτ' άλλο, παρά «μέρα και νύχτα, καλοκαίρι και χειμώνας, πόλεμος και ειρήνη, χορτασιά και πείνα.

Το σύνολο της πραγματικότητας, κατά τον Ηράκλειτο, μοιάζει με ποταμό που τρέχει αιώνια και που ούτε μια στιγμή βρίσκεται σε σταματημό. Γι αυτό και τόνιζε, όχι μόνο το «πάντα ρείν», μα και «ο πόλεμος πάντων μεν πατήρ εστί, πάντων δε βασιλεύς». Η ασταμάτητη αυτή αλλαγή και κίνηση γίνεται παντού στη φύση και στη κοινωνία. Η ηρεμία και η ακινησία δεν μπορούν να υπάρχουν μέσα στη φύση, γιατί οι καταστάσεις αυτές ταιριάζουν στους νεκρούς οργανι-

σμούς. Η εξέλιξη γίνεται μέσα σε αντιθέσεις, με την πάλη των αντίθετων αρχών. Η κίνηση είναι το βασικό στοιχείο που διέπει το Σύμπαν.

Χωρίς κίνηση δεν μπορεί να υπάρξει ζωή και εξέλιξη. Κι αφού όλα ρέουν, μεταβάλλονται, αλλάζουν και τίποτα δεν μένει σταθερό και αμετάβλητο, αλλά όλα κινούνται, υπάρχει αιώνια αλλαγή Παρομοιάζοντας την ασταμάτητη αυτή κίνηση με το ρεύμα του ποταμού, έλεγε πως «δεν μπορούμε δυο φορές να μπούμε στο ίδιο ποτάμι»

Σε ότι αφορά τη γνώση, κατά τον Ηράκλειτο σκοπός της γνώσης είναι η αλήθεια, μα η αλήθεια δεν είναι αυτή που βλέπουν τα μάτια μας και που ακούν τα' αυτιά μας.

*«Κακοί μάρτυρες ανθρώποισιν οφθαλμοί  
και ὤτα βαρβάρους ψυχάς εχόντων.»*

Οι αισθήσεις μας δεν μπορούν να ιδούν την απόλυτη αλήθεια, να γνωρίσουν στο σύνολό της την αντικειμενική πραγματικότητα. Αυτά που βλέπουν οι αισθήσεις δεν είναι η αλήθεια, γιατί αυτά είναι τα αδρανή και όχι εκείνα που ρέουν, κινούνται, αλλάζουν. Αυτά δεν μπορούμε με τις αισθήσεις μας να τα γνωρίσουμε. Η γνώση μας έχει σκοπό να γνωρίσει την αληθινή ουσία που κρύβεται κάτω από τα αισθητά αντικείμενα, δηλαδή το γίγνεσθαι, την ασταμάτητη μεταβολή, την πραγματική ουσία. Λέει κάπου «Σοφία είναι να λες και να πράττεις την αλήθεια γνωρίζοντας τη φύση των πραγμάτων»

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι υπάρχουν δύο τύποι ανθρώπων. Ο ένας αναζητά την ευτυχία και είναι ο πολυαριθμότερος. Την ψάχνει παντού πασχίζοντας να γίνει ευτυχισμένος, όλο και πιο ευτυχισμένος. Ο άλλος είναι αυτός που αναζητεί την αλήθεια. Κι εδώ έχουμε το παράδοξο. Αυτός που επιδιώκει την ευτυχία δεν θα τη βρει ποτέ, γιατί η ευτυχία δεν είναι εφικτή αν δεν φθάσεις πρώτα στην αλήθεια. Η ευτυχία είναι μόνο σκιά της αλήθειας. Από μόνη της δεν είναι τίποτα. Μόνο σε αρμονία και σε ρυθμό με την αλήθεια υπάρχει.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να εκφράσω κάποιες σκέψεις που προέρχονται από τις αντιρρήσεις αρκετών σχετικά με την Ελληνολατρεία ή προγονολατρεία, όπως σκωπτικά αναφέρονται σ' αυτούς που λατρεύουν την αρχαία Ελληνική γραμματεία.

Διατείνονται λοιπόν ότι στην προσπάθειά μας να προσεγγίσουμε αμετάβλητες αλήθειες, μένουμε προσκολλημένοι σε παλαιά δρώμενα και αναμασάμε τα ήδη λεχθέντα ξεοδεύοντας ενέργεια στην αναζήτηση συσχετισμών και σημείων επαφής με τους αρχαίους Έλληνες Φιλοσόφους. Θα απαντήσω χωρίς να νιώθω ότι πρωτοτυπώ: Βαθύ είναι το πηγάδι του παρελθόντος. Ή μήπως θα 'πρεπε να το πούμε απύθμενο; Και αυτό γιατί, το ανθρώπινο όν είναι εκείνο που το παρελθόν του προκαλεί συζητήσεις και γεννάει ερωτήματα.

Όσο βαθύτερα σκάβει κανείς και ψαχουλεύοντας διεισδύει στον κόσμο του παρελθόντος, οι απαρχές του ανθρώπου, της ιστορίας του και του πολιτισμού του αποδεικνύονται απόλυτα χρήσιμες. Σε όποια από τα περιπετειώδη χρονικά διαστήματα και αν ξετυλίξουμε το νήμα της στάθμης μας, αυτά υποχωρούν συνεχώς και πιο κάτω, στο απύθμενο. Και είναι σωστό να λέμε «συνεχώς και πιο κάτω», καθώς το ανεξερεύνητο κεντρίζει τον ερευνητικό μας ζήλο: του προσφέρει σαγηνευτικούς σταθμούς και στόχους στην πορεία του, αλλά, μόλις φθάσουμε σ' αυτούς, ανοίγονται νέες διαδρομές, όπως συμβαί-

νει στον περιπατητή μιας ακτής που δεν μπορεί να ολοκληρώσει τον περίπατό του, γιατί πίσω από τον κάθε αμμόλοφο, που ήταν ο προορισμός του, εμφανίζονται νέοι δρόμοι και τον ωθούν σε νέα ακρωτήρια.

Υπάρχουν λοιπόν οι απαρχές που αποτελούν ένα είδος πραγματικού πρώτου ξεκινήματος της ιδιαίτερης παράδοσης μιας ορισμένης κοινότητας, ενός λαού ή μιας οικογένειας ομοθρήσκων ή ομοϊδεατών και έτσι η μνήμη, αν και έχει διδαχθεί ότι το βάθος του πηγαδιού δεν μπορεί με αυτόν τον τρόπο να θεωρηθεί ήδη καθορισμένο, είναι δυνατόν να ικανοποιηθεί και να οδηγηθεί σε προσωπική συνεχή ανέλιξη.

Αυτός που επιχειρεί να σκεφτεί, διασταυρώνεται με τη διδασκαλία εκείνου που σκέφτηκε. Η ηθική διδασκαλία του Ηράκλειτου μέσα από την κυρίαρχη αρχή της ενότητας των αντιθέσεων είναι ακριβώς αυτό. Μια διαρκής πορεία προσπάθειας να διδαχθεί κανείς και να εθισθεί στην άσκηση της αρετής και το γινώσκειν εαυτόν μέσω της ελευθερίας της σκέψης και της συνειδήσης, προσβλέπων στην πρόοδο του εαυτού του και του κόσμου.

Έτσι λοιπόν δεν δέχομαι ότι προστρέχοντας στους αρχαίους Έλληνες Φιλοσόφους, ανασκαλίζουμε πεθαμένες δοξασίες και λησμονημένους μύθους, στηριζόμενοι στο τι είπε και τι έκανε ο παλιός τάδε ή δείνα. Η Αρχαία Ελληνική Γραμματεία (και η συσσωρευμένη εκεί γνώση) είναι μια ακλόνητη βάση στήριξης.

Μια φιλοσοφία που βασίζει τα πιστεύω της σε λαθεμένες ή ξεπερασμένες παραδοχές, δεν μπορεί να ελπίζει ότι θα επιβιώσει για πολύ. Όμως η αρχαία ελληνική σκέψη, όχι μόνον επιβίωσε μέχρι σήμερα, αλλά εξακολουθεί να διδάσκει και να κατευθύνει.

Οι ιδέες στον Πλάτωνα, νους και ενέργεια στον Αριστοτέλη, ο λόγος στον Ηράκλειτο.

Όχι στερεότυπα αλλά κινούμενες έννοιες στο χωρόχρονο.

Η προσέγγιση του Ηράκλειτου απαιτεί ατέλειωτες ώρες, κι έτσι θα μείνω στη βασική του θεώρηση: «πόλεμος πατήρ πάντων». Τι εννοούσε με την λέξη πόλεμος; Μα φυσικά την αέναη πάλη για την πρόοδο μέσω της σύγκρουσης των αντιθέτων.

Είναι γεγονός ότι για χάριν του πολέμου (όπως τον νιώθουμε σήμερα), έχουν γίνει μεγάλες επιστημονικές πρόοδοι. π.χ. το σχέδιο «πόλεμος των άστρων» έφερε τη μεγάλη ανάπτυξη των computers, των Lasers και της μικροηλεκτρονικής. Η ατομική βόμβα απέδειξε και ενεργοποίησε τη σχετικότητα και η πυρηνική ενέργεια έγινε η λύση του ενεργειακού προβλήματος. Βέβαια κινδύνεψε η ανθρωπότητα με ολοσχερή καταστροφή και έτσι όλα αυτά είναι υπό έντονη συ-

ζήτηση, ερωτήσεις και προβληματισμούς για την πραγματική τους ωφέλεια. Νομίζω ότι ο Ηράκλειτος έδωσε την απάντηση, απάντηση διαχρονική, αιώνια. Καμία σχέση, ο πόλεμός του είναι η πάλη των αντιθέσεων, η οποία συνδυασμένη με την παιδεία και τους αρίστους έχει σαν αποτέλεσμα να γεννιέται η ωραιότερη αρμονία.

Η δίψα του καινούργιου που υπάρχει μέσα μας είναι μια δίψα ζωής. Η παγίωση και η στασιμότητα έχει τα χαρακτηριστικά του θανάτου. Τα στοιχεία της ζωής του κόσμου, υπηρετούν το νόμο της αλλαγής που είναι νόμος απαραί-



*Νόμισμα της Εφέσου όπου εικονίζεται ο Ηράκλειτος*

τος. Ο χρόνος στη βιολογική μας ζωή είναι μια αδιάκοπη αλληλουχία μεταβολών και μια ποικιλία διαδοχής. Για την ανθρώπινη ζωή, ο νόμος της αλλαγής είναι μια πνευματική εντελέχεια, δίψα, ανάγκη και λαχτάρα του αδιάκοπου καινούργιου. Η ένταση και η γνησιότητα της ζωής μετριούνται με την πρωτοτυπία και την αλλαγή, για την οποία όμως η ικανότητα της σύγκρουσης είναι απολύτως απαραίτητη.

Ο θανάσιμος εχθρός της ζωής είναι η παθητική επανάληψη, η στασιμότητα, η ρουτίνα και η αδυναμία που εμποδίζει τον άνθρωπο να πραγματώσει το καινούργιο μέσα στη ζωή. Είναι οι θανάσιμοι εχθροί της ζωής. Ίσως είναι κλήρος θανάτου, δεύτερου θανάτου, που χρονικά έρχεται πρώτος.

Να έλθω και λίγο στη νεώτερη Φυσική.

Το βαθύτερο και συναρπαστικότερο αποτέλεσμα της είναι μια πλήρης και εκ νέου επεξεργασία του ορισμού και της περιγραφής της ύλης. Σ' αυτή τη νέα φυσική, τα σωματίδια είναι απλές εφήμερες υπάρξεις. Δημιουργούνται και καταστρέφονται εύκολα.

Το ότι υπάρχουν δύο εκδοχές της ατομικής φυσικής (ύλη-ενέργεια) δεν θα έπρεπε να αποτελεί έκπληξη, γιατί στον κόσμο των αντιλήψεων όλα έρχονται κατά ζεύγη: σωματίδια και κύματα, γινγκ και γιανγκ, μαύρο και άσπρο, ναι και όχι, αγάπη και μίσος, φως και σκοτάδι. Αυτά έχουν μεγάλη εφαρμογή στην προσωπική μας ζωή, όπου πρέπει να προσπαθούμε να ξεκαθαρίσουμε τις αμφιλεγόμενες καταστάσεις, με αποφασιστικότητα, -όχι μέσα από το μηχανισμό, «ή το ένα ή το άλλο» - αλλά η εστίαση να γίνεται στις αμφισημίες «και το ένα και το άλλο» που μπορεί να αναδείξει στην επιφάνεια κρυμμένα νοήματα σαν άθροισμα των φαινομενικά αντιθέτων.

Γιατί η ζωή μας ασφαλώς, χαρακτηρίζεται από διαρκείς και γιγαντιαίες συγκρούσεις; Πάνω και κάτω, φως και σκοτάδι, έρωσ και θάνατος, υποταγή και πάσης μορφής εξουσία, ακμή και παρακμή, παρελθόν και τώρα, ιστορίες και ιστορία.

Όπως απέδειξαν οι Einstein και Picasso, στην πρώτη δεκαετία του 20ου αιώνα, η αμφισημία είναι το κλειδί για την ανακάλυψη μοντέλων της φύσης που είναι πέρα από τις απλές επιφανειακές αναπαραστάσεις. Η άμεση παρατήρηση μπορεί να είναι απογοητευτική. Όπως ανακάλυψε ο Einstein (1905), ο χώρος και ο χρόνος είναι σχετικές έννοιες που ερμηνεύονται ανάλογα με τον τρόπο που τις αντιμετωπίζουν οι διάφοροι παρατηρητές. Για παράδειγμα, δύο συμβάντα που για τον έναν παρατηρητή λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα, δεν θα είναι ταυτόχρονα για έναν άλλο, σε σχετική κίνηση ως προς τον πρώτο. Στο αριστούργημα του Picasso «Οι δεσποινίδες της Αβινιόν» (1907) από το οποίο ξεκίνησε ο κυβισμός των Picasso και Braque, οι ζωγράφοι ανακάλυψαν έναν τρόπο αναπαράστασης των προσώπων έτσι ώστε πολλές προοπτικές να συνυπάρχουν ταυτόχρονα πάνω στο μουσαμά.

