

ΑΦΙΕΡΩΜΑ

ΕΙΣ ΤΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΝ - ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΝ
ΓΕΩΡΓΙΟΝ ΑΠ. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΝ

ΜΕ ΤΗΝ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΙΝ
ΕΞΗΚΟΝΤΑ ΕΤΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΖΩΗΣ

ΑΘΗΝΑΙ
1989



ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΠ. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ

Ἀκαδημαϊκός

Καθηγητῆς Φυσικῆς Χημείας

τῶν Πανεπιστημίων Ἀθηνῶν

Ζυρίχης καὶ Φράϊμπουργκ

Ἄντι Προλόγου

Τόν Ἀκαδημαϊκόν - Καθηγητήν κ. Γεώργιο Καραγκούνην, μέ τήν εὐκαιρία τῆς συμπληρώσεως τῶν 60 χρόνων τῆς ἀκαταπόνητης ἐπιστημονικῆς του δραστηριότητος, εἶχαν τήν πρωτοβουλία νά τιμήσουν οἱ συναδελφοί, οἱ συνεργάται καί οἱ μαθηταί του. Ἡ σχετική ἐορταστική ἐκδήλωσις, ἔλαβε χώραν στό Εὐγενίδειον Ἴδρυμα στίς 24 Ἀπριλίου 1987.

Τό παρόν πρός τόν Καθηγητή κ. Γ. Καραγκούνην ἀφιέρωμα περιλαμβάνει τοὺς λόγους καί τοὺς χαιρετισμούς πού ἐκφωνήθηκαν κατά τήν ἐκδήλωσιν αὐτή, τό χρονικό τῆς ζωῆς του καί τῆς ὅλης ὡς διδασκάλου καί ἐρευνητοῦ ἐπιστημονικῆς του προσφορᾶς καί τήν παρά τοῦ ἰδίου, κατά τήν ἡμέρα ἐκείνη, γενομένη ὁμιλία.

Καταχωροῦνται ἐπίσης, πρωτοδημοσιευόμενοι, οἱ πρός αὐτόν ἀφιερωθεῖσαι ἐπιστημονικά μελέται συναδέλφων καί μαθητῶν του.

Παῦλος Ν. Δημοτάκης
Καθηγητής Πανεπιστημίου

Δρ. Ἴω. Κανδήλης
πρ. Πρόεδρος
Ἐνώσεως Ἑλλήνων Χημικῶν

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Χαιρετισμός Μελών Ακαδημίας Αθηνών Καθηγητών ΙΩ. ΞΑΝΘΑΚΗ και ΚΑΙΣ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ	11
Πρόλογος από τον Διευθυντή Ιδρύματος Ευγενείδη ΔΗΜΗΤΡΙΟ ΚΑΣΣΑΠΗ Χαιρετισμός του Δρος ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΣΚΑΛΟΥ	12 14
Χαιρετισμός του Καθηγητού Ι. ΤΣΑΓΚΑΡΗ	15
Χαιρετισμός της Δρ. ΒΑΝΝΑΣ ΠΑΝΔΗ - ΑΓΑΘΟΚΛΗ	17
ΠΑΥΛΟΥ Ν. ΔΗΜΟΤΑΚΗ: Γεώργιος Καραγκούνης. Επιστήμων, Ποιητής, Φιλόσοφος	19
ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ: Συνέπειαι της αρχής της συμπληρωματικότητας του Niels Bohr	29
Δρος ΙΩ. Δ. ΚΑΝΔΗΛΗ: Η καλλιέργεια των Φυσικών Επιστημών και η σχετική έρευνα κατά την πρώτη 50ετία του 20ού αιώνα	41
ΑΘΑΝ. ΧΑΤΖΗΚΑΚΙΔΟΥ: Ιπποκράτειος Όρκος διατυπωθείς από δέκα Βραβεία Nobel	47
Ε.Α. ΜΠΟΥΡΟΔΗΜΟΥ: Βιοχημικοί κύκλοι: Βάση οικολογικής Ισορροπίας και Γενετικής - Βιολογικής ποικιλίας	53
ΙΩΑΝΝΗ ΤΣΑΓΚΑΡΗ: Οπτική στροφική διασπορά και στροβιλικός διχρωϊσμός: Γενικότητες και βασικές αρχές	69
Α. ΓΙΑΝΝΟΥΣΗ: Σύμφωνες και πεπεισμένες καταστάσεις	89
ΒΑΣΙΛΗ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ, ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΤΕΛΩΝΗΣ: Η εξερεύνηση της ατμό- σφαιρας της Αφροδίτης	105
ΒΑΝΝΑ ΠΑΝΔΗ - ΑΓΑΘΟΚΛΗ, ΙΩΑΝΝΑ ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ, ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ ΚΟΤΟΠΟΥΛΗ - ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ: Συνέπειες της διαβρωτικής ικανότητας ποσίμων νερών	135
ΠΑΥΛΟΥ Ν. ΔΗΜΟΤΑΚΗ: Περιοδικά φαινόμενα κρυσταλλικών πλεγμάτων μακράν της ισορροπίας	145

Χαιρετισμός του Ακαδημαϊκού-Καθηγητού ΙΩ. ΞΑΝΘΑΚΗ

Είναι άξιοι επαίνου οι διοργανώσαντες τη σημερινή τελετή προς τιμήν του αγαπητού συναδέλφου κ. Καραγκούνη.

Τόσον εκ μέρους μου όσον και εκ μέρους των μελών της Α' Τάξεως των Θετικών Επιστημών της Ακαδημίας Αθηνών, της οποίας τυγχάνω το αρχαιότερο μέλος, επιθυμώ να συγχαρώ εγκάρδια τον κ. Καραγκούνη και να του ευχηθώ υγεία, μακροήμερευση και τη συνέχιση του δημιουργικού έργου του τόσο στον τομέα της Επιστήμης του όσον και αυτού της Ποιήσεως.

Χαιρετισμός του Ακαδημαϊκού-Καθηγητού ΚΑΙΣ. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ

Η σημερινή συνάντησις των μαθητών του Γεωργίου Καραγκούνη έγινε για να τιμήσουνε τον μεγάλο διδάσκαλο. Θα απορήσετε διατί λαμβάνω τον λόγον χωρίς να είμαι μαθητής του. Το κάνω διότι πολλά οφείλω εις τον Καραγκούνη. Όταν επέστρεψα νέος από το εξωτερικό με υπεδέχθησαν εις το εργαστήριόν τους και με υπεστήριξαν οι παλαιότεροι διδάσκαλοι Γεώργιος Αθανασιάδης και Δημήτριος Χόνδρος. Επιστημονικήν όμως θαλαπυρήν ευρήκα εις το περιβάλλον του Καραγκούνη. Κάθε Τρίτη βράδυ συνήρχετο εις το υπόγειον εργαστήριόν του της οδού Σόλωνος μια ομάς ενθουσιωδών νεαρών επιστημόνων οι οποίοι με μεγάλο ενδιαφέρον παρηκολούθουν και συζητούσαν τα δημοσιεύματα των ξένων περιοδικών. Δεν ενθυμούμαι πλέον όλους, θα αναφέρω όμως μερικά ονόματα όπως ο Σαλτερής Περιστεράκης ο οποίος αργότερα εδίδασκε εις το Πολυτεχνείον, η Έλλη Αγαλίδου η οποία υπανδρεύθη τον γνωστόν εις όλους Γεώργιον Σβαμπ, η Ελεονώρα Ζαΐμη η οποία έγινε καθηγήτρια εις το Πανεπιστήμιον του Λονδίνου, η Ελένη Σκουλούδη η οποία εσταδιοδρόμησε εις την Οξφόρδην, ο Ιωάννης Κανδήλης γνωστός δια τας μελέτας του δια το ελληνικό ψωμί, ο Γεώργιος Σκάλος ο οποίος έγινε διεθνώς γνωστός δια την μεθοδολογίαν του της μικροχημείας, ο Καλοπίσης, ο Μπριτίας και άλλοι. Όλοι αυτοί —και εγώ μαζί τους— δεν θα είχαν προωθήσει την επιστημονικήν έρευναν χωρίς τον Καραγκούνην.

**ΤΙΜΗΤΙΚΗ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΓΙΑ ΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ**

24 Απριλίου 1987

Πρόλογος Από τον Δημήτριο Κασσάπη

1. Το ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ υποδέχεται τον Καθηγητή και Ακαδημαϊκό ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ και ευχαριστεί την ΕΝΩΣΗ ΚΑΘΗΓΗΤΩΝ ΦΥΣΙΚΟΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΩΝ ΑΕΙ και την ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ - ΕΡΕΥΝΗΣ, για την, από καιρού, οργάνωση της σημερινής τιμητικής εκδήλωσης.

Το ΙΔΡΥΜΑ επισημαίνει ότι πάντοτε καταβάλλει προσπάθειες για την προσφορά καλών υπηρεσιών προς την Παιδεία και την Επιστήμη.

2. Η σημερινή συγκέντρωση έχει πολλαπλούς σκοπούς. Βασικά εκδηλώνεται τιμή προς τον ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ. Η επί 50 χρόνια επιστημονική προσφορά του αποτελεί φωτεινό παράδειγμα. Παράλληλα επιδιώκεται συμβολή για την βελτίωση των κανόνων ζωής κατ' εξοχήν των Νέων, και τονίζεται η ανάγκη για εντατικοποίηση των καθηκόντων του επιστημονικού δυναμικού της Χώρας προς το κοινωνικό σύνολο.

3. Η εκδήλωση προς τιμήν του ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ πρέπει να ενισχύση την πεποίθηση ότι και στην σύγχρονη εποχή, παρά την γενική διαπίστωση περί πνευματικής και κοινωνικής ατονίας, υπάρχουν πλείστα φωτεινά παραδείγματα πνευματικών γονίμων δραστηριοτήτων. Υπάρχουν ικανάτατοι δρώντες επιστήμονες που πρέπει να γίνουν ενεργοί και υπεύθυνοι ταγοί του Έθνους.

4. Πάσει θυσία είναι ανάγκη να καλλιεργηθή και αναπτυχθή επειγόντως η πίστη και αυτοπεποίθηση των Νέων, και η υγιής νοοτροπία, ότι η μοναδική σωτήρια αξία είναι η ΓΝΩΣΗ και η ΥΨΗΛΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΩΦΕΛΙΜΟΥ ΕΡΓΟΥ.

5. Δεν αρκεί μόνο η πληροφόρηση και η ενημέρωση, που έχουν γίνει πρόβλημα δυσχερές, λόγω υψηλού κόστους, παρά την τεχνολογική τελειοποίηση και την άφθονη παραγωγή των μέσων επικοινωνίας.

6. Απαιτούνται ικανή πνευματική παραγωγικότητα, εφευρετική διάθεση, κατάλληλα κίνητρα, Επιστημονική Έρευνα, οργανωμένη συνεργασία, νοοτροπία

ειλικρινών παροχών... σε όλους τους τομείς που απαιτεί ο σύγχρονος και ο μελλοντικός Κόσμος.

7. Η εξυγίανση της νοοτροπίας και τους ήθους του συνόλου της Κοινωνίας, απαιτεί σκληρούς αγώνες εκ μέρους όλων, και κατ' εξοχήν των αξίων και ιδεολόγων επιστημόνων της Χώρας οι οποίοι πρέπει να είναι κατά κυριολεξία ηρωικοί μαχητές υπέρ της Αρετής, με την ευρεία έννοια του όρου. Είναι απαραίτητο να ισχύσει υψηλής ποιότητας καλώς νοούμενος ευδαιμονισμός, με πολύ αυστηρές επιλογές τροπής και απασχολήσεως του Λαού.

8. Η ηδονή του «ανακαλύπτειν και κατανοείν» τους μηχανισμούς της ζωής και γενικότερα τα Φυσικά Φαινόμενα, πρέπει να υπερκαλύπτει κάθε άλλη απόλαυση και ψυχαγωγία.

9. Έντονες ανησυχίες για το παρόν και το μέλλον συνθέτουν στοιχεία ζωής απαραίτητα για κάθε σκεπτόμενο άνθρωπο. Βαθύς στοχασμός, σωφροσύνη, φιλομάθεια, μελέτη... πρέπει να γίνουν «ευχάριστες ενασχολήσεις» όλων μας, κάθε ηλικίας και κάθε νοητικής στάθμης και ειδικότητας.

10. Η «πρώτη ύλη» της Χώρας, έμψυχη και μη, είναι μεγάλης αξίας, και πρέπει να επισημανθή, να ερευνηθή εις βάθος, να οργανωθή, να αξιοποιηθή επειγόντως κατά ιδανικό και δεόντως ελεγχόμενο αξιοκρατικό τρόπο.

11. Τέλος τονίζεται η απόλυτη ανάγκη να αυξηθή —κατά συγκριτική τιμή— η ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΠΡΟΟΔΟΥ, διότι η Χώρα καθυστερεί επικινδύνως έναντι άλλων φυλών. Διαφορετικά ελοχεύει έσχατος κίνδυνος. Αν όμως θελήσωμε όλοι, μπορεί άμεσα να αναφανή κατά σωτήριο τρόπο η «σώζουσα ισχύς».

12. Το ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ με οδηγό τις ανωτέρω πεποιθήσεις συνεχίζει την προσπάθεια, με την βεβαιότητα ότι οι σύγχρονες παγκόσμιες συνθήκες επιτρέπουν σε όλους την προσδοκία ευδαιμονίας, αν αξιοποιηθούν επιλεκτικά, η πείρα του παρελθόντος, η σοφία της αληθινής Επιστήμης, οι ανεκμετάλλευτοι θησαυροί της Χώρας και συνεχής και έντονη εργασία.

Όταν γνώρισα τον Καθηγητή ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ δεν είχα ακούσει το μάθημά του.

Ένα πρόωρο ερευνητικό μου πρόβλημα στάθηκε αφορμή να ζητήσω την βοήθειά του, και έτσι δημοσίευσα το 1938 την πρώτη μου εργασία προτού πάρω το δίπλωμά μου.

Στο υπόγειο αμφιθέατρο της οδού Σόλωνος, χωρίς να παίρνει παρουσίες, παρακολουθούσαν όλοι οι φοιτητές της χρονιάς το μάθημά του, και όσοι ήθελαν να μάθουν τα νέα πράγματα στον τομέα της Φυσικοχημείας που δεν είχαν ακόμη αναγραφεί στην ελληνική βιβλιογραφία. Η διδασκαλία του είχε πετύχει. Είχαν ενδιαφερθεί τότε οι φοιτητές, είχε πετύχει το μεγαλύτερο μέρος της αποστολής του.

Το μάθημά του είχε μία δωρική δομή. Και όμως ανάμεσα στα πρώτα κεφάλαια της θερμοδυναμικής —με την σειρά που δίδασκε— διαφαινόταν ο φιλοσοφικός λυρισμός, που η μόνιμη παρεμβολή του ήταν η χροιά του μαθήματος του καθηγητού Καραγκούνη.

Μία μαθηματική σχέση, «ο τύπος», όπως λέγαμε, όταν γραφόταν στον πίνακα έφθανε σε μας, που δεν είχαμε όλοι τόσο πολύ καλές σχέσεις με τα μαθηματικά, σαν μία καταγραφή ενός μηχανικού μοντέλου που θα έλεγε ο Henri Poincaré, και έτσι την καταλαβαίναμε καλύτερα.

Ο εστιασμός για την απόκτηση διπλώματος, είχε αρχίσει από τότε να διαφαίνεται σαν αυτοσκοπός. Ο Καθηγητής Καραγκούνης έκανε πολλούς να αντισταθούν στην ψυχρή σκοπιμότητα του τυπικού πτυχίου. Και εδώ η αποστολή του υπήρξε σημαντική.

Τα Σεμινάρια και τα Colloquia που ξεκίνησε ο καθηγητής Καραγκούνης στάθηκαν αναντίρρητα ένας ελπιδοφόρος πυρήνας για την εξέλιξη της Φυσικοχημείας στην Ελλάδα. Και αυτό πρωτάρχισε από το υπόγειο της οδού Σόλωνος, το εργαστήριο Φυσικοχημείας.

Ο Ακαδημαϊκός κύριος Κ. Αλεξόπουλος, αξιολογών αυτήν την σημαντική προσπάθεια αφιέρωσε το μεγαλύτερο μέρος της ολιγόλογης προσφώνησής του στην υποδοχή του Καθηγητού Καραγκούνη στην Ακαδημία Αθηνών, στις 15 Ιανουαρίου 1985.

Ένα πρωί έφθασε ένα βαρύ κιβώτιο στο Εργαστήριο Φυσικοχημείας. Ήταν ένας τόννος... Και εδώ χειροπιαστά, στην κυριολεξία, μάθαμε ότι μία οποιαδήποτε νέα ιδέα στο έργο μας, για να λειτουργήσει πρέπει να υποτάξεις τις περισσότερες φορές το υλικό στην φόρμα που οραματίστηκες, για να σου πη το μεγάλο ναι. Και η σκληράδα του προβλήματος που ξεπερνά την κλίμακα του Μohs πετυχαίνει να χαράξει την επιφάνεια που κρύβει την αλήθεια.

Αυτή την επιμονή πέτυχε να μεταδώσει τα χρόνια που δίδαξε στο Πανεπιστήμιο ο καθηγητής Καραγκούνης. Και πρέπει να λογίζονται ευτυχείς αυτοί που μαθήτευσαν κοντά του.

Κ. κ. Ακαδημαϊκοί, αγαπητοί συνάδελφοι, κυρίες και κύριοι,

Μετά από τόσα που ειπώθηκαν από τους προλαλήσαντες για το έργο και την προσωπικότητα του αγαπητού μας δασκάλου και Ακαδημαϊκού κ. Γεωργίου Καραγκούνη, προς τιμή του οποίου γίνεται η συνάντηση αυτή, δεν μου μένει τίποτα να συμπληρώσω.

Θα αρκεστώ μόνο σε λίγες σκέψεις για τον καθηγητή κ. Καραγκούνη, παράλληλα με την επίδρασή του στην Ελληνική Πανεπιστημιακή κοινότητα.

Θυμάμαι ότι είχα πρωτοσυναντήσει το όνομα Καραγκούνης διαβάζοντας στις τελευταίες τάξεις του Γυμνασίου στο τέλος της δεκαετίας του '40, ένα παλιό Δελτίο της Ένωσης Φυσικών από την δεκαετία του '30, όπου ο κ. καθηγητής ανασκοπούσε κάποιο φυσικοχημικό φαινόμενο, νομίζω το παραχορικό. Μου έκανε μεγάλη εντύπωση η σαφήνεια της διατύπωσης και παρόλο που είμουν μαθητής του Γυμνασίου κατάλαβα αρκετά πράγματα και ενθουσιάστηκα λέγοντας μέσα μου: «γρήγορα θα ακούσω τον κ. Καθηγητή όταν θα μπω στο Πανεπιστήμιο». Είμασταν η γενιά των παιδιών μετά την κατοχή και είχαμε τρομερή δίψα για μάθηση και μόρφωση ώστε πολλές φορές αν και ακόμα τελειόφοιτοι του Γυμνασίου, πηγαίναμε και ακούγαμε τις παραδόσεις καθηγητών στο Πανεπιστήμιο όπως του αείμνηστου Χόνδρου και του αγαπητού καθηγητή και Ακαδημαϊκού κ. Αλεξόπουλου. Τι τρομερή αντίθεση με τις σημερινές άδειες Πανεπιστημιακές αίθουσες παραδόσεων. Μα θα μου πείτε τι σχέση έχουν αυτά με τον κ. Καραγκούνη; Και όμως έχουν. Τον καθηγητή κ. Καραγκούνη δεν είχα τότε την τύχη να τον ακούσω ως φοιτητής (διάβασα μόνο το ωραίο βιβλίο του της Φυσικοχημείας) διότι αντίξοες περιστάσεις την εποχή εκείνη τον έκαναν να πάει στην Ελβετία - Γερμανία.

Η τύχη όμως μου επεφύλαξε να τον γνωρίσω και να συνεργαστώ μαζί του μετά τις σπουδές μου στο εξωτερικό. Ήταν η εποχή που ήταν διευθυντής στο κέντρο Φυσικοχημείας στο Ε.Ι.Ε.

Ο κ. Καραγκούνης είχε διοργανώσει το Κέντρο έτσι ώστε να μοιάζει με μικρή Πανεπιστημιακή Σχολή. Εκείνο όμως που έκανε το κέντρο να δουλεύει και να είναι αποδοτικό, ήταν ο ενθουσιασμός του διευθυντή του για την έρευνα. Θυμάμαι ότι πολλές φορές φεύγοντας ο κ. Καραγκούνης στις 4 η ώρα της Παρασκευής για το Σαββατοκύριακο, έφευγε με αγωνία έχοντας συνεχώς στο μυαλό του τα αποτελέσματα της έκβασης κάποιας έρευνας: περνούσε δε τις ημέρες μέχρι την Δευτέρα το πρωί έχοντας το άγχος της έρευνας στο μυαλό του. Την Δευτέρα το πρωί ήταν από τους πρώτους στο πόδι σκυμένος στο π.π.ρ. ή στο ι.γ. προσπαθώντας μόνος να βάλει το νερό στο αυλάκι σχετικά μ' αυτά που σκεπτόταν το Σαββατοκύριακο. Τέτοια αφοσίωση δεν την βρίσκει κανείς σήμερα.

Περισσότερο αγωνιούσε ο κ. Καραγκούνης για την έκβαση της έρευνας και των πειραμάτων, παρά οι υποψήφιοι διδάκτορες.

Μπορώ να πω ότι η έρευνα ήταν και είναι γι' αυτόν ένα είδος βιώματος και ευχαρίστησης συγχρόνως. Θυμάμαι ακόμα τα σεμινάρια μας τα οποία ήταν τέλεια και εφάμιλλα των Πανεπιστημίων του Εξωτερικού. Πολλές φορές διερωτήθηκα γιατί; Την απάντηση την βρήκα αργότερα όταν έγινα καθηγητής παρατηρώντας τις άδειες πανεπιστημιακές αίθουσες όπου κάναμε σεμινάρια προσδοκώντας, ανάβοντας τσιγάρο, μερικούς από τα ΕΔΠ να έρθουν να ακούσουν μερικά ενδιαφέροντα πράγματα σε διάφορες ομιλίες. Ήταν ο ενθουσιασμός ο δικός μας αλλά και ο δικός τους που έλειπε και που ίσως έδωχνε τους νεότερους. Ίσως έλειπε εκείνο το νεύρο που κάνει το δάσκαλο ερευνητή και τον ερευνητή δάσκαλο.

Είμαι βέβαιος ότι εκείνο που λείπει σήμερα στην Πανεπιστημιακή Κοινότητα είναι η έλλειψη ενθουσιασμού τόσο στους διδάσκοντες όσο και στους διδασκόμενους.

Η έλλειψη ιδανικού ίσως, η έλλειψη της ευχαρίστησης που νοιώθουμε κάνοντας έρευνα και όχι για να προσθέσουμε μία εργασία στον κατάλογο των δημοσιεύσεών μας, είναι σημερινό χαρακτηριστικό νοοτροπίας. Η ικανοποίηση που νοιώθει ο ηθοποιός ή μουσικός μετά την εκτέλεση του ρόλου του και στην περίπτωση την δική μας μετά την διδασκαλία ή το πειραματικό έργο έχει πια αμβλυνθεί. Τέτοιες ψυχικές καταστάσεις νομίζω ότι άρχισαν να είναι σπάνιες στις μέρες μας.

Μήπως φταίει η γενική κοινωνική δομή όπως εξελίχθηκε τελευταία; μήπως ο ευδαιμονισμός, η έλλειψη σκοπού, το πνεύμα του νιχιλισμού που διέπει, αλοίμονο, τα τελευταία χρόνια τους Έλληνες; Δεν θα δώσω απαντήσεις, απλώς θα τονίσω ότι χρειαζόμαστε περισσότερους ανθρώπους - διδασκάλους - ερευνητές σαν τον Ακαδημαϊκό Καραγκούνη με ενθουσιασμό, θέληση και πείσμα και ίσως τότε δούμε την ελληνική επιστήμη ψηλά και τα ελληνικά ονόματα να κοσμούν την βιβλιογραφία εκπροσωπώντας θεωρήματα, μεθόδους, φαινόμενα, σύνδρομα αλλά και βραβεία.

Δεν θέλω να φανώ άκρα απαισιόδοξος λέγοντας ότι ο κ. Γεώργιος Καραγκούνης είναι ο τελευταίος των δεινοσαύρων, αλλά θα τελειώσω λέγοντας: εύχομαι το γένος αυτό των δεινοσαύρων γρήγορα να αναβιώσει και εύχομαι επίσης στον αγαπητό δάσκαλο κ. Καραγκούνη μακροζωία να δει τέτοιες εικόνες των οποίων υπήρξε πρωτεργάτης· αλλά η ευχή απευθύνεται και σε μας τους άλλους να τον μιμηθούμε όσο περισσότερο μπορούμε.

Κυρίες και Κύριοι,

Σαν μαθήτρια του Καθ. κ. Καραγκούνη θα ήθελα κι εγώ να προσθέσω δύο λόγια για την προσωπικότητα, την σταδιοδρομία και την έντονη παρουσία του σημερινού τιμωμένου στον διεθνή και ελληνικό χώρο των φυσικών επιστημών.

Ήδη στα 27 του χρόνια ήταν Παν/κός δάσκαλος στο Παν/μιο Αθηνών, όπου παράλληλα με τη διδασκαλία ασχολήθηκε εντατικά και με την έρευνα. Το ίδιο συνεχίστηκε και σ' όλα τα χρόνια της παραμονής του στο εξωτερικό όπου δίδαξε σε διάφορα Παν/μια και Ιδρύματα, έδωσε διαλέξεις, έκανε ανακοινώσεις σε διεθνή συνέδρια. Σε δεκάδες μετρούνται οι δημοσιευμένες πρωτότυπες επιστημονικές του εργασίες, οι οποίες απετέλεσαν θετικές καταβολές για την γνώση του αντικειμένου που επεξεργάζοντο. Ηθική ανταμοιβή του ήταν η πρόσφατη εκλογή του, ως τακτικού μέλους της Ακαδημίας Αθηνών και η ακόμα μεταγενέστερη αναγόρευσή του, ως μέλους πάλι, Ιταλικής Ακαδημίας επιστημών. Γεγονός, που με την σεμνότητα που τον χαρακτηρίζει, συνέβη εν αγνοία του και το επληροφόρηθη μετά πάροδον έξι μηνών.

Εγώ είχα την τύχη να εκπονήσω τη διδακτορική μου διατριβή υπό την καθοδήγηση του Καθ. κ. Καραγκούνη και στη συνέχεια να συνεργαστώ μαζί του για μερικά χρόνια. Έτσι μπόρεσα να διδαχθώ και να επωφεληθώ από το εφευρετικό σπινθηροβόλο πνεύμα του, το οργανωτικό του ταλέντο, την μεθοδικότητα, την εργατικότητα και προ παντός την εξαιρετική και σπάνια ικανότητά του να μεταδίδει τις επιστημονικές του γνώσεις στους ακροατές του. Κατά την θητεία του ως Διευθυντού του Κέντρου Φυσικοχημείας του Εθν. Ιδρυμ. Ερευνών, το οποίο οργάνωσε και πρωτολειτούργησε ο ίδιος, πραγματοποιήσαμε μαζί μία πρωτότυπη και κομψή ιδέα του, αναπτύξαμε δηλ. μία φυσικοχημική μέθοδο συνθέσεως υψηλοπολυμερών Κατενανίων, εκμεταλλευόμενοι την προσανατολιστική ικανότητα μεσεπιφανειών επάνω σε πολικά μόρια. Στον ίδιο ευρύ τομέα αναπτύξαμε και άλλες μεθόδους προσανατολισμού των αρχικών μορίων, όπως π.χ. ισχυρού μαγνητικού πεδίου, για τη σύνθεση πάντα των Κατενανίων. Από τη συνεργασία μας αυτή προέκυψαν και άλλες επιστημονικές ανακοινώσεις.

Το ίδιο χρονικό διάστημα ο κ. Καραγκούνης καθοδηγούσε ακόμη 3 διδακτορικές διατριβές συναδέλφων και συνηργάζετο και με τους επιστημονικούς του συνεργάτες. Έτσι παρέδωσε στην επιστημονική κοινότητα άλλους 3 διδάκτορες και πολλές πρωτότυπες εργασίες.

Το μυστικό της μόνιμης πνευματικής εφθβείας του Ακαδημαϊκού κ. Καραγκούνη πρέπει σίγουρα να αποδοθεί στα πολύπλευρα ενδιαφέροντα και δραστηριότητές του και γι' αυτό η διακοπή της συνεργασίας του με το Εθν. Ιδρ. Ερευνών ήταν απώλεια και για το Ίδρυμα και για την επιστήμη. Από την πλευρά μου αφιερώνω μία τελευταία εργασία μου προς τιμήν του.

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗΣ

Επιστήμων - Ποιητής - Φιλόσοφος

Παύλου Ν. Δημοτάκη
Καθηγητού Πανεπιστημίου

Ο Γεώργιος Καραγκούνης, του οποίου τιμούμε σήμερα τα 60 χρόνια της επιστημονικής του δραστηριότητας, γεννήθηκε στις 27 Δεκεμβρίου του 1905 στα Τρίκαλα της Θεσσαλίας. Τελείωσε το 2ο Γυμνάσιο της Αθήνας και από το 1921 μέχρι το 1926 σπούδασε Χημεία εις τα Πανεπιστήμια Göttingen και Freiburg της Γερμανίας. Από το τελευταίο Πανεπιστήμιο πήρε το διδακτορικό το 1926.

Κατά την περίοδο 1926 έως 1930 εργάζεται στο πειραματικό ερευνητικό πεδίο εις το Εργαστήριο Φυσικοχημείας του Πανεπιστημίου του Μονάχου ως υπότροφος της Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft.

Το 1930 και για ένα χρόνο μεταβαίνει και εργάζεται ως υπότροφος Ramsay του Ελληνικού Κράτους, εις το University College Λονδίνου.

Μετά την εκπλήρωση των στρατιωτικών του υποχρεώσεων στην Ελλάδα και σε ηλικία 27 ετών εκλέγεται Έκτακτος Καθηγητής της Φυσικοχημείας εις το Πανεπιστήμιο Αθηνών το 1932, μετά δε Τακτικός Καθηγητής της αυτής έδρας το 1938, εις την οποία και παραμένει μέχρι το 1948.

Η προ του πολέμου περίοδος εργασίας του Γεωργίου Καραγκούνη εις το Πανεπιστήμιο Αθηνών χαρακτηρίζεται από έντονη δραστηριότητα. Παραδίδει μαθήματα Χημικής Θερμοδυναμικής, Ηλεκτροχημείας και Θεωρίας των Κβάντων. Δημιουργεί και οργανώνει το Εργαστήριο Φυσικοχημείας. Οργανώνει μια σειρά διαλέξεων και σεμιναρίων, τα περίφημα Κολλόκβια με άνω των εκατό διαλέξεων σε θέματα Φυσικοχημείας εις το Χημείο του Πανεπιστημίου. Συγγράφει και εκδίδει το βιβλίο «Φυσικοχημεία» και συμμετέχει στο Α΄ Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας με πρωτότυπες εργασίες και διαλέξεις. Εργάζεται ερευνητικά και οι δύο στενοί συνεργάτες του, αείμνηστοι Γ. Κούμουλος και Γ. Δρίκος γίνονται διδάκτορες επί των εργασιών αυτών. Εν συνεχεία αποκτούν διδακτορικό δίπλωμα οι άλλοι δύο συνεργάτες του, ο μετέπειτα διαδεχθείς εις την Έδρα Καθηγητής Θ. Γιαννακόπουλος και η κα Π. Νικολαΐδη.

Ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος, η ακολουθήσασα κατοχή, ο εμφύλιος πόλεμος, ανακόπτουν το έργο του Γεωργίου Καραγκούνη. Κατά τον ελληνοϊταλικό πόλεμο υπηρετεί ως έφεδρος αντισυνταγματάρχης του πυροβολικού εις το VI Γραφείο του Γενικού Επιτελείου Στρατού, γνωματεύει επί χημικών θεμάτων και εποπτεύει την βιομηχανική κατασκευή ηλεκτρικών στηλών, που εχρησιμοποιούντο από τις πυροβολαρχίες. Κατά την κατοχή η έλλειψη χημικών ουσιών.

επιστημονικών περιοδικών και ηλεκτρικού ρεύματος μειώνουν κατά πολύ την ερευνητική του δραστηριότητα. «Μέγα μέρος της ενεργείας μας» αναφέρει στο βιογραφικό του σημείωμα, «κατηναλίσκετο εις τον καθημερινόν, δεινόν αγώνα ευρέσεως τροφίμων».

Η συσσώρευση τόσων κακών εις την πατρίδα του και οι δυσσώινες προοπτικές, τον αναγκάζουν το 1948 να αναχωρήσει προς τον ευρωπαϊκό χώρο, όπου η επιστημονική παράδοση θα αποτελούσε τις γόνιμες συνθήκες για να συνεχίσει ο Γεώργιος Καραγκούνης το επιστημονικό του έργο.

Έτσι το 1948 λαμβάνει εντολή διδασκαλίας εις το Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης της Ελβετίας, που διαρκεί μέχρι το 1956. Παράλληλα εργάζεται ερευνητικά εις το Εργαστήριο Φυσικοχημείας του Πανεπιστημίου και του Πολυτεχνείου της Ζυρίχης. Πέρνει μέρος εις το Διεθνές Συνέδριο της Χημείας στη Στοκχόλμη το 1954.

Από το 1956 μέχρι το 1968 αναλαμβάνει διδακτικά καθήκοντα ως τακτικός καθηγητής της Φυσικοχημείας εις το Πανεπιστήμιο Freiburg της Γερμανίας. Εργάζεται ερευνητικά και καθοδηγεί τους συνεργάτες του για την απόκτηση διπλωμάτων και διδακτορικών. Συνολικά ο αριθμός ανέρχεται σε 4 διδακτορικές διατριβές και 7 διπλωματικές εργασίες.

Το 1959 εκδίδει το σύγγραμμα "Einführung in die Elektronentheorie Organischer Verbindungen" (Εισαγωγή στην Ηλεκτρονική Θεωρία των Οργανικών Ενώσεων) το οποίο μεταφράζεται εν συνεχεία στην αγγλική και πολωνική.

Ενδιάμεσα, το 1964, επί τη βάσει μιας ετήσιας άδειας, μεταβαίνει και εργάζεται εις το Mathematical Institut of the Oxford University του καθηγητού Coulson σε θέματα Θεωρητικής Χημείας.

Το 1966 αναγορεύεται αντεπιστέλλον μέλος της Ακαδημίας Αθηνών.

Εις την Ελλάδα επανέρχεται το 1968 και αναλαμβάνει με 8ετή σύμβαση εργασίας την ίδρυση και λειτουργία του Κέντρου Φυσικοχημείας του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών στην Αθήνα. Εξοπλίζει με σύγχρονα όργανα το εργαστήριο και εργάζεται λίαν γόνιμα με τους συνεργάτες του. Αποτέλεσμα: πληθώρα δημοσιεύσεων και απονομή τεσσάρων διδακτορικών διπλωμάτων στους συνεργάτες του Αγαθοκλή, Παπαβασιλείου, Μακρυγιάννη και Παλαιοπούλου.

Μετά την λήξη του συμβολαίου με το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών ο Γεώργιος Καραγκούνης εξακολουθεί να εργάζεται εις το μικρό ιδιωτικό του εργαστήριο εις την Κηφισιά, τραπείς προς θέματα ανάλογα με τις δυνατότητες των οργάνων που διαθέτει. Εις το εργαστήριο αυτό εκπονήθηκαν εργασίες, οι οποίες εδημοσιεύθησαν εις ξένα περιοδικά πλην των ανακοινώσεων εις την Ακαδημία Αθηνών.

Το εργαστήριο αυτό, δίκην ακορητηρίου, προκαλεί το δέος και τον θαυμασμό για τον επιστήμονα άνθρωπο, ο οποίος εξακολουθεί να εργάζεται και να κρατεί άσβεστη την ιερά φλόγα της επιστημονικής έρευνας.

Ο Γεώργιος Καραγκούνης αναγορεύεται το 1984 τακτικό μέλος της Ακαδημίας Αθηνών ενώ το 1982 και το 1986 αναγορεύεται τακτικό μέλος των Ιταλικών Ακαδημιών Academia Meditæanea delle Scienze-Catania και Tiberina της Ρώμης.

Σημαντική δραστηριότητα του Γεωργίου Καραγκούνη πρέπει να καταλογισθεί η περίοδος της προεδρίας του εις την Επιστημονική Επιτροπή της Ενώσεως Ελλήνων Χημικών κατά το 1970-73, την οποία συνέστησε ο τότε Πρόεδρος της Ενώσεως Δρ Ιω. Κανδήλης και η οποία οργάνωσε και εξέδωσε για

πρώτη φορά το διεθνές περιοδικό *Chimica Chronica - New Series*.

Από το 1977 μέχρι σήμερα έχει κάμει σειρά έξι ομιλιών εις την Ακαδημία Αθηνών και το Ίδρυμα Ευγενίδου επί φιλοσοφικοεπιστημονικών θεμάτων, εις τα οποία αναφερόμεθα περαιτέρω.

Επιστημονικό Έργο

Το επιστημονικό έργο του Γεωργίου Καραγκούνη ανερχόμενο εις άνω των εξήντα πρωτοτύπων εργασιών, που εδημοσιεύθηκαν σε έγκυρα περιοδικά και ανεκονώθησαν σε συνέδρια, δύναται να χωρισθεί εις έξι ομάδες.

1. Εις την πρώτη ομάδα εξετάζονται οι *σχέσεις μεταξύ χημικής συνθέσεως και δομής οργανικών ενώσεων*. Περί τις δώδεκα εργασίες έχουν αφιερωθεί εις ερωτήματα επιπέδου συμμετρίας εις τις ελεύθερες ρίζες και σε οπτικώς ενεργές καταστάσεις. Διάσπαση ρακεμικών μιγμάτων, δι' εκλεκτικής προσροφήσεως με οπτικώς ενεργό στερεά επιφάνεια ή δια καλυμένων με στροφικές ουσίες ανενεργών στερεών υποβάθρων μεγάλης λεπτότητας, εις υγράν ή εις αέριον κατάσταση. Δημιουργείται η πεποίθηση περί υπάρξεως γενικής αρχής, που διέπει όλες τις οργανικές ενώσεις, δηλ. ότι οι δομές που εκτελούν τον μεγαλύτερο αριθμό μη ενεργών δονήσεων εις το IR και το φάσμα Raman είναι σταθερότερες. Οι θερμότητες καύσεως είναι γραμμική συνάρτηση του «αριθμού υδρογόνων» καθώς και η ταχύτητα εξαπλώσεως μονομοριακών στοιβάδων επί υδατικής επιφανείας είναι συνάρτηση της στερεοχημικής δομής απροσδόκητα συσχετιζομένης με μακροσκοπικές υδροδυναμικές απόψεις.

2. *Ισχυροί ηλεκτρολύτες* είναι το θέμα της δεύτερης ομάδας. Δύο εργασίες ασχολούνται με τον ακριβή προσδιορισμό και την ερμηνεία διαβαθμίσεως των οσμωτικών συντελεστών αλογονούχων αλκαλιμετάλλων. Ο ανταγωνισμός εις την εφυδάτωση των δύο ετεροπολικών ιόντων εξαρτάται από το σχετικό μέγεθος των ακτίνων τους. Σε ίσες ή συγκρίσιμες περιπτώσεις ελαχιστοποιούνται τα μεγέθη της διαλυτότητας, εφυδατώσεως, θερμότητας αραιώσεως και οσμωτικών συντελεστών, λόγω της εκδηλουμένης ανομοιογένειας του ηλεκτρικού πεδίου.

3. Η τρίτη ομάδα εκ δεκαέξη εργασιών έχει κύριο θέμα την *συμπεριφορά μονομοριακών στοιβάδων επί στερεών επιφανειών*. Εις αυτές, κατόπιν ευρέσεως μιάς απλής μεθόδου προσδιορισμού της εσωτερικής επιφανείας λεπτώς καταμερισμένης στερεάς φάσεως, μελετώνται διάφορες φυσικοχημικές σταθερές των εν προσροφήσει ουσιών και διαπιστούνται οι διαφορές μεταξύ χημικής και φυσικής προσροφήσεως. Φάσματα Raman, NMR ως και IR παρέχουν πληροφορίες επί μόνο-, δι-, και τριμοριακών στοιβάδων ως και πολυστοιβάδων.

4. Εις την τετάρτην ομάδα εκ τεσσάρων εργασιών εξετάζεται η *δράση οργανικών ενώσεων ως αντιδιαβρωτικών του σιδήρου*. Το πρόβλημα της διαβρώσεως αντιμετωπίζεται δι' επιλογής της κατάλληλης χημικής δομής, τα άτομα της οποίας πρέπει να έχουν ισχυρή χημική συγγένεια προς τον σίδηρον και τα μοριακά ενδιάκενα να είναι τόσο μικρά ώστε να αποκλείεται η δίοδος ιόντων υδρογόνου. Οργανικές ενώσεις θείου ως γραμμικά αλλά και δικτυωτά υψιπολυμερή προσροφώνται επί επιφανειών σιδήρου λόγω εισόδου των d-ηλεκτρονίων του θείου εις ενεργειακώς κενές στάθμες των ατόμων του σιδήρου. Τα ενδιάμεσα κενά πληρούνται δια του εγκλωβισμού ξένων μορίων.

5. *Σύνθεση αλυσιδωτών κρικωτών ενώσεων, των κατενανίων*, είναι το θέμα της πέμπτης ομάδας. Οκτώ εργασίες συνθέσεως βασίζονται σε μια νέα φυσικοχημική μέθοδο παρασκευής πολυμερών καδενοειδών ενώσεων. Κατ' αυτήν γίνεται εκμετάλλευση των μοριακών προσανατολισμών των χαρακτηριστικών ομάδων των ενώσεων επί της επιφανείας του ύδατος και υπό την επιφάνεια προστίθεται κυκλική ένωση μεγάλου δακτυλίου. Προκαλυμμένων κατόπιν αντιδράσεων μεταξύ των ομάδων αυτών, καδενοποιούνται στατιστικώς οι δύο ενώσεις.

6. *Ανεξαρτήτων θεμάτων* εργασίες, περίπου δέκα, αποτελούν την έκτη ομάδα και ασχολούνται με φυσικοχημικά προβλήματα των φωτογραφικών πλακών, με την υδρογόνωση του ελαίου υπό την επίδραση UV φωτός παρουσία καταλύτου, με τον διαχωρισμό πολικών από μη πολικές ενώσεις, με την μελέτη του παραμαγνητισμού της ρίζας τριφαινύλιον δια της φασματοσκοπίας Raman ως και των τριχλωριούχων ενώσεων σπανίων γαιών. Τέλος η διαπίστωση της εκπομπής μικροκυματικής ακτινοβολίας κατά την διάρκεια χημικής αντιδράσεως είναι τα τελευταία και εντυπωσιακά ευρήματα των ερευνών του Γεωργίου Καραγκούνη.

Ποιητικό Έργο

Ο βίος των επιστημόνων χαράσσεται πολλές φορές από διαδρομές παράλληλες με την αναζήτηση της αλήθειας. Η επιστήμη της Χημείας αποκαλούμενη από τον Κ. Παλαμά σαν «Κορώνα των Επιστημών», πολλά τα θαυμαστά προσέφερε στον άνθρωπο. Ο μέγας Δημιουργός του σύμπαντος της ύλης και των αοράτων αποκαλείται Ποιητής ουρανού και γης και δίκαια ο αντικρύζων το έργο Του στην μεγαλοφυή σύλληψη της απειρίας των χημικών ενώσεων συνέχεται από την συγκίνηση που προκαλεί ένα έργο τέχνης.

Η Ποίηση σαν κωδικοποιημένη μορφή τέχνης αιτριάζει περισσότερο στον επιστήμονα. Η βραχύλογη περιγραφή αισθημάτων, εικόνων, γεγονότων, σκέψεων και καταστάσεων, μπορεί να ταυτισθεί με την αναφορά στην ανεύρεση επιστημονικών δεδομένων. Τίποτε περισσότερο, τίποτε λιγώτερο. Όπως στην Ποίηση, έτσι και στην Επιστήμη.

Ο ποιητής Γεώργιος Καραγκούνης μας έχει παρουσιάσει τρεις ποιητικές συλλογές, όλες στην γερμανική γλώσσα. Είναι: 1) *Attische Nächte* (Αττικές Νύχτες) Ζυρίχη 1949. 2) *Herbstlieder der Nacht* (Φθινοπωρινά Τραγούδια της Νύχτας) Ζυρίχη 1980. 3) *Das grosse Borgen* (Ο Μεγάλος Δανεισμός) Αθήνα 1984.

Ο ομιλητής όμως προτιμά να δώσει τον λόγο στον ειδικό στα θέματα αυτά. Ο αείμνηστος Ε.Π. Παπανούτσος είχε γράψει σχετική κριτική για την ποίηση του Γεωργίου Καραγκούνη στο «Βήμα» ήδη από το 1952. Με τίτλο «Στίχοι ενός Φυσιολόγου» κρίνει την συλλογή του Αττικές Νύχτες. Ο Παπανούτσος διατυπώνει κατ' αρχήν την άποψη ότι η ποιητική ενασχόληση των επιστημόνων είναι κάτι το ανώμαλο, «...κάποιο υβρίδιο της πνευματικής κλάσης, άξιο βέβαια να προκαλέσει την περιέργεια όχι όμως και την επιδοκιμασία». Αφήνοντας ασχολίαστη αυτήν την θέση, ερχόμαστε στην ενθουσιώδη του κρίση για την ποίηση του Γεωργίου Καραγκούνη. Γράφει ότι «με χαρά σημείωσε μία εξαίρεση στην άποψή του, όταν έπεσε στα χέρια του η συλλογή Αττικές Νύχτες. Ο Γ.Κ. ζώντας στη Ζυρίχη και νοσταλγώντας την γη των πατέρων του δίνει ακόμα και στα ξενόγλωσσα ποιήματά του ελληνικό τίτλο. Η προτίμηση στην γερμανική γλώσσα»,

λέει, «θα οφείλεται ασφαλώς στο γεγονός ότι στη γλώσσα αυτή έκανε από την τρυφερή του νεότητά την πνευματική του καλλιέργεια και από την δική της ποίηση δέχθηκε κυρίως τις επιδράσεις του. Τα ίχνη του Ρίλκε είναι φανερά. Στους στίχους της συλλογής υπάρχει πολύ τρυφερή ευαισθησία, λεπτός στοχασμός και μιά βαρύθυμη διάθεση φθινοπωρινή, αρωματισμένη με απαισιοδοξία ρωμαντικού μεταφυσικού, που έχει τις ρίζες της σ' ένα αισθηματικό αλλά και διανοητικό μαζί κορεσμό της ψυχής. Ο αναγνώστης συχνά αισθάνεται ότι εδώ τραγουδάει τους καθμούς του με πολλή διάκριση και με περισσότερες ακόμη αφαιρέσεις ένας φυσιοδίφης ασκημένος να βυθίζεται σε επίπονες επιστημονικές θεωρήσεις, στην έρευνα των λεπτών αποχρώσεων που ολοένα σβήνουν και χάνονται, όσο καταστέλλοντας τον ίλιγγο πλησιάζει κανείς τις σκοτεινές περιοχές των συνόρων μιάς οικογένειας επιστημών. Ο τόνος όμως είναι ποιητικά καθαρός».

Ο Παπανούτσος υπογραμμίζει το γεγονός ότι στα ποιήματα μεταφέρεται η συγκίνηση μίας ψυχής που έχει βασανισθεί από την επίπονη αγωγή του επιστημονικού στοχασμού και έχει γευθεί πολύ στιφές φιλοσοφικές θεωρήσεις. Σαν παράδειγμα αναφέρει ως ένα από τα ωραιότερα ποιήματα της συλλογής, το «Spektrum» το οποίο παραθέτουμε στο πρωτότυπο.

SPEKTRUM

Ich bin die rote, rote Farbe
ich bin die Wunde, bin die Narbe,
die Lust, die Wärme, die Gefahr,
der Anbeginn von dem, was wunderbar
im Lebenspulse pocht und drängt
und ungestüme Rufe fängt...
Ich will im Rausch von Flammenwein
vertanzen all mein junges Sein!

Ich bin der grüne, grüne Farbengrund.
Gekommen ist die milde Stund',
wo ausgereift die Liebesglut
auf grünen Wiesen heiter ruht.
Ich bin das frische, grüne Blatt,
worin die Mutter, aller Spiele satt,
nun wickelt ein ihr kleines Kind
und hält's den Winden, welche Hoffnung sind.

Ich bin die gelbe, gelbe Sünde.
In vollem Zorn und Zwiespalt stünde
der gelbe Hass, der Hohn.
Ich bin der Todesbote, ich bin der Bettelohn,
was einmal ich befall', da bleib ich lange kleben,
ich will nicht sterben, doch lass ich wenig leben.

Ich bin die blaue, blaue Strenge,
zur Höhe steige ich, zur Höhe dränge,
ermannte Farbe, hartes Wissen,
ich will die blaue Fahne hissen,
wo schwüle Deutung Schicksal las.
Ich schaffe Macht und Mass!

Ich bin die weissen, weissen Weiten,
wohin die Namenlosen gleiten,
der grosse Raum, wohin sie wesenlos,
vereinte Farben, fallen in den Schoss,
in mir sie schliessen ihren Lebenskreis
und werden grau und werden weiss.

Doch seht, auf wess' Geheiss
die Kalten werden wieder heiss,
die Weissen wiederum zerfallen,
zu formen lichte, bunte Hallen,
und schaffen Leben, Tanz der alten Melodie...
Oh,
das ist Magie, das ist Magie!

Από τα δύο πρόχειρα μεταφρασμένα ποιήματα που παραθέτει στην κριτική του ο Παπανούτσος βρίσκουμε την ευκαιρία να μεταφέρουμε το ένα που έχει τίτλο «Δεύτερη Παρουσία»:

ΔΕΥΤΕΡΗ ΠΑΡΟΥΣΙΑ

Τάφοι ανοιχτοί
μπροστά στο Θεό τό δωρητή
τῆς κρίσης καιρός.

Πρόσωπα σαν κερι
μπροστά στο Θεό τό δικαστή
τρέμουν στό φῶς.

Παράπονα θρηνητικά,
ρωτήματα θαυμαστικά,
φόβος δεινός.

«Σῶσε μας από τόν πόνο
νά εἴμαστε καί πάλι
ζωῆς μαγεία.

Στά καθήκοντα ποτέ
δέν εὐρήκαμε, Θεέ,
προθέσεις, σημασία».

Παρ' όλο τον περιορισμένο χρόνο που διαθέτει κανείς νά αναφερθεί στο όλο έργο του Γεωργίου Καραγκούνη, δεν πρέπει να χάσει την ευκαιρία να διαβάσει κι ένα ποίημά του γραμμένο απ' ευθείας στα ελληνικά τώρα τελευταία:

ΝΟΣΤΑΛΓΙΚΟ ΟΝΕΙΡΟ

Άκριβής σάν τόν Ίκτινο,
μελωδικός όπως ό Ρίλκε,
γενναίος σάν τόν Κουτούζωφ,
εύλαβής όπως ό Παύλος.
Κύριε,
πότε θά ενώσης τίς προθέσεις Σου
δημιουργώντας τόν τέλειο άνθρωπο.

Φιλοσοφικό Έργο

Η Φιλοσοφία, θυγατέρα πολυάκριβη της ελληνικής σκέψης, αναζήτησε ιδιαίτερα στην αντιπέραν όχθη του Αιγαίου την αλήθεια του κόσμου τούτου με μόνο εργαλείο τον ανθρώπινο νου. Ανεξάντλητα η επιστήμη των τελευταίων εκατονταετηρίδων δανείσθηκε απ' το ελληνικό πνεύμα τους σπόρους για να καρποφορήσει ο δικός μας τεχνικός πολιτισμός. Κι όμως το αδιέξοδο, που οδηγούν τα εκθετικά εμφανιζόμενα καινούργια ερωτήματα, αναγκάζουν τον σύγχρονο ερευνητή να αναζητήσει την αλήθεια πάλι με τον νου. Ο Γεώργιος Καραγκούνης επιστήμων σε οριακές περιοχές όπως η Φυσικοχημεία και ταυτόχρονα ευαίσθητος ποιητής, δεν θα μπορούσε να ξεφύγει από τον κανόνα των εκλεκτών. Οι φιλοσοφικοί του στοχασμοί ενυπάρχουν σε όλες του τις ομιλίες με φιλοσοφικοεπιστημονικό περιεχόμενο. Αυτές είναι οι εξής:

- 1) «Η Ύλη το Προσφιλέστατον του Θεού Τέκνον», Ακαδημία Αθηνών 1979.
- 2) «Ο Albert Einstein και το Έργον του», Ίδρυμα Ευγενίδου 1979.
- 3) «Η Συναδέλφωσις Τύχης και Αιτιοκρατικής Αναγκαιότητας», Ακαδημία Αθηνών 1983.
- 4) «Προς την Δύσιν της Ατομικής Θεωρίας της Ύλης», Ακαδημία Αθηνών 1985.
- 5) «Η Συμβολή της Φυσικοχημείας εις την Έρευναν της Ζώσης Ύλης - Η Δικαιώσις του μη Υπολογισήμου», Ακαδημία Αθηνών 1986.

Στις ανωτέρω ομιλίες ο Γεώργιος Καραγκούνης με κριτικό πνεύμα ώριμου και εξαγνισμένου επιστήμονα, που διαπίστωσε την ματαιότητα στην ανεύρεση της απόλυτης αλήθειας και την αγωνία στην αναζήτησή της μέσω της επιστημονικής έρευνας, εισέρχεται στον φευγαλέο κόσμο των συγχρόνων γνώσεων που αμυδρά οριοθετούν το σκοτάδι του Κόσμου, με μόνη λαμπάδα να φωτίζει τα έσχατα βήματα, την Χριστιανική Πίστη. Εισχωρώντας στα μύχια του μικρόκοσμου και της κβαντο-χρωματοδυναμικής των κουόρκς διαπιστώνει ότι τα σωματίδια αυτά δεν έχουν τίποτε το σωματιδιακό αλλά είναι απλά αμοιβαίες σχέσεις. Έτσι συμπληρώνει την ρήση του Ηράκλειτου με την δική του πλέον προέκταση ότι «τά πάντα ρεΐ και τά πάντα είναι μετά τών πάντων συνδεδεμένα».

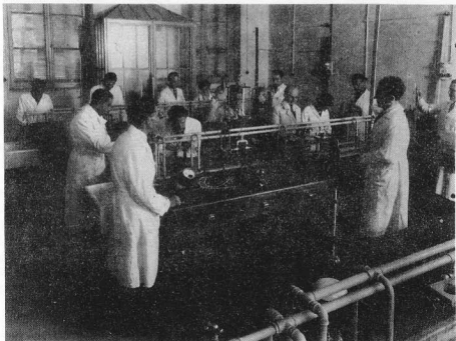
Συντάσσεται με την νέα Θερμοδυναμική των μη αντιστρεπτών διεργασιών

αναγνωρίζω ιδιότητες ζώντων οργανισμών εις τις μακράν της ισορροπίας οργανωμένες δομές εκ διασποράς, που ταλαντούμενες με συνεχή τροφοδότηση ενέργειας και ύλης από το περιβάλλον, κρατούν μακράν το σύμπαν του Δημιουργού από τον θλιβερά απαισιόδοξο θερμικό θάνατο.

Τελειώνοντας θα θεωρήσω τον εαυτό μου ευτυχή αν έχω αμυδρά αποδόσει το έργο του Γεωργίου Καραγκούνη. Το τρίπτυχο Επιστήμη - Ποίηση - Φιλοσοφία που χαρακτηρίζει την προσωπικότητά του ίσως να μην είναι μία χαρισματική σύμπτωση στη μορφή του τιμωμένου αλλά να είναι μία προσέγγιση στο «Νοσταλγικό Όνειρο» του Ποιητή Γεωργίου Καραγκούνη για την δημιουργία από τον Θεό του τέλειου ανθρώπου.



Ὁ Γεώργιος Καραγκούνης κατά τήν ἐποχή πού ἐργαζόταν ἐρευνητικά στό Μόναχο μετά τήν ἀπόκτηση τοῦ Διδακτορικοῦ Διπλώματος (1929).



Ὁ Καθηγητής Γ. Καραγκούνης μέ τούς ἀσκουμένους φοιτητάς του στό νεοϊδρυμένο Ἐργαστήριο Φυσικῆς Χημείας τοῦ Χημείου τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν (1936).



Μέ τούς φοιτητάς τού Φυσικοῦ Τμήματος (εἰς τό μέσον ὁ καθηγητής) κατά τήν ἐπίσκεψιν τῆς πρώτης γεωτρήσεως πρός ἀναζήτησιν πετρελαίου στήν Πελοπόννησο (1936).

ΣΥΝΕΠΕΙΑΙ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΟΤΗΤΟΣ ΤΟΥ NIELS BOHR

ὑπό τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ
Καθηγητοῦ Γεωργίου Καραγκούνη

Κυρίες καί Κύριοι,

Μέ ἀπησχόλησε πολύ ἡ ἐκλογή τοῦ θέματος τῆς ἀποψινῆς ὁμιλίας, τό ὅποιον θά ἔπρεπε νά εἶναι ἕνα θέμα γενικωτέρου ἐνδιαφέροντος. Πρό ὀλίγων μηνῶν, ὁμίλησα εἰς τήν Ἀκαδημίαν Ἀθηνῶν περί τῆς συμβολῆς τῆς Φυσικοχημείας εἰς τήν ἔρευναν τῆς ζώσης ὕλης, μέ τό βλέμμα ἐστραμμένον πρός τάς μεταβολάς τάς ὁποίας ἡ ἔρευνα ἐπροκάλεσε εἰς τόν τρόπον θεωρήσεως τῆς φύσεως. Ὡς συνήθως συμβαίνει, μετά τό πέρας τῆς ὁμιλίας διεπίστωσα, ὅτι θά μπορούσα νά εἶχα πεί καί ἄλλα τινά ἐπί τοῦ ἐκλεγέντος θέματος, ἀφοῦ πολλά παρελήφθησαν λόγω τοῦ περιορισμένου χρόνου. Θά ἤθελα λοιπόν ἀπόψε, νά συνεχίσω τρόπον τινά, τήν ὁμιλίαν ἐκείνην θέτων ὡς κέντρον αὐτῆς, *τήν ἀρχήν τῆς συμπληρωματικότητος τοῦ Niels Bohr*, ἣτις ἔχει πολυσχιδεῖς συνεπείας εἰς τήν Βιολογίαν, τήν Ψυχολογίαν καί τόν κοινωνικόν κόσμον.

Ἐπιτρέψατέ μου λοιπόν νά προτάξω τό τέλος τῆς φθινοπωρινῆς ἐκείνης ὁμιλίας, ὡς εἰσαγωγήν καί πρός γνωριμίαν τοῦ κλίματος πρός τό ὅποιον βαδίζομεν:

«Διεγνώσθη ἡ ὑπαρξίς περιορισμῶν, φραγμῶν, ὁρίων, ἅτινα ἔχουν τεθεῖ εἰς τήν *γνωστικήν ἐπεκτατικότητα* τοῦ ἐρευνητοῦ. Κατεδείχθη διά ὀρισμένης κατηγορίας θεμελιωδῶν προβλημάτων, τό ἀδύνατον μιᾶς κατηγορηματικῆς ἀποφάνσεως, ὑπέρ τῆς μιᾶς ἢ τῆς ἀντιθέτου λύσεως. Ἐμάθαμεν νά μήν δυσανασχετῶμεν διά τήν ἐμφάνισιν ἀντιφάσεων, ἀναγνωρίζοντες τό δικαίωμα ὑπάρξεως περισσοτέρων ἰσοτίμων ἀντιλήψεων. Αἱ διαγνώσεις αὐταί μᾶς ἐπιβάλλουν σεβασμῶν πρό τοῦ μή προσδιορισίμου, τοῦ ἀδιερευνήτου, τοῦ ἀγνώστου. Περισώζοντες δέ τό πολυστήμαντον καί αἰνιγματώδες τοῦ κόσμου, *ἐπαφιέμεθα πλήρως εἰς τήν πίστιν μας διά τήν ὑπαρξίς μιᾶς θείας βουλήσεως*».

Αὐτή ἦτο μία σύντομος περίληψις τῆς ὁμιλίας μου διά τήν ζῶσαν ὄλην.

Ἀσφαλῶς θά διερωτᾶσθε, μήπως εἶναι ἐξηζητημένον καί παρακεκινδυνευμένον νά ἐπεκτεινώμεθα εἰς φαινόμενα ξένα πρός τήν Φυσικήν καί Χημείαν, καί δι᾽ ἡ διά μέσου Βιολογίας, Ψυχολογίας, μέχρι τῶν ὁρίων τῆς Φιλοσοφίας; Διατί δέν παραμένομεν πιστοί εἰς τόν κλάδον μας; Εἰς ἕνα τοιοῦτον ἐρώτημα θά ἀπήντων: Εἰς τάς ἐκτάσεις καί προεκβολάς αὐτάς *κυριολεκτικῶς ὡθούμεθα* ἀπό τά πειραματικά δεδομένα.

Ἀσφαλῶς εἴμεθα δεσμῶται τοῦ ἑαυτοῦ μας, δέν δυνάμεθα ὁμως νά ἀρνηθῶμεν, ὅτι δέν κατοικοῦμεν μόνον εἰς κατοικίας, ἀλλά καί εἰς *ψυχολογικά καταστάσεις*. Ὅμοιάζουμε μέ τά ποτάμια, τά ὁποῖα εἰς τήν νοσταλγικήν των πορείαν πρός τήν μεγάλην μητέρα, τήν θάλασσαν, συχνά ἀλλάζουν διευθύνσεις, ἀναζητοῦντα νέους δρόμους. Εἰς τήν πορείαν αὐτήν μᾶς συνοδεοῦν παροτρύνσεις σοφῶν ἀνδρῶν. Ὁ Ἐμπεδοκλῆς (490-430 π.Χ.) εἰρωνεύετο τοὺς ἀδρανεῖς τήν σκέψιν λέγων: «ὡς ὁ κύων εἴθησθαι καθεύδει ἐπὶ τῆς αὐτῆς πάντοτε κεραμίδος» ὁ δέ Ἰάπων Βαστο, ὁ ποιητής τοῦ Τσέν, μᾶς συμβουλεῖ «Μὴν κοιμηθεῖς δύο φορές ἐπάνω εἰς τήν ἴδια ψάθα».

Οὕτω ἐμφανίζονται στιγμαί παραμερίζουσαι τήν ὀρθολογικήν σκέψιν, ὁπότε ἀναδύουν ψυχικά καταστάσεις πέραν τῆς συνήθους ἐμπειρίας, *αἱ μεγάλοι στιγμαί τῆς πίστεως*. Ὑπενθυμίζω τήν ἀρχικήν σημασίαν τῆς λέξεως «Πίστις». «Πίστις» σημαίνει ἐμπιστοσύνη καί δῆ εἰς τήν παρούσαν περίπτωσιν, σημαίνει ἐμπιστοσύνην εἰς τοὺς λόγους Ἐκείνου, ὅστις ἐν παροιμίαις ἐλάλησεν.

Τήν στροφὴν πρός τήν ἐνορατικότητα δέν ὑπεκίνησαν τυχόν μυστικισταί, αὐτοί εἶναι μονήρεις ἰδιοσυγκρασίαι, ἀλλά οἱ ἀρχικῶς ἀκρεφνεῖς, αὐστηροὶ Φυσικομαθηματικοί. Πῶς τοῦτο συνετελέσθη θά παρακολουθήσωμεν μέ τήν βοήθειαν τῆς ἀρχῆς τῆς συμπληρωματικότητος τοῦ Niels Bohr καί τοῦτο διότι αὐτῇ ἐπιδέχεται πολλαπλὰς προεκβολάς, αἵτινες ἐγγίζουν τά ὄρια ὄλων τῶν ἐπιστημῶν.

