

**ΤΟ (ΠΛΗΡΕΣ) ΣΥΜΠΛΗΝ  
ΚΑΙ  
Ο ΔΥΝΑΜΙΚΟΣ (ΚΕΝΟΣ) ΧΩΡΟΣ**

Οι θεμελιώδεις σκέψεις και σχέσεις για την ερμηνεία της φύσης

(Απόσπασμα πολλών σελίδων)

©2012 ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Γ. ΝΙΚΟΛΟΥΔΑΚΗΣ  
ΠΕΙΡΑΙΑΣ, ΤΚ. 185 41  
ΤΗΛ. : (+30 210) 4811373  
ΚΙΝΗΤΟ: +30 6932773373  
E-MAIL: [filosofiagr@yahoo.gr](mailto:filosofiagr@yahoo.gr), [info@kosmologia.gr](mailto:info@kosmologia.gr)  
<http://www.kosmologia.gr>

**THE COMPLETE UNIVERSE  
AND  
DYNAMIC FREE SPACE**

The fundamental thoughts and relations for the explanation of  
nature

©2012 KONSTANTINOS G. NIKOLOUDAKIS  
PIRAEUS, 185 41 - GREECE  
TEL.: +30 210 4811373  
MOBILE: +30 6932773373  
E-MAIL: [filosofiagr@yahoo.gr](mailto:filosofiagr@yahoo.gr), [info@kosmologia.gr](mailto:info@kosmologia.gr)  
<http://www.kosmologia.gr>

<●> Η διαδρομή της έρευνας, όπως αυτή ξεκίνησε και η οποία σαν ένα κατευθυντήριο σχέδιο ονομάζεται μέθοδος

Τονίζεται από την αρχή, η βασική διαφορά στη δική μας μέθοδο της έρευνας, που στη φιλοσοφία ήταν συνειδητή επιλογή, έχει ονομαστεί απαγωγική και παραγωγική και η προοπτική της περιφρονήθηκε, λόγω άγνοιας κυρίως. Για την ανάπτυξη και τη διδασκαλία της φυσικής επιστήμης αφαιρούμε το σύνολο της πραγματικότητας, για να ξεκινήσουμε την έρευνα και για να περιγράψουμε τα φαινόμενα, τα οποία πέφτουν τυχαία στην παρατήρηση, ακόμα και όταν εκείνα δεν είναι θεμελιώδη ή αναγκαία για την ύπαρξη όλων των άλλων πραγμάτων και του συνόλου τους. Αυτό συνήθως γίνεται χωρίς γνώση της αλληλεξάρτησης των φαινομένων.

Εμείς, θα αφαιρέσουμε τα μοναδικά, τα ανεπανάληπτα, τα περιστασιακά, τα στιγμιαία και τα περιορισμένα φαινόμενα και τα συγκεκριμένα πράγματα με τις λεπτομέρειές τους, για να ξεχωρίσουμε και να ξεκινήσουμε να περιγράψουμε τα φαινόμενα, τα οποία είναι θεμελιώδη και αναγκαία για να μπορούν να γίνονται όλα τα υπόλοιπα πράγματα, στις ιδιαίτερες στιγμές, θέσεις και περιστάσεις.



## ΤΟ ΜΕΓΑΛΟ ΦΑΣΜΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΠΩΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Μιλάμε γενικά για την κυματική κίνηση με την προοπτική να ανιχνεύσουμε σχέσεις και ομοιότητες με την κυματική μεταβολή του κενού χώρου, τον οποίο έχουμε θεωρήσει σαν μια σταθερή ποσότητα ενέργειας, που συνδέεται άορατα με τα πιο διαδεδομένα φαινόμενα. Με τα φαινόμενα, τα οποία παρατηρούμε σαν ξεχωριστά και τελείως διαφορετικά, όπως είναι τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα και οι ακτινοβολίες, το βαρυτικό πεδίο, μέχρι και τα σωματίδια, από τα οποία συγκροτούνται τα ορατά σώματα. Η κυματική κίνηση που προκαλείται στον κενό χώρο και οι περιοδικές διακυμάνσεις της ενέργειας σχετίζονται άμεσα με τη δημιουργία των δομικών στοιχείων της φύσης και με τη διατήρηση της ύλης. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών των κυματικών μεταβολών το ανιχνεύουμε με διάφορους τρόπους σαν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Για το λόγο αυτό, το άορατο φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητισμού, το παρατηρούμε πιο προσεκτικά από τις άλλες κυματικές κινήσεις που γίνονται στη φύση, σε πλήθος διαφορετικών περιπτώσεων.