Θεωρώ ότι δεν υπάρχει λόγος να γραφούν κουραστικές δοξασίες για τον Ηράκλειτο. Μόνο το ότι, αν κάποτε γίνει πραγματικότητα η θεωρία των πάντων, η οποία είναι το άπιαστο όνειρο για τη σύγχρονη Φυσική, οι περισσότεροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι αυτή η ενοποίηση των θεωριών, θα βρίσκεται πιο κοντά στη φιλοσοφική σκέψη του Ηράκλειτου παρά κάθε άλλου στοχαστή στο παρελθόν και στο παρόν.

*Θα τελειώσω με μία εκ βαθέων εξομολόγηση.*

Στο ερώτημα: τι είναι ο άνθρωπος; (σε μερικές περιπτώσεις ερώτηση για γέλια) λέω ότι ανάμεσα στα άλλα ο άνθρωπος είναι μη ακολουθία των πράξεών του. Από μικρός πίστευα σ' αυτό και άρχισα να βλέπω τους ανθρώπους σαν προσωρινές, ανολοκλήρωτες φιγούρες, ημιτελείς και άπιαστες. Αν ο άνθρωπος δεν είναι τίποτε άλλο από την ακολουθία των πράξεών του, τότε κανένας δεν θα μπορούσε να ορισθεί πλήρως πριν το θάνατό του: Μία μόνη, η τελευταία από τις πράξεις του θα μπορούσε να καταστρέψει την προηγούμενη ύπαρξή του, να αναιρέσει όλη του τη ζωή. Τι πρέπει λοιπόν να φοβόμαστε και να προσέχουμε; Την ακολουθία των πράξεών μας. Το ποτάμι ρέει και δεν γυρίζει πίσω. Δύο φορές το ίδιο ποτέ. Η προσπάθεια συνεχής, αέναη και το βέλος του χρόνου δείχνει συνεχώς μία κατεύθυνση. Ο πατέρας όλων, ο πόλεμος των αντιθέτων είναι παρών συνέχεια. Παλεύουμε, χτυπιόμαστε, προχωράμε. Μέγας και παρών ο Ηράκλειτος, διατρανώνει την (εντέλει αισιόδοξη, παρ' όλη τη δικαιολογημένη του μελαγχολία) πεποίθησή του ότι η ιστορία του καθενός μας αντικαθρεφτίζεται έως και την παραμικρή της λεπτομέρεια, στην ιστορία της ανθρωπότητας και του πολιτισμού της και ότι η ιστορία του Ανθρώπου αντιφεγγίζει στην προσωπική ιστορία κάθε ανθρώπινης «μονάδας». Τα πάθη και ο δρόμος στο σύμπαν των καιρών μας, είναι ο δικός μας δρόμος και τα δικά μας πάθη, πέρα από πολιτισμικές αλλαγές, πέρα από τα «παιχνίδια» του χρόνου και τις διακριτές διαφορές μας, πέρα από τον μύθο και τη βεβαιωμένη ιστορία.

Η επαγγελία, ριζωμένη στην ανθρώπινη φύση, έχει δοθεί στον καθένα μας. Και αξίζει να παλέψουμε για να την αξιωθούμε.

Όμως; Ίσως; Μήπως;

*«Κομμάτια πέτρες τα λόγια των θεών  
κομμάτια πέτρες τ' αποσπάσματα του  
Ηράκλειτου»*

*(Οδ.Ελύτης «Μικρή πράσινη θάλασσα»)*



*Το λεγόμενο άγαλμα του Ηράκλειτου (Αρχαιολογικό μουσείο Ηρακλείου)*

Θα ξαναπώ και πάλι ότι δεν μπορώ να συμμετέχω στο συνεχώς και αενάως κωμωδεΐν. Όταν έλεγα: εγώ φεύγω, το εννοούσα και νομίζω ότι βρήκα το πού. Εκεί που ο φωτεινός φιλόσοφος μας λέει. Στο χρόνο των παιδιών που παίζουν πεσσούς, στο συνεχή πόλεμο ενάντια στη μικρόνοια και βλακεία και σε κανένα εφησυχασμό, αφού όλα τρέχουν και φεύγουν (ρεί τα πάντα)

Αγαπώ τον Ηράκλειτο γιατί ταξιδεύει στην άβυσσο και δεν βυθίζεται.

K.Καμπάς



## Προσπαθώντας να χωρέσουμε τον τρισδιάστατο κόσμο μας σ' ένα δισδιάστατο πίνακα

Από την αρχαιότητα ακόμα, το βασικό πρόβλημα που αντιμετώπιζαν οι καλλιτέχνες ήταν ότι έπρεπε να κοιτάξουν μια τρισδιάστατη σκηνή με το δισδιάστατο αμφιβληστροειδή τους και να αναπαραστήσουν, σε έναν δισδιάστατο καμβά, μία σκηνή την οποία άλλοι άνθρωποι, με επίσης δισδιάστατους αμφιβληστροειδείς, θα έβλεπαν σαν τρισδιάστατη. Περίπλοκο έτσι;

Πριν την Αναγέννηση, το βάθος σε μία απεικόνιση δίνονταν με τη χρήση των λεγόμενων βοηθητικών στοιχείων βάθους. Τα κυριότερα από αυτά είναι η απόκρυψη των μακρινών αντικειμένων από τα εγγύτερα και η μείωση του μεγέθους ενός αντικειμένου όσο αυτό απομακρύνεται από τον παρατηρητή. Τα στοιχεία αυτά είναι, μετά τη στερεοσκοπική όραση, ο κυριότερος μηχανισμός για τον προσδιορισμό του βάθους και είναι ιδιαίτερα χρήσιμα καθώς γίνονται αντιληπτά και μόνο με ένα μάτι.

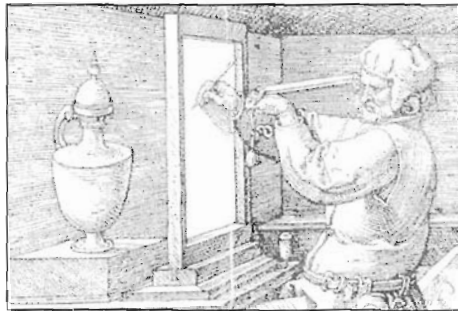
Και πάλι βέβαια, υπήρχαν κάποιες εξαιρέσεις. Για παράδειγμα, οι αρχαίοι Αιγύπτιοι δε χρησιμοποιούσαν το σχετικό μέγεθος. Εδώ το μέγεθος σχετιζόταν με τη σπουδαιότητα του εκάστοτε προσώπου και όχι με τη θέση του στο χώρο. Γενικά, μέχρι το Μεσαίωνα, αυτό που ήταν πιο σημαντικό ήταν να αποδοθεί το ζητούμενο μήνυμα μέσω μιας απεικόνισης, έστω κι αν αυτή δεν ήταν απόλυτα ρεαλιστική.

Αυτό που έφερε επανάσταση στον τρόπο αναπαράστασης της πραγματικότητας ήταν η 'ανακάλυψη' της γραμμικής προοπτικής. Το γιατί χρειάστηκαν τόσο αιώνες ώστε να κωδικοποιηθούν οι κανόνες της προοπτικής οφείλεται πιθανότατα στο ότι το οπτικό μας σύστημα είναι τόσο καλά προσαρμοσμένο στο να μετατρέπει πληροφορίες προοπτικής σε βάθος ώστε οι περισσότεροι πρέπει να καταβάλουμε ιδιαίτερη προσπάθεια για να ξεχωρίσουμε συνειδητά αυτά τα στοιχεία.

Σε ξυλογραφίες του Dürer βλέπουμε δύο μηχανισμούς που χρησιμοποιούσαν για την αναπαραγωγή σχεδίων σωστής προοπτικής. Στην πρώτη (τη μέθοδο που πρότεινε ο Leonardo da Vinci) ο καλλιτέχνης χαράζει αρχικά σε γυαλί αυτό που θέλει να ζωγραφίσει και μετά χρησιμοποιεί αυτό το σκαρίφημα σαν οδηγό. Στη δεύτερη περίπτωση, ένα πλέγμα τοποθετείται μπροστά από το θέμα και ο καλλιτέχνης αποτυπώνει ότι βλέπει σε ένα όμοιο πλέγμα στο τραπέζι. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο το ένα μάτι, ώστε το θέμα να απομονώνεται κατά κάποιο τρόπο από το τρισδιάστατο υπόβαθρό του.

Για να είναι πιο έντονη η αίσθηση του βάθους πρέπει ο παρατηρητής να βρίσκεται στο 'κέντρο προβολής' (center of projection) του πίνακα και ταυτόχρονα να μην υπάρχουν αντικρουόμενες πληροφορίες βάθους, όπως για παράδειγμα η υφή της επιφάνειας του πίνακα, που προδίδει το ότι αυτός είναι δισδιάστατος.

Ο γενικός κανόνας λέει ότι η ιδανική απόσταση για να δούμε ένα έργο είναι μία φορά το πλάτος του, η οποία, όμως, είναι πολύ μικρή για τους περισσότερους πίνακες ζωγραφικής. Αντίθετα, ο κανόνας εφαρμόζεται εύκολα για τοιχογραφίες, οπότε και μπορούμε να έχουμε εντυπωσιακά αποτελέσματα.



Εικόνα 1: Προσχέδιο σε γυαλί



Εικόνα 2: Απεικόνιση με πλέγμα

Πολύ καλό παράδειγμα αποτελεί το ιερό στο ναό του San Satiro στο Μιλάνο. Ο ναός διακόπτεται από ένα δρόμο και ήταν πρακτικά αδύνατο να χτιστεί με αρκετό βάθος ώστε να είναι και λειτουργικός και με καλή αισθητική. Έτσι, λοιπόν, στις αρχές του 16ου αιώνα ο Donato Bramante δημιούργησε ένα μοναδικό *trompe l'oeil* – μία οπτική ψευδαίσθηση – που φαίνεται σαν πραγματική προέκταση του χώρου, όταν το κοιτάζουμε από το σωστό σημείο. Αν το δούμε από άλλη οπτική γωνία αποκαλύπτεται ότι είναι επίπεδο.

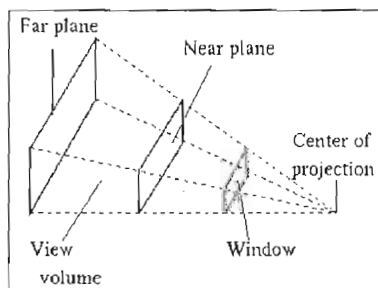
Βέβαια, αφού κωδικοποιήσαμε και χρησιμοποιήσαμε την προοπτική αποφασίσαμε να... την ξεχάσουμε. Στον ιμπρεσιονισμό η αυστηρή προοπτική εγκαταλείπεται για χάρη της ατμοσφαιρικότητας της σκηνής, της δημιουργίας μιας δυναμικής έντασης. Μια άλλη προσέγγιση ήταν αυτή του Giorgio de Chirico, ο οποίος συνδύασε τη γραμμική προοπτική (όπου οι γραμμές είτε είναι παράλληλες είτε συγκλίνουν σε ένα σημείο) με την ισομετρική απεικόνιση (όπου όλες οι γραμμές είναι παράλληλες) έτσι ώστε το ένα στοιχείο να αναιρεί συνεχώς το άλλο.

Να πούμε εδώ ότι αυτή η εγκατάλειψη του ρεαλισμού που προσέφερε η προοπτική έγινε περίπου την ίδια εποχή με την εφεύρεση της φωτογραφικής μηχανής. Πλέον υπήρχε ένας καλύτερος τρόπος να αποτυπώσουμε τον κόσμο έτσι ακριβώς όπως τον βλέπουμε. Επομένως, οι καλλιτέχνες θέλησαν να δώσουν στην τέχνη ένα νέο ρόλο: να απεικονίσει τις εντυπώσεις, τα συναισθήματα που μας δημιουργούνται από αυτά που βλέπουμε.

Εκτός, όμως, από τους κανόνες της προοπτικής σημαντικό ρόλο στην αντίληψη του βάθους και των τριών διαστάσεων παίζει και η σωστή χρήση της φωτεινότητας. Σαν φωτεινότητα θα ορίσουμε το πόσο λαμπρό φαίνεται να είναι ένα αντικείμενο, όχι απαραίτητα την ένταση με τη φυσική έννοια - τον αριθμό των φωτονίων που ανακλώνται από αυτό.

Παρ' όλο που η φωτεινότητα και το χρώμα μάς φαίνονται αδιαχώριστα είναι δύο χαρακτηριστικά που ο εγκέφαλός μας τα επεξεργάζεται εντελώς διαφορετικά.

Τις πληροφορίες από τα φωτοευαίσθητα κωνία και ραβδία του αμφιβληστροειδούς τις λαμβάνουν δύο είδη γαγγλίων: τα μεγάλα (large ganglion cells, που έχουν μεγάλο υποδεκτικό πεδίο, δέχονται, δηλαδή, πληροφορίες από μεγαλύτερη περιοχή) και τα μικρά (small ganglion cells), με μικρότερα υποδεκτικά πεδία.



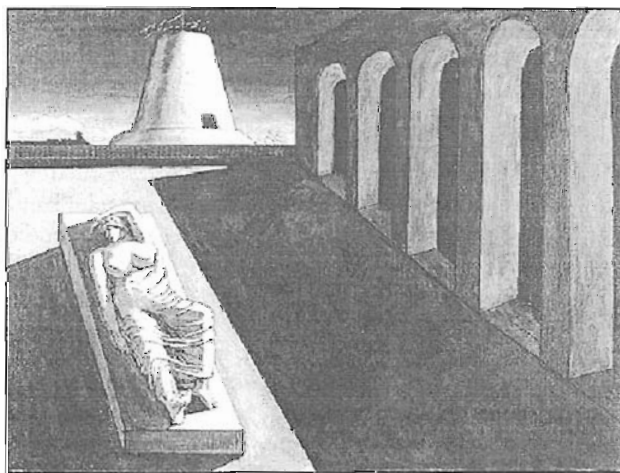


**Εικόνα 3:** Το ιερό του ναού San Satiro όταν το βλέπουμε “σωστά” και όπως φαίνεται από μια διαφορετική γωνία.



Τα πρώτα δημιουργούν το where system, που ασχολείται με τον χωρικό προσδιορισμό των μορφών, την κίνηση, το βάθος, την αντίθεση. Το σύστημα αυτό δεν ασχολείται καθόλου με το χρώμα αλλά μόνο με πληροφορίες φωτεινότητας και είναι το εξελικτικά παλαιότερο. Τα μικρά γάγγλια δημιουργούν το what system, το οποίο αναγνωρίζει αντικείμενα και πρόσωπα με χρώμα και λεπτομέρειες.