Ἡ ὀλισθηρότης τοῦ ἐδάφους μᾶς ἐπιβάλλει ἕνα προσεκτικὸ βᾶδισμα.

Κατὰ τὸ ἔτος 1927 οἱ Bohr καί Heisenberg εἰς τήν ἀναζήτησιν ἐρμηνείας διὰ τήν Κβαντομηχανικὴν κατέληξαν εἰς τὸ συμπέρασμα, ὅτι ἡ ἀρχὴ τῆς ἀβεβαιοτήτος, ἣτις διατυπῶνται εἰς αὐστηράς μαθηματικὰς ἐξισώσεις, εἶναι ἀπόρροια μιᾶς γενικωτέρας ἀρχῆς, τῆς ἀρχῆς τῆς συμπληρωματικότητος. Ἡ ἔννοια τῆς συμπληρωματικότητος, ἐθεμελιώθη κατόπιν κυρίως ὑπὸ τοῦ Niels Bohr, κατ' ἀνάπτυξιν καί ἐπέκτασιν τῆς ἀρχῆς τῆς ἀβεβαιοτήτος τοῦ Heisenberg. Αὐτὴν θά θεωρήσωμεν ἐδῶ ὡς γνωστήν ἀφοῦ πολλαὶ δημοσιεύσεις καί ὁμιλίαι ἔχουν γίνει περὶ αὐτῆς.

Σύμφωνα μέ τήν ἀρχὴν τῆς συμπληρωματικότητος, ὑπάρχουν εἰς τήν φύσιν δύο βασικά δυναμικά, τά ὁποῖα φαινομενικῶς μὲν εἶναι ἐναντία πρός ἄλληλα, ἀλλά ἐν τῇ πραγματικότητι ἀλληλοσυμπληροῦνται, οὕτως ὥστε ἀμφοτέρω νά εἶναι ἀναγκαῖα, διὰ μίαν ὀλοκληρωτικὴν, καθολικὴν κατανόησιν τῶν φαινομένων. Κάθε δυναμικὸν θεωρεῖ τὰ φαινόμενα ἀπὸ τῆς ἰδικῆς του σκοπιᾶς καί κάμνει χρῆσιν μιᾶς ἰδίας γλώσσης, ἣτις δέν πρέπει νά μείνῃται μέ τήν γλώσσαν τοῦ ἄλλου δυναμικοῦ. Καμία τῶν δύο αὐτῶν γλωσσῶν δέν εἶναι καλύτερα τῆς ἄλλης καί αἱ δύο μαζί εἶναι ἀναγκαῖαι πρός πλήρη περιγραφὴν τοῦ φαινομένου.

Κλασσικὸν παράδειγμα συμπληρωματικότητος, εἶναι ὁ δυαδισμὸς σωματίδιου καί κύματος. Εἶναι δυνατόν νά περιγράψωμεν τήν ἐν κινήσει ὕλην, εἴτε ὡς σωματίδιον, εἴτε ὡς κύμα, σύμφωνα μέ τὰ πειραματικά μέσα προσπελάσεως τὰ ὁποῖα ἐφαρμόζομεν. Τά αὐτὰ ἰσχύουν καί διὰ τὸ φῶς, τοῦ ὁποίου ἡ διττὴ φύσις, κύμανσις καί σωματίδια, ἐκδηλοῦνται σύμφωνα μέ τὰ ὄργανα ἀνιχνεύσεως τὰ ὁποῖα παρεμβάλομεν εἰς τὸν δρόμον των. Κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον ἐλύθη ἡ ἐπὶ αἰῶνας διαρκέσασα διαμάχη μεταξὺ Newton καί Huygens. Ἀμφοτέροι εἶχαν δίκιο.

Ἀπὸ καθαρῶς φυσικῆς ἀπόψεως ἡ συμπληρωματικότης ὑποδεικνύει ἕναν τρόπον κατὰ τὸν ὁποῖον ἔννοιαί καί εἰκόνες τῆς κλασσικῆς Φυσικῆς δύνανται νά

χρησιμοποιηθούν εις την κβαντικήν θεωρίαν. Ἐκ τοιούτων συλλογισμῶν προκύπτει καί τό *ἀδιάρητον, ἀτομιστικόν*, ἑνός στοιχειώδους φαινομένου τό ὅποιον ἔχει τήν βαθυτέραν του αἰτίαν εις τήν ὑπαρξιν τοῦ στοιχείου τῆς δράσεως, τῆς σταθερᾶς τοῦ Planck.

Ἀνατρέχοντες τήν Φυσικήν Ἀκρόασιν τοῦ Ἀριστοτέλους εις τό κεφάλαιον «περί γενέσεως καί φθορᾶς» θαυμάζομεν συναντῶντες συγγενεῖς πρὸς τά λεχθέντα σκέψεις. Διαβάζομεν π.χ. τό χωρίον:

«Μάλιστα δέ φανερόν, ὅτι ἀδύνατον εἶναι *συνεχῆ* τήν ἐπὶ τῆς εὐθείας κίνησιν ὅτι *ἀνακάμπτων ἀναγκαῖον στήναι* οὐ μόνον ἐπὶ εὐθείας ἀλλά καὶ κἄν κύκλου φέρηται».

Εἰς τήν σημερινήν γλώσσαν διατυπούμενον αὐτό εἶναι ἡ κβάντωση τῆς εὐθυγράμμου κινήσεως.

Ἐν συνεχείᾳ ὁ Bohr ἐπεξέτεινε τήν θεωρίαν αὐτήν πέραν τῶν ὁρίων τῆς θεωρητικῆς Φυσικῆς. Κατ' αὐτόν ἡ ἀρχή τῆς συμπληρωματικότητος ἔχει τὰς ρίζας τῆς εἰς αὐτήν ταύτην τήν *δομήν* τῆς ἀνθρωπίνης γνώσεως, ὥστε νά συναντῶμεν αὐτήν εἰς ὅλους τοὺς πνευματικούς κλάδους, τήν βιολογίαν, τήν ψυχολογίαν, τήν κοινωνιολογίαν, εἰς θρησκευτικά προβλήματα καί ἀλλαγῶν. Ἡ περιγραφή τῆς κβαντικῆς περιπτώσεως σωμάτων ↔ κύμα εἶναι μόνον ἓνα κατ' ἐξοχὴν ἐμφανές παράδειγμα. Θά ἀναφέρω μερικά ζεῦγη συμπληρωματικότητος:

Πνεῦμα	↔	ἔλη
Λόγος	↔	αἰσθήσεις
Ἀγάπη	↔	δικαιοσύνη
Ἐνορατικότητα	↔	Ὄρθολογικός Συλλογισμός

Αἱ γλωσσικαὶ διατυπώσεις αὐτῶν τῶν συμπληρωματικῶν δυναμικῶν, εἶναι θεμελιώδους σημασίας καί πρέπει νά τυγχάνουν μεγίστης προσοχῆς. Ὁ Bohr δὲν ἔκουράζετο νά τονίξῃ πάντοτε τήν ἀνεπάρκειαν τῆς γλώσσης νά διατυπώσῃ ὅλα τὰ βιώματα τὰ ὅποια ἐπιτελεῖ ὁ ἀνθρώπος καί εἰδικῶς τήν ἀνάγκην διατηρήσεως μιᾶς ἀμιγῶς γλώσσης διὰ κάθε χωριστόν δυναμικόν. Ὅπως δὲν εἶναι δυνατόν μέ τήν γλώσσαν μέ τήν ὅποιαν περιγράφομεν τήν συμπεριφορὰν τῶν ὑλικῶν σωματιδίων νά περιγράψωμεν καί κατανοήσωμεν τὰ ὑλικά κύματα, ἔτσι καί μέ τήν ὀρθολογικὴν γλώσσαν τῶν Φυσικομαθηματικῶν δὲν δυνάμεθα νά κατανοήσωμεν ἔνορατικά, θρησκευτικά βιώματα. Ἄς μᾶς χρησιμεύει πρὸς τοῦτο τό ἀκόλουθον παράδειγμα.

Οἱ Θεολόγοι συχνά διατυπώνουν τό σύνολον τῆς θρησκευτικῆς τῶν ἐμπειρίας μέ τόν ὀρισμόν «Ὁ Θεός εἶναι ἓνας ἄπειρος κύκλος τοῦ ὁποίου τό κέντρο εὐρίσκεται παντοῦ, ἡ δὲ περιφέρεια πουθενά, εἶναι ἀπεριόριστος». Εἶναι προφανές, ὅτι κανεὶς μαθηματικός δὲν εἶναι σέ θέσιν νά σχεδιάσῃ ἓναν τοιοῦτον κύκλον. Ἡ Θεολογικὴ ἐνόρασις ἐρμηνεύει τό πραγματικόν αὐτό βίωμα λέγουσα: «Ὁ Θεός εἶναι μία τελεία ἐνότης. Δὲν ἐπιδέχεται διαχωρισμόν ἰδιοτήτων. Τά ἐπιθετά του δὲν ποσοτικοποιοῦνται». Καί τοῦτο εἶναι μόνον μία μερικὴ λεκτικὴ ἐξωτερικεὺς τῶν ὄσων μυστικισταὶ πράγματι αἰσθάνονται.

Εἰς τό ἀγεφύρωτον τῶν γλωσσῶν πρέπει νά κατατάξωμεν καί τήν ἀπορίαν τοῦ Erasmus von Rotterdam, ὅστις ἔλεγεν εἰς τοὺς μαθητάς του, ὅτι δὲν ἐννοεῖ, πῶς τό Εὐαγγέλιον εἶναι εὐνόητον εἰς τοὺς ἀπλοὺς ἀνθρώπους, ἀλλὰ φαίνεται νά εἶναι τελείως ἀκατάληπτον εἰς τοὺς φιλοσοφούντας θεολόγους.

Αί γνωστικάί αὐταί ἐπιτυχίαι δὲν προέκυψαν ἀμαχητί. Προηγήθησαν μεγά-
λαι συζητήσεις μεταξύ τῶν ἐρευνητῶν μέ ἐντονοτάτας διαφωνίας. Οὕτω ὁ Einstein,
προσηλωμένος εἰς τὴν ἀντίληψιν αἰωνίαν, σταθερῶν νόμων τοῦ σύμπαντος,
ὑπῆρξε ἐνάντιος τῆς στατιστικῆς ἐρμηνείας τῆς κυματομηχανικῆς. Μὲ ἔμφασιν,
κατὰ τὴν διάρκειαν ἑνὸς μνημειώδους διαλόγου, ἔλεγεν εἰς τὸν Bohr «ὁ Θεὸς δὲν
παίζει κύβους» καὶ εἰς αὐτὸν ἀπήντα ὁ Bohr «Δὲν τίθεται τὸ ζήτημα, ἐάν ὁ Θεὸς
παίζει κύβους ἢ ὄχι, ἀλλὰ ἐάν ἡμεῖς γνωρίζομεν, τί ἐννοοῦμεν, ὅταν λέγομεν, ὅτι ὁ
Θεὸς παίζει ἢ δὲν παίζει κύβους». Μὲ αὐτὸ ἤθελε νὰ ἐξάρει τὸ περιορισμένον καὶ
ἀνεπαρκές τῶν γλωσσικῶν μας διατυπώσεων.

Συνήθως δὲν ἀναλογιζόμεθα, ὅτι ἡ ἔμπειρία εἶναι τὸ ἥμισυ τῆς πείρας,
δηλαδή, ὅτι τὸ καθημερινῶς ἐμπίπτον εἰς τὴν ἀντίληψίν μας δὲν εἶναι ταυτόσημον
μέ δ, τι εἶναι δυνατόν νὰ ἀντιληφθῆι ὁ ἄνθρωπος. Εἰς τὴν συνολικὴν πείραν πρέπει
νὰ συμπεριληφθῆι καὶ ἡ διὰ συλλογισμῶν καὶ ἐνοράσεως ἀποκτημένη. Ὁ Kant
ὀνόμασε αὐτὴν *ὑπερβατικὴν λογικὴν*.

Ἐπὶ βιολογικοῦ ἐπιπέδου συναντῶμεν πολλὰ συμπληρωματικά ζεύγη, ὅπως:

προσαρμογή	→	δημιουργικότης,
τύχη	→	αἰτιοκρατία,
αὐτοσυντήρησις	→	αὐτομετασχηματισμός

Μὲ τὸν αὐτομετασχηματισμὸν ἐπισημαίνουμε μίαν ὑπερβασίαν, μίαν ἀξῆσιν
τῶν ὀργανισμῶν πέραν τοῦ ἑαυτοῦ των, διὰ τῆς δημιουργίας νέων δομῶν καὶ νέων
τρόπων συμπεριφορᾶς. Τοῦτο ὁδηγεῖ εἰς ἀξῆσιν τῆς πολυπλοκότητος, *γνώρισμα*
τῆς ζωῆς ἕλης. Ἐπὶ ψυχολογικοῦ πεδίου τὸ ζεῦγος συνειδητόν — ὑποσυνειδη-
τόν εἶναι πολὺ καταληπτόν, καθ' ὅσον τὸ φέρομεν συνεχῶς μαζί μας. Ἡ καλὴ
ἰσορροπία τῶν δύο αὐτῶν δυναμικῶν εἶναι γνώρισμα τῶν ψυχικῶς ὑγιῶν ἀτόμων.
Πολλὰς πληροφορίας περὶ τοῦ ἑαυτοῦ μας μᾶς παρέχει τὸ ὑποσυνειδητόν διὰ τῶν
ὀνείρων, πρὶν ἢ τὸ δόρυ τῆς ὀρθολογικῆς ἀκριβείας διαλύσει τὸ περιεχόμενον
των.

Ἡ σύνθεσις τῶν δύο πόλων εἶναι τοιαύτη, ὥστε ἡ παραδοχὴ τῆς μιᾶς ὕψεως
νὰ ἐπιβάλλει καὶ τὴν παραδοχὴν τῆς συμπληρωματικῆς ἄλλης.

Ἡ ἀρχὴ τῆς συμπληρωματικότητος δὲν εἶναι ταυτόσημος μέ τὴν ἀρχὴν τοῦ
λίαν μαχητικοῦ Ἡρακλείτου «τά πάντα ἐξ ἐναντιότητος γίνεσθαι», διότι δὲν
πρόκειται μόνον περὶ δύο ἀντιρροπῶν δυναμικῶν, ἀλλὰ καὶ διότι αὐτὰ συνυ-
πάρχουν καὶ ἀλληλοσυμπληροῦνται, ὥστε ἄμφοτερα νὰ εἶναι ἀναγκαῖα διὰ τὸ
ὀλοκληρωμένον φαινόμενον. Ἄς σκεπτόμεθα πάντοτε τὸν διαδισμὸν σωματίον
→ κύμα ὡς δύο διαφορετικὰς ἀπόψεις τῆς αὐτῆς μεταφυσικῆς πραγματικότητος.

Πόσον μεγάλη ὑπῆρξε ἡ ἐκπληξίς τοῦ Bohr, ὅταν κατόπιν συζητήσεων μέ
γνώστην τοῦ κινεζικοῦ πολιτισμοῦ, διεπίστωσεν, ὅτι ἡ ἰδέα τῆς συμπληρωματικότη-
τος ἦτο γνωστὴ εἰς τοὺς ἀρχαίους Κινέζους φιλοσόφους τοῦ 5 π.Χ. αἰῶνος,
πράγμα τὸ ὅποιον καὶ σήμερον ἐν πολλοῖς ἐξακολουθεῖ νὰ εἶναι. Πρέπει καὶ ἡμεῖς
ἐδῶ νὰ διαθέσουμε ὀλίγα λόγια διὰ τὴν συμβολὴν τῆς Ἄνω Ἀνατολῆς.

Εἰς τὴν Κινεζικὴν φιλοσοφίαν ὑπάρχουν δύο *ἀρχετυπικοὶ* πόλοι, οἵτινες
ρυθμίζουν τὴν πορείαν τοῦ Σύμπαντος καὶ ἔχουν τὰς ὀνομασίας Yin καὶ Yang. Διὰ
τοὺς Εὐρωπαίους δὲν εἶναι εὐκόλον νὰ γίνει νοητόν τὸ ἀκριβές περιεχόμενον τῆς
Κινεζικῆς φιλοσοφίας. Διὰ τοῦτο εἶναι φρόνιμον νὰ ἀκολουθῆσει κανεὶς τὰς

περιγραφάς του Ιατροῦ Manfred Porges, ὅστις ἐπὶ πολλὰ ἔτη ἔχει ἐνδιατρίψει εἰς τὴν Κινεζικὴν ἰατρικὴν καὶ φιλοσοφίαν. Κατ' αὐτὸν τὸ Yin περικλείει ἐννοίας ὅπως τὸ δεκτικόν, τὸ συντηρητικόν, τὸ συνεσταλαγμένον τὴν συνεργάσιμον δραστηριότητα, ἐνῶ τὸ Yang ἀνταποκρίνεται εἰς τὰς ἐννοίας τοῦ προωθητικοῦ, ἐπεκτατικοῦ καὶ ἐπιθετικοῦ, τῆς ἀγωνιστικῆς δραστηριότητος.

Ἔλα τὰ φαινόμενα εἰς τὴν Φύσιν, εἶναι δυναμικά. Ὁ ρυθμὸς τῶν μεταβολῶν τοῦ σύμπαντος εἶναι κυκλικός, τόσον ὡς πρὸς τὰς ὑλικὰς, ὅσον καὶ ὡς πρὸς τὰς ψυχικὰς μεταβολάς. Ἡ κυριαρχία τοῦ Yin ἐναλλάσσεται μὲ τὴν κυριαρχίαν τοῦ Yang, τῆς ἀλλαγῆς τελουμένης ὅταν ἕκαστον ἐξ αὐτῶν φθάσει εἰς ἕνα ὀρισμένον ὄριον. Ἡ δυναμικὴ ἐναλλαγὴ ὁδηγεῖ εἰς μίαν ἰσορροπίαν μεταξὺ τῶν δύο πόλων.

Τοιοῦτου εἶδους πολικαὶ συζεύξεις πραγματοποιοῦνται εἰς τὰ ἀκόλουθα ζεύγη.

Τὸ Θῆλυ	←	τὸ ἀρρενωπὸν
Γῆ	←	Οὐρανός
Σελήνη	←	Ἥλιος
Ἐσωτερικόν	←	Ἐξωτερικόν

Ἡ πολιτιστικὴ ἀντίληψις τῶν Yin ↔ Yang στερεῖται τελείως τῆς ἐννοίας τοῦ καλοῦ καὶ τοῦ κακοῦ. Ἀντὶ αὐτῶν ὑπάρχει τὸ ζεῦγος Ὁφέλιμον ↔ Ἐπιβλαβές, ὅπου ἡ καλὴ ἰσορροπία τῶν δύο αὐτῶν πόλων εἶναι τὸ Ὑγιές, ἐνῶ διαταραγμένη ἰσορροπία εἶναι τὸ ἀσθενικόν.

Κατὰ τοὺς Κινέζους Φιλοσόφους ἡ ἐναλλαγὴ τῶν διαφόρων πολιτιστικῶν περιόδων ὀφείλεται εἰς τὴν μετατόπισιν τῆς θέσεως τῆς ἰσορροπίας μεταξὺ τῶν δύο πολιτικῶν δυναμικῶν Yin καὶ Yang.

Ὁ κύριος ἀντιπρόσωπος αὐτῆς τῆς δοξασίας ἦτο ὁ φιλόσοφος Tsou Yen, ὅστις ἐζησεν ἀπὸ τὸ 340-260 π.Χ. Ἡ θεωρία του, καιτοὶ θεωρουμένη ἀνώριμος, ἔτυχε μεγάλης διαδόσεως. Τὸ σύμπαν εἶναι ἕνα δυναμικὸν σύνολον καθοδηγούμενον ὑπὸ νόμων ἐντὸς τῶν ὁποίων ὑπάρχουν ἀρμονίαι καὶ ἀντιφάσεις, πολλαπλότης καὶ ἐνότης. Τὰ πάντα κινοῦνται εἰς κύκλους, ἀνθρώποι καὶ Φύσις, ἀποτελοῦν μίαν ἐνότητα, ἀμφοτέροι ὑπακούουν εἰς τοὺς αὐτοὺς νόμους. Ἡ εὐρεία διάδοσις τῆς δοξασίας αὐτῆς, καὶ ἐκτὸς τῶν ὀρίων τῆς Κίνας, ὀφείλεται μεταξὺ ἄλλων καὶ εἰς τὸ σύντομον τῶν δύο ὀνομασιῶν, Yin καὶ Yang. Μὲ μόνον μίαν συλλαβὴν ἐκφράζομεν ἕνα μεγάλο σύμπλοκο ἐννοιῶν. Θὰ κάνομεν καὶ ἡμεῖς χρῆσιν αὐτῆς τῆς εὐκολίας.

Ἡ ἐκτίμησις τῶν πολιτιστικῶν ἀξιῶν τῆς ἐποχῆς μας δείχνει, ὅτι εὐρισκόμεθα εἰς μίαν περίοδον, ὅπου ἡ κατακτητικὴ ἐπεκτατικότης, ἡ καθυπόταξις τῆς Γῆς, καὶ ἐν γένει τῆς Φύσεως, τίθενται εἰς τὴν ὑψηλότεραν βαθμίδα ἀξιολογήσεως. Ἡ κρίσις τὴν ὁποίαν διατρέχει ὁ γήινος πληθυσμὸς προέρχεται ἐκ τῆς διαταραχῆς τῆς ἰσορροπίας μεταξὺ ἐπιθετικῆς ἀναλύσεως καὶ οἰκολογικῆς συνθέσεως, ἢ ὅπως λέγουσιν οἱ Κινέζοι μεταξὺ Yin καὶ Yang. Εὐρισκόμεθα σήμερον εἰς τὸ Yang. Ἐπειδὴ ὁ κόσμος εἰς τὸν ὁποῖον ζῶμεν εἶναι ἕνα δίκτυον δυναμικῶν σχέσεων, ἕνα σύνολον ὄντοτήτων στενά συνδεδεμένων, δέν εἶναι δυνατόν νά προωθῆσει κανεὶς τὴν ἀνάπτυξιν ἐνός τμήματος αὐτοῦ τοῦ συγκροτήματος πέραν ὀρισμένων ὀρίων, χωρὶς νά διαταράξει τὴν ἰσορροπίαν τοῦ συνόλου, ἀφοῦ ἡ μονόπλευρος ἀνάπτυξις

ένός τμήματος επιφέρει την άτροφικήν ανάπτυξιν ενός άλλου. Αι ρίζαι τής σημερινής καταστάσεως Yang άνιχνεύονται μέχρι του 16ου και 17ου αιώνας.

Θά έξιστορήσω συντόμως τήν δρᾶσιν ενός τών πρωτοπόρων τής αναπτύξεως τών έφηρμοσμένων φυσικῶν έπιστημῶν και τής βιομηχανίας εἰς τήν Ἑγγλίαν του Sir Francis Bacon. Ὁ Bacon ὑπῆρξε μία ισχυρά προσωπικότης, ἡ ὁποία έκυριάρχησεν εἰς τήν Ἑγγλίαν (1561- 1626) χάρις εἰς τήν συγγραφικήν του ικανότητα, τήν ρητορικὴν του δυνατότητα και χάρις εἰς τά πολλά αξιώματα τά ὁποία κατέχεν εἰς τό Λονδίνον. Εἶναι ὁ θεμελιωτής τής συγχρόνου έπαγωγικῆς μεθόδου εἰς τὰς Φυσικάς Ἐπιστήμας. Ἡ δραστηριότης του έπροκάλεσεν μίαν γενικήν άφύπνησιν και άπελευθέρωσιν από κατάλοιπα τινά του Μεσαιώνος, καθοδηγοῦσα τούς μαθητάς του πρός τά μεγάλα ὕλικά ὄφελή, τά ὁποία συναποκομίζει ἡ έκμετάλλευσις τής Φύσεως. Σήμερον ὁμως έκτιμῶμεν τήν δρᾶσιν του και τά άποτελέσματά του διαφοροτρόπως. Διότι ὁ τρόπος μέ τόν ὁποῖον παρότρυνε τούς άκροατάς του νά προβαίνουν εἰς τήν έκμετάλλευσιν τής Φύσεως *πολύ μάς ξενίζει*, λόγω του έντόνου του φανατισμοῦ. Ἐναφερόμενος εἰς τήν Φύσιν άνεφώνει: «Πέσατέ τήν, τυραννίσατέ τήν, διά νά σᾶς προδώσει τά μυστικά της, άπαρηθῆτε φιλοσοφικάς ικανοποιήσεις και θρησκευτικούς ἡσυχασμούς, έπεκτείνετε παντοῦ τήν δύναμιν του ανθρώπου, ὀφελιμότης εἶναι ἡ αλήθεια, άποκτήσατε ὅσον τό δυνατόν περισσοτέρας διευκολύνσεις».

Πόσον διάφορος ἦτο ἡ στάσις τών άρχαίων Ἑλλήνων ὡς πρός τήν Γῆν, τήν ὁποίαν ἠγάπων και έσέβοντο, ὡς τήν τροφοφόρον καλήν μητέραν ὀλοκλήρου του άνθρωπίνου γένους.

Εἶναι προφανές, ὅτι ἡ έποχή μας έκληρονόμησεν τά άποτελέσματα αὐτῆς τής μονοπλεύρου δραστηριότητος του Bacon, ὑπό μορφήν σοβαρῶν οικολογικῶν προβλημάτων. Ἡ έκτασις τής ρυπάνσεως του περιβάλλοντος διά τής έκθετικῶς αύξανομένης κατοικίσεως τής Γῆς, έχει λάβει, ένεργειακῶς λογιζομένη, διαστάσεις συγκρισίμους μέ τήν τάξιν μεγέθους τών σεισμῶν και τών ἠφαιστειακῶν έκρήξεων. Ὁ άνθρωπος έγινε πλέον γεωλογικός παράγων.

Ἐνα τών πολλῶν αὐτῶν προβλημάτων εἶναι και τό άκόλουθον: Ἡ βιομηχανική δραστηριότης και ἡ άποψίλωσις τών δασῶν, ιδιαιτέρως εἰς τὰς τροπικάς περιοχάς, επιφέρουν αύξησιν του διοξειδίου του άνθρακος τής άτμοσφαιρας. Αὐτή ὁμως προκαλεῖ, δι' ενός άποτελέσματος θερμοκηπίου, τήν παγίδευσιν τής θερμικῆς άκτινοβολίας του ἡλίου επί τής έπιφανείας τῆς γῆς. Τοῦτο επιφέρει τήξιν τών πάγων και παγετόνων εἰς τὰς πολικάς περιοχάς, μέ συνέπειαν τήν άνώψωσιν τῆς στάθμης τῆς θαλάσσης. Ἐπολογίζουον, ὅτι παραθαλάσσιαι πόλεις, ἡ Μασσαλία, ἡ Νεάπολις, ὁ Πειραιεύς, κατά τό πρώτον ἡμισυ του εἰκοστοῦ πρώτου αἰῶνος δέν θά ὑπάρχουν πλέον, διότι θά εὑρισκονται ὑπό τήν έπιφάνειαν τῆς θαλάσσης, εἰάν εξακολουθήσει μέ τόν αὐτόν ρυθμόν ἡ διά τῆς άνθρωπίνης δραστηριότητος παροχή διοξειδίου του άνθρακος εἰς τήν άτμόσφαιραν.

Εἰς μίαν εργασία μου², τήν ὁποίαν έδημοσίευσεν ἡ Ἴταλική Ἐκαδημία ΚΑΤΑΝΙΑ τῆς Σικελίας, ὕπελόγησα, ὅτι μία αναδάσωσις, εἰς παγκόσμιον κλίμακα, θά ἦτο ικανή, διά τῆς δεσμεύσεως του CO₂ και εκλύσεως O₂ νά κρατήσῃ τό CO₂ τῆς άτμοσφαιρας εἰς μέτριον, σταθερόν επίπεδον. Πρός τοῦτο θά ἦτο αναγκαῖον, ὅπως κάθε κράτος προβεῖ εἰς αναδάσωσιν έπιφανείας ἴσης πρός τά 2.6% τῆς ὀλικῆς του εκτάσεως διά μίαν σειράν έτῶν.

Ὡς επίσημον χρονολογίαν διά τήν άπαρχήν τῆς κυριαρχίας τῆς νεωτέρας

ύλιστικής αντίληψως, πρέπει νά θεωρήσωμεν τό ἔτος κατά τό ὅποιον εἰς τὰ Ἰανειστημια τῆς Δύσεως ἀπεχωρίσθησαν διδακτικῶς αἱ Φυσικαί Ἐπιστήμαι καί τὰ Μαθηματικά ἀπό τήν Φιλοσοφίαν. Ἐντί τῆς δοξασίας, ὅτι τό σύμπαν εἶναι ἕνας ζωντανός πνευματικός ὀργανισμός, ἐκυριάρχησεν ἡ ἀντίληψις, ὅτι ὁ κόσμος εἶναι μία μηχανή.

Αἱ φιλοσοφικαί ὁμωσ δοξασίαι, ζοῦν καί ὑπό λανθάνουσας μορφήν, εἶναι μακροβιότεραι τῶν ἐπιστημονικῶν θεωριῶν, αἵτινες σχεδόν πάντοτε φέρουν μόνον ἐφήμερον μανδῦαν. Καί ράκη φωτός δύνανται νά ὑπερικήσουν τό σκότος, ὅταν μία ἰδέα τὰ συναρμολογήσει.

Εὐτυχῶς σήμερον εὐρισκόμεθα εἰς ἕνα στάδιον σχετικῆς ἀπελευθερώσεως ἀπό τήν ἀπόλυτον κυριαρχίαν τῶν μόνων ὀρθολογικῶς σκεπτομένων. Ἄπτόν πρὸς τοῦτο παράδειγμα εἶναι καί ἡ εἰσαγωγή εἰς τό καταστατικόν τῆς Διεθνούς Ὀργανώσεως Ὑγείας. Ἐκεῖ ὀρίζεται ἡ ὑγεία, ὡς ἀκολουθῶσ: «Ὑγεία εἶναι μία κατάστασις πλήρους σωματικῆς, πνευματικῆς καί κοινωνικῆς εὐεξίας καί ὄχι μόνον ἡ ἀπουσία μιᾶς ἀσθενείας ἢ ἀναπηρίας». Ἐντιλαμβανόμεθα ἀμέσως, ὅτι ὁ ὀρισμός αὐτός δέν ἀπέχει πολὺ ἀπό τὰ διδάγματα τῆς Σχολῆς τοῦ Ἰπποκράτους καί συγκεκριμένως ἀπό μίαν τῶν πραγματειῶν του, ἡ ὅποια ἀργότερον ἔλαβεν τόν τίτλον «Περὶ ἀεριῶν, ὑδάτων καί τόπων», ὅπου ὁ ἄνθρωπος παρίσταται ὡς προϊόν τοῦ περιβάλλοντος. Εἰς αὐτό ἀνήκουν ὄχι μόνον ὑλικοὶ παράγοντες, ἀλλά καί κοινωνικοί, ψυχολογικοί, καί ἔάν ὁ ἐξεταζόμενος εἶναι ἐλεύθερος πολίτης ἢ ἔάν ζεῖ ὑπό τήν κυριαρχίαν τυράννων.

Εἰς τήν κατηγορίαν αὐτήν ἀνακάμψεως πρέπει νά ὑπαχθοῦν καί αἱ παγκόσμια προσπάθειαι διὰ τήν ἀναγνώρισιν τῆς ἰσοτιμίας τῆς γυναικός.

Πρέπει νά λεχθεῖ, ὅτι οἱ πρακτικοὶ θεραπευταὶ ἀπό ἀρχαιοτάτων χρόνων ἐξήσκουν τό ἐπάγγελμα των κατά τρόπον συλλαμβάνοντα τόν ὀργανισμόν ὀλοκληρωτικῶς. Ὁ Pasteur εἶχε σαφῶς ὀλοκληρωτικῶς ὀικολογικῶς ἀντίληψις, αἵτινες ὁμωσ πολλαπλῶς παρεμελήθησαν ἀπό τοῦς μαθητάς καί διαδόχους του. Ὁ ὀργανισμός παύει πλέον νά εἶναι ἀπλῶς μία μηχανή, τήν ὅποια προσπαθοῦμε νά ἐπιδιορθώσωμε, ὅταν ὑποστῆ μίαν βλάβην.

Εἰς τήν πορείαν τῶν ἐργασιῶν του ὁ ἐρευνητής συχνότατα διερωτᾶται, ἔάν καί κατά πόσον ἐξέλεξε τόν δρόμον, ὅστις ὀδηγεῖ εἰς τήν ἀλήθειαν. Ὑπάρχει ἕνα ἀσφαλές κριτήριον πρὸς τοῦτο: Ἡ ἀπάντησις εἶναι ὅτι δέν ὑπάρχει ἕνα γενικόν κριτήριον, ἀλλά μία πληθὺς πρακτικῶν κριτηρίων, τῶν ὁποίων κοινόν χαρακτηριστικόν εἶναι, ὅτι ἔχουν ὡς βάσιν τήν ἐπιτυχίαν, ἐπὶ ὀικονομικοῦ ἢ κοινωνικοῦ, ἐπιστημονικοῦ πεδίου. Οὐδέν ἐξ αὐτῶν ὁμωσ εἶναι ἐλεύθερον ἀμφιβολιῶν. Θά ἤθελα νά ἀναφερθῶ εἰς ἕνα μόνον κριτήριον, χαρακτηριστικόν διὰ τήν ἑλληνικότητά του. Ἡ συνάντησις μας μέ τό ὄραϊον, εἶναι πάντοτε χαρμόσυνον μῆνυμα, πηγὴ ἐνθαρρύνσεως:

Ἡ Πλάτων ἀναπτύσσειν εἰς μίαν ὀμηγυριον μαθητῶν του τήν λύσιν ἐνός μαθηματικοῦ προβλήματος ἐτερμάτισε τήν ἀπόδειξιν του λέγων: «Ἐάν ὁμωσ κανεῖς ἔχει νά προτείνει τήν ἐπινόησιν μιᾶς ἄλλης ὄραιότερας λύσεως, ἄς λάβει τόν λόγον, ἀσμένως θά τόν ἀκούσωμεν». Ἡ ταύτησις τοῦ ἀληθοῦς μετά τοῦ ὄραιου εἶναι, ὅτι χαρακτηρίζει τήν Ἐλληνικὴν Κλασσικὴν περίοδον. Ἀργότερα ἢ νηφαλιότης τῶν Ρωμαίων συνετέλεσεν εἰς ἀποφασιστικὴν ἀπομάκρυνσιν ἀπό τήν ἀντίληψιν αὐτήν. Ἡ ἐξασκουμένη ἐναντίον τοῦ ὄραιου κριτικὴ ἔλεγεν:

Ιον. Τό ώραϊον δέν εἶναι καί ἀναγκαστικῶς ὀφέλιμον.

2ον. Τό ώραϊον δέν εἶναι δίκαιον.

Εἰς αὐτά ἤδη διαβλέπει κανεῖς τόν Ρωμαϊκόν χαρακτήρα. Εἰς τήν κριτικήν αὐτήν προσετέθη κατά τούς Χριστιανικούς χρόνους καί ὅτι τό ώραϊον δέν εἶναι εὐλαβές. Μία διάχυτος δυσπιστία ἔναντι τῆς ἐννοίας τοῦ ώραίου ἤρχισε νά ἐξαπλοῦται. Σήμερα εἰς φυσικοχημικά ἐργαστήρια συχνότατα διατυποῦνται αἱ τυχόν ἀμφιβολαί διὰ μίαν πολύ ἐπιτυχή μέτρησιν μέ τούς λόγους: «Εἶναι πολύ ώραϊα ἡ μέτρησις γιά νά εἶναι ἀληθινή».

Ὅμως τό ώραϊον ἀπευθύνεται πρός τό μή ὀρθολογικόν αἶσθημα, εἶναι, ὅπως λέγει ὁ Kanti, ἡ *ἀνευ ὕλικου τινός συμφέροντος εὐαράισθησις*.

Σύν τῷ χρόνῳ συνειδητοποιοῦνται καί αἱ ὀλέθρια συνέπειαι τάς ὁποίας δυνατόν νά ἐπιφέρει τό ώραϊον. Ἡ κριτική θεώρησις τῆς ἐννοίας αὐτοῦ ἀποκαλύπτει μίαν ἐνδόμυχον πολικότητα, μέ τά χαρακτηριστικά τῆς συμπληρωματικότητος. Ὁ Baudelaire, μέ τήν ποιητικήν του διαίσθησιν, ἀκριβέστατα ἐπισημαίνει, ὅτι μέχρι τοῦδε εἶχεν θεωρηθεῖ ἐκάστοτε ἡ μία μόνον πλευρά τοῦ ώραίου καί ὅτι εἰς αὐτό ἐμφωλεύουν δυναμικά συμπληρωματικῶς συνθέτοντα τήν ἐννοιάν του. Τό ποίημά του πρός τήν Ὁραιότητα ἀρχίζει ὡς ἑξῆς:

«Ὡ Ὁραιότης, ἔρχεσαι ἀπό ὑψηλόν οὐρανόν ἢ ἀνεβαίνεις ἀπό βαθειά ἄβυσσο:»

Διαβάζοντες τήν βιογραφίαν τοῦ Baudelaire ἐννοοῦμεν πλήρως, ὅτι αὐτός ἦτο κατ' ἐξοχήν ἐνδεδειγμένος νά διαγνώσει τήν συμπληρωματικήν πολικότητα, ἥτις κρύβεται εἰς τό φαινόμενον τοῦ ώραίου. Ὁ περιπετειώδης βίος του, ἡ ὑπό τήν ἐπιρροήν ώραίων γυναικῶν συγγραφή τῶν δύο ποιητικῶν του κύκλων, ἡ «Λευκή Ἀφροδίτη» καί ἡ «Μαύρη Ἀφροδίτη» ἀπεκάλυψαν εἰς αὐτόν τήν διχότομην ὑφῆν τοῦ ώραίου.

Φρονοῦμεν, ὅτι δέν λανθάνομεν ὑποθέτοντες, ὅτι καί ἡ, κατά τόν 13ον αἰῶνα, τελεσθεῖσα ἐπαναστατική διεύρυνσις τοῦ πεδίου τῆς Μουσικῆς μέ τήν εἰσαγωγήν τῆς πολυφωνίας ἔχει τάς ρίζας τῆς εἰς τήν ὑποσυνειδητόν δράσιν τῆς ἀρχῆς τῆς συμπληρωματικότητος. Ἡ ἐφαρμογή τῆς Contra Punkt τεχνικῆς, συντελεῖ εἰς τήν ὀλοκληρωτικήν ἔκφρασιν τοῦ μουσικοῦ αἰσθήματος. Ἀσφαλῶς καί ἄλλα πολιτιστικά δεδομένα θά ἑναρμονίζονται μέ τήν ἀρχή τῆς συμπληρωματικότητος.

Ὁ Χρόνος, ὅστις ἀποτελεῖ βασικόν παράγοντα εἰς τήν ἐμφάνισιν τῶν συμπληρωματικῶν ζευγῶν, παρά τάς ἐπιτυχίας τῆς θεωρητικῆς Φυσικῆς, παραμένει ἕνα αἰνίγμα, τό ὅποιον ἀπασχολεῖ κάθε ἄνθρωπον. Ἡ παροδικότης του γίνεται πρόξενος συναισθηματικῶν ἐκδηλώσεων.

Ὁ Einstein, ἐν ὧν τοῦ ἐπικειμένου θανάτου του, εἶπεν: «Διά ἡμᾶς τούς πιστεύοντας Φυσικούς ὁ διαχωρισμός μεταξύ παρελθόντος, παρόντος καί μέλλοντος ἔχει μόνον τήν σημασίαν μιᾶς ἐπιμόνου φαντασιώσεως».

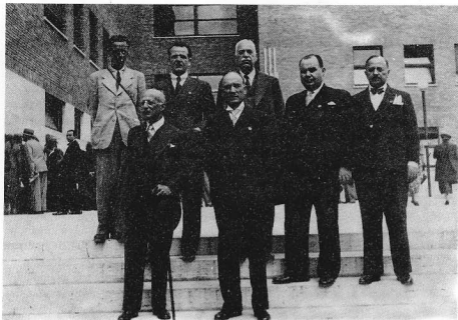
Πολλαί ἐρμηνεῖαι ἐδόθησαν εἰς τούς λόγους αὐτούς τοῦ Einstein. Μεταξύ ἄλλων ἐκδοχῶν, ἡ ἀκόλουθος εἶναι ἡ πιθανότερα. Οἱ λόγοι αὐτοί ἀποτελοῦσαν μίαν διά τόν Einstein καρήγορον σκέψιν, ἔναντι τῆς παροδικότητος τοῦ χρόνου. Δέν λέγει μέ αὐτούς τούς λόγους, ὅτι εἶναι Φυσικός καί πιστεύει, ἀλλά λέγει, ὅτι πιστεύει διότι εἶναι Φυσικός. Ἡ βαθυτάτη ἀλήθεια τῆς Φυσικῆς εἶναι, ὅτι αὐτή ἀποκαλύπτει τό ἐνιαῖον τῆς πραγματικότητος, κατανομάζουσα τήν διαχωριστικήν γραμμὴν τοῦ χρόνου ὡς μίαν ἀπλήν φαντασίωσιν, τουτέστιν καταργούσα τήν παροδικότητά του.

Κύριε Πρόεδρε!

Τερματίζων τήν ὁμιλίαν μου θά ἤθελα νά ἀπευθύνω ὀλίγα λόγια πρὸς τοὺς νέους φοιτητάς, οἱ ὁποῖοι ἀρχίζουν τώρα τὰς σπουδὰς των εἰς τὰς Φυσικὰς Ἐπιστήμας. Θέλω νά σᾶς πῶ, πόσον εὐτυχεῖς σᾶς θεωρῶ, διότι ἀρχίζετε τὰς σπουδὰς σας, εἰς μίαν ἐποχὴν, ὅπου ἡ πολιτεία θέτει εἰς τὴν διάθεσίν σας ἐργαστήρια ἀρτιότατα ἐξοπλισμένα. Κάνετε εὐρυτάτην χρῆσιν αὐτῆς τῆς εὐκαιρίας, ἀφοῦ τὰ πάντα ρεῖ, ἐργαζόμενοι μὲ τὸν εὐγενῆ σκοπὸν πρὸ ὀφθαλμῶν νά ἀποδόσῃτε εἰς τὴν μητέραν Γῆν τὰ ἐπὶ αἰῶνας τώρα στερηθέντα δικαιώματά της. Συμβάλετε καὶ ἐσεῖς εἰς τὸ σταμάτημα τῆς ἀγρίας ἐκμεταλλεύσεως τῶν φυσικῶν πόρων. Ἐκπονήσατε διὰ τῆς ἐφευρετικότητός σας μίαν γόνιμον συνεργασίαν μὲ τὴν Φύσιν, ἔχοντες πάντοτε πρὸ ὀφθαλμῶν τὴν *οἰκολογικὴν ἰσορροπίαν*. Εἶμαι βέβαιος, ὅτι ἐργαζόμενοι κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον θά συνεισφέρετε μεγάλας ὑπηρεσίας, εἰς τὴν ἀνθρωπότητα, τιμώντες τὸ ὄνομα τῆς Ἑλλάδος. Καλὴ τύχη!

1) *Γεωργ. Καραγκούνη*. Ἡ Φυσικοχημεία, μία πηλὴ πρὸς κατανόησιν τῶν φαινομένων τῆς Ζωῆς. Ἡ δικαίωσις τοῦ μὴ ὑπολογισίμου. Πρακτικὰ τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν. Τομ. 61 (1986).

2) *Γεωργ. Καραγκούνη*. Studie zur Eindämmung der CO₂ Verschmutzung der Atmosphäre. Atti della Accademia Mediterranea delle Scienze. Anno I Vol. II (1983).



Κατά τό επιστημονικό συνέδριο 'Ακτινοβολίας τοῦ 1937 στή Βενετία. Ἐξ ἀριστερῶν πρὸς τὰ δεξιὰ, στήν πρώτη σειρά: Ἀκαδημαϊκός - Καθηγητής Κ. Ζέγγελις, Ἀκαδημαϊκός - Καθηγητής Ἐμμ. Ἐμμανουήλ. Στή δεύτερη σειρά: Δρ. Μιχ. Δέφνερ, Καθηγητής Γεωργ. Καραγκούνης, Καθηγητής Προκ. Ζαχαρίας, Καθηγητής Σπ. Γαλανός, Δρ. Γεωργ. Πανόπουλος (1937).



Ἐπιστημονική συζήτηση μέ τόν Ἰνδό Νομπελίστα Raman στό ἐργαστήριο Φυσικοχημείας τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Freiburg Δ. Γερμανίας. Ἐξ ἀριστερῶν στήν ἐμπρός σειρά: Καθηγητής Meyer, Καθηγητής Raman, Καθηγητής Hönel, Καθηγητής Καραγκούνης. Στήν πίσω σειρά: Οἱ σήμερον Καθηγηταί Schmit, καί Kutzeinigg (1960).

ΑΡΘΡΑ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ
ΑΦΙΕΡΩΜΕΝΕΣ
ΣΤΟΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
ΓΕΩΡΓΙΟ ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ

Η ΚΑΛΙΕΡΓΕΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ Η ΣΧΕΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΠΡΩΤΗ 50ΕΤΙΑ ΤΟΥ 20ου ΑΙΩΝΑ

Δρ. Ιωάννης Δ. Κανδήλης
Χημικός

Κατά τις δύο πρώτες δεκαετίες του αιώνας μας, για την διδασχή και την καλλιέργεια των επιστημών στη χώρα μας ήσαν επιφορτισμένα δύο μόνο ανώτατα εκπαιδευτικά ιδρύματα. Το «Εθνικόν και Καποδιστριακόν Πανεπιστήμιον Αθηνών» και το «Εθνικόν Μετσόβιον Πολυτεχνείον».

Δια του πρώτου παρέχονταν οι ανωτέρου επιπέδου γνώσεις της Θεολογίας, της Φιλολογίας, της Νομικής, της Ιατρικής, της Φαρμακευτικής και οι των Φυσικών, των Φυσιογνωστικών και Μαθηματικών επιστημών. Η διδασκαλία των τριών τελευταίων κλάδων απέβλεπε κυρίως στην κατάρτιση επιστημόνων εκπαιδευτικής αποστολής που προορίζονταν για την διδασχή των σχετικών μαθημάτων στη Μέση Παιδεία. Επίσης η παροχή των απαραίτητων βοηθητικών γνώσεων στους εκπαιδευομένους στην Ιατρική και την Φαρμακευτική, προς κατανόηση των διδασκομένων σ' αυτούς ειδικών του κλάδου τους μαθημάτων, αλλά και την καλύτερη άσκηση του επαγγέλματός τους στο μέλλον.

Το δεύτερο ίδρυμα, το Πολυτεχνείο, αποστολή είχε την κατάρτιση πολιτικών μηχανικών, αρχιτεκτόνων, μηχανολόγων ηλεκτρολόγων και γεωδαιτών. Η διδασκαλία σ' αυτό των Φυσικομαθηματικών μαθημάτων απέβλεπε αποκλειστικά στην παροχή των χρησίμων για τους τεχνικούς αυτούς βοηθητικών γνώσεων*.

Η ανωτάτη εκπαίδευση των Φυσικομαθηματικών μαθημάτων δεν επιδίωκε την κατάρτιση επιστημόνων αποστολή των οποίων θα ήταν η άσκηση σχετικών επαγγελμάτων. Όπως του χημικού που θα απασχολείτο στο εργαστήριον ή τη βιομηχανία, του φυσικού του προοριζομένου για τις πρακτικές εφαρμογές της φυσικής, του γεωλόγου, του ορυκτολόγου-μεταλλευτού και άλλων συναφών επιστημονικών επαγγελμάτων. Οι φιλοδοξίες και οι επιδιώξεις του τομέως τούτου της ανωτάτης παιδείας μας, παρέμεναν ακόμη πολύ περιορισμένες.

Κατά τις δυο πρώτες δεκαετίες η επιστημονική έρευνα επί θεμάτων των

* Το δεύτερο Πανεπιστήμιό μας της Θεσσαλονίκης ιδρύθηκε το 1925 και η Φυσικομαθηματική του σχολή αρχικά κατάρτιζε μόνο Φυσικούς και Μαθηματικούς, προοριζομένους κυρίως για τη Μέση Παιδεία. Το Χημικό της Τμήμα ιδρύθηκε το 1943 και το Φαρμακευτικό το 1956.

φυσικών, των χημικών και των φυσιογνωστικών κλάδων ήταν περιορισμένη και ασυστηματοποίητη. Ασκείτο στα εργαστήρια των δύο ανωτάτων εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, από τους διδάσκοντας τα σχετικά μαθήματα και τους συνεργάτες τους. Τα ερευνώμενα θέματα δεν απέβλεπαν στην πρακτική εφαρμογή και την οικονομική εκμετάλλευση των πορισμάτων τους. Ούτε ακόμη είχαν ιδρυθεί ειδικά ερευνητικά εργαστήρια αποβλέποντα στην μελέτη και αξιοποίηση των πλουτοφόρων πηγών του τόπου και των άλλων θεμάτων των παραγωγικών κλάδων. Αυτής της κατηγορίας ιδρύματα, τόσο κρατικά όσο και μεγάλων οργανισμών και βιομηχανιών, πρωτοεμφανίζονται και αρχίζουν να παρέχουν τις υπηρεσίες τους από τα μέσα της τρίτης δεκαετίας του αιώνα. Τα λειτουργούντα εργαστήρια, των περιορισμένων ακόμη βλέψεων βιομηχανιών μας, απέβλεπαν στον έλεγχο των πρώτων υλών τους και των παρασκευαζομένων από αυτές προϊόντων και η τυχόν παράλληλα διεξαγομένη έρευνα ήταν υποτυπώδης. Μεμονωμένες είναι οι περιπτώσεις τέτοιων εργαστηρίων, οι άξιες μνημονεύσεως. Κυριώτερες είναι η της Εταιρείας Λιπασμάτων, του Νικ. Κανελλοπούλου, και η των Χρωματουργείων Πειραιώς, των Αδ/φων Οικονομίδη.

Η καλλιέργεια των Φυσικομαθηματικών και Φυσιογνωστικών επιστημών κατά τις δύο πρώτες δεκαετίες, απέβλεπε περισσότερο, καθώς είπαμε, στον εκπαιδευτικό τομέα. Δια της διδασκαλίας και της συγγραφής των αντιστοίχων διδακτικών συγγραμμάτων και σε μερικές περιπτώσεις δια της παρουσιάσεως εκτεταμένων ειδικών πραγματειών. Επίσης δια των σποραδικά διδομένων ομιλιών, δια των οποίων αναπτύσσονταν και αναλύονταν, επί ανωτέρου επιπέδου, σχετικά θέματα ή υποδεικνύονταν οι εφαρμογές και οι οικονομικές επωφελείς εκμεταλλεύσεις τους.

Για τέτοιους σκοπούς και επιδιώξεις ιδρύονταν, κατόπιν ιδιωτικής πρωτοβουλίας, κατά τα χρόνια εκείνα, και επιστημονικές οργανώσεις και εκδίδονταν από αυτές ειδικά περιοδικά, δια των οποίων παρουσιαζόταν η σχετική, μικρή άλλωστε, ερευνητική και συγγραφική δραστηριότητα της εποχής τους. Κυριώτερες είναι ο «Ελληνικός Πολυτεχνικός Σύλλογος» (1895), που εξέδωσε αμέσως το σπουδαίο για την εποχή περιοδικό του «Αρχιμήδης», η «Φυσιοδιφική Εταιρεία», που εξέδωσε το Δελτίο της (1906-1909) και η «Εταιρεία Φυσικών Επιστημών» (1918), που εξέδωσε το Δελτίο της (1920-1922), για να περιορισθούμε στη μνημόνευση των σοβαρότερων οργανώσεων αυτής της περιόδου. Σ' αυτές θα πρέπει να προσθέσουμε ακόμα και την πάντοτε δραστήρια και αποδοτικά εργαζόμενη «Ελληνική Μαθηματική Εταιρεία».

Το «Τεχνικό Επιμελητήριο» (1923) για τους μηχανικούς, με το περιοδικό του «Τεχνικά Χρονικά» (1932), η «Ένωση Ελλήνων Χημικών» (1924), με το περιοδικό της «Χημικά Χρονικά» (1936) και η «Ένωση Φυσικών» (1930), με το από αυτήν Δελτίο (1931), αποτελούν οργανώσεις κατά πολύ σοβαρότερες και αποδοτικότερες των προγενεστέρων τους, αλλά και χρονικά μεταγενέστερες, αφού εμφανίζονται και αρχίζουν να λειτουργούν μετά τον πρώτο μεγάλο πόλεμο, κατά τα χρόνια της τρίτης και πέραν δεκαετίας.

Για τα χρόνια εκείνα, τα προγενέστερα του πρώτου μεγάλου πολέμου, επιβάλλεται να μνημονεύσουμε επίσης, για την εκτός των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων κίνηση, την «Λέσχη Επιστημόνων», που μέχρι το 1925 οργάνωνε τακτικά

επιστημονικές συγκεντρώσεις κατά τις οποίες δίδονταν ομιλίες επί επικαίρων μεγάλου ενδιαφέροντος θεμάτων των θετικών επιστημών. Αργότερα, κατά τη δεκαετία του '20, την σπουδαία επίσης επιστημονική προσφορά του υπό την διεύθυνση του χημικού Κλεισθένη Φιλάρητου, με δαπάνες του βιομηχάνου Νικ. Κανελλοπούλου, εκδοθέντες μεγάλοι τεχνικοί περιοδικού « Έργα» (1925-1932). Του εξαιρέτου περιοδικού, που δυστυχώς, παρά τις σκληρές προσπάθειες των δύο τους και την συμπαράσταση την ιδική μας, των νέων επιστημόνων και τεχνικών της εποχής, δεν κατόρθωσε να επιζήσει περισσότερο της μιάς επταετίας.

Για την από το Πανεπιστήμιο και το Πολυτεχνείο καλλιέργεια των Φυσικομαθηματικών επιστημών, τόσο από την διδακτική όσο και από την ερευνητική τους πλευρά, μιά νέα αποδοτικότερη εποχή έχει αρχίσει να σημειώνεται από τις αρχές της δεύτερης δεκαετίας. Και τούτο κατόπιν της εκλογής και της τοποθετήσεως στις αντίστοιχες έδρες επιστημόνων με ανώτερη, άρτια, κατάρτιση, που διακρίνονταν για τις νέες προοδευμένες αντιλήψεις τους ως προς την διδασχή, την άσκηση των μαθημάτων και την έρευνα. Αντικαθιστούν τους επίσης σοφούς για τις γνώσεις τους προκατόχους τους, αλλ' οπωσδήποτε παλαιότερων μεθόδων κατά την άσκηση του λειτουργημάτους τους. Η αλλαγή αυτή προσώπων και μεθόδων, ακολουθεί την γενικότερη για την Ελλάδα αναδιοργανωτική εξόρμηση των, μετά την επανάσταση του 1909, υπό τον Ελευθέριο Βενιζέλο κυβερνήσεων. Οι εις το Πανεπιστήμιο τοποθετηθέντες νέοι καθηγηταί εκρίθησαν και υποδείχθηκαν, παρά ειδικών επιτροπών, από μεγάλης αξίας επιστήμονες που συγκρότησε η Κυβέρνηση το 1912. Η για την Φυσικομαθηματική σχολή επιτροπή απαρτιζόταν από τον διάσημο μαθηματικό, καθηγητή τότε του Πολυτεχνείου του Μπρεσλάου, Κ. Καραθεοδωρή, τον καθηγητή Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας στο Πανεπιστήμιο Θ. Σκούφο και τον διαπρεπή Χημικό Λ. Αραπίδη.

Τα νέα αυτά άξια επιστημονικά στελέχη που εγκαινιάζουν νέα εποχή στη Φυσικομαθηματική σχολή του Πανεπιστημίου είναι οι καθηγηταί Θεοδ. Σκούφος (1906), Κων. Κτενάς (1912), Κων. Ζέγγελης (1912), Γεωργ. Ματθαίουπουλος (1912), Δημ. Χόνδρος (1912), Γεωργ. Αθανασιάδης (1912), Γεωργ. Ρεμούνδος (1912), Δημ. Τσακαλώτος (1918)*. Ανάλογη και η του Πολυτεχνείου νέα επάνδρωση, κατά την ίδια περίπου εποχή, ως προς τα Φυσικά και Χημικά μαθήματα, από τους καθηγητάς Αλεξ. Βουράζο (1907), Θεωδ. Βαρούνη, Τιμολ. Κομνηνό, Θεοδ. Σταθόπουλο, Σταύρο Χορς, Προκ. Ζαχαρία, Κων. Βέη.

Αλλά και άλλοι προοδευτικοί επιστήμονες, εργαζόμενοι εκτός των μορφωτικών ιδρυμάτων, προσφέρουν πολύτιμες υπηρεσίες για την ανάδειξη των Φυσικών επιστημών και τις εφαρμογές τους κατά τα χρόνια εκείνα στη χώρα μας, ώστε να

* Με την ευκαιρία θα πρέπει να μνημονεύσουμε και τους προκατόχους τους στο Πανεπιστήμιο καθηγητάς, που υπήρξαν πρωτοπόροι ως προς την διδασκαλία των Φυσικών και Φυσιολογικών μαθημάτων κατά τα προγενέστερα χρόνια. Ήσαν οι εξής: Κυρ. Δομνάδος της Φυσικής Ιστορίας (1837-1845), Νικ. Φράας της Συστημ. Βοτανικής (1837-1842), Ζαυέριος Λάνδερπ της Γεν. Χημείας (1837-1869), Αλεξ. Βενιζέλος της Γεν. Πειραμ. Χημείας (1843-;), Ηρακλής Μητσόπουλος της Φυσικής Ιστορίας (1845-1892), Θεοδ. Ορφανίδης της Βοτανικής (1850-1881), Αναστ. Χρηστομάνος της Γενικής Χημείας (1866-1906), Δημ. Στρούμπος της Φυσικής (1844-1890), Κων. Μητσόπουλος της Ορυκτολογίας και Γεωλογίας (1875-1910), Τιμολ. Αργυρόπουλος της Φυσικής (1887-1910), Σπύρος Μηλιαράκης της Φυτολογίας (1892-1920), Δημ. Κοκκίδης της Αστρονομίας (1877-1896), Δημ. Αιγινήτης της Αστρονομίας (1896-1934).

επιβάλλεται η μνημόνευσή τους. Ιδίως ως προς την μόλις τότε παραγωγικά εμφανιζόμενη χημική βιομηχανία. Οι σπουδαιότεροι στον τομέα αυτόν είναι οι Νικ. Κανελλόπουλος, Λεων. Αραπίδης, Λεόντιος Οικονομίδης, Σπήλιος Οικονομίδης, Επαμ. Χαρίλαος, Αλεξ. Χατζηκυριάκος. Και για τον ορυκτό πάλι πλούτο του υπεδάφους μας και την αρχή της εκμεταλλεύσεώς του οι Φωκ. Νέγρης, Ανδρ. Κορδέλλας, Σωκ. Παπαβασιλείου, για να περιορισθούμε στους πρώτους άξιους Έλληνας μεταλλευτάς, που δούλεψαν παράλληλα με τους ξένους, αυτού του τομέως, Σερπιέρηδες, Γκρόμαν και άλλους.

Ειδικές ανώτατες σχολές προς μόρφωση επιστημόνων ικανών να επανδρώσουν την αναπτυσσομένη βιομηχανία και τους άλλους τεχνικούς παραγωγικούς κλάδους δεν έχουν ακόμη ιδρυθεί. Οι εις αυτούς εργαζόμενοι ή είναι κάτοχοι διπλωμάτων ξένων ειδικών ανωτάτων σχολών ή απόφοιτοι της ιδιωτικής «Βιομηχανικής Σχολής Οθ. Ρουσσόπουλου», που ιδρύθηκε το 1895 και ήταν κατωτέρας μορφωτικής στάθμης καταρτίζοντας καλούς τεχνίτες αλλά όχι επιστήμονες, ή ακόμα και απλοί εμπειροτέχνες, που είχαν διδαχθεί από την πράξη της δουλειάς. Εργάζονταν τέλος ως τεχνικοί και μερικοί διπλωματούχοι των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου, που έχοντας καλές θεωρητικές γνώσεις Χημείας και Φυσικής και αρκετή εργαστηριακή πείρα ειδικεύονταν κατόπιν με την εφαρμογή τους στην πράξη.

Οι πρώτες ανώτατες ελληνικές τεχνικές σχολές είναι οι δύο χημικές, που ιδρύθηκαν σχεδόν ταυτόχρονα κατά το 1918 και πρωτολειτούργησαν από το χειμώνα του 1918-1919. Στο Πανεπιστήμιο το Χημικό Τμήμα στη Φυσικομαθηματική του σχολή, που απέβλεπε στη μόρφωση χημικών με υψηλές γνώσεις, κατάλληλων για τα αναλυτικά και ερευνητικά χημικά εργαστήρια και επίσης για τη χημική βιομηχανία, και στο Πολυτεχνείο, η Σχολή Χημικών Μηχανικών, αναλόγου εκπαιδευτικού προγράμματος και αποστολής, αλλά με περισσότερες βλέψεις των αποφοίτων της προς τη βιομηχανία. Και οι δύο άρχισαν να λειτουργούν από τον Οκτώβριο του 1918 με πρωτοετείς και τριτοετείς φοιτητάς. Οι τριτοετείς προέρχονταν εκ μεταγραφής τελειοφοίτων ή πτυχιούχων των φυσικών επιστημών.

Η ίδρυση του Τεχνικού Επιμελητηρίου, το 1923, ως Οργανισμού Δημοσίου Δικαίου, δηλ. υπηρεσία κρατικής υπευθυνότητας, που συγκέντρωσε έκτοτε όλους τους κάθε ειδικότητας μηχανικούς της Ελλάδος και η έκδοση από το 1932 του περιοδικού του «Τεχνικά Χρονικά» και από την άλλη πλευρά η ίδρυση της Ενώσεως Ελλήνων Χημικών, το 1924, που συγκέντρωσε όλους τους Χημικούς και η έκδοση από το 1936 των «Χημικών Χρονικών», εξεπροσώπησαν, από της πρώτης εμφανίσεως και λειτουργίας τους, την όλη σχετική επιστημονική και επαγγελματική κίνηση του τόπου μας. Το πρώτο για τα εν γένει τεχνικά θέματα και κατασκευαστικά έργα και η δεύτερη για τα χημικά θέματα, τα μεταλλευτικά και τη χημική βιομηχανία. Και, φυσικά, οι νέες αυτές επίσημες οργανώσεις, επήραν την θέση των αναλόγου αποστολής παλαιότερων τους, των ανεπιστήμων συλλόγων που αναφέραμε.

Περιορίζοντας την παρούσα ιστορική ανασκόπησή μας στα θέματα τα αφορώντα ειδικότερα την Χημεία, την Φυσική και τις σχετικές προς αυτές βιομηχανίες, επιβάλλεται να τονίσουμε πως το έτος 1933 αποτέλεσε ένα νέο

σταθμό για την επιστημονική τους εξέλιξη και πώς έκτοτε εγκαινιάσθηκε μια καινούργια εποχή για την μελέτη και την έρευνα σ' αυτούς τους κλάδους και για την σε ευρύτερο κύκλο παρουσίαση των συναφών θεμάτων. Κύριος εμπνευστής της κινήσεως αυτής και δημιουργός της ήταν ο εκλεγείς και διορισθείς το 1932 στην κενή πανεπιστημιακή έδρα της Φυσικής Χημείας νέος καθηγητής Γ. Καραγκούνης. Διδάκτωρ του Πανεπιστημίου της Φραιβέργης (1926), με επιτυχή ερευνητική δράση. Εκείνος μετέφερε και καθιέρωσε και στην ιδική μας πανεπιστημιακή σχολή τα περί την έρευνα στην Γερμανία, μεταξύ των κύκλων των επιστημόνων, εθιζόμενα και εφαρμοζόμενα.