Από την εξέλιξη της τεχνολογίας, το φάσμα των η/μ κυμάτων αποδείχτηκε καθοριστικό για όλο τον ανθρώπινο πολιτισμό και για τη δομή της κοινωνίας. Ένα βιβλίο δεν θα ήταν αρκετό για να καταγραφεί η ιστορική διαδρομή από τις πρώτες παρατηρήσεις των ηλεκτρικών και των μαγνητικών φαινομένων μέχρι τις σχετικές ανακαλύψεις που εξακολουθούν να γίνονται μέχρι τις μέρες μας. Η εφαρμογή της γνώσης και οι πολύτιμες πληροφορίες για τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα αποτελούν πολλούς ξεχωριστούς τομείς της θεωρητικής και της τεχνολογικής έρευνας. Εμείς, εδώ, με τη σύντομη και επιλεκτική σκέψη μας, αντλούμε τις πληροφορίες που χρειάζονται για τη θεωρητική θεμελίωση της κοσμολογίας και για την ερμηνεία της φύσης σαν σύνολο. Ανιχνεύουμε και αξιοποιούμε τις παρατηρήσεις που χρησιμεύουν στη διερεύνηση για τη δομή της ύλης και για τη σχέση

που έχουν μεταξύ τους ορισμένα φυσικά φαινόμενα. Διαδεδομένα φαινόμενα, τα οποία στη φυσική ήταν σαν αποξενωμένα από τα πιο συνηθισμένα φαινόμενα της (σωματικής) κίνησης και σαν διαφορετικά μεταξύ τους. Επιπλέον, με τις πληροφορίες που αντλούμε και στις οποίες εστιάζουμε την προσοχή μας, αποδεικνύουμε, ότι στην επιστήμη υπήρχε η γνώση που χρειαζόταν για να απαντηθούν πιο γρήγορα τα μεγάλα ερωτήματα και ν' αποφευχθούν τ' αδιέξοδα της θεωρητικής έρευνας.

Η σχέση  $h \cdot f = E$  η οποία μας δίνει έτσι απλά την ενέργεια που μεταβιβάζεται για κάθε συχνότητα, δεν μας δείχνει κάποια άλλη διαφορά μεταξύ των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Όπως επίσης και η βασική σχέση  $f \cdot \lambda = c = 1/\sqrt{(\mu_0 \epsilon_0)}$  που μας λέει για τη σταθερή ταχύτητα των η/μ κυμάτων στον κενό χώρο. Όμως, στη φύση, τα η/μ φαινόμενα και οι κυματικές κινήσεις που αυτά προκαλούν εμφανίζονται με τους πιο ακραίους τρόπους και με ανεξάντλητη ποικιλία. Έτσι που πραγματικά δεν ήταν εύκολο να φτάσουμε στις απλές σχέσεις οι οποίες συνοψίζουν το φαινόμενο του ηλεκτρομαγνητισμού σαν ένα και μοναδικό. Δεν μπορούμε ν' αφήσουμε απαρατήρητο, το τεράστιο εύρος συχνοτήτων που μπορούν να παραχθούν αυτές οι διακυμάνσεις και πώς προκαλούνται νέα φαινόμενα, από το γεγονός και μόνο της ποσοτικής διαφοράς τους. Δεν πρέπει να ξεχνάμε, πως θα ήταν πολύ δύσκολο, αν όχι αδύνατο, ν' ανιχνεύσουμε όλες αυτές τις διακυμάνσεις του φυσικού κόσμου και να παρατηρήσουμε τη μετάδοση των κυμάτων τους, την επίδραση και τις ιδιότητές τους, αν δεν είχαμε τις συσκευές και τα ειδικά όργανα που τα εμφανίζουν (κυρίως σαν μεταβολές τάσης και ρεύματος).