Όπως είπαμε το σύστημα της φωτεινότητας είναι εξελικτικά παλαιότερο και σε πολλά θηλαστικά το μοναδικό σύστημα επεξεργασίας. Αυτό σημαίνει ότι οι πληροφορίες που δίνει αρκούν για να μπορούμε να αντιληφθούμε τον κόσμο. Αυτό αποδεικνύεται εύκο-



**Εικόνα 4:** Giorgio de Chirico Αριάδνη. Το ισομετρικό άγαλμα αντιτίθεται στην προοπτική του υπόλοιπου τοπίου.

λα αν δούμε ένα από τα καλύτερα παραδείγματα χρήσης της φωτεινότητας, του Jean Auguste Dominique Ingres. Η εκδοχή φωτεινότητας του πίνακα είναι τόσο τέλεια ώστε δεν μπορούμε να είμαστε σίγουροι αν μιλάμε για φωτογραφία του πίνακα ή φωτογραφία της ίδιας της γυναίκας.

Για να φτάσουν σε αυτό όμως το επίπεδο οι καλλιτέχνες πέρασαν πολλά. Για να χρησιμοποιήσουν τη σκίαση σωστά πρέπει:

► να καταφέρουν να κρίνουν τη φωτεινότητα ανεξάρτητα από το χρώμα. Αυτό είναι πολύ δύσκολο να γίνει συνειδητά, να δούμε, δηλαδή, την εκδοχή φωτεινότητας μιας σκηνής, να τη δούμε ασπρόμαυρη. Ακόμη είναι δύσκολο κάποιες φορές να ξεχωρίσουμε αν ένα χρώμα είναι όντως φωτεινότερο από ένα άλλο ή αν έτσι φαίνεται στο μάτι μας. Για παράδειγμα χρώματα που είναι σπάνια σε μία σκηνή φαίνονται πιο φωτεινά, όπως ένα κόκκινο λουλουδί σε ένα λιβάδι.

► Πέρα όμως από αυτό το πρόβλημα υπάρχει η περαιτέρω πρόκληση να αναπαρασταθεί η πραγματική έκταση φωτεινότητας με χρωστικές που έχουν μικρότερη έκταση ανακλαστικότητας.

Πριν την Αναγέννηση αναμείγνυαν με λευκό τις χρωστικές για τα πιο φωτεινά σημεία και χρησιμοποιούσαν πιο κορεσμένα χρώματα για τις σκιάσεις. Το αποτέλεσμα όμως δεν ήταν ικανοποιητικό, καθώς για τα πιο σκουρόχρωμα μέρη, δεν μπορούσαν να πετύχουν τις επιθυμητές αντιθέσεις. Έτσι, σκουρόχρωμα ενδύματα, για παράδειγμα, φαινόταν εντελώς επίπεδα καθώς δεν διακρίνονταν οι πτυχώσεις τους.

Ο Leonardo da Vinci ήταν ο πρώτος που κατάφερε να δημιουργήσει ένα ομογενές, αληθοφανές ‘ανάγλυφο’ φωτεινότητας. Ζωγραφίζει το έργο με πιο φωτεινά χρώματα απ’ ότι το βλέπει, έτσι ώστε και οι πιο σκούρες σκιές να μπορούν να αναπαρασταθούν με επιτυχία. Πετυχαίνει έτσι μια ομοιογενή γκάμα αντίθεσης για όλο τον πίνακα. Η τεχνική αυτή ονομάστηκε chiaroscuro (chiaro: φωτεινός, oscuro: σκοτεινός).

Λίγα χρόνια αφότου ο da Vinci πέτυχε την τέλεια ενότητα, ο Michelangelo χρησιμοποιεί μια άλλη προσέγγιση: τα χρώματά του είναι έντονα και η αντίθεση των χρωμάτων των επιφανειών πολύ μεγαλύτερη απ’ ότι στην πραγματικότητα. Απ’ ότι βλέπουμε στο παράδειγμα της Αγίας Οικογένειας αυτή η μέθοδος δεν δημιουργεί μια ρεαλιστική απεικόνιση φωτεινότητας (η Παναγία του da Vinci μοιάζει αρκετά με φωτογραφία ενώ η Αγία Οικογένεια όχι) αλλά παρ’ όλα αυτά δημιουργεί την εντύπωση του τρισδιάστατου.

Μία ακόμη τεχνική που χρησιμοποιήθηκε για την αύξηση της λαμβανόμενης έκτασης φωτεινότητας ήταν αυτή της ‘αντίθετης σκίασης’ - countershading. Αυτή βασίζεται στο ότι τα κύτταρα του οπτικού μας συστήματος είναι περισσότερο ευαίσθητα σε απότομες παρά σε σταδιακές αλλαγές φωτεινότητας. Αντιλαμβανόμαστε σχετικές και όχι απόλυτες τιμές. Αν, λοιπόν, έχουμε ένα φόντο του οποίου η φωτεινότητα μεταβάλλεται σταδιακά παρατηρούμε το αντίθετο αποτέλεσμα στο πρώτο πλάνο. Στο παρακάτω παράδειγμα, το επάνω μέρος του κύκλου φαίνεται πιο φωτεινό από το κάτω, ενώ στην πραγματικότητα ολόκληρος ο κύκλος έχει το ίδιο γκρι χρώμα. Η ψευδαίσθηση δημιουργείται από την εναλλαγή στο φόντο.



**Εικόνα 5:** Jean Auguste Dominique Ingres Πορτρέιτο

Ο Rembrandt ήταν πρωτοπόρος σε αυτήν την τεχνική. Στο παράδειγμα του Διαλογιζόμενου Φιλοσόφου, το κεφάλι του φιλοσόφου φαίνεται πιο φωτεινό





είναι εντελώς αφύσικα. Όμως, εμείς αναγνωρίζουμε το αντικείμενο σαν πρόσωπο και όχι σαν ασυνάρτητες πινελίες.

Πού είναι, τελικά, το ενδιαφέρον σε όλα αυτά;

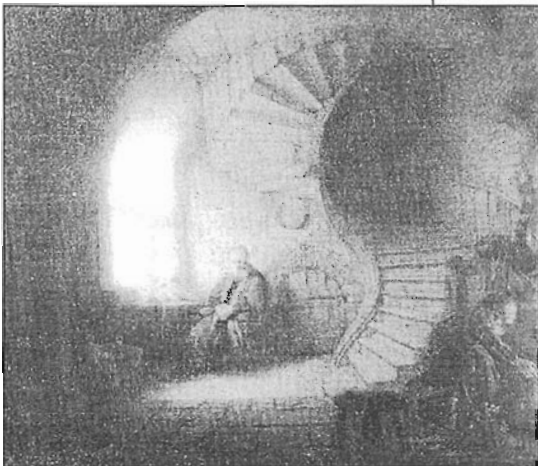
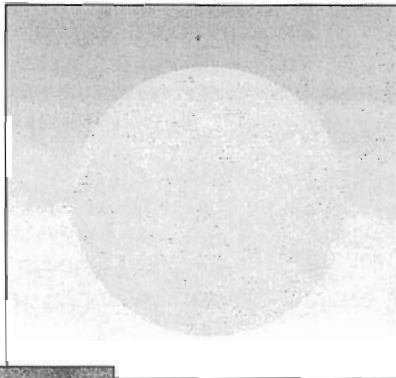
Αυτό που κάνει εντύπωση είναι ότι όλες αυτές οι εξηγήσεις που δώσαμε στα διάφορα φαινόμενα, βάσει της φυσιολογίας του εγκεφάλου, ανακαλύφθηκαν μόλις τα τελευταία 20 με 30 χρόνια. Οι καλλιτέχνες όμως, όπως είδαμε, χρησιμοποιούσαν τις τεχνικές για αιώνες. Ο εγκέφαλός μας είναι τόσο καλά προγραμματισμένος, ώστε όλα αυτά τα εκπληκτικά πράγματα που καταφέρνουμε τα θεωρούμε δεδομένα.

Ακόμη η επιστήμη κάνει τα πρώτα της βήματα στην εξερεύνηση του κόσμου του εγκεφάλου. Μπορούμε, λοιπόν, μόνο να φανταστούμε τι μας περιμένει αργότερα.

Μακαρονά Χριστίνα  
φοιτήτρια Τμ. Φυσικής

**Εικόνα 6:** Η Παναγία του Leonardo da Vinci και η Αγία Οικογένεια του Michelangelo

φωτεινό απ' ότι το κούφωμα στο παράθυρο ενώ στην πραγματικότητα συμβαίνει το αντίθετο. Όμως, το κεφάλι βρίσκεται σε πιο σκούρο φόντο απ' ότι το κούφωμα. Αν και το χρώμα του παραθύρου ανακλά μόνο 15 φορές περισσότερο φως απ' ότι αυτό στην κάτω αριστερή γωνία, μάς δίνεται η εντύπωση μιας πραγματικής σκηνής, όπου θα είχαμε πιθανότατα διαφορά αρκετών τάξεων μεγέθους στη φωτεινότητα.



**Εικόνα 7:** Rembrandt Διαλογιζόμενος Φιλόσοφος

Κάτι τελευταίο που ισχύει είναι ότι, εφόσον υπεύθυνη για την αντίληψη του βάθους είναι η φωτεινότητα και όχι το χρώμα, είμαστε σε θέση να αναπαραστήσουμε πειστικά τρισδιάστατα αντικείμενα με ότι χρώμα θέλουμε, αρκεί οι φωτεινότητες να είναι σωστές. Σας θυμίζει κάτι; Αυτό ακριβώς έκαναν οι φωβιστές. Το πρόσωπο της γυναίκας στον πίνακα του Matisse φαίνεται, στην εκδοχή φωτεινότητας, φυσιολογικό. Αν φερούμε, όμως, στο μυαλό μας τον ίδιο τον πίνακα θα δούμε ότι τα χρώματα που χρησιμοποιήθηκαν



**Εικόνα 8:** Henry Matisse Γυναίκα με καπέλο

## Κάνοντας υποθέσεις ενώ έρχεται το απόγευμα

ΙΣΩΣ Να βραδιάσει πάλι, όπως και χτες.  
ΣΩΣ Τα, κάθε μέρα τα ίδια, σχεδόν.  
ΩΣ Που να έρθει και πάλι ο ήλιος ως συνήθω  
Σ  
ΣΩ Βρακο κρεμάμενο στο σκοινί των γεωδαισιακών καμπυλών  
ΣΩΣ τερψιφόρα που γεύεσαι από μνήμης όποτε θελήσεις  
ΣΩΣΙ Βιο που επιπλέει πάνω απ' τον αέρα που αναπνέω

ΙΣΩΣ αν ήμουν πλανήτης να υπολόγιζα τις ώρες για κλάσματα δευτερολέπτου.

ΑΝ όμως ήμουν ένα αργοκίνητο μικροσκοπικό κομμάτι αστροσκονης;

ΙΣΩΣ αν δεν κάπνιζα να απολάμβανα το Χειμώνα...

ΥΠΟΘΕΤΩ πως αν δε με πονούσε το δόντι δε θα έγραφα τα παραπάνω

ΑΝ δεν υπήρχαν οι τaráτσες απέναντι- με όλες αυτές τις θλιβερές κεραιές καρφωμένες πάνω τους- πάντως ο ήλιος θα έδειχνε πιο ελεύθερος και θα είχα την ευχαρίστηση να τον ατενίζω για περισσότερη ώρα. Τώρα μοιάζει με φωτεινό μπαλάκι που τείνει να βουλιάξει στο μπετόν. Καμιά φορά τον παρατηρώ καθώς τον σουβλίζουν αυτές οι άχαρες κεραιές. Ύστερα ο ουρανός παίρνει αυτή την πορτοκαλή απόχρωση που βλέπεις στο νερό όταν αιμορραγείς.

ΦΑΝΤΑΖΟΜΑΙ πως κάποτε τα παιδιά θα διδάσκονται για τη μορφολογία της επιφάνειας του πλανήτη η οποία θα διαιρείται σε τρία στρώματα: μορφολογία βυθού-θάλασσας, ξηράς και του ανώτερου στρώματος, του τσιμέντου. «ΟΙ ΚΕΡΑΙΕΣ ΔΕΣΜΕΥΟΥΝ ΤΑ ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΙΚΟΝΩΝ» θα διηγείται ένα απόσπασμα του κεφαλαίου που θα 'ναι αφιερωμένο στις κεραιές με θέμα την εικονοσύνθεση, επεξηγώντας πόσο βαρυσήμαντη είναι η συγκεκριμένη λειτουργία για την ανθρώπινη ζωή.

ΙΣΧΝΑ, ακούγεται κάτι...

ΜΑΛΛΟΝ η τηλεόραση. Συγκεντρώνομαι στην αίσθηση της ακοής μου από περιέργεια. Κάποιοι τηλεπαρουσιαστής. Τα μαθήματα ορθοφωνίας εκτέλεσαν την αποστολή τους επιτυχώς. Πανευτυχής ανακοινώνει:

-Καλό σας απόγευμα!