Από το 1933 οργανώνει και συνεχίζει ως εισηγητής τους δύο σειρές επιστημονικών συγκεντρώσεων. Ομιλιών, υψηλού επιπέδου, επί θεμάτων Φυσικής, Γενικής Χημείας και Φυσικής Χημείας, καθώς και των σχετικών πρακτικών εφαρμογών τους, οι οποίες λαμβάνουν χώραν, ανελλιπώς, κάθε Τετάρτη απόγευμα, στο μικρό αμφιθέατρο του Χημείου της οδού Σόλωνος. Επίσης, σε στενότερο κύκλο, σεμιναρίων μεταξύ των περί την έρευνα εργαζομένων και άλλων επιστημόνων ενδιαφερομένων επί των συναφών θεμάτων. Στα σεμινάρια αυτά με την συζήτηση επί των υπό έρευνα θεμάτων, επιτυγχανόταν η πληρεστέρα διαφώτιση των ερευνητών και η επιτυχέστερη και ταχύτερη αποπεράτωση των από αυτούς υπό εκτέλεση ερευνητικών εργασιών.

Αναδιφώντας τα «Χημικά Χρονικά» των χρόνων εκείνων που τα διακρίνει υψηλή και πιστή δημοσιογραφική ενημερότης επί όλων των επιστημονικών εργασιών και γεγονότων της εποχής, θαυμάζουμε το μνημονευόμενο μεγάλο ενδιαφέρον που προκαλεί, από το 1933 και ύστερα, αυτή η πρωτοβουλία του Καθηγητού Γ. Καραγκούνη, μεταξύ του τότε επιστημονικού κόσμου. Και την ώθηση που έχει δώσει για την εις τα πανεπιστημιακά εργαστήρια εκτελούμενη έρευνα. Ακόμη για την άμιλλα που παρατηρείται μεταξύ των ερευνητών της εποχής, παρ' ότι και τα τότε εργαστηριακά μέσα είναι περιορισμένα και πενιχρά και ο αριθμός των με την έρευνα ασχολουμένων ολιγάριθμος.

Εκ των συγκεντρώσεων της σειράς των ομιλιών η της 14ης Δεκεμβρίου 1938 υπήρξε εορταστική γιατί ήταν η 100η. Ομιλητής ο ίδιος ο Καθηγητής Γ. Καραγκούνης και θέμα της «Μία νέα φυσικοχημική μέθοδος αναλύσεως δια του ιοντογράφου (Polarograph)». Τα «Χημικά Χρονικά» στο αμέσως επόμενο τεύχος τους, του Ιανουαρίου 1939 (Τόμος 4Α σελ. 18-20), δημοσιεύουν τον πλήρη κατάλογο των θεμάτων που αναπτύχθηκαν (των 100 ομιλιών) κατά τα προηγηθέντα χρόνια και των ομιλητών που τα πραγματεύθηκαν. Εν όλω 38, οι έως τότε ομιληταί, μεταξύ των οποίων συμπεριλαμβάνονταν σχεδόν όλοι οι καθηγηταί των σχετικών εδρών των ανωτάτων σχολών μας και οι περί αυτούς για τις Φυσικές επιστήμες και την έρευνα ασχολούμενοι.

Οι παλαιότερες σπάνιες συγκεντρώσεις για ομιλίες επί θεμάτων των θετικών επιστημών, που είχαν οργανωθεί κατά καιρούς από την Λέσχη Επιστημόνων, την Εταιρεία Φυσικών Επιστημών, την Ένωση Ελλήνων Χημικών και άλλους συλλόγους, χάρις στην εξόρμηση που εγκαινίασε και καθιέρωσε ο Καθηγητής Καραγκούνης κατέστησαν από το 1933 και ύστερα ένας μόνιμος και αδιάκοπος επιστημονικός θεσμός.

Οι ενδιαφερόμενοι υποψήφιοι ομιληταί της σειράς αυτής, μεταξύ των οποίων

αρκετοί ήσαν και οι εκτός του πανεπιστημιακού κύκλου, όφειλαν με υπομονή να περιμένουν προς εξασφάλιση της γι' αυτούς ελεύθερης Τετάρτης. Αποτελούσε η σειρά αυτή το εγκυρότερο επιστημονικό βήμα της εποχής και η εμφάνισή τους σ' αυτό αποτελούσε ιδιαίτερη αναγνώριση και τιμή. Το πρόγραμμα και τα θέματα ορίζονταν και αναγγέλονταν από αρκετό καιρό προηγουμένως.

Μεταξύ εκείνων, των εκτός του κύκλου μας ομιλητών, που το επεζήτησαν ήταν και ο Συνταγματάρχης Γ. Σηλιοτόπουλος, Δ/ντής της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, που έγινε δεκτός και ομίλησε στην 93η συγκέντρωση (10 Μαρτίου 1938), με θέμα: «η μέτρηση τόξου μεσημβρινού και αι σχετικαί ελληνικαί εργασίαι». Υπήρξε σπουδαία και γενικής αναγνώρισεως η τότε επιστημονική δουλειά ορισμένων αξιωματικών μας, της υπηρεσίας αυτής, για τη νέα καλή και πιστή χαρτογράφηση της Ελλάδος. Η μνημονευόμενη ομιλία του Συνταγματάρχου Σηλιοτοπούλου προσέλαβε και εορταστικό χαρακτήρα, γιατί μεταξύ των ακροατών της συγκαταλεγόταν και ο τότε Διάδοχος, μετέπειτα Βασιλεύς Παύλος. Τον Διάδοχο τον υποδέχθησαν και τον προσεφώνησαν, τόσο ο Πρόεδρος των συγκεντρώσεων Καθηγητής Γ. Καραγκούνης, όσο και ο παριστάμενος αείμνηστος Καθηγητής Δ. Χόνδρος. Εκείνος μάλιστα τον χαιρέτησε υπό την διπλή ιδιότητά του. Του προσωπικού του φίλου και του άλλοτε δασκάλου του, όταν δίδασκε στην σχολή μετεκπαιδύσεως αξιωματικών στην αεροπορία. Από εκείνη τη σχολή ο Παύλος κατείχε το δίπλωμα του αεροπόρου.

Η σειρά των ομιλιών επί θεμάτων Χημείας και Φυσικής του Καθηγητού Γ. Καραγκούνη συνεχίσθηκε τακτικά και κατά τα ακολουθήσαντα χρόνια. Κατά το 1939, το 1940 και αραιότερα κατά το 1941 και τον πρώτο κατοχικό χρόνο. Διακόπηκε μετά την από το Πανεπιστήμιό μας αποχώρησή του. Υπολογίζουμε πως ο συνολικός αριθμός τους φθάνει τις 150. Δυστυχώς δεν έχει περισωθή ο μετά την 100ή συγκέντρωση πίναξ των ημερομηνιών που έγιναν, των θεμάτων που ανεπτύχθηκαν και των ομιλητών που τα πραγματεύθηκαν.

Μετά τις περιπέτειες των πολέμων, από το 1950 και ύστερα, αρχίζει νέα συγχρονισμένη εποχή στην Ανωτάτη Παιδεία μας για τις Φυσικομαθηματικές και Φυσιολογικές επιστήμες. Και άλλα νέα μορφωτικά ιδρύματα δημιουργούνται, με καλύτερα εξοπλισμένα εργαστήρια και πολυάριθμο και ικανό επιστημονικό προσωπικό. Πολλά επίσης ιδρύονται κρατικά ειδικά ερευνητικά εργαστήρια, ώστε η επί των σχετικών θεμάτων έρευνα συνεχώς να διευρύνεται και να προοδεύει. Αλλά πάντα ταύτα ανήκουν σε εποχή πέραν εκείνης που ανασκοπούμεν δια του παρόντος. Σε εποχή προοδευμένη, πολύ καλύτερη, για την οποία ακριβώς και για τους θεράποντάς της, ίσως ν' αποβαίνει ενδιαφέρουσα η γνώση των περασμένων.

ΙΠΠΟΚΡΑΤΕΙΟΣ ΟΡΚΟΣ
ΔΙΑΤΥΠΩΘΕΙΣ
ΑΠΟ ΔΕΚΑ ΒΡΑΒΕΙΑ NOBEL
ΑΘΑΝ. Δ. ΧΑΤΖΗΚΑΚΙΔΟΥ

1. Έδεχθην λίαν ευχαρίστως τήν προτροπήν από τήν Έπιτροπήν εκδόσεως του Άφιερώματος αυτού, προκειμένου νά αναπτυχθή ένα θέμα, τό όποιον όμως χωρίς πολλήν σκέψιν συνήρησα μέ τόν άρχαιον μας κόσμον, μελετητής και λάτρης του όποιου ό Πανσέβαστος Διδάσκαλός μου. Ό Άκαδημαϊκός Κοσ Γεώργιος Καραγκούνης.

Έπεβλήθη ή συνάρτησις αυτή και εκ του γεγονότος ότι ό Κοσ Καθηγητής, άνεκοίνωσεν εις τήν Άκαδημίαν Άθηνών τό 1985 μελέτην του γράφοντος μέ τίτλον: «Ό Άριστοτέλης Πρόδρομος Έννοιών και Σκέψεων της Συγχρόνου Φυσικής».

Και δέν είναι μόνον αυτό. Κατά τάς άρχάς του έτους αυτού ανακοινών ό Πρόεδρος της Άκαδημίας Κοσ Σόλων Κυδωνιάτης έτέραν μελέτην του γράφοντος, έκαμε μακράν παρέμβασιν ό Κοσ Καραγκούνης, ζητήσας νά καταχωρηθή αυτή εις τά Πρακτικά της Άκαδημίας, όπερ και έγινεν.

Ό άρκετά μακρός τίτλος της μελέτης: «Δήλος. Έκφραση του Άμφικτυονικου Ίδεώδους. Άξιοποίηση του Πλουσιου Ιστορικού Παρελθόντος της, μέ Έκμετάλλευση των Φυσικών της Πηγών και Έφαρμογήν Έκσυγχρονισμένων Ύψηλου Έπιστημονικου και Πολιτιστικου Έπιπέδου Ύποδειγματικών Τεχνολογικών Μεθόδων».

Κατά τήν ακολουθούσαν ανάπτυξιν κρίνεται σκόπιμος ό συσχετισμός της μελέτης αυτής μέ τά διατυπούμενα.

2. Μελετών, ό χαράσσων τάς γραμμάς αυτάς, από άρκετών Ιοσητών τήν άρχαιοελληνικήν σοφίαν εις τόν χώρον των Φυσικών Έπιστημών και έπισημαίνων τά εγκώμια έπιφανών εκπροσώπων της διεθνούς Έπιστήμης εις διάφορα βιβλία και μελέτας του, διά τήν άξίαν της άναδρομής εις τό κλασικόν παρελθόν, μία ευτυχής σύμπτωσις, έφερεν ένα περιστατικόν. Το περιστατικόν αυτό και τόν τίτλον έδωκεν εις τό μελέτημα τουτο και τήν εισαγωγήν θά άποτελέση, προκειμένου ακολουθως νά εκτεθούν κάποιαι, ως νομίζει ό γράφων, ουχι ευκαταφρόνητοι προτάσεις.

Μία σειρά 20 σοφών της διεθνούς Έπιστήμης, των 10 εξ αυτών, τιμηθέντων μέ βραβεία NOBEL όλων δε άνηκόντων εις τό Διεθνές Συμβούλιον Έπιστημονικών Ένώσεων (International Council of Scientific Unions) μέ Πρόεδρον τόν Sir John KENDREW, Βραβείον NOBEL Χημείας, κατόπιν ενός σκεπτικου, δημοσιευομένου εις τό Περιοδικόν SUNWORLD (V. 12, Νο 4, p 98, 1988) και καταχωρουμένου εις άλλο δημοσίευμα του γράφοντος, έσκέφηθ νά διατυπώση τό κατωτέρω κείμενον Ίπποκρατείου Όρκου, προοριζομένου ειδικώς διά τούς Έπιστήμονας, τούς Μηχανικούς και τούς Τεχνολόγους και έμφανιζομένου εδω μέ τήν ελληνικήν του μετάφρασιν.

Τό γνωστόν παλαιόν κείμενον του Όρκου του Ίπποκράτους, προοριζόμενον βεβαίως διά τούς Ίατρούς, λαμβάνει μίαν διαφορετικήν διατύπωσιν Όρκου, αντίτυπον του όποιου άποστέλλεται εις τούς αίτούντας, επί καταβολή μιάς άγγλικής λίρας, από τό Institute for Social Inventions, 24 Abercorn Place, London NW8 9XP, U.K.

Ἐπιθυμία τοῦ Ἰδρύματος αὐτοῦ εἶναι νά πληροφορηθῆ ἐκ μέρους τοῦ αἰτούντος, περί τοῦ συμφώνου τῆς γνώμης του, διδομένου διά τοῦ τρόπου αὐτοῦ "Ὁρκου, «ἐπί τῷ λόγῳ τῆς τιμῆς ἱεροπρεπῶς καί ἐλευθέρως», τιμωμένου δέ ἅμα καί τοῦ Ἱπποκράτους.

Οὐδείς εἶναι δυνατόν νά προδικάσῃ τήν τύχην τῆς κινήσεως αὐτῆς καί νά προκαθορίσῃ τήν ἀποτελεσματικότητά της. Παντός βεβαίως ἐπαίνου ἀξία εἶναι ἡ λαμβανομένη πρωτοβουλία, ἡ ὁποία ἐντόνως ἐξακτινυμένη, ἐνδεχομένως νά ὀδηγήσῃ εἰς γενικωτέρας διαπιστώσεις. Κεντρίζουσα δέ τοὺς Ἐπιστήμονας καί διεγείρουσα τὰς ἀγαθὰς των προθέσεις, δυνατόν νά συντελέσῃ εἰς ἀμβλυνσιν τῶν τεραστίων συγχρόνων ἠθικῶν προβλημάτων περί τῶν ὁποίων γίνεται λόγος εἰς τό προαναφερθέν σκεπτικόν, ἀφοῦ ὁ Ὁρκος αὐτός θά πρέπει νά χαράξῃ νέους δρόμους βουλήσεως, προνοῶν μάλιστα καί τήν δομὴν ἑνὸς Κώδικος μὲ ἠθικόν σκελετόν (ethical framework) ἐκγυμνάσεως καί πειθαρχίας.

3. Πρέπει νά πληροῖ μέ ἱκανοποίησιν τόν σύγχρονον "Ἕλληνα ἢ λαμπρά αὐτῆ σκέψις κορυφαίων συγχρόνων Ἐπιστημόνων, οἱ ὅποιοι ἐθεώρησαν ἐπιβαλλομένην τήν προσφυγὴν εἰς τήν αἰγλήεσαν ἐκείνην μορφήν, ποῦ ἀποτελεῖ τήν φαινοτότεραν ἱατρικὴν διάνοιαν τῶν αἰώνων. Τόν περιδοξόν Ἱπποκράτην.

Καί ἐπιζητοῦν οἱ διακεκριμένοι αὐτοὶ Ἐπιστήμονες διά τοῦ τρόπου αὐτοῦ, νά δομηθῆ μία λυτρωτικὴ ἔκφανσις, ἡ ὁποία θά συντελέσῃ εἰς τήν κατὰ τό δυνατόν ἀπαλλαγὴν τῶν συγχρόνων ἀπὸ τὰ δεινὰ των, εἰς τὰ ὁποία ὀδηγεῖ ἡ ἀπειλοῦσα τοὺς πάντες καί τὰ πάντα καταβαράθρωσις κάθε ἀξίας.

Ὁ Ὁρκος τοῦ Ἱπποκράτους διά τοὺς Ἐπιστήμονας, τοὺς Μηχανικοὺς καί τοὺς Τεχνολόγους

Ὁρκίζομαι νά ἀσκῶ τό ἐπάγγελμά μου εὐσυνειδήτως καί ἀξιοπρεπῶς.

Θά ἀγωνίζομαι νά χρησιμοποιοῦ τὰς γνώσεις μου μέ τόν ὑψιστον σεβασμόν, διά τήν εὐτυχίαν τῆς ἀνθρωπότητος, τήν προστασίαν τοῦ πλανήτου μας καί ὄλων τῶν ἐπ' αὐτοῦ ζώντων ὀργανισμῶν.

Δέν θά ἐπιτρέπω διακρίσεις ἐπὶ τῆς ἐθνικότητος, τῆς πολιτικῆς, καθὼς καί προκαταλήψεις, ἢ ὕλικὰς καταξιώσεις, νά παρεμβαίνουιν μεταξὺ τῆς ἐργασίας μου καί τοῦ ὀφειλομένου χρέους πρὸς τὰς παρούσας καί τὰς ἐπερχομένας γενεάς.

Δίδω ἐπὶ τῷ λόγῳ τῆς τιμῆς μου τόν Ὁρκον αὐτόν, ἐπισήμως καί ἐλευθέρως.

Hippocratic Oath for Scientists, Engineers and Technologists

I vow to practise my profession with conscience and dignity.

I will strive to apply my skills only with the utmost respect for the well-being of humanity, the earth and all its species.

I will not permit considerations of nationality, politics, prejudice or material advancement to intervene between my work and this duty to present and future generations.

I make this Oath solemnly, freely and upon my honour

Signed

Date

This Oath is a modification of the Oath of the Hippocratic Oath. It is not intended to replace the Oath of the Hippocratic Oath, but to provide a modern version of the Oath for Scientists, Engineers and Technologists.

Ἵπογραφή Ἡμερομηνία

4. Ἀναφέρθη ἡ λέξις ἱκανοποίησις ἀπὸ ἐθνικῆς πλευρᾶς. Καί σπεύδει ὁ γράφων νά ἐκφράσῃ τὴν ἔντονον ἐπ' αὐτοῦ ἀμφιβολίαν του.

Ὅ,τι θά ἐπακολουθήσῃ εἰς τὴν πλευράν αὐτὴν θά κινηθῇ καὶ θά διατυπωθῇ μέ ἔντονον φρασσεολογίαν, ἡ ὁποία καὶ μόνη ἀποτινάσσει τὴν ὀκνηρία τῆς σκέψεως, ἀποδιώκει τὴν πνευματικὴν ἀδράνεια καὶ ἀπωθῇ τὴν κωθρότητα καὶ τὴν ἐχθρότητα εἰς κάθε ἐπιβαλλόμενον ἐνέργημα.

Ἐπανελημμένως ὁ γράφων κατὰ τὸ παρελθόν ἀνεφέρθη εἰς ἀρνητικὰς δυνάμεις μέ τὰς ἀπόψεις ὀρισμένων «νεοφωτιστῶν» ἡμελλήνων, ὀμιλούντων περὶ «ἀρχαιομανίας καὶ προγονοπληξίας», μιμουμένων τὰς φωνασκίας ἀσπόνδων ἐχθρῶν καὶ «φίλων» τῆς Ἑλλάδος καταδολιευομένων τὴν χώραν αὐτήν.

Ὅπως ἐπίσης κατ' ἐπανάληψιν ἀνεφέρθη εἰς τὸ ὅτι ὁ οἰσοδῆποτε ἄλλος λαός, διαθέτων τὴν περίοδον ἐκείνην τοῦ Ἑλληνικοῦ Μεγαλείου, ὅπως τὴν ἀποκαλοῦν οἱ ξένοι, ἀσφαλῶς δέν θά τὴν ἄφηνεν ἀνεκμετάλλευτον, ἀκόμη καὶ μέχρι τῆς τελευταίας τῆς πτυχῆς.

Ἀσημαντότητας διαθέτουν ἄλλαι χώραι καὶ τὰς προβάλλουν ὡς ἐπιτεύγματα ὑψίστης ἀξίας ἀνά πᾶσαν στιγμὴν.

Πῶς νά μὴ παρεμβλήθῃ εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ ἡ ἀπάντησις, περὶ ἧς ἄλλοῦ εὐρύτερος λόγος, Γερμανικοῦ Πανεπιστημίου Πρυτάνεως, ἀπευθυνομένου πρὸς ὀμάδα Ἑλλήνων ἐπιστημόνων, πού τὸν ἐπεσκέφθη.

«Σεῖς οἱ Ἕλληνες», εἶπεν ὁ Πρύτανις, «μᾶς ἐκάματε ἀνθρώπους. Ἐμεῖς οἱ Γερμανοὶ ἂν εἶχαμε τὴν κληρονομίαν πού ἔχετε σεῖς, θά εἴμεθα οἱ ἡμίθειοι τοῦ κόσμου».

5. Δέν γνωρίζει ὁ γράφων τοῦ οἴκτροῦ αὐτοῦ φαινομένου, ποία ἡ ἀκριβὴς ἐξήγησις καὶ ποῖος ὁ βαθμός καὶ τὸ εἶδος τῆς συσχετίσεώς του μέ ἄλλα δεδομένα. Καταντᾷ ὁμως ἀπίστευτον οἱ νεοέλληνες νά παροτρύνωνται νά παραμένουν «ἀνενόχλητοι ἀπὸ τὸν ἀρχαιοπαθῆ ρωμαντισμόν» καὶ «ἀπομακρυσμένοι ἀπὸ τὸν καταθλιπτικὸ ζυγὸ φλύαρῆς καὶ ἀκριτῆς παρενθοντολογίας».

Ἡ κακὴ μοῖρα δυστήνων καιρῶν μακραιῶνου δουλείας 4 αἰῶνων νά ἔξη συντελέσει, μέ ὄλας τὰς ἄλλας τῆς συνεπειᾶς καὶ διὰ μίαν ἀκόμη, τὴν ἀναφερομένην;

Εἶναι ἀληθές ὅτι κατὰ καιροὺς ἐνεφανίσθησαν διάφοροι διακηρύξεις ἀξιολογήσεως καὶ ἀξιοποιήσεως τοῦ κλασικοῦ παρελθόντος, πού ὠδηγήθησαν ὁμως εἰς ἀποτυχίαν, ἴσως διότι παρουσίαζον διαφαινομένην ἐγωιστικότητα, ἢ ἔνανι ἐμφανὴ ἀπομονωτισμό. Καὶ βεβαίως κάθε πράξις μέ χαρακτηρισμὰτα τοῦ εἶδους αὐτοῦ, καὶ περὶ αὐτῶν ἄλλοῦ ὁ λόγος, εἶναι καταδικασμένη καὶ ναυαγῆ ὀριστικά.

6. Εἰς τὸ σημεῖον αὐτὸ δύο ἐρωτήματα:

Ἐχει δοθῆ ἡ πρέπουσα προσοχὴ εἰς ὅσα διετύπωσεν ὁ ἐνθουσιώδης Φιλῶλογος καὶ φωτισμένος Διδάσκαλός μου εἰς τὸ Πειραματικὸν Σχολεῖον τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν ὁ ἀείμνηστος Ἀκαδημαϊκὸς Ἰωάννης Σταματᾶκος (Πρβλ.: «Ἀδιανόγη ἡ Ἀπομάκρυνσις τῶν Ἀρχαίων Κειμένων ἀπὸ τὴν Παιδείαν. Ἐπιβαλλομένη ἡ Ἐκμετάλλευσίς των μέ Εὐφυᾶ Μεθόδευσι» 1987), ὅσα ἐπαναλαμβάνω διετύπωσεν εἰς τὸν Πρόλογον τοῦ Λεξικοῦ του τῆς «Ἀρχαίας Ἑλληνικῆς Γλώσσης» περὶ «ἀναιδεσάτων καὶ ἐγκληματικωτάτων καὶ καταχθονίων φωνασκῶν» κατὰ τοῦ κλασικοῦ παρελθόντος;

Ἐχει ἐμφανισθῆ ἡ ἀπατινόμενη φροντίς εἰς τὸ σύνθημα τοῦ γράφοντος: ΕΜΠΡΟΣ ΜΕΤΑ ΤΩΝ ΑΡΧΑΙΩΝ, πού ἔρριψε ἀπὸ 4 καὶ πλέον ἰοετιῶν καὶ

έτεκμηρίωσε με επιχειρηματολογία κινουμένη εις τόν χώρον τών Φυσικῶν Ἐπιστημῶν, ἱκανήν νά βοηθήσῃ ἀκόμη καί τήν τόσον ἀνωφωμένην τεχνολογικῶς σύγχρονον ἐποχήν, ἐποχήν τῶν πυραύλων καί τῶν ὀχημάτων τοῦ διαστήματος;

7. Βεβαίως οἱ στεῖροι, οἱ ἄθλιοι καί φθοροποιοί ἐκεῖνοι χαρακτηρισμοί «τῆς ἑλληνοπληξίας καί τῆς ἀρχαιομανοῦς παρενθοντολογίας» ποῦ δοιοῦσαν τά ἀλλαλάζοντα κύματα τῶν ἐχθρῶν τοῦ ἔθνους, δέν ἔχουν τήν ἐντασιν παλαιότερων χρόνων· τό ἀποτέλεσμα ὅμως εἶναι σχεδόν τό αὐτό ἀπό τήν ἐνδημοῦσαν ἀδιαφορίαν διά τά πάντα, μέ τόν παρέμβλητον καί δήθεν λογικοφανή ἀποκρουστικόν καί ἀνεπίτρεπτον ἰσχυρισμόν, μέ τόν ὅποιον ναρκοθετεῖται τό μέλλον· ὅτι δηλαδή εἶναι ἀδύνατον νά διορθωθῇ ὅτιδῆποτε.

Εἶναι ὁ κυριαρχῶν εὐδαιμονισμός τῆς ἀδιαφορίας, περί οὗ ὁ λόγος εἰς τελευταῖον βιβλίον τοῦ γράφοντος (1988). Ἐκεῖ καί ἡ κατηγορηματική καί βεβαίως καταπελτώδης ἔκφρασις τοῦ Νομπελίστα Thomas MANN: «Ὅποιος παραμένει ἀμέτοχος καί ἀδρανῆς εἰς ὅσα ἔλεεινά συμβαίνουν γύρω του, παύει νά εἶναι ζωντανός».

8. Οἱ ἐχθροὶ ὅμως τοῦ ἔθνους δέν ἐξέλειπον. Ἴσως νά κατέστησαν περισσότερον ἐπικίνδυνοι εἰς τοὺς καιρούς αὐτούς, ἀπό τοὺς ὑπολογιστάς καί τοὺς κατευθυνομένους ἀπό συμφέροντα, ἐξυπηρετοῦντα ἐσωτερικάς καί ξένας διεθνεῖς «ἀνάγκας».

Εἰς τό σημεῖον αὐτό θά μεταφερθοῦν τά ἀκόλουθα ἐκ τοῦ βιβλίου τοῦ γράφοντος: «Συσχετισμοί» (Σελ. 149, 1984), προλογιζομένου ἀπό τόν ἀείμνηστον Ἀκαδημαϊκόν Νικόλαον Λοῦρον: «Ὅσον ἀπίστευτα καί ἀν φαίνονται, ἀκούονται ὅμως, καί ἀναφέρονται σέ καταχθόνια σχέδια ἀφανισμοῦ τοῦ ὀλιγάριθμου λαοῦ τῆς μικρῆς αὐτῆς γωνίας τῆς γῆς, μέ πρώτη φάση τήν ἰσοπέδωση, τήν διάβρωση, τήν διαστρέβλωση καί τήν γελοιοποίηση τῶν πάντων».

Καί βεβαίως διά ποῖον λόγον νά μήν ἀναφερθῇ ὁ ἐξ ἀνατολῶν κίνδυνος, ἀφοῦ ἡ γείτων ἐκείνη χώρα ἔφθασε καί μέχρι τοῦ σημείου τήν κλασικήν ἑλληνικήν ἀρχαιότητα νά τήν ἐμφανίζῃ ὡς ἐθνικήν τῆς κληρονομίαν. Ἐπ' αὐτῶν πλείονα εἰς τό ἀναφερθέν βιβλίον τῶν «Συσχετισμῶν» καί τήν περί Δήλου μελέτην.

Θά ἐξακολουθῇ λοιπόν νά παραμένῃ τῆς ἀδιαφορίας ὁ εὐδαιμονισμός; Πότε θά ἀφυπνισθοῦν οἱ αὐτοευδαιμονιζόμενοι, ἀλλά καί ἕως πότε θά κοιμοῦνται τόν ἠδύν καί θελκτικόν νήδυμον, ὁ ὅποιος δέν εἶναι πάντα καί ὁ ὕπνος τοῦ δικαίου.

Λίαν ἀτυχῶς, τό Μεγαλεῖον τῆς Κλασικῆς Ἐποχῆς καί ἡ λαμπρότης τοῦ θάμβους τῆς, ἀφήνει ἀνεπηρέαστους τοὺς τυφλοῦς.

9. Πρέπει εὐθέως καί εὐθαρσῶς νά διατυπωθῇ ὅτι ὅσας προτάσεις ἔκαμεν ὁ γράφων καί ὅσας θέσεις πραγματοποιήσεως διαφόρων προγραμμάτων ὑπέδειξε κατά τήν μακράν ἐπιστημονικοεπαγγελματικήν του πορείαν, ἐφ' ὅσον παρενεβάλλοντο Ἕλληνες, ἡ ὀδευσις ἦτο πάντα προβληματική καί τελικῶς σχεδόν καταδικασμένη. Ὁ τίτλος Κεφαλαίου: «Ἀγῶνες καί Ἀγωνία» εἰς τό μνημονευθέν βιβλίον τοῦ 1988, πρέπει νά δηλοῖ ἀρκετά. Μόνον ὅταν παρενεβάλετο ὁ ξένος παράγων, ἡ δραστηριοποίησις ἐκετύγχανεν.

10. Ἀναμένεται τά ἀναφερόμενα εἰς τήν περί Δήλου ἀνακοίνωσιν, εἰς τήν ὁποίαν μέ νομοτελειακὴν ἀναγκαιότητα ἐπιβάλλεται ἡ σύζευξις τοῦ ἀρχαίου κόσμου μέ τόν σύγχρονον καί ἀπαιτητὴ καθίσταται ἡ δημιουργία ἰσχυρῶν προϋποθέσεων πρὸς μίαν σύγχρονον πνευματικὴν παρουσίαν τῆς ἀρχαίας σοφίας καί τήν ὁποίαν μέ τόσην θέρμην ὑπεστήριξεν εἰς τήν Ἀκαδημίαν ὁ τιμῶμενος

Ἐκδημαϊκός Καραγκούνης, ἀναμένεται ἐπαναλαμβάνω νά στεφθῆ ὑπό ἐπιτυχίας. Καί τοῦτο διότι ἐκτός τῶν ἄλλων θά κυριαρχῆ πρὸς πραγματοποίησίν τῆς ὀξένης παράγων.

Εἰς τὴν Δῆλον ἢ ὁποῖα προγραμματίζεται νά καταστῆ ΠΡΟΤΥΠΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΕΝΤΡΟΝ ΥΓΙΟΥΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ καὶ ὑπεράνω τοῦ ὁποῖου θά ἐφορεύει ὑπεριπτάμενον, Ἐπέρλαμπρον καὶ Φωτοβόλον τό ἀρχαιοελληνικόν Ἄμφικτυον Πνεῦμα, θά ἀντλοῦν ἀπό τό Κέντρον αὐτό οἱ πάντες Ἀνθρωπισμόν καὶ Χρησιτότητα, ἀλλά καὶ Τεχνολογικά ὑποδείγματα πρὸς ἐφαρμογὴν εἰς τὰς χώρας τῶν.

Πῶς νά μὴ συσχετισθῆ μέ τό Διεθνές αὐτό Κέντρον, ἡ ἔξοχος καὶ πράγματι φωτεινὴ σκέψις μεγαλωνύμων Ἐπιστημόνων, οἱ ὁποῖοι διετύπωσαν νέον Ἰποκράτειον Ὅρκον;



Ὁ Καθηγητὴς Γ. Καραγκούνης ὁμιλῶν κατὰ τὴν ἐπίσκεψιν τῶν μελῶν τῆς Ἑνώσεως Ἑλλ. Χημικῶν στὸ Ἐργοστάσιον τῆς ΒΙΟΡΥΑ τὸ 1974. Ἐκ δεξιῶν τοῦ ὀ βιομηχανοῦ Δ. Παπουτσάνης καὶ ὁ Δημοσιογράφος Γ. Λαμψίδης. Ἐξ ἀριστερῶν τοῦ ὀ Καθηγητῆς Γ. Βάρβογλης.

ΒΙΟΧΗΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ: ΒΑΣΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ - ΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΚΙΛΙΑΣ

Του Δρος Ε.Α. Μπουροδήμου

Ph.D. (MIT) Καθηγητού Υγειονομικής Μηχανικής

και Υδροδυναμικής RUTGERS THE STATE UNIVERSITY OF NEW JERSEY - USA

Αντεπαστέλλοντος Μέλους της Ακαδημίας Αθηνών

1. ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΛΗΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ: Λιθόσφαιρα, Ατμόσφαιρα, Υδρόσφαιρα, Βιόσφαιρα. Η Σφαίρα του Πολιτισμού (Culture sphere)

Σπουδή και έρευνα των οικοσυστημάτων συνιστά το θέμα και τους στόχους της Επιστήμης της οικολογίας*. Η βάση της οικολογίας είναι η έρευνα και η αποδελτίωση ποιοτική και ποσοτική των σχέσεων των ζώντων οργανισμών —φυτικών και ζωικών— και του περιβάλλοντος φυσικού χώρου όπου «ζουν» ως και η ανάλυση των μεταξύ των σχέσεων, συσχετίσεων και αλληλεπιδράσεων.

Η θεωρητική, εμπειρική και εργαστηριακή έρευνα στηρίζεται στη συστηματική σπουδή των φυσικών, χημικών, φυσικοχημικών και γεωχημικών παραμέτρων όπου στηρίζεται τόσο η ζωή και η εξέλιξη των ζώντων οργανισμών όσο και η «ζωή», δαίτα και «πορεία» (και οι εναλλαγές πορείας) στα οικοσυστήματα του περιβάλλοντος που είναι η κατοικία των οργανισμών (habitat)*.

Τα ζώντα (βιολογικά) και μη ζώντα (φυσικά και φυσικοχημικά) στοιχεία και οι παράμετροι που συγκροτούν τα οικοσυστήματα προσδιορίζουν την ισορροπία (Equilibrium) και αυτορυθμιζόμενη (self-regulating order) τάξη των αλληλοεπιδράσεων και μεταξύ των επιρροών στηρίζεται σε έσχατη ανάλυση στην αέναη ροή ενέργειας και μάζης και την επανακύκλωση (energy and matter cycling) στις ποικίλες διαδικασίες των οργανικών και ανόργανων μορφών ζωής.

Η υψηλής ποιότητας μονοσήμαντη και μονοδιάστατη ροή ενέργειας από τον ήλιο (the one-way from of high-quality energy from the sun) προς την επιφάνεια του πλανήτη γη μέσω του συνόλου της γήινης ύλης αποτελεί τη θεμελιακή διαδικασία σχηματισμού και εξέλιξης του συνόλου της στερεάς λιθόσφαιρας της ατμόσφαιρας και υδρόσφαιρας δηλ. των τριών ακρογωνιαίων λίθων του χώρου της βιόσφαιρας που στηρίζει και τρέφει όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.

Η ανθρώπινη ζωή και οι άλλες υψηλές συνθέσεις του κοινωνικού βίου της τέχνης και των επιστημών αποτελούν το επιστέγασμα που θα ονομάζαμε «σφαίρα τεχνικού και ανθρωπιστικού πολιτισμού» (culture sphere). Εδώ η συλλογική ανθρώπινη διάνοια και επίνοια, η γνώση και η επίγνωση με βάση την κτηθείσα εμπειρία αιώνων βίου, «εξάγει» χρησιμοποιεί και «διαχειρίζεται» ως ένα μεγάλο βαθμό την υπάρχουσα στη γη ύλη και ενέργεια δηλ. φυσικούς και βιολογικούς πόρους για να συντηρήσει αδιατάρακτη την λειτουργία των οικοσυστημάτων, να

στηρίξει την ανθρώπινη επιβίωση και να ανεβάσει την ποιότητα ζωής. Η γνώση και η μάθηση να ζούμε και να εργαζόμαστε με τη φύση, όχι εναντίον της φύσεως. Αυτό είναι το μεγάλο δίδαγμα, το πρώτο και μέγιστο μάθημα της ανθρώπινης συμπεριφοράς.

Οι κορυφαίες συλλήψεις της ανθρώπινης ζωής, η ελευθερία, η δικαιοσύνη, ο λόγος και ο σεβασμός του προσώπου είναι το ιστορικό αναβλάστημα που έχει την ρίζα του στην βιόσφαιρα που στηρίζουν πρωταρχικά οι βιοχημικοί κύκλοι. Πάνω σ' αυτούς εδράζεται και εκεί κτίστηκε το οικοδόμημα του πολιτισμού ως «σφαίρα πολιτισμού» και ως μεγίστη πρόβαση από την περιοχή της αναγκαιότητας στο χώρο της ελευθερίας.

2. ΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ: Δομή και λειτουργία των Βιοχημικών κύκλων

Ότι στηρίζει τη ζωή των φυτών και των ζώων στο μικρό πλανήτη του ηλιακού συστήματος Γη, που περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και κυρίως γύρω από τον ήλιο με ταχύτητα 66.000 μιλίων την ώρα είναι η αδιάκοπη, η μονοσήμαντη ροή ενέργειας, τον ήλιο που ενεργοποιεί την υπάρχουσα μάζα της γήινης ύλης και δίνει ζωή και κίνηση στα οικοσυστήματά της. Η οικολογία ως επιστήμη και ερευνητική λειτουργία μελετά τις ποικίλες και πολύπλοκες συσχετίσεις και αλληλεπιδράσεις των διαφόρων οργανισμών (φυτικών και ζωικών) που διατηρούν ακριβώς την δυναμική μεταξύ τους ισορροπία και γενετική-βιολογία ποικιλία πρωταρχικό στοιχείο υγείας και λειτουργίας των οικοσυστημάτων. Τούτο προϋποθέτει αδιατάρακτη ροή και επανακύκλωση (ποιοτική και ποσοτική) όλων των μορφών ύλης και ενέργειας (που συνεχώς ενισχύεται με μορφές υψηλής ποιότητας ηλιακής ενέργειας).

Η ροή και η ανακύκλωση ενέργειας και ύλης στα οικοσυστήματα γίνεται με τους βιοχημικούς και γεωχημικούς κύκλους που συμπληρώνει ο υδρολογικός κύκλος (η ροή και επανακύκλωση του νερού).

Η ζωή και η λειτουργία των οικοσυστημάτων μικρών η μεγάλων —με όλα τα είδη των παραγωγών (producers) καταναλωτών (consumers) και αποσυνθετών (decomposers)— στηρίζεται στην άρτια λειτουργία και δυναμική ισορροπία των ως άνω κύκλων της ζωής. Η διαταραχή ή η διακοπή λειτουργίας των ως άνω κύκλων που μπορεί να είναι το αποτέλεσμα ανθρώπινων ενεργειών (στην μορφή θραύσεως των κύκλων ως ρύπανση-μόλυνση) μπορεί να οδηγήσει στην ανατροπή της λειτουργίας των οικοσυστημάτων και στην συντέλεια της ζωής χωρίς την παρουσία ενός θερμοπυρηνικού κατακλυσμού.

Οι βιοχημικοί και γεωχημικοί κύκλοι συγκρατούν το αρράγιστο θεμέλιο της ζωής στον πλανήτη Γη. Η δομή των κύκλων αυτών, δομή της ίδιας της ζωής των οικοσυστημάτων δηλ. των χημικών βιοχημικών και βιολογικών διαδικασιών και της ανθρώπινης ζωής είναι ακριβώς η συνεχής ροή ενέργειας από τον ήλιο που κινεί την γήινη ύλη στις ποικίλες μορφές της, ανόργανη οργανική, βιολογική, έμβια. Από τα 92 φυσικά και θεμελιώδη στοιχεία μόνο 20 ή 30 αποτελούν συνιστώσες και συστατικά των ζωντανών οργανισμών και ως εκ τούτου μόνο αυτά κατά κανόνα ανακυκλώνονται στην βιόσφαιρα.

Στην «χημική διατύπωση» του ορισμού της «ζωντανής ύλης» η ζωή μπορεί να ορισθεί σε έξη λέξεις!

Άνθραξ (C) Οξυγόνο (O) Υδρογόνο (H) Άζωτο (N) Φώσφορος (P) και

Θειάφι (S). Τα χημικά αυτά στοιχεία αποτελούν περισσότερο του 95% της μάζας όλων των ζωντανών οργανισμών (και το 97% της μάζας του ανθρώπινου σώματος).

Οι βιοχημικοί και γεωχημικοί κύκλοι είναι ακριβώς οι κύκλοι των έξη αυτών στοιχείων και του υδρολογικού κύκλου (που είναι μία συνθετική μορφή κύκλου νερού) που είναι σύνθεση Οξυγόνου και Υδρογόνου. Τα υπόλοιπα 14 έως 24 στοιχεία, που είναι απαραίτητα για την επιβίωση και καλή υγεία των φυτικών και ζωικών οργανισμών είναι αναγκαία σε σχετικά μικρές ποσότητες ιχνοστοιχείων. Βεβαίως η σημασία μιας χημικής ουσίας για ένα ζωντανό οργανισμό μεταβάλλεται σε σχέση με την φυσική ή φυσικοχημική μορφή και θέση της χημικής αυτής ουσίας. Παράδειγμα τα φυτά προσλαμβάνουν το περισσότερο μέρος του άνθρακος στην μορφή του αερίου διοξειδίου του άνθρακος (CO₂) που υπάρχει στην ατμόσφαιρα ή στο νερό (των ωκεανών κυρίως) και το περισσότερο μέρος του αζώτου και φωσφόρου που χρειάζονται ως ιόντα νιτρικά και ιόντα φωσφορικά από το νερό του εδάφους στο οποίο υπάρχουν ενώσεις σύμπλοκα που περιέχουν τα ως άνω ιόντα.

Μόνο ένα μικρό τμήμα των χημικών στοιχείων (στην διάρκεια και πορεία της ζωής των οικοσυστημάτων της Γης) σε ποικίλους συνδυασμούς συμπλόκων υπάρχει στους φυσικούς και ζωικούς οργανισμούς.

Τα ουσιαστικά όμως στοιχεία —σε ποικίλες συνθέσεις— συνεχώς ανακυκλώνονται μέσω των βιοχημικών κύκλων στην ατμόσφαιρα και υδρόσφαιρα στο έδαφος, υπέδαφος, φυτά και ζώα.

Χωρίς τη σωτήρια αυτή ανακύκλωση τη διεργασία της φωτοσυνθέσεως και παραγωγή χλωροφύλλης, που οι βιοχημικοί κύκλοι στηρίζουν και διεκπεραιώνουν δεν θα υπήρχε ζωή και εξέλιξη της ζωής όπως την γνωρίζουμε σήμερα.

Μέσα σε αυτό το πλαίσιο αναφοράς και ανακυκλώσεως σε «κλειστό κύκλο» είναι ενδεχόμενο σε μία στιγμή του ιστορικού χρόνου (και χώρου) ένα στοιχείο Α ενός φυτικού και ζωικού οργανισμού να προέρχεται (να έλκη την καταγωγή του) από ένα φυτό ή οργανισμό ενός άλλου χρόνου και τόπου στη Γη ή να έφθασε στη Γη μέσω μετεωριτών σε κάποια χρονική στιγμή.

Μπορεί το στοιχείο αυτό να είναι «μεταφορά ύλης» ή μετακινήσεως (ή μεταναστεύσεως) λόγω κινήσεως ανέμων ή κυμάτων ή σεισμικών εκρήξεων που έλαβον κατά καιρούς χώραν πάνω στη Γη.

Σε όλες αυτές τις πολυποικίλες και πολύαριθμες εναλλαγές και παρουσίες ύλης, η αρχή που δεν μπορεί να «παραβιασθεί» ή να αγνοηθεί είναι η αρχή διατηρήσεως της ύλης (μάζας) και ενέργειας.

Η ανακύκλωση των στοιχείων και το ακριβές και ασφαλές κλείσιμο του κύκλου, ότι εκφράζουν ακριβώς οι αρχές διατηρήσεως μάζας και ενέργειας αποκτά έτσι χωρική παγκοσμιότητα παρουσίας (Planetary & Global Presence) και χρονική διάρκεια εκατομμυρίων αιώνων, ίσως θεωρητικός πλέον των πεντακοσίων εκατομμυρίων χρόνων, από την ατελή «πρωτόγονη» παρουσία μοτοκυττάρων μορφών έμβιας ύλης και εν συνεχεία στην μορφή εντόμων. Έτσι ουδείς μπορεί να αποκλείσει την πιθανότητα ενός μορίου οξυγόνου που αναπνέουμε αυτή την στιγμή να έχει φτάσει σε μας ύστερα από ένα μεγάλο ταξίδι από τις Άνδεις, τα Ιμαλάια ή το Βόρειο Πόλο. Ή να είναι (ή να ήταν) μόριο οξυγόνου αναπνοής ενός άλλου ζώντος οργανισμού (ζώου ή ανθρώπου) ή σύγχρονου ανθρώπου στην ίδια αίθουσα θεάτρου ή σχολείου ή ζωικού ή φυτικού οργανισμού της προϊστορι-

κής εποχής —με τις μυριάδες των σταδίων ανακυκλώσεως και χρήσεως μέχρι των ημερών μας— ή ακόμη να ήταν το οξυγόνο της αναπνοής του Φειδίου, του Περικλέους, του Πλάτωνος, της Κλεοπάτρας ή του Διγενή Ακρίτα των Βυζαντινών χρόνων ή ακόμη αναπνοή ενός Εσκιμώου του Βόρειου Πόλου.

Η ίδια διαδικασία ανακυκλώσεως σε διαφορετική νομοτέλεια ισχύει και τα άλλα πέντε θεμελιακά στοιχεία της ζωής: άζωτο, άνθρακα, φώσφορο κ.λπ.

3. ΚΥΚΛΟΣ ΑΝΘΡΑΚΟΣ ΚΑΙ ΟΞΥΓΟΝΟΥ: Φωτοσύνθεση και «Αναπνοή» (Photosynthesis and Cellular Respiration)

Ο άνθρακας είναι το θεμελιακό δομικό υλικό των μεγάλων συνθετών οργανικών μορίων ή συμπλόκων που είναι αναγκαία για την θεμελίωση της ζωής.

Όπως είναι η γλυκόζη ή οι υδατάνθρακες, τα λίπη, οι πρωτεΐνες τα πυρηνικά (ατομικά) οξέα όπως η DNA.

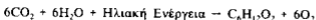
Είναι η DNA τα μόρια των κυττάρων που μεταφέρουν τις γενετικές πληροφορίες και τις χημικές οδηγίες για την κατασκευή των πρωτεϊνών των ζώντων οργανισμών.

Οι φυτικοί οργανισμοί τα δένδρα και τα φυτά της ξηράς προσλαμβάνουν τον άνθρακα και το οξυγόνο με την απορρόφηση του διοξειδίου του άνθρακος —που αποτελεί το 0,03% της ατμόσφαιρας— μέσα από τους πόρους των φύλλων των. Τα φυτά προσλαμβάνουν επίσης οξυγόνο από μόρια νερού στο έδαφος ή στους ωκεανούς.

Το φυτοπλαγκτόν συγκεντρώνει επίσης τον άνθρακα που χρειάζεται από το ατμοσφαιρικό διοξείδιο του άνθρακος που είναι διαλυμένο στις θάλασσες και ωκεανούς.

Μόρια της χλωροφύλλης στα πράσινα φύλλα των δένδρων απορροφούν ηλιακή ενέργεια και με το διοξείδιο του άνθρακος σχηματίζουν γλυκόζη (ζάχαρον) και καθαρό οξυγόνο. Αυτή η σύνθετη διαδικασία μέσω της οποίας η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια (που αποθηκεύεται στα φύλλα των δένδρων) είναι η φωτοσύνθεση. Αυτή μπορεί να δοθεί στην χημική εξίσωση εξισορροπίσεως μάζας (με την προσθήκη ηλιακής ενέργειας).

Φωτοσύνθεση



(Διοξείδιο του άνθρακος) + (Νερό) + ηλιακή ενέργεια → Γλυκόζη + Οξυγόνο

Τα μόρια της γλυκόζης μετατρέπονται εν συνεχεία από τα φυτά που είναι οι παραγωγοί (ή από τους ζωνικούς οργανισμούς που τρώνε τα φύλλα ή τους καρπούς των δένδρων που είναι οι καταναλωτές) σε μόρια ενώσεων ήτοι πρωτεϊνών, λιπών, ζάχαρης και αμύλου.

Η αντίστροφη χημική διαδικασία —εξίσου πολύπλοκη καθόσον περιλαμβάνει εκατό ενδιάμεσες χημικές αλλαγές— είναι η αναπνοή μια άλλη μορφή πορείας του εν λόγω βιοχημικού κύκλου κορυφαίας σημασίας όπως και η φωτοσύνθεση. Νέα σύνθεση της οξειδώσεως (καταναλώσεως) των ως άνω ουσιών-τροφών (πρωτεϊνών, λιπών, ζάχαρης και αμυλωδών ουσιών) από τα φυτά και ζώα για τη διατροφή, ανάπτυξη, επιβίωση και αναπαραγωγή τους.

Στην χημική αυτή εξίσωση —όπου καταναλώνεται η γλυκόζη και το οξυγόνο

για την συντήρηση της ζωής και αναπαραγωγής— παράγεται ενέργεια και νερό ως τελικά προϊόντα.

Αναπνοή

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{Ενέργεια}$
(Γλυκόζη) + (Οξυγόνο) — (Διοξείδιο του άνθρακος) + (Νερό) + (Ενέργεια)

Έτσι η διαδικασία της αναπνοής αποδίδει στα οικοσυστήματα (στο περιβάλλον) διοξείδιο του άνθρακος και νερό και ενέργεια (θερμότητα) τα οποία θα προσλάβουν πάλι τα φυτά για την επόμενη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, την αέναη ανακύκλωση που στηρίζεται στους κύκλους άνθρακος και οξυγόνου που στηρίζουν την ζωή: Τα φυτά παράγουν τροφή (καρπούς, φύλλα) και οξυγόνο που χρειάζονται τα ζώα και απορροφούν διοξείδιο του άνθρακος που παράγουν με την αναπνοή τα ζώα.

Ο άνθρακας —το βασικό αυτό στοιχείο της ζωής— έχει «αποθηκευθεί» στη λιθόσφαιρα —σε εκατομμύρια χρόνια γεωχημικών και χημικών διαδικασιών— σε κοιτάσματα υδρογονανθράκων (Fossil Fuels) πετρελαίου, αερίου και κάρβουνο (λιθάνθρακες και φυτάνθρακες (Peat)) σε πετρελαϊκούς σχιστόλιθους (Oil Shale) ή αμμώδη στρώματα πίσσασφάλτου (Tar Sands) ή σε αποθέσεις μεταλλευτικών ορυκτών.

Οι υδρογονάνθρακες αυτοί που χρησιμοποιούνται σήμερα ως ενεργειακή ύλη, στη βιομηχανία, στην παραγωγή ηλεκτρισμού και τις συγκοινωνίες (τραίνα, πλοία, αυτοκίνητα) παράγουν τεράστιες ποσότητες άνθρακος υπό μορφή διοξειδίου του άνθρακος CO_2 .

Είναι ακριβώς η εκθετική αύξηση του CO_2 που ξεκίνησε στην περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης διακόσια χρόνια πριν, που συντελεί στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, τη βασική αιτία του φαινομένου θερμοκηπίου* (Green House Phenomenon).

Καίτοι οι διαδικασίες της αναπνοής παρουσιάζονται σαν η αντίστροφη διαδικασία της φωτοσύνθεσης στην πραγματικότητα ασφαλώς πολλές από τις επί μέρους χημικές αντιδράσεις των επί μέρους διαδικασιών είναι διαφορετικές.

Οι βιοχημικοί κύκλοι του άνθρακος και του οξυγόνου έχουν ως αφετηρία το διοξείδιο του άνθρακος, το οξυγόνο, το άζωτο και τις μεταλλικές ουσίες και στην πορεία τους δημιουργούν σύμπλοκα που προορίζονται για τα φυτά που παράγουν εν συνεχεία τροφές για τους καταναλωτές που είναι τα ζώα και ο άνθρωπος. Τέλος οι «παραγωγοί» και οι «καταναλωτές» τροφοδοτούν με τα «απόβλητά» τους ή με τα νεκρά τους σώματα τους «αποσυνθέτες» (Decomposers) που είναι τα μικρόβια και τα βακτηρίδια τα οποία αποσυνθέτουν τα σύνθετα μόρια των συμπλόκων στα βασικά τους στοιχεία παραδίδοντάς τα στην αρχική «δεξαμενή» (και αφετηρία) των αβιοτικών στοιχείων απ' όπου ξεκινάει ο κύκλος του άνθρακος και οξυγόνου.

4. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ

Το αέριο άζωτον αποτελεί το 78% του όγκου της ατμόσφαιρας της γης. Σ' αυτή τη μορφή βεβαίως το άζωτον δεν έχει άμεση και χρήσιμη εφαρμογή. Πρέπει να προηγηθεί η στερέωση του αζώτου (Nitrogen Fixation) μια διαδικασία πολύ-

πλοκη σε πολλούς αλληλοσυμπληρούμενους συνεχώς χημικούς κύκλους αζώτου που στηρίζουν την παραγωγή τροφών, πρωτεϊνών DNA και μερικών βιταμινών.

Το αέριο άζωτο μετατρέπεται σε **σύμπλοκο αζώτου** δηλ. νιτρικά ιόντα, που διαλύεται στο νερό και έτσι μπορεί να «παραληφθεί» (απορροφηθεί) από τις ρίζες των φυτών σαν μέρος του κύκλου του αζώτου.

Η «στερέωση του αζώτου» στο έδαφος — βασική προϋπόθεση χρησιμοποιήσεώς του από τις ρίζες των φυτών— γίνεται με την βοήθεια βακτηριδίων του εδάφους ή μικροβίων (*Rhizobium Bacteria*) ειδικών μικρών γήινων διογκώσεων που ονομάζονται *Nodules* ή από γαλανά-πράσινα άγλη (*Blue-Green Algae*) των υδάτων και του εδάφους ή από αστραπή που μετατρέπει το αέριο άζωτο και αέριο οξυγόνο. Τα φυτά μετατρέπουν τα νιτρώδη που φτάνουν εκεί σε μεγάλα μόρια συμπλόκων όπως οι πρωτεΐνες και μοριακά οξέα. Με το θάνατο φυτών και οργανισμών, οι αποσυνθέτες «σπάζουν» (αποσυνθέτουν) τα μόρια που περιέχουν άζωτο, που σημαίνει μετατροπή σε αέριο αμμωνίας και άλατα διαλυτά στο νερό που περιέχουν νιτρώδη. Αυτά περιέχουν κυρίως τα αμμωνιακά ιόντα NH_4^+ . Με τον τρόπο αυτό επανέρχονται στη μορφή νιτρικών ιόντων στο έδαφος και στο περιβάλλον έτσι που ο βιοχημικός κύκλος του αζώτου να ξεκινήσει ξανά.

Ο άνθρωπος, ιδιαίτερα στη βιομηχανική και μεταβιομηχανική εποχή, τα τελευταία διακόσια και πλέον χρόνια, προσθέτει τεράστιες ποσότητες αζώτου στην ατμόσφαιρα από την καύση λιπανθράκων, πετρελαίου, γκαζιού κ.λπ. (*Fossil Fuels*) σε αυτοκίνητα, σπίτια (θέρμανση κ.λπ.). Τα οξειδία του αζώτου σε ποικίλες και πολύπλοκες αντιδράσεις με άλλες χημικές ενώσεις στην ατμόσφαιρα παρουσία υγρασίας και κυρίως ηλιακού φωτός, συντελούν στο σχηματισμό νιτρικού οξέος και φωτοχημικής αιθαλομίχλης (*Photochemical Smog*) — που γνωρίζουμε στην Αθήνα ως νέφος—.

Η παρουσία του νιτρικού οξέος στην ατμόσφαιρα αποτελεί έναν από τους κύριους συντελεστές της δημιουργίας της όξινης βροχής. Από την άλλη πλευρά, το αέριο του αζώτου με το αέριο του υδρογόνου, αποτελούν τα κύρια συστατικά του αερίου της αμμωνίας ($N_2 + 3H_2 + \text{Ενέργεια} \rightarrow 2NH_3$) που είναι η βασική ύλη της βιομηχανίας συνθέσεως νιτρικών λιπασμάτων ως αμμωνιακών συμπλόκων. Αποθέσεις αμμωνιακών συμπλόκων υπάρχουν σε φυσική κατάσταση σε ορυχεία που μπορούν σε πολλές περιπτώσεις να χρησιμοποιηθούν σαν φυσικά λιπάσματα.

Τελευταία παρατήρηση — που έχει σχέση με την υπερλίπανση υδατινών υποδοχών και δημιουργία ευτροφισμού μιας άλλης μορφής ρυπάνσεως— πρέπει να προστεθεί εδώ. Ιόντα νιτρικά από απορρίματα και κοπριά ζώων από σταύλους, εκχείλιση ή απόπλυση υπερλιπαινομένων με νιτρικά λιπάσματα γεωργικών καλλιεργειών ή απόρριψη μη καθαρισμένων (με ειδικό βιολογικό ή χημικό καθαρισμό) οικιακών λυμάτων —ό,τι αποτελεί σημαίνουσα παρουσία νιτρικών αλάτων και τροφών φυτών— σε οικοσυστήματα ακτών, ποταμών ή λιμνών, συντελεί στην ταχεία και αλματική δημιουργία αλγών (και υδροχαρών φυτών) που εξαντλούν την ποσότητα του διαλελυμένου εκεί οξυγόνου με συνέπεια το μαζικό θάνατο του ζωοπλακτόν υδροβίων οργανισμών και ψαριών.

Βεβαίως, τη διαδικασία δημιουργίας αλγών και ευτροφισμού σε υδατινούς υποδοχείς στηρίζει κατά ποσοστό και μέγεθος εξίσου σοβαρό, η παρουσία φωσφορικών ουσιών και αλάτων φωσφορικών ιόντων που απορρίπτονται σε υδατινούς υποδοχείς όπως και στις περιπτώσεις των νιτρικών ουσιών από τις ίδιες

ως άνω πηγές (αγρολιπάνσεις, οικιακά λύματα, μαζικώς οικοτρόφου κτηνοτροφίας).

5. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥ

Ο φώσφορος —ένας από τους ακρογωνιαίους μαζί με τον άνθρακα, οξυγόνο και άζωτο λίθους της ζωής— κυρίως στη μορφή ιόντων φωσφόρου είναι ένα βασικό θρεπτικό συστατικό των φυτικών και ζωικών οργανισμών, δομική χημική παράμετρος του μορίου DNA και η κυρία συνιστώσα των οστών των ζώων και του ανθρώπου.

Ο φώσφορος (μαζί με τις νιτρικές ουσίες) στις διάφορες μορφές του είναι το υλικό των φωσφορικών λιπασμάτων. Ο φυσικοχημικός κύκλος του φωσφόρου —όπως και εκείνος του άνθρακος και του αζώτου— ακολουθεί παράλληλους δρόμους ανακυκλώσεως και ανασχηματισμού στις διάφορες μορφές της φυσικοχημικής και βιολογικής του παρουσίας στους έμβιους ή μη σχηματισμούς του.

Ποικίλες μορφές φωσφόρου ανόργανες ή οργανικές επανακυκλώνονται στην κατώτερη στάθμη της ατμοσφαιρας, στο νερό, έδαφος, υπέδαφος (ρίζες φυτών). Τεράστιες ποσότητες φωσφόρου υπάρχουν στον πυθμένα ωκεανών ή ρηχών λιμνών και λιμνοθαλασσών, ως αδιάλυτα φωσφορικά καθιζήματα ως επίσης και σε επιφανειακά ή μη ορυχεία φωσφόρου (Phosphate Rock Deposits). Υπάρχουν περιπτώσεις διαλύσεως στο νερό ή στο έδαφος φωσφορικών ουσιών και αλάτων (με βαθμιαία αποσάθρωση των φωσφορικών ορυκτών) που απορροφούνται από τις ρίζες των φυτών ως ένα σημαντικό μέρος της τροφής των φυτών και εν συνεχεία των ζώντων οργανισμών που τρέφονται από τα φυτά ή τους καρπούς των φυτών. Στην κατηγορία αυτή μπορεί να υπαχθούν οι μεγάλες περιπτώσεις φωσφόρου που απορρίπτονται στους υδάτινους υποδοχείς κάθε χρόνου από τις οικιακές απορρίψεις (απορρυπαντικά-λύματα) και κυρίως τις ποικίλες διαδικασίες της βιομηχανικής παραγωγής (βιομηχανίες λιπασμάτων, τροφίμων κ.λπ.).

Όπως τονίσαμε ανωτέρω, παρουσία φωσφόρου σε μεγάλες ποσότητες —όπως εκείνη του αζώτου— στα οικοσυστήματα των υδάτινων υποδοχέων σημαίνει ενίσχυση ταχείας παραγωγής αλγών (Blue-Green Algae) εξαντλήσεως του διαλυμένου οξυγόνου και καταστροφικού ευστροφισμού με το θάνατο των ψαριών (και των ιδίων των αλγών) ελλείψει DO. (Dissolved Oxygen).

6. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ

Το θείο στον φυσικοχημικό του κύκλο στην υδρόσφαιρα (και βιόσφαιρα) «μετατρέπεται σε διάφορα σύμπλοκα» (Compounds).

Η παρουσία του στην ατμόσφαιρα από διάφορες πηγές συνθέτων χημικών ουσιών: α) στη μορφή αερίου θειούχου-υδρογόνου H_2S προϊόν σήψεως οργανικών ουσιών σε τέλματα και βάλτους ως και χώρους απορρίψεως λυμάτων πλουσίων σε οργανικές ενώσεις και θειούχα άλατα. Μεγάλες ποσότητες H_2S που είναι ένα άχρωμο δηλητηριώδες αέριο —με «οσμή» και «γείση» σάπιου αυγού— εκτινάσσονται στην ατμόσφαιρα από ηφαίστεια εν ενεργεία.

β) στη μορφή διοξειδίου του θείου που είναι επίσης ένα άχρωμο, δηλητηριώδες αέριο (ή υγρό) που δημιουργεί καταστάσεις ασφυξίας με κύριες πηγές παραγωγής του τα ηφαίστεια εν ενεργεία και την καύση των υδρογονανθράκων

(Fossil Fuels) δηλ. κάρβουνο, πετρέλαιο, φυσικό αέριο, που είναι πλούσια σε περιεκτικότητα θειαφιού, και δεν υφίστανται συστηματική αποθείωση προ της καύσεως. Η κυρία συνιστώσα της όξινης βροχής και των όξινων κατακαθήσεων είναι το διοξείδιο του θείου. Στις Ηνωμένες Πολιτείες το ήμισυ σχεδόν των εκπομπών —απορρίψεων SO₂ (και το ένα τέταρτο σχεδόν των εκπομπών οξειδίου του αζώτου NO) οφείλεται στην καύση υδρογονανθράκων καρβούνου και πετρελαίου για παραγωγή ενέργειας και βιομηχανικές διαδικασίες— με σημαντική ποσότητα θειαφιού— από τις βιομηχανίες επτά Πολιτειών της κεντρικής βιομηχανικής ζώνης των ΗΠΑ (Ohio, Indiana, Illinois, Pennsylvania etc.). Το υπόλοιπο του SO₂ προέρχεται εκεί από την καύση υδρογονανθράκων (κυρίως βενζίνης και γκαζιού με περιεκτικότητα σε θειάφι) των εκατον τριάντα και πλέον εκατομμυρίων αυτοκινήτων των ΗΠΑ και τις λοιπές χρήσεις μέσων μαζικής κυκλοφορίας (σιδηρόδρομοι κ.λπ.) εμπορικές και οικιακές χρήσεις (θέρμανση κ.λπ.).