Στα βιβλία της φυσικής και σε τεχνικά βιβλία, οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες υποδιαιρούνται σε μεγάλες και σε μικρότερες ζώνες, συνήθως ξεκινώντας από τις πιο χαμηλές συχνότητες και προχωρώντας προς τις πιο υψηλές. Οι ζώνες των συχνοτήτων, βαπτίζονται με ένα όνομα και ξεχωρίζονται όχι μόνο για τη θεωρητική περιγραφή τους, αλλά και για τη σαφή διάκριση που είναι απαραίτητο να γίνει για την αξιοποίησή τους, με τις συσκευές της τεχνολογίας και σύμφωνα με τις παγκόσμιες προδιαγραφές. Ιστορικά, τα πρώτα η/μ κύματα που μπόρεσαν να παράγουν οι άνθρωποι με δικές τους συσκευές ήταν εκείνα των πιο χαμηλών συχνοτήτων. Με την εξέλιξη της τεχνολο-

γίας, κατασκευάζονται συσκευές και υλικά που λειτουργούν σε πιο υψηλές συχνότητες και αποκαλύπτονται οι τεχνικές δυσκολίες, οι οποίες εξηγούν γιατί ήταν πιο εύκολο να παραχθούν πρώτα οι χαμηλότερες συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Από τα παράσιτα των λίγων Hz των πρώτων πειραματικών διατάξεων, ακολούθησαν πολλές δεκαετίες με επινοήσεις και κατασκευές που άλλαξαν την αντίληψη και την προοπτική των ανθρώπων περί αυτών των κυμάτων, ενώ παράλληλα γινόταν η τεχνολογική αξιοποίηση ολοένα πιο υψηλών συχνοτήτων. Από τη χρήση όλων των ηλεκτρικών/ηλεκτρονικών συσκευών που χρησιμοποιούνται καθημερινά και διαρκώς από όλους τους ανθρώπους της γης και για οποιαδήποτε εφαρμογή, ένα αόρατο δίκτυο ηλεκτρομαγνητικού θορύβου περιβάλλει ολόκληρο τον πλανήτη.

Στη φύση, όμως, παρατηρούμε η/μ διακυμάνσεις όλων των συχνοτήτων και όχι μόνο με την ημιτονοειδή τους μεταβολή. Ένα πολύ μικρό μέρος αντιλαμβανόμαστε σαν φως και χρώματα, σε ιδιαίτερα υψηλές συχνότητες ( $\approx 10^{14}$  Hz). Το φως που φτάνει από τον ήλιο είναι ένα μικρό τμήμα από τις πολλές ακτινοβολίες που παράγονται εκεί με τις θερμοπυρηνικές αντιδράσεις γιγάντιων διαστάσεων. Ένα μεγάλο μέρος από ακτινοβολίες που δεν βλέπουμε, πέρα από το ιώδες χρώμα, ζεσταίνουν τον πλανήτη μας και τις αισθανόμαστε σαν θερμότητα. Η ατμόσφαιρα του πλανήτη μεσολαβεί σαν φίλτρο και εμποδίζει ή εξασθενεί τις ακτινοβολίες των πιο υψηλών ενεργειών, που προέρχονται από τον ήλιο αλλά και από πλήθος άλλων πηγών στα βάθη του διαστήματος. Ο κεραυνός, εκτός από το οπτικοακουστικό φαινόμενο, επίσης προκαλεί η/μ διακυμάνσεις μεγάλου εύρους συχνοτήτων, τις οποίες μπορούμε να ανιχνεύσουμε εύκολα και σ' ένα απλό (αναλογικό) ραδιόφωνο. Με τα σύγχρονα όργανα παρατήρησης, ανιχνεύουμε γύρω από τη Γη μια ποικιλία από ηλεκτρομαγνητικά πεδία και την κοσμική ακτινοβολία, η οποία συμπεριλαμβάνει μέχρι καταιγίδες από κινούμενα σωματίδια σχεδόν με την ταχύτητα του φωτός. Ωστόσο, η/μ διακυμάνσεις προκαλούνται με την απλή κίνηση ενός σώματος και από την τριβή του με τα άλλα και σε ένα πλήθος συχνοτήτων, συγχρόνως ή σε συγκεκριμένες ζώνες και συχνότητες. Όσο περισσότερο ερευνούμε τα υλικά πράγματα και με πιο εξελιγμένα όργανα, ανιχνεύουμε παντού η/μ διακυμάνσεις, ακόμα και πάνω στα έμβια πλάσματα. Η ύλη αποδεικνύεται πως είναι ένα αναπόσπαστο φαινόμενο από τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα και τις διακυμάνσεις που