Ν. Καρακούσης  
φοιτητής Τμ. Φυσικής



### Orion Blues

Τριγυρίζεις μόνη  
Αγάπη θλιμμένη  
Ομορφιά μακρινή  
Ζεστή σαν απαλή μελωδία καλοκαιριού

Θυμάμαι τα βήματά σου στην άμμο  
Σκοτάδι  
Και τη θάλασσα να νανουρίζει τα όνειρά σου  
Κι εκείνη η δροσιά γύρω απ' τα μάτια σου  
Ν' ανάβει μια φλόγα στο στήθος μου

Ξαπλωμένοι σ' ένα κρεβάτι  
"Ο Betelgeuse κι ο Rigel" σου είπα  
Και τα τρία αστέρια ανάμεσά τους, που κάποτε κατέβασα στο χέρι μου

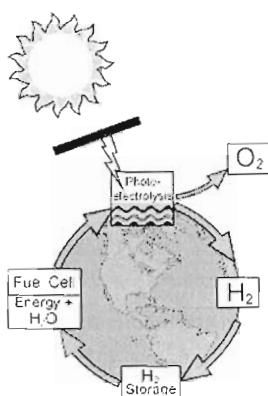
Η πιο δύσκολη ώρα λίγο πριν ξημερώσει  
Πάντα φοβάμαι μήπως δε βγει ο ήλιος  
Και πάντα βλέπω το χαμόγελό σου  
Και τα γυμνά σου πόδια  
Και την καρδιά μου να χτυπάει  
Μα πάντα χάνεσαι  
Και δεν ξέρω αν είσαι όνειρο  
Ή ο έρωτας που από μικρός είχα ποθήσει

Γ. Χατζηβαντζίδης  
Υποψ. Διδ. Τμ. Φυσικής



## Κυψέλες καυσίμου

### ενέργεια καθαρή σαν το νερό



Θα έχετε σίγουρα ακούσει για τις κυψέλες καυσίμου ή αλλιώς fuel cells οι οποίες αυτήν την στιγμή δοκιμάζονται σε φορητές συσκευές αλλά και στα αυτοκίνητα, προμηθύνοντας τον αντικαταστάτη των μπαταριών και των ορυκτών καυσίμων με μια αξιοσημείωτη διαφορά, το ότι την παραγωγή ενέργειας δεν συνοδεύει κάποιο βλαβερό

### Τι είναι η κυψέλη καυσίμου;

Η κυψέλη καυσίμου δεν είναι τίποτα άλλο από μια ηλεκτροχημική συσκευή μετατροπής ενέργειας, η οποία μετατρέπει το οξυγόνο και το υδρογόνο σε νερό, παράγοντας συγχρόνως ηλεκτρική ενέργεια. Η διαφορά με τις μπαταρίες που και αυτές χρησιμοποιούν χημικές αντιδράσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, είναι ότι όταν η μπαταρία τελειώσει την πετάμε ή την φορτίζουμε, ενώ στις κυψέλες καυσίμου τα χημικά στοιχεία που απαιτούνται, ρέουν συνεχώς μέσα στην κυψέλη και έτσι έχουμε πάντα την δυνατότητα παραγωγής ενέργειας.

Το ρεύμα που παράγουν οι κυψέλες καυσίμου είναι DC, οπότε μπορεί εύκολα να τροφοδοτήσει κινητήρες, λάμπες και πολλές άλλες συσκευές καθημερινής χρήσης. Έχουν αναπτυχθεί πολλά είδη κυψελών καυσίμου τα οποία κατατάσσονται ανάλογα με τον ηλεκτρολύτη που χρησιμοποιούν και το είδος της εφαρμογής που προορίζονται.

Η **κυψέλη καυσίμου μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων** (PEMFC) αποτελεί την πιο υποσχόμενη τεχνολογία κυψελών καυσίμου και είναι πολύ πιθανό να είναι αυτή που θα χρησιμοποιηθεί στα αυτοκίνητα στο μέλλον ή ακόμη και στα σπίτια. Χρησιμοποιεί την πιο απλή χημική αντίδραση από όλες τις άλλες κυψέλες και αποτελείται από:

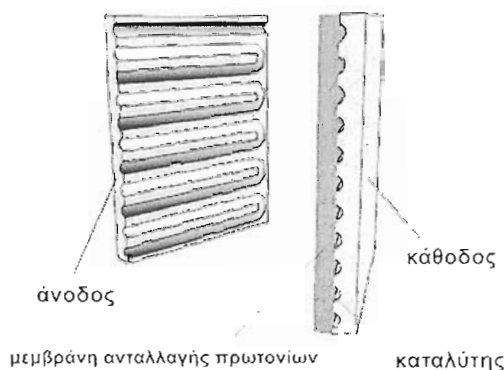
**α) Την άνοδο**, η οποία άγει τα ηλεκτρόνια τα οποία απελευθερώνονται από τα μόρια του υδρογόνου ώστε να χρησιμοποιηθούν σε ένα εξωτερικό κύκλωμα. Στο εσωτερικό της έχει κανάλια τα οποία βοηθούν στο να διασκορπιστεί το αέριο υδρογόνο ομοιογενώς στην επιφάνεια του καταλύτη.

**β) Η κάθοδος**, η οποία αποτελεί τον θετικό ακροδέκτη της κυψέλης καυσίμου και η οποία περιέχει και αυτή κανάλια τα οποία διαχέουν ομοιόμορφα το οξυγόνο στην επιφάνεια

του καταλύτη. Επιπλέον άγει τα ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα πάλι μέσα στην κυψέλη, όπου επανασυνδέονται με τα ιόντα του υδρογόνου και του οξυγόνου παράγοντας νερό.

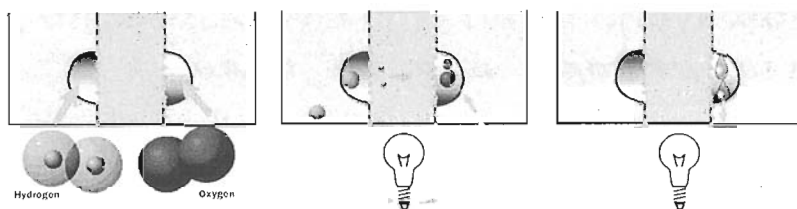
**γ) Τον ηλεκτρολύτη**, ο οποίος είναι η μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων. Αυτό το ειδικό υλικό είναι δυνατό να άγει μόνο θετικά φορτισμένα ιόντα, μπλοκάροντας τα ηλεκτρόνια.

**δ) Ο καταλύτης** είναι και αυτός ένα ειδικό υλικό το οποίο διευκολύνει την αντίδραση του υδρογόνου και του οξυγόνου. Συνήθως είναι φτιαγμένος από σκόνη λευκόχρυσου η οποία καλύπτει σε λεπτό στρώμα μια λεπτή επιφάνεια άνθρακα. Η επιφάνεια του καταλύτη είναι τραχιά και πορώδεις, έτσι ώστε η μέγιστη δυνατή επιφάνεια του καταλύτη να έρχεται σε επαφή με το υδρογόνο και το οξυγόνο. Η επιφάνεια που είναι επικαλυμμένη με λευκόχρυσο εφάπτεται με την μεμβράνη ανταλλαγής πρωτονίων.



### Πως λειτουργεί μια κυψέλη καυσίμου;

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται πως λειτουργεί μια κυψέλη καυσίμου. Αέριο υδρογόνο υπό πίεση μπαίνει στην κυψέλη από την άνοδο. Το αέριο περνάει μέσα από τον καταλύτη υπό την πίεση που έχει. Όταν ένα μόριο υδρογόνου έρχεται σε επαφή με τον λευκόχρυσο του καταλύτη, χωρίζεται σε δύο κατιόντα υδρογόνου και δύο ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια μέσω της ανόδου τροφοδοτούν το εξωτερικό κύκλωμα παράγοντας χρήσιμο έργο και έπειτα επιστρέφουν στην κάθοδο. Εντωμεταξύ τα μόρια του αερίου οξυγόνου στην κάθοδο περνάνε από τον καταλύτη και σχηματίζουν δύο άτομα οξυγόνου. Κάθε ένα από αυτά τα άτομα έχει ένα ισχυρό αρνητικό φορτίο. Έτσι αυτό το φορτίο έλκει τα κατιόντα υδρογόνου μέσα από την μεμβράνη όπου συνδυάζονται με ένα άτομο οξυγόνου και με δύο ηλεκτρόνια από το εξωτερικό κύκλωμα σχηματίζοντας ένα μόριο νερού.

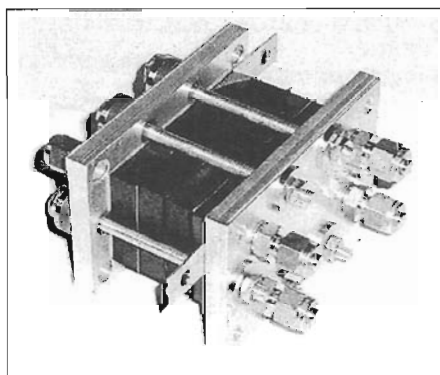


Αυτή η αντίδραση σε μια κυψέλη καυσίμου είναι ικανή να παράγει μόνο 0,7V. Έτσι για να παραχθεί μια αξιοποιήσιμη τάση, πολλές κυψέλες συνδέονται μεταξύ τους. Αυτού του είδους οι κυψέλες λειτουργούν σε θερμοκρασία 80°, οπότε φθάνουν εύκολα αυτήν την θερμοκρασία, χωρίς να χρειάζεται κάποιο ιδιαίτερο διάστημα προθέρμανσης. Καθώς τα υλικά και οι τεχνικές βελτιώνονται, έχει αυξηθεί η ενεργειακή πυκνότητα των κυψελών σε σημείο που μια κυψέλη σε μέγεθος μιας μικρής αποσκευής να μπορεί να τροφοδοτήσει ένα αυτοκίνητο.

### Προβλήματα που συναντώνται

Το κυρίως πρόβλημα με αυτού του είδους τις κυψέλες είναι η τροφοδοσία τους με υδρογόνο, ενώ η τροφοδοσία τους με οξυγόνο είναι σχετικά εύκολη υπόθεση αφού γίνεται απευθείας από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Αυτό συμβαίνει γιατί είναι δύσκολο να μεταφερθεί και να αποθηκευτεί το υδρογόνο κάνοντας μη πρακτική την χρήση του. Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιούνται άλλα πρωτογενή στοιχεία που παράγουν υδρογόνο ικανό να χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει μια κυψέλη καυσίμου. Υδρογόνο επίσης είναι δυνατόν να παραχθεί με ηλεκτρόλυση την οποία θα τροφοδοτεί φωτοβολταϊκό στοιχείο κάνοντας το σύστημα απόλυτα αυτόνομο. Επίσης ερευνά γίνεται πάνω στην χρήση του **φυσικού αερίου** και της **μεθανόλης** ως καυσίμου ικανού να τροφοδοτήσει μια κυψέλη καυσίμου.



### Απόδοση των κυψελών καυσίμου

Η μη ύπαρξη ρύπων για την παραγωγή της ενέργειας είναι ο πρώτος και βασικός στόχος μιας κυψέλης καυσίμου. Ωστόσο πετυχαίνοντας και μια καλή απόδοση θα κάνει τις κυψέλες καυσίμου σημαντικό μέσο για την μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται στις μηχανές εσωτερικής καύσης. Συγκρίνοντας ένα αυτοκίνητο που χρησιμοποιεί κυψέλες καυσίμου με ένα αυτοκίνητο βενζίνης και ένα αυτοκίνητο με μπαταρία μπορούμε να δούμε πως οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να αυξήσουν την απόδοση των σημερινών αυτοκινήτων.

### Ηλεκτρικό αυτοκίνητο με κυψέλες καυσίμου

Εάν η κυψέλη τροφοδοτείται με καθαρό υδρογόνο τότε η απόδοση της είναι πάνω από 80%, που σημαίνει ότι μετατρέπει το 80% της ενέργειας του υδρογόνου σε χρήσιμη ηλεκτρική ενέργεια. Όμως όπως είπαμε προηγουμένως το υδρογόνο είναι δύσκολο να αποθηκευτεί στο αυτοκίνητο. Εάν χρησιμοποιήσουμε κάποιο άλλο στοιχείο που θα μας παράγει το υδρογόνο π.χ μεθανόλη, η τελική απόδοση πέφτει στο 30-40%. Επιπλέον η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται πρέπει να μετατραπεί σε μηχανική μέσω ενός ηλεκτρικού κινητήρα. Μια αντιπροσωπευτική τιμή της απόδοσης του ηλεκτρικού κινητήρα είναι 80% για την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μηχανική. Αυτό μας δίνει μια ολική απόδοση τις τάξεως του **24%** έως **32%**.

### Αυτοκίνητο με μηχανή εσωτερικής καύσης

Η απόδοση ενός τέτοιου αυτοκινήτου είναι εκπληκτικά μικρή. Αυτό μπορούμε να το καταλάβουμε από την θερμότητα που αναπτύσσουν τα διάφορα εξαρτήματα και η οποία είναι χαμηλή ενέργεια που εκλύεται στο περιβάλλον. Έτσι η ολική απόδοση ενός τέτοιου αυτοκινήτου είναι γύρω στο **20%**. Αυτό σημαίνει ότι μόνο το 20% της θερμικής ενέργειας της βενζίνης μετατρέπεται σε μηχανική ενέργεια για την κίνηση του αυτοκινήτου.

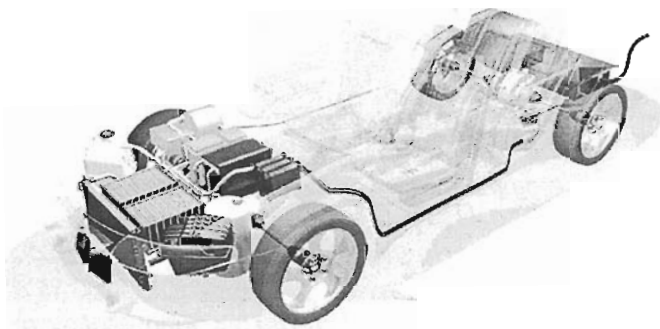
### Ηλεκτρικό αυτοκίνητο με συστοιχία μπαταριών

Αυτό το είδος του αυτοκινήτου έχει μεγάλη απόδοση της τάξης του 72%. Αλλά αυτό δεν πρέπει να μας ξεγελά με μια πρώτη ματιά αφού κάπως θα πρέπει να παραχθεί η ενέργεια που θα φορτίσει τις μπαταρίες. Αν θεωρήσουμε ότι η ενέργεια παράγεται από ένα θερμοηλεκτρικό εργοστάσιο, τότε μόνο το 40% της θερμότητας μετατρέπεται τελικά ηλεκτρική ενέργεια. Επιπλέον για την φόρτιση της μπαταρίας πρέπει να μετατραπεί το εναλλασσόμενο ρεύμα σε συνεχές, μια διαδικασία που στην καλύτερη περίπτωση έχει απόδοση 90%. Έτσι η συνολική

απόδοση ενός τέτοιου κύκλου λειτουργίας πέφτει στο **26%**. Όμως εάν η ηλεκτρική ενέργεια παραχθεί από ένα υδροηλεκτρικό εργοστάσιο τότε η απόδοση του συνολικού κύκλου ανεβαίνει στο 65%.

### **Είναι δυνατόν αυτή η μικρή διαφορά απόδοσης να αλλάξει μια παγιωμένη αντίληψη;**

Αμέσως θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι η διαφορά στην απόδοση μεταξύ των τριών αυτών αυτοκινήτων είναι μικρή. Αυτό που πρέπει να συγκρατήσουμε είναι ότι τελικά όλος ο κύκλος μετατροπής της ενέργειας από την μια μορφή στην άλλη είναι αυτός που καθορίζει την τελική απόδοση. Θα μπορούσαμε να πάμε και ένα βήμα παραπάνω και να δούμε την απόδοση που έχουμε κατά την φάση παραγωγής της μεθανόλης, της βενζίνης ή του λιγνίτη που χρησιμοποιείται στα θερμοηλεκτρικά εργοστάσια.