Στην μείζονα περιοχή της πρωτεύουσής μας —όπου υπάρχουν σχετικές μετρήσεις— οι πηγές εκπομπών ρυπαντών στην ατμόσφαιρα όπως το διοξείδιο του θείου είναι κυρίως οι βιομηχανίες με απορρίψεις-εκπομπές 12.700 τόννων SO₂ το χρόνο (ήτοι 71%), ακολουθούν οι κεντρικές θερμάνσεις με εκπομπές 3.700 τόννων το χρόνο (21%) και έρχονται τελευταία τα αυτοκίνητα με εκπομπές 1.400 τόννων το χρόνο. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να παρατεθεί ο πίνακας κατανομής των εκπομπών του συνόλου των ρύπων στο λεκανοπέδιο για να φανεί η μεγάλη κυρίως εισφορά και παραγωγή ρυπαντών του αυτοκινήτου (που ο αριθμός των έχει ξεπεράσει το ένα εκατομμύριο δηλ. πλέον του 50% του συνόλου των αυτοκινήτων οχημάτων της χώρας).

ΡΥΠΑΝΤΕΣ	ΠΗΓΕΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ		ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΘΕΡΜΑΝΣΗ		ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ		ΣΥΝΟΛΟ τον/έτος
	τον/έτος	%	τον/έτος	%	τον/έτος	%	
ΚΑΠΝΟΣ	3300	64	900	17	1000	19	5200
ΣΩΜΑΤΙΔΙΑ	300	1			21200	99	21500
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ (SO ₂)	1400	8	3700	21	12700	71	17800
ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ (NO _x)	17400	67	1400	5	7200	28	26000
ΜΟΝΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO)	324000	100	400		500		324900
ΥΔΡΟΓΟΝΑΘΡΑΚΕΣ (HC _x)	46000	68	200		22000	32	68200

Ο καπνός, το μονοξειδίο του άνθρακος, το διοξειδίο του θείου και τα οξείδια του αζώτου με την πληθμονή ηλιοφάνειας (και σχετικής υγρασίας) έχουν δημιουργήσει την μόνιμη πλέον παρουσία του «Νέφους των Αθηνών» (φωτοχημικές αιθαλομίχλες).

Είναι το «Νέφος» που βλέπουμε και ζούμε με τραγωδίες ομαδικού θανάτου (Ιούλιος 1987) και τη συνεχή και «υφέρπουσα» νοσηρότητα (Morbidity) του πληθυσμού του λεκανοπεδίου πρόβλημα δημοσίας υγείας πρώτιστο και μέγιστο. Βεβαίως οι εκροές ρυπαντών όπως το SO₂ είναι επίσης η κυρία πηγή μιας άλλης σοβαρής και καταστρεπτικής διαδικασίας για τη δημόσια υγεία, τα δάση, τα κτήρια, τις λίμνες, τα ποτάμια, το έδαφος και υπέδαφος, την παραγωγή και εθνική οικονομία: είναι σύνθεση όξινων ενώσεων και οι κατακρημνίσεις της όξινης βροχής και όξινων αποθέσεων που δεν βλέπουμε και δεν ξέρουμε σε ποσοτικά και ποιοτικά μεγέθη για κανένα γεωγραφικό διαμέρισμα της χώρας.

Μια σοβαρή ποσότης όξινης βροχής σε μεγέθη της τάξεως 65% του όλου μεγέθους, εισάγεται στη χώρα μας από τις βιομηχανικές εκροές των βιομηχανιών των γειτονικών χωρών, κυρίως της Ιταλίας και της Κεντρικής Ευρώπης. (Στοιχεία και πλήρης ανάλυση του θέματος στην ανακοίνωσή μας στην Ακαδημία Αθηνών της 17ης Μαρτίου 1988, με τίτλο «Η όξινη βροχή: Επιπτώσεις στα δάση και τα οικοσυστήματα». Επίσης «Acid Rain and Transported Air Pollutants» USA Congress Office of Technology Assessment June 1984).

Θα κλείσουμε το κεφάλαιο τούτο της διατριβής με την παράθεση μερικών αριθμών που δείχνουν το μέγεθος των βιολογικών και οικολογικών καταστροφών που έχουν προκαλέσει σε χώρες Ευρώπης και Αμερικής η όξινη βροχή και οι όξινες αποθέσεις που έχουν ως κύριο συστατικό τους στοιχείο το διοξειδίο του θείου. Στη Σουηδία 4000 περίπου λίμνες από τις 40.000 (σε ευαίσθητο σημείο κρίσιμης οξύτητας) δεν έχουν ψάρια λόγω μεγάλου βαθμού οξύτητας (υψηλό pH >4) ενώ άλλες 18.000 λίμνες έχουν μερική μεν αλλά σοβαρή παρουσία οξύτητας (Partly Acidified) ενώ οι υπόλοιπες από τις 40.000 δηλ. 18.000 λίμνες αντιμετωπίζουν σοβαρό κίνδυνο όξινων κατακαθίσεων λόγω εκπομπών ρύπων διοξειδίου του θείου SO₂ και νιτρικών οξειδίων (NO) που φτάνουν εκεί από άλλες χώρες της Ευρώπης και Αμερικής με την κίνηση των ανέμων.

Η Σουηδία έχει περίπου 90.000 χιλιόμετρα ποταμών και ρευμάτων που έχουν σοβαρώς υποβαθμιστεί ή και καταστραφεί από όξινη βροχή και όξινα καθιζήματα. Παρόμοιες καταστρεπτικές επιπτώσεις όξινης βροχής (και όξινων αποθέσεων) παρουσιάζονται σε χίλιες περίπου λίμνες της ανατολικής περιοχής των ΗΠΑ (κυρίως της Νέας Αγγλίας) —με υψηλό βαθμο οξύτητας σε βαθμό pH <5 ή 4 που έχει καταστρέψει το ζωοπλαγκτό και τα ψάρια, ενώ 3.000 επί πλέον λίμνες της Αμερικής έχουν μερική αλλά σοβαρή παρουσία οξύτητας.

Στο Οντάριο Καναδά 1.600 λίμνες έχουν καταστραφεί λόγω υψηλού βαθμού οξύτητας με παντελή απουσία ζωικών οργανισμών κα ψαριών κυρίως, ενώ 48.000 λίμνες του Καναδά απειλούνται θανάσιμα από την όξινη βροχή και τις όξινες αποθέσεις της Αμερικής και Καναδά.

Εάν συνεχισθεί η τρέχουσα τακτική της μη περιστολής των αερίων εκπομπών διοξειδίου του θείου και του αζώτου καθώς και των άλλων ρυπαντών από τις χρήσεις των υδρογονανθράκων για τη βιομηχανία, μεταφορές και παραγωγή ενέργειας των μεγάλων βιομηχανικών κέντρων της Βορείου Αμερικής-Καναδά,

σε λίγα χρόνια η καταστροφή θα είναι μαθηματικώς βεβαία και αναμενόμενη. Τα παθήματα των άλλων βιομηχανικών χωρών της Ευρώπης και Αμερικής ας μας γίνουν μαθήματα στον ελληνικό σχεδιασμό ελέγχου εκροών ρύπων όπως το SO₂.

7. Ο ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο υδρολογικός κύκλος, δηλ. ο κύκλος συλλογής, ανακυκλώσεως, καθαρισμού και διανομής του νερού στη βιόσφαιρα είναι ίσως το θεμέλιο και η αφετηρία λειτουργίας του συνόλου των βιοχημικών κύκλων καθώς και του κυκλώματος μεταφοράς και κατανομής των μεταλλικών ουσιών. Η μεταφορά και ανακύκλωση του αζώτου, του άνθρακος, του φωσφόρου, του οξυγόνου, του θειαφιού στις σύνθετες κυρίως μορφές τους (και λιγότερο στη μορφή απλών στοιχείων) γίνεται μέσω του υδρολογικού κύκλου κατά κανόνα. Οι μεγάλοι ταμειυτήρες νερού είναι οι ωκεανοί και οι θάλασσες άνω του 96% του συνόλου του νερού της γης — η βάση της ζωής στον Πλανήτη Γη. Με την επενέργεια της ηλιακής ενέργειας και βαρύτητας έχουμε συνεχή κίνηση νερού (μίξη και υδροδυναμική κυκλοφορία) στους θαλάσσιους χώρους, στον αέρα, στην ξηρά, στο υπέδαφος και στους ζωντανούς φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς μέσω των φυσικών και φυσικοχημικών διαδικασιών της εξατμίσεως, συμπυκνώσεως βροχής και απορροής υετίων, κατακρημνίσεων βροχής, χιόνων, χαλαζιού (Rupoff), στις θάλασσες, ωκεανούς, λίμνες και ποταμούς απ' όπου αρχίζει ξανά ο θαυμαστός και μη διακοπτόμενος υδρολογικός κύκλος με νέα εξάτμιση — συμπύκνωση — βροχή — απορροή βροχής.

Η ηλιακή ενέργεια θερμαίνει το νερό των επιφανειακών στρωμάτων των ωκεανών, λιμνών και ποταμών, εδάφους ως και τις επιφάνειες των φύλλων των δένδρων: Το νερό στη μορφή ατμού εισέρχεται στην ατμόσφαιρα ενώ αφήνει πίσω του διαλελυμένα στοιχεία και χημικά-οργανικά σύμπλοκα και άλατα.

Μια μεγάλη ποσότητα νερού, με τα άλατα και τις χημικές ουσίες που είναι διαλελυμένες στο νερό, διηθούνται στο υπέδαφος και εκεί ύστερα από ποικίλες διαδικασίες «μεταλλαγών» παραλαμβάνονται από τις ρίζες ως κύρια τροφή των φυτών και δένδρων στη δημιουργία των δασών.

Μια μεγάλη ποσότητα νερού, φτάνει ως τους πόρους των φύλλων των δένδρων απ' όπου με την επιρροφή της ηλιακής θερμότητας λαμβάνει χώρα η διαδικασία της διαπνοής (Transpiration) και εν συνεχεία η εξάτμιση στην ατμόσφαιρα. Η πορεία του νερού από το υπέδαφος, τις ρίζες των φυτών και εν συνεχεία της μεταφοράς του στους πόρους των φύλλων και εν συνεχεία στην ατμόσφαιρα συνθέτει ένα φαινόμενο βασικό, του υδρολογικού κύκλου που ορίζουμε ως εξάτμιση-διαπνοή (Evapotranspiration).

Η απορροή των υετίων κατακρημνίσεων σε περιπτώσεις καταιγίδων —όταν δεν μπορούν να απορροφηθούν από το έδαφος και να παροχετευθούν στο υπέδαφος και τους υδροταμειυτήρες του υπεδάφους, που είναι κυρίως οι μυριάδες πόροι δομής του υπεδάφους— σχηματίζουν κατά κανόνα ρεύματα χειμερινής μορφής που αποτελούν μια σοβαρή αιτία αποπλύσεως και διαβρώσεων του εδάφους που μεταφέρει διάφορες οργανικές-χημικές ενώσεις, άλατα και στοιχεία από τον ένα βιοχημικό κύκλο στον άλλο. Σε τούτο ασφαλώς οδηγεί και η κανονική ροή του νερού στην επιφάνεια της γης που συνεπάγεται —σε μεγάλες

χρονικές περιόδους αιώνων— βαθμιαία αποδόμηση-αποσάθρωση βράχων και εδάφους.

Σοβαρό μέρος της υποβαθμίσεως σε παγκόσμια κλίμακα σήμερα της παραγωγικής δυνατότητας (και αποδόσεων) του εδάφους οφείλεται ακριβώς στην διάβρωση και απόπλυση του Humus και των θρεπτικών ουσιών των επιφανειακών στρωμάτων, δηλ. του παραγωγικού εδάφους. Είναι η αρνητική πλευρά των επιπτώσεων του υδρολογικού κύκλου.

Πρέπει εδώ αμέσως να προσθέσουμε την κορυφαία θετική του εισφορά στην κυκλοφορία και κατανομή των στοιχείων, χημικών ενώσεων, συμπλόκων και τροφών μέσω της τροφικής αλυσίδας, στους βιοχημικούς κύκλους, τα οικοσυστήματα και τον άνθρωπο. Βεβαίως ο υδρολογικός κύκλος —το μεγάλο και ζωτικό αυτό «φέρων όχημα» μεταφοράς, κατανομής και ανακυκλώσεως των στοιχείων της ζωής του πλανήτη, το θεμέλιο της παραγωγικής διαδικασίας— επηρεάζεται σοβαρότατα από τους θαλάσσιους και γήινους φωτικούς και ζωικούς οργανισμούς και ακόμη περισσότερο από τον άνθρωπο. Το όλο πολύπλοκο πρόβλημα της θερμοκρασιακής στάθμης των μετεωρολογικών αλλαγών, των εξατμίσεων, της υγρασίας εδάφους και ατμοσφαιράς ήτοι των θεμελιακών δομικών στοιχείων του κλίματος (και μικροκλίματος) έχει άμεση αιτιακή σχέση με τη δομή και διαίτα του υδρολογικού κύκλου μιας περιοχής της Γης.

Η διαπνοή και εξάτμιση π.χ. νερού (στη μορφή υδρατμών) από τους πόρους των φύλλων των δένδρων έχει μια σοβαρή επίπτωση δροσιάς στο μικροκλίμα μιας περιοχής. Χωριστή παρουσία ύδατος —στην όποια δομή υδρολογικού κύκλου— συντελεί στην ερήμωση και το βιολογικό θάνατο της περιοχής.

Η ανθρώπινη ενέργεια με αλόγιστες αφαιρέσεις νερού από υπόγειους ταμιευτήρες για αρδεύσεις και βιομηχανικές ή οικιακές χρήσεις συντελούν στην υποβάθμιση των υπογείων υδάτων, την υφαλμύρωσή τους με την εισροή υδάτων του ωκεανού και την ρύπανση-αλλοίωση του γλυκού νερού με άλατα και ρύπους.

Η ροή ενέργειας και μάζης σε ποικίλα σχήματα μεταλλαγών-μετατοπίσεων στα οικοσυστήματα της Γης γίνεται μέσω των φυσικοχημικών και γεωχημικών κύκλων κατά κανόνα.

Ο κύριος φορέας που τελεί ένα μεγάλο μέρος του έργου αυτής της μεταφοράς και ο στιλοβάτης της παραγωγής, της κυκλοφορίας και κατανομής τροφών και στηρίζεως ατμοσφαιρικής και θερμοκρασιακής ισορροπίας είναι ο υδρολογικός κύκλος.

Το σύνολο σχεδόν των ρυπαντών μεταφέρεται, «διαλύεται», «διαχέεται» και «διασπείρεται» μέσω του υδρολογικού κύκλου. Η σημασία του για τη ζωή και την εξέλιξη της ζωής στα οικοσυστήματα είναι πρώτη και κορυφαία.

8. ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ - ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΩΣ ΘΡΑΥΣΗ ΤΩΝ ΒΙΟΧΗΜΙΚΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΝ

Η ροή ενέργειας και ύλης στα οικοσυστήματα και στη βιόσφαιρα, λαμβάνει χώραν μέσω των βιοχημικών και γεωχημικών κύκλων ως και του υδρολογικού κύκλου. Ο ήλιος, η πηγή ενέργειας που κρατάει και συντηρεί κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη Γη: Η ηλιακή ακτινοβολία θερμαίνει τη Γη και παρέχει ενέργεια που χρησιμοποιείται από τα φυτά για τη σύνθεση των χημικών και οργανικών ουσιών και συμπλόκων που απαιτούνται για την ανάπτυξή τους και χρειάζονται

άμεσα ως τροφή των ζωικών οργανισμών που τρέφονται από τα φυτά και τους καρπούς των φυτών.

Η ηλιακή ακτινοβολία αποτελεί την πηγή που ενεργοποιεί τους βιοχημικούς κύκλους και στηρίζει τα συστήματα του καιρού και τη δομή του κλίματος που κατανέμει τη θερμότητα στα οικοσυστήματα ενώ συντηρεί τους ανέμους και την κίνηση και μίξη του ωκεανού της ατμοσφαιράς και των θαλασσών που ανανεώνει, «διαλύει» και «καθαρίζει» τον αέρα και το νερό από μολύνσεις και θερμική ρύπανση. Η δύναμη που κινεί και συντηρεί τους βιοχημικούς κύκλους είναι η ηλιακή ακτινοβολία.

Η ηλιακή ακτινοβολία —από τη γιγάντια πύρινη σφαίρα του ήλιου που συντίθεται κυρίως από αέρια υδρογόνου και ηλίου και δημιουργεί στο εσωτερικό του θερμοκρασίες 30 εκατομμυρίων βαθμών Fahrenheit κάτω από τεράστιες πιέσεις «συντήξεως» υδρογόνου σε ήλιο— είναι η κινητήρια δύναμη της ζωής στον πλανήτη μας. Περίπου το 34% της ηλιακής ακτινοβολίας από τον ήλιο ανακλάται στο διάστημα από τα σύννεφα, τα χημικά στοιχεία και τα νέφη της ατμοσφαιράς και βεβαίως από την επιφάνεια της Γης. Η εναπομένουσα ηλιακή ακτινοβολία (ήτοι το 66% περίπου) θερμαίνει την επιφάνεια της Γης και την ατμόσφαιρα και έτσι μόνο είναι δυνατή η ζωή, στηρίζει την εξάτμιση και τον υδρολογικό κύκλο, συντηρεί την κίνηση των υδάτων και του αέρος κι ένα μικρό ποσοστό (περίπου 0,025%) προσλαμβάνεται από τα φυτά και χρησιμεύει μέσω της διαδικασίας της φωτοσυνθέσεως στην παραγωγή γλυκόζης και καθαρής χρησιμοποίησιμης χημικής ενέργειας ή τροφής μέσω της τροφικής αλυσίδας.

Γενικά η σπουδή και η έρευνα της ροής ενέργειας και η ανακύκλωση της ύλης μέσα στα μικρά οικοσυστήματα (και επέκτεινα στο οικοσύστημα της φύσεως) οδηγεί στο θεωρητικό συμπέρασμα ότι τίποτε δεν χάνεται, τίποτε δεν συνιστά απόρριμα ή απόβλητο ή λύμα στην υδρόσφαιρα. Ό,τι στην πράξη καλούμε στην υγειονομική ορολογία ως απόβλητο άχρηστο είναι απλώς μια μορφή ύλης και ενέργειας που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη μορφή που μας παρουσιάζεται. Η ισχύς του πρώτου θερμοδυναμικού αξιώματος πως δεν υπάρχει απώλεια ύλης και ενέργειας σε κλειστό σύστημα ισχύει απόλυτα. Όπως ισχύει ασφαλώς και το δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα που είναι μεγαλύτερης, ίσως υπέρτατης πρακτικής αξίας μεταξύ των νόμων της φύσεως,* γιατί εκεί δεν υπάρχουν συμβιβασμοί και ανθρώπινες λαβροχειρίες. Η μεταφορά ενέργειας από μια μορφή (ή στάθμη) σε όποια άλλη γίνεται με την «απώλεια» σε τριβές ή μορφές ενεργείας χαμηλής θερμοκρασίας μη χρησιμοποιήσιμης πρακτικά σ' ένα καθεστώς χαοτικό και αποσταθεροποιητικό (εξ ου και ο όρος απώλειες ενώ θεωρητικώς το σύνολο της ενέργειας παραμένει το ίδιο και πληρεί το πρώτο θερμοδυναμικό αξίωμα.

Στην περίπτωση ακριβώς των οικοσυστημάτων συμβαίνει κάτι σχετικά παρόμοιο: Τα λύματα και απορρίματα του κύκλου (και της ανακυκλώσεως της ύλης) μέσω των τροφών συντηρούν την ίδια ποσότητα ύλης και ενέργειας σε άλλη μορφή μη άμεσα χρησιμοποιήσιμη από τον άνθρωπο.

Τούτο υποδεικνύει δύο σοβαρές επιλογές:

α. Χρήση και επαναχρησιμοποίηση με ανακύκλωση των υλών αυτών άμεσα. Απόρριψη στα οικοσυστήματα αυτού του μεγέθους των φυσικών πόρων και του ύδατος των λυμάτων είναι θέμα οικονομίας μέγιστο. Βεβαίως η φύση και τα οικοσυστήματα θα επαναχρησιμοποιήσουν και θα ανακυκλώσουν τα λύμα-

τα-απορρίματα σε διάρκεια ετών ή αιώνων με τη λειτουργία των βιοχημικών-γεωχημικών κύκλων.

- β. Χρήση και ανακύκλωση με τεχνική και μεθόδευση από την οικολογία και υγειονομική επιστήμη των πόρων των πρώτων υλών των λυμάτων σημαίνει και διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και βιολογικής-γενετικής ποικιλίας που μπορεί ριζικά να ανατραπεί. Είναι η υψίστη (και η μη αντιστρεπτή μορφή βιολογικής αναταραχής και ανατροπής, σοβαρότερη και της πιο σοβαρής μορφής ρυπάνσεως-μολύνσεως. Είναι θέμα προστασίας του περιβάλλοντος και της ζωής των οικοσυστημάτων και του ανθρώπου. Οι βιοχημικοί και γεωχημικοί κύκλοι στηρίζουν την θεωρητική θεμελίωση της ροής (και επανακυκλώσεως) ενέργειας και μάζης. Ανατροπή και θραύση των κύκλων αυτών της ζωής σημαίνει οικολογική-περιβαλλοντική κατάρρευση μη επανορθώσιμη, μια διαδικασία βιβλικής καταστροφής μη αντιστρεπτή που μπορεί να σημαίνει το τέλος της ζωής και του πολιτισμού χωρίς ένα θερμοπυρηνικό κατακλιισμό.

9. ΑΚΡΟΤΕΛΕΥΤΙΟΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- α. Η ροή ενέργειας (από τον ήλιο στη Γη) συνιστά την αρχική ορμή (και δύναμη) που θέτει σε κίνηση τη ροή της ύλης (μάζας) στις ποικίλες συνθέσεις των βασικών της στοιχείων, τις μύριες «μεταλλάξεις» και μεταλλαγές των μορφών της, τη συνεχή ανακύκλωσή της στα οικοσυστήματα της Γης, τους ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς και στον άνθρωπο.
- β. Η ηλιακή ενέργεια είναι η κινητήριος δύναμη στη διαμόρφωση του κλίματος, στη δημιουργία όλων των γήινων ενεργειακών μορφών (άνεμοι, μετεωρολογικές αλλαγές, βροχή, εξάτμιση-συμπύκνωση) και απορροφή υγίων κατακρημνίσεων κ.λπ. για νέα εκκίνηση και αέναη ανακύκλωση της ύλης. Χωρίς τη διαμόρφωση υγιούς κλίματος, τα οικοσυστήματα νεκρώνονται και η παραγωγή μηδενίζεται.
- γ. Οι μηχανισμοί της δυναμικής ισορροπίας της ροής ενέργειας και ύλης (διακινήσεως της ύλης και ανακυκλώσεώς της) είναι οι βιοχημικοί και γεωχημικοί κύκλοι του άνθρακος, του αζώτου, του φωσφόρου, του θείου, του οξυγόνου-υδρογόνου (υδρολογικός κύκλος) και βοηθητικά ο κύκλος των μεταλλικών ουσιών.
- δ. Χωρίς την κορυφαία διαδικασία της φωτοσυνθέσεως —και της παραγωγής χλωροφύλλης— και των άλλων, μορφών ανακυκλώσεως των ταχέως κυρίως βιολογικώς αποδομouμένων συμπλόκων και των βραδέως αποδομouμένων ως ένα βαθμό, η πορεία των οικοσυστημάτων θα ήταν αδύνατη.
- ε. Η ανακύκλωση, η επαναχρησιμοποίηση, η επισκευή και κυρίως η διανομή των απλών και συνθέτων στοιχείων, που οι βιοχημικοί και γεωχημικοί κύκλοι στηρίζουν δυο σοβαρές διαδικασίες στερητικές της δυναμικής ισορροπίας της ζωής θα ελάμβαναν χώρα:
- (i) Σοβαρή ελάττωση —μέχρι μηδενισμού— ως εκ τούτου στέρσηση (και αποπτώχευση) θεμελιακών στοιχείων ζωής σ' ένα ορισμένο χώρο (και χρόνο) οικοσυστήματος (ή συνόλου οικοσυστημάτων) έτσι που η περαιτέρω φυσιολογική-βιοχημική λειτουργία τους να καθίσταται αδύνατη.

(ii) Σοβαρή αύξηση και υπερφόρτωση από θεμελιακά στοιχεία ζωής (άζωτο, φώσφορο, άνθρακα, θειάφι κ.λπ.) ή σύμπλοκα των ως άνω στοιχείων σ' ένα ορισμένο χώρο (και χρόνο) οικοσυστήματος (ή συνόλου οικοσυστημάτων) έτσι που η περαιτέρω φυσιολογική-βιοχημική λειτουργία τους να καθίσταται αδύνατη.

(Στα σύμπλοκα περιλαμβάνονται και μη αποδομήσιμες ενώσεις όπως τα συνθετικά εντομοκτόνα, πλαστικά, αντιβιοτικά, ραδιοϊσότοπα και απορρυπαντικά.

στ. Άμεση συνέπεια μιας τέτοιας εξελίξεως στη λειτουργία του οικοσυστήματος σημαίνει θραύση του «κλειστού κύκλου» ανικυκλώσεως των στοιχείων και τροφών του κυκλώματος στη ζωή. Αυτή τη θραύση του κλειστού κύκλου ονόμασε ο διάσημος βιολόγος-οικολόγος B. Commoner ως μια φοβερή εκτροπή, μια καταστρεπτική οικολογική ανατροπή μη αντιστρεπτή.

ζ. Στην ίδια γραμμή θεωρητικής οικολογικής αναλύσεως κινείται και ο Καθηγητής της Οικολογίας στο Πανεπιστήμιο Cornell, La Mont C. Cole στο δοκίμιό του «Playing Russian Roulette with Biogeochemical Cycles»*. Ο Καθηγητής στο εν λόγω δοκίμιό του υπελόγισε-μελετώντας τον κύκλο του οξυγόνου —βάσει των διαθέσιμων δεδομένων του 1966 πως στις 48 Πολιτείες της Αμερικής, η παραγωγή οξυγόνου από φωτοσύνθεση κυρίως είναι περίπου 60% της απαιτούμενης ποσότητας οξυγόνου για την καύση των υδρογονανθράκων (πετρέλαιο, άνθραξ) (Fossil Fuels) που καίγονται («οξειδώνονται») στον ίδιο χρόνο (αυτοκίνητα, μεταφορά, βιομηχανία). Το έλλειμμα του σοβαρού αυτού μεγέθους οξυγόνου σημαίνει ρύπανση ατμοσφαιρική σοβαρή και θανατηφόρο για περιπτώσεις πνευμονικών (ασθματικών) παθήσεων. Βεβαίως ένα τμήμα του απαιτούμενου οξυγόνου —λόγω του ελλείμματος— καλύπτεται με την ατμοσφαιρική κυκλοφορία (ανέμου) από τις δυο μεγάλες πηγές (ωκεανοί Ειρηνικός και Ατλαντικός, τα τροπικά δάση της Νοτίου Αμερικής και τα άλλα δάση της Σοβιετικής Ενώσεως και ΗΠΑ).

η. Η θραύση των βιοχημικών κύκλων αποτελεί οικολογική διαταραχή με επιπλοκές όχι μόνο στη λειτουργία των οικοσυστημάτων αλλά και στη δημόσια υγεία, το κλίμα. Θραύση των βιοχημικών κύκλων δεν μπορεί εύκολα να επανορθωθεί.

Η επανασύνδεση και επαναλειτουργία των βιοχημικών κύκλων δεν είναι μόνο υπόθεση ορθού υγειονομικού σχεδιασμού (και καθαρισμού λυμάτων) είναι πρόβλημα προγραμματισμού επιβιώσεως και αποτροπής της συντέλειας της ζωής και της ιστορίας.

Θα αποδείξει άραγε ο σημερινός άνθρωπος πως είναι ο HOMO SAPIENS;

ΥΠΟΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

- Ernst Haeckel (1866). Επιφανής Γερμανός βιολόγος και βιοφυσικός του περασμένου αιώνας που επρότεινε τον όρο «Οικολογία» ως ακριβή σύνθεση δύο ελληνικών λέξεων (και όρων με κορυφαία σημασία). «Λόγος» και «Οίκος». Λόγος ειδικότερα εδώ σημαίνει τη σπουδή και έρευνα του «βιοτικού πλαισίου» του «Οίκου» του «στενού» και μαζί ευρύτερου χώρου ζωής φυτικών και ζωικών οργανισμών και ανθρώπου.
- Εκεί ακριβώς έχει οριοθετηθεί και ενταχθεί η έννοια της «Κατοικίας» (Habitat) από την θεμελιακή (και ιστορική για τη δημιουργία του ανθρώπινου πολιτισμού) μεγάλη γεωργική επανάσταση, 12.000 χρόνια προ Χριστού. Η μόνη εγκατάσταση και κατοικία του ανθρώπου των πρώτων χρόνων της προϊστορίας ετεράτισε την περιπλάνηση της νομαδικής διαβίωσης και εδημιούργησε την γεωργική απασχόληση ως κυρία βιοποριστική λειτουργία αντί εκείνης του «κνηγού» και «συλλέκτου τροφών» ενώ συγχρόνως συνετέλεσε στην εξημέρωση των ζώων, ανάπτυξη καλλιιεργειών με διαμόρφωση νέων δομών στον περιβάλλοντα χώρο.
- Ε.Λ. Μπουροδήμου.
- Ο μεγάλος βρετανός φυσικός και αστροφυσικός A.S. Eddington έγραφε πριν 60 περίπου χρόνια: «The second Law of Thermodynamics holds, I think, the sypreme position among laws of nature... If your theory is found to be against the second law of thermodynamics, I can give you no hope».
- La Mont C. Cole «Playing Russian Roulette with Biogeochemical Cycles».
«The Environmental Crisis - Man's Struggle to live with Himself». Edited by H.W. HELFRICH, Jr. Yale University Press, New Haven 1971.



Ὁ Καθηγητὴς Γ. Καραγκούνης ὁμιλῶν ἀπὸ τοῦ βήματος τῆς Ἀκαδημίας Ἀθηνῶν κατὰ τὴν ἐπίσημον ὑποδοχὴν του ὡς τακτικοῦ μέλους τῆς.



Ὁ Καθηγητὴς Γ. Καραγκούνης ἀπὸ τοῦ βήματος τοῦ Ἰδρύματος Εὐγενεΐδη κατὰ τὴν πρὸς τιμὴν του ἐκδήλωση τῶν συνεργατῶν καὶ μαθητῶν του τῆς 24.4.1987.

ΟΠΤΙΚΗ ΣΤΡΟΦΙΚΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑ ΚΑΙ ΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΔΙΧΡΩΪΣΜΟΣ: ΓΕΝΙΚΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

υπό Ιωάννη Μ. Τσαγκάρη
Καθηγητή της Ανόργανης και Γενικής Χημείας στη Σχολή Θετικών Επιστημών του
Παν/μίου Ιωαννίνων

Περίληψη

Σ' αυτό το άρθρο ανασκόπησης αναπτύσσονται οι βασικές αρχές των φαινομένων της οπτικής στροφικής διασποράς και του στροφικού διχρωΪσμού. Τα φαινόμενα αυτά είναι χρήσιμα για τη διερεύνηση της δομής των οπτικώς ενεργών χημικών ενώσεων σε διάλυμα. Συνεπώς η σημασία των φαινομένων αυτών για τη μελέτη της δομής των βιοχημικών συστημάτων είναι μεγάλη. Ιδιαίτερο βάρος δίνεται στο φαινόμενο Cotton, καθώς και στη σχέση του φαινομένου Cotton με την απόλυτη συνδιάταξη οπτικώς ενεργών μορίων. Τονίζεται επίσης η εφαρμογή και η αξία του κανόνα των διπλών ογδών για ανόργανα συστήματα συμμετρίας D_{4h} .

Περιγραφικές λέξεις (λέξεις κλειδιά)

Οπτική στροφική διασπορά, δισύμμετρες ουσίες, στροφικός διχρωΪσμός, φαινόμενο Cotton, στροφική ισχύς, ηλεκτρικώς επιτρεπόμενες ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις, μαγνητικώς επιτρεπόμενες ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις, απόλυτη συνδιάταξη μορίων, χωροδιαχωριστικοί κανόνες, κανόνας διπλών ογδών.

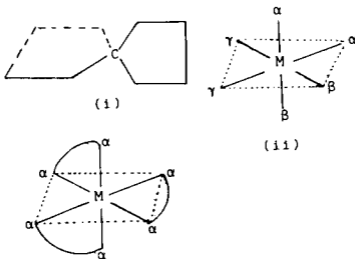
Σκοπός του παρόντος άρθρου είναι η παρουσίαση των φαινομένων της οπτικής στροφικής διασποράς και του στροφικού διχρωΪσμού από μοντέρνα σκοπιά και με όσο το δυνατόν απλό τρόπο, χωρίς πολλές μαθηματικές διατυπώσεις.

Τα φαινόμενα αυτά είναι χρήσιμα φυσικοχημικά εργαλεία για τη διερεύνηση της δομής των χημικών ενώσεων σε διάλυμα, έναντι των κρυσταλλογραφικών μεθόδων με ακτίνες X που είναι χρήσιμες για την εξακρίβωση της δομής στη στερεά κατάσταση. Συνεπώς η σημασία των φαινομένων αυτών για την μελέτη της δομής των βιοχημικών συστημάτων είναι τεράστια, γιατί τα βιοχημικά συστήματα μελετώνται κυρίως σε διαλύματα¹.

Ως συνέχεια του άρθρου αυτού σε προσεχή εκαιρία θα εξεταστούν τα φαινόμενα από την πλευρά της Ανόργανης Χημείας και κυρίως της Χημείας των ενώσεων εντάξεως (Coordination Chemistry). Η εξέταση των φαινομένων από άποψη Οργανικής Χημείας δεν θα αποτελέσει αντικείμενο μελέτης στην παρούσα ανασκόπηση.

1. Εισαγωγή και βασικές έννοιες

Όταν μία ουσία διαλυμένη σε κατάλληλο διαλυτικό μέσο μπορεί να στρέψει το επίπεδο πολώσεως του επιπέδως πολωμένου μονοχρωματικού φωτός, λέμε ότι παρουσιάζει οπτική στροφική ικανότητα. Ορίζουμε ως οπτική στροφική διασπορά (Optical Rotatory Dispersion, ORD) την μεταβολή της οπτικής στροφικής ικανότητας όταν ταυτόχρονα μεταβάλλεται το μήκος κύματος του πολωμένου φωτός που χρησιμοποιείται. Απαραίτητη προϋπόθεση για να υπάρξει οπτική στροφική ικανότητα σε μια ουσία είναι να υφίσταται αυτή ως *δισύμμετρη*. Η δισυμμετρία οφείλεται στην ασυμμετρία του όλου μορίου και δεν είναι εντοπισμένη σε μεμονωμένα άτομα, όπως στη συνηθισμένη περίπτωση του ασύμμετρου ατόμου άνθρακα. Οι περισσότερες όμως από τις δισύμμετρες ουσίες περιέχουν ασύμμετρο άτομο άνθρακα. Άλλες δισύμμετρες ουσίες είναι τα οκταεδρικά χημικά σύμπλοκα, τα σπειράνια, τα αλλένια, οι έλικες των πολυπεπτιδίων και των πρωτεϊνών κ.λπ. Σκελετοί τέτοιων δισυμμέτρων ενώσεων παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

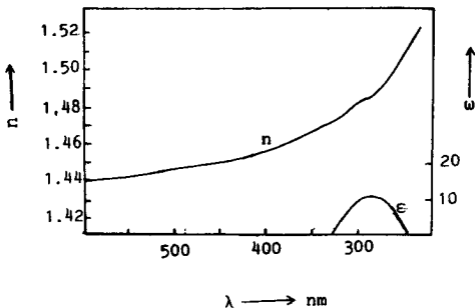


Σχήμα 1:

Μερικά δισύμμετρα μόρια: (α) σπειράνιο, (β) οκταεδρικό σύμπλοκο, και (γ) οκταεδρικό σύμπλοκο με χηλικούς δακτύλιους Μaa.

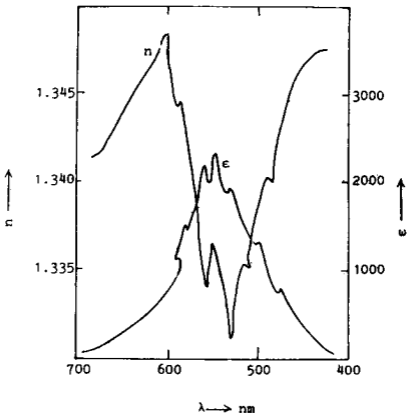
Στο Σχήμα 3 δίνεται η καμπύλη οπτικής διασποράς υδατικού διαλύματος $KMnO_4$ που παρουσιάζει μεγάλη ανωμαλία στην περιοχή 600-400 nm³. Η ανωμαλία αυτή οφείλεται στην ισχυρή απορρόφηση από την ηλεκτρονιακή μετάπτωση από μεταφορά φορτίου (charge transfer electronic transition) του ιόντος MnO_4^- από τροχιακά του οξυγόνου σε κενά τροχιακά του μαγγανίου.

Αντίθετα στην περίπτωση της κυκλοεξανόνης, όπου υπάρχει η ασθενής $n \rightarrow \pi^*$ ηλεκτρονιακή μετάπτωση του καρβονυλίου περίπου στα 285 nm, εμφανίζεται μία μικρή μόνο ανωμαλία στην καμπύλη (Σχήμα 2).



Σχήμα 2:

Καμπύλες οπτικής διασποράς και απορροφήσεως της κυκλοεξανόνης (n = δείκτης διαθλάσεως, ϵ = μοριακή απορροφητικότητα).



Σχήμα 3:

Καμπύλες οπτικής διασποράς και απορροφήσεως υδατικών διαλυμάτων υπερμαγγανικού καλίου.

Ας υποθέσουμε όμως ότι αντί του φυσικού φωτός χρησιμοποιείται πολωμένο φως και ότι η ουσία από την οποία περνάει το πολωμένο φως παρουσιάζει δισυμμετρία. Το άνυσμα του ηλεκτρικού πεδίου E της δέσμης του μονοχρωματικού και γραμμικώς πολωμένου φωτός με συχνότητα ν θεωρείται ως συνισταμένη των ανυσμάτων. E_L και E_R των αριστερά και δεξιά, αντίστοιχα, κυκλικώς πολωμένων κυμάτων του φωτός με συχνότητα επίσης ν . Αν τα ανύσματα E_L και E_R είναι ίσα μεν στο μέγεθος αλλά διαφέρουν στις ταχύτητες διαδόσεώς των, δηλαδή παρουσιάζουν διαφορετικούς δείκτες διαθλάσεως στο μέσο διαδόσεώς των που στην προκειμένη περίπτωση είναι η ασύμμετρη ουσία, τότε το επίπεδο του E θα στραφεί κατά μία γωνία καθώς η μονοχρωματική δέσμη θα περάσει μέσα από την ουσία. Η στροφή αυτή δίνεται από την εξίσωση του Fresnell:

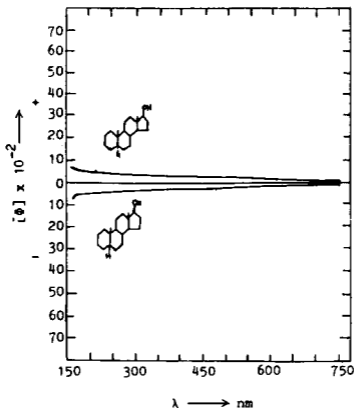
$$\varphi = \frac{\pi}{\lambda} (n_L - n_R) \quad [1]$$

όπου φ η στροφή σε ακτίνια ανά μονάδα μήκους (το μήκος μετρείται στις ίδιες μονάδες που μετρείται το λ), λ το μήκος κύματος στο κενό του προσπίκτοντος

φωτός και n_L , n_R οι δείκτες διαθλάσεως για την αριστερή και δεξιά, αντίστοιχα, συνισταμένη του πολωμένου φωτός.

Επειδή όμως τα μεγέθη n_L και n_R μεταβάλλονται με μεταβολή του μήκους κύματος του χρησιμοποιούμενου φωτός, θα μεταβάλλεται και η στροφή ϕ .

Με αυτό το τρόπο προκύπτουν οι καμπύλες της οπτικής στροφικής διασποράς (Σχήματα 4, 5 και 7).



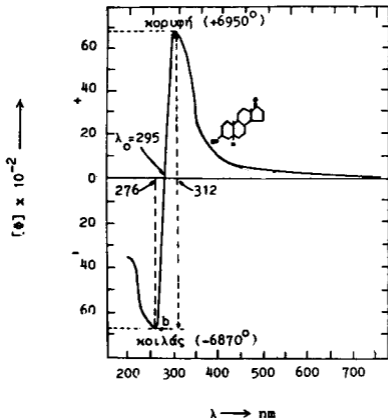
Σχήμα 4:

Απλές καμπύλες οπτικής στροφικής διασποράς.

θετική: 17β-υδροξυ-5α-ανδροστανίο.

αρνητική: 17α-υδροξυ-5α-ανδροστανίο.

Οι καμπύλες του Σχήματος 4 ονομάζονται απλές καμπύλες οπτικής στροφικής διασποράς και αναφέρονται στις ενώσεις 17β-υδροξυ-5α-ανδροστανίο (θετική καμπύλη) και 17α-υδροξυ-5α-ανδροστανίο (αρνητική)⁴. Αντίθετα οι καμπύλες των Σχημάτων 5 και 7 ονομάζονται ανώμαλες.



Σχήμα 5:

Ανώμαλη καμπύλη οπτικής στροφικής διασποράς θετικού φαινομένου Cotton της 3β-υδροξυ-5α-ανδροσταν-17-όνης.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι η ουσία, της οποίας μελετάται η οπτική στροφική διασπορά, απορροφά σε κάποια περιοχή μηκών κύματος του χρησιμοποιούμενου φωτός και ότι τα άνυσμα E_L και E_R απορροφούνται σε διαφορετικό ποσοστό από την ουσία αυτή. Τότε το άνυσμα E δεν δονείται πλέον κατά μήκος μιας γραμμής, αλλά χαράζει μια έλλειψη. Το μέγεθος της ολικής απορροφήσεως μετρείται από την ελλειπτικότητα της ελλείψεως και παριστάνεται με το Θ ως γωνία ελλειπτικότητας. Το Θ προσδιορίζεται από το μέγεθος $\epsilon\Phi$ που αριθμητικώς ισούται με λόγο του μικρού προς το μεγάλο ημιάξονα της ελλείψεως. Η ελλειπτικότητα Θ ανά μονάδα μήκους δίνεται από την εξίσωση:

$$\Theta = \frac{\pi}{\lambda} (k_L - k_R) \quad [2]$$

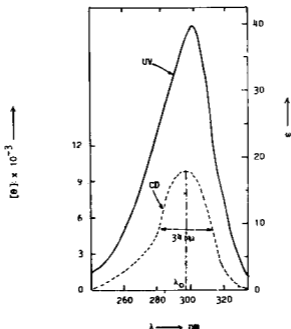
όπου k_L και k_R είναι οι συντελεστές απορροφήσεως για το αριστερά και δεξιά, αντίστοιχα, πολωμένο φως. Η αναλογία του τύπου αυτού με τον τύπο [1] είναι προφανής.

Το παραπάνω φαινόμενο ονομάζεται στροφικός ή περιστροφικός διχρωϊσμός. Στο μέγιστο της διχρωϊκής απορροφήσεως η διαφορά $\epsilon_L - \epsilon_R$, όπου ϵ_L και ϵ_R οι μοριακοί συντελεστές απορροφήσεως για το αριστερά και δεξιά κυκλικώς πολωμένο φως, παριστάνεται με $\Delta\epsilon_{max}$ και δίνεται από την σχέση:

$$\text{Μέγιστη οπτική διχρωϊκή πυκνότητα} = \Delta\epsilon_{max}cl \quad [3],$$

όπου c η συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας σε mol/lit και l το μήκος της ακτίνας που διανύθηκε μέσα στην ουσία σε cm. Το μετρούμενο μέγεθος στις συνηθισμένες μοντέρνες διατάξεις μέτρησης του στροφικού διχρωϊσμού είναι η οπτική πυκνότητα και όχι η ελλειπτικότητα.

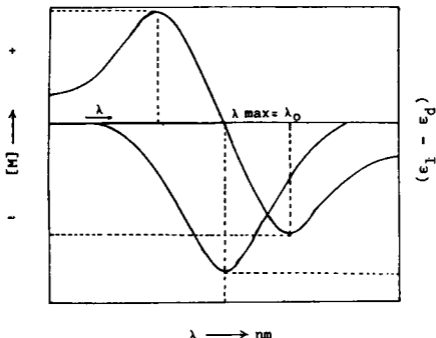
Από όσα αναφέρθηκαν μέχρι τώρα βγαίνει το συμπέρασμα ότι η οπτική διασπορά είναι ειδικό διαφορικό του συντελεστή της απορροφήσεως. Έτσι η διασπορά των δεικτών διαθλάσεως για το κυκλικώς πολωμένο φως n_L και n_R είναι διαφορικό των συντελεστών της απορροφήσεως του κυκλικώς πολωμένου φωτός ϵ_L και ϵ_R αντίστοιχα. Η διαφορά $n_L - n_R$ είναι ανάλογη της οπτικής στροφικής διασποράς. Έτσι η οπτική στροφική διασπορά είναι ειδικό διαφορικό της διαφοράς $\epsilon_L - \epsilon_R$, δηλαδή του στροφικού διχρωϊσμού. Οι ανώμαλες καμπύλες των Σχημάτων 5 και 7 οφείλονται ακριβώς στη διαφορά απορροφήσεως μεταξύ των αντισμάτων E_L και E_R . Η παρατηρούμενη ανωμαλία ονομάζεται φαινόμενο Cotton από το όνομα του Γάλλου φυσικού Aimé Cotton (1872-1944), ο οποίος εξέτασε πρώτος το φαινόμενο σε διαλύματα συμπλόκων του τρυγικού οξέος με $Cu(II)$ και $Cu(III)$ ⁵.



Σχήμα 6:

Καμπύλη στροφικού διχρωϊσμού θετικού φαινομένου Cotton και καμπύλη απορροφήσεως στο υπεριώδες της 3β-υδροξυ-5α-ανδροσταν-17-όνης.

Στα Σχήματα 5 και 7 το σημείο λ_0 είναι το μήκος κύματος που οι καμπύλες στροφικής διασποράς αλλάζουν σημείο. Το σημείο λ_0 είναι επίσης το μήκος κύματος που απορροφά η ουσία και θεωρητικά πρέπει να συμπίπτει με το λ_{max} της καμπύλης απορροφήσεως του στροφικού διχρωϊσμού, όπως φαίνεται στο Σχήμα 6. Συνεπώς όπου υπάρχει είτε απορρόφηση από στροφικό διχρωϊσμό, είτε ανώμαλη οπτική διασπορά, εννοείται ότι υφίσταται το φαινόμενο Cotton. Στο Σχήμα 7 δίνεται μία εξιδανικευμένη περίπτωση όπου υπάρχει τέλεια σύμπτωση του σημείου λ_{max} της διχρωϊκής απορροφήσεως με το σημείο Cotton της οπτικής διασποράς λ_0 . Τα σημεία αυτά σπάνια συμπίπτουν στα πειράματα.



Σχήμα 7:

Καμπύλες που δείχνουν την ιδανική περίπτωση με το ίδιο λ_0 και λ_{max} οπτικής στροφικής διασποράς και στροφικού διχρωϊσμού, σε αρνητικό φαινόμενο Cotton. $\epsilon_1 - \epsilon_2 = \epsilon_L - \epsilon_R = \Delta\epsilon_{max}$.

Το Σχήμα 5 παριστάνει θετικό φαινόμενο Cotton και το Σχήμα 7 αρνητικό. Έχουμε θετικό φαινόμενο Cotton όταν διατρέχοντας μια καμπύλη οπτικής στροφικής διασποράς (από τα μακρά μήκη κύματος προς τα βραχέα) συναντούμε σημείο καμπής θετικότερης στροφής. Αν συναντήσουμε σημείο καμπής αρνητικότερης στροφής έχουμε αρνητικό φαινόμενο Cotton.

Το πρώτο σημείο καμπής στις καμπύλες οπτικής στροφικής διασποράς που συναντούμε όταν κατεβαίνουμε από τα μακρά προς τα βραχέα κύματα ονομάζεται *κορυφή* και το δεύτερο *κοιλιάδα* του φαινομένου Cotton. Η διαφορά της μοριακής στροφής από την κορυφή στην κοιλιάδα ονομάζεται *εύρος* του φαινομένου Cotton και συμβολίζεται με [A]. Το εύρος εκφράζει το μέτρο της εντάσεως του φαινομένου Cotton. Ανάλογα με την τιμή του [A] διακρίνουμε ισχυρά ή ασθενή φαινόμενα Cotton. Στο Σχήμα 5 η απόσταση b ονομάζεται *έκταση* του φαινομένου Cotton.

Στο στροφικό διχρωϊσμό που δείχνεται στο Σχήμα 6, ως τεταγμένη τοποθετείται το μήκος κύματος και ως τετμημένη μπορούμε να έχουμε είτε την διχρωϊκή απορρόφηση είτε την ελλειπτικότητα Θ . Στο Σχήμα 4 οι απλές καμπύλες της οπτικής στροφικής διασποράς θεωρούνται θετικές ή αρνητικές αν τείνουν να γίνουν θετικότερες ή αρνητικότερες, όταν κατεβαίνουν προς τα βραχύτερα μήκη κύματος. Αυτό φανερώνει ότι στα πολύ βραχέα μήκη κύματος θα υπάρξει φαινόμενο Cotton που θα οφείλεται σε κάποια απορρόφηση, λόγω υπάρξεως κάποιου χρωμοφόρου στα μήκη αυτά. Δηλαδή ουσιαστικά και οι απλές καμπύλες οπτικής στροφικής διασποράς είναι στην πραγματικότητα και αυτές ανώμαλες. Η ανωμαλία τους όμως φαίνεται σε πολύ βραχέα μήκη κύματος, όπου τα σύγγρονα όργανα μετρήσεως της οπτικής στροφικής διασποράς δεν μπορούν να φθάσουν.

2. Θεωρία των φαινομένων

Η διασπορά του δείκτη διαθλάσεως σε σχέση με την απορρόφηση και η οπτική στροφική διασπορά σε σχέση με τον στροφικό διχρωϊσμό, έχει αποδειχθεί ότι συνδέονται με αλγεβρική σχέση που βασίζεται στους ολοκληρωτικούς μετασχηματισμούς (integral transforms). Τέτοιοι μετασχηματισμοί συνδέουν δύο παραμέτρους ως προς μία μεταβλητή, έτσι ώστε η μία παράμετρος να είναι ανάλογη προς το πραγματικό μέρος της μεταβλητής και η άλλη προς το φανταστικό. Συνεπώς ο δείκτης διαθλάσεως μιας ουσίας είναι ανάλογος προς το πραγματικό μέρος της πολωσιμότητας της ουσίας και ο συντελεστής απορροφής της προς το φανταστικό μέρος της πολωσιμότητας.

Η σύμπλοκη στροφική ικανότητα Φ της ουσίας θα δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi = \varphi - i\theta \quad [4], \text{ όπου}$$

$$\varphi = \frac{\pi}{\lambda} (n_L - n_R) \quad \text{καί} \quad \theta = \frac{\pi}{\lambda} (k_L - k_R).$$

Η παράσταση φ έχει σχέση με την οπτική στροφική διασπορά και η θ με τον στροφικό διχρωϊσμό.

Οι μετασχηματισμοί αυτοί σχετίζονται μεταξύ τους και υλακούνται στο θεώρημα Kronig-Kramers που εκφράζεται με τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\Phi(\lambda) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \theta(\lambda') \frac{\lambda'}{\lambda^2 - \lambda'^2} d\lambda \quad [5], \text{ και}$$

$$\theta(\lambda) = - \frac{2}{\pi\lambda} \int_0^{\infty} \Phi(\lambda') \frac{\lambda'^2}{\lambda^2 - \lambda'^2} d\lambda \quad [6].$$

Με βάση τις εξισώσεις [5] και [6] μπορούμε να πάρουμε καμπύλες στροφικού διχρωϊσμού αν έχουμε καμπύλες οπτικής στροφικής διασποράς και αντίθετα.

Χρησιμοποιώντας το θεώρημα Kronig - Kramers, οι Moffit και Moscovitz⁶ επεξεργάστηκαν ποσοτική και ακριβή σύνδεση της οπτικής στροφικής διασποράς με τον στροφικό διχρωϊσμό. Αποτέλεσμα αυτών των μαθηματικών επεξεργασιών είναι η παρακάτω σχέση που συνδέει την μοριακή στροφή $[\Phi]$, που παριστάνεται και με $[M]$, με την μοριακή ελλειπτικότητα:

$$[\Phi] = [M] = RC \frac{\lambda_0}{\Delta_0} \left[e^{-y^2} \int_0^y e^{x^2} dx - \frac{\Delta_0}{2(\lambda + \lambda_0)} \right]$$

$$\delta \text{που } y = \frac{\lambda - \lambda_0}{\Delta_0} \quad x^2 \text{ ο } \int$$

Με C παριστάνεται μία αριθμητική σταθερά, λ_0 είναι το μήκος κύματος που έχουμε τη μέγιστη ελλειπτικότητα και Δ_0 το μισό του πλάτους της διχρωϊκής απορροφήσεως. Η ποσότητα R ονομάζεται *στροφική ισχύς* και έχει μεγάλη σημασία στη φυσική ερμηνεία της οπτικής ενεργότητας των δισυμμέτρων ουσιών. Για περιοχές μακράν από την τιμή λ_0 η σχέση [7] παίρνει τη μορφή:

$$[M] = RC \frac{\lambda_0^2}{\lambda^2 - \lambda_0^2} \quad [8]$$

Η εξίσωση αυτή ισχύει μόνο για τις απλές καμπύλες οπτικής στροφικής διασποράς, γιατί $[M] = \pm \infty$ αν $\lambda = \lambda_0$. Για τις περιοχές κοντά στην τιμή λ_0 , αλλά όχι για την τιμή λ_0 , η σχέση [7] παίρνει τη μορφή:

$$[M] = \frac{A_1}{\lambda^2 - \lambda_0^2} + \frac{A_2}{\lambda^2} \quad [9], \quad \text{όπου}$$

A_1 και A_2 είναι σταθερές ανάλογες με την R .

Το φαινόμενο Cotton εμφανίζεται όταν μετράμε το ποσοστό της στροφής του επιπέδου πολώσεως του επιπέδου πολωμένου φωτός, όταν αυτό διέρχεται από μία δισύμμετρη ουσία στην περιοχή των μηκών κύματος που υπάρχει η ταινία απορροφήσεως της ουσίας. Πρέπει όμως πάντοτε να έχουμε υπ' όψη ότι η αναγκαία αλλά όχι και η ικανή συνθήκη, όπως θα εξηγήσουμε παρακάτω, για να εμφανιστεί φαινόμενο Cotton κατά την εξέταση της οπτικής στροφικής ικανότητας μιας ουσίας είναι η ταυτόχρονη ύπαρξη ασυμμετρίας και χρωμοφόρου σ' αυτήν. Χωρίς ασυμμετρία δεν υφίσταται νόημα υπάρξεως οπτικής στροφικής διασποράς, εκτός βέβαια αν εξετάζεται το φαινόμενο Faraday (μαγνητική οπτική στροφική διασπορά και μαγνητικός στροφικός διχρωϊσμός)⁷.

Όπως είναι γνωστό το χρωμοφόρο κέντρο είναι ο χώρος του μοριακού συγκροτήματος της ουσίας όπου πραγματοποιείται η απορρόφηση της φωτεινής ακτινοβολίας. Όλες όμως οι ηλεκτρονικές μεταπτώσεις και σε επέκταση όλα τα χρωμοφόρα, δεν είναι «οπτικώς ενεργά», υποτιθεμένου φυσικά ότι πάντοτε

υπάρχει ασυμμετρία στην ουσία. Σχετικά μεγάλες τιμές για τα μεγέθη $\Delta\epsilon_{\max}$ και $[A]$ αντιστοιχούν μόνο σε ηλεκτρονικές μεταπτώσεις που είναι οπτικά ενεργές. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι μεγάλη τιμή του συντελεστού ϵ_{\max} μιάς απορροφήσεως δεν σημαίνει απαραίτητα ότι και το $\Delta\epsilon_{\max}$ ή το $[A]$ θα είναι εξ ίσου μεγάλος αριθμός.

Για την ερμηνεία όλων των παραπάνω φαινομένων πρέπει να εξηγήσουμε πρώτα τη σημασία της ποσότητας R ως φυσικού μεγέθους. Για την εξήγηση όμως αυτή πρέπει απαραίτητα να υπεισέλθει η κυματομηχανική άποψη της οπτικής ενεργότητας. Παραλείποντας παλιές κβαντομηχανικές ή άλλες θεωρίες⁸, αναφέρουμε ότι πρώτος ο Rosenfeld⁹ ανέπτυξε την πιο σωστή ημικβαντομηχανική θεωρία της οπτικής ενεργότητας και πρότεινε μία εξίσωση που βοήθησε πολύ τους νεότερους ερευνητές. Η εξίσωση του Rosenfeld είναι:

$$[\Phi]_{\lambda} = \frac{96\pi N}{hc} \frac{n_{\lambda}^2 + 2}{3} \sum_i \frac{\lambda_i R_i}{\lambda^2 - \lambda_i^2} \quad [10], \quad \text{όπου}$$

$[\Phi]_{\lambda}$ είναι η μοριακή στροφή της ουσίας για προσπίπτον φως μήκους κύματος λ , N ο αριθμός Avogadro, h η σταθερά Planck, c η ταχύτητα του φωτός και n_{λ} ο δείκτης διαθλάσεως της ουσίας για προσπίπτον φως μήκους κύματος λ . Ο όρος $(n_{\lambda}^2 + 2)/3$ ονομάζεται διόρθωση κατά Lorentz λόγω τοπικού πεδίου λ , είναι το μήκος κύματος της απορροφήσεως της ισοστής ηλεκτρονιακής μεταπτώσεως και R_i η οπτική ισχύς της ισοστής ηλεκτρονιακής μεταπτώσεως. Ο όρος R_i ορίζεται ως το φανταστικό μέρος του βαθμωτού (scalar) γινομένου της ηλεκτρονικής διπολικής ροπής επί την μαγνητική διπολική ροπή, που είναι και οι δύο συσφασμένες με την ηλεκτρονιακή μετάπτωση του οπτικώς ενεργού χρωμοφόρου, και δίνεται από την εξίσωση:

$$R_i = \text{Im}(\epsilon_{oi}, \mu_{io}) = \text{Im} \left\{ \langle \Psi_o | \vec{E} | \Psi_i \rangle \langle \Psi_i | \vec{\mu} | \Psi_o \rangle \right\} [11], \quad \text{όπου}$$

Ψ_o και Ψ_i είναι οι κυματοσυναρτήσεις των καταστάσεων στις οποίες γίνεται η ηλεκτρονική μετάπτωση, δηλαδή της θεμελιώδους ή βασικής (ο) και της διηγερμένης (i), ϵ_{oi} η ηλεκτρική διπολική ροπή και μ_{io} η μαγνητική διπολική ροπή της ηλεκτρονιακής μεταπτώσεως ο - i. Το ϵ είναι ο τελεστής της ηλεκτρικής ροπής που δίνεται από τη σχέση:

$$\vec{\epsilon} = e\vec{r} \quad [12]$$

και $\vec{\mu}$ ο τελεστής της μαγνητικής διπολικής ροπής που δίνεται από την σχέση:

$$\vec{\mu} = \left(-\frac{ie\hbar}{4\pi mc} \right) \frac{d}{d\phi} \quad [13], \quad \text{όπου}$$

e και m είναι το φορτίο και η μάζα του ηλεκτρονίου αντίστοιχα, h η σταθερά Planck, c η ταχύτητα του φωτός, ϕ η γωνία στροφής του επιπέδου πολώσεως γύρω από δοθέντα άξονα και r άνυσμα που δίνει τη θέση του ηλεκτρονίου.

Με χρησιμοποίηση της εξισώσεως [11] και με μία σειρά αυτοσυναρτήσεων

(eigen - functions) μπορεί κανείς να υπολογίσει την οπτική ισχύ. Πλήρεις, όμως, και ακριβείς σειρές αυτοσυναρτήσεων δεν είναι γνωστές για όλα τα μόρια. Συνεπώς η μεθοδολογία αυτή είναι εξαιρετικά δύσκολη, αν όχι αδύνατη. Οι σημερινές κβαντικές θεωρίες για τον υπολογισμό της οπτικής στροφής στηρίζονται σε διαφορετικά πρότυπα ή μοντέλλα. Σ' αυτά εφαρμόζονται οι ουσιώδεις αυτοσυναρτήσεις, όσο το δυνατό με αυστηρότερο τρόπο (χωρίς πολλές προσεγγίσεις), για να υπολογιστεί η στροφική ικανότητα ή η οπτική ισχύς.

Από τα πιο επιτυχή πρότυπα είναι αυτό που πρότειναν οι Condon, Altar και Eyring¹⁰. Κατά το πρότυπο αυτό το ασύμμετρο μόριο διαιρείται σ' ένα αριθμό συμμετρικών ομάδων. Η παρατηρούμενη στροφική ισχύς λόγω της ασυμμετρίας του όλου μορίου που εντοπίζεται εμφανιζόμενη στην ηλεκτρονιακή μετάπτωση του χρωμοφόρου, το οποίο είναι μέρος των συμμετρικών ομάδων προέρχεται από ένα στατικό ασύμμετρο παρενοχλόν (perturbing) πεδίο που ανήκει σε όλο το μόριο. Στο πρότυπο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα κατάλληλα τροχιακά για να υπολογιστούν τα στοιχεία της μήτρας της εξίσωσης του Rosenfeld. Για τις ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις του χρωμοφόρου χρησιμοποιήθηκε ένα μόνο ηλεκτρόνιο στους υπολογισμούς και γι' αυτό η θεωρία είναι γνωστή ως θεωρία του ενός ηλεκτρονίου (one-electron theory). Η θεωρία αυτή τελειοποιήθηκε με πιο ακριβείς και σύγχρονες μελέτες^{11, 12}.

Το άνωσμα $\vec{\epsilon}$ που παριστάνει τον τελεστή της ηλεκτρικής διπολικής ροπής μετασχηματίζεται (transforms) ως μεταφορά T και το $\vec{\mu}$ που παριστάνει τον τελεστή της μαγνητικής διπολικής ροπής μετασχηματίζεται ως περιστροφή R . Ο μετασχηματισμός γίνεται κάτω από την ομάδα συμμετρίας στην οποία ανήκει το χρωμοφόρο του μορίου, όπου γίνεται η ηλεκτρονιακή μετάπτωση $o - i$. Δηλαδή η οπτική ισχύς μιας ηλεκτρονιακής μεταπτώσεως οφείλεται στην ταυτόχρονη ύπαρξη ηλεκτρικής και μαγνητικής διπολικής ροπής για τη μετάπτωση αυτή. Επειδή όμως η μαγνητική διπολική ροπή είναι *αξονικό άνωσμα* (axial vector) και η ηλεκτρική διπολική ροπή *πολικό άνωσμα* (polar vector) ο συνδυασμός τους δίνει *ψευδοβαθμωτό μέγεθος* (pseudoscalar) ή έλικα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται η στροφική ικανότητα γιατί οι έλικες και τα ψευδοβαθμωτά μεγέθη είναι πάντοτε *εναντιόμορφα*. Αν βέβαια το θεωρούμενο μόριο έχει επίπεδο ή κέντρο συμμετρίας, το γινόμενο που δίνει την οπτική ισχύ R , στην εξίσωση $[I]$ είναι μηδέν και έτσι δεν παρατηρείται οπτική ικανότητα. Επίσης το R , εξαφανίζεται όταν τα $\vec{\epsilon}$ και $\vec{\mu}$ σχηματίζουν γωνία 90° .

Μια ηλεκτρονική μετάπτωση ονομάζεται *ηλεκτρικώς επιτρεπόμενη* ή *επιτρεπόμενη ηλεκτρικού διπόλου* (electric dipole allowed) λόγω συμμετρίας, όταν το ευθύ ή αριθμητικό γινόμενο των κυματοσυναρτήσεων των καταστάσεων o και i (θεμελιώδους και ισοτής διηγευμένης) της ηλεκτρονιακής μεταπτώσεως περιέχει *αναπαραστάσεις* (representations) των συντεταγμένων x, y, z .

Μια ηλεκτρονική μετάπτωση ονομάζεται *μαγνητικώς επιτρεπόμενη* ή *επιτρεπόμενη μαγνητικού διπόλου* (magnetic dipole allowed) λόγω συμμετρίας όταν το ευθύ ή αριθμητικό γινόμενο των κυματοσυναρτήσεων των καταστάσεων o και i της ηλεκτρονιακής μεταπτώσεως περιέχει *αναπαραστάσεις* του τελεστή της μαγνητικής ροπής, δηλαδή περιστροφή R .

Οι παραπάνω δύο κανόνες επιλογής βασίζονται μόνο στη συμμετρία του χρωμοφόρου.

Όταν γίνεται εφαρμογή των παραπάνω κανόνων επιλογής, είναι δυνατόν μία ηλεκτρονική μετάπτωση να είναι ηλεκτρικώς επιτρεπόμενη (γεγονός που γίνεται φανερό από τη μεγάλη τιμή του συντελεστή απορροφήσεως ϵ) και μαγνητικώς απαγορευμένη, οπότε υπάρχει πολύ μικρή τιμή του εύρους $[A]$ της οπτικής στροφικής διασποράς ή του $\Delta\epsilon_{\text{max}}$ ή ακόμα και τα δύο αυτά μεγέθη να έχουν μηδενική τιμή (ανυπαρξία φαινομένου Cotton). Τέτοιες ηλεκτρονικές μεταπτώσεις δεν έχουν μεγάλη σημασία για την εξέταση της οπτικής ενεργότητας δισυμμέτρων μορίων.

Είναι δυνατόν όμως μία ηλεκτρονική μετάπτωση να είναι ηλεκτρικώς απαγορευμένη και μαγνητικώς επιτρεπόμενη. Τέτοιες ηλεκτρονικές μεταπτώσεις είναι πολύ χρήσιμες για τη μελέτη της οπτικής ενεργότητας δισυμμέτρων ουσιών, όπως θα δούμε παρακάτω. Επίσης ηλεκτρονικές μεταπτώσεις που είναι μαζί ηλεκτρικώς και μαγνητικώς επιτρεπόμενες έχουν αρκετή σημασία στη μελέτη των δισυμμέτρων ουσιών.

Οι ηλεκτρονικές μεταπτώσεις διαφόρων χρωμοφόρων, που είναι χρήσιμες για τη μελέτη της οπτικής στροφικής ικανότητας των δισυμμέτρων ουσιών ανήκουν στις κατηγορίες $\pi - \pi^*$, $n - \pi^*$, μεταφοράς φορτίου και $d - d$. Από αυτές οι $\pi - \pi^*$ και μεταφοράς φορτίου είναι ηλεκτρικώς επιτρεπόμενες, ενώ οι $n - \pi^*$ και $d - d$ είναι ηλεκτρικώς απαγορευμένες.

Η αρχή του Laporte απαγορεύει τις ηλεκτρονικές μεταπτώσεις μεταξύ δύο «gerade» ή δύο «ungerade» καταστάσεων. Συνεπώς οι $d - d$ ηλεκτρονικές μεταπτώσεις θα πρέπει να είναι απαγορευμένες. Οι ταινίες απορροφήσεως που παρατηρούνται για τις μεταπτώσεις αυτές οφείλονται, στα πλαίσια τουλάχιστον της Θεωρίας του Κρυσταλλικού Πεδίου, στη *σύζευξη δονήσεως* (vibronic coupling)¹³. Στη σύζευξη αυτή γίνεται συνδυασμός των κυματοσυναρτήσεων δονήσεως και των ηλεκτρονικών κυματοσυναρτήσεων Ψ_{el} , Ψ_{vib} οπότε το γινόμενο που θα εκφράσει την ηλεκτρονική μετάπτωση $\Psi_1 - \Psi_2$ θα είναι διάφορο του μηδενός.

$$\Gamma_{1\text{vib}} \cdot \Gamma_r \cdot \Gamma_{2\text{vib}} \neq 0 \quad \text{ή} \quad \langle \Psi_{1\text{vib}} | \vec{r} | \Psi_{2\text{vib}} \rangle \neq 0 \quad [14]$$

και η μετάπτωση αυτή να είναι δυνατή. Έτσι οι $d - d$ ηλεκτρονικές μεταπτώσεις παρουσιάζουν σχετικώς ασθενείς ταινίες απορροφήσεως στο ορατό και το κοντινό υπεριώδες.

Οι $n - \pi^*$ είναι μαγνητικώς επιτρεπόμενες ηλεκτρονικές μεταπτώσεις. Ανάλογα με τη μοριακή συμμετρία ή τη μικροσυμμετρία του χρωμοφόρου είναι μαγνητικώς επιτρεπόμενες και οι $\pi - \pi^*$, μεταφοράς φορτίου και $d - d$.

Οι ηλεκτρονικές μεταπτώσεις $n - \pi^*$ και $d - d$, λόγω της χαμηλής τους έντασης, είναι αρκετά εύκολο να μελετηθούν με τις σύγχρονες πειραματικές διατάξεις μετρήσεως της οπτικής στροφικής διασποράς και ιδίως του στροφικού διχρωϊσμού, στις οποίες φαινόμενα Cotton που αντιστοιχούν σε χρωμοφόρα με απορροφήσεις εντάσεως επιφέρουν πειραματικές δυσκολίες.

Διάκριση μεταξύ μαγνητικώς επιτρεπόμενης και μαγνητικώς απαγορευμένης ηλεκτρονικής μεταπτώσεως μπορεί να γίνει με τη βοήθεια μετρήσεων στροφικού διχρωϊσμού και απορροφήσεως σε χημικές ενώσεις ύστερα από θεώρηση του *όρου δισυμμετρίας* που εισήγαγε ο Kuhn¹⁴ σύμφωνα με την εξίσωση:

$$g = \frac{|\Delta\epsilon_{\max}|}{\epsilon} \quad [15].$$

Μαγνητικώς επιτρεπόμενες ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις έχουν όρο δισυμμετρίας $g > 0,01$. Μεταπτώσεις με $g < 0,01$ θεωρούνται μαγνητικώς απαγορευμένες¹⁵.

3. Σχέση φαινομένου Cotton και χωροδιάταξης μορίων. Χωροδιαχωριστικοί κανόνες (Sector rules)

Για τους λόγους που ήδη αναφέρθηκαν οι ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις $n - \pi^*$ και $d - d$ είναι οι περισσότερο ελκυστικές στη μελέτη των διαφόρων περιπτώσεων του φαινομένου Cotton τόσο με την τεχνική της Ο.Σ.Δ. (οπτικής στροφικής διασποράς), όσο και του Σ.Δ. (στροφικού διχρωϊσμού). Επιπλέον τα μήκη κύματος των μεταπτώσεων αυτών βρίσκονται στις περιοχές του ορατού και του κοντινού υπεριώδους που καλύπτονται εύκολα με τα σύγχρονα όργανα Ο.Σ.Δ. ή Σ.Δ.

Οι $n - \pi^*$ ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις είναι κυρίως οι μεταπτώσεις του καρβονυλίου στην περιοχή 280-320 nm. Οι $d - d$ μεταπτώσεις αναφέρονται στις απορροφήσεις στο ορατό των συμπλοκών των ιόντων των στοιχείων μεταπτώσεως και των τριών σειρών με ηλεκτρονιακή απεικόνιση nd^1 , όπου $n = 3-5$ ($n =$ πρωτεύων κβαντικός αριθμός) και $x = 1-9$ ηλεκτρόνια.

Συνεπώς δισύμμετρες ουσίες με τις παραπάνω ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις είναι επιδεκτικές μελέτης του φαινομένου Cotton. Η μελέτη αποσκοπεί στην εξέταση των ηλεκτρονιακών μεταπτώσεων είτε από απόψεως προσδιορισμού (assignment) των μεταπτώσεων αυτών είτε από απόψεως εξακρίβωσης της διαμορφώσεως (conformation) και της χωροδιάταξης των ενώσεων. Στη σπουδαιότητα ακριβώς της δευτέρας απόψεως στην οποία υπεισέρχεται ως κριτήριο το πρόσημο (σημείο) του φαινομένου Cotton αναφέρεται το παρακάτω μέρος του άρθρου.

Ο Djerassi¹⁶ σε μια σειρά εργασιών που χαρακτηρίζονται κλασσικές στο είδος τους, έδειξε ότι το σημείο, αλλά και το σχήμα (profile της καμπύλης) των φαινομένων Cotton των καμπυλών οπτικής στροφικής διασποράς αντανακλά το σχήμα του μορίου σε διάλυμα μαζί με την απόλυτη συνδιάταξή του (absolute configuration)¹⁷. Το χρωμοφόρο που μελετήθηκε ήταν το καρβονύλιο σε μία σειρά οπτικών ενεργών κετονών^{16, 18, 19} και κυκλικών παραγώγων κετονών διαφόρων φυσικών προϊόντων (κυρίως τερπενίων και στερεοειδών^{20, 21}). Για τη συσχέτιση του σημείου Cotton και της χωροδιάταξης του οργανικού μορίου που περιέχει το καρβονύλιο (και που συμπίπτει με την απόλυτη συνδιάταξή του) χρησιμοποιήθηκε, κυρίως από τον Djerassi, ο κανόνας των ογδόων (octant rule). Ο κανόνας αυτός εισήχθη από τον Eyring και τους συνεργάτες του^{16, 22}, αλλά εξηγήθηκε και αναπτύχθηκε από τους Moffit, Moscovitz και Djerassi²³. Παρακάτω εξηγούμε τον κανόνα με βάση το Σχήμα 8.

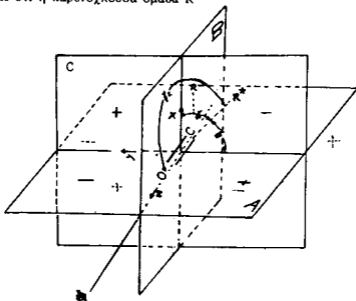
Το επίπεδο A περιέχει την κετονομάδα κάποιας οργανικής ενώσεως, της οποίας θέλουμε να μελετήσουμε τη χωροδιάταξη. Το επίπεδο αυτό πρέπει επίσης να περιέχει και τα δύο άτομα άνθρακα της ενώσεως που είναι απ' ευθείας ενωμένα με την κετονομάδα. Το κάτω επίπεδο B περιέχει τον άξονα που συνδέει τον άνθρακα με το οξυγόνο του καρβονυλίου. Το τρίτο επίπεδο C κόβει το δεσμό $C = O$ στο μέσο της αποστάσεως άνθρακα - οξυγόνου. Τα τρία αυτά επίπεδα είναι

ουσιαστικώς μηδενικά επίπεδα (modal planes) η καλύτερα τα επίπεδα συμμετρίας των τροχιακών που συνδέονται άμεσα με την ηλεκτρονιακή μετάπτωση $n - \pi^*$ του καρβονυλίου. Με τον τρόπο αυτό σχηματίζονται οκτώ περιοχές του χώρου γύρω από το χρωμοφόρο. Στους χώρους αυτούς δίνονται σημεία (πρόσημα), όπως σημειώνεται στο Σχήμα 8. Όταν ο παρατηρητής βλέπει το O του καρβονυλίου, η δεξιά σ' αυτόν περιοχή αποκτά σημείο +. Ένας υποκαταστάτης R^* που ενεργεί ως παρενοχλούσα ομάδα (perturbing group) στο χρωμοφόρο, δηλαδή στην προκειμένη περίπτωση ως ομάδα που συνδέεται απευθείας με το ασύμμετρο άτομο άνθρακα, και βρίσκεται σ' έναν από τους οκτώ χώρους γύρω από το καρβονύλιο προσδίδει το αντίστοιχο πρόσημο στο φαινόμενο Cotton. Αν όμως, αντίθετα, το σημείο Cotton που βρίσκεται πειραματικά δεν συμφωνεί (είναι δηλαδή αντίθετο του προβλεπόμενου), τότε πρέπει αναγκαστικά να γίνει αλλαγή της θεωρούμενης συνδιάταξης ή και της διαμορφώσεως του μορίου ώστε η παρενοχλούσα ομάδα να βρεθεί σε χωρομήμη του ίδιου σημείου. Η χωροδιάταξη αυτή είναι και η απόλυτη συνδιάταξη του μορίου σε διάλυμα.

Οι Kauzman, Walter και Eyring¹¹ υπολόγισαν τη στρωφική ισχύ για το καρβονύλιο από τη σχέση:

$$R_j = -\sum \gamma_{jx} \gamma_{jy} \gamma_{jz} D_j \quad [16]$$

Στη σχέση αυτή ο όρος γ αναφέρεται στα συνημίτονα της κατευθύνσεως του ανύσματος που συνδέει το οξυγόνο του καρβονυλίου με την παρενοχλούσα ομάδα R^* , ενώ D είναι μία συνάρτηση που συνδέει την ομάδα R^* και το χρωμοφόρο και μεταβάλλεται με την μεταξύ τους απόσταση σύμφωνα με τις καμπύλες του Σχήματος 9. Για αποστάσεις μεγαλύτερες των 5 \AA η συνάρτηση D μηδενίζεται, οπότε λέμε ότι η παρενοχλούσα ομάδα R^*

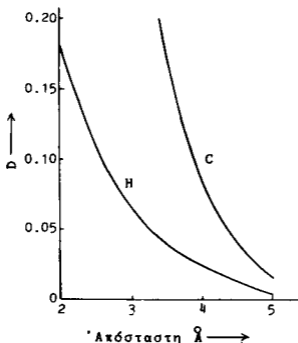


Σχήμα 8:

Σχηματική παράσταση που δείχνει τον κανόνα των ογδών στην $n - \pi^*$ ηλεκτρονιακή μετάπτωση του καρβονυλίου.

είναι αρκετά μακρυνά και δεν επηρεάζει το χρωμοφόρο. Αν η παρενοχλούσα ομάδα R^* βρίσκεται σε χωροτήμα αρνητικού σημείου, όπως έχουν τοποθετηθεί οι άξονες στο σχήμα 8, το γ_1 θα έχει θετική τιμή, ενώ τα γ_2 και γ_3 αρνητικές, οπότε το R_i θα έχει αρνητική τιμή.

Ο κανόνας των ογδών, παρά τη μεγάλη επιτυχία που είχε στην εξήγηση διαμορφώσεων και γενικότερα της χωροδιάταξης των οργανικών μορίων, εφαρμοζόμενος στα σύμπλοκα οποιασδήποτε γεωμετρίας για την εξήγηση της απόλυτης συνδιάταξής τους, δεν είχε την αναμενόμενη επιτυχία²⁴.

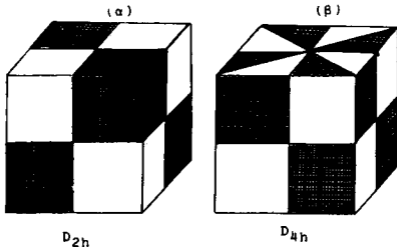


Σχήμα 9:

Γραφική παράσταση της συνάρτησης D του Eyring για άτομα C και H ως προς τη μεταβολή της απόστασης παρενοχλούσας ομάδας και του χρωμοφόρου.

Ο κανόνας των ογδών έχει μαθηματική βάση, γιατί παριστά την αναπαράσταση της ψευδοβαθμωτής συνάρτησης της στροφικής ισχύος για την ομάδα συμμετρίας D_{2h} , όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 10α.

Τέτοιου είδους γεωμετρικές ερμηνείες για τη στροφική ισχύ έδωσε πρώτος ο Schellman²⁵ χρησιμοποιώντας ψευδοβαθμωτές συναρτήσεις για τη στροφική ισχύ, που ισχύουν για κάθε ομάδα συμμετρίας και απεικονίζοντας γεωμετρικά τις συναρτήσεις αυτές. Κάθε τέτοια σχηματική παράσταση παριστάνει ουσιαστικά τους γεωμετρικούς τόπους, όπου η ψευδοβαθμωτή συνάρτηση αλλάζει σημείο.



Σχήμα 10:

Σχηματική παράσταση της ψευδοοκταεδρικής συναρτήσεως για τις ομάδες σημείων D_{2h} και D_{4h} . Λευκές και μαύρες περιοχές έχουν αντίθετο πρόσημο.

Στηριζόμενοι στις απόψεις του Schellman, οι Martin, Tsangaris και Chang²⁶ πρότειναν ένα νέο κανόνα ποιό γενικό από τον κανόνα των ογδών που ισχύει για την ομάδα συμμετρίας D_{4h} και έδωσαν για την αναπαράσταση της αντίστοιχης ψευδοοκταεδρικής συνάρτησης την εικόνα που δείχνει το Σχήμα 10β. Ο κανόνας αυτός μπορεί να εφαρμοστεί στα τετραγωνικά σύμπλοκα των στοιχείων μεταπτώσεως με οπτικώς ενεργούς περιφερειακούς υποκαταστάτες (ligands) των οποίων η συμμετρία πλησιάζει τη D_{4h} . Ο κανόνας ονομάστηκε κανόνας των διπλών ογδών (double octant) ή κανόνας των δεκάτων έκτων (hexadecadal ή hexadecant rule). Ο κανόνας των διπλών ογδών ελέγχθηκε και από άλλες ερευνητές^{27, 28}, έχει δε πλέον καθιερωθεί ως παραδεδομένος κανόνας για την εξήγηση των σημείων Cotton στα επίπεδα τετραγωνικά σύμπλοκα^{17, 29}. Με τον κανόνα αυτό μπορούν να εξηγηθούν τα σημεία Cotton στο ορατό των συμπλόκων του $Cu(II)$ ³⁰, $Ni(II)$ ³¹ και $Pd(II)$ ³² με αμινοξέα και πεπτιδία.

Δίνουμε ένα παράδειγμα εφαρμογής του κανόνα των δεκάτων έκτων. Στον Πίνακα I παρατηρούμε ότι τα σύμπλοκα του $Cu(II)$ με τα τριπεπτιδία L-leu-gly-gly, gly-L-leu-gly και gly-gly-L-leu παρουσιάζουν όλα αρνητικό σημείο Cotton στο ορατό (γύρω στα 560 nm), δηλαδή στην περιοχή των d - d ηλεκτρονιακών μεταπτώσεων του $Cu(II)$. Όταν όμως προστεθούν οι τιμές $\Delta\epsilon_{max}$ που αντιστοιχούν στο καθένα από τα σύμπλοκα αυτά προκύπτει τιμή -1,85 που πλησιάζει με μεγάλη προσέγγιση την τιμή -1,92 που βρίσκεται πειραματικά για το σύμπλοκο του $Cu(II)$ με το τριπεπτιδίο L-leu-L-leu-L-leu. Η ταυτότητα του σημείου Cotton για όλα τα παραπάνω σύμπλοκα, καθώς και η προσθετικότητα του $\Delta\epsilon_{max}$ δεν μπορούν να εξηγηθούν με τον κανόνα των ογδών. Ο κανόνας των δεκάτων έκτων εξηγεί τόσο το αρνητικό σημείο, όσο και την προσθετικότητα του $\Delta\epsilon_{max}$ στα σύμπλοκα αυτά για την ηλεκτρονιακή μετάπτωση που αντιπροσωπεύει. Πράγματι, όπως φαίνεται στο Σχήμα 11, η παρενοχλούσα ομάδα

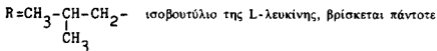
Πίνακας I

Στροφικός διχρωϊσμός συμπλόκων του Cu(II) με τριπεπτιδίο στο ορατό.

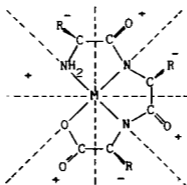
Σύμπλοκο ^a	$\Delta\epsilon_{\text{obs}}$ στα 560 nm ^b
(L-leu-gly-gly) Cu	-0,20
(gly-L-leu-gly) Cu	-0,89
(gly-gly-L-leu) Cu	-0,76
(L-leu-L-leu-L-leu) Cu	-1,92

^aL-leu = L-λευκίνη, gly = γλυκίνη. Τα σύμπλοκα είναι αποκρυστατωμένα (βλ. Σχήμα 11).

^bΠρόκειται για την $d_{x^2-y^2} - d_{z^2}$ ηλεκτρονιακή μετάπτωση στην περίπτωση του Cu(II) δηλαδή την $B_{1g} - B_{2g}$ σε συμμετρία D_{4h} .



σε χωρομήμα δεκάτου έκτου με πρόσημο πάντοτε αρνητικό



Σχήμα 11:

Δομή τριχηλικού συμπλόκου τριπεπτιδίου με Cu(II). Σημεία (πρόσημα) του επάνω ήμισυ του σχήματος 10β όταν τοποθετηθεί το σύμπλοκο όπως ορίζει ο κανόνας των διπλών ογδών. Η παρενοχλούσα ομάδα R βρίσκεται πάντοτε σε χωρομήμα αρνητικού σημείου.

Διάφορες γενικεύσεις στον κανόνα των διπλών ογδών σε θεωρητική βάση έχουν προταθεί από τους Richardson³³ και Mason³⁴. Εκτός από τον καθιερωμένο κανόνα των διπλών ογδών προτάθηκε αργότερα από τον Nordén³⁵ και άλλος όμοιος χωροδιαχωριστικός κανόνας για ψευδοβαθμωτή συνάρτηση συντεταγμένων στη συμμετρία O_h , που εφαρμόζεται όμως σε σύμπλοκα της μορφής $[Co(NH_3)_6]^{3+} + L$, όπου το κέντρο ασυμμετρίας προέρχεται από οπτικώς ενεργό ανιόν L στην εξωτερική σφαίρα του συμπλόκου. Το χρωμοφόρο είναι CoN_6 με οκταεδρική συμμετρία και το φαινόμενο Cotton παρατηρείται πάλι στη $d-d$ περιοχή. Η παρενοχλούσα όμως ομάδα δεν ανήκει στην εσωτερική σφαίρα του συμπλόκου.

Θεωρώ υποχρέωσή μου να ευχαριστήσω τον επίκουρο καθηγητή κ. Σ.Π. Πετρελάκη για την ανάγνωση του χειρογράφου και τις παρατηρήσεις του.

Summary

The basic principles of the optical rotatory dispersion (ORD) and circular dichroism (CD) are exposed. These properties of disymmetric compounds are very useful for the elucidation of their structure in solution. However, the significance of CD and ORD for the study of biochemical systems is of great importance, since biochemical systems are mainly studied in solution. In the present review article the Cotton effect is mainly studied in relation to the absolute configuration of the optically active molecules.

Emphasis is given to the explanation and value of the double octant rule for inorganic systems of D_{4h} symmetry.

Key words

Optical Rotatory Dispersion, Disymmetric Substances, Circular Dichroism, Cotton Effect, Rotatory Power, Electric Dipole Allowed Electronic Transitions, Magnetic Dipole Allowed Electronic Transitions, Absolute Configuration of the Molecules, Sector rules, Double Octant Rule.

English title

Optical Rotatory Dispersion and Circular Dichroism.
Generalities and Basic Principles.

Address

Laboratory of Inorganic and General Chemistry, Department of Chemistry,
University of Ioannina, Ioannina, Greece.

Βιβλιογραφία

1. Martin R.B., Introduction to Biophysical Chemistry, McGraw-Hill, New York 1964.
2. Allsop, C.B., Proc. Roy. Soc. (London) **A146**, 300 (1934).
3. Taylor, A.M. and Glover, A.M., J. Opt. Soc. Am. **23**, 206 (1933).
4. Grabbé, P., «Optical Activity, Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis», Vol. 2, p. 741, Wiley, New York, 1966.
5. Cotton, A., C.R. **120**, 989, 1064 (1895); Ann. Chim. Phys. **V118**, 347 (1896).
6. Moffit, W. and Moscovitz, A., J. Chem. Phys. **30**, 648 (1959).
7. McCaffrey, A.J., «Essays in Chemistry», Vol. 7, p. 14, Acad. Press, London, 1977.
8. Lowry, T.M., «Optical Rotatory Power», Dover Publ., New York, 1964.
9. Rosenfeld, L.R., Zeit. Phys. **52**, 161 (1928).
10. Condon, E.V., Altar, W. and Eyring, H., J. Chem. Phys. **5**, 753 (1937).
11. Kanzman, W.J., Walter, J.E. and Eyring, H., Chem. Rev. **26**, 339 (1940).
12. Eyring, H., Liu, H.C. and Caldwell, D., Chem. Rev. **68**, 325 (1968).
13. Ballhausen, C.J., «Introduction to Ligand Field Theory», p. 186, McGraw-Hill, New York, 1962.
14. Kuhn, W., Trans. Farad. Soc. **26**, 293 (1930).
15. Mason, S.F., Proc. Soc., 137 (1962).
16. Djerassi, C., «Optical Rotatory Dispersion. Applications to Organic Chemistry», McGraw-Hill, New York, 1960.
17. Hawkins, C.J., «Absolute Configuration of Metal Complexes», pp. 1, 195, Wiley-Interscience, New York, 1971.
18. Crabbé, P., «Optical Rotatory Dispersion and Circular Dichroism in Organic Chemistry», Holden-Day Inc., San Francisco, 1965.
19. Robinson, M.J.T., Chem. Ind. (London), 932 (1964).
20. Klyne, W., «Optical Rotatory Dispersion and the Study of Organic Structures», in Advances in Organic Chemistry, Vol. 1, pp. 239-348, Interscience Publ., New York, 1960.
21. Ourisson, G., Grabbé, P. and Rodig, O.P., «Tetracyclic Terpenes», Herman, Paris, 1964.
22. Jones, L.L. and Eyring, H., J. Chem. Educ. **38**, 601 (1961).
23. Moffit, W., Woodward, R.B., Moscovitz, A., Klyne, W. and Djerassi, C., J. Am. Chem. Soc. **83**, 4013 (1961).
24. Hawkins, C.W. and Larsen, E., Acta Chem. Scand. **10**, 185 (1965).
25. Schellman, J.A., J. Chem. Phys. **44**, 55 (1966).
26. Martin, R.B., Tsangaris, J.M. and Chang, J.W., J. Am. Chem. Soc. **90**, 821 (1968).
27. Mason, S.F., Chem. Comm., 856 (1969).
28. Gillard, R.D., Laurie, S.H. and Hgo, R., J. Inorg. Nucl. Chem. **33**, 997 (1971).
29. Saito, Y., «Inorganic Molecular Disymmetry», pp. 149, 150, Springer-Verlag, Berlin, 1979.
30. Tsangaris, J.M. and Martin, R.B., J. Am. Chem. Soc. **92**, 4255 (1970).
31. Chang, J.W. and Martin, R.B., J. Phys. Chem. **73**, 4277 (1969).
32. Wilson, E.W. and Martin, R.B., Inorg. Chem. **9**, 528 (1970).
33. Richardson, F.S., J. Phys. Chem. **75**, 692 (1971); J. Chem. Phys. **54**, 2453 (1971); Inorg. Chem. **10**, 2121 (1971); *ibid* **11**, 2366 (1972).
34. Mason, S.F., J. Chem. Soc. (A), 668 (1971).
35. Nordén, B., Chem. Scripta **7**, 14 (1975).

ΣΥΜΦΩΝΕΣ ΚΑΙ ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

Α. Γιαννούση,
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Φυσικής και
I.B.R. the Institute for Basic Research 96 Prescott street,
Cambridge, MA 02138 U.S.A.

Β. Μπάρτζη
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Φυσικής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία αναπτύσσονται ωρισμένες ιδιότητες των τελεστών του Yuen, οι οποίοι σχετίζονται άμεσα με τις σύμφωνες (coherent) και πεπιεσμένες (squeezed) καταστάσεις. Χρησιμοποιώντας έναν νέο μετασχηματισμό βρίσκουμε την ισοδυναμία μεταξύ του squeeze τελεστή και του πολλαπλασιαστικού τελεστή και προσδιορίζουμε την ακριβή ιδιοσυνάρτηση των squeezed καταστάσεων στην q -παράσταση.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι σύμφωνες (coherent) καταστάσεις του αρμονικού ταλαντωτού αναπτύχθηκαν αρχικά από τον Schrödinger¹ και χρησιμοποιούνται ευρέως για να περιγράψουν πολλά πεδία της Φυσικής²⁻⁶. Προσφάτως οι Nieto και Simmons⁷ ανέπτυξαν coherent καταστάσεις για σωμάτια σε γενικής μορφής δυναμικά και εφάρμοσαν τον φορμαλισμό τους για την περίπτωση συστημάτων περιορισμένων στη μία διάσταση. Μία διαφορετική μέθοδος ανάπτυξεως coherent καταστάσεων για σωμάτια σε γενικής μορφής δυναμικά έχει αναπτυχθεί από τους Γιαννούση και τους συνεργάτες του⁸.

Το πρόβλημα των χρονικά εξαρτώμενων συστημάτων και ειδικότερα του χρονοεξαρτώμενου αρμονικού ταλαντωτή έχει διερευνηθεί από αρκετούς συγγραφείς⁹⁻¹⁰. Προσφάτως ο Pedrosa¹¹ χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των Hartley και Ray¹⁰ έδειξε ότι οι ακριβείς coherent καταστάσεις για τον χρονικά εξαρτώμενο αρμονικό ταλαντωτή είναι ισοδύναμες για τις γνωστές squeezed καταστάσεις^{12,15}. Στην συνέχεια οι Γιαννούσης και Μπάρτζης¹⁶ χρησιμοποίησαν την εικόνα του Heisenberg για να αναπτύξουν τελεστές εξαφανίσεως και γεννέσεως για αρμονικό ταλαντωτή με μάζα και συχνότητα εξαρτώμενη εκ του χρόνου καθώς και για αρμονικό ταλαντωτή με μιγαδική συχνότητα. Για την παραπάνω περίπτωση οι coherent καταστάσεις του αντίστοιχου τελεστή εξαφανίσεως είναι ισοδύναμες των squeezed καταστάσεων. Είναι πλέον γνωστό ότι οι γνήσιες κβαντικές καταστάσεις του φωτός είναι οι squeezed καταστάσεις. Το ιδιαίτερο ενδιαφέρον της έρευνας για τις καταστάσεις αυτές έχει τη βάση του στη σύνδεση αυτών με την κατανομή του θορύβου εντός ενός ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και τη χρήση των στους ανιχνευτές υψηλής ευαισθησίας καθώς και στις επικοινωνίες. Οι Ben-Aryeh και Mann¹⁷ έδειξαν ότι οι squeezed καταστάσεις μπορούν να παραχθούν από την αλληλεπίδραση της coherent ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με το πλάσμα. Το ηλεκτρικό πεδίο μιας σχεδόν μονοχρωματικής ακτινοβολίας μπορεί να αναλυθεί σε δύο τετραγωνικές συνιστώσες ημιτονοειδούς και συνημιτονοειδούς μορφής¹². Θεμελιώδες γνώρισμα των squeezed καταστάσεων είναι ότι περιγράφουν ένα χρονικά εξαρτώμενο φαινόμενο¹⁸. Περισσότερες πληροφορίες γύρω από την εφαρμογή των squeezed καταστάσεων μπορεί κάποιος να βρει στο πολύ κατατοπιστικό άρθρο του Walls¹². Επίσης οι μαθηματικές ιδιότητες των squeezed καταστάσεων συζητούνται εκτενώς στις αναφορές (9, 10, 19-25).

Στην παρούσα εργασία μελετούμε τις κύριες ιδιότητες των τελεστών του Yuen¹³ οι οποίοι συνδέονται άμεσα με τις coherent και squeezed καταστάσεις. Χρησιμοποιώντας έναν μετασχηματισμό κλίμακος (scale transformation) αποδεικνύουμε ότι ο squeezed τελεστής είναι ανάλογος προς το γνωστό πολλαπλασιαστικό τελεστή, από τον οποίο δυνάμεθα να εξάγουμε την ακριβή μορφή των squeezed καταστάσεων στην q-παράσταση.

2. ΜΕΡΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΤΕΛΕΣΤΩΝ ΤΟΥ YUEN

Σε πρόσφατα άρθρα^{26, 27} αναπτύχθηκαν νέοι τελεστές εξαφανίσεως και γεννέσεως οι οποίοι εξαρτώνται από δύο μιγαδικές παραμέτρους α και β που είναι

$$A = \frac{1}{(\alpha\beta^* + \alpha^*\beta)^{1/2}} \left(\alpha q + \frac{i\beta}{\hbar} p \right) \quad (2.1)$$

$$A^{\dagger} = \frac{1}{(\alpha\beta^* + \alpha^*\beta)^{1/2}} \left(\alpha^* q - \frac{i\beta^*}{\hbar} p \right) \quad (2.2)$$

Οι τελεστές q , p , A και A^{\dagger} ικανοποιούν ταυτοχρόνως τις παρακάτω σχέσεις.

$$[q, p] = i\hbar, \quad [A, A^{\dagger}] = 1 \quad \text{και} \quad \alpha\beta^* + \alpha^*\beta > 0 \quad (2.3)$$

Για μία ορισμένη μορφή ακτινοβολίας με τελεστές εξαφανίσεως και γεννήσεως φωτονίων

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\sqrt{\frac{\omega}{\hbar}} q + i \sqrt{\frac{\hbar}{\omega}} p \right) \quad (2.4)$$

$$a^{\dagger} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(\sqrt{\frac{\omega}{\hbar}} q - i \sqrt{\frac{\hbar}{\omega}} p \right) \quad (2.5)$$

οι τελεστές (2.1) και (2.2) μπορούν να γραφούν ως:

$$A = \mu a + \nu a^{\dagger} \quad (2.6)$$

$$A^{\dagger} = \mu^* a^{\dagger} + \nu^* a \quad (2.7)$$

Οι παραπάνω τελεστές έχουν τη μορφή των τελεστών του Υιεν^{*} όπου

$$\mu = \frac{\alpha\sqrt{\frac{\hbar}{2\omega}} + \beta\sqrt{\frac{\omega}{2\hbar}}}{\sqrt{\alpha\beta^* + \alpha^*\beta}}, \quad \nu = \frac{\alpha\sqrt{\frac{\hbar}{2\omega}} - \beta\sqrt{\frac{\omega}{2\hbar}}}{\sqrt{\alpha\beta^* + \alpha^*\beta}} \quad (2.8)$$

και δι' αντιστροφής

$$\frac{\alpha}{\sqrt{\alpha\beta^* + \alpha^*\beta}} = \sqrt{\frac{\omega}{2\hbar}}(\mu + \nu), \quad \frac{\beta}{\sqrt{\alpha\beta^* + \alpha^*\beta}} = \sqrt{\frac{\hbar}{2\omega}}(\mu - \nu) \quad (2.9)$$

ικανοποιώντας τη σχέση $|\mu|^2 - |\nu|^2 = 1$.

Ο αριθμητικός τελεστής (number operator) $A+A$ των Yuen τελεστών (2.6) και (2.7) λαμβάνει την ακόλουθη μορφή:

$$A + A = \mu^* \nu a^{\dagger 2} + \nu^* \mu a^2 + |\mu|^2 a + a + |\nu|^2 a a^{\dagger} \quad (2.10)$$

Για απλοποίηση, θέτουμε $\hbar = 1$ και στην q -παράσταση θα είναι

$$a = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(q + \frac{d}{dq} \right), \quad a^{\dagger} = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(q - \frac{d}{dq} \right) \quad (2.11)$$

Η εξίσωση ιδιοτιμών του τελεστή (2.10) είναι η ακόλουθη:

$$A + A \varphi(q) = \gamma \varphi(q) \quad (2.12)$$

$$\text{ή } \frac{|\mu|^2 + |\nu|^2 - (\mu^* \nu + \nu^* \mu)}{2} \frac{d^2 \varphi}{dq^2} + (\mu^* \nu - \mu \nu^*) q \frac{d\varphi}{dq} + \quad (2.13)$$

$$+ \left[\gamma + \frac{1}{2} + \frac{\mu^* \nu - \mu \nu^*}{2} - \frac{|\mu|^2 + |\nu|^2 + \mu^* \nu + \mu \nu^*}{2} q^2 \right] \varphi(q) = 0$$

Η κανονικοποιημένη λύση της παραπάνω εξίσωσης είναι της μορφής:

$$\varphi_n(q) = \frac{1}{\sqrt{2^n n! |\mu - \nu| \sqrt{\pi}}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{1 + \mu^* \nu - \mu \nu^*}{|\mu - \nu|^2} \right) q^2} H_n \left(\frac{q}{|\mu - \nu|} \right) \quad (2.14)$$

με ιδιοτιμές $\gamma = \eta$. Επίσης υπάρχει μία ορθοκανονική βάση $|n\rangle$, στην οποία οι Yuen τελεστές (2.6) και (2.7) ικανοποιούν τις σχέσεις:

$$A|n\rangle = \sqrt{\frac{\mu-v}{\mu^2-v^2}} \sqrt{n} |n-1\rangle \quad (2.15)$$

$$A^\dagger|n\rangle = \sqrt{\frac{\mu^2-v^2}{\mu-v}} \sqrt{n+1} |n+1\rangle \quad (2.16)$$

$$A+A|n\rangle = n|n\rangle \quad (2.17)$$

Οι coherent καταστάσεις του τελεστή εξαφανίσεως A ικανοποιούν την εξίσωση:

$$A f_\lambda(q) = \lambda f_\lambda(q), \quad \lambda \text{ μιγαδικός} \quad (2.18)$$

και η λύση είναι:

$$f_\lambda(q) = \frac{e^{-\frac{|\lambda|^2}{2}}}{\sqrt{\pi} \sqrt{|\mu-v|}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{1+\mu v - \mu v^*}{|\mu-v|^2} q^2 + \frac{\sqrt{2} \lambda}{\mu-v} q - \frac{1}{2} \frac{\mu^2 - v^2}{\mu-v} \lambda^2 \right)} \quad (2.19)$$

$$f_\lambda(q) = e^{-\frac{|\lambda|^2}{2}} \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\mu^2 - v^2}{\mu-v} \right)^{n/2} \frac{\lambda^n}{\sqrt{n!}} \varphi_n(q) \quad (2.20)$$

Συμφώνως προς την (2.16) προκύπτει

$$|\lambda\rangle = e^{-\frac{|\lambda|^2}{2}} \cdot e^{\lambda A^\dagger} |0\rangle = e^{-\frac{|\lambda|^2}{2}} \cdot e^{\lambda A^\dagger} e^{-\lambda^* A} |0\rangle$$

ή

$$|\lambda\rangle = D_\lambda(A) |0\rangle = e^{\lambda A^\dagger - \lambda^* A} |0\rangle = e^{(\mu^2 \lambda - \lambda^* v) a^\dagger - (\mu \lambda^2 - v^* \lambda) a} |0\rangle \quad (2.21)$$

Σύμφωνα με τον Yuen¹³ η αβεβαιότητα των q και p για μία squeezed κατάσταση δίνεται από τις σχέσεις

$$(\Delta q)^2 = \frac{\hbar}{2\omega} |\mu - \nu|^2 \quad (\Delta p)^2 = \frac{\hbar\omega}{2} |\mu + \nu|^2 \quad (2.22)$$

από τις οποίες προκύπτει

$$(\Delta q)(\Delta p) = \hbar/2 \cdot [|\mu + \nu|] |\mu - \nu| \quad (2.23)$$

και από τη σχέση (2.9) εξάγουμε:

$$(\Delta q)(\Delta p) = \frac{\hbar}{2} \sqrt{\frac{(\alpha_1^2 + \alpha_2^2)(\beta_1^2 + \beta_2^2)}{(\alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2)^2}} \geq \frac{\hbar}{2} \quad (2.24)$$

$$\text{επειδή} \quad (\alpha_1^2 + \alpha_2^2)(\beta_1^2 + \beta_2^2) \geq (\alpha_1\beta_1 + \alpha_2\beta_2)^2 \quad (2.25)$$

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συνάγουμε την συνθήκη ελαχιστοποίησης για τις coherent καταστάσεις

$$\alpha_1 / \beta_1 = \alpha_2 / \beta_2 = \text{const} \quad (2.26)$$

Η περίπτωση της μιγαδικής συχνότητας $\omega = \omega_1 + i\omega_2$ μελετήθηκε πρόσφατα από τον Παπαλουκά²⁸ και αντιστοιχεί στις τιμές των παραμέτρων.

$$\alpha = \sqrt{m\omega} \quad , \quad \beta = \frac{\hbar}{\sqrt{m\omega}} \quad (2.27)$$

Στην περίπτωση αυτή η μορφή των (2.15) - (2.17) δίδεται από τις ακόλουθες σχέσεις

$$A|n\rangle = e^{-i\frac{\theta}{2}} \sqrt{n} |n-1\rangle \quad (2.28)$$

$$A^\dagger|n\rangle = e^{i\frac{\theta}{2}} \sqrt{n+1} |n+1\rangle \quad (2.29)$$

$$A^{\dagger}A|n\rangle = n|n\rangle \quad (2.30)$$

όπου $\Theta = \arctg \omega_2/\omega_1$.

Σύμφωνα με την αναφορά (28) απλοί αλγεβρικοί υπολογισμοί εύκολα δίνουν τα αποτελέσματα για τα γινόμενα AA^{\dagger} και $A^{\dagger}A$:

$$AA^{\dagger} = \frac{1}{\hbar\omega_1} \left(\mathcal{H} + \frac{\hbar\omega_2}{2} \right), \quad A^{\dagger}A = \frac{1}{\hbar\omega_1} \left(\mathcal{H} - \frac{\hbar\omega_2}{2} \right) \quad (2.31)$$

όπου

$$\mathcal{H} = \frac{p^2}{2m} + \frac{m|\omega|^2 q^2}{2} + \frac{\omega_2}{2} (qp + pq) \quad (2.32)$$

και οι ιδιοτιμές του τελεστού H στη βάση $|n\rangle$ είναι ακριβώς οι εξής

$$\mathcal{H} = \hbar\omega_1 \left(n + \frac{1}{2} \right) |n\rangle \quad (2.33)$$

Επίσης ενδιαφέρον εμφανίζει ο υπολογισμός των coherent καταστάσεων²⁹ του τελεστού A στην βάση $|k\rangle$ των number τελεστών των μποζονίων

$$a|k\rangle = |k-1\rangle$$

Από τις εξισώσεις

$$A|a\rangle = a|a\rangle \quad (2.34)$$

και
$$|a\rangle = \sum_k \frac{C_k}{\sqrt{k!}} |k\rangle \quad (2.35)$$

λαμβάνουμε

$$\mu C_{k+1} + \nu k C_{k-1} = a C_k \quad (2.36)$$

Χρησιμοποιώντας τον ολοκληρωτικό μετασχηματισμό

$$C_k = \text{const} \int_{-\infty}^{+\infty} (iu)^k e^{-\frac{\mu}{2\nu} u^2 - i\frac{a}{\nu} u} du \quad (2.37)$$

λαμβάνουμε τη λύση

$$C_k = \frac{\text{const} \cdot \sqrt{2\pi}}{\sqrt{2^k}} \left(\frac{\nu}{\mu}\right)^{\frac{k+1}{2}} H_k\left(\frac{a}{\sqrt{2\mu\nu}}\right) e^{-\frac{a^2}{2\mu\nu}} \quad (2.38)$$

και οι coherent καταστάσεις δίνονται:

$$|a\rangle = c \sqrt{\frac{2\pi\nu}{\mu}} \sum_k \left(\frac{\nu}{\mu}\right)^{\frac{k}{2}} H_k\left(\frac{a}{\sqrt{2\mu\nu}}\right) e^{-\frac{a^2}{2\mu\nu}} \frac{1}{\sqrt{2^k k!}} |k\rangle \quad (2.39)$$

όπου c είναι σταθερά κανονικοποίησης.

Τελικά από τη σχέση

$$\langle a|a\rangle = 1$$

λαμβάνουμε

$$C = \frac{1}{\sqrt{2\pi|\nu|}} e^{-(|a|^2/2) + (\frac{\mu^2}{2\nu})a^2} \quad (2.40)$$

επειδή

$$|k\rangle = \frac{a^{*k}}{\sqrt{k!}} |0\rangle \quad (2.41)$$

οι coherent καταστάσεις $|a\rangle$ τελικά λαμβάνουν τη μορφή:

$$|a\rangle = \sqrt{\frac{\nu}{|\nu|\mu}} e^{-\frac{|a|^2}{2} + \frac{|\nu|^2 a^2}{2\mu\nu}} e^{\frac{a a^*}{\mu} - \frac{\nu}{2\mu} a^{*2}} |0\rangle \quad (2.42)$$

Για τις τιμές $\nu=0$, $\mu=1$, λαμβάνουμε τις συνηθεις coherent καταστάσεις:

$$|\alpha\rangle = e^{-\frac{|\alpha|^2}{2}} e^{\alpha a^\dagger} |0\rangle = e^{-\frac{|\alpha|^2}{2}} e^{a^\dagger \alpha} e^{-a \bar{\alpha}} |0\rangle = D(\alpha) |0\rangle$$

όπου $D(\alpha)$ είναι τελεστής μετατόπισης του Weyl. Επίσης από την εξίσωση (2.38) με τη βοήθεια της (2.40) λαμβάνουμε τη σχέση:

$$\langle \beta | \alpha \rangle = e^{-(|\alpha|^2 + |\beta|^2)/2 + i\alpha\beta^*} \quad (2.44)$$

Ανάλογα αποτελέσματα όπως της παραπάνω μορφής για τις γενικευμένες coherent καταστάσεις αναφέρονται από τον Dodonov et al³⁰.

3. ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥ SQUEEZE ΤΕΛΕΣΤΗ ΚΑΙ ΤΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΑΣΙΑΣΤΙΚΟΥ ΤΕΛΕΣΤΗ

Ο unitary squeeze τελεστής ορίζεται ως

$$S(z) = \exp(1/2za^{+2} - 1/2z^*a^2) \quad (3.1)$$

όπου z ο μιγαδικός squeeze παράγοντας και a, a^\dagger είναι οι συνηθισμένοι τελεστές εξαφανίσεως και γεννέσεως του αρμονικού ταλαντωτού. Οι squeezed καταστάσεις αποκτώνται μετατοπίζοντας (displacing) το squeezed κενό:

$$|\alpha, z\rangle = D(\alpha) S(z) |0\rangle \quad (3.2)$$

$$\text{όπου } D(\alpha) = \exp(\alpha a^\dagger - \alpha^* a) \quad (3.3)$$

είναι ο τελεστής μετατόπισης του Weyl. Στον χώρο των συντεταγμένων (configuration space), οι squeeze καταστάσεις αντιστοιχούν σε Gaussian κυματοπακέτα με πλάτη διαφορετικά από αυτά της κατάστασης κενού. Επίσης οι squeeze καταστάσεις είναι οι ιδιοκαταστάσεις του τελεστή b .

$$b = S(z)as^{-1}(z) = \cosh r a + e^{i\theta} \sinh r a^\dagger \quad (3.4)$$

$$b | \beta, z \rangle = \beta | \beta, z \rangle \quad (3.5)$$

όπου $z = re^{i\theta}$ και ο τελεστής b^+ ερμηνεύεται σαν ο «quasiphoton» τελεστής γεννήσεως.

Από τον ορισμό του squeeze τελεστή (3.1) και των squeezed καταστάσεων (3.2), χρησιμοποιώντας τον μετασχηματισμό κλίμακος³¹ (scale transformation)

$$a = \sqrt{\frac{z}{|z|}} \frac{1}{\sqrt{2\hbar}} (\sqrt{m\omega} q + i \frac{p}{\sqrt{m\omega}}) \quad (3.6)$$

$$a^{\dagger} = \sqrt{\frac{z^*}{|z|}} \frac{1}{\sqrt{2\hbar}} (\sqrt{m\omega} q - i \frac{p}{\sqrt{m\omega}}) \quad (3.7)$$

$$\text{όπου} \quad [a, a^{\dagger}] = 1 \quad \text{και} \quad [q, p] = i\hbar \quad (3.8)$$

λαμβάνουμε τις παρακάτω εκφράσεις για τις σχέσεις (3.1) και (3.2)

$$S(z) = e^{\frac{1}{2}(za^{\dagger 2} - z^*a^2)} = e^{-i \frac{|z|}{2\hbar} (qp + pq)} \quad (3.9)$$

και

$$|a, z\rangle = e^{\frac{\sqrt{m\omega}}{\hbar} (a\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} - a^{\dagger}\sqrt{\frac{z}{2|z|}})q - \frac{i}{\sqrt{\hbar m\omega}} (a\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} + a^{\dagger}\sqrt{\frac{z}{2|z|}})p} e^{-i \frac{|z|}{2\hbar} (qp + pq)} |0\rangle \quad (3.10)$$

Στην q -αναπαράσταση $q - q$, $p = -i\hbar d/dq$ οι παραπάνω εκφράσεις παίρνουν τη μορφή:

$$S(z) = e^{\frac{1}{2}(za^{\dagger 2} - z^*a^2)} = e^{-\frac{1}{2}|z|} \cdot e^{-Zq \frac{d}{dq}} = e^{-\frac{1}{2}|z|} \cdot (e^{-|z|})^{q \frac{d}{dq}} \quad (3.11)$$

$$|a, z\rangle = e^{\frac{\sqrt{m\omega}}{\hbar} (a\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} - a^{\dagger}\sqrt{\frac{z}{2|z|}})q - \frac{\sqrt{\hbar}}{\sqrt{m\omega}} (a\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} + a^{\dagger}\sqrt{\frac{z}{2|z|}}) \frac{d}{dq}} e^{-\frac{|z|}{2}} e^{-Zq \frac{d}{dq}} |0\rangle \quad (3.12)$$

Από την έκφραση (3.11) συμπεραίνουμε ότι ο squeeze τελεστής $S(z)$ είναι ακριβώς ο πολλαπλασιαστικός τελεστής¹² $e^{-\mu d}/d^{\mu}$ πολλαπλασιασμένος με τον παράγοντα

$$S(z) \leftrightarrow e^{-\frac{|z|^2}{2}} e^{-|z|q \frac{d}{d^2}} \quad (3.13)$$

Από την έκφραση (2.11) για $n = 0$ λαμβάνουμε τη συνάρτηση

$$\varphi_0(q) = \langle q|0\rangle = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \frac{1}{\sqrt{|\mu-\nu|}} e^{-\frac{1}{2} \frac{1+\mu^*\nu-\mu}{|\mu-\nu|^2}} \quad (3.14)$$

και η μορφή των squeezed καταστάσεων γίνεται:

$$\langle q|0\rangle = \Psi_{\alpha,z}(q) = \frac{e^{-\frac{|z|^2}{2}}}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{|\mu-\nu|}} \cdot e^{\frac{\sqrt{m\omega}}{\hbar} (\alpha\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} - \alpha^*\sqrt{\frac{z}{2|z|}})q} \cdot e^{-\frac{1}{2} \frac{1+\mu^*\nu-\mu\nu^*}{|\mu-\nu|^2}} e^{-2|z|^2 (q-\bar{q})^2} \quad (3.15)$$

όπου

$$\bar{q} = \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}} (\alpha\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} + \alpha^*\sqrt{\frac{z}{2|z|}}) \quad (3.16)$$

Η κυματοσυνάρτηση η οποία περιγράφει τις squeezed καταστάσεις ικανοποιεί τη συνθήκη ορθογωνιότητας.

$$\int |\Psi_{\alpha,z}(q)|^2 dq = 1 \quad (3.17)$$

Με τη χρήση της κυματοσυνάρτησης των squeezed καταστάσεων (3.15) μπορούμε να υπολογίσουμε τις τιμές των \bar{q} , \bar{q}^2 , \bar{p} και \bar{p}^2 :

$$\bar{q} = \sqrt{\frac{\hbar}{m\omega}} (\alpha\sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} + \alpha^*\sqrt{\frac{z}{2|z|}}) \quad \text{δηλαδή η μορφή (3.12)}$$

$$\bar{q}^2 = \bar{q}^2 + \frac{|\mu - \nu|^2}{2} e^{2|z|} \quad (3.18)$$

$$\bar{p} = -i\sqrt{k m \omega} \left(\alpha \sqrt{\frac{z^*}{2|z|}} - \alpha^* \sqrt{\frac{z}{2|z|}} \right) \quad (3.19)$$

$$\bar{p}^2 = \bar{p}^2 - \frac{\hbar^2}{2|\mu - \nu|^2} (1 + 4(\mu_1 \nu_2 - \mu_2 \nu_1)^2) \cdot e^{-2|z|} \quad (3.20)$$

$$(\Delta q)^2 = \bar{q}^2 - \bar{q}^2 = \frac{|\mu - \nu|^2}{2} e^{2|z|}, \quad (\Delta p)^2 = \bar{p}^2 - \bar{p}^2 = \frac{\hbar^2}{2|\mu - \nu|^2} (1 + 4(\mu_1 \nu_2 - \mu_2 \nu_1)^2) e^{-2|z|} \quad (3.21)$$

και η σχέση αβεβαιότητας παίρνει τη μορφή:

$$(\Delta q)(\Delta p) = \frac{\hbar}{2} \sqrt{1 + 4(\mu_1 \nu_2 - \mu_2 \nu_1)^2} \geq \frac{\hbar}{2} \quad (3.22)$$

Από τα παραπάνω αποτελέσματα λαμβάνουμε την συνθήκη ελαχιστοποίησης των squeezed καταστάσεων (ή coherent καταστάσεις του Yuen) που είναι η κάτωθι:

$$\mu_1 / \nu_1 = \mu_2 / \nu_2 = \text{const.} \quad (3.23)$$

Η ανωτέρω σχέση είναι η ίδια με αυτή που εδόθη από τον Yuen¹¹ όπως επίσης ισοδύναμη με τη σχέση (2.26). Σε πρόσφατα άρθρα οι Γιαννούσης και Μπάρτζης¹⁶⁻¹⁸ χρησιμοποιώντας τις καταστάσεις κενού (vacuum states) της αναφοράς¹⁷ δηλ. τις καταστάσεις κενού του αρμονικού ταλαντωτού κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι squeezed καταστάσεις είναι καταστάσεις ελαχίστης αβεβαιότητας.

$$(\Delta q)(\Delta p) = \hbar/2 \quad (3.24)$$

Οι Γιαννούσης και Μπάρτζης στις αναφορές^{16, 20} έδειξαν ότι οι ακριβείς coherent καταστάσεις του αρμονικού ταλαντωτού μάζης και συχνότητας εξαρτώμενων εκ του χρόνου είναι ισοδύναμες με τις squeezed καταστάσεις. Για την

περίπτωση του αρμονικού ταλαντωτού με απόσβεση (damped harmonic oscillator) εδόθησαν οι παρακάτω σχέσεις αβεβαιότητας:

$$(\Delta q)(\Delta p) = \frac{\hbar}{2} \sqrt{1 + \frac{\gamma^2 \omega^2}{\Omega^4} \sinh^4 \Omega t} \geq \frac{\hbar}{2} \quad (3.25)$$

όπου $\Omega = \sqrt{\gamma^2/4 - \omega^2} > 0$ είναι η περίπτωση με ισχυρή τριβή, γ ο συντελεστής τριβής. Για την περίπτωση $\Omega = \sqrt{\omega^2 - \gamma^2/4} > 0$, όπου έχουμε την ύπαρξη ασθενούς τριβής η αντίστοιχη σχέση αβεβαιότητας παίρνει τη μορφή:

$$(\Delta q)(\Delta p) = \frac{\hbar}{2} \sqrt{1 + \frac{\gamma^2 \omega^2}{\Omega^4} \sin^4 \Omega t} \geq \frac{\hbar}{2} \quad (3.26)$$

και η οποία για $\Omega t = \pi n$ ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) παίρνει την ελαχίστη τιμή $(\Delta q)(\Delta p) = \hbar/2$. Για την περίπτωση $\Omega=0$, περίπτωση της κρίσιμου τριβής, η σχέση αβεβαιότητας είναι:

$$(\Delta q)(\Delta p) = \frac{\hbar}{2} \sqrt{1 + 4\omega^2 t^2} \geq \frac{\hbar}{2} \quad (3.27)$$

Προσφάτως οι Yuen και οι συνεργάτες του¹⁴, μελετώντας τον αρμονικό ταλαντωτή με απόσβεση ανέπτυξαν ακριβείς coherent καταστάσεις. Αυτές οι νέες coherent καταστάσεις ικανοποιούν τις γνωστές ιδιότητες των coherent καταστάσεων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία αναπτύξαμε σημαντικές ιδιότητες των τελεστών του Yuen οι οποίοι συνδέονται άμεσα με τις coherent και squeezed καταστάσεις.

Το κύριο αποτέλεσμα είναι η σύνδεση του squeeze τελεστή με τον πολλαπλασιαστικό τελεστή. Η χρήση ενός νέου μετασχηματισμού κλίμακος (scale transformation) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι ο squeeze τελεστής είναι ανάλογος με τον τελεστή $e^{-2iq/dq}$ πολλαπλασιασμένος με τον παράγοντα $e^{-i\pi/2}$. Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρήσαμε ότι οι coherent καταστάσεις παρήχθησαν δρώντας τον τελεστή μετατόπισης του Weyl στο κενό, ενώ οι squeezed καταστάσεις παράγονται από τη δράση του πολλαπλασιαστικού τελεστή στο squeeze κενό πολλαπλασιασμένο με τον εκθετικό παράγοντα $e^{-i\pi/2}$. Τέλος βρήκαμε την ακριβή κυματοσυνάρτηση που περιγράφει τις squeezed καταστάσεις στην q -παράσταση.

REFERENCES

1. E. Schrodinger. *Naturwissenschaften* 14, 166 (1926).
2. R. Glauber: *Phys. Rev.* 130, 2529 (1963); 131, 2766 (1963).
3. V. Canivell and P. Soglar: *Phys. Rev.* 15D, 1050 (1977); 18D, 1082 (1978); *Physica A*: 94, 25 (1978).
4. W.H. Louisell; *Quantum Statistical Properties of Radiation* (Wiley, New York, 1973).
5. A. Jannussis, N. Patargias and G. Brodimas: *Jour. Phys. Soc. Jpn.* 45, 336 (1978).
6. V. Dodonov and V. Man'ko: *Nuovo Cimento* 44B, 265 (1978), *Phys. Rev.* 20A, 550 (1979); *Physica A*: 94, 403 (1978).
7. M. Nieto and L. Simmons: *Phys. Rev.* 20D, 1321, 1332, 1342, (1979); M. Nieto, *Phys. Rev.* 22D, 391 (1980); V. Gutschick and M. Nieto: 22D, 403 (1980); and references therein.
8. A. Jannussis, V. Papatheou, N. Patargias and L. Papaloucas, *Lett. Nuovo Cimento* 31, 385 (1981).
9. H. Lewis and W. Risenfeld: *Jour. Math. Phys.* 10, 1458 (1969).
10. J. Hartley and J. Ray: *Phys. Rev.* 25D, 382 (1982).
11. I. Pedrosa: *Phys. Rev.* 36D, 1279 (1987); *Hadronic Jour.*
12. D. Walls: *Nature (London)* 306, 141 (1983).
13. H. Yuen: *Phys. Rev.* 13A, 2226 (1976).
14. M. Nieto: Los Alamos National Laboratory: Report No LA-UR-84-2773 (1984) (unpublished).
15. R. Fiesher, M. Nieto and V. Sanberg: *Phys. Rev.* 29D, 1107 (1984).
16. A. Jannussis and V. Bartzis: Coherent states for the harmonic oscillator with time-dependent mass and frequency, to appear in *Phys. Lett. A* (1988).
17. Y. Ben-Aryeh and A. Mann: *Phys. Rev. Lett.* 54, 1020 (1985); *Phys. Rev.* 32A, 552 (1985).
18. P. Tombesi: *Acta Physica Austriaca*: 57, 111 (1985).
19. D. Truax: *Phys. Rev.* 31D, 988 (1985).
20. L. Mandel: *Phys. Rev. Lett.* 49, 136 (1982).
21. M. Satyanarayana: *Phys. Rev.* 32D, 400 (1985).
22. B. Yurke: *Phys. Rev.* 29A, 408 (1984); 32A, 300 (1985).
23. W. Witschel: *Phys. Lett. A* 111, 383 (1985).
24. G. D'Ariano, M. Rasetti and M. Vadalchino: *Phys. Rev.* 32D, 1034 (1985); J. Katriel, A. Solomon, G. D'Ariano and M. Rasetti *Phys. Rev.* 34D, 2332 (1986); G. D'Ariano and M. Rasetti *Phys. Rev.* 35D, 1239 (1987).
25. F. Hong-Yi, H. Zaidi and J. Klauder: *Phys. Rev.* 35D, 1831 (1987) and references therein.
26. A. Jannussis: Seminar group theoretical Methods in Physics Proceedings of the International seminar Vol. 1, 308 Moscow (1980).
27. A. Jannussis, N. Patargias and L. Papaloucas: *Lett. Nuovo Cimento* 29, 87 (1980); A. Rajagopal and J. Marsal: *Phys. Rev.* 26A, 2977 (1982); M. Schuldert and W. Vogel: *Phys. Rev.* 28A, 2668 (1983).

28. L. Papaloucas: Preprint (1988): Coherent states with complex frequency: Institute of Mathematics, University of Athens, Greece. Submitted for publication.
29. A. Jannussis and V. Bartzis: *Nuovo Cimento* 100B, 633 (1988).
30. N. Dodonov, E. Kyrbubichev and V. Manko: *Classical and Quantum Effects in Electrodynamics*, Vol. 176 Moscow (1986) p. 128.
31. A. Jannussis and V. Bartzis: Preprint (1988): Exact calculation of the squeezed states in the q -representation: Department of Physics University of Patras, Greece.
32. P. Feinsilver: *Lecture Notes in Mathematics No 696 Special Functions, Probability semigroups, and Hamiltonian. Flows:* (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York) (1978) p. 6.
33. A. Jannussis and V. Bartzis: Preprint 1988: Coherent States and Squeezed States in Quantum Optics: Department of Physics, University of Patras, Greece.
34. K. Yeon, G. Um and T.-George: *Phys. Rev.* 36A, 5287 (1987).



Ὁ Καθηγητής Γ. Καραγκούνης κατά τήν ἐκδήλωση στό Ἴδρυμα Εὐγενείδη μεταξύ τῶν συναδέλφων του Ἀκαδημαϊκῶν καί Καθηγητῶν Σολ. Κυδωνιάτη, Καίσ. Ἀλεξοπούλου, Α. Γιαννούση, Ὁρ. Στεφανοπούλου (1987).