Όμως η απόδοση δεν είναι το μόνο που θα πρέπει να μας απασχολήσει. Δυστυχώς η καλύτερη ενεργειακή απόδοση ενός αυτοκινήτου δεν είναι ο λόγος που θα έκανε κάποιον να προτιμήσει ένα αυτοκίνητο από ένα άλλο. Οι κύριες ερωτήσεις ενός υποψήφιου αγοραστή για να αποφασίσει για την αγορά ενός αυτοκινήτου είναι:

- ✓ Είναι το αυτοκίνητο γρήγορο, ανεφοδιάζεται γρήγορα;
- ✓ Μπορεί να διανύσει ικανοποιητική απόσταση μεταξύ δύο ανεφοδιασμών;
- ✓ Είναι το ίδιο γρήγορο όσο τα άλλα αυτοκίνητα στον δρόμο;
- ✓ Πόση μόλυνση προκαλεί;

συμπεριλαμβάνοντας πολλούς ακόμη παράγοντες. Έτσι για να μπορέσει ένα αυτοκίνητο να αντικαταστήσει τα υπάρχοντα πρέπει να ισορροπήσει μεταξύ απόδοσης και πρακτικής χρήσης.

### **Άλλες τεχνολογίες κυψελών καυσίμου.**

- ✓ **Alkaline fuel cell (AFC):** Η τεχνολογία αυτή είναι από τις πιο παλιές και χρησιμοποιείται από το 1960. Απαιτεί δε καθαρό οξυγόνο και υδρογόνο να την λειτουργία της. Επιπλέον το κόστος της είναι υψηλό, οπότε δεν είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ευρέως.
- ✓ **Phosphoric-acid fuel cell (PAFC):** Η τεχνολογία αυτή είναι προτιμότερη για χρήση σε σταθερές εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας. Λειτουργεί σε υψηλότερες θε-

μοκρασίες από την PEM και άρα χρειάζεται μεγαλύτερο χρόνο προθέρμανσης. Έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα αυτοκίνητα.

- ✓ **Solid oxide fuel cell (SOFC):** Αυτή η τεχνολογία προορίζεται για την παραγωγή ενέργειας σε μεγάλους σταθμούς και αυτό γιατί λειτουργεί στους 1000°C. Έτσι θα μπορούσε αυτή η θερμότητα να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει τις υπάρχουσες τουρμπίνες με ατμό ώστε να βελτιωθεί και άλλο η απόδοση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
- ✓ **Molten carbonate fuel cell (MCFC):** και αυτή η τεχνολογία προορίζεται για παραγωγή ενέργειας σε μεγάλους σταθμούς, αφού έχει θερμοκρασία λειτουργίας 600°C. Λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας λειτουργίας δεν χρειάζονται ειδικά υλικά όπως στην τεχνολογία SOFC.

### **Άλλες εφαρμογές των κυψελών καυσίμου**

Εκτός από τα αυτοκίνητα που χρησιμοποιούν κυψέλες, τα οποία θα αρχίσουν να εμφανίζονται μέσα στο 2005, οι κυψέλες καυσίμου μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλά άλλα πεδία



όπως στους φορητούς υπολογιστές και στα κινητά τηλέφωνα κάνοντας τα να έχουν μεγαλύτερη αυτονομία και να ανεφοδιάζονται άμεσα.

Λεωφορεία με κυψέλες καυσίμου ήδη κυκλοφορούν σε διάφορες πόλεις όπως επίσης διάφορες εταιρίες κατασκευάζουν γεννήτριες που θα χρησιμοποιούν φυσικό αέριο για την παραγωγή ενέργειας της τάξεως των 7KW, ικανή να καλύψει τις ενεργειακές ανάγκες εγκαταστάσεων ή σπιτιών. Επιπλέον η θερμότητα που παράγεται από την κυψέλη καυσίμου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να θερμάνει το σπίτι ή το νερό, αξιοποιώντας και τις απώλειες τις μετατροπής.

Τέλος, υπάρχουν τεχνολογίες κυψελών που είναι ικανές να αντικαταστήσουν τις παρούσες μεθόδους παραγωγής ενέργειας στα εργοστάσια και ήδη σε πολλά νοσοκομεία και εγκαταστάσεις έχουν εγκατασταθεί μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με κυψέλες καυσίμου. Διαφαίνεται λοιπόν ότι οι κυψέλες καυσίμου θα αποτελέσουν τον πιο φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο παραγωγής ενέργειας για τον 21ο αιώνα προσθέτοντας συγχρόνως μια νότα αισιοδοξίας για το εγγύς μέλλον του μικρού μας πλανήτη.

Παπαδημητρίου Μιχάλης  
φοιτητής Τμήμ. Φυσικής

## Το Σύμπαν σε έναν Υπολογιστή

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που συναντά η σύγχρονη Αστροφυσική και η Κοσμολογία, είναι η χρονική εξέλιξη των φαινομένων που παρατηρούνται. Ως γνωστό, τα φαινόμενα αυτά εξελίσσονται σε μια χρονική περίοδο πολύ μεγάλης κλίμακας, έως και μερικά δισεκατομμύρια χρόνια. Κατά συνέπεια, ο μόνος τρόπος που υπάρχει για τη μελέτη αυτών των φαινομένων είναι οι προσομοιώσεις.

Οι προσομοιώσεις αυτές έχουν να κάνουν κυρίως με την αλληλεπίδραση μιας ποσότητας σωμάτων (για παράδειγμα αστέρων) υπό την επίδραση των βαρυτικών πεδίων που δημιουργούνται από τα ίδια τα σώματα. Είναι οι επονομαζόμενες προσομοιώσεις N-σωμάτων (N-Body simulations) και στο παρόν άρθρο θα αναφερθεί το πώς δουλεύει ένα τέτοιο πρόγραμμα και τι χρειάζεται για να κατασκευαστεί ένας κώδικας N-σωμάτων. Η χρησιμότητά τους είναι τεράστια: από συγκρούσεις γαλαξιών, μέχρι αστρική δημιουργία, πλανητική δημιουργία, εκρήξεις αστέρων, αλλά φυσικά και σενάρια γέννησης του Σύμπαντος και δημιουργίας γαλαξιών.

Οι παράγοντες που χρειάζονται να ληφθούν υπόψιν για έναν ολοκληρωμένο κώδικα N-σωμάτων είναι δύο: αστρική δυναμική και υδροδυναμική αερίων. Συνήθως όμως χρειάζεται και μια τρίτη συνιστώσα, η υδροδυναμική της αστρικής δημιουργίας, εάν τυχόν η χρονική εξέλιξη που θέλουμε είναι τάξης μερικών εκατομμυρίων ετών.

### Αστρική δυναμική

Στην αστρική δυναμική η διαδικασία είναι αρκετά στερεότυπη: λύνουμε την εξίσωση Poisson με δεδομένη συνάρτηση πυκνότητας και εφαρμόζουμε τα αποτελέσματα στο δεύτερο νόμο του Νεύτωνα για την εξαγωγή των εξισώσεων κίνησης. Αναλυτικότερα, αν υποθέσουμε κιόλας ότι έχουμε αστρικές συγκρούσεις, θα ξεκινήσουμε όπως παρακάτω.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια συνάρτηση  $f(\vec{r}, \vec{v}, t)$  που εκφράζει την κατανομή ενός συστήματος (συνάρτηση κατανομής – distribution function), που αποτελείται από σώματα μάζας  $m$ . Σύμφωνα με την εξίσωση Vlasov, η οποία είναι η εξίσωση του Boltzmann με συγκρούσεις, θα έχουμε:

$$\frac{df(\vec{r}, \vec{v}, t)}{dt} = \frac{ff(\vec{r}, \vec{v}, t)}{ft} + \vec{v} \cdot \nabla f(\vec{r}, \vec{v}, t) - \nabla \phi(\vec{r}) \frac{ff(\vec{r}, \vec{v}, t)}{f\vec{v}} = 0 \quad (1)$$

όπου  $\phi(\vec{r})$  είναι το βαρυτικό δυναμικό. Αυτό το δυναμικό μπορεί να βρεθεί λύνοντας την εξίσωση Poisson:

$$\nabla^2 \phi(\vec{r}) = 4\pi G\rho \quad (2)$$

όπου  $\rho$  είναι η πυκνότητα. Η πιο απλή μέθοδος για τον υπολογισμό της πυκνότητας είναι ο υπολογισμός του ολοκληρώματος:

$$\rho(\vec{r}) = M \iiint f(\vec{r}, \vec{v}) \cdot d^3\vec{v} \quad (3)$$

Εδώ,  $M$  είναι η συνολική μάζα των σωμάτων που θέλουμε να

προσομοιώσουμε. Ωστόσο, η συνάρτηση πυκνότητας μπορεί να υπολογιστεί με διάφορες μεθόδους εξαρτώμενη κυρίως από τη φύση του κώδικα N-σωμάτων που θέλουμε να κατασκευάσουμε.

Έτσι, το σύστημα των εξισώσεων που θέλουμε να προσομοιώσουμε αριθμητικά, είναι το (1), (2) και (3). Λύνοντας τις εξισώσεις αυτές, είναι εύκολο να υπολογιστούν οι τροχιές των σωμάτων με βάση την παρακάτω διαφορική εξίσωση:

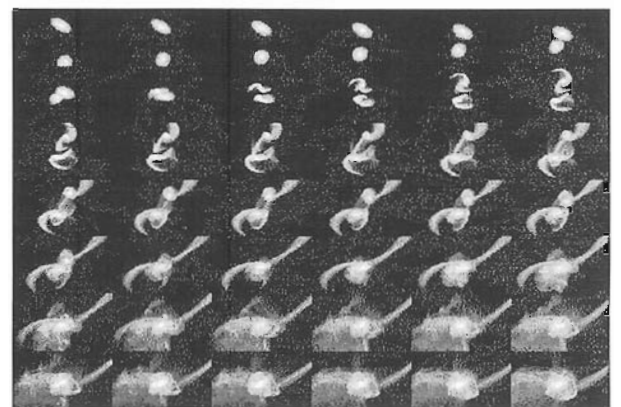
$$\ddot{\vec{r}} = \vec{F} = -\nabla \phi(\vec{r}) \quad (4)$$

όπου  $\vec{F}$  είναι η βαρυτική δύναμη. Η εξίσωση (4) είναι φυσικά ο δεύτερος νόμος του Νεύτωνα.

Για να ολοκληρωθεί τώρα η λύση των διαφορικών εξισώσεων, χρειάζονται οι αρχικές συνθήκες. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος για να τεθούν αυτές οι συνθήκες, είναι μέσω των προσεγγίσεων Zeldovich (Zeldovich approximation). Αυτή η προσέγγιση περιγράφει τη μη γραμμικότητα που έχει η βαρυτική εξέλιξη του συστήματος. Σε αυτή την προσέγγιση η αρχική κατανομή μάζας υποθέτουμε ότι είναι ομογενής και μπορεί και υπόκεινται σε συγκρούσεις.

### Αποτελέσματα προσομοιώσεων

Το μέρος αυτό του άρθρου είναι ίσως το πιο ελκυστικό. Και αυτό γιατί εδώ παρουσιάζονται τα εντυπωσιακά αποτελέσματα των προσομοιώσεων. Δυστυχώς η μαγεία της κίνησης από video χάνεται με τις φωτογραφίες, αλλά μπορεί να γίνει κατανοητό ένα μέρος των αποτελεσμάτων. Στον χάρτη της εικόνας 1 που δείχνει τη σειρά των γεγονότων μιας σύγκρουσης δύο γαλαξιών, φαίνεται η χρονική εξέλιξη του συστήματος.



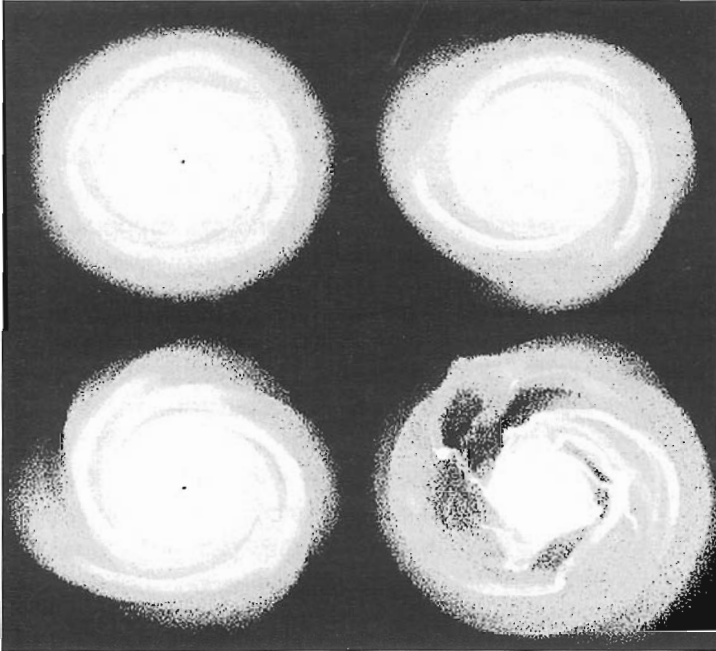
Στην προσομοίωση αυτή έχουμε τεμαχίσει τους δύο γαλαξίες σε μερικά εκατομμύρια κομμάτια και έχουμε εισαγάγει τις εξισώσεις κίνησης, όπως συζητήθηκε και παραπάνω. Οι εικόνες έχουν τοποθετηθεί με αύξουσα χρονική σειρά από τα αριστερά προς τα δεξιά. Τέτοια φαινόμενα σύγκρουσης γαλαξιών υπάρχουν άφθονα στο Σύμπαν, αν και ελάχιστα έχουν καταγραφεί. Κά-



πως έτσι ο Γαλαξίας μας θα συγκρουστεί με τον γαλαξία της Ανδρομέδας (ή M32). Στην πραγματικότητα, η παραπάνω προσομοίωση αντιπροσωπεύει εν μέρει τη σύγκρουση αυτή.