Στόν κήπο τῆς κατοικίας του στήν Κηφισιά ὅπου σέ ἰδιαιτέρο μικρο κτίριο εἶναι ἐγκατεστημένο το ἰδιωτικό ἐρευνητικό του ἐργαστήριο (1989).

Η ΕΞΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΤΗΣ ΑΦΡΟΔΙΤΗΣ

Βασίλης Πετρόπουλος και
Παναγιώτης Ε. Τελώνης
Κέντρο Ερευνών Αστρονομίας και
Εφηρμοσμένων Μαθηματικών της
Ακαδημίας Αθηνών

Εισαγωγή

Η μελέτη της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης παρουσιάζει μεγάλο αστρονομικό ενδιαφέρον δεδομένου ότι πρόσφατες παρατηρήσεις των διαστημοπλοίων Vega 1 και Vega 2, άλλαξαν τις απόψεις μας όσο αφορά την χημική σύνθεση της Αφροδίτης μεταξύ 40 και 60 KM (περιοχή νεφών) και την θερμική δομή της ατμόσφαιράς της. Μελέτες που είχαν γίνει από προηγούμενους δορυφόρους, οι οποίοι δίδονται στον πίνακα 1, επέτρεψαν την κατασκευή ατμοσφαιρικών προτύπων για την ατμόσφαιρα της Αφροδίτης και τα οποία ανακινώθηκαν σε προηγούμενες εργασίες (Seiff 1985, Petropoulos 1988). Με βάση τις νέες μετρήσεις, υπολογίστηκαν πρότυπα για την ατμόσφαιρα της Αφροδίτης που φαίνεται ότι είναι στατική από 0-60 km, παρουσιάζει όμως αντιστροφές στις παρατηρηθείσες κατανομές της θερμοκρασίας από 62-64 km. Στην παρούσα εργασία μελετάμε την δομή της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης από 0-100 km και την επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας και του ηλιακού ανέμου στην ιονόσφαιρα της Αφροδίτης, προκειμένου να βγάλουμε συμπεράσματα όσον αφορά την επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας στην μεταβολή της χημικής σύνθεσης και της δομής των νεφών.

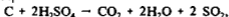
Χημική σύνθεση της ατμοσφαιράς της Αφροδίτης

Η χημική σύνθεση της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης, όπως προσδιορίστηκε από επίγειες παρατηρήσεις και από τα διαστημόπλοια του πίνακα 1, δίνεται στον πίνακα 2. Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2, το CO₂ και το N₂ είναι τα κύρια συστατικά της ατμόσφαιρας του πλανήτη. Πάντως οι φασματικές μετρήσεις αερολυμάτων, επιβεβαιώνουν προηγούμενα αποτελέσματα του Pioneer Venus για τον χωρισμό της ατμόσφαιρας του πλανήτη σε μερικές χαρακτηριστικές ζώνες: Μία κύρια ζώνη νεφών αποτελούμενη από τρία στρώματα, μια ενδιάμεση ζώνη και μια υπονεφεώδη περιοχή. Πιο ειδικά, την ζώνη D, ή, άνω στρώμα των νεφών με

μεγάλη πυκνότητα σωματιδίων (άνω των 55 km), την ζώνη C, ή, ενδιάμεση ζώνη νεφών, χαμηλής πυκνότητας (51-55 km), την ζώνη B, ή, κατώτερη ζώνη νεφών, υψηλής πυκνότητας, κάτω των 51 km, μία ζώνη μετάπτωσης A και μια υπονεφέδη και ομιχλώδη περιοχή F, με κατώτερα όρια που κυμαίνονται μεταξύ 48-45, 45-42 ή 35-32km. Όλες οι παραπάνω ζώνες και ιδιαίτερα η A ποικίλουν τόσο στα ακριβή τους όρια όσο και στο πάχος τους, ενώ φάσματα μέσου μεγέθους σωματιδίων προσδιορίστηκαν από τα Vega σε συγκεκριμένα ύψη και ζώνες (A₁, B₁,...) όπως φαίνεται στην κατανομή του σχήματος 1. (Moshkin et al, 1986), (Marov et al 1978), (Ragent et al 1980).

Άνω των 45 χιλιομέτρων, η αριθμητική πυκνότητα των σωματιδίων με διάμετρο ανάμεσα στα 0.7-10 μ., και ειδικότερα το ποσοστό των μεγαλύτερων σωματιδίων που βρίσκονται στο προηγούμενο διάστημα, είναι χαμηλότερο από εκείνο που καταγράφηκε από το Pioneer Venus. Πιο συγκεκριμένα, η πυκνότητα των σωματιδίων στην ζώνη D φθάνει ως 140 cm⁻³ και στην B έως 190 cm⁻³ (Andreichikov et al, 1986). Ακόμα, στη ζώνη C φθάνει ως 10 cm⁻³ που είναι σαφώς μικρότερη από αυτή του Pioneer Venus. Τα σωματίδια με διάμετρο D > 1μ είναι κατά προσέγγιση, σφαιρικά κι έχουν δείκτη διάθλασης 1.4 ± 0.1.

Επίσης μεταξύ 30-63 km, βρέθηκε ότι η τροπόσφαιρα της Αφροδίτης εκπέμπει ακτινοβολίες με μήκος κύματος περίπου 1 μ., και οι οποίες ενδεχόμενα εκπέμπονται από την θερμή επιφάνεια του πλανήτη. Τα παραπάνω αποτελέσματα μαρτυρούν ότι η ατμόσφαιρα περιέχει πολύ μικρά (submicron) σωματίδια με υψηλή αριθμητική πυκνότητα: 10⁴ cm⁻³. Ο χρωματογράφος του Vega έδειξε ότι υπάρχει SO₂ σε ύψος 48 km από το έδαφος, το οποίο πιθανόν να προέρχεται από την χημική αντίδραση



και τούτο διότι το χρωματογράμμα του Vega έδειξε την πιθανή ύπαρξη SO₂ και την συγκέντρωση H₂SO₄ σε πυκνότητα 1 mg/cm³ στο ύψος των 48-63 km (GEL'MAN et al 1986). Οι φασματογράφοι στο υπεριώδες των Vega-1 και Vega-2, από 2300-4000 Å, έδειξαν την ύπαρξη αλλοτροπικών μορφών του θείου (S₈) με λόγους ανάμειξης από 5 ppm σε ύψος ≈ 25 km έως 25 ppm σε ύψος 45 km και πιθανόν το φάσμα απορρόφησης του SO₂, το οποίο δυστυχώς δεν είναι γνωστό ακόμα στις υψηλές θερμοκρασίες της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης για να συγκριθεί με το παρατηρηθέν φάσμα (Bertaux et al 1986). Επίσης, συμπληρώθηκαν οι μετρήσεις του πίνακα 2 με νέες μετρήσεις νερού που έκαναν ειδικοί ανιχνευτές και βρέθηκε ότι υπάρχει νερό από 0.01%-0.2% κατ' όγκο. Στον πίνακα 3, δίνεται η ποσότητα του H₂O σε συνάρτηση με το ύψος, που μετρήθηκε από τα Vega 1 και 2, (Surgov et al, 1986).

Τα Vega 1 και 2 μελέτησαν την ατμόσφαιρα της Αφροδίτης με ένα πείραμα γαλλοσοβιετικής συνεργασίας που επέτρεψε την αποστολή αεροστάτων μέσα στην περιοχή νεφών.

Έτσι, μετρήθηκε ακριβέστερα η χημική σύνθεση και η θερμική δομή της ατμόσφαιρας του πλανήτη (Sagdeev et al 1986). Τα πειράματα που έγιναν, δίνονται στον πίνακα 5. Επίσης βρέθηκε SO₂ στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης με τη φασματοσκοπική μέθοδο (Surkov et al 1986) όπως και Cl ≥ 0.3 mg/m³ κι επίσης H₂SO₄ ≥ 2.0mg/m³ μεταξύ 62-54 km.

I. Η ατμόσφαιρα της Αφροδίτης από 0-64 km ύψος

Τα πειράματα των Vega δίνονται στον πίνακα 4 (Sagdeev et al 1986). Με βάση τα πειράματα αυτά μετρήθηκε η κατανομή της θερμοκρασίας στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης από 0-64 km και δίνεται στα σχήματα 2 και 3. Στο σχήμα 3 φαίνεται η αντιστροφή που μέτρησε το Vega. Με την κατανομή αυτή ως δοθέν, υπολογίσαμε τις φυσικές παραμέτρους της Αφροδίτης (Petropoulos και Telonis, 1988). Επίσης, δεχθήκαμε ως δοθέντα: Πίεση επιφάνειας $0.89 \cdot 10^5 \pm 1000$ mb, θερμοκρασία επιφάνειας 733 ± 1 K. Για την ακτίνα του πλανήτη υιοθετήσαμε την τιμή 6052 km όπως δόθηκε από τον Seiff (1985). Για την χημική σύνθεση δεχθήκαμε την αναλογία $96.5\% \pm 0.008$ N₂ (Von Zahn et al 1983, Seiff 1985) ενώ για το μοριακό βάρος υιοθετήθηκε η τιμή 43.5 ± 0.15 .

Επιλύοντας την διαφορική υδροστατική εξίσωση, και με την βοήθεια της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων, υπολογίσαμε την πίεση και την θερμοκρασία από 0-64 km. (Υποθέσαμε βέβαια πως υπάρχει υδροστατική ισορροπία). Με βάση τα δοθέντα αυτά υπολογίσαμε τις άλλες παραμέτρους, σε συνάρτηση με το ύψος από το έδαφος, που δείχνονται στα σχήματα: σχ. 4 (της πίεσης)*, σχ. 5 (της πυκνότητας)*, σχ. 6 (της ταχύτητας του ήχου), σχ. 7 (της κλίμακας πυκνότητας), σχ. 8 (της αριθμητικής πυκνότητας)*, σχ. 9 (της μέσης ελεύθερης διαδρομής)*, σχ. 10 (του ιξώδους), σχ. 11 (της κλίμακας πίεσης), σχ. 12 (της μέσης σωματιδιακής ταχύτητας), σχ. 13 (της μέσης ταχύτητας συγκρούσεων σωματιδίων)* και σχ. 14 (της στήλης μάζας)*.

II. Η δομή της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης από 64 km και άνω

Η δομή της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης από 64-170 km υπολογίστηκε σε προγενέστερη εργασία με βάση τις μετρήσεις των Pioneer Venus (Petropoulos 1988). Ανάλογα πρότυπα έχουν δοθεί και για μετρήσεις που έγιναν με βάση τα άλλα διαστημόπλοια του Πιν. I. Για παράδειγμα, από 150-200 km ύψος, μετρήσεις χημικής σύνθεσης και φυσικών παραμέτρων έγιναν από το Pioneer-Venus και δίδονται για τα: He, N₂, CO, CO₂, Kz, T, P, ρ, όπου Kz ο συντελεστής διάχυσης (Von Zahn et al 1980), για τα He, N₂, N, CO, CO₂, O, T, ρ, P, Kz (Niemann et al, 1980) και για ρ, H₂, T, O, CO₂, P, όπου H₂ η κλίμακα πυκνότητας (Keating et al 1980). Επίσης, υπολογισμοί πυκνότητας στοιχείων έγινε από Keating et al (1985), όπως και για το ατομικό υδρογόνο (Brinton et al 1980), ατομικό άνθρακα (Fox, 1982) και δευτέριο (Hartle και Taylor, 1983, Klumar και Taylor 1985).

Η ατμόσφαιρα της Αφροδίτης στα ανώτερα της στρώματα υφίσταται μεγάλες μεταβολές μεταξύ ημέρας και νύχτας, όπως επίσης και αλλαγές που οφείλονται στη μεταβολή της ηλιακής δραστηριότητας. Οι Hedin et al (1983) και Keating et al (1981) παρατήρησαν μεταβολές της χημικής σύνθεσης στα 150 km τα οποία σχετίζονται με την ηλιακή δραστηριότητα. Για παράδειγμα, στον πίνακα 6 παρατηρούμε την ελάττωση της συγκέντρωσης H με την αύξηση της ηλιακής δραστηριότητας. Μια απλουστευμένη εμπειρική έκφραση για την μεταβολή του log₁₀ της αριθμητικής πυκνότητας n_i, που οφείλεται στις μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας, δίνεται από τον τύπο:

$$\Delta \log_{10} n_i \approx A + B + 0.44 m_i \left(\frac{\Delta T_{\infty, i} + \Delta T_{\infty, 1}}{T^2} \right) (z - 150) \quad (1)$$

όπου, T η θερμοκρασία περιβάλλοντος, A και $\Delta T_{\infty, i}$ δίνονται στο σχ. 15 ως συναρτήσεις του \bar{F}_{10} , τα B και $\Delta T_{\infty, 1}$ δίνονται στο σχ. 16 ως συναρτήσεις των $F_{10} - \bar{F}_{10}$, m_i είναι το μοριακό βάρος του i στοιχείου, Z είναι το ύψος πάνω από την πλανητική ακτίνα των 6052 km, \bar{F}_{10} είναι η 81 ημερών μέση ηλιακή ροή σε μήκος κύματος 10.7 -cm σε απόσταση 1 αστρονομικής μονάδας διαιρεμένη δια $10^{22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$, και Φ_{10} είναι η ημερήσια τιμή του δείκτη της ηλιακής δραστηριότητας σε μήκος κύματος 10.7 -cm και σε απόσταση μιας αστρονομικής μονάδας διαιρεμένη δια $10^{22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$, και F_{10} είναι η ημερήσια τιμή του δείκτη της ηλιακής δραστηριότητας σε μήκος κύματος 10.7 -cm και σε απόσταση μιας αστρονομικής μονάδας (ορισμένη για την κατεύθυνση της Αφροδίτης λαμβάνοντας υπόψη την 27-ήμερη περιστροφή της γύρω από τον ήλιο) διαιρούμενη δια $10^{22} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$.

Το σχ. 15 δείχνει ότι για μια αύξηση του \bar{F}_{10} από 150 σε 200, για μεγάλη χρονική περίοδο, η εξωσφαιρική θερμοκρασία αυξάνει 29°K, ενώ από το σχ. 16 βλέπουμε ότι μια αύξηση του \bar{F}_{10} κατά 50 μονάδες και για μικρή χρονική περίοδο, αντιστοιχεί σε μια αύξηση της εξωσφαιρικής θερμοκρασίας κατά 18°K μόνο. Έτσι, όπως συμβαίνει και με την Γη, η άνω ατμόσφαιρα της Αφροδίτης φαίνεται να είναι πιο ευαίσθητη σε αλλαγές της ηλιακής δραστηριότητας μεγάλης χρονικής διάρκειας κι ακόμα, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι, οι μεταβολές στη σύσταση είναι μεγαλύτερες για τις μεγάλης χρονικής περιόδου μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας.

Οι δραστικές λοιπόν μεταβολές της ηλιακής δραστηριότητας επηρεάζουν την εξωσφαιρική θερμοκρασία, αυτή με τη σειρά της επιδρά στις χημικές αντιδράσεις που γίνονται στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης και ιδιαίτερα στην μεταβολή της ιονόσφαιρας και την χημική σύνθεση των νεφών της. Τα κυριότερα συστατικά της ανώτερης ατμόσφαιρας της Αφροδίτης είναι CO_2 , O , SO_2 , He τα οποία και μέτρησε το Pioneer orbiter. Οι Krasnopolsky και Parshev (1981) όπως και οι Yung και Demore (1982), μελέτησαν την φωτοχημεία της μεσόσφαιρας της Αφροδίτης κοντά στα 100 km και υπολόγισαν την χημική σύνθεση των συστατικών της συναρτήσει του ύψους (σχ. 17), ενώ στο σχ. 18 δίνεται μια κατανομή από (Bougher, 1986).

Η Αφροδίτη είναι ένας πλανήτης με μικρό μαγνητικό πεδίο, και με μία πρώτη προσέγγιση, επηρεάζει το επερχόμενο πλάσμα του ηλιακού ανέμου σαν να ήταν ένα υψηλώς αγώγιμο σφαιροειδές. Η πυκνή της ιονόσφαιρα, σχηματισμένη από φωτοϊονισμό του αρχικού ατομικού οξυγόνου της ανώτερης ατμόσφαιρας της Αφροδίτης, ευνοεί την διατήρηση ρευμάτων που αποκλείουν το διαπλανητικό μαγνητικό πεδίο και το πλάσμα από ύψη λίγων εκατοντάδων χιλιομέτρων από το έδαφος. Σ' αυτή την περιοχή, η ιονόσφαιρα έχει ένα άνω όριο, την ιονόπαυση όπως λέγεται. Ο ηλιακός άνεμος συγκρούεται και εκτρέπεται γύρω από την ιονόσφαιρα και πάνω από την ιονόπαυση όπου η προσπίπτουσα πίεση, κυρίως δυναμική, εξισορροπείται σχεδόν από την θερμική πίεση του ιονοσφαιρικού πλάσματος και κατόπιν συνεχίζει την αντίθετα προς τον ήλιο πορεία του. Στο σχήμα 19 φαίνεται με λεπτομέρεια η αλληλοεπίδραση του ηλιακού ανέμου με την

Αφροδίτη. Η πιο σημαντική διαφορά ανάμεσα στην αλληλοεπίδραση του ηλιακού ανέμου με την Αφροδίτη και με την αντίστοιχη στην Γη είναι ότι το «εμπόδιο» στη ροή του ηλιακού ανέμου από την Αφροδίτη, δεν δημιουργείται από ένα εσωτερικό διπολικό μαγνητικό πεδίο, αλλά από μία πυκνή ιονόσφαιρα. Οι Russell και Vaisberg (1983) προσπάθησαν να προσδιορίσουν το μαγνητικό πεδίο της Αφροδίτης ενώ σημαντική προσπάθεια για τον καθορισμό της έντασης του εσωτερικού πεδίου, έγινε από τους Phillips και Russell το 1986 που δίνουν όριο της διπολικής μαγνητικής ροπής 10^5 εκείνου της Γης. Το πεδίο αυτό, κατά το Russell και Vaisberg δεν παίζει σημαντικό ρόλο στην αλληλοεπίδραση του ηλιακού ανέμου με τον πλανήτη. Ενώ ο Knudsen et al (1982) ισχυρίζεται ότι υπάρχουν περιοχές μαγνητικών πεδίων με τιμές ~ 10 nT με κατεύθυνση προς και αντίθετα από τον ήλιο, που παρατηρήθηκαν στην ιονόσφαιρα να έχουν δημιουργηθεί από το παραμορφωμένο μαγνητικό πεδίο ενός εσωτερικού διπόλου, αντίθετα, οι μελέτες γύρω από την πολικότητα αυτών των πεδίων είναι σύμφωνες με την υπόθεση μιας διαπλανητικής προέλευσής τους (Luhmann και Russell 1983, Arubashi et al., 1985). Πολύχρονη μελέτη για την χρονική περίοδο 1975-1985 της θέσης του κρουστικού κύματος σε σχέση με την εξέλιξη της ηλιακής δραστηριότητας από το μέγιστο ως το ελάχιστο, έγινε από τους Alexander Russell (1985) τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται στο σχ. 20. Παρατηρούμε την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην ηλιακή δραστηριότητα (όπως δείχνεται από την ροή της F 10.7 και τον αριθμό των ηλιακών κηλίδων) και θέση του κρουστικού κύματος στο επίπεδο διαχωρισμού (terminator plane). Οι συγγραφείς αυτοί πιστεύουν ότι τα ιόντα που δημιουργούνται στον μαγνητοφλοιό, διαφοροποιούν την θέση του κρουστικού κύματος. Όταν ο ηλιακός κύκλος είναι κοντά στο μέγιστο, ο φωτοϊονισμός και η εναλλαγή φορτίου θα παράγουν περισσότερα πλανητικά ιόντα (κυρίως O⁺) πάνω από την ιονόπαυση εξ αιτίας της αυξημένης ηλιακής ροής ακτινοβολίας, όπως επίσης επειδή η ημερήσια εξωσφαιρική κλίμακα ύψους αυξάνει ανάλογα με την αύξηση της ηλιακής ροής ακτινοβολίας. Όσο περισσότερα ιόντα δημιουργούνται στον μαγνητοφλοιό, τόσο μακρύτερα από τον πλανήτη πρέπει να αναζητείται το κρουστικό κύμα. Τελευταία, ο Breus et al (1986) παρουσίασαν ένα δυναμικό πρότυπο αερίων για την αλληλεπίδραση του ηλιακού ανέμου με κάποιο εμπόδιο, το οποίο, στην εξίσωση συνέχειάς του περιλαμβάνει και έναν όρο που αντιπροσωπεύει τον φωτοϊονισμό της εξώσφαιρας θερμού οξυγόνου. Και βρήκαν, σε συμφωνία με τα παρατηρηθέντα αποτελέσματα, ότι το κρουστικό κύμα τοποθετείται μακρύτερα από τον πλανήτη, αν ληφθεί υπόψη ο όρος αυτός στην εξίσωση συνέχειας, από ότι θα βρίσκεται θεωρώντας ένα πρότυπο που δεν λαμβάνει υπόψη του αυτόν τον όρο. Θεωρητική ερμηνεία της ηλεκτρονικής και ιοντικής θερμοκρασίας της άνω ατμόσφαιρας της Αφροδίτης δόθηκε από Knudsen et al (1979), Negy et al (1979), Cravens et al (1980), και δίνεται στο σχ. 21. Κοντά στο αντιηλιακό (antisolar) σημείο, η ιοντική θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη από την ηλεκτρονική. Αυτό είναι αποτέλεσμα της θέρμανσης των ιόντων υψηλής ταχύτητας (Knudsen et al, 1980). Στο σχ. 22 (Taylor et al 1979), δίνουμε ένα παράδειγμα πυκνότητας των ιόντων διάφορων στοιχείων, ενώ στο σχ. 23 (Bauer et al, 1985) δίνουμε την πυκνότητα των ηλεκτρονίων σε συνάρτηση με το ύψος ($30^\circ < \text{sza} < 50^\circ$).

* Solar zenith angle

Συμπεράσματα

Η ατμόσφαιρα της Αφροδίτης, μετά την εξερεύνησή της από τα Vega 1 και Vega 2, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον δεδομένου ότι τώρα πλέον έχει γίνει αντιληπτό ότι υπάρχει ηφαιστιακή δραστηριότητα στο έδαφος της Αφροδίτης, με αποτέλεσμα να εκτοξεύονται αερολύματα που περιέχουν SO_2 και άλλα ηφαιστειογενή συστατικά τα οποία δημιουργούν πυκνά νέφη στα ύψη των 40-64 km από το έδαφος (Ksanfomaliti, 1985). Σε προγενέστερη εργασία (Macris and Petropoulos, 1978), είχαμε προβλέψει την ύπαρξη SO_2 στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης και προσδιορίστηκε το ποσοστό χρησιμοποιώντας μόνο τις μετρήσεις πυκνότητας των Vega 9 και 10. Το γαλλοσοβιετικό πείραμα, με την χρησιμοποίηση αεροστάτων για την εξερεύνηση των νεφών της Αφροδίτης (Sagdeev et al, 1986), απέδειξε ότι υπάρχει πράγματι SO_2 στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης και δημιουργείται μία αντιστροφή στα 62-64 km την οποία δεν είχαν παρατηρήσει τα προηγούμενα διαστημόπλοια (Petropoulos and Telonis 1988), (Linkin et al, 1986). Η ατμόσφαιρα της Αφροδίτης συνεπώς, έχει ένα μεταβλητό κλίμα, του οποίου οι μεταβολές οφείλονται τόσο στα ανοδικά και καθοδικά ρεύματα αέρος που παρατήρησαν τα διάφορα διαστημόπλοια (Mariner 10) όσο και σε μία υπερστροφή των νεφών της, περιόδου 4 ημερών. Το γεγονός ότι δεν γνωρίζουμε ακόμα καλά την χημική σύσταση του εδάφους, και δεν έχουμε προσδιορίσει ακριβώς την ηφαιστιακή δραστηριότητα της Αφροδίτης, δυσκολεύει την εξαγωγή συμπερασμάτων όσο αφορά την ατμόσφαιρά της. Βέβαια, οι παρατηρήσεις μικρού χρονικού διαστήματος και μετρήσεις του εδάφους με αναγνώριση των πετρωμάτων της από τα Venera και Vega 2, έδειξαν ότι υπάρχουν ραδιενεργά ισότοπα, και ότι οι βράχοι της Αφροδίτης αποτελούνται από τα συστατικά του πίνακα 7. Αυτά όμως δεν είναι αρκετά για να μελετήσουμε τις σχέσεις εδάφους ατμόσφαιρας της Αφροδίτης.

Εξ άλλου, η μελέτη της Ιονόσφαιρας της Αφροδίτης έχει γίνει από διάφορα διαστημόπλοια, και τώρα γνωρίζουμε ότι η Αφροδίτη, με το γεγονός ότι έχει πολύ μικρό μαγνητικό πεδίο, παρουσιάζει ιδιάζοντα τρόπο μεταβολής της ιονόσφαιράς της στο ηλιακό σύστημα. Η μεταβολή αυτή φαίνεται ότι εξαρτάται από την ηλιακή δραστηριότητα, με παρουσία ιόντων στην ανώτερη ατμόσφαιρά της και με την δημιουργία, από φωτοϊονισμό, ενός στέμματος αποτελούμενου από O^+ . Η επίδραση της ηλιακής δραστηριότητας με τις μεταβολές της ηλιακής ροής, έχει σαν αποτέλεσμα τις μεταβολές της χημικής σύνθεσης της ατμόσφαιρας της Αφροδίτης, εντονότερα πάνω από τα σύνεφα, αλλά και με πιθανά αποτελέσματα λόγω ανοδικών και καθοδικών ρευμάτων, στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Βέβαια η μελέτη της μεταβολής της χημικής σύνθεσης της Αφροδίτης από την ηλιακή δραστηριότητα, δεν είναι επαρκώς γνωστή, δεδομένου ότι δεν έχουμε δοθέντα παρά ενός μόνο ηλιακού κύκλου (σχ. 20). Απαιτείται λοιπόν περαιτέρω μελέτη προκειμένου να εξαχθούν συμπεράσματα όσο αφορά τις μεταβολές του κλίματος της Αφροδίτης, της μεταβολής της χημικής σύνθεσης της ατμόσφαιράς της και του κλίματός της. Η παρούσα εργασία, συγκεντρώνει το κατάλληλο βιβλιογραφικό υλικό προκειμένου να μελετηθεί αφ' ενός η μαγνητοϋδροδυναμική της ατμόσφαιράς της, η χημική σύνθεση των νεφών της και να διευκολυνθεί η εξερεύνηση της Αφροδίτης από τις μελλοντικές διαστημικές αποστολές, όπως αυτή του διαστημοπλοίου ΜΑΓΓΕΛΑΝΟΣ που έγινε πρόσφατα.

REFERENCES

1. Alexander C.J. and Russell C.T., 1985, *Geophys. Letters* 12, 369.
2. Anderson R.C., Pipes J.G., Broadfoot A.L., and Wallace L., 1969, *J. Atmos. Sci.* 26, 874-888.
3. Anderson D.E., Jr. 1976, *J. Geophys. Res.* 81, 1213-1216.
4. Andreichikov B.M., Mukhin L.M., Korchuganov B.N., Akhmetshin, I.K., Tokarev E.N., Medvedev A.V., Gol'dfel'd V.M., Fainboim V.M., Kalyzhnyi A.V., Petryanov I.V., Ogorodnikov B.I., Skitovich, V.I., *Sov. Astron. Letters*, 12 (1), 1986, 48.
5. Anon NASA SP 8010, 1974.
6. Avduesky V.S., Marov M. Ya., A.P., Rozhdestvensky M.K., *Kosmich Issled*, 1970, 8, 971.
7. Avduesky V.S., Moroz M. Ya., Kulikov N., Sbari V.P., Corbachevski A. Ya., Uspenkiy G.R., Cheremukhina Z.P., *Structure and Parameters of the Venus Atmosphere According to Venera Probe Data in Venus*, ed. Hunten D.M. Colin. L. Donahue D.M., Moroz V.I., University of Arizona Press, Tucson, 1983, 280-298.
8. Barker E.S. 1979, *Geophys. Res., Lett.* 6, 117-120.
9. Bauer S.J., Taylor H.A., *G. Res. Lett.* 1981, 8, 880.
10. Bauer S.J., Brace L.M., Taylor H.A., Jr., Breus T.K., Kliore A.J., Knudsen W.C., Nagy A.F., Russell C.T., Savich N.A., *Adv. Space Res.*, 5, (11), 233, 1985.
11. Belton M.J.S., and Hunten D.M., 1966, 'Water vapor in the atmosphere of Venus', *Astrophys. J.*, 146, 307-308.
12. Belton M.J.S., and Hunten D.M., 1968, *Astrophys. J.*, 153, 963-974, and Erratum, *Astrophys. J.*, 156, 797, 1969.
13. Brokaw, NASA TR-R-81, 1961.
14. Bertaux J.L., Blamont J.E., Lepine V.M., Kurt V.G., Romanova N.N., Smirnov A.S., *Planet. Space Sci.*, 29, 149-166.
15. Bertaux J.L., Lepine V.M., Kurt V.G., Smirnov A.S., *Icarus*, 1982, 52, 221.
16. Bertaux J.L., Ekonomov A.P., Mege b., Moroz V.I., Gnedych V.I., Grigorev A.V., Abergel A., Hauchecorne A., Pommereau J.P., Rigaud P., Moshkin B.E., Sergeeva S.B., *Sov. Astr. Lett.*, 12(1), 33, 1986.
17. Breus T.K., Krymskii A.M. and Mitnitskii V. Ya., 1986, *Planetary Space Sci.*
18. Bougher S.W., «Update of vertical structure given in NCAR 2-D model», 1986.
19. Brinton H.C., Taylor H.A., Jr., Niemann H.B., Mayr H.G., Nagy A.F., Cravens T.E., Strobel D.F., 1980, *Geophys. Res. Lett.*, 7, 865-868.
20. Connes P., Connes J., Kaplan L.D., and Benedict W.S., 1968, 'Carbon monoxide in the Venus atmosphere', *Astrophys. J.*, 152, 731-743.
21. Connes P., Noxon J.F., Traub W.A., and Carleton N.P., 1979, *Astrophysics J.* 233, L29-L32.
22. Cravens T.E., Combsi T.I., Kozyra J.U., Nagy A.F., 1980, *J. Geophys. Res.* 85, 7778-7786.
23. Cruikshank D.P., 1967, *Comm. Lunar Planet. Lab.* 6, 199-200.
24. Cruikshank D.P., and Kuiper G.P., 1967, *Comm. Lun. Planet. Lab.*, 6, 195-198.
25. Cruikshank D.P., and Still G.T., 1969, *Comm. Lun. Planet. Lab.*, 6, 204.
26. Dickinson R.E., *Icarus* 27, 479, 1976, *J. Atmos. Sci.* 1972, 1531, 29.
27. Donahue T.M., Hoffman J.H., and Hodges R.R., Jr., 1981, 'Krypton and xenon in the atmosphere of Venus', *Geophys. Res. Lett.*, 8, 513-516.
28. Donahue T.M., Hoffman J.H., Hodges R.R., and Watson A.J., 1982, *Science* 216, 630-633.
29. Donahue T.M., and Pollack J.B., 1983, 'Origin and evolution of the atmosphere of Venus', in *Venus*, eds. D.M. Hunten et al. Tucson, Arizona, USA: University of Arizona Press, 1003-1036.
30. Esposito, L.W., *Science*, 1984, 223, 1072.
31. Fjeldbo, G., Kliore A.J., Eshelman V.R., *Astron. J.* 1971, 76, 123.
32. Florensky C.P., Volkov V.P., Nikolaeva O.V., *Icarus*, 1978, 33, 537.
33. Fox J.L., 1982, *J. Geophysics Res.* 87, 9211-9215.
34. Gel'man B.G., Zolotukhin V.G., Lamonov N.I., Levchuk B.V., Lipatov A.I., Mukhin L.M., Nerarokov D.F., Rotin V.A., and Okhotkinov B.P., 1979, 'An analysis of the chemical composition of the atmosphere of Venus on an AMS of the Venera 12 using a gas chromatograph', *Kosm. Issled.* 17, 708-713.

35. Gel'man B.G., Zolotukhin V.G., Mukhin L.M., Lamonov N.I., Levchuk B.V., Nenarokov D.F., Okhotnikov B.P., Rotin V.A., and Lipatov A.I. 1980, *Space Res.* 20, 219-221.
36. Gel'man B.G., Drozdov Yu. V., Mel'nikov V.V., Rotin V.A., Khokhlov V.N., Bondarev V.B., Dol'nikov G.G., D'yachkov A.V., Fursov A.A., Mukhin L.M., Nenarokov D.F., Porshnev N.V., *Sov. Astron. Lett.*, 12 (1), 1986.
37. Geotzel, K.A., Lewis J.S., *J. Atmos. Sci.* 1974, 31, 828.
38. Good J.C., and Schloerb F.P., 1983, *Icarus* 53, 538-547.
39. Hansen J.E., *Astrophys. J.*, 1969, 15, 337.
40. Hansen J.E., Travis L.D., *Space Sci., Rev.* 1974, 16, 527.
41. Hansen J.E., Honnevier J.W., *J. Atm. Sci.*, 1974, 31, 1137.
42. Hartle, R.E., Taylor H.A., *Geophys. Res. Lett.*, 1983, 10, 965.
43. Hedin A.E., Niemann H.B., Kok W.T., Seiff A.J. *Geophys. Res.* 1983, 88, 73.
44. Hoffman J.H., Hodges R.R., Donahue T.M., and McElroy M.B., 1980, 'Composition of the Venus lower atmosphere for the Pioneer Venus mass spectrometer', *J. Geophys. Res.*, 85, 7882-7890.
45. Hoffman J.H., Oyama V.I., and Von Zahn U., 1980, 'Measurements of the Venus lower atmosphere composition: a comparison of results', *J. Geophys. Res.* 85, 7871-7881.
46. Hunten D.M., Mc Gill G.E., Nagy A.F., *Space Sci. Res.*, 1977, 20, 265.
47. Hunten D.M., Colin, Donahue T.M., Moroz V.I., in «Venus», edit. The University of Arizona Press, 1983.
48. Ingersoll A.P., Orton G.S., *Icarus*, 21, 121, 1974, and Pechman J.P., *J. Geophys. Res.* 1980, 85, 8219.
49. Istomin V.G., Grechnev K.V., and Kochenev V.A., 1983, 'Venera 13, Venera 14: mass spectrometry of the atmosphere', *Kosm. Issled.* 21, 410-420.
50. Janssen M.A., and Klein M.J., 1981, *Icarus* 46, 58-69.
51. Jenkins E.B., Morton D.C., and Sweigart A.V., 1969, *Astrophys. J.*, 157, 913-924.
52. Keating G.M., Tolson R.H., Hinson E.W., *Science* 1979, 203, 772.
- 53.
54. Keating G.M., Nicholson J.Y., Lake L.R., *Geophys. Res.* 85, 1, 7947, 1980.
55. Keating G.M., Niemann H., Taylor H., Nicholson J., Fox J., 1981, 'The response of the Venus upper atmosphere to solar activity variations'. Paper presented at the International Conference on the Venus Environment, Palo Alto, California, 1981.
56. Keating G.M., Bertaux J.L., Baugher S.W., Cravens T.E., Dickinson E.E., Hedin A.E., Krasnopolsky V.A., Nagy A.F., Von Zahn U., *Adv. Space Res.*, 5, 11, 1985.
57. Khodakovskiy I.I., *Planet Space Sci.* 30, 803, 1982.
58. Khodakovskiy V.A., *Kosmich Issled.*, 18, 899, 1980.
59. Kliore A.L., Patel I.R., *J. Geophys. Res.* 85, 7959, 1980.
60. Kliore A.J., *Adv. Space Res.*, vol 5, 9, 41, 1985.
61. Kolosov M.A. et al. *Kosmich Issled.* 16, 278, 1978.
62. Krasnopolsky V.A., Parshev V.A., Photochemistry of the Venus atmosphere, in «Venus», edited by D.M. Hunten, The University of Arizona Press, 431, 1983, *Nature*, 292, 610, 1981.
63. Krasnopolsky V.A., Krysko A.A., Rogachev V.N., Parshev V.A. *Kosmich Issled* 14, 789, 1976.
64. Krasnopolsky V.A., *Kosmich. Issled.* 18, 899, 1980.
65. Knollenberg R.G., Hunten D.M., *J. Geophys. Res.*, 85, 8039, 1980.
66. Knudsen W.C., Spenner K., Whitten R.C., Spreiter J.R., Miller K.L., Novak V., 1979, *Science* 203, 757-763.
67. Knudsen W.C., Banks P.M., Miller K.L., 1982, *Geophys. Res. Lett.*, 9, 765-769.
68. Ksanfomality L.V., *Icarus*, 41, 36, 1980. *Astron. Zh.* 54, 1110, 1977.
69. Ksanfomality L.V., *Adv. Space Res.*, 5, 9, 1985.
70. Kuiper G.P., "Survey of planetary atmospheres", in the Atmospheres of the earth and planets, 1st ed. Chicago: The University of Chicago Press, 304.
71. Kuiper G.P., 1969, *Comm. Lun. Planet. Lab.*, 6, No 101, 229-250.
72. Kumar S., Hunken D.M., and Taylor H.A., Jr. 1981, *Geophys. Res. Lett.* 8, 237-240.
73. Kumar S., and Taylor H.A., 1985, *Icarus*, 62, 494-504.
74. Linkin, V.M., Blamont J.E., Lipatov A.N., Devyatkin S.I., D'yachov A.V., Ignatova S.P., Kerzhanovich V.V., Khlyustova L.I., Malique C., Sanotskil Ya. V., Shurupov A.A., Stadnyk B.I., Stolyarchuk P.G., Terterashvili A.V., *Sov. Astron. Lett.*, 12 (1), 140, 1986.

75. Luhmann J.G., Russell C.T., Spreiter J.R., Stahara S.S., 1985, *Adv. Space Res.*, 5, 307.
76. Luhmann J.G., *Space Sci. Rev.*, 1986, 241.
77. Luhmann H.G., Russell C.T., 1983, *Geophys. Res. Letters*, 10, 409.
78. Marubashi K., Grebowsky J.M., Taylor H.A., Jr., Luhmann J.G., Russell C.T., Barnes A., 1985, *J. Geophys. Res.*, 90, 1385.
79. Macris C.J., Petropoulos B.C., *Com. Rend. Acad. Sci.* 287, 239, 1978, *Com. Rend. Acad. Sci.* 290, 35, 1980.
80. Marov M. Ya., *Icarus*, 415, 1972.
81. Marov M. Ya., *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* 16, 141, 1978.
82. Marov M. Ya., Lystsev V.E., Lebedev V.N., *Preprint Inst. Prikl. Mat. Keldysha Akad. Nauk SSSR* No 144, 1978.
83. Moroz V.I., *Astron. Zh.* 40, 144, 1963.
84. Moroz V.I., 1964, *Astron. Zh.* 41, 711-719.
85. Moroz V.I., 1981a, *Kosm. Issled.* 19, 591.
86. Moroz V.I., 1981b, *Space Science Reviews* 29, 3-127.
87. Moroz V.I., 1983a, 'Stellar magnitude and albedo data of Venus', in *Venus*, eds. D.M. Hunten et al. Tuscon, Arizona, USA: The University of Arizona Press, 27-35.
88. Moroz V.I., 1983b, 'Summary of preliminary results of the Venera 13 and Venera 14 missions', in *Venus*, eds. D.M. Hunten et al. Tuscon, Arizona, USA: University of Arizona Press, 45-68.
89. Moroz V.I., Ekonomov A.P., Golovin Yu. M., Moshkin B.E., and Sanko N.F., 1981, 'Water vapor and sulfur in the Venus atmosphere according to optical spectrophotometry data', *Moscow Space Research Institute, USSR Academy of Sciences*.
90. Moroz V.I., Ekonomov A.P., Golovin Yu. M., Moshkin B.E., and Sanko N.F., 1983, *Icarus* 53, 509-537.
91. Moroz V.I., Ekonomov A.P., and Moshkin B.E., 1983, 'Proposals for VIRA (Venus International Reference Atmosphere): solar and thermal radiation', *Preprint Pr-829, Moscow: Space Research Institute, USSR Academy of Sciences*.
92. Moshkin B.E., Moroz V.I., Gnedych V.I., Grigor'ev A.V., Zasova L.V., Ekonomov A.P., *Sov. Astron. Letters*, 12 (1), 36.
93. Mukhin L.M., Gelman B.G., Lamonov N.I., Melnikov V.V., Nerazkov D.F., 'Gas chromatographical analysis of the chemical composition of the atmosphere of Venus by Venera 13 and 14', *Kosm. Issled.* 21, 225-230.
94. Nagy A.F., Cravens T.E., Chen R.H., Taylor H.A., Jr. Brace L.H., Brington H.C., 1979, *Science* 205, 107-109.
95. Niemann et al *Sciences*, 205, 54, 1979.
96. Niemann H.B., Kasprzak W.T., Hedin A.E., Hunten D.M., Spencer N.W., *J. Geophys. Res.* 85, 7817, 1980.
97. Oertel D., Yahn H., Becher, Ross H., Stadthaus W., Schaffer K., Spankuch D., Dohler W., Nopirakowski Y., Moroz V.I., Linkin V.M., Kerzhanovich V.V., Mazygorin I.A., Lipatov A.N., Shurupov, A.A., Zasova L.V., and Ustinov E.A., 1984, Paper submitted to the workshop on the Venus atmosphere and Ionosphere (including VIRA), Graz, Austria, June 25-28, 1984.
98. Owen T., *J. Atmos. Sci.* 25, 583-585.
99. Owen T., and Sagan C., 1972, *Icarus* 16, 557-568.
100. Oyama V.I., Carle G.G., Woeller F., Pollack J.B., *Science* 203, 802, 1980.
101. Petropoulos B., Banos C., *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 58.
102. Petropoulos B., *Earth Moon and Planets*, 1988.
103. Petropoulos B. and Telonis P., *Earth Moon and Planets*, 45, 1988.
104. Pettengill G.H., Eliason E., Ford P.G., Lorient G.B., Mazursky H., McGill G.E., *J. Geophys. Res.*, 85, 8261, 1980.
105. Phillips J.L. and Russell C.T., *Adv. Space Res.* 5, 9.
106. Pollack J.B., Toon O.B., and Boese R., 1980, *J. Geophys. Res.*, 85, 8223-8231.
107. Pollack J.B., Toon, Whitten R.C., Boese R., Ragent B., Tomasko M., Esposito L., Travis L., and Wiedman D., 1980, *J. Geophys. Res.* 85, 8141.
108. Ragent B., Blamont J., 1980, *J. Geophys. Res.*, 85, 8089, 8105.

109. Russell C.T., and Vaisberg O., 1983, in D.M. Hunten, L. Colin, T.M. Donahue, and V.I. Moroz (eds.) *Venus*, Univ. of Arizona Press. Tucson, Arizona, 873.
110. Russell C.T., Eiphic R.C., Luhmann J.G., Slavin J.A., 1980, *Proc. Lunar Planet Sci. Conf.* 11th, 1987.
111. Segdeev R.Z., Moroz V.I., *Sov. Astron. Lett.*, 12 (1), 1986, 1.
112. Sagdeev R.Z., Matveenko L.I., Linkin V.M., Kerzhanovich V.V., *Sov. Astron. Letters*, 12 (1), 1986, 6.
113. Sanko N.F., 1980, *Kosm. Issled.* 18, 600-608.
114. Schloerb F.P., Robinson S.E., and Irvine W.M., 1980, *Icarus* 43, 121-127.
115. Schubert et al, *J. Geophys. Res.*, 85, 8261, 1980.
116. Seiff A., Kirk D.B., *Icarus* 49, 49, 1982.
117. Seiff A., Kirk D., Sommers S., Young R., Blanchard R., Jurgens D., Lepetich J., Intrieri P., Findlay J., Derr D., *Science* 203, 787, 1979.
118. Seiff A., Hunten D.M., Colin F., Dohhave T.M., Moroz V.I., in «VENUS», ed. University of Arizona Press Tucson, 215, 1982.
119. Seiff A., Shofield T., Kliore A.J., Taylor F.W., Limaye S.S., Revercomb H.E., Sromovsky L.A., Kerzanovich V.V., Moroz V.I., Marov M. Ya., *Adv. Space Res.* 5, 11, 358, 1985.
120. Shapiro I. I. et al *Science* 203, 775, 1979.
121. Shaya E., Cadwell J., *Icarus*, 27, 255, 1976.
122. Shubert G., Cavey C., Del. Genio A., Elson L.S., Keating G., Seiff A., Young R.E., Apt., J., Counselman C.C. III, Kliore A.J., Limaye S.S., Revercomb H.E., Sromovsky L.A., Suomi V.E., Taylor F., Woo R., Von Zahn U.J., *Geophys. Res.* 85, 8007, 1980.
123. Smirnova T.V., and Kuzmin A.D., 1974, *Pis'ma Astron. Zh.*, 607-610.
124. Smith R.E., West G.S., *NASA T.M.*, 82478, 1983.
125. Sprinrad H., 1962, *Icarus* 1, 266-270.
126. Sprinrad H., and Richardson E.H., 1965, 'An upper limit to the molecular oxygen content of the Venus atmosphere', *Astroph. J.* 141, 282-286.
127. Sromovsky L.A., Revercomb H.E., Suomi V.E., *Adv. Space Res.*, 591, 37, 1985, *Icarus*, 62, 485, 1985.
128. Steffes P.G., Eshleman V.R., *Icarus* 51, 322, 1982.
129. Stewart A.I., Barth C.A., *Science*, 205, 59, 1979.
130. Surkov Yu. A., Andreichikov B.M., and Kalinkina O.M., 1974, *Space Res.* 14, 673-678.
131. Surkov Yu. A., Ivanova V.F., Pudov A.N., Ravlenko V.A., Davydov N.A., and Sheynin D.M., 1983, *Kosm. Issled.* 21, 231-235.
132. Surkov Yu. A., Sheglov O.P., Ryykin M.L., Davydov N.A., Sheinin D.M., Zhitnikov D.E., *Sov. Astr. Lett.*, 12 (1), 1986, 31.
133. Takacs P.Z., Broadfoot A.L., Smith G.R., Kuman S., 1980, *Planet. Sci.* 28, 687-701.
134. Taylor F.W., 1979, *Science* 2, 752.
135. Taylor H.A., Jr., Brington H.C., Bauer S.J., Harlte R.E., Cloutier P.A., Daniell R.E., Jr., and Donahue T.M., 1979, *Science* 205, 96-99.
136. Taylor F.W., Beer R., Chohine M.T., Diner D.J., Elson L.S., Haskins R.D., McCleese D.J., Martonchik J.V., Reichlev P.E., Bradley S.P., Delderfield J., Schofield J.T., Farmer C.B., Froidveaux L., Leung J., Coffey M.T., Gille J.C., 1980, *J. Geophys. Res.*, 85, 7963.
137. Taylor F.W., 1980, *J. Geophys. Res.*, 85, 6819, 7963.
138. Taylor F.W., Schofield J.T., Valdes P.I., *Adv. Space Res.*, 1985, 5, 9, 5-7.
139. Taylor H.A., Jr., Brington H., Niemann H., Mayr H., Hartle R., Barnes A., Larson J., 1985, *Adv. in Space Res.* 5, 9, 125-128.
140. Traub W.A., and Carleton N.P., 1974, 'Observations of O, HO and HD in planetary atmospheres', in *Exploration of the planetary system*, eds. A. Wozzcyk and C. Iwaniszewska. Dordrecht, the Netherlands: R. Reidel Publishing Company, 223-228.
141. Trauger J.T., and Lunine J.I., 1983, *Icarus* 55, 272-281.
142. Ustinov E.A., and Moroz V.I., 1978, *Kosm. Issled.* 16, 127-133.
143. Vinogradov A.P., Surkov Yu.A., Andrejchikov B.M., Kalinkina O.M., and Grechischeva I.M., 1971, *Space Res.* 11, 129-140.
144. Von Zahn U., Krankowsky D., Mauersberger K., Nier A.O., Hunten D.M., 1979, *Science* 203, 768.

145. Von Zahn U., Fricke K.H., Hunten D.M., Drankowsky D., Maversberger K., Nier A.O., 1980, *J. Geophys. Res.* 85, 7829.
146. Von Zahn U., Kumar S., Niemann H., Prinn R., 1983, 'Composition of the Venus Atmosphere', in Hunten D., Colin L., Donahue T., Moroz V., (eds.), *Venus*, University of Arizona Press, 229-430.
147. Von Zahn U. and Moroz V.I., 1984, Contribution for the 'Cospar Venus International Reference Atmosphere', 25th Plenary Meeting Committee on Space Research Graz.
148. Vinogradov A.P., Surkov Yu. A., and Andrejchikov B.M., 1970, *Kosmich. Issled* 8, 758.
149. Width R., 1940, *Astroph. J.* 92, 247-255.
150. Wilson W.J. and Klein M.J., 1981, 'Venus: observed variations in the carbon monoxide distribution', Paper presented at International Conference on the Venus Environment, Palo Alto, California, 1981.
151. Wilson W.J., Klein M.J., Kakar R.K., Gulkis S., Olsen E.T., and Ho P.T.P., 1981, 'Venus I. Carbon monoxide distribution and molecular-line searches', *Icarus* 45, 624-637.
152. West G.S., Wright J.J., and Fuller H.C., 1977, *NASA T.M.*, 78119.
153. Yakolev O.I., et al., 1976, *Kosmich. Issled.* 14, 722.
154. Young L.D.G. and De More, 1982, *Icarus* 51, 199.
155. Young L.D.G., *Icarus* 17, 632-658.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΜΕΤΙΣΤΑ ΟΡΙΑ ΑΕΡΙΩΝ

ΑΕΡΙΟ	ΥΨΟΣ (km)	ΑΝΑΛΟΓΙΑ	ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
CO ₂	0-100	0.965±0.008	von Zahn et al, 1983
N ₂	0-100	0.035±0.008	von Zahn et al, 1983
He	0-100	1.2x10 ⁻⁵ (a), (b)	von Zahn et al, 1980
	0-100	6x10 ⁻⁷ (a), (b)	Hedin et al, 1983
	0-100	4.5x10 ⁻⁴ (a)	Donahue & Pollack, 1983
	0-100	7x10 ⁻⁶	von Zahn et al, 1983
Ne	0-100	7x10 ⁻⁵	von Zahn et al, 1983
Ar	0-100	7x10 ⁻⁵	von Zahn et al, 1983
Kr	(*)	5x10 ⁻⁸ (a)	Donahue et al, 1981
	49 ως 37	7x10 ⁻⁷	Mukhin et al, 1983
	26 ως 0	2x10 ⁻⁸	Istomin et al, 1983
	52	<4x10 ⁻⁵	Oyama et al, 1980
	42	<1x10 ⁻⁵	"
	22	<2x10 ⁻⁶	"
	<24	<2x10 ⁻⁷ (b)	Hoffman et al, 1980
	<26	<7x10 ⁻⁹ (c)	Istomin et al, 1983
	<20	<1.2x10 ⁻⁷	Donahue et al, 1981
	<20	<4x10 ⁻⁸	Donahue & Pollak, 1983
CO	100	3.5 ως 14x10 ⁻⁴ (a)	Wilson & Klein, 1981
	90	2x10 ⁻⁴	"
	75	<0.4 ως 11x10 ⁻⁵ (a)	Schloerb et al, 1980
	(**)	4.5x10 ⁻⁵	Moroz, 1963, 1964
	(**)	3x10 ⁻⁵	Connes et al, 1968
	52	3x10 ⁻⁵	Oyama et al, 1980
	42 ως 36	3x10 ⁻⁵	Gelman et al, 1979
	32	2x10 ⁻⁵	Gelman et al, 1979
	42	3x10 ⁻⁵	Oyama et al, 1980
	22	2x10 ⁻⁵	"
	20	20±0.4.10 ⁻⁶	Hoffman et al, 1980
	75	<1x10 ⁻⁵	Wilson & Klein, 1981
O ₂	52	4.4x10 ⁻⁵	Oyama et al, 1980
	42	1.6x10 ⁻⁵	"
	58 ως 35	1.8x10 ⁻⁵	Mukhin et al, 1983
	(**)		Sprinrad & Richardson, 1965
	(**)	<8x10 ⁻⁵ (a)	Belton & Hunten, 1966, 1969
	(**)	<2x10 ⁻⁵ (b)	"
	(**)	<1x10 ⁻⁶	Traub & Carleton, 1974
	(**)	<3x10 ⁻⁷	Trauger & Lunine, 1983
	(**)	<5x10 ⁻⁵	Moroz, 1981
	60 ως 0	<3x10 ⁻⁵	Hoffman et al, 1980a
	52	<10 ⁻³	Vinogradov et al, 1971
	46	<10 ⁻³	Gelman et al., 1979
	42 ως 0	<2x10 ⁻⁵	Hoffman et al., 1980b
	<24	<3x10 ⁻⁵	"
O ₂ (¹ Δ)	Dayglow=1MR		Connes et al, 1979
O ₃	>95	<2x10 ⁻⁶	Wilson et al, 1981
	95 ως 70	<6x10 ⁻⁶	"
	94	<10 ⁻⁶	Krasnopolsky, 1980
	85	<1.5x10 ⁻⁷	"
	77	<10 ⁻⁷	"
	(**)	<3x10 ⁻⁸	Anderson et al, 1969
	(**)		Jenkins et al, 1969
	(**)	<3x10 ⁻⁹	Owen & Sagan, 1972
	(**)		Connes et al, 1979
	O ₂ +O(¹ D)→ O ₃	1.5MR	

C3O2	(*)	<5x10 ⁻⁷	Moroz, 1963
	(**)		Cruikshank and Sill, 1967
	(**)		Owen, 1968
	(**)	<5x10 ⁻⁷	Kuiper, 1969
	(**)	<1x10 ⁻⁶	Anderson et al., 1969
	(**)		Jenkins et al., 1969
	(**)	<10 ⁻⁷	Owen and Sagan, 1972
	σπαράσζαυρα	2x10 ⁻⁵	Kumar et al, 1981
H2	58 ωC 49	2.5x10 ⁻⁵	Mukhin et al,1983
	52	<2x10 ⁻⁴	Oyama et al.,1980
	42	<7x10 ⁻⁵	"
	22	<1x10 ⁻⁵	"
HCl	(**)	4x10 ⁻⁷	Connes et al, 1967
	(**)	<10 ⁻⁶	Young, 1972
HF	(**)	5x10 ⁻⁹	Owen and Sagan, 1972
HCN	<95	<2x10 ⁻⁸	Connes et al., 1967
	95 ωC 70	<4x10 ⁻⁸	Wilson et al., 1981
	(**)	<10 ⁻⁶	"
			Connes et al.. 1967
H2O	58-60	1-10 ppm	Oertel et.al (1985)
	58 ωC 49	7x10 ⁻⁴	Mukhin et al, 1983
	50 ωC 46	2x10 ⁻³ (*)	Ukharov and Moroz, 1984
	45	2x10 ⁻⁴	Surkov et al., 1983
	42	5.2 x10 ⁻³ (**)	Moroz, 1983a,b
	22	1.4x10 ⁻³ (**)	Oyama et al., 1980
	0	2x10 ⁻⁵ (**)	"
	>95	<4x10 ⁻⁶	Moroz,1983a,b
	95 ωC 70	<5x10 ⁻⁵	Wilson et al,1981
	(**)	<10 ⁻⁵	"
	(**)		Sprinrad,1962
	(**)		Belton and Huntten,1966
	(**)		Connes et al.1967
	52	<10 ⁻³	Owen,1968
	42 ωC 0	<5x10 ⁻⁵	Hoffman et al.,1980a
	42 ωC 0	<1x10 ⁻⁴	Gelman et al.,1980a
	<24	<10 ⁻³	Gelman et al, 1980
		1.6x10 ⁻²	Hoffman et al.,1980b
HDO/H2O		1x10 ⁻⁶	Donahue et al.,1982
H2S	ω 55	8x10 ⁻⁵ (*)	Hoffman et al, 1980b
	37 ωC 29	3x10 ⁻⁶	Mukhin et al, 1983
	<20	<2x10 ⁻⁴	Hoffman et al, 1980b
	(**)	<3x10 ⁻⁷	Cruikshank, 1967
	(**)	<1x10 ⁻⁷	Anderson et al,1969
	(**)	<4x10 ⁻⁵	Owen and Sagan,1972
	52	<1x10 ⁻⁵ (**)	Oyama et al, 1980
	42	<2x10 ⁻⁶	"
	22	4x10 ⁻¹¹	Sanko, 1980
S3	23		"
S8	94	3x10 ⁻⁶	Krasnopolsky, 1980
	85	3x10 ⁻⁷	"
	77	1.5x10 ⁻⁷	"
Sx	52	8x10 ⁻⁸	San'ko, 1980
SO	>95	<2x10 ⁻⁸	Wilson et al, 1981
	95 ωC 70	<5x10 ⁻⁸	"
SO2	69	0.3 μ1x10 ⁻⁸	Esposito, 1984
	(**)	0.2 ωC 5x10 ⁻⁷	Moroz et al, 1984
	65	1 ppm	Barker, 1979
			Oertel et al (1985)

SO ₂	58	4x10 ⁻⁶	Winick and Stewart, 1980
	22	2x10 ⁻⁴	Oyama et al, 1980
	22	1.3x10 ⁻⁴	Gelman et al, 1979
	>95	<2x10 ⁻⁷	Wilson et al, 1981
	95 WC 70	<6x10 ⁻⁷	"
	94	<3x10 ⁻⁶	Krasnopolsky, 1980
	85	<3x10 ⁻⁷	"
	77	<1.5x10 ⁻⁷	"
	(**)	<3x10 ⁻⁸	Cruikshank and Kuiper, 1967
	(**)	<3x10 ⁻⁷	Anderson et al, 1969
	(**)	<1x10 ⁻⁸	Jenkins et al, 1969
	(**)	<1x10 ⁻⁸	Owen and Sagan, 1972
	(**)	<5x10 ⁻⁹	Shaya and Caldwell, 1976
	55	<1x10 ⁻⁵	Hoffman et al, 1980b
	52	<6x10 ⁻⁴	Oyama et al., 1980
	50	<2x10 ⁻⁵	Good and Schloerb, 1983
	<50	<2x10 ⁻⁴ (S)	Janssen and Klein, 1981
<24	<3x10 ⁻⁴	Hoffman et al., 1980b	
H ₂ SO ₄	48	<9x10 ⁻⁵	Steffes and Eshleman, 1982
	56 WC 35	2x10 ⁻⁷	Mukhin et al., 1983
CS	>95	<9x10 ⁻⁹	Wilson et al, 1981
	95 WC 70	<5x10 ⁻⁸	"
CS ₂	94	<10 ⁻³	Krasnopolsky, 1980
	85	<5x10 ⁻⁵	"
	77	<4x10 ⁻⁵	"
	(**)	<5x10 ⁻⁸	Barker, 1979
COS	37 WC 29	<4x10 ⁻⁵ (S)	Mukhin et al., 1983
	>95	<5x10 ⁻⁷	Wilson and Klein, 1981
	95 WC 70	<8x10 ⁻⁸	"
	(**)	<10 ⁻⁶	Cruikshank, 1967
	(**)	<10 ⁻⁸	Kuiper, 1969
	(**)	<2x10 ⁻⁷	Anderson et al, 1969
	(**)	<10 ⁻⁷	Owen and Sagan, 1972
	52	<4x10 ⁻⁵	Oyama et al., 1980
	42	<1x10 ⁻⁵ (S)	"
	>24	<3x10 ⁻⁶ (S)	Hoffman et al., 1980b
	22	<2x10 ⁻⁶ (S)	Oyama et al., 1980
0 WC 20	<5x10 ⁻⁴	Hoffman et al., 1980b	
NH ₃	44 WC 32	10 ⁻³ WC 10 ⁻⁴	Surkov et al., 1974
	(**)		Moroz, 1963
	(**)	<3x10 ⁻⁸	Kuiper, 1969
	(**)		Jenkins et al., 1969
	(**)	<10 ⁻⁷	Owen and Sagan, 1972
	(**)	<1.6x10 ⁻⁵ (S)	Smirnova and Kuzmin, 1974
NO	(**)		Jenkins et al., 1969
	(**)	<10 ⁻⁶	Owen and Sagan, 1972
NO ₂	94	<4x10 ⁻⁶	Krasnopolsky, 1980
	85	<3x10 ⁻⁷	"
	77	<2x10 ⁻⁷	"
	(**)	<8x10 ⁻⁷	Anderson et al., 1969
	(**)		Jenkins et al., 1969
	(**)	<10 ⁻⁸	Owen and Sagan, 1972
	(**)	<5x10 ⁻¹⁰	Moroz et al., 1979a, b
	(**)	<1x10 ⁻⁵	Moroz et al., 1981b, 1983a
N ₂ O	>95 WC 70	<5x10 ⁻⁶	Wilson et al., 1981
	(**)	1x10 ⁻⁵	"
	(**)	4x10 ⁻⁵	Kuiper, 1949
	(**)	2x10 ⁻⁴ (S)	Moroz, 1963
	52	7x10 ⁻⁵	Oyama et al., 1980
	42	7x10 ⁻⁵	"
	22	1x10 ⁻⁵	"

N ₂ O ₄	(***)	< 4x10 ⁻⁸	Owen and Sagan, 1972
	70	10 ⁻⁶	Pollack et al., 1980
Cl ₂	94	< 10 ⁻⁵	Krasnopolsky, 1980
	85	< 7x10 ⁻⁷	"
	77	< 4x10 ⁻⁷	"
	< 24 ⁽ⁱ⁾	< 10 ⁻⁵	Hoffman et al., 1980b
	(*)	< 10 ⁻⁸	Moroz et al., 1979b
	(**)	< 10 ⁻⁷	Moroz, 1981-Moroz et al, 1981a
	(***)	< 10 ⁻⁷	Moroz et al., 1981b, 1983a
Br ₂	94	< 10 ⁻⁵	Krasnopolsky, 1980
	85	< 1.5x10 ⁻⁶	"
	77	< 1.5x10 ⁻⁶	"
	(*)	< 10 ⁻¹⁰	Moroz et al., 1979a
	(**)	< 2x10 ⁻¹⁰	Moroz et al., 1981b
	(***)	< 2x10 ⁻¹¹	Moroz et al., 1983a
Hg	< 24	< 5x10 ⁻⁶	Hoffman et al., 1980b
CH ₃ β' ανώτερες αλκυένες (***)		< 10 ⁻⁶	Owen and Sagan, 1972
CH ₄	(***)		Kuiper, 1949
	(***)		Moroz, 1963
	(***)	< 10 ⁻⁶	Connes et al., 1967
	52	< 1x10 ⁻⁵	Oyama et al., 1980
	42	< 3x10 ⁻⁶	"
	22	< 6x10 ⁻⁷	"
C ₂ H ₂	(***)	< 10 ⁻⁶	Connes et al., 1967
C ₂ H ₄	(***)		Kuiper, 1949
	(***)		Moroz, 1963
	52	< 2x10 ⁻⁵	Oyama et al., 1980
	42	< 7x10 ⁻⁶	"
	22	< 1x10 ⁻⁶	"
C ₂ H ₆	< 24	< 2x10 ⁻⁶	Hoffman et al., 1980b
	(***)		Kuiper, 1949
	52	< 2x10 ⁻⁵	Oyama et al., 1980
	42	< 7x10 ⁻⁶	"
	22	< 1x10 ⁻⁶	"
C ₃ H ₈	52	< 2x10 ⁻⁵	Oyama et al., 1980
	42	< 3x10 ⁻⁵	"
	22	< 5x10 ⁻⁶	"
CH ₃ F	(***)	< 10 ⁻⁶	Connes et al., 1967
CH ₃ Cl	(***)	< 10 ⁻⁶	Connes et al., 1967
CH ₂ O	> 95	< 7x10 ⁻⁷	Wilson et al., 1981
	95 ως 70	< 2x10 ⁻⁶	"
	(***)		Wildt, 1940
	(***)	< 10 ⁻⁶	Owen and Sagan, 1972
CH ₃ COCH ₃ και ανώτερες κετόνες : μόνο στο όριο όριου (***)		< 10 ⁻⁶	Owen and Sagan, 1972

(*) = χαμηλότερη αξιολόγηση

(**) = πλήρως της κορυφής των τιμών (σπίρην 80 km από το έδαφος)

(i) = υπέρλιον αλληλοσυσχετισμένα δεδομένα που δεν περιλαμβάνονται να εδαφολόγησης.