Όπως βλέπουμε, αρχικά έχουμε δύο μεμονωμένους γαλαξίες οι οποίοι έλκονται μεταξύ τους. Με τη σύγκρουση ο ένας περνά μέσα στον άλλο και ενώ πάνε να ξεφύγουν, τα ελκτικά τους κέντρα είναι τόσο ισχυρά ώστε τελικά συγχω-

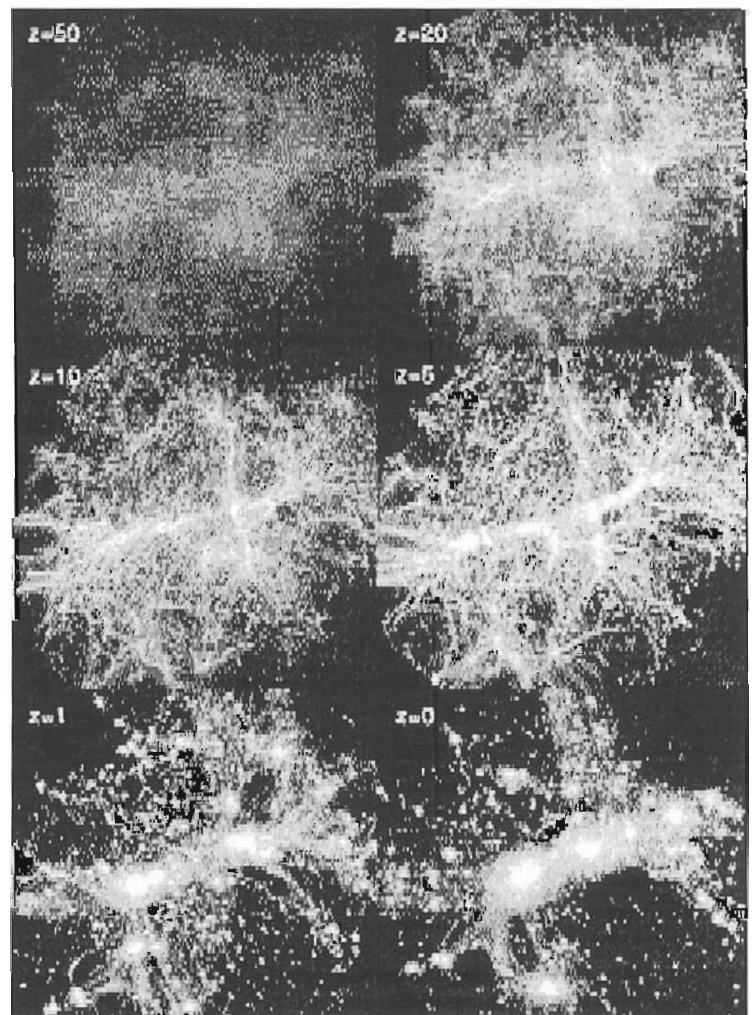
νεύονται. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται συγχώνευση γαλαξιών (galaxy merging) και είναι από τα πιο εντυπωσιακά φαινόμενα για προσομοίωση. Η εξέλιξη που φαίνεται εδώ είναι απόλυτα φυσιολογική και υπακούει σε όλους τους γνωστούς νόμους της φυσικής.



Όσον αφορά τον τρόπο δημιουργίας πλανητών, εδώ μπορούμε να δούμε την εικόνα 2. Το πλανητικό νέφος είναι επίπεδο. Σε μεμονωμένες περιπτώσεις δημιουργούνται τοπικές αστάθειες οι οποίες ουσιαστικά είναι τοπικές συγκεντρώσεις υλικού το οποίο, σύμφωνα με τα προλεγόμενα, παράγει εντονότερο βαρυτικό δυναμικό και άρα ισχυρότερες ελκτικές δυνάμεις. Καθώς συγκεντρώνεται ολοένα και περισσότερη ύλη στα σημεία εκείνα, δημιουργούνται οι πλανήτες.

Ένα τρίτο και τελευταίο παράδειγμα είναι αυτό της δημιουργίας της Τοπικής Ομάδας Γαλαξιών (Local Group). Η εικόνα 3 δείχνει τη χρονική εξέλιξη της δημιουργίας. Ο αριθμός  $z$  αντιπροσωπεύει την ηλικία του Σύμπαντος. Με  $z = 50$  έχουμε περί τα 10 δισεκατομμύρια χρόνια πριν, ενώ με  $z = 0$  συμβολίζουμε το σήμερα. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η σχέση ηλικίας και μετατόπισης  $z$  δεν είναι γραμμική. Στην εικόνα 3 αρχικά βλέπουμε τις «αρχικές συνθήκες» από τις οποίες ξεκίνησε το νέφος να διαταρράσσεται. Άρχισαν να δημιουργούνται τοπικές αστάθειες οι οποίες δημιούργησαν τα νήματα. Τα νήματα αυτά (πρώτα στάδια γαλαξιών) εξελίχθηκαν και δημιούργησαν τους γαλαξίες που βλέπουμε σήμερα. Ο δικός μας είναι ένας από αυτούς.

Θωμάς Γ. Μπίσιμπας  
φοιτητής Τμ. Φυσικής



## ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΤΗΣ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΑΕΡΟΣΚΑΦΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ SCRAMJET/RAMJET

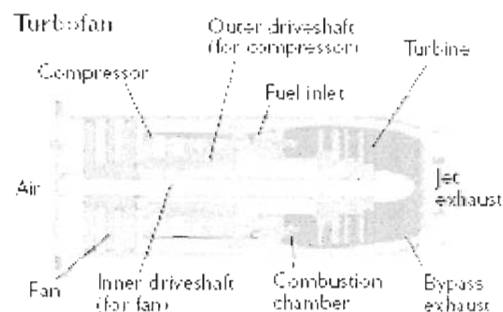
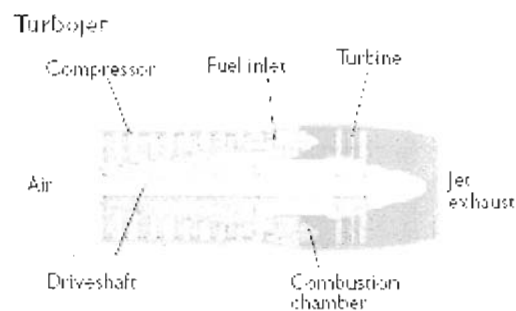
Καθώς ο 21<sup>ος</sup> αιώνας ξεδιπλώνεται μπροστά μας, μια νέα τεχνολογία προώθησης αεροσκαφών έρχεται να θέσει τα νέα πρότυπα στην αερομεταφορά και να μας προσφέρει ταξίδια σε ταχύτητες, αδιανόητες ακόμα και για το γρηγορότερο μαχητικό αεροσκάφος. Μιλάμε για την τεχνολογία scramjet (η λέξη προκύπτει από το ακρωνύμιο των supersonic combustion ramjet). Η τεχνολογία αυτή, όσο κι αν φαίνεται απίστευτο, δεν χρησιμοποιεί κινούμενα μηχανικά μέρη και βρίσκεται υπό ανάπτυξη εδώ και αρκετά χρόνια (διάφορες πηγές του διαδικτύου, τοποθετούν την μελέτη της τεχνολογίας αυτής να ξεκινά περί την δεκαετία του '50 – '60), μετά δε την ολοκλήρωση των πειραματικών δοκιμών, οι κινητήρες που θα υλοποιούν την τεχνολογία αυτή θα δίνουν την δυνατότητα κάλυψης εκατοντάδων χιλιομέτρων σε διάρκεια όχι περισσότερη των λίγων λεπτών, και μάλιστα σε κόστος υποφερτό από οποιοδήποτε μέσο ταξιδιώτη.

Τον Μάρτιο του 2004 (27-3-2004), έγινε ένα ακόμα βήμα προς την πραγματοποίηση του στόχου αυτού, καθώς ένα πειραματικό αεροσκάφος X43 της NASA χρησιμοποιώντας την τεχνολογία αυτή, πέταξε ανοιχτά των ακτών της Καλιφόρνια. Το πειραματικό αεροσκάφος μεταφέρθηκε σε ύψος 40000ft από ένα B52 όπου και αφέθηκε ελεύθερο. Ένας πυραυλοκινητήρας έστειλε το X43 στα 95000ft, όπου και αποκολλήθηκε από το σώμα του. Η προβλεπόμενη διάρκεια λειτουργίας του scramjet του X43 ήταν 10sec, και μετά την ενεργοποίησή του, το αεροσκάφος έφτασε σε ταχύτητα 7Mach ή 5000mph. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από αυτήν την σύντομη αλλά κατά τα άλλα πολύ σημαντική πτήση, αξιολογούνται κατάλληλα, ώστε να καταστεί δυνατή η κατασκευή ενός αεροσκάφους που να υλοποιεί την τεχνολογία αυτή, μέσα στην επόμενη δεκαετία.

Η ιστορία της τεχνολογίας αυτής, ξεκινά όπως είδαμε και παραπάνω την δεκαετία του '50, οπότε η NASA ξεκίνησε την ανάπτυξη ενός πρότυπου κινητήρα σε συνεργασία με τον στρατό και το ναυτικό των Ηνωμένων Πολιτειών. Από τότε πολλά παρόμοια προγράμματα συνέβαλαν στην πρόοδο των scramjet. Από τα σημαντικότερα προγράμματα, ήταν αυτό της NASA που ξεκίνησε το 1986 και είχε ως σκοπό την ανάπτυξη ενός κινητήρα ο οποίος θα άγγιζε την ταχύτητα των 15Mach. Το πρόγραμμα αυτό τελείωσε το 1993, αλλά η εμπειρία που αποκομίστηκε από την μελέτη ενός τέτοιου κινητήρα, βοήθησε τα μέγιστα στην πρόσφατη πτήση του X43 καθώς ο scramjet του αεροσκάφους ήταν μια τροποποιημένη έκδοση του υπό μελέτη κινητήρα του προγράμματος της NASA.

Προσομοιωμένες πτήσεις ενός scramjet τροφοδοτούμενου με καύσιμα υδρογονάνθρακα, πραγματοποιήθηκαν το 2001 από την Αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών και την ιδιωτική εταιρεία Pratt & Whitney, και προσέγγισαν ταχύτητες στην περιοχή 4.5 – 6.5 Mach. Η ίδια κοινοπραξία το 2003 παρουσίασε έναν scramjet κατασκευασμένο από κράμα νικελίου, ο οποίος ψύχονταν από το ίδιο το καύσιμό του.

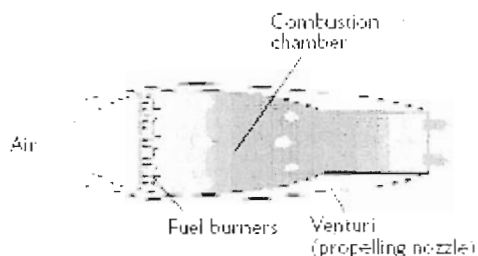
Τι ακριβώς είναι όμως ένας SCRamjet; Τόσο οι πυραυλοκινητήρες όσο και οι στροβιλοκινητήρες των σημερινών αεροσκαφών, χρησιμοποιούν ένα μίγμα καυσίμου και οξειδωτή για να δημιουργήσουν ώση. Η διαφορά μεταξύ των δυο, είναι ότι οι πυραυλοκινητήρες κουβαλάν τον οξειδωτή μέσα τους, ενώ οι στροβιλοκινητήρες χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Σε έναν κινητήρα turbojet, ο αέρας περνά μέσα από έναν συμπιεστή, κατόπιν αναφλέγεται και διέρχεται από τον στρόβιλο. Ένα μέρος της ενέργειας ροής καταναλώνεται για την κίνηση του συμπιεστή. Σε έναν κινητήρα turbofan, υπάρχει ένας επιπλέον στρόβιλος στην είσοδο του κινητήρα, ο οποίος οδηγεί ένα μέρος του αέρα που εισέρχεται με υψηλή ταχύτητα, στην εξάτμιση του κινητήρα, παρακάμπτοντας τον ίδιο τον κινητήρα. Σε έναν υπερηχητικό Ramjet, ο οποίος δεν χρησιμοποιεί κινούμενα μηχανικά μέρη, μεταβάλλουμε την πίεση του εισερχόμενου αέρα, υποβαθμίζοντας την ταχύτητά του σε υποχηχητικά επίπεδα, πριν την ανάφλεξη. Οι SCRamjet είναι Ramjets οι οποίοι κινούνται υπερηχητικά, αλλά η ροή του αέρα στο εσωτερικό είναι υπερηχητική.



Ανάλογα τώρα με τον σκοπό του αεροσκάφους, αλλά και την ψύξη του, καθορίζεται και ο τύπος του καυσίμου που θα χρησιμοποιηθεί. Για αεροσκάφη μικρής εμβέλειας χρησιμοποιείται καύσιμο υδρογονάνθρακα λόγω της

αποθηκευτικής ικανότητας αλλά κυρίως λόγω του ογκομετρικής ενεργειακής τους πυκνότητας. Σε αεροσκάφη μεγάλης εμβέλειας χρησιμοποιείται καύσιμο υδρογόνου, καθώς έχει μεγάλη ενεργειακή απόδοση ανά μονάδα μάζας, αλλά και λόγω της αυξημένης ικανότητάς του να απορροφά θερμότητα.

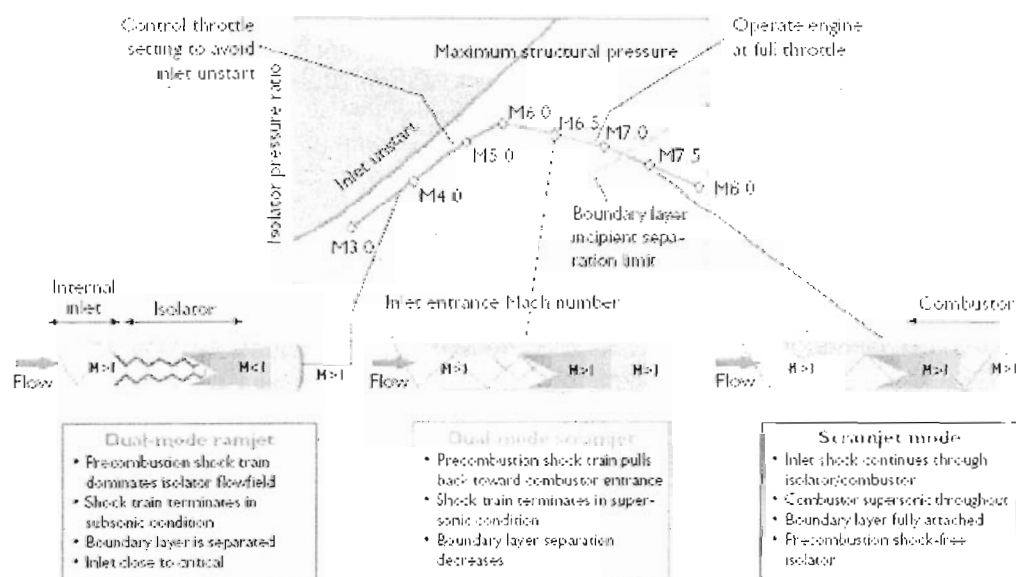
### Ramjet



Ας δούμε τώρα όμως αναλυτικότερα έναν κινητήρα SCRamjet. Σε ένα απλό κινητήρα Ramjet η υπερηχητική ροή επιβραδύνεται σε υποηχητικές ταχύτητες μέσω πολλαπλών κρουστικών κυμάτων εξαιτίας της αυξημένης πίεσης. Στην υποηχητική ροή κατόπιν, προστίθεται το καύσιμο, το μίγμα αναφλέγεται και τα καυσαέρια επιταχύνονται από ένα στόμιο μικρότερη διατομής από τον θάλαμο ανάφλεξης. Στην περίπτωση του SCRamjet, η ροή δεν επιβραδύνεται, αλλά παραμένει υπερηχητική. Έτσι δεν χρειαζόμαστε μικρότερη διατομή για την επιτάχυνση των καυσαερίων, και παράλληλα ο κινητήρας διατηρεί αυξημένη απόδοση σε μια μεγαλύτερη περιοχή υπερηχητικών ταχυτήτων. Οι τελευταίοι κινητήρες τύπου SCRamjet μπορούν να λειτουργήσουν και ως Ramjet αλλά και ως SCRamjet, ενώ κατά την διάρκεια της πτήσης μπορούν να εναλλάξουν τον τρόπο λειτουργίας τους.

Από κατασκευαστικής άποψης, οι κινητήρες SCRamjet παρέχουν την πιο ολοκληρωμένη πρόταση. Ο κινητήρας καλύπτει την κατώτερη επιφάνεια του αεροσκάφους και αποτελείται από την είσοδο, τον απομονωτή, τον θάλαμο ανάφλεξης, το εσωτερικό στόμιο (ανάλογα με την διατομή, ο κινητήρας δουλεύει όπως είπαμε παραπάνω ως Ram- ή SCRamjet) και το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου. Η αεροδυναμική του κατώτερου τμήματος του αεροσκάφους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την σωστή λειτουργία του κινητήρα.

Ο αέρας κινούμενος υπερηχητικά, εισέρχεται μέσω της εισαγωγής του κινητήρα, και κατόπιν συμπιέζεται χωρίς να χρησιμοποιείται κάποια μηχανική δομή, αλλά λόγω της γεωμετρίας της εισαγωγής του κινητήρα. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς στροβιλοκινητήρες, τα αεροσκάφη που κινούνται σε υπερηχητικές ταχύτητες μπορούν να επιτύχουν την απαιτούμενη συμπίεση χωρίς την τοποθέτηση συμπιεστή. Το πρόσθιο τμήμα της κατώτερης επιφάνειας του αεροσκάφους πραγματοποιεί την αρχική συμπίεση, ενώ η τελική συμπίεση πραγματοποιείται από την εισαγωγή του κινητήρα. Καθώς διέρχεται από πολλαπλά κρουστικά κύματα, ο αέρας επιβραδύνεται και παράλληλα αυξάνεται η πίεσή του και η θερμοκρασία του.



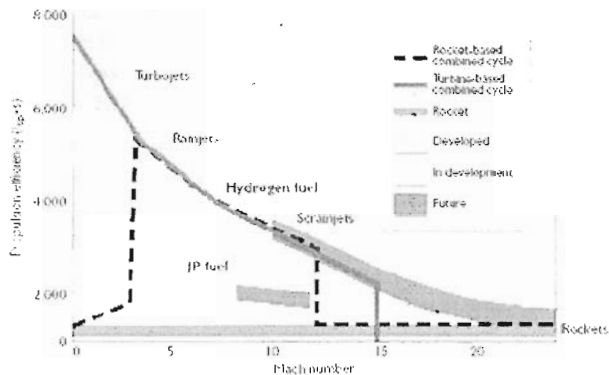
Ο απομονωτής είναι ένα άκρως σημαντικό τμήμα του κινητήρα. Επιτρέπει στον αέρα να προσαρμοστεί σε μια υψηλότερη πίεση από αυτήν που υπάρχει στην είσοδο του κινητήρα. Επίσης καθιστά δυνατή την εξαγωγή της μέγιστης δυνατής θερμότητας στον θάλαμο ανάφλεξης, αλλά προστατεύει επίσης και τον ίδιο τον θάλαμο συμπίεσης από ένα φαινόμενο το οποίο καλείται "inlet unstart" κατά το οποίο τα δημιουργούμενα κρουστικά κύματα εμποδίζουν την εισαγωγή του αέρα στον θάλαμο ανάφλεξης.

Στον θάλαμο ανάφλεξης γίνεται η ανάμιξη του καυσίμου

με την εισερχόμενη ροή σε διάφορα σημεία κατά μήκος, επιτρέποντας έτσι αυξημένη απόδοση. Το σύστημα κατανομής που συνίσταται από το εσωτερικό στόμιο και το πίσω μέρος της κατώτερης επιφάνειας του αεροσκάφους, ελέγχει την κατανομή του υψηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας καυσαερίου, παράγοντας έτσι ώση. Αυτή η διαδικασία κατανομής, μετατρέπει την δυναμική ενέργεια που παράγεται στον θάλαμο ανάφλεξης, σε κινητική

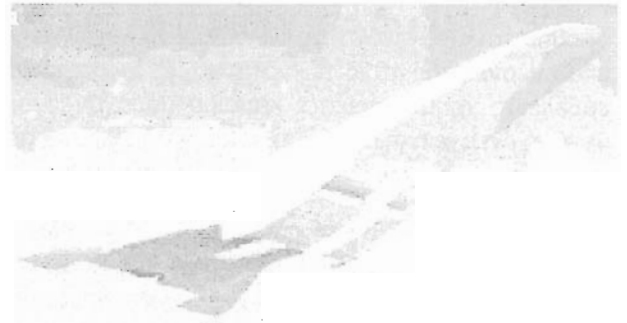
ενέργεια. Ο σχεδιασμός του εσωτερικού στομίου, έχει μεγάλη επίδραση στην απόδοση του κινητήρα και του αεροσκάφους ως σύνολο αφού επηρεάζει τον ρυθμό ανόδου-καθόδου και την αυτοπεριστροφή (pitch) του.

Ένα αεροσκάφος που χρησιμοποιεί την τεχνολογία SCRamjet απαιτεί διάφορες λειτουργίες κινητήρα, πριν φτάσει στα επιτρεπτά όρια ταχύτητας για την λειτουργία SCRamjet. Αρχικά θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένα συμβατικό σύστημα για την απογείωση του αεροσκάφους και την επίτευξη των 3 πρώτων Mach. Ένας τρόπος είναι η χρήση συμβατικών στροβιλοκινητήρων, ή πυραυλοκινητήρων. Στις χαμηλές ταχύτητες των 3-4 Mach ο αέρας έχει αρκετή ταχύτητα ώστε να δημιουργηθούν υποηχητικές ροές στο εσωτερικό του κινητήρα, και να δουλέψει σε κατάσταση Ramjet. Ένα συγκλίνων – αποκλίνων στόμιο πίσω από τον θάλαμο ανάφλεξης δημιουργεί την απαιτούμενη ώση. Στην κατάσταση SCRamjet η απαιτούμενη διατομή, δημιουργείται με έναν κατάλληλο συνδυασμό κατανομής επιφάνειας, ανάμιξης καυσίμου-αέρα και έκλυσης θερμότητας. Δημιουργείται δηλαδή ένα φυσικό στόμιο.



Στην περιοχή των 3 – 8 Mach, υπάρχει μια περιοχή 5 – 7 Mach, όπου έχουμε μια ανάμικτη ανάφλεξη Ramjet – SCRamjet. Η ολική αύξηση της πίεσης και της θερμοκρασίας κατά μήκος του θαλάμου ανάφλεξης, αρχίζει και μειώνεται. Στην περιοχή αυτή απαιτείται ένα σύστημα προανάφλεξης. Με την αύξηση της ταχύτητας του αεροσκάφους πέρα από τα 5 Mach η χρήση της υπερηχητικής ανάφλεξης προσφέρει μεγαλύτερη απόδοση. Από τα πειραματικά δεδομένα έχει φανεί, ότι μέχρι τα 5 έως 6 Mach ενδείκνυται η χρήση της λειτουργίας Ramjet. Στην ταχύτητα των 6 Mach η μείωση της ταχύτητας του αέρα (που απαιτείται για την λειτουργία Ramjet) επιφέρει αντίθετο αποτέλεσμα, καθώς έχει παρατηρηθεί μηδενισμός της ταχύτητας του αέρα σε ορισμένα σημεία και αυξημένους ρυθμούς θερμικής αγωγιμότητας. Για τον λόγο αυτό στην περιοχή των 5 – 6 Mach ξεκινάει η λειτουργία SCRam-jet.

Η λειτουργία SCRamjet στην περιοχή των 5 – 15 Mach παρουσιάζει ορισμένα προβλήματα απόδοσης. Στους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, περιλαμβάνονται η ανάμιξη του καυσίμου με τον αέρα σε υπερηχητικές ταχύτητες, η διαχείριση των μεγάλων θερμικών φορτίων, η αυξημένη θερμοκρασία των οριακών τμημάτων του αεροσκάφους καθώς επίσης και η ανάπτυξη υλικών που να αντέχουν στις υψηλές καταπονήσεις που συνεπάγεται μια τέτοια πτήση.



Από κατασκευαστικής άποψης, οι κινητήρες SCRamjet παρέχουν την πιο ολοκληρωμένη πρόταση. Ο κινητήρας καλύπτει την κατώτερη επιφάνεια του αεροσκάφους και αποτελείται από την είσοδο, τον απομονωτή, τον θάλαμο ανάφλεξης, το εσωτερικό στόμιο (ανάλογα με την διατομή, ο κινητήρας δουλεύει όπως είπαμε παραπάνω ως Ram- ή SCRamjet) και το σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου. Η αεροδυναμική του κατώτερου τμήματος του αεροσκάφους αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την σωστή λειτουργία του κινητήρα.

Ο αέρας κινούμενος υπερηχητικά, εισέρχεται μέσω της εισαγωγής του κινητήρα, και κατόπιν συμπιέζεται χωρίς να χρησιμοποιείται κάποια μηχανική δομή, αλλά λόγω της γεωμετρίας της εισαγωγής του κινητήρα. Σε αντίθεση με τους συμβατικούς στροβιλοκινητήρες, τα αεροσκάφη που κινούνται σε υπερηχητικές ταχύτητες μπορούν να επιτύχουν την απαιτούμενη συμπίεση χωρίς την τοποθέτηση συμπιεστή. Το πρόσθιο τμήμα της κατώτερης επιφάνειας του αεροσκάφους πραγματοποιεί την αρχική συμπίεση, ενώ η τελική συμπίεση πραγματοποιείται από την εισαγωγή του κινητήρα. Καθώς διέρχεται από πολλαπλά κρουστικά κύματα, ο αέρας επιβραδύνεται και παράλληλα αυξάνεται η πίεσή του και η θερμοκρασία του.

Καθώς η ταχύτητα έκχυσης του καυσίμου προσεγγίζει την ταχύτητα εισόδου του αέρα στον θάλαμο ανάφλεξης, η ανάμιξη γίνεται ιδιαίτερα δύσκολη (αυτό συμβαίνει στην ταχύτητα των 12 Mach περίπου). Σε υψηλότερες ταχύτητες, η ανεβασμένη θερμοκρασία, προκαλεί ιονισμό. Σε συνδυασμό με τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα λόγω φαινομένων ροής, αλληλεπίδρασης απομονωτή και θαλάμου ανάφλεξης, αναδύονται δυσκολίες στον σχεδιασμό της αεροδυναμικής του αεροσκάφους, της έκχυσης καυσίμου αλλά και της διαχείρισης των θερμικών φορτίων.

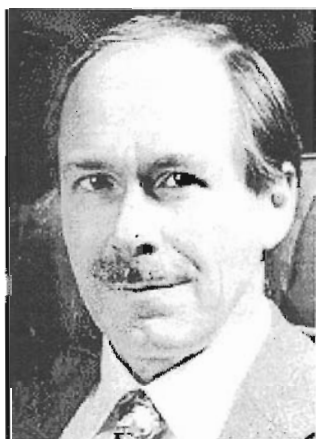
Η θέρμανση του κινητήρα προκαλείται εκτός από την διαδικασία ανάφλεξης του κινητήρα, και από παράγοντες όπως η λειτουργία υποσυστημάτων του υπόλοιπου αεροσκάφους, όπως η λειτουργία των αντλιών, των ηλεκτρονικών τα οποία θερμαίνουν το κέλυφος του αεροσκάφους. Ο κινητήρας παρουσιάζει ιδιαίτερη σχεδιαστική πρόκληση, αν αναλογιστεί κανείς

το αυξημένο θερμικό, μηχανικό και ακουστικό φορτίο που θα υποστεί, σε συνδυασμό με ένα διαβρωτικό μίγμα καυτού οξυγόνου και προϊόντων καύσης. Αν ο κινητήρας δεν ψυχθεί, ο θάλαμος ανάφλεξης προσεγγίζει σε θερμοκρασία της τάξης των 5000oF, η οποία υπερβαίνει την θερμοκρασία τήξης των περισσότερων μετάλλων. Ένας τρόπος αντιμετώπισης είναι ένας προσεκτικός συνδυασμός δομικού σχεδιασμού, ενεργής ψύξης και ειδικών κραμάτων. Παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, περιλαμβάνουν:

- ▶ Εξαιρετικά υψηλές θερμοκρασίες
- ▶ Θέρμανση ολόκληρου του σώματος του αεροσκάφους

- ▶ Στατική και δυναμική θέρμανση λόγω των κρουστικών κυμάτων
- ▶ Υψηλά αεροδυναμικά φορτία
- ▶ Μεταβαλλόμενα φορτία πίεσης
- ▶ Διάβρωση λόγω ροής του αέρα του κελύφους του αεροσκάφους και του εσωτερικού του κινητήρα.