(ii) = τιμή από δεδομένα όμοιων των 130 km από το έδαφος (αυτοκαταλυτές).

(b) = περιεκτικότητα που αντιστοιχεί στο ⁶⁰ Kr.

(c) = περιεκτικότητα που αντιστοιχεί σε ¹³⁶ Xe + ¹³⁸ Xe.

(d) = το ποσό των τιμών των κλασμάτων, περιλαμβάνει την παρατηρηθείσα πυκνότητα μεσοσφαιρική.

(e) = υπό το μόνιμο ανέμο.

(f) = μονάδα αναλογιστικής-αυτομάτως.

(g) = θεωρητικές σταθερές περιεκτικότητας κάτω των 90 km.

(h) = η βελτιστή εκτίμηση είναι βασικά να είναι σημαντικά υψηλότερη, εξαρτάται από τις συστηματικές ελλείψεις αερίων (Oyama et al., 1980)

(i) = Cl

ΠΙΝΑΚΑΣ 4

Πειράματα των VEGA και όργανα μέτρησης (Sagdeev και Monoz, 1966)

Πείραμα ή Όργανο μέτρησης	Παράμετροι ^{μεγέθη} που μετρήθηκαν	Ύψος (km)
Μετεωρολογία	Πίεση και θερμοκρασία	63-0
Ανάλυση Dopplet της φέρουσας συχνότητας χρωματογράφος αερίου Sigma 3	Ταχύτητα ανέμου, στροβιλισμός Χημική σύσταση αερολυμάτων και ατμοσφαιρικών αερίων	63-0 63-47
φασματόμετρο μάζας Μαλαχίτη	Σύσταση αερολυμάτων και αερίων	63-24
ISAV-C Υπεριώδες φασματόμετρο	Χημική σύσταση των ατμοσφαιρικών αερίων	63-0
Υγρόμετρο	Ατμοσφαιρική περιεκτικότητα σε H ₂ O.	63-30
IFP φασματόμετρο φθορισμού ακτίνων-χ/συλλέκτης σωματιδίων	Σύσταση των στοιχείων των αερολυμάτων	63-47
Οπτικός αναλυτής αερολυμάτων ISAV-A	Φάσμα μεγέθους σωματιδίων, αριθμητική πυκνότητα, σχημα-δείκτης διάθλασης, συντελεστής ανασκέδασης· νευκρημότη- της τροπόσφαιρας	63-30
ISA φασματόμετρο μεγέθους σωματιδίων	Φάσμα μεγέθους σωματιδίων, αριθμητική πυκνότητα	63-47
φασματόμετρο φθορισμού ακτίνων-χ / δειγματολήπτης εδάφους	Σύσταση στοιχείων του εδάφους	Επιφάνεια
φασματόμετρο ακτίνων γάμμα	Περιεκτικότητες ραδιενεργών στοιχείων του εδάφους	Επιφάνεια
Πειράματα Εδαφοχημεικού	Αντοχή υλικών	Επιφάνεια

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 (SURKOV ET AL, 1986)

Μέτρηση υδρατμών των VEGA στην ατμόσφαιρα της Αφροδίτης
(% κατ'όγκο)

Υψος από την επιφάνεια	VEGA-1	VEGA-2
55-60	0.20±0.05	0.05 ±0.03
45-50	0.10±0.03	0.10±0.03
25-30	0.02±0.005	0.012±0.005

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 (SAGDEEV and MOROZ, 1986)

Πείραμα ή όργανο μέτρησης	Παράμετροι και μεγέθη που μετρήθηκαν
Πολύ μεγάλο συμβολόμετρο της τροχιάς του αερόστατου	Θέση, μέση ταχύτητα (συγκρουόμενων σωματιδίων)
Μετάθεση DOPPLER του ραδιοσήματος	Μέση ταχύτητα συγκρουόμενων σωματιδίων, στροβιλισμός
Μετεωρολογία	Πίεση, θερμοκρασία, κατακρύβη ταχύτητα ανέμου, φωτισμός
Νεφελόμετρο	Συντελεστής ανασκέδασης

ΠΙΝΑΚΑΣ 6

Κατανομή υδρογόνου στην εξώσφαιρα της Αφροδίτης από δεδομένα της Lyman α (Bertaux et al, 1981), (Keating et al., 1985)

	Martian 5'	Martian 30'	Venus 11, 12'
Thermal Component			
Day-side temperature (K)	275 ± 30	275 ± 30	300
Day-side density* (cm ⁻³)	(2 ± 1) × 10 ⁶	1.5 × 10 ⁶	4 ⁺³ × 10 ⁶
Night-side temperature (K)	190 ± 30	190 ± 25	—
Night-side density* (cm ⁻³)	(2 ± 1) × 10 ⁶	(1.8 ± 0.3) × 10 ⁶	—
Nonthermal Component			
Day-side temperature (K)	1020 ± 100	1230 ± 100	1000
Day-side density* (cm ⁻³)	1.3 × 10 ⁶	(3 ± 1) × 10 ⁶	1 × 10 ⁶
Night-side temperature (K)	1900 ± 200	—	—
Night-side density* (cm ⁻³)	1.0 × 10 ⁶	—	—
Solar 10.7 cm flux	120	75	—
Solar zenith angle	0°	60°	80°

(a) - όλες οι πουνότητες αναφέρονται στο ύψος των 255 km.

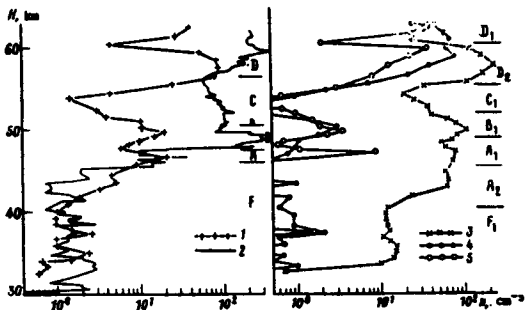
(b) Anderson, 1976.

(γ) Takacs et al., 1980.

(δ) Bertaux et al., 1982.

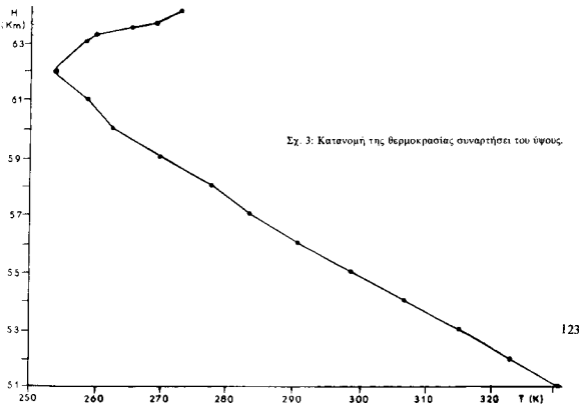
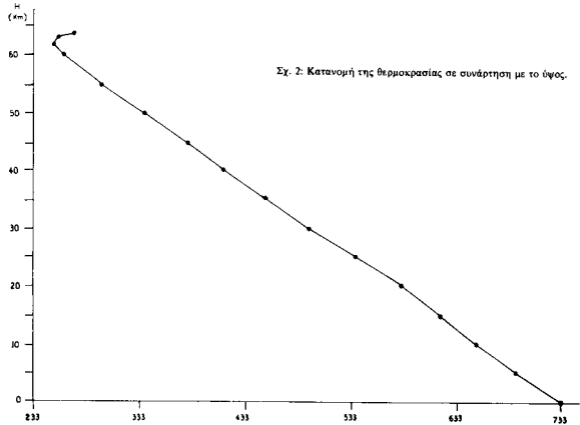
ΠΙΝΑΚΑΣ 7	
Στοιχείο(οξείδιο)	Ποσοστό κ.β.
Mg	11 \pm 3.8
Al ₂ O ₃	16 \pm 1.9
SiO ₂	25.6 \pm 3.2
SO ₂	4.7 \pm 1.5
K ₂ O	0.1 \pm 0.08
CaO	7.3 \pm 0.7
TiO ₂	0.2 \pm 0.1
MnO	0.14 \pm 0.1
FeO _x	8.5 \pm 1.3

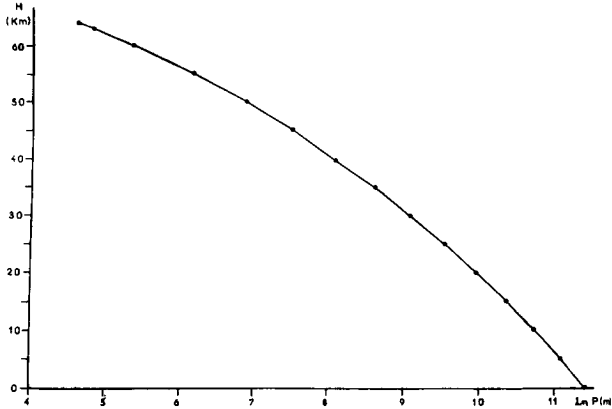
Surkov et al, 1986



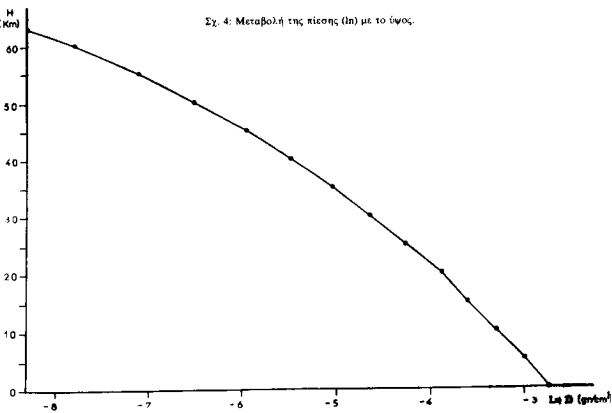
Σχ. 1: Κατανομή της πυκνότητας αερολυμάτων στην Ατμόσφαιρα της Αφροδίτης από μετρήσεις διαφόρων διαστημοπλοίων:

- 1) Vega-2, όλα τα σωματίδια με διάμετρο $D \geq 0.7 \mu$.
- 2) Pioneer Venus, $D \geq 0.6 \mu$. (Knollenberg και Hunten, 1980).
- 3) Vega-2, $D \geq 0.4 \mu$.
- 4) Vega-1, $D \geq 1.5 \mu$.
- 5) Vega-2, $D \geq 1.5 \mu$. (Moshkin et al., 1986).

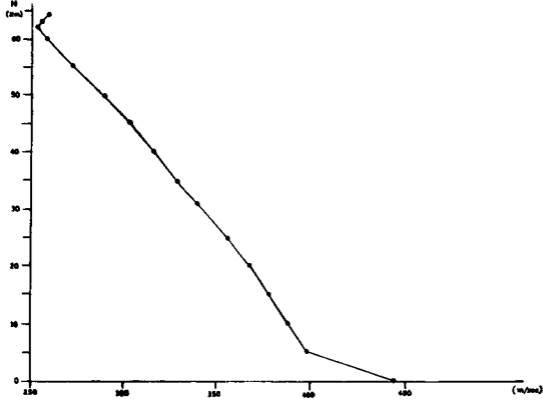




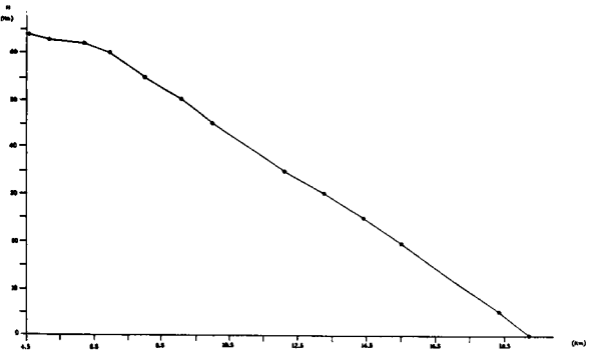
Σχ. 4: Μεταβολή της πίεσης (\ln) με το ύψος.



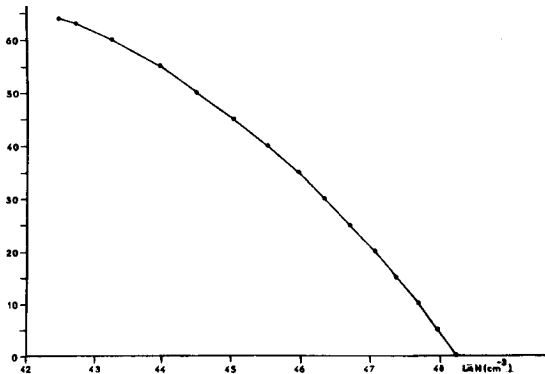
Σχ. 5: Μεταβολή της υγρανότητας (\ln) με το ύψος.



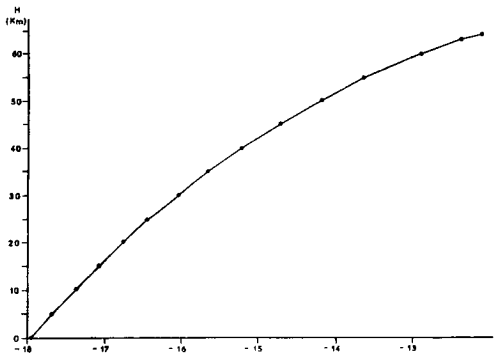
Σχ. 6: Ταχύτητα του ήχου σε συνάρτηση με το ύψος.



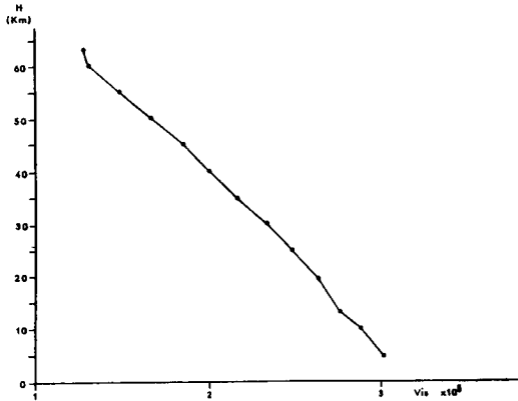
Σχ. 7: Κλίμακα πυκνότητας σε συνάρτηση με το ύψος.



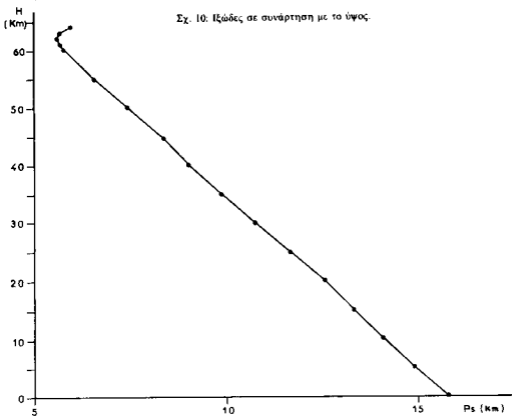
Σχ. 8: Αριθμητική πυκνότητα (ln) σε συνάρτηση με το ύψος.



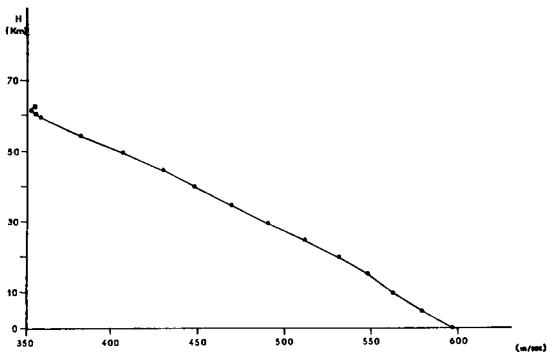
Σχ. 9: Μέση ελεύθερη διαδρομή (ln) σε συνάρτηση με το ύψος.



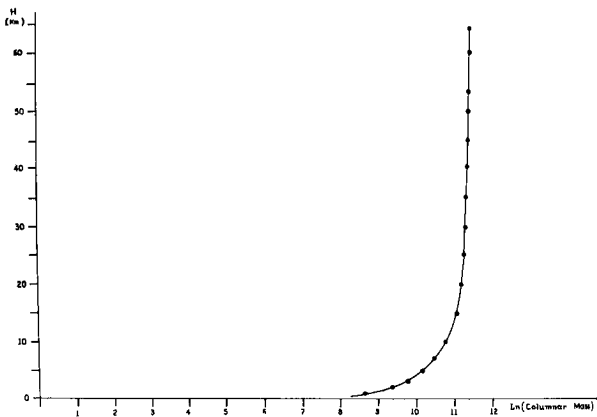
Σχ. 10: Ιζώδες σε συνάρτηση με το ύψος.



Σχ. 11: Κλίμακα πίεση, σε συνάρτηση με το ύψος.

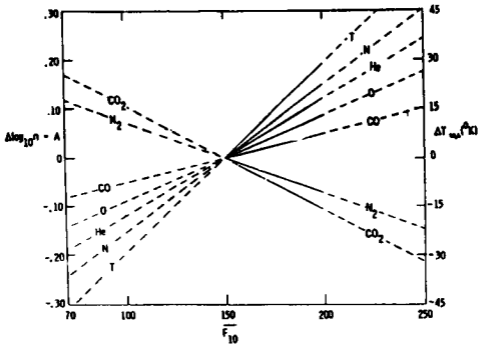
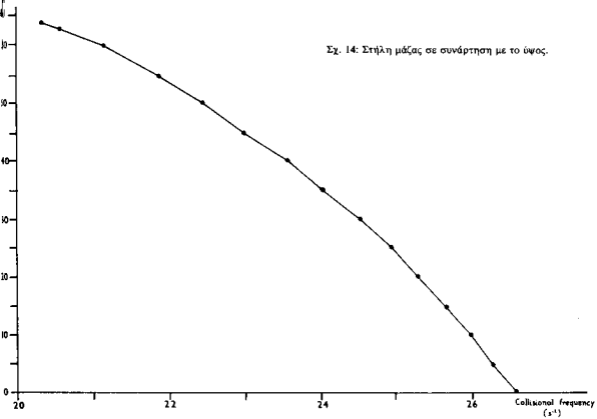


Σχ. 12: Μέση ταχύτητα σωματιδίων σε συνάρτηση με το ύψος.

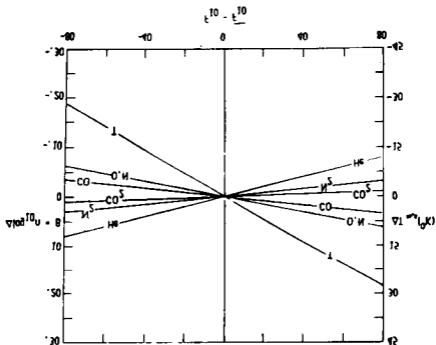


Σχ. 13: Μέση ταχύτητα συγκρούσεως σωματιδίων σε συνάρτηση με το ύψος.

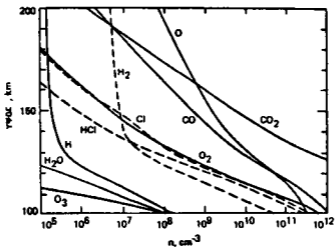
Σχ. 14: Στήλη μάζας σε συνάρτηση με το ύψος.



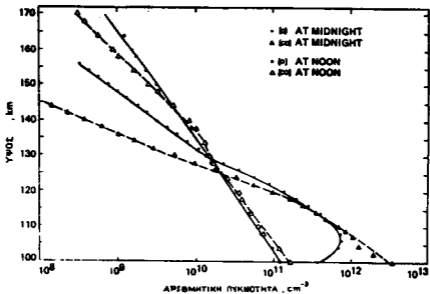
Σχ. 15: Παράμετροι που δίνουν την απόκριση της ατμόσφαιρας στις μεταβολές του δείκτη $F_{10.7}$ για μεγάλη χρονική περίοδο, όπου τα A και ΔT ορίζονται στην (1). (Keating et al., 1985).



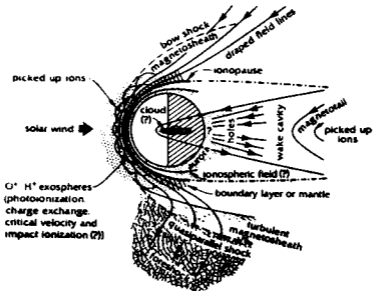
Σχ. 16: Παράμετροι που δίνουν την απόκριση της Ατμόσφαιρας για μικρή χρονική περίοδο στις μεταβολές του $F_{10} - \bar{F}_{10}$, όπου, τα B και ΔT ορίζονται στην (1). (Keating et al., 1985).



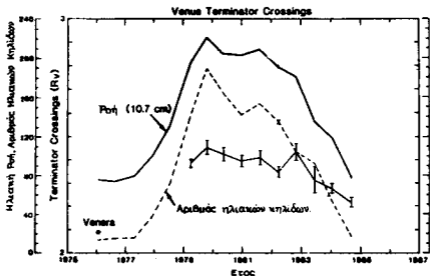
Σχ. 17: Θεωρητικό Μοντέλλο της άνω ατμόσφαιρας. Οι συγκεντρώσεις με διακεκομμένη γραμμή, έχουν πολλαπλασιαστεί επί 1000. (Krasnopolsky and Parshev, 1981).



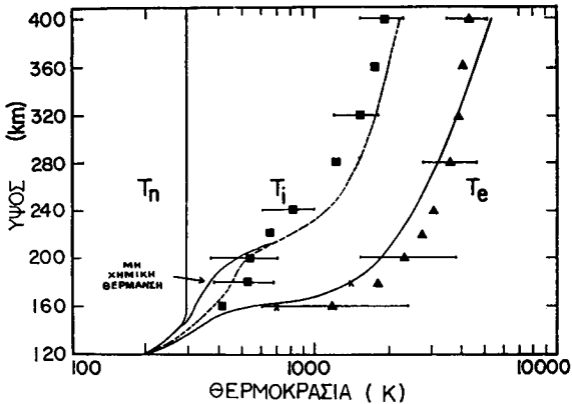
Σχ. 18: Θεωρητικό Μοντέλο της άνω ατμόσφαιρας (Bougher, 1986).



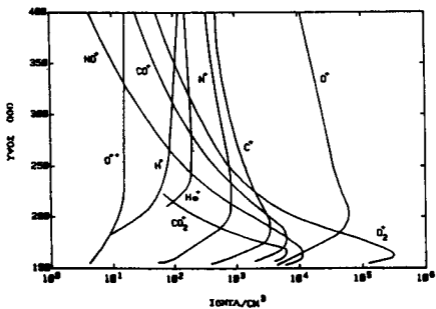
Σχ. 19: Σχηματική αναπαράσταση της αλληλεπίδρασης του ηλιακού ανέμου με την Αφροδίτη, από Luhmann, 1986.



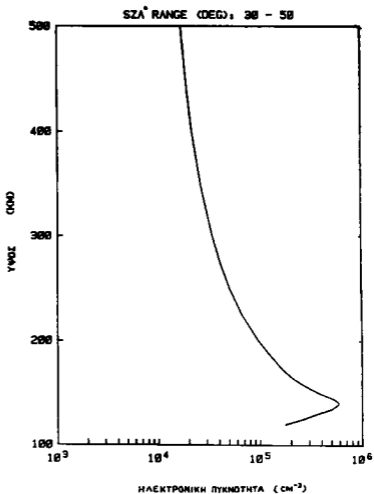
Σχ. 20: Από Alexander and Russell, 1985.



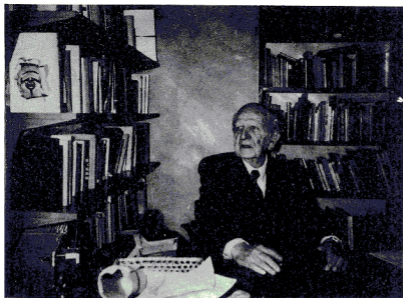
Σχ. 21: Ιοντικές και ηλεκτρονικές θερμοκρασίες στην ιονόσφαιρα. (Knudsen et al., 1979), (Nagy et al., 1979), (Cravens et al., 1980).



Σχ. 22: Από Taylor, Jr., et al., 1979.



Σχ. 23: Από Bauer et al., 1985.



Στό σπουδαστήριό του στό σπίτι του στήν Κηφισιά (1989).



Πρό τῆς εισόδου τοῦ μικροῦ κτιρίου τοῦ ἐρευνητικοῦ του ἐργαστηρίου (1989).

ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΠΟΣΙΜΩΝ ΝΕΡΩΝ

Βάννα Πανδή - Αγαθοκλή
Δρ. Χημικός, Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, Αθήνα

Ιωάννα Αγγελοπούλου
Χημικός, Γεν. Χημ. του Κράτους, Γ. Διεύθ. Αθηνών

Ελευθερία Κοτοπούλη - Χριστοδούλου
Χημικός, Εδαφοϋδρολογικό, Υπ. Γεωργίας, Αθήνα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε προγενέστερες έρευνές μας^{1, 8} σχετικές με την ποιότητα των νερών της χώρας, επισημάναμε τη διαβρωτική ικανότητα ορισμένων εξ αυτών. Σύμφωνα με τα DIN¹ «Η διάβρωση ορίζεται σαν αντίδραση ενός υλικού με το περιβάλλον του, με αποτέλεσμα τη βλαπτική επίδραση στις ιδιότητες του υλικού και την ταυτόχρονη ή μη επίδραση στο περιβάλλον του». Η διάβρωση έχει επίσης ορισθεί σαν «ο δρόμος μέσω του οποίου η φύση παίρνει από τον άνθρωπο ό,τι ο άνθρωπος έχει πάρει προηγουμένως απ' αυτή». Πρόκειται για ένα πολύπλοκο χημικό ή φυσικοχημικό φαινόμενο το οποίο μπορεί να θεωρηθεί σαν μια συνεχής προσβολή πάνω σε κάποιο υλικό.

Σύμφωνα με εκτιμήσεις των ερευνητικών τμημάτων των Εταιρειών Ύδρευσης στις ΗΠΑ, η διάβρωση και ο έλεγχός της θεωρείται σήμερα σαν το πιο επείγον πρόβλημα του πόσιμου νερού που πρέπει να ερευνηθεί και να αντιμετωπισθεί.

Η δυνατότητα διάβρωσης¹ υφίσταται, κάτω από ορισμένες συνθήκες, τόσο για τους μεταλλικούς αγωγούς και εγκαταστάσεις από σίδηρο, ψευδάργυρο, χαλκό, μόλυβδο, όσο και για ανόργανα μη μεταλλικά υλικά όπως κεραμικά, τσιμέντο, αμιαντοτσιμέντο. Η ενδεχόμενη διάβρωση μπορεί να εκτιμηθεί από την μέτρηση ορισμένων παραμέτρων του νερού όπως pH, Ca, Mg, αλκαλικότητα, θειικά, διαλυμένο O₂, θερμοκρασία κ.α. Από αυτές τις παραμέτρους υπολογίζονται οι εμπειρικοί δείκτες, Langelier ή Ryznar ή Aggressiveness Index, για να προσδιορισθεί η διαβρωτική ικανότητα του νερού.

Υπάρχουν τουλάχιστον δύο προφανείς λόγοι για να αποτρέψει κανείς τη διάβρωση: οικονομικοί και υγείας. Στους πρώτους θα αναφέρουμε τη δαπάνη αντικατάστασης των φθαρμένων αγωγών και την απώλεια στην ικανότητα διανομής, με αποτέλεσμα την αύξηση του κόστους άντλησης. Αυτά οφείλονται στις ανωμαλίες της εσωτερικής επιφάνειας και τη στένωση της διαμέτρου των αγωγών που προκαλούνται αντίστοιχα από τη διάβρωση και την απόθεση αλάτων. Το υπερκορεσμένο νερό προκαλεί αποθέσεις οι οποίες ανάλογα με το πορώδες τους

και τη δύναμη συνάφειάς τους με τα τοιχώματα του σωλήνα μπορούν ή όχι να παρεμποδίσουν τη διάβρωση. Έτσι, η ποιότητα του νερού, το είδος και η ηλικία του σωλήνα και, σε ορισμένη έκταση, τα χαρακτηριστικά ροής, είναι οι κυριότεροι παράγοντες που συντελούν στην καταστροφή του δικτύου ύδρευσης. Μερικά από τα προϊόντα διάβρωσης είναι ορατά, όπως π.χ. ο σίδηρος που εκπλένεται από τους σωλήνες και χρωματίζει νερό, ρούχα και εγκαταστάσεις. Συνήθως τέτοιες ορατές αποδείξεις διάβρωσης και σύγχρονες διαμαρτυρίες καταναλωτών, αποτελούν και ένα έναυσμα για τις Εταιρείες Υδάτων, να επεξεργασθούν το διαβρωτικό νερό.

Από άποψη υγείας το πρόβλημα είναι περισσότερο περίπλοκο διότι:

1ο. Μπορεί να μολυνθεί το πόσιμο νερό από διείσδυση μολυσμένου νερού του εδάφους μέσα από τις ρωγμές που δημιουργήθηκαν στους αγωγούς από τη διάβρωση.

2ο. Η παρουσία των προϊόντων διάβρωσης απαιτεί αύξηση του απαιτούμενου χλωρίου. Η χλωρίωση τείνει να κατεβάξει το pH και να δημιουργεί χλωριομένους Υδρογονάνθρακες (καρκινογόνοι).

3ο. Η διάβρωση του συστήματος ύδρευσης προκαλεί αύξηση της περιεκτικότητας σε μέταλλα του πόσιμου νερού. Για παράδειγμα Pb, Cd, και άλλα μέταλλα υπάρχουν σε διάφορες ποσότητες στα υλικά των σωληνώσεων και συγκολλήσεων από όπου μπορούν να απελευθερωθούν με την επίδραση διαβρωτικών νερών.

4ο. Ισχυρά διαβρωτικά νερά που διέρχονται από σωλήνες αμιαντοσιμέντου, μπορούν να απελευθερώσουν ίνες αμιάντου στο νερό, υλικό επίσης ύποπτο για καρκινογένεση¹⁰.

Κατά την μελέτη της επίδρασης των φυσικών ή ανθρωπογενών συστατικών του νερού στην υγεία, πρέπει να έχουμε πάντα υπόψη ότι περίπου το 10% της τροφής των ενηλίκων αποτελείται από πόσιμο νερό ενώ των βρεφών μέχρι 1 έτους από 50-60%¹².

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Για δύο χρόνια (1985-86) έγινε συστηματική δειγματοληψία σε ρέον νερό, από πέντε σημεία του δικτύου της πόλης της Κέρκυρας, συμπεριλαμβανομένων και των δύο δεξαμενών συγκέντρωσης στη θέση «Ανάληψη». Το πρόγραμμα περιελάμβανε και σύγχρονες δειγματοληψίες και από τις 5 θέσεις έτσι ώστε να επισημαίνονται οι πιθανές μεταβολές της χημείας του νερού κατά τη ροή του στο δίκτυο. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στην Κέρκυρα ή Αθήνα όπου τα νερά μετεφέροντο εντός ωρών. Οι προσδιορισμοί των κλασικών παραμέτρων, Σκληρότητας, Ca, Mg, Αλκαλικότητας, πραγματοποιήθηκαν συμπλοκομετρικά με μικροπροχοίδες, ενώ για τα μέταλλα χρησιμοποιήθηκε φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης με φλόγα ή με φούρνο γραφίτη.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατά την πορεία διαπιστώθηκε ότι ο δήμος υδρεύεται από δύο, διαφορετικής ποιότητας, νερά και συγκεκριμένα η παλαιά δεξαμενή τροφοδοτεί την πόλη με νερό χαμηλότερης σκληρότητας απ' ότι η νέα δεξαμενή που υδρεύει τις περιοχές Νέου Λιμένος, Μαντουκιού Ποταμού, κ.ά. προάστεια. Στον πίνακα I καταγράφονται οι αριθμητικοί μέσοι όροι όλων των μετρήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Παράμετροι	ΠΟΛΗΣ / Για η = 12			ΠΡΟΑΣΤΕΙΩΝ / η = 17		
	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη	Ελάχιστη
Ολική Σκληρότητα σε mg/l CaCO ₃	822,8	1046,6	615,31	1413,5	1555,0	937,0
Ca ⁺⁺ σε mg/l	256,8	331,6	200,4	469,7	535,4	331,6
Mg σε mg/l	44,1	78,7	21,9	58,5	132,9	26,6
Σκληρότητα ασβεστίου σε mg/l CaCO ₃	639,6	829,0	501,0	1174,4	1338,5	829,0
Σκληρότητα Μαγνησίου σε mg/l CaCO ₃	181,2	324,0	90,3	239,9	546,3	108,0
pH	7,50	7,84	6,99	7,43	7,77	7,13
Ολική Αλκαλικότητα σε mg/l CaCO ₃	249,5	270,0	238,5	286,6	340,0	266,0
CaCO ₃ + MgCO ₃ ολική αλκαλικότητα	3,30	4,20	2,40	4,93	5,73	3,12
Ca ⁺⁺	6,20	9,57	3,63	9,9	18,3	2,9
Mg ⁺⁺						

Ο προσδιορισμός των μετάλλων στο νερό, έγινε στο διάστημα Φεβ. 1986 μέχρι Μάη 1988. Παρατηρήθηκε ότι και η συγκέντρωση των μετάλλων ήταν διαφορετική στους δύο κλάδους του δικτύου ύδρευσης της πόλης. Όπως φαίνεται από τη σύγκριση των πινάκων 2 και 3 ο κλάδος προαστειών είχε γενικά υψηλότερες συγκεντρώσεις μετάλλων από αυτόν της πόλης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Συγκεντρώσεις μετάλλων σε ppm
Κλάδος Πόλης ΕΟΚ

Μέταλλο	Μέσοι όροι	Μέγιστα	Ελάχιστα	Ενδεικτ. Επιπ.	Ανωτ. παρ. συγκ.
Zu	1,717	2,650	1,277	0,1*-5	
Cd	0,0389	0,050	0,025		0,005
Mn	0,022	0,031	0,009	0,02	0,05
Pb	0,065	0,124	0,008		0,05
Cu	0,007	0,014	0,002	0,1*-3	
Fe	0,5662	0,859	0,018	0,050	0,200

ΠΙΝΑΚΑΣ 3
Συγκεντρώσεις μετάλλων σε ppm
 Κλάδος Προαστείων ΕΟΚ

Μέταλλο	Μέσοι όροι	Μέγιστα	Ελάχιστα	Ενδεικτ. Επιπ.	Ανωτ. παρ. συγκ.
Zn	2,774	3,650	1,570	0,1* - 5	
Cd	0,038	0,060	0,026		0,005
Mn	0,044	0,053	0,029	0,02	0,05
Pb	0,105	0,156	0,040		0,05
Cu	0,007	0,012	0,002	0,1* - 3	
Fe	0,7425	1,525	0,037	0,050	0,200

* Ενδεικτικό επίπεδο για συνεχή ροή. Η δεύτερη τιμή είναι ενδεικτική για 12 ωρών ημερία στις πωληνώσεις στο σημείο της διάθεσής του στον καταναλωτή.

ΣΧΟΛΙΑ

ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Τα τελευταία 30 χρόνια έχει επικρατήσει η άποψη στους ερευνητές* ότι τα πολύ μαλακά νερά (< 60 mg CaCO₃/l) συμβάλλουν στην εμφάνιση αυξημένου κινδύνου Καρδιαγγειακών παθήσεων. Έτσι ΕΟΚ θέτει μεν ελάχιστη απαιτούμενη σκληρότητα, 150 mg CaCO₃/l, όχι όμως και ανώτατο αποδεκτό όριο. Η υπερβολική σκληρότητα των νερών της Κέρκυρας δεν είναι γνωστό εάν έχει επίδραση ή όχι στην υγεία των καταναλωτών. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι η ποσότητα του γύψου στο νερό υπερτερεί μόνιμα σε όλο το δίκτυο αυτής του Ca(HCO₃)₂. Η σχέση αυτή είναι εμφανής στον Πίνακα 1 και από το υψηλό λόγο $\frac{Ca + Mg}{\text{ολικ. αλκαλικ.}}$ όπου φαίνεται ότι τα όξινα ανθρακικά άλατα είναι περίπου 2-5 φορές λιγότερα από ότι τα θειικά. Τυπικό παράδειγμα πρόσφατης ανάλυσης περιοχής Προαστείων είναι:

6,01	meq/l	Ca(HCO ₃) ₂
19,85	»	CaSO ₄
2,35	»	MgSO ₄
0,49	»	MgCl ₂
0,21	»	NaCl

Στον Πίνακα 1 φαίνεται και η υψηλότερη ολική Σκληρότητα του κλάδου της περιοχής Προαστείων. Κατά τη διάρκεια της ροής του από τις δεξαμενές στην Πόλη, το νερό συνήθως αποθέτει ένα μέρος των αλάτων του, ενώ εποχιακές διακυμάνσεις της σκληρότητας δεν έδειξαν κάποια κανονικότητα. Η υψηλή περιεκτικότητα των νερών σε θειικά και Mg⁺⁺ τα καθιστά διαβρωτικά για τσιμέντο?. Παρ' όλο που πρόκειται για σκληρά νερά έγιναν και ορισμένα

πειράματα «διάβρωσης μαρμάρου». Τα πειράματα αυτά γίνονται σε μαλακά νερά² και σκοπό έχουν να δείξουν αν τα νερά αυτά έχουν τη δυνατότητα να διαλύσουν προστιθέμενο CaCO_3 ή να αποθέσουν από το διαλυμένο σ' αυτά $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Στην πρώτη περίπτωση θεωρούνται διαβρωτικά διότι μπορούν να διαλύσουν Ca^{++} από το τσιμέντο των σωληνώσεων προκαλώντας τη φθορά τους. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα πειράματα διάβρωσης μαρμάρου που έγιναν σε νερά και των δύο κλάδων του δικτύου έδειξαν ότι: Στον κλάδο του σκληρότερου νερού παρατηρήθηκε μόνον απόθεση τόσο γύψου όσο και CaCO_3 . Αυτό πρέπει να αποδοθή στο ότι οι κόκκοι του προστιθέμενου CaCO_3 έδρασαν σαν πυρήνες κρυσταλλώσεως στο κεκορεσμένο νερό το οποίο έτσι απόθεσε μέρος των αλάτων του. Στον κλάδο του μαλακότερου, σχετικά, νερού, παρατηρήθηκε και διάλυση του προστεθέντος CaCO_3 . Θεωρούμε και αυτή την αντίδραση ενδεικτική της διαβρωτικής ικανότητας των συγκεκριμένων νερών στο τσιμέντο.

ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ

Το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής Ζη καταναλώνεται στον γαλβανισμό. Είναι απαραίτητο στοιχείο για τα θηλαστικά και έχουν ταυτοποιηθεί άνω των 20 διαφορετικών Ζη-μεταλλοενζύμων. Παιζει ζωτικό ρόλο στη βιοσύνθεση των νουκλεϊνικών οξέων RNA - και DNA - πολυμεράσες. Έτσι συμμετέχει στη διαδικασία επούλωσης ιστών στο σώμα.

Η χαμηλή τοξικότητα του Ζη καθιστά τη χρόνια δηλητηρίαση από νερό και τρόφιμα μάλλον απίθανη για τον άνθρωπο¹⁵.

Πειράματα σε επιψευδαργυρωμένους σωλήνες από ατσάλι⁴ αποκάλυψαν ότι το στρώμα Ζη διαλύεται με τη χρήση. Η συγκέντρωση του διαλυμένου Ζη στο νερό εξαρτάται από τη σύσταση του νερού, τη διάρκεια παραμονής του στο σωλήνα και το ποσοστό φθοράς του σωλήνα. Η τελευταία είναι εξάρτηση των συνθηκών λειτουργίας όπως ταχύτητα ροής κ.ά. Οι παράγοντες οι οφειλόμενοι στο νερό, που επηρεάζουν τη διάλυση του Ζη σ' αυτό είναι το pH και η ολική Αλκαλικότητα. Επειδή το στρώμα της επιψευδαργύρωσης περιέχει Pb και Cd, πρέπει να ανεμένεται και δική τους διάλυση μέσα στο νερό. Η διάλυση του Ζη μειώνεται με την αύξηση του pH, επομένως και η διάλυση του Cd. Σε διαβρωτικό νερό¹¹ η μέση συγκέντρωση Ζη και Cd είναι σταθερά πάνω από 10 φορές υψηλότερη στους γαλβανισμένους, από ότι στους σωλήνες Cu και αυτό ισχύει τόσο για στάσιμο όσο και για τρέχον νερό.

Ο Ζη είναι μεταβολικός ανταγωνιστής του Cd¹⁵. Έτσι μπορεί να αναμένει κανείς ότι υψηλές δόσεις Ζη μπορεί να προσφέρουν κάποια προστασία απέναντι στις τοξικές επιδράσεις της έκθεσης σε Cd από το περιβάλλον.

Ο Ζη προσδίδει στο νερό μία ανεπιθύμητη στυφή γεύση. Όταν το νερό περιέχει $\text{Zn} > 5 \text{ mg/l}$ μπορεί να εμφανίζει ιριδισμό και να σχηματίζει μία λιπαρή μεμβράνη κατά το βρασμό. Έτσι τέθηκε αυτή η τιμή σαν κατευθυντήρια. Εν τούτοις, για να αποφευχθεί κάποιο από τα προαναφερθέντα προβλήματα, ο Ζη στο νερό πρέπει να συγκρατείται αρκετά κάτω απ' αυτή την τιμή.

Όπως βλέπουμε στους Πίνακες 2 και 3 η μέγιστη τιμή που προσδιορίστηκε στο δίκτυο ύδρευσης Κέρκυρας (περιοχή Νέου Λιμένα) πλησιάζει πολύ αυτά τα όρια.

ΚΑΔΜΙΟ

Το Cd ευρίσκεται στην ίδια υποομάδα με τον Zn στο περιοδικό σύστημα. Στη φύση, πρακτικά, όλα τα ορυκτά Zn περιέχουν μικρές ποσότητες Cd.

Έχει γίνει γενικά αποδεκτό ότι το Cd στο περιβάλλον αυξάνει κατά σειρά στις αγροτικές < αστικές < βιομηχανικές περιοχές¹³ και πρόσφατες μελέτες προλέγουν αύξηση κατά 30% του προσλαμβανόμενου με τροφές Cd για τα επόμενα 100 χρόνια στις χώρες της ΕΟΚ. Εάν αυτή η αύξηση εφαρμοσθή στις ήδη μολυσμένες περιοχές, θα ξεπερασθή το όριο των WHO / FAO των 0,07 mg/ημέρα, για ΜΗ επαγγελματικά εκτεθειμένους. Έχει μεγάλη χημική συγγένεια με θειόλες⁵ και αυτό οδηγεί σε αυξημένη λιποδιαλυτότητα, βιοσυσσωρευση και τοξικότητα. Cd συσσωρεύεται στο σπλάχν και τα νεφρά λόγω του ισχυρού δεσμού του με τις κυστεϊνικές ομάδες της Μεταλλοθειονίνης (Μ.Θ.). Η Μ.Θ. είναι πρωτεΐνη χαμηλού μοριακού βάρους, πλούσια σε κυστεΐνη, μέσω της οποίας δημιουργεί σύμπλοκα με Cd (και άλλα ιχνοστοιχεία) και τα μεταφέρει στους νεφρούς. Επειδή ο μεταβολισμός του Cd σχετίζεται στενά με το μεταβολισμό του Zn, η Μ.Θ. δεσμεύει, και μεταφέρει και τα δύο. Το Cd φαίνεται να εκτοπίζει τον Zn σε πολλές ζωτικές ενζυματικές αντιδράσεις, προκαλώντας διαταραχή ή παύση της δραστηριότητας. Δηλητηριάσεις στην καθημερινή ζωή¹⁴ έχουν συμβεί λόγω αντίδρασης όξινων τροφίμων με τα γαλβανισμένα δοχεία κονσερβών από Zn. Το πιο σημαντικό παράδειγμα χρόνιας τοξίνωσης του οργανισμού με Cd οδήγησε στην επιδημική εμφάνιση της ασθένειας ΙΤΑΙ-ΙΤΑΙ στην Ιαπωνία το 1940-1960 με συμπτώματα την σκελετική παραμόρφωση⁵ και κακή λειτουργία των νεφρών. Αιτία ήταν η μόλυνση, σε υψηλό βαθμό, με Cd, του πόσιμου και του νερού αρδεύσεως ορυζώνων από απόβλητα μεταλλορυχείων.

Το πόσιμο νερό περιέχει συνήθως λιγότερο από 0,001 mg/l Cd. Όποτε παρουσιάζονται υψηλά επίπεδα, αποδίδονται σε υλικά γαλβανισμού σωλήνων, σε εξαρτήματα υδραυλικών εγκαταστάσεων και σε συγκολλητικά κράματα με βάση τον Άργυρο¹⁵. Το Cd είναι διαλυτό σε οξέα και οι συγκεντρώσεις του αυξάνουν με τη μείωση του pH. Έτσι το Cd μπορεί να εισχωρήσει στο πόσιμο νερό από τη διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων ή από τα συγκολλητικά κράματα που χρησιμοποιούνται στα συστήματα διανομής, ιδιαίτερα αν τα νερά μείνουν εκεί ακίνητα κατά τη νύχτα. Αυτά, συνδυασμένα με το μεγάλο χρόνο βιολογικής ημιζωής του Cd, ≈ 20 χρόνια, καθιστούν το Cd έναν σημαντικό ρυπαντή του πόσιμου νερού.

Η WHO συνιστά: Η λήψη δια πάσης οδού, δηλ. τρόφιμα + νερό + αέρας + κάπνισμα να μην υπερβαίνει τα 0,5 mg κατ' άτομο την εβδομάδα. Για το νερό μόνο, η ΕΟΚ συνιστά σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση τα 0,005 mg/l.

Στον πίνακα 2 υπάρχει η μέγιστη τιμή των μετρήσεών μας, 0,026 mg/l δηλ. 5 φορές μεγαλύτερη από το όριο της ΕΟΚ. Επειδή είναι η ίδια περιοχή όπου παρατηρήθηκε και η υψηλή συγκέντρωση Zn (Τελωνείο Κέρκυρας), μπορούμε βάσιμα να υποθέσουμε ότι οφείλεται σε διάβρωση γαλβανισμένων σωλήνων.

ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Μέλος της ομάδας IV του περιοδ. συστήματος μοιάζει στη χημική του συμπεριφορά περισσότερο στα στοιχεία της II δηλ. στις αλκαλικές γαίες. Σ' αυτό

οφείλεται και η ικανότητα του να επικάθεται και να επανακινητοποιείται από το σκελετό του σώματος όπως το Ca^{2+} . Με εξαίρεση τα νιτρικά και οξεικά, τα περισσότερα άλατα του Pb είναι αδιάλυτα στο νερό. Σημαντικά προϊόντα Pb είναι τα κράματα συγκολλησεως, οι μπαταρίες και τα πρόσθετα βενζίνης. Γι' αυτό το λόγο τα καυσαέρια των αυτοκινήτων ευθύνονται για το 50% του Pb που απορροφάται από τον άνθρωπο.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου Pb σε μη μολυσμένα επιφανειακά νερά είναι γενικά $\leq 0,003 \text{ mg/l}$. Εν τούτοις εμφανίζονται συχνά πολύ υψηλότερα επίπεδα κοντά σε εθνικές οδούς και σε πόλεις, λόγω της καύσης της βενζίνης. Οι περισσότερες από τις κλασσικές μεθόδους επεξεργασίας νερών στα υδραγωγεία συγκρατούν και το Pb^{2+} . Σωλήνες ύδρευσης από Pb δεν χρησιμοποιούνται πλέον, η συγκέντρωση όμως του Pb μπορεί να αυξηθεί σημαντικά από τα κράματα συγκολλησεως και τα ντεπόζιτα με επένδυση Pb. Ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα μπορεί να προκύψουν όταν το νερό είναι διαβρωτικό ή μαλακό ή έχει χαμηλό pH. Θεωρείται ότι τελικά μόνο το 10% της ποσότητας που έχει εισέλθει στο γαστρεντερικό σύστημα απορροφάται από έναν ενήλικα, αλλά και αυτή η δόση εξαρτάται από το εάν το νερό έχει καταναλωθεί με άδειο ή γεμάτο στομάχι. Ο απορροφημένος Pb εισέρχεται στο αίμα και κατανέμεται στους μαλακούς ιστούς και τα οστά. Μετά μακροχρόνια έκθεση αποκαθίσταται μία ισορροπία μεταξύ αίματος και μαλακών ιστών. Αντίθετα, τα οστά συσσωρεύουν Pb με το χρόνο. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις ο Pb μειώνει τη δράση του ενζύμου κορφοχολερυθρινογόνου. Έχει επίσης χημ. συγγένεια με τα αμινοξέα που περιέχουν S. Επί πλέον έχει την τάση να ενώνεται με μιτοχόνδρια παρεμβαίνοντας στη ρύθμιση της μεταφοράς O_2 και την παραγωγή ενέργειας. Σημαντικά υψηλότερα επίπεδα Pb στο αίμα παρατηρήθηκαν σε πνευματικά καθυστερημένα παιδιά⁶. Γενικά όμως η συγκέντρωση Pb στο αίμα που αποδίδεται στο νερό δεν είναι υψηλή σε σχέση με τα αποδεκτά επίπεδα. Οι FAO/WHO δέχονται σαν μέγιστη συνολική πρόσληψη τα 3 mg/εβδομάδα ενώ η γενική άποψη είναι ότι η έκθεση στον Pb πρέπει να είναι η χαμηλότερη δυνατή. Η ανώτατη αποδεκτή συγκέντρωση της ΕΟΚ είναι $0,05 \text{ mg/l}$ νερού δηλ. $\approx 0,7 \text{ mg/εβδομάδα}$ μόνο από νερό. Η μέγιστη τιμή που μετρήθηκε στο δίκτυο της Κέρκυρας είναι τριπλάσια από αυτήν.

ΧΑΛΚΟΣ

Ανήκει και αυτός στα απαραίτητα στοιχεία για τον ανθρώπινο μεταβολισμό, συμμετέχοντας στη διάπλαση των ερυθροκυττάρων, το σχηματισμό των οστών, του νευρικού συστήματος και του συνδετικού ιστού¹⁵. Συνήθως είναι συνδεδεμένος με πρωτεΐνες. Είναι πλατειά διαδεδομένος στα τρόφιμα και γι' αυτό είναι απίθανο να αναπτυχθεί διαιτητική έλλειψη Cu για τον άνθρωπο, η ημερήσια απαίτηση του οποίου είναι $2,5\text{-}5 \text{ mg}$. Από την ποσότητα που παρέχεται δια του γαστρεντερικού απορροφάται μόνο το 32%. Η μεγαλύτερη συσσώρευση γίνεται στο ήπαρ και ακολουθούν μυαλό, καρδιά και νεφρά. Ιδιαίτερα υψηλές δόσεις μπορεί να προκαλέσουν ερεθισμό των βλεννογόνων, του νευρικού συστήματος και βλάβες ήπατος και νεφρών. Εν τούτοις δηλητηρίαση από Cu είναι σπάνια, λόγω της ισχυρής εμμετικής δράσης του. Ενώσεις του χρησιμοποιούνται στην αντι-καρκινική θεραπεία, δερματολογία και αντιβίωση.

Ο Cu δίνει δυσάρεστη και στυφή γεύση στο νερό. Η παρουσία του στο σύστημα ύδρευσης, παρ' όλο που δεν συνιστά κίνδυνο για την υγεία, αυξάνει τη διάβρωση των υλικών από Zn και Al. Άνω του 1 mg/l χρωματίζει ρούχα και συσκευές και η τιμή αυτή ορίζεται από την WHO σαν κατευθυντήρια. Η ΕΟΚ θέτει μόνο ενδεικτικά επίπεδα όχι όμως και ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση. Οι ευρεθείσες τιμές στο δίκτυο της Κέρκυρας ευρίσκονται μέσα σ' αυτά τα ενδεικτικά επίπεδα.

ΜΑΓΓΑΝΙΟ

Είναι και αυτό απαραίτητο στοιχείο για τον άνθρωπο διότι δρα σαν συμπάρων σε πολλά ένζυμα. Υπολογίζεται ότι ένας ενήλικας καταναλίσκει 2-8,8 mg/ημέρα, τα οποία προμηθεύεται κυρίως από τα τρόφιμα. Λόγω της χαμηλής του διαλυτότητας στο γαστρικό υγρό, μόνο το 3-4% του παρεχομένου από στόματος Mn απορροφάται. Θεωρείται ένα από τα λιγώτερο τοξικά στοιχεία και δεν έχουν αναφερθεί δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία ατόμων από πρόσληψη Mn σε χαμηλά επίπεδα¹⁵. Η παρουσία Mn στο σύστημα ύδρευσης μπορεί να είναι δυσάρεστη για πολλούς λόγους, άσχετους όμως με την υγεία. Σε συγκεντρώσεις > 0,15 mg/l προσδίδει ανεπιθύμητη γεύση στα ποτά και χρωματίζει συσκευές και ρούχα. Ήδη σε συγκεντρώσεις 0,02 mg/l επικάθεται στους σωλήνες σαν μαύρο ίζημα. Με την παρουσία Mn αυξάνονται και ορισμένοι μικροοργανισμοί στο νερό οι οποίοι δημιουργούν προβλήματα διαυγείας, γεύσης και οσμής. Ακριβώς λόγω ανεπιθύμητης αισθητικής ποιότητας και όχι τόσο λόγω τοξικότητας, η ΕΟΚ έθεσε σχετικά χαμηλά την ανώτατη παραδεκτή τιμή (0,05 mg/l). Οι ευρεθείσες τιμές στα νερά της Κέρκυρας υπερβαίνουν ελαφρά την τιμή αυτή σε ορισμένες μετρήσεις.

ΣΙΔΗΡΟΣ

Ανήκει και αυτός στα απαραίτητα στοιχεία για τον άνθρωπο, διότι είναι συστατικό βιολογικά σημαντικών πρωτεϊνών, όπως αιμογλοβίνης, ιστοχρωμάτων και οξειδο-αναγωγικών ενζύμων.

Η ημερήσια απαίτηση του ανθρώπου σε Σίδηρο είναι κατά μέσο όρο 10 mg. Στις αναπτυγμένες βιομηχ. κοινωνίες, η ημερήσια πρόσληψη Fe από τα τρόφιμα εκτιμάται στα 15-22 mg. Στα πόσιμα νερά οι συγκεντρώσεις Fe είναι συνήθως χαμηλότερες από 0,3 mg/l.

Η παρουσία του στις εγκαταστάσεις νερού είναι ενοχλητική, για λόγους όμως που δεν έχουν σχέση με την υγεία. Στο pH που απαντάται στα συστήματα ύδρευσης, τα άλατα Fe⁺⁺ είναι ασταθή και αποτίθενται σαν αδιάλυτα, λασπώδη, κόκκινα Fe(OH)₃ τα οποία δυσχεραίνουν τη ροή. Συχνά τέτοια νερά δίνουν δυσάρεστη γεύση, χρωματίζουν τα ρούχα και ενισχύουν την ανάπτυξη «βακτηριδίων Σιδήρου». Όλα αυτά τα προβλήματα δημιουργούνται συνήθως όταν η συγκέντρωση Fe πλησιάζει τα 0,3 mg/l.

Επομένως, οι υψηλές συγκεντρώσεις που φαίνονται στους Πίνακες 2 και 3 υποβιβάζουν και από αυτή την άποψη την ποιότητα του πόσιμου νερού της πόλης Κέρκυρας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι δύσκολο να εκτιμηθεί η έκταση του προβλήματος των νερών που διαβρώνουν τα συστήματα ύδρευσης της χώρας. Από ότι γνωρίζουμε, η εργασία αυτή είναι η πρώτη που αναφέρεται σε έρευνα των προϊόντων διάβρωσης σε Υδραγωγείο της Ελλάδας. Οι οικονομικές συνέπειες από τη φθορά των υλικών, σε συνδυασμό με τις δυνατότητες βλάβης της υγείας και την ανεπιθύμητη αισθητική ποιότητα, λόγω διαβρωτικότητας του νερού, πρέπει να οδηγήσουν τα Υδραγωγεία στον έλεγχο των νερών που διαθέτουν. Πρέπει επίσης να γίνη αντιπροσωπευτικός έλεγχος της διαβρωτικότητας του νερού πριν έλθη σε επαφή με το σύστημα διανομής και στη βρύση του καταναλωτή. Επί πλέον πρέπει να γίνη σαφές ότι οι αγωγοί του συστήματος ύδρευσης μιας πόλης έχουν καθήκον να μεταφέρουν ένα *τρόφιμο* στον καταναλωτή και η πρώτη απαίτηση που πρέπει να θέση κανείς στο σύστημα των αγωγών, είναι να μην αλλοιώνουν το χαρακτήρα τροφίμου του πόσιμου νερού μέχρι τη διάθεσή του στον καταναλωτή.

Τα αναφερθέντα αποτελέσματα δείχνουν ότι το νερό του Υδραγωγείου της πόλης της Κέρκυρας είναι ιδιαίτερα σκληρό, γυψούχο και διαβρωτικό. Η διαβρωτική του επίδραση είναι ανιχνεύσιμη και από την παρουσία μετάλλων σ' αυτό, τα οποία είναι ανθρωπογενούς προέλευσης. Η έρευνα του προσδιορισμού των μετάλλων πρέπει να συνεχισθή τόσο στην Κέρκυρα, όσο και στις Πρωτεύουσες, τουλάχιστον, των νομών της χώρας. Ανεξάρτητα από τις μετρήσεις αυτές, θα πρέπει να αναθεωρηθούν οι προδιαγραφές των υδραυλικών εγκαταστάσεων για να περιορισθή στο μέλλον η τοποθέτηση υλικών επιρρεπών σε διάβρωση.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διάβρωση, που οφείλεται στα διαβρωτικά νερά του δικτύου ύδρευσης της πόλης Κέρκυρας, προκαλεί όχι μόνο φθορά ή καταστροφή των εγκαταστάσεων αλλά αποτελεί και δυνητικό κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών λόγω των διαλυομένων μετάλλων. Η παρούσα έρευνα έδειξε ότι πρόκειται για ιδιαίτερα σκληρά νερά, γυψούχα, διαβρωτικά που μπορούν να διαλύσουν τον Ζn των γαλβανισμένων σωληνώσεων, τα συγκολλητικά κράματα και να απελευθερώσουν Ζn, Cd, Pb και Mn στο νερό.

Λέξεις κλειδιά. Διάβρωση, Κέρκυρα, μέταλλα σε πόσιμα νερά.

ABSTRACT

The corrosion caused by aggressive water to the water distribution system of the town Corfou, not only carries the threat to deteriorate the system, but also poses a potential health hazard for the consumers because of the metals dissolved. The present survey shows that the examined water is especially hard, contains gypsum and can dissolve Zn, Cd, Pb and Mn from galvanised pipes and solder material.

1. DIN 2000. Zentrale Trinkwasserversorgung.
2. DIN 38404 Teil 10 Calciumcarbonatättigung eines Wassers.
3. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Οδηγία του Συμβουλίου περί της ποιότητας του πόσιμου νερού (80/778/ΕΟΚ).
4. Meyer E. «Gesetzmäßigkeiten des Eintrags von Schwermetallen in das Trinkwasser durch Rohrwerkstoffe bei unterschiedlicher Wasserbeschaffenheit» Schr. - Reihe Verein WaBoLu 52, 9, (1981).
5. Moore J.W., Ramamoorthy «Heavy Metals in Natural Waters». Springer Verlag.
6. Moore M.R., Meredith P.A., Goldberg A. «A retrospective analysis of blood-lead in mentally retarded children» Lancet 1, 717, (1977).
7. Πανδής-Αγαθοκλή Β. «Υπολογισμός διαβρωτικότητας νερών 72 ελληνικών θερμομεταλλικών πηγών στο τσιμέντο», Χημ. Χρον. 49, Ιουλ. 1984, 319.
8. Πανδής-Αγαθοκλή Β., Αγγελοπούλου Ι. «Χαρτογράφηση ποιότητας νερών Ελλάδας. Μέρος Α: Κέρκυρα». 10^ο Πανελ. Συνέδριο Χημείας, Πάτρα 1985. Τόμος Α' σελ. 384.
9. Πανδής-Αγαθοκλή Β. «Πρόσληψη Μαγνησίου από το πόσιμο νερό της Αθήνας». 11^ο Πανελ. Συνέδριο Χημείας, Αθήνα 1986. Τόμος Β' σελ. 618.
10. Πανδής-Αγαθοκλή Β. «Τύχη και επικτάσεις του Αμιάντου που εισέρχεται από το στόμα στους ζώντες οργανισμούς» Χημ. Χρον. 50, Ιουν.-Ιουλ. 1985, 117.
11. Sharrett A.R., Carter A.P., Orheim R.M. Feinleib M. «Daily intake of Lead, Cadmium, Copper, and Zinc from Drinking water: The Seattle Study of Trace Metal Exposure». Environmental Research 28, 456, (1982).
12. Sonneborn, M. «Schwermetallbelastung des Menschen: Vergleich der Aufnahme über Trinkwasser und andere Lebensmittel». Schr.-Reihe Verein WaBoLu 52, 1, (1981).
13. Tennant C.J. «Cadmium in the environment and high risk population groups». Intern. Conf. Heavy Metals in the Environment. Vol. 2, 143, Athens 1985.
14. Ullmanns Encyklop. der technischen Chemie Band 9.
15. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. Vol. 2. Geneva 1984.

ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΠΛΕΓΜΑΤΩΝ ΜΑΚΡΑΝ ΤΗΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

Παύλου Ν. Δημοτάκη,
Ph. D. (Cantab),
Καθηγητού Πανεπιστημίου
Εργαστήριον Ραδιοχημείας
Πανεπιστήμιον Πατρών

Α' ΜΕΡΟΣ - ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΝ

Ιστορικό Χημικών Ταλαντώσεων

Τα περιοδικά φαινόμενα, τόσο γνωστά στη Φυσική αλλά και στη Βιολογία, μόνο τελευταία απετέλεσαν αντικείμενο της χημικής έρευνας. Η αέναη επανάληψη φυσικών παραμέτρων στο σύμπαν π.χ. οι κινήσεις των πλανητών, η μετάδοση του φωτός και του ήχου με περιοδικές αυξομειώσεις στο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και τα υλικά μέσα, αλλά και αυτό το φαινόμενο της ζωής με την πληθώρα ταλαντουμένων εκδηλώσεων, φαίνεται πως αποτελεί την ψυχή της κοσμικής τάξης, της δημιουργικής οργάνωσης μακριά από την θερμοδυναμική ισορροπία. Φαίνεται πως είναι νόμος του σύμπαντος και η Χημεία δεν θα έπρεπε να αποτελεί εξαίρεση.

Πράγματι μόνο τα τελευταία χρόνια άρχισε μιά ερευνητική προσπάθεια, που συνεχώς ογκούται, της μελέτης ταλαντουμένων χημικών αντιδράσεων τόσο στον πειραματικό όσο και τον θεωρητικό χώρο. Παρ' όλο ότι ήδη από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (1828) υπήρχαν ενδείξεις ότι οι ταχύτητες ορισμένων αντιδράσεων κατά την διάλυση μετάλλων σε ισχυρά οξέα, παρουσίαζαν επαναλαμβανόμενη αυξομείωση, μόνο κατά το 1921 ο W.C. Bray¹ του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας των ΗΠΑ, έτυχε να παρατηρήσει την πρώτη ταλαντούμενη ομογενή χημική αντίδραση. Πράγματι κατά την μελέτη της καταλυτικής διασπάσεως υπεροξειδίου του υδρογόνου παρουσία ιωδικών (IO₃), διεπίστωσε ότι η ταχύτητα εκλύσεως του οξυγόνου και το χρώμα του ελευθερουμένου ιωδίου εις τα διαλύματα αυτά μεταβάλλονταν κατά περιοδικό σχεδόν τρόπο.

Η ανακάλυψη αυτή παρέμεινε πρακτικώς άγνωστη για 40 χρόνια και οι ελάχιστες σχετικές εργασίες που δημοσιεύθηκαν είχαν σαν σκοπό να δείξουν πως οι ταλαντώσεις αυτές ήταν μάλλον τεχνάσματα οφειλόμενα σε σωματίδια σκόνης ή άλλα νόθα αίτια, παρά ουσιαστή χημική κινητική.

Σχεδόν την ίδια περίοδο (1920) ο A. J. Lotka² παρουσίασε ένα θεωρητικό πρότυπο χημικής κινητικής, αποτελούμενο από δύο σε σύζευξη αυτοκαταλυόμενες

αντιδράσεις και μία μονομοριακή διάσπαση, το οποίο δημιουργεί συντηρούμενες ταλαντώσεις των συγκεντρώσεων των δύο κύριων συστατικών. Το πρότυπο αυτό έτυχε γενικότερης χρήσεως ως πρότυπο Lotka - Volterra^{3, 4} ιδιαίτερα στην μελέτη βιολογικών - οικολογικών συστημάτων (κυνηγού - θηράματος), με περιοδική εμφάνιση κύκλων των δύο συνιστώντων. Η δυσπιστία όμως της επιστημονικής κοινότητας τόσο στο πειραματικό όσο και στο θεωρητικό μέρος γιά την αναγνώριση των χημικών ταλαντώσεων διήρκεσε μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Το κύριο αίτιο ήταν η αντίληψη του να ερμηνεύονται ενυπάρχοντα φαινόμενα μακράν της ισορροπίας, με τους νόμους της θερμοδυναμικής των ισορροπιών, διότι εθεωρήτο ότι οι χημικές ταλαντώσεις ήταν ένα είδος αεικινήτου που παραβίαζε τον δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής.

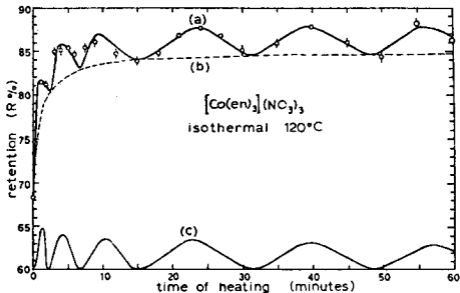
Εκείνο το οποίο εθεωρήθη απαραίτητο για να γίνουν αποδεκτές οι χημικές ταλαντώσεις ήταν πρώτον να υπάρχουν αναμφισβήτητα πειραματικά δεδομένα και δεύτερον μία θεωρία της θερμοδυναμικής των μη ισορροπιών. Το θεωρητικό υπόβαθρο εδόθη πρώτα από τον Lars Onsager⁵ του Πανεπιστημίου Yale των ΗΠΑ και μετά από τον Ilya Prigogine⁶ του Ελευθέρου Πανεπιστημίου των Βρυξελλών. Η θεωρία αυτή έδειξε ότι οι χημικές ταλαντώσεις κοντά στην κατάσταση της ισορροπίας είναι αδύνατες ενώ μακριά από αυτήν είναι τελείως συνεκείς με τους φυσικούς νόμους. Στο πειραματικό μέρος η πρώτη μαρτυρία ήλθε από την Ρωσία όπου το 1951 ο Β.Ρ. Belousov του Ινστιτούτου Βιοφυσικής, εξετάζοντας τον κύκλο του Krebs σε βιολογικά συστήματα, παρατήρησε ότι το χρώμα μίγματος κιτρικού οξέος, οξίνου βρωμικού (BrO₂) και ενός άλατος τετρασθενούς δημητρίου, μεταβάλλονταν περιοδικώς από κίτρινο σε άχρουν και μετά πάλι σε κίτρινο. Ο Belousov προσπάθησε να δημοσιεύσει αυτά τα αποτελέσματα αλλά η εργασία του περιφέρθη από ένα εκδότη που εθεώρησε ότι αυτό το φαινόμενο ήταν τελείως αδύνατο. Μόνο μετά από επτά έτη η εργασία αυτή περιελήφθη στα πρακτικά ενός συμποσίου⁷.

Ευτυχώς η ανακάλυψη του Belousov εμελετήθη περαιτέρω από έναν άλλο ρώσο βιοφυσικό τον Α. Μ. Zhabotiskii⁸, ο οποίος χρησιμοποίησε αντί κιτρικού μηλικό οξύ και δημοσίευσε σχετικές εργασίες πάνω στην φαινομενολογία και τον μηχανισμό της ονομαζόμενης σήμερα αντιδράσεως Belousov - Zhabotiskii (BZ). Μία από τις ωραίες διαπιστώσεις αυτού του φαινομένου ήταν ότι σε ένα διάλυμα μίγματος αντιδραστηρίων BZ αρχικά ομογενούς, στιβάδα η οποία παρέμενε χωρίς ανάδευση, ανέπτυξε ομόκεντρους δακτύλιους διαφορετικού από το διάλυμα χρώματος, πράγμα που απεδείκνυε ότι η αντίδραση μπορούσε να ταλαντούται παράλληλα στο χρόνο και τον χώρο.

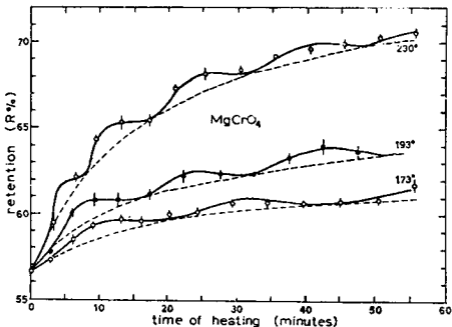
Φαινόμενα στην Κρυσταλλική Κατάσταση

Όλα τα ανωτέρω αφορούν σε διαλύματα χημικών ενώσεων, όπου η κινητική διερεύνηση και η μηχανιστική θεώρηση, παρ' όλες τις φυσιολογικά αναμενόμενες αντιδράσεις και την εύλογη δυσπιστία, τελικά έδωσαν τις απαιτούμενες προϋποθέσεις για την αποδοχή αυτών των καινοφανών πειραματικών και θεωρητικών δεδομένων.

Η συμβολή του συγγραφέως⁹ στα ανάλογα φαινόμενα, αλλά εις την κρυσταλλική κατάσταση, ανάγεται από του 1960. Το επιστημονικό πεδίο είναι η



Σχήμα 1: Ισόθερμη επαναφορά ακτινοβοληθείσης κρυσταλλικής συμπλόκου ενώσεως του Κοβαλτίου εις τον πυρηνικών αντιδραστήρα. Καμπύλη (α): πειραματική. Καμπύλη (β): μονότονη επαναφορά. Καμπύλη (c): καμπύλη ταλαντώσεως που προκύπτει από την αφαίρεση της (b) από την (α). Εργασία υπ' αρ. 35.



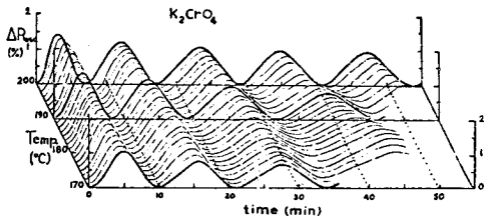
Σχήμα 2: Σύστημα ισόθερμων ακτινοβοληθέντος κρυσταλλικού χρωμικού Μαγνησίου. Εργασία υπ' αρ. 35.

κινητική της επαναφοράς κρυσταλλικού πλέγματος χημικών ενώσεων, που υπέστησαν ακτινοβόληση σε πυρηνικό αντιδραστήρα. Συγκεκριμένα πρόκειται για τα φαινόμενα χημικών μετατροπών σαν συνέπεια των πυρηνικών αντιδράσεων, τα οποία ανακάλυψαν οι Leo Szilard και T.A. Chalmers¹⁰ το 1934 την εποχή που ήδη είχαν χρησιμοποιήσει νετρόνια ο Enrico Fermi και οι συνεργάτες του της Ρώμης σαν νέο μέσο πυρηνικών αντιδράσεων. Και οι μεν Szilard και Chalmers ακτινοβόλησαν αιθυλοϊωδίδιο με νετρόνια στην υγρά κατάσταση της οργανικής αυτής ενώσεως, είχαν δε ως προϊόν ραδιενεργό ανόργανο ιώδιο διαχωριζόμενο με εκχύλιση στην υδατική φάση, από το 1949 όμως οι Green και Maddock¹¹ παρατήρησαν ότι κατά την ακτινοβόληση κρυσταλλικού χρωμικού καλίου το ραδιενεργό χρώμιο ανευρίσκεται εκτός ως τρισθενές κατιόν και υπό την μητρική μορφή του χρωμικού ανιόντος, της οποίας το ποσοστό (συγκράτηση) ηύξανε κατά την θέρμανση των κρυστάλλων (ανόπτηση).

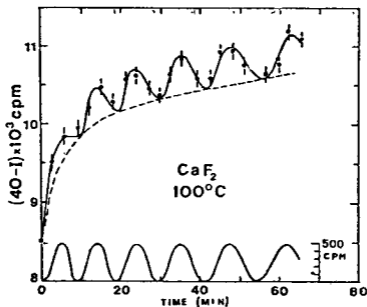
Το όλο φαινόμενο της χημικής μετατροπής ενός ατόμου σε ένα χημικό σύστημα σαν συνέπεια μιάς πυρηνικής αντιδράσεως, οφείλεται στο ότι το άτομο την στιγμή της πυρηνικής αντιδράσεως εκπέμπη ένα σωματίδιο ή ακτίνες -γ και για λόγους διατηρήσεως της ορμής είναι αναγκασμένο να ανακρουσθεί αποκτώντας έτσι μεγάλη κινητική ενέργεια πέραν της χημικής ενέργειας του δεσμού, που το συνδέει με τα άλλα άτομα στο μόριο. Το αποτέλεσμα είναι η θραύση του χημικού δεσμού και επομένως η χημική μετατροπή αυτού του ραδιενεργού πλέον ατόμου. Τα άτομα αυτά με την μεγάλη κινητική ενέργεια ονομάζονται «θερμά άτομα» και σε ένα ακτινοβολημένο κρυσταλλικό πλέγμα προκαλούν διαταραχές, που παράλληλα με τις διαταραχές από τις άλλες πυρηνικές ακτινοβολίες του αντιδραστήρα, απομακρύνουν το κρυσταλλικό σύστημα από την κατάσταση της ισορροπίας. Έτσι μετά την ακτινοβόληση μιάς κρυσταλλικής χημικής ενώσεως, ανευρίσκονται ραδιενεργά άτομα σε δύο ή περισσότερες χημικές μορφές, μία των οποίων είναι η μητρική, καθώς και ποικίλλα ελαττώματα του κρυσταλλικού πλέγματος.

Όσον αφορά στο φαινόμενο της ανόπτησης, είναι γνωστό από την μεταλλουργία, ότι το πλέγμα ενός κρυσταλλικού συστήματος μετάλλου, κράματος κ.λπ., το οποίο έχει υποστεί μηχανική κατεργασία, αποδυναμώνοντας έτσι την αντοχή του, επανέρχεται στην κανονική του μορφή με το φαινόμενο της προσφοράς ενέργειας, π.χ. διά θερμάνσεως. Έτσι εις τον πυρηνικό χώρο μετά την ανακάλυψη ότι το ποσοστό της ραδιενέργειας υπό την μητρική μορφή μιάς ακτινοβολημένης κρυσταλλικής ενώσεως ηύξανε κατά την θέρμανση, άρχισαν να μελετώνται πολλές χημικές ενώσεις, που άτομά τους μπορούσαν να ευρεθούν μετά την ακτινοβόληση σε διαφορετική χημική μορφή. Με ισόθερμη κατεργασία και παρακολουθώντας με ραδιοχημική ανάλυση το ποσοστό της μητρικής μορφής για διάφορα διαστήματα χρόνου θερμάνσεως χαράσσονται έτσι καμπύλες της κινητικής του φαινομένου της επαναφοράς για διάφορες θερμοκρασίες. Βεβαίως σύμφωνα με τα θερμοδυναμικώς τότε κρατούντα όλες οι καμπύλες της κινητικής της επαναφοράς εις τις ακτινοβολημένες κρυσταλλικές ενώσεις έπρεπε να χαράσσονται ως απλές μονότονες, αποτέλεσμα συνδυασμού συνήθως δύο πρώτης τάξεως αντιδράσεων, μιάς ταχείας και μιάς βραδείας.

Ο συγγραφέας του παρόντος εξετάζοντας την ισόθερμη ανόπτηση ακτινοβολημένων κρυσταλλικών συμπλόκων του κοβαλτίου, όταν ευρίσκετο εις το Εργαστήριο Ραδιοχημείας του Πανεπιστημίου του Καίμπριτζ το 1960, παρατήρησε



Σχήμα 3: Ισομετρική απεικόνιση ταλαντώσεων για διάφορες θερμοκρασίες ακτινοβοληθέντος κρυσταλλικού Χρωμικού Καλίου. Εργασία υπ' αρ. 35.



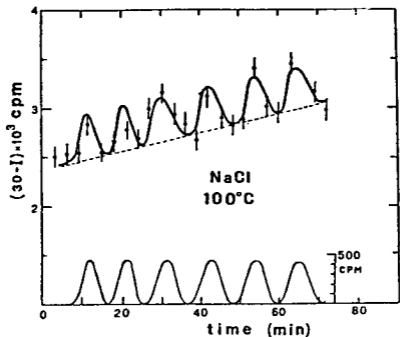
Σχήμα 4: Ισόθερμη μακροσκοπική ταλάντωση εντάσεως περιθλωμένης δέσμης μονοχρωματικών νετρονίων από μονοκρυστάλλο Θυορίτη ακτινοβοληθέντος στον αντιδραστήρα. Εργασία υπ' αρ. 41.

ότι τα πρώτα πειραματικά σημεία, κατά την έρευνα της κινητικής επαναφοράς υποθετικής μονότονης καμπύλης, ευρίσκοντο πάντοτε πάνω από αυτήν ενώ τα ερόμενα ήσαν κάτω και μετά άλι επάνω. Κατά την συζήτηση με τους άλλους ερευνητές και με τον καθηγητή της Ραδιοχημείας A.G. Maddock όλοι επέμεναν ότι πρόκειται για στατιστική διακύμανση των σημείων ένεκα τυχαίων και συστηματικών σφαλμάτων της αναλυτικής μεθόδου και των μετρήσεων της ραδιενέργειας. Η επανάληψη όμως του ίδιου φαινομένου σε διάφορες θερμοκρασίες για το ίδιο σύμπλοκο και εν συνεχεία σε άλλα σύμπλοκα (CIS και TRANS διχλωρο ή διβρωμο-δισ-αιθυλενοδιαμίνη κοβάλλιο (III) νιτρικό άλας) ενίσχυσε στον συγγραφέα¹² την πεποίθηση ότι ευρίσκετο ενώπιον ενός νέου φαινομένου, κάποιας ταλαντούμενης μορφής, που η φύση του απεκάλυπτε, διότι όντας «πτωχός τῷ πνεύματι» δεν είχε ακόμη αποκτήσει την αλαζονεία του ώριμου επιστήμονα.

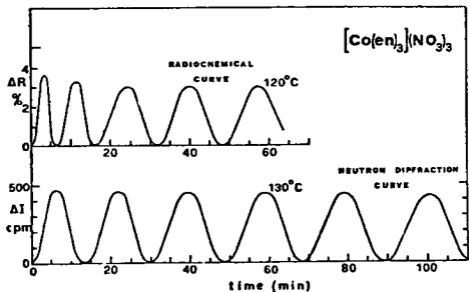
Έκτοτε εξητάσθησαν πολλές χημικές ενώσεις,¹³⁻¹⁴ εις τις οποίες οι πυρηνικές αντιδράσεις δημιουργούσαν διάφορα ραδιοϊσότοπα, και οι οποίες παρείχαν κατά την ισόθερμο ανόπτηση καμπύλες με μέγιστα και ελάχιστα ως προς την επαναφορά του κρυσταλλικού πλέγματος εις την αρχική του κατάσταση. Οι διακυμάνσεις αυτές της συγκρατήσεως, επί πλέον μιάς μόνιμης επαναφοράς, της οποίας οι τιμές κόρου (ψευδοπλάτῶ) ήσαν μεγαλύτερες σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, έπρεπε να ωφείλοντο σε μία γενική ιδιότητα του ακτινοβολημένου κρυσταλλικού πλέγματος, μερική εκδήλωση του οποίου παρουσιάζαν οι επανασυνδέσεις - διασπάσεις των σε πάρα πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις ραδιοϊσοτόπων, με μητρικά μόρια ή ρίζες. Την συλλογιστική, που οδηγούσε σε γενίκευση του φαινομένου, ενίσχυσε επί πλέον η ανάγκη αποφυγής διατυπώσεως μηχανιστικών προτύπων ξεχωριστά για κάθε χημική ένωση. Η επιστημονική εμπειρία στις φυσικές επιστήμες είναι ότι τελικά οδηγούμεθα σε ενοποιημένες θεωρίες και γενικούς νόμους.

Την ύπαρξη μεγίστων και ελαχίστων εις τις καμπύλες ισόθερμης ανόπτησης επιβεβαίωσαν εν συνεχεία και άλλοι ερευνητές,¹⁵⁻²⁰ καμπύλες δε ήδη δημοσιευμένων εργασιών με την μονότονη μορφή εσχεδίασε εκ νέου ο συγγραφέας παρουσιάζοντας μέγιστα και ελάχιστα, μία δε εξ αυτών εζήτησε και δημοσίευσε μαζί με τον συγγραφέα, ο A.G. Maddock²¹, ανασκευάζοντας έτσι προηγούμενες του αντιλήψεις. Οι νέες αυτές ιδέες παρουσιάσθηκαν από τον συγγραφέα σε διάφορα διεθνή επιστημονικά συνέδρια και εδημιούργησαν άμεσως μικτές αντιδράσεις αποδοχής και δυσπιστίας. Εκείνο που κυρίως προκαλούσε μία συγκεκαυμένη αντίδραση ήταν το γεγονός ότι πολλοί επιστήμονες επί έτη εδημοσίευαν καμπύλες ανοπτήσεως ακτινοβολημένων κρυσταλλικών ενώσεων υπό την μονότονη μορφή. Μάλιστα όντες τόσο βέβαιοι για την μορφή των καμπυλών χρησιμοποιούσαν ελάχιστα πειραματικά σημεία ενδεικτικά μόνο των τιμών που η ισόθερμη ανόπτηση θα μπορούσε να απαιτήσει για τις καμπύλες αυτές.

Η περίοδος 1964-69 εις το Κέντρον Πυρηνικών Ερευνών «Δημόκριτος» υπήρξε εν συνεχεία αρκετά γόνιμη και πολλές δημοσιεύσεις του συγγραφέα με τους συνεργάτες του,²²⁻²⁸ προϊόντα επίπονης και προσεκτικής εργασίας ώστε να αποκλείεται η περίπτωση στατιστικού σφάλματος, κατωχύρωσαν το γεγονός της υπάρξεως μεγίστων και ελαχίστων. Στην περίπτωση μάλιστα μιάς εργασίας²⁷ κάθε πειραματικό σημείο ήταν αποτέλεσμα δέκα ραδιοχημικών αναλύσεων του ίδιου δείγματος ελαχιστοποιώντας έτσι το πειραματικό σφάλμα, που μερικοί αντιδρώντες επεκαλούντο ως αίτιο των διακυμάνσεων. Συγκεκριμένα η εν λόγω εργασία



Σχήμα 5: Όπως στο σχήμα 4 αλλά για μονοκρυστάλλο Χλωριούχου Νατρίου. Εργασία υπ' αρ. 41.



Σχήμα 6: Σύγκριση καμπυλών ταλαντώσεως της ίδιας κρυσταλλικής ενώσεως, δια ραδιοχημικής αναλύσεως (άνω καμπύλη) και με την μέθοδο περιθλάσεως νετρονίων (κάτω καμπύλη). Εργασία υπ' αρ. 41.

απαίτησε για το σύνολο των καμπυλών πάνω από χίλιες αναλύσεις.

Παρ' όλα αυτά η τελική μορφή του φαινομένου δεν είχε ακόμη αποσαφηνισθεί. Ο λόγος ήταν πως η χρονική περίοδος κατά την οποία παρακολούθητο η καμπύλη διαρκούσε αρκετές ώρες και τα δυνατά σημεία που έδιδαν οι αναλύσεις πιστοποιούσαν βεβαίως τα μέγιστα και τα ελάχιστα, παρέχοντας κατά την χάραξη ταλαντώσεις μεγάλης περιόδου, δεν απεκάλυπταν όμως ακόμα την λεπτή υφή του φαινομένου.

Παράλληλα ο F. Baumgärtner,²⁹ ένθερμος υποστηρικτής του φαινομένου, έκανε ένα πείραμα περιθλάσεως ακτίνων-Χ με ακτινοβολημένο κρυσταλλικό χρωμικό κάλι, θερμαίνοντας ισόθερμα το δείγμα και παρακολουθώντας την ένταση της σκεδαζόμενης δέσμης. Παρατήρησε δε με πολύ χαρά την ύπαρξη μεγίστου και ελαχίστου επιβεβαιώνοντας έτσι και από φυσικής πλευράς το φαινόμενο.

Μετά την πρώτη αυτή ένδειξη μακροσκοπικής ταλαντώσεως του διαταραγμένου κρυσταλλικού πλέγματος με φυσική μέθοδο, πράγμα που υπεδείκνυε την ύπαρξη γενικού φαινομένου ανεξάρτητου της χημικής υφής του συστήματος, ο συγγραφέας αποφάσισε να προχωρήσει με την νέα αυτή μέθοδο, χρησιμοποιώντας όμως δέσμη νετρονίων του σπεκτρομέτρου που είχε εγκατασταθεί στον πυρηνικό αντιδραστήρα του «Δημοκρίτου». Παρεσκεύασε μονοκρυστάλλους των συμπλόκων ενώσεων του κοβαλτίου, που είχε ήδη μελετήσει με την ραδιοχημική μέθοδο, και προσανατολίζοντας τους κρυστάλλους στην γωνία Bragg όπου υπήρχε η μεγίστη ένταση της σκεδαζόμενης δέσμης νετρονίων, παρατήρησε για ισόθερμη κατάσταση, όχι μόνο αυξομείωση της έντασης αλλά σχεδόν αρμονική ταλάντωσή της. Τα πειράματα επανελήφθησαν και αμέσως έγινε η σχετική ανακοίνωση στο περιοδικό Nature.³⁰ Οι φυσικοί του «Δημοκρίτου» εντυπωσιάστηκαν από την αποκάλυψη ότι κρυσταλλικό πλέγμα θα μπορούσε να παρουσιάζει μακροσκοπικές ταλαντώσεις περιόδου της τάξεως των δέκα λεπτών της ώρας, συνηθισμένοι εις τις υψηλές ταλαντώσεις που πειραματικά και θεωρητικά αποτελούσαν κεφάλαιο της Φυσικής του Στερεού Σώματος, ενός από τους πρωτοποριακούς τότε τομείς της Φυσικής (1969).

Ο σάλος, ο οποίος εδημιουργήθη στους κύκλους των ερευνητών του Πυρηνικού Κέντρου, ανάγκασε τον τότε Πρόεδρο και... στρατιωτικό διοικητή του «Δημοκρίτου» Ταξίαρχον Δ., που η Στρατιωτική Διακυβέρνηση της χώρας είχε διορίσει, να καλέσει όλους τους επιστήμονες στο μεγάλο αμφιθέατρο όπου ο συγγραφέας παρουσίασε το φαινόμενο και έγιναν οι σχετικές συζητήσεις. Στη συνέχεια έβλεπε κανείς επί αρκετές ημέρες εις τους διαδρόμους των κτηρίων ομάδες ερευνητών να συζητούν έντονα το θέμα. Δια την ιστορίαν, ο συγγραφέας μετά δύο μήνες απελύθη, ύστερα από δεκατρία χρόνια υπηρεσίας εις τον «Δημοκρίτον», με το δικαιολογητικό της... ανεπάρκειας.

Ο συγγραφέας, του οποίου η προσωπική περιπέτεια δεν εμείωσε τον ενθουσιασμό για τα καινοφανή αυτά αποτελέσματα της έρευνάς του, εξήτησε και έλαβε την άδεια να συνεχίσει για ένα χρονικό διάστημα τις έρευνές του με την περίθλαση νετρονίων, πράγμα και το οποίο αξιοποίησε χρησιμοποιώντας πλέον μονοκρυστάλλους απλών ανοργάνων ενώσεων όπως είναι ο Φθορίτης (φθοριούχο ασβέστιο), το Χλωριούχο Νάτριο και το Χλωριούχο Κάλι καθώς και στοιχειακό Πυρίτιο. Τα αποτελέσματα, σε δεκάδες πειραματικές καμπύλες, απεδείκνυαν την ύπαρξη μακροσκοπικής ταλαντώσεως ακόμα και σε ενώσεις, που δεν είχαν

υποστεί χημικές μετατροπές σαν συνέπεια πυρηνικών αντιδράσεων, αλλά μόνο φθορά από τις ακτινοβολίες του αντιδραστήρα στο κρυσταλλικό τους πλέγμα. Με αυτό εδραιωνόταν η πεποίθηση ότι οι επανασυνδέσεις των θερμών και ανακρουσθέντων ατόμων με τις μητρικές ρίζες και η αύξηση τη συγκρατήσεως που διεπιστούτο με την ραδιοχημική έρευνα, ήταν το δευτερεύον φαινόμενο μιάς γενικότερης ταλαντώσεως που τώρα πλέον η αιτία της μετατοπιζόταν προς καθαρά φυσικούς χώρους. Μία επί πλέον επιβεβαίωση ήταν το πείραμα ισόθερμης παρακολούθησης της πυρηνικής τετραπολικής ροπής κρυσταλλικού παραδιχλωροβενζολίου, το οποίο απεκάλυψε επίσης μακροσκοπική ταλάντωση του σχετικού σήματος της διατάξεως.³⁹

Ο Καθηγητής κ. Γ. Καραγκούνης, στον οποίο και αφιερώνεται η παρούσα, έλαβε γνώση του φαινομένου κατά το 1972, όταν ως Πρόεδρος της Επιστημονικής Επιτροπής της Ενώσεως Ελλήνων Χημικών, παρακολουθούσε εκ του σύνεγγυς την έκδοση του πρώτου τεύχους του νέου ξενόγλωσσου περιοδικού *Chimika Chronika - New Series*. Εργασία μου με συνεργάτη του Δημοκρίτου²⁸ είχα υποβάλει προς δημοσίευση, σ' αυτόν δε είχε ανατεθεί το έργο της κρίσεως. Διεπίστωσα, παρ' όλη την ευγενική του στάση ότι ήταν αντίθετος προς την καινοφανή συμπεριφορά της κρυσταλλικής ύλης, την οποία παρουσίαζε η ερευνητική αυτή εργασία. Παρ' όλα αυτά δέχθηκε να δημοσιευθεί προφανώς διότι σαν πολύπειρος ερευνητής είχε την διαίσθηση ότι νέες επιστημονικές αντιλήψεις επέιζαν τις παλαιές θεωρίες στον αιώνιο εξελικτικό κανόνα ότι τα πάντα ρει. Πολύ αργότερα και αφού με το βραβείο NOBEL που δόθηκε στον Prigogine καθιερώθηκε η νέα θερμοδυναμική αντίληψη των ταλαντώσεων που μπορούν να συμβούν μακριά από την κατάσταση της ισορροπίας, μου ζήτησε ο ίδιος να ανακοινώσω εργασία μου εις την Ακαδημία Αθηνών³⁹.

Η αποστέρηση του συγγραφέως, μετά την εκδίωξή του από τον Δημόκριτον το 1969, από την δυνατότητα έρευνας, είχε σαν συνέπεια την μεγάλη καθυστέρηση για την τελική απόσαφήνιση του φαινομένου. Παρ' όλη την εκλογή του ως επικουρικού καθηγητού Ανοργάνου Χημείας στο Πανεπιστήμιο Πατρών το 1973 και εν συνεχεία ως τακτικού καθηγητού Ραδιοχημείας και Ακτινοχημείας το 1975, μόλις μετά το 1978 το νεώτατο εργαστήριο της έδρας αυτής απέκτησε την δυνατότητα να συνεχίσει την έρευνα επί του φαινομένου. Αυτή τη φορά η προσπάθεια εστιάσθηκε στην διερεύνηση της λεπτής υφής των ταλαντώσεων. Έτσι διερευνήθηκε διεξοδικώς η πρώτη ώρα της ισόθερμης κατεργασίας των ακτινοβολημένων κρυσταλλικών ενώσεως με 4-6 ραδιοχημικές αναλύσεις για κάθε δείγμα που αντιπροσώπευε τελικά ένα πειραματικό σημείο για την χάραξη της καμπύλης. Τα αποτελέσματα υπήρξαν αποκαλυπτικά. Ωραιότατες αρμονικές ταλαντώσεις με περίοδο της τάξεως των δέκα λεπτών της ώρας συνόδευαν την βασική μονότονη επανασύνδεση των λόγω πυρηνικών αντιδράσεων και φθοράς από τις ακτινοβολίες διασπασμένων συστατικών του κρυσταλλικού πλέγματος. Έκτοτε δεκάδες πειραματικών καμπυλών διαφόρων χημικών ενώσεων είδαν το φως της δημοσιότητας,³¹⁻⁴⁸ ενώ παράλληλα δημοσιεύθηκαν καμπύλες των μετρήσεων από τα πειράματα περιθλάσεως νετρονίων, που ο συγγραφέως είχε πραγματοποιήσει στο τελευταίο στάδιο της εργασίας του εις τον Δημόκριτον.^{46,47} Η ερευνητική δραστηριότητα του Εργαστηρίου Ραδιοχημείας του Πανεπιστημίου Πατρών συνεχίζεται σήμερα και μετά την αποχώρηση του συγγραφέως από την ενεργό

υπηρεσία, είτε αυτοτελώς από το προσωπικό του εργαστηρίου είτε εν συνεργασία με αυτόν και νέα πειραματικά αποτελέσματα φωτίζουν περισσότερο το φαινόμενο των ταλαντώσεων της κρυσταλλικής ύλης (σχήματα 1-6).

Επιβεβαίωση των πειραμάτων της περιθλάσεως νετρονίων έγινε με ένα προκαταρκτικό πείραμα στο Ινστιτούτο Laue - Langevin στην Grenoble της Γαλλίας, όπου ο συγγραφέας είχε την δυνατότητα να έχει στην διάθεσή του επί μίαν ημέρα ένα από τα σπεκτρόμετρα του γνωστού αυτού κέντρου ερευνών με δέσμες νετρονίων.

Β' ΜΕΡΟΣ - ΙΣΟΘΕΡΜΕΣ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΣΤΟΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την λειτουργία του πυρηνικού αντιδραστήρα ως συνέπεια του φαινομένου της πυρηνικής σχάσεως του ^{235}U , παράγονται νετρόνια και ακτίνες- γ . Τα νετρόνια περίπου 2,5 ανά σχαζόμενο πυρήνα του ουρανίου, έχουν μεγάλη κινητική ενέργεια και ονομάζονται ταχέα νετρόνια. Η αλυσωτή αντίδραση του πυρηνικού αντιδραστήρα βασίζεται στην χρησιμοποίηση βραδέων και θερμικών νετρονίων, τα οποία μπορούν να προκαλέσουν την σχάση του ισότοπου αυτού του ουρανίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την επιβράδυνση των ταχέων νετρονίων, που γίνεται με την παρουσία υλικών που περιέχουν άτομα στοιχείων μικρού ατομικού βάρους. Πρακτικά ως επιβραδυντές χρησιμοποιούνται γραφίτης ή ύδωρ (φυσικό ή βαρύ) διότι τα άτομα του άνθρακα και τα άτομα του υδρογόνου συγκρούμενα με τα ταχέα νετρόνια απάγουν ένα μέρος από την κινητική τους ενέργεια. Σειρά διαδοχικών συγκρούσεων οδηγεί σε μεγάλο ποσοστό θερμικών νετρονίων.

Τα θερμικά νετρόνια επειδή όχι μόνο επαρκούν για την διατήρηση της αλυσωτής πυρηνικής αντιδράσεως του ουρανίου αλλά περισσεύουν, χρησιμοποιούνται μέσα στον αντιδραστήρα ή σε δέσμες εκτός από αυτόν α) για την εκτέλεση πειραμάτων και β) για την παραγωγή ισότοπων ραδιενεργών κυρίως. Αναπόφευκτα όμως κατά την ακτινοβολήση δείγματος με θερμικά νετρόνια, τούτο δέχεται την επίδραση των υπαρχόντων σε διάφορα ποσοστά αναλόγως της θέσεως της ακτινοβολήσεως, ταχέων νετρονίων και βεβαίως των ακτίνων- γ .

Οι καταστροφικές δράσεις των πυρηνικών αυτών ακτινοβολιών, οφείλονται είτε στις πυρηνικές αντιδράσεις (θερμικά νετρόνια), είτε στις συγκρούσεις με τους πυρήνες των ατόμων των υλικών (ταχέα τετρόνια), είτε στην διέγερση και τον ιονισμό των ατόμων και μορίων (ακτίνες- γ).

Κατά την ακτινοβολία κρυσταλλικών χημικών ενώσεων με σκοπό την επίτευξη πυρηνικών αντιδράσεων με συγκεκριμένο ισότοπο χημικού στοιχείου, υπάρχει η δυνατότητα το δημιουργούμενο ως προϊόν της αντιδράσεως ραδιοϊσότοπο να ευρεθεί σε διάφορες χημικές μορφές πλην της μητρικής ενώσεως. Κατά την θέρμανση ή προσφορά με άλλο τρόπο ενέργειας εις τους ακτινοβολημένους κρυστάλλους, αυξάνει το ποσοστό της μητρικής μορφής που περιέχει το σχηματισθέν ραδιοϊσότοπο. Η κινητική της επαναφοράς του ραδιοϊσότοπου στην

αρχική χημική μορφή ακολουθεί μικτούς μηχανισμούς. Ο ένας ακολουθεί πρώτης τάξεως κινητική, συνήθως μίας βραδείας και μίας ταχείας αντίδρασης, και ο δεύτερος ένα φαινόμενο ταλαντώσεως, οφειλόμενο στην επανασύνδεση - διάσπαση - επανασύνδεση κ.λπ. του εν λόγω ραδιοϊσοτόπου με τις μητρικές ρίζες. Ο πρώτος μηχανισμός οδηγεί κατά την ισόθερμη κατεργασία σε μόνιμη αποκατάσταση της χημικής δομής του κρυσταλλικού πλέγματος και παρέχει πειραματική μονότονη καμπύλη (ταχεία αύξηση του μητρικού ποσοστού στην αρχή και μετά βραδεία). Η ταλάντωση επικάθεται της μονότονης καμπύλης ώστε πειραματικά να προκύπτει το άθροισμα των δύο. Για σειρά ισοθέρων σε διάφορες θερμοκρασίες προκύπτουν οικογένειες καμπυλών, των οποίων οι «κυματισμοί» μετατοπίζονται συνήθως προς τα αριστερά όσο αυξάνει η θερμοκρασία.

Κρυσταλλική ένωση ακτινοβολημένη στον πυρηνικό αντιδραστήρα παρουσιάζει το αρχικό ποσοστό της «συγκρατήσεως», όπως λέγεται, κατά το μάλλον ή ήττον ηξημένο. Ο λόγος είναι ότι το δείγμα ακτινοβολούμενο δέχεται ταυτόχρονα και την προσφορά ενέργειας, αφενός λόγω υψηλής θερμοκρασίας του αντιδραστήρα (περίπου 250 C) και αφετέρου λόγω των πυρηνικών ακτινοβολιών. Η ενέργεια αυτή δημιουργεί επανασυνδέσεις ή άλλες ισοτοπικές αντιδράσεις ανταλλαγής με αποτέλεσμα τα ανακρουσθέντα άτομα του ραδιοϊσοτόπου λόγω της πυρηνικής αντιδράσεως, τα οποία κανονικά θα έπρεπε όλα να ευρίσκονται σε νέες θέσεις του πλέγματος και κατά συνέπεια υπό διαφορετική χημική μορφή, να έχουν κατά ένα ποσοστό επανέλθει εις την αρχική τους χημική κατάσταση.

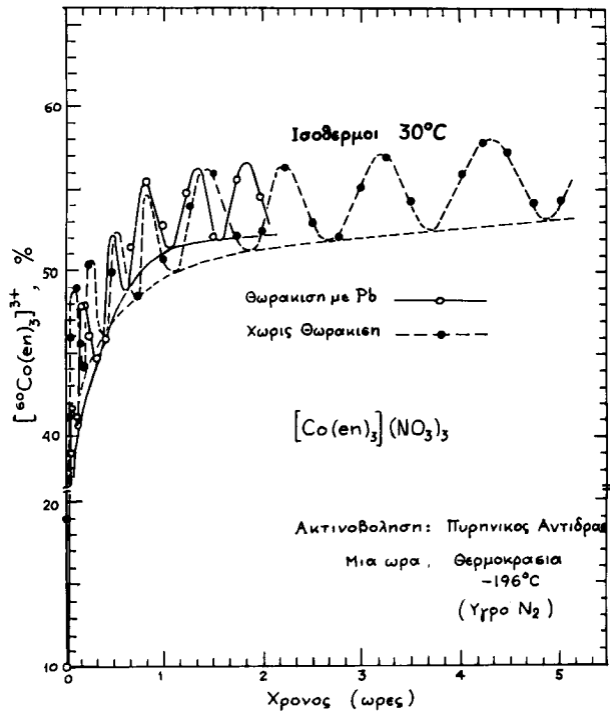
Παράλληλα προς τις πυρηνικές αντιδράσεις που δημιουργούν ραδιοϊσότοπα στις διάφορες χημικές μορφές τους πρέπει να τονισθεί η σε πολύ μεγάλο ποσοστό εν σχέσει με αυτές δράση των άλλων ακτινοβολιών (ταχεία νετρόνια, ακτίνες-γ) που προκαλούν μακροσκοπική φθορά του κρυσταλλικού πλέγματος, όπως ελέχθη ανωτέρω.

Προς τον σκοπό διερευνήσεως της δράσεως των συμπαρομαρτούντων παραγόντων επί του φαινομένου της ταλαντώσεως, διενεργήθησαν ακτινοβολήσεις υπό συνθήκες ελεγχόμενης προσφοράς θερμότητας και ακτινοβολίας. Ως κρυσταλλική ένωση επιλέχθηκε το νιτρικό άλας του συμπλόκου τρις-αιθυλενοδιαμίνης κοβάλτιου (III), που έχει αποδειχθεί ως κατάλληλη ένωση για την μελέτη των ταλαντώσεων και η οποία κατά την ακτινοβόληση παρέχει ανακρουόμενο ^{60}Co (II) και επανασυνδεόμενο ^{60}Co (en)₃³⁺. Η θερμοκρασία ήταν η χαμηλότερη δυνατή, -196° C, την οποία παρέχει σύστημα τροφοδοτούμενο με υγρό άζωτο. Η ακτινοβολία των ακτίνων-γ μετριάσθηκε κατά την μία ακτινοβόληση θωρακίζοντας το δείγμα με μολύβδινο περίβλημα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΝ ΜΕΡΟΣ

Κρυσταλλική ένωση: Παρασκευάσθηκε η ένωση $\text{Co(en)}_3 / (\text{NO}_3)_3$ σύμφωνα με την μέθοδο του H.B. Work⁴⁹ από χημικά αντιδραστήρια αναλυτικής καθαρότητας και ανακρυστάλωθηκε μερικές φορές.

Ακτινοβόληση: Δύο δείγματα της ενώσεως ακτινοβολήθηκαν με νετρόνια εις τον πυρηνικό αντιδραστήρα του Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών «Δημόκριτος» τύπου ανοικτής δεξαμενής, μέσα στο σύστημα ακτινοβολήσεων κυκλώματος υγρού αζώτου σε θερμοκρασία -196° C. Το ένα δείγμα τοποθετήθηκε



Σχήμα 7: Ισόθερμες καμπύλες εις την θερμοκρασία των 30° C κρυσταλλικού συμπλόκου του Κοβαλτίου ακτινοβληθέντος επί μία ώρα εις τον πυρηνικόν αντιδραστήρα εις την θερμοκρασία των -196° C, με μολύβδινη θωράκιση και χωρίς αυτήν. Παρατηρείται διαφορά των ταλαντώσεων, λόγω διαφορετικής συγκεντρώσεως ελαττωμάτων εις τα κρυσταλλικά πλέγματα των δύο δειγμάτων. Παρούσα εργασία.

μέσα σε θώρακα από μολύβι. Η διάρκεια της ακτινοβολήσεως ήταν μία ώρα, η δόση θερμικών νετρονίων την θέση του δείγματος ήταν 10^{12} n/cm²sec. Η δόση από την ιονίζουσα ακτινοβολία (κυρίως ακτίνες-γ) που δέχθηκε το αθωράκιστο δείγμα ήταν 0.29 MGy ή 30 Mrads, το δε θωρακισμένο με Pb περίπου το ήμισυ. Η ροή των ταχέων νετρονίων ήταν 10^{11} n/cm² sec.

Ραδιοχημική ανάλυση: Οι δύο χημικές καταστάσεις του σχηματισθέντος από την πυρηνική αντίδραση $^{59}\text{Co}(n, \gamma)^{60}\text{Co}$ ραδιενεργού κοβαλτίου-60, η μία ως ανακρουσθέν κατιόν $^{60}\text{Co}^{2+}$ και η άλλη υπό την μητρική μορφή $^{60}\text{Co}(\text{en})_3/^{1+}$, διεχωρίσθησαν με την μέθοδο ανταλλαγής ιόντων. Έτσι για την τετραπλή ανάλυση κάθε δείγματος εχρησιμοποιήθησαν τέσσερις στήλες που περιείχαν ανταλλάκτη κατιόντων Dowex-50 × 2, 100-200 Mesh υπό μορφή H⁺, ύψους 1,5 εκατ. Μετά την συγκράτηση από την στήλη των δύο κατιοντικών μορφών του ^{60}Co , το μεν $^{60}\text{Co}^{2+}$ παρελήφθη πρώτον με έκλουση από αυτήν χρησιμοποιώντας διάλυμα 1,2 N HCl το δε σύμπλοκο κατιόν $^{60}\text{Co}(\text{en})_3/^{1+}$ με διάλυμα 6N HCl. Τα υγρά των δύο διαχωρισθέντων ιόντων συμπληρώθηκαν μέχρι τον ίδιο όγκο και μετρήθηκε η ραδιενέργειά τους με αναλυτή ακτίνων-γ για την μέτρηση μόνο των φωτονίων του κοβαλτίου-60. Από τις τιμές των μετρήσεων αυτών υπολογίζοντας το στατιστικό σφάλμα, ελήφθησαν οι τιμές των τεσσάρων αναλύσεων και από αυτές η μέση τιμή, ελαχιστοποιώντας έτσι το αναλυτικό σφάλμα, το οποίο δεν ήταν μεγαλύτερο από $\pm 0.5\%$. Από τις τιμές A της μητρικής ενώσεως και B του ανακρουσθέντος ιοντικού κοβαλτίου-60 υπολογίσθηκε η «συγκράτηση» επί τοις εκατό ως $A/(A+B) \cdot 100$. Οι τιμές αυτές εχρησιμοποιήθησαν για την χάραξη των καμπυλών.

Ισόθερμη ανόπτηση: Για την χάραξη καμπυλών μεταβολής της «συγκρατήσεως» ως προς τον χρόνο κατά την ισόθερμη κατεργασία των ακτινοβολημένων δειγμάτων, εθερμάνθησαν ταυτοχρόνως τέσσερα δείγματα επί τον αυτόν χρόνον. Ως θερμοκρασία για την ισόθερμη κατεργασία εκρίθη εκείνη των 30 °C, σχετικά λίαν υψηλή για δείγματα ακτινοβολημένα στους -196° C. Οι θερμοκρασίες ανοπήσεως για δείγματα ακτινοβολημένα στην συνήθη θερμοκρασία του αντιδραστήρα (25° C) είναι συνήθως μεγαλύτερες των 70° C διότι έτσι μόνο διαπιστούται το φαινόμενο της ταλαντώσεως. Για την θέρμανση των δειγμάτων, τα οποία εφυλάσσοντο μέσα σε υγρό άζωτο, εχρησιμοποιήθη θερμοστατικό λουτρό ακριβείας.

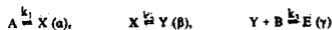
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι αρχικές τιμές της συγκρατήσεως ήσαν 10% για το δείγμα με την μολύβδινη θωράκιση και 19% για εκείνο χωρίς αυτήν. Οι τιμές αυτές είναι πολύ χαμηλές συγκρινόμενες με τις συνήθειες, που έχουν προκύψει σε άλλες εργασίες με το ίδιο σύμπλοκο αλλά ακτινοβολημένο στην θερμοκρασία του αντιδραστήρα. Πράγματι ενώ έχει ευρεθεί η συγκράτηση να κυμαίνεται από 40-60% στους 25° C η μεγάλη αυτή ελάττωση αποδεικνύει την επίδραση της θερμοκρασίας κατά την διάρκεια του φαινομένου της πυρηνικής ανακρούσεως και δημιουργίας θερμών ατόμων, τα οποία απομακρυνόμενα από την αρχική χημική δομή, ανευρίσκονται ως απλά κατιόντα σε μεσοπλεγματικές θέσεις. Η προσφορά θερμότητας στο πλέγμα αποκαθιστά εν μέρει τα δημιουργούμενα ελαττώματα και επαναφέρει στην αρχική κατάσταση τα

ανακρουσθέντα άτομα. Η επίδραση της ιονίζουσας ακτινοβολίας στην αρχική συγκράτηση αποδεικνύεται από την διαφορά μεταξύ των τιμών των δύο ακτινοβολήσεων, όπου η δόση της ακτινοβολίας-γ ελαττώθηκε περίπου κατά το ήμισυ και είχε ως αποτέλεσμα την πτώση της τιμής από 19% σε 10%.

Η ισόθερμη επαναφορά των ακτινοβολημένων δειγμάτων του κρυσταλλικού συμπλόκου του κοβαλτίου εις την θερμοκρασία των 30° C παρουσιάζεται εις το σχήμα 7. Παρατηρείται και για τα δύο δείγματα ταχεία αύξηση της συγκρατήσεως κατά την πρώτη ώρα. Οι δύο πρώτης τάξεως αντιδράσεις συνιστούν την μονότονη καμπύλη πάνω στην οποία επιπροστίθεται η ταλάντωση. Η ταχεία αντίδραση εις το δείγμα με την ελαττωμένη δόση από την ιονίζουσα ακτινοβολία επιτυγχάνει μεγαλύτερο ποσοστό επαναφοράς του πλέγματος για την πρώτη ώρα. Αντιθέτως εις το δείγμα αυτό είναι μειωμένο το εύρος της ταλαντώσεως ενώ είναι μεγαλύτερα η συχνότης.

Ο μηχανισμός ο οποίος μέχρι τούδε εθεωρήθη ότι ικανοποιεί την ερμηνεία των ταλαντώσεων κατά την επαναφορά του κρυσταλλικού πλέγματος χημικών ενώσεων περιεχουσών εις συγκέντρωση ιχνών ραδιενεργά ισότοπα, αποτελεί τροποποίηση του προτύπου Lotka - Volterra^{1, 4}. Αυτό αποτελείται από τρεις διαδοχικές αντιδράσεις ανακυκλούμενες:



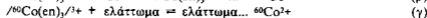
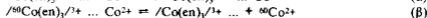
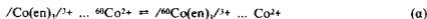
Αντίδραση (α): Ραδιοϊσότοπο σε μεσοπλεγματική κατάσταση ευρίσκεται πλησίον της μητρικής μορφής A με την οποία ανταλλάσσει το μη ραδιενεργό ισότοπό του και δίδει το X. Όταν χρονικά στο σημείο αυτό διαλυθεί ο κρύσταλλος για ραδιοχημική ανάλυση, το ραδιοϊσότοπο εμφανίζεται υπό την μητρική μορφή σαν αύξηση της συγκρατήσεως.

Αντίδραση (β): Εν συνεχεία το ραδιοϊσότοπο αποδεσμεύεται από την μητρική μορφή και εάν ο κρύσταλλος διαλυθεί τότε παρατηρείται ελάττωση της συγκρατήσεως (σηματισμός Y).

Αντίδραση (γ): Η μορφή Y (ελεύθερη μεσοπλεγματική) συναντά κατά την θερμική διάχυση ελάττωμα B με το οποίο σχηματίζει χαλαρής συνδέσεως οντότητα E, η οποία οδηγεί πάλι, με την μητρική μη ραδιενεργό μορφή A, στην αντίδραση (α).

Επειδή η συγκέντρωση των A είναι πρακτικά ανεξάντλητη (σταθερά) και επειδή ο αριθμός των ελαττωμάτων B είναι σε μακροσκοπικό επίπεδο (σχεδόν σταθερή συγκέντρωση) το σύστημα των τριών αντιδράσεων μπορεί να παρέχει συντηρούμενες ταλαντώσεις με κάποια μικρή απόσβεση, τόσο στην συχνότητα όσο και στο εύρος.

Στην προκειμένη περίπτωση του συμπλόκου του κοβαλτίου /Co(en)₃/(NO₃)₃ το ανωτέρω πρότυπο των τριών αντιδράσεων μπορεί να γραφεί:



Έτσι σύμφωνα με τις ανωτέρω αντιδράσεις μπορούμε να ερμηνεύσουμε την

περιοδικότητα των δύο συνιστάντων των ραδιοχημικών αναλύσεων, ήτοι της μορφής $^{60}\text{Co}(\text{en})_3^{3+}$ και της μορφής $^{60}\text{Co}^{2+}$, των οποίων οι συγκεντρώσεις ταλαντώνται αρμονικά ως προς τον χρόνο με διαφορά φάσεως περίπου $\pi/2$.

Ο προτεινόμενος μηχανισμός περιλαμβάνει αντιδράσεις ισοτοπικών ανταλλαγών δια συνεταιρισμού. Εάν η συγκέντρωση του μητρικού ραδιενεργού συμπλόκου ιόντος είναι X και του ραδιενεργού μεσοπλεγματοειδούς ιόντος είναι Y, οι κινητικές εξισώσεις που προκύπτουν είναι:

$$dX/dt = k_1A + k_2X \quad \text{και} \quad dY/dt = k_2X + k_3YB$$

όπου A και B είναι οι συγκεντρώσεις των μητρικών μη ραδιενεργών συμπλόκων ιόντων που έχουν παγιδεύσει τα ραδιενεργά ιόντα και των δημιουργηθέντων από τα ταχέα νετρόνια και την ιονίζουσα ακτινοβολία ελαττωμάτων αντιστοίχως, και k_1 , k_2 και k_3 οι σταθερές ταχυτήτων των αντιδράσεων (α), (β) και (γ).

Από τις κινητικές αυτές εξισώσεις έχει προκύψει δια μαθηματικής αναλύσεως⁵⁰ η εξίσωση:

$$\omega = \pm i (k_1 k_3 AB)^{1/2}$$

η οποία παρέχει την συχνότητα ταλαντώσεως ω του συστήματος και η οποία είναι συνάρτηση των παραμέτρων και σταθερών αυτού. Επομένως η συχνότητα των ταλαντώσεων εξαρτάται κυρίως από τα ελαττώματα B και τα παγιδευμένα ραδιενεργά ιόντα $^{60}\text{Co}^{2+}$ από τα μητρικά ιόντα A, ήτοι από τις μορφές $^{60}\text{Co}(\text{en})_3^{3+}$... $^{60}\text{Co}^{2+}$.

Εις την παρούσα εργασία παρατηρείται η επίδραση της παραμέτρου των ελαττωμάτων, των οποίων οι συγκεντρώσεις διαφέρουν λόγω της θωρακίσεως με μόλυβδο του ενός δείγματος κατά την ακτινοβολία. Πράγματι η συχνότητα ω είναι διαφορετική για τις δύο περιπτώσεις εισαγωγής ελαττωμάτων σε διαφορετική συγκέντρωση όπως οι καμπύλες του σχήματος 7 εμφανίζουν, διαφορετικό δε και το εύρος των ταλαντώσεων. Σαν τελικό συμπέρασμα μπορεί να λεχθεί ότι ολιγότερα ελαττώματα στο κρυσταλλικό πλέγμα δημιουργούν ταλαντώσεις με μεγαλύτερη συχνότητα και μικρότερο εύρος.

Όπως έχει πολλαπλά διαπιστωθεί η δυναμική συμπεριφορά των ελαττωμάτων μέσα στο πλέγμα είναι αιτία του φαινομένου και αυτό δίδει μία γενικότητα ανεξάρτητη της χημικής συστάσεως και του είδους της πυρηνικής αντιδράσεως που δημιουργεί τα ραδιενεργά άτομα. Εξ άλλου το φαινόμενο όπως διαπιστώνεται και από την μέθοδο περιθλάσεως νετρονίων, ως επίσης και από ένα πείραμα πυρηνικής τετραπολικής ροπής, φέρει ποσοτικά την ταλάντωση σε μακροσκοπικό επίπεδο, όπου η κινητική των ισοτοπικών αντιδράσεων είναι απλώς η απεικόνιση του γενικού φαινομένου μέσω ραδιενεργών ιχνηθετών.

Από θερμοδυναμικής πλευράς οι σημερινές αντιλήψεις επιτρέπουν την δυνατότητα ταλαντώσεων ενός συστήματος, που ευρίσκεται μακριά από την κατάσταση της ισορροπίας και στο οποίο συμβαίνουν μη αντιστρεπτές μετατροπές, όπως είναι οι χημικές αντιδράσεις και η διάχυση⁵¹. Οι ταλαντώσεις αυτές οφείλονται σε οργανωμένες δομές, οι οποίες μπορούν να υπάρχουν υπό την προϋπόθεση ότι το σύστημα είναι «ανοικτό» και δέχεται από το περιβάλλον

ενέργεια ενώ διοχετεύει εις αυτό εντροπία. Έτσι το σύστημα δεν αυξάνει την εντροπία του και δεν φθάνει στην κατάσταση της ισορροπίας. Αντ' αυτής διατηρείται σε μία *σταθερά* κατάσταση, η οποία μπορεί να δίδει την δυνατότητα σε κάποια ιδιότητα του συστήματος να ταλαντούται εις τον χρόνο ή τον χώρο. Οι οργανωμένες αυτές δομές ονομάζονται *αναλίσκουσες* διότι υφίστανται μόνο με την προσφορά ενέργειας από το περιβάλλον.

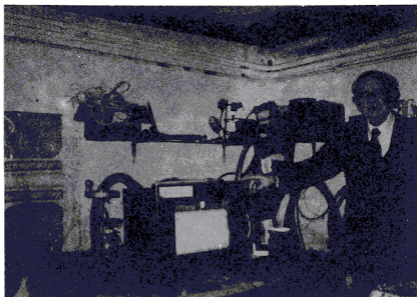
Εις την περίπτωση των κρυσταλλικών πλεγμάτων, τα οποία έχουν αποκτήσει ελαττώματα λόγω ακτινοβολήσεως, έχουμε μία κατάσταση που ευρίσκεται μακριά από την ισορροπία (πλήρης αταξία εις το σημείο τήξεως). Έτσι θερμαίνοντας υπό σταθερή θερμοκρασία οι αναλίσκουσες αυτές δομές έχουν την δυνατότητα να ταλαντούνται, πράγμα το οποίο διαπιστούται και από τις δύο μεθόδους: την ραδιοχημική και εκείνη της περιθλάσεως των νετρονίων.

Τελικά, επειδή το φαινόμενο της ζωής είναι σύνολο πολλαπλών ταλαντώσεων μακράν της ισορροπίας, συντηρούμενο με προσφορά ενέργειας αλλά και ύλης από το περιβάλλον, θα μπορούσε κανείς να προσομοιάσει τις ταλαντώσεις αυτές του φαινομένου σαν μία εκδήλωση «ζωής» που ο ανεξερεύνητος Νους του Δημιουργού έχει ορίσει για την κρυσταλλική ύλη⁵².

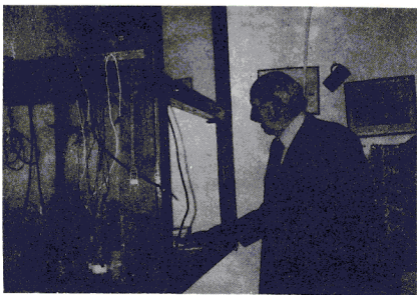
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. W.C. Bray, J. Am. Chem. Soc. **43**, 1262 (1921).
2. A.J. Lotka, J. Am. Soc. **42**, 1595 (1920).
3. V. Volterra, «Leçons sur la Theorie Mathématique de la Lutte pour la Vie», Gauthier-Villars, Paris (1931).
4. A.J. Lotka, «Elements of Mathematical Biophysics», Dover Publ. Inc., New York (1956).
5. L. Onsager and S. Machlup, Phys. Rev. **91**, 1505 (1953).
6. I. Prigogine, «Introduction to Thermodynamics of Irreversible Processes», 3rd Edition, Interscience, Wiley, New York (1967).
7. B.P. Belousov, Ref. Radiats. Med. 1959, Moscow: Medgiz (1958).
8. A.M. Zhabotinskii, Biofizika **9**, 306 (1964).
9. P.N. Dimotakis and A.G. Maddock, «Chemical Effects of Nuclear Transformations» IAEA Symposium I, 1961.
10. L. Szilard and T.A. Chalmers, Nature, **134**, 462 (1936).
11. J. Green and A.G. Maddock, *ibid.* **164**, 788 (1949).
12. P.N. Dimotakis, Thesis, Univ. of Cambridge, 1964.
13. P.N. Dimotakis, and S. Kontis, Radiochim. Acta, **2**, 85 (1963).
14. P.N. Dimotakis and M.I. Stamouli, J. Inorg. Nucl. Chem., **26**, 20 45 (1964).
15. T. Andersen et al., Trans. Faraday Soc., **62**, 2909 (1966).
16. T. Costea et al., Canad. J. Chem., **44**, 885 (1966).
17. L. Kronrad and V. Kacena, Radiochim. Acta **6**, 181 (1966).
18. M. Vlatkovic et al., Int. Symp. Chem. Effects Nucl. Transf. Cambridge 1969.
19. L. Kronrad and V. Kacena, *ibid.* Cambridge 1969.
20. E. Ianovici and N. Zaitseva, J. Inorg. Nucl. Chem., **31**, 2669 (1969).
21. P.N. Dimotakis and A.G. Maddock *ibid.* **26**, 1503 (1964).
22. C.P. Demetroulas and P.N. Dimotakis, *ibid.*, **28**, 2756 (1966).
23. P.N. Dimotakis and M.I. Stamouli, Z. Phys. Chem., **55**, 197 (1967).
24. P.N. Dimotakis and B. Papadopoulos, J. Inorg. Nucl. Chem., **32**, 1071 (1970).

25. P.N. Dimotakis, A.G. Maddock and B. Vassos, *Radiochim. Acta*, **8**, 38 (1967).
26. P.N. Dimotakis and G. Yavas, *J. Inorg. Nucl. Chem.*, **32**, 1965 (1969).
27. P.N. Dimotakis, *ibid.*, **30**, 29 (1968).
28. P.N. Dimotakis and B. Papadopoulos, *Chimica Chronica-New Series Hellas*, **1**, 48 (1972).
29. F. Baumgärtner and R.P. Randle, *IV Int. Conf. Hot Atom Chem.*, Kyoto, 1967.
30. P.N. Dimotakis, *Nature*, **224**, 1198 (1969).
31. P.N. Dimotakis and H. Papaefthymiou, *Radioch. Radioanal. Lett.* **48**, 263 (1981).
32. P.N. Dimotakis and H. Papaefthymiou, *ibid.* **50**, 131 (1981).
33. P.N. Dimotakis and B.D. Symeopoulos, *ibid.* **52**, 185 (1982).
34. P.N. Dimotakis and M. Soupioni, *ibid.* **54**, 309 (1982).
35. P.N. Dimotakis, H. Papaefthymiou and B. Symeopoulos, *Radiation Effects* **91**, 39 (1985).
36. H. Papaefthymiou, Thesis, Univ. of Patras, 1984.
37. B.D. Symeopoulos, Thesis, Univ. of Patras, 1984.
38. M. Soupioni, Thesis, Univ. of Patras, 1987.
39. P.N. Dimotakis, *Academy of Athens*, Vol. 60, 553 (1985).
40. P.N. Dimotakis and B.D. Symeopoulos, *Radiochim. Acta* **39**, 65 (1985).
41. P.N. Dimotakis and H. Papaefthymiou, *Radiation Effects*, **88**, 223 (1986).
42. P.N. Dimotakis, M. Soupioni and M. Goletsi, *Radioanal. Nucl. Chem., Lett.* **103**, 117 (1986).
43. P.N. Dimotakis and B.D. Symeopoulos, *ibid.*, **103**, 127 (1986).
44. P.N. Dimotakis, H. Papaefthymiou and M. Soupioni, *ibid.* **104**, 69 (1986).
45. P.N. Dimotakis and B.D. Symeopoulos, *Radiation Effects* (in press).
46. P.N. Dimotakis, *Radiation Effects Lett.*, **68**, 45 (1982).
47. P.N. Dimotakis, *Materials Research Soc., Strasbourg Conf. 5-8 June 1984*.
48. P.N. Dimotakis and H. Papaefthymiou, *Radiation Effects* (in press).
49. B.J. Work, *Inorganic Syntheses*, Fernelius ed., Mc Graw Hill Inc., N.Y. Vol. 2, 221 (1946).
50. G. Nicolis, *Adv. Chem. Phys.* **19**, 209 (1971).
51. R.M. Noyes and R.J. Field, *Ann. Rev. Phys. Chem.* **25**, 95 (1974).
52. Γ. Καραγκούνης, «*Η Συναδέλφωσις Τύχης και Αιτιοκρατικής 'Αναγκαιότητας*» Ακαδημία Αθηνών, 1983.



Ὁ Καθηγητὴς Γ. Καραγκούνης ἐργαζόμενος στὸ ἐργαστήριό του (1989).



Ἡ ἄλλη πλευρὰ τῶν ἐγκαταστάσεων τοῦ ἐρευνητικοῦ Ἐργαστηρίου τοῦ Καθηγητοῦ Γ. Καραγκούνη (1989).

ΤΟ ΒΙΒΛΙΟ — ΑΦΙΕΡΩΜΑ
ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗ-ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ
ΓΕΩΡΓΙΟ ΑΠ. ΚΑΡΑΓΚΟΥΝΗ
ΤΥΠΩΘΗΚΕ ΤΟΝ ΔΕΚΕΜΒΡΙΟ ΤΟΥ 1989
ΣΤΗ ΓΡΑΜΑΚ-ΜΑΚΕΔΟΣ ΕΠΕ
ΒΟΥΛΓΑΡΟΚΤΟΝΟΥ 19, ΤΗΛ. 3630068
ΜΕ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΟΥ Π. ΔΗΜΟΤΑΚΗ
ΣΕΛΙΔΟΠΟΙΗΣΗ ΑΝΤΑΣ ΤΟΥΜΠΑΝΑΚΗ
ΚΑΙ ΦΡΟΝΤΙΣΤΑ ΑΠΟ ΤΟΝ Μ. ΜΑΚΕΔΟ