Τσορμπατζίδης Δημ.  
φοιτητής Τμ. Φυσικής



## Gerardus Hooft

Είναι γνωστό σήμερα ότι όλα τα αντικείμενα που μας περιβάλλουν αποτελούνται από τη θεμελιώδη μονάδα της ύλης, το quark. Για να μελετήσουμε την ύλη σε αυτό το επίπεδο, χρειαζόμαστε μεγάλους επιταχυντές. Τέτοιες μηχανές σχεδιάστηκαν για πρώτη φορά το 1950, και εγκαινίασαν την νέα εποχή της σωματιδιακής φυσικής. Για πρώτη φορά μπορούσαμε να μελετήσουμε και πειραματικά την δημιουργία νέων σωματιδίων και τις δυνάμεις μεταξύ τους.

Γύρω στα μέσα του 1950, μια πρώτη εκδοχή της μοντέρνας θεωρίας προτάθηκε. Πολλά χρόνια δουλειάς οδήγησαν στο καθιερωμένο μοντέλο της σωματιδιακής φυσικής. Αυτό το μοντέλο κατηγοριοποιεί όλα τα στοιχειώδη σωματίδια σε τρεις οικογένειες quark και λεπτονίων, και πρότεινε ότι οι αλληλεπιδράσεις τους συμβαί-

νουν μέσω της ανταλλαγής σωματιδίων των ισχυρών και των ηλεκτρασθενών δυνάμεων.

Η θεωρητική θεμελίωση του καθιερωμένου μοντέλου ήταν στην αρχή μαθηματικά ασαφής και συγκεκριμένα ήταν ασαφές το αν η θεωρία μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για λεπτομερείς υπολογισμούς φυσικών ποσοτήτων. Το 1999 το βραβείο Νόμπελ δόθηκε στους Gerardus Hooft και Martinus Veltman για την μαθηματική θεμελίωση αυτής της θεωρίας η οποία αποτέλεσε και ένα έργο για την πρόβλεψη των ιδιοτήτων των νέων σωματιδίων.

Η θεωρία των ηλεκτρασθενών αλληλεπιδράσεων, προέβλεπε την ύπαρξη νέων σωματιδίων, του W και Z. Αλλά μόνο μέσω της δουλειάς των Hooft και Veltman, μπόρεσαμε να έχουμε πιο ακριβείς υπολογισμούς φυσικών ποσοτήτων όπως οι ιδιότητες των W και Z και πράγματι μετά την παραγωγή αυτών των μποζονίων στον LEP του CERN, μπόρεσαμε να επιβεβαιώσουμε τις προβλέψεις της θεωρίας τους με απόλυτη επιτυχία. Μια άλλη επιτυχία ήταν η πρόβλεψη της μάζας του top quark, το οποίο είναι ένα από τα βαρύτερα quark σύμφωνα με τη θεωρία τους και επομένως χρειαζόμασταν μεγάλες ενέργειες για την παραγωγή του. Η ανίχνευση του έγινε δυνατή για πρώτη φορά το 1995 στο Fermilab και για άλλη μια φορά επιβεβαίωσε τη θεωρία τους. Ένα σημαντικό συστατικό της θεωρίας τους είναι το λεγόμενο σωματίδιο Higgs το οποίο δεν έχει ακόμη ανακαλυφθεί. Η παραγωγή του και η μελέτη του, αναμένεται να γίνει στον Large Hadron Collider (LHC) στο CERN, ο οποίος θα λειτουργήσει μετά το 2008 στο CERN.

Ο G.Hooft προσκεκλημένος της επιτροπής εκδηλώσεων για το έτος Φυσικής και τα 100 χρόνια από τη δημοσίευση της ειδικής θεωρίας σχετικότητας, θα έρθει στη Θεσσαλονίκη στις 11 Οκτωβρίου όπου και θα μιλήσει για τις πιο πρόσφατες εξελίξεις σε αυτό τον τομέα.

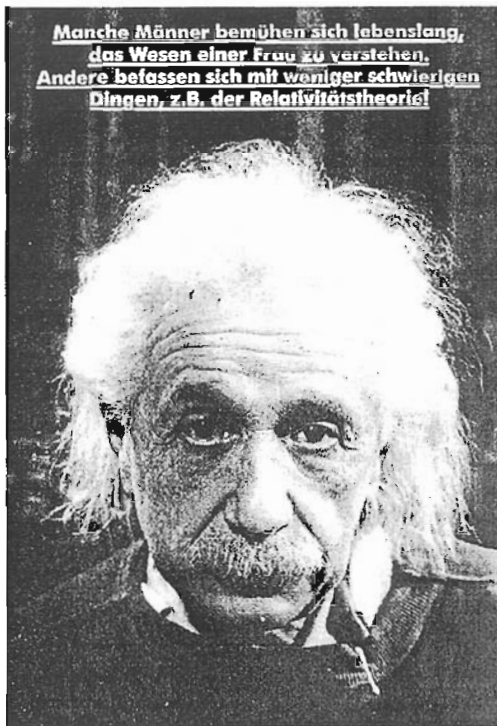
Χαρίτος Παναγιώτης  
φοιτητής Τμ. Φυσικής



## Albert Einstein:

### Για την γνώση

- ▶ Οποιοσδήποτε νοήμων χαζός μπορεί να κάνει τα πράγματα μεγαλύτερα, πιο πολύπλοκα και ποιο επιθετικά. Όμως χρειάζεται ένα άγγιγμα μιας ιδιοφυΐας – και πολύ κουράγιο -- για να κινηθούν προς την αντίθετη κατεύθυνση.
- ▶ Η φαντασία είναι ποιο σημαντική από την γνώση.
- ▶ Το μόνο πραγματικά πολύτιμο πράγμα είναι η διαίσθηση.
- ▶ Η κοινή λογική είναι η συλλογή των προκαταλήψεων που έχουμε αποκτήσει μέχρι την ηλικία των δεκαοχτώ χρονών.
- ▶ Το μυστικό της δημιουργικότητας είναι να ξέρεις πως να κρύβεις τις πηγές σου.
- ▶ Το μόνο πράγμα που παρεμβάλει στην μόρφωση μου είναι η εκπαίδευση.
- ▶ Το σημαντικό είναι να μην σταματάς να αναρωτιέσαι. Η περιέργεια έχει τον δικό της λόγο να υπάρχει.



## Ο Φιλόσοφος

- ▶ Τα μεγάλα πνεύματα συναντούν βίαιη αντίσταση από την μετριότητα. Ο θάνατος δεν μπορεί να καταλαβαίνει όταν ένας άνθρωπος δεν υποτάσσεται αλόγιστα στις κληρονομικές προκαταλήψεις αλλά με ειλικρίνεια και κουράγιο χρησιμοποιεί την νοημοσύνη του.
- ▶ Το ποιο όμορφο πράγμα που μπορούμε να βιώσουμε είναι το μυστήριο. Είναι η πηγή της αληθινής τέχνης και της επιστήμης. Αυτός για τον οποίο αυτό το αίσθημα είναι παράξενο, ο οποίος δεν παύει να απορεί και να κάθεται βυθισμένος στον φόβο είναι το ίδιο καλά όσο ο θάνατος: τα μάτια του είναι κλειστά.
- ▶ Τώρα που αποχώρισε από αυτόν τον παράξενο κόσμο βρίσκεται ένα βήμα μπροστά από εμάς. Αυτό δεν σημαίνει τίποτα. Οι άνθρωποι σαν εμάς που πιστεύουν στην φυσική, γνωρίζουν ότι η διάκριση μεταξύ του παρελθόντος, του παρόντος και του μέλλοντος είναι μόνο μια δογματική και έμμομη παραίσθηση.

### Περί κατανόησης του κόσμου:

- Θέλω να ξέρω τις σκέψεις του Θεού, όλα τα άλλα είναι λεπτομέρειες.
- Το ποιο δύσκολο πράγμα στο κόσμο προς κατανόηση είναι η φορολογία.
- Είμαι πεπεισμένος ότι ο θεός δεν παίζει με τα ζάρια.
- Το αιώνιο μυστήριο του κόσμου ότι καταλαβαίνουμε.
- Η αδυναμία να πάρεις θέση γίνεται αδυναμία χαρακτήρα.
- Επιστήμη χωρίς θρησκεία είναι σαθρή. Θρησκεία χωρίς επιστήμη είναι τυφλή.
- Η ειρήνη δεν μπορεί να επιτευχθεί με βία. Μπορεί να επιτευχθεί μόνο με κατανόηση.
- Το ποιο ακατανόητο πράγμα στον κόσμο είναι ότι είναι κατανοητός.
- Δύο πράγματα είναι άπειρα: το σύμπαν και η ανθρώπινη βλακεία αν και δεν είμαι σίγουρος για το σύμπαν.
- Όποιος αναλαμβάνει να θέσει το εαυτό του ως κριτή της αλήθειας και της γνώσης αποτυγχάνει υπό τα γέλια των θεών.
- Δεν ξέρω με τι όπλα θα γίνει ο τρίτος παγκόσμιος πόλεμος, αλλά ο τέταρτος θα γίνει με τηγάνια και πέτρες.
- Για να γίνεις ένα άμεμπτο μέλος μιας αγέλης προβάτων, πρέπει πάνω από όλα να γίνεις πρόβατο.
- Οτιδήποτε μετράει δεν σημαίνει ότι μπορεί να μετρηθεί, και οτιδήποτε μπορεί να μετρηθεί δεν σημαίνει ότι μετράει.  
(πινακίδα στο γραφείο του στο Princeton)

### Για τους ανθρώπους και την ζωή:

- ▶ Η πραγματικότητα είναι μόνο μια αυταπάτη, εν τούτοις είναι επίμονη.
- ▶ Ένα άτομο αρχίζει να ζει όταν μπορεί να ζήσει έξω από τον εαυτό του.
- ▶ Δεν σκέφτομαι ποτέ το μέλλον. Έρχεται αρκετά σύντομα.
- ▶ Οποιοσδήποτε δεν έχει κάνει ποτέ λάθος, δεν προσπάθησε ποτέ κάτι καινούριο.
- ▶ Μεγάλα πνεύματα συχνά συναντούσαν βίαιη αντίθεση από τα άβουλα μυαλά.
- ▶ Η βαρύτητα δεν ευθύνεται για το ότι οι άνθρωποι πέφτουν στον έρωτα.
- ▶ Όχι, αυτή η τεχνική δεν θα δουλέψει... Πως στο καλό θα εξηγήσεις με όρους φυσικής και χημείας ένα τόσο σημαντικό βιολογικό φαινόμενο όπως η αγάπη;
- ▶ Η πίστη μου αποτελείται από έναν ταπεινό θαυμασμό προς το απεριόριστο ανώτερο πνεύμα το οποίο αποκαλύπτεται στις λεπτομέρειες που μπορούμε να διαβλέψουμε με το αδύναμο και ανεπαρκές μυαλό μας.
- ▶ Η αποδέσμευση της ενέργειας του ατόμου άλλαξε τα πάντα, εκτός από το τρόπο σκέψης μας... η λύση αυτού του προβλήματος βρίσκεται στην καρδιά της ανθρωπότητας. Εάν ήξερα, θα γινόμουν αωρολογιοποιός.

- ▶ Η ανθρώπινη ύπαρξη είναι μέρος μια ολότητας που την ονομάζουμε σύμπαν, ένα μέρος όπου είναι περιορισμένο στον χώρο και στον χρόνο. Εκφράζει τον εαυτό του, τις σκέψεις του και τα συναισθήματα του σαν κάτι ξεχωριστό από τα υπόλοιπα, σαν μια οφθαλμαπάτη της συνείδησης του. Αυτή η οφθαλμαπάτη είναι ένα είδος φυλακής για εμάς, περιορίζοντας μας στις προσωπικές μας επιθυμίες και στην αφοσίωση για λίγα άτομα γύρω μας. Ο σκοπός μας πρέπει να είναι η ελευθέρωση του εαυτού μας από αυτήν την φυλακή, με το να διευρύνουμε τον κύκλο σύγκρισης μας, ώστε να αγκαλιάσει όλα τα ζωντανά όντα και όλη την ομορφιά της φύσης.

### Για τα μαθηματικά την επιστήμη και την εκπαίδευση:

- ▶ Η επιστήμη είναι ένα όμορφο πράγμα εάν κάποιος δεν πρέπει να κερδίζει τα προς το ζην από αυτήν.
- ▶ Ο Θεός δεν νοιάζεται για τις δικές μας μαθηματικές δυσκολίες. Αυτός ολοκληρώνει εμπειρικά.
- ▶ Όλες οι επιστήμες δεν είναι τίποτα περισσότερο από την τελειοποίηση της καθημερινής σκέψης.
- ▶ Η τεχνολογική πρόοδος είναι σαν ένα τσεκούρι στα χέρια ενός παθολογικού εγκληματία.
- ▶ Δεν μπορούμε να λύσουμε τα προβλήματα μας, χρησιμοποιώντας τον ίδιο τρόπο σκέψης που χρησιμοποιήσαμε όταν τα δημιουργήσαμε.
- ▶ Η μόρφωση είναι αυτό που μένει, αφού κάποιος έχει ξεχάσει ότι έμαθε στο σχολείο.
- ▶ Οι εξισώσεις είναι ποιο σημαντικές για μένα, διότι η πολιτική είναι για το παρόν, αλλά μια εξίσωση είναι για την αιωνιότητα.
- ▶ Εάν A είναι η επιτυχία στην ζωή, τότε το A ισούται με το x συν το y συν το z. Η δουλειά είναι το x, y είναι το παιχνίδι και z είναι να κρατάς το στόμα σου κλειστό.
- ▶ Όσο τα μαθηματικά σχετίζονται με την πραγματικότητα, δεν είναι καθορισμένα, και όσο καθορισμένα είναι δεν αντανακλούν την πραγματικότητα.
- ▶ Ένα από τα δυνατότερα κίνητρα που οδηγούν τον άνθρωπο στην τέχνη και στην επιστήμη είναι η φυγή από την καθημερινή ζωή με την επίπονη ωμότητα, από τα δεσμά των πόθων του καθένα μας και την ζοφερή απελπισία..
- ▶ Βάλε το χέρι σου σε μια σόμπα για ένα λεπτό, θα σου φανεί σαν μια ώρα. Κάθισε δίπλα σε μια όμορφη κοπέλα για μια ώρα, θα σου φανεί σαν ένα λεπτό. Αυτό είναι η σχετικότητα.