διαρκώς παράγονται και επηρεάζουν, με πιο φανερή περίπτωση τη θερμότητα της ύλης. Τι επηρεάζει τα υλικά σώματα εξ' αποστάσεως, με άορατο και άπιαστο τρόπο, χωρίς τη μεσολάβηση υλικών πραγμάτων; Είναι μαγικές δυνάμεις, όπως αυτές που γράφουν τα περιοδικά αστρολογίας ή μήπως είναι αποτελέσματα από κυματική μεταβολή; Στη φυσική ερμηνεία μας, τα δομικά στοιχεία εμφανίζονται σαν ποσά ενέργειας που ανταλλάσσονται περιοδικά κοντά στις πιο υψηλές συχνότητες της φύσης, ενώ από τις πρώτες σχέσεις της φυσικής, μπορούμε να προχωρήσουμε γρήγορα στη συνταύτιση των σωματιδίων με τον ηλεκτρομαγνητισμό, η οποία γίνεται φυσικά υπό κάποιες προϋποθέσεις που ερευνούμε.

Οι συχνότητες των κυμάτων και των ταλαντώσεων με τα οποία διατηρούνται τα δομικά στοιχεία χωρίζονται με μεγάλη απόσταση από τις συχνότητες εκείνες, που προκαλούν τις μοριακές δονήσεις και τους απλούς ήχους. Αυτή η διαφορά αποτελεί μια σημαντική και απλή παρατήρηση για την έρευνα. Σε κάποιον λόγο θα οφείλεται, ότι η φύση χρησιμοποιεί δομικά στοιχεία που δημιουργούνται ή συντηρούνται με τις πιο υψηλές συχνότητες. Κάποια νέα φαινόμενα προκαλούνται όταν οι ηλεκτρομαγνητικές διακυμάνσεις γίνονται με τους πιο υψηλούς ρυθμούς και, από τα πρώτα φαινόμενα που παρατηρούμε είναι η αντίστροφη σχέση του μήκους κύματος με τη συχνότητα. Από την επιστημονική έρευνα, που ξεκίνησε περίπου στο τέλος του 19ου αιώνα και από τις άφθονες παρατηρήσεις που έχουν γίνει μέχρι τώρα για την εξέλιξη της τεχνολογίας, θα βρούμε πολλές χρήσιμες παρατηρήσεις για την έρευνα της δομής της ύλης και πολλές λεπτομέρειες, που κρύβουν σημαντικές σχέσεις των φαινομένων. Αν, λοιπόν, εστιάζουμε στη στενή σχέση των ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων με την ύλη, αυτό το κάνουμε για να επιτύχουμε απαντήσεις για το σχηματισμό των πραγμάτων και των δομικών στοιχείων. Δεν θα επαναλάβουμε τα γνωστά κεφάλαια των βιβλίων φυσικής και δεν μας ενδιαφέρει να καταγράψουμε όλα τα φαινόμενα που συνοδεύουν τις ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες ή τα φαινόμενα που εκείνες προκαλούν. Από μια σύντομη παρακολούθηση του η/μ φάσματος με έμφαση στη συχνότητα ή στο μήκος κύματος -γενικά χαρακτηριστικά από τα οποία ξεχωρίζουμε μια η/μ διακύμανση- παρατηρούμε τις παρακάτω διαφοροποιήσεις:



> Οι ηλεκτρομαγνητικές διακυμάνσεις των πιο χαμηλών συχνοτήτων (VLF μέχρι  $\approx 30$  kHz με αντίστοιχο μήκος κύματος μέχρι  $\lambda=10\text{km}$ ) καταγράφονται σαν πρώτες στη σειρά. Οι σχετικά χαμηλοί ρυθμοί αυτών των διακυμάνσεων φαίνεται πως μπορούν να προκαλούν μικρές δονήσεις στα μόρια της ύλης και αντιστρόφως, οι πιο απλές κινήσεις μεταξύ των πραγμάτων και η πιο ήσυχη τριβή τους προκαλούν τέτοιες διακυμάνσεις. Γι' αυτό, το λόγο, από παλαιότερα έχουν γίνει κακές σκέψεις ν' αξιοποιηθούν για στρατιωτικούς σκοπούς και ερευνητικές προσπάθειες, για να μπορούν να προκαλέσουν καταστροφικές δονήσεις και επιβλαβείς συντονισμούς. Επίσης, οι σεισμικές δονήσεις είναι ένα από τα φανερά γεωλογικά φαινόμενα, που κάπως σχετίζεται με την παρουσία τέτοιων κυμάτων. Τεχνικά, οι συσκευές που λαμβάνουν ή προκαλούν τέτοιες διακυμάνσεις μπορούν να φτιαχτούν με τα πιο απλά κυκλώματα ηλεκτρικού ρεύματος. Από αυτές τις ηλεκτρονικές συσκευές παρατηρούμε και υπολογίζουμε εύκολα το τεράστιο μήκος κύματος που τους αντιστοιχεί και πως μπορούν να προσπερνούν εύκολα τα τοπικά εμπόδια των υλικών σωμάτων. Είναι εντυπωσιακό και παράξενο όταν σκεφτούμε, ότι το μήκος μεταξύ αυτών των άορατων κυμάτων μπορεί να είναι μερικές χιλιάδες μέτρα και οι άνθρωποι δεν τα έχουν αφήσει αναξιοποίητα, παρότι χρειάζονται κατασκευές μεγάλης έκτασης και με μεγάλες καταναλώσεις ηλεκτρικού ρεύματος!

> Οι η/μ διακυμάνσεις των χαμηλών συχνοτήτων (LF  $\approx 30-300$  kHz) στη διάδοσή τους ακολουθούν την επιφάνεια της Γης, χωρίς αυτή να επηρεάζεται ευμετάβλητα από τα ιοντισμένα στρώματα της ατμόσφαιρας. Η κάμψη στη διάδοσή τους, δεν οφείλεται στην ελκτική δύναμη του βαρυτικού πεδίου, αφού η ισοδύναμη ενέργεια και μάζα τόσο χαμηλών συχνοτήτων είναι επίσης ιδιαίτερα μικρή και η κάμψη των κυμάτων θα έπρεπε να αυξάνει με την αύξηση της συχνότητας. Το μήκος μεταξύ αυτών των άορατων κυμάτων είναι από 10000 μέχρι 1000 μέτρα αντίστοιχα. Όπως και στη ζώνη των πιο χαμηλών συχνοτήτων, η ανάκλασή τους επί του εδάφους είναι λιγότερο συχνή και γι' αυτό εξασθενούν λιγότερο από τα ραδιοκύματα των υψηλότερων συχνοτήτων. Το φαινόμενο της περίθλασης που παρατηρούμε στα κύματα όταν αυτά συναντήσουν εμπόδια, επιτρέπει τη διάδοσή τους σε μεγαλύτερες αποστάσεις από το οπτικό πεδίο της ευθύγραμμης απόστασης. Η μικρότερη εξασθένιση των χαμηλών συχνοτήτων από τα υλικά

εμπόδια και η περίθλαση αποτελούν τα πλεονεκτήματα που αξιοποιήθηκαν για ραδιοφωνικές εκπομπές σε δύσκολες γεωγραφικές περιοχές, μεγάλης έκτασης και περιορισμένου οπτικού πεδίου.

> Οι η/μ διακυμάνσεις των μεσαίων συχνοτήτων (MF  $\approx$  300-3000 kHz) στη διάδοσή τους επίσης ακολουθούν την επιφάνεια της Γης. Ωστόσο, γίνεται πιο έντονη η επίδραση των ιοντισμένων αερίων στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας, τα οποία συμπεριφέρονται σαν φυσικοί αγωγοί. Στη διάρκεια της ημέρας, η ηλιακή ακτινοβολία προκαλεί ιοντισμό των αερίων μαζών σε πιο χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας (στρώμα D  $\sim$  50-100km ύψος) και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αυτών των μεσαίων συχνοτήτων απορροφούνται, αντί να ευνοούνται στη διάδοσή τους. Τις νυχτερινές ώρες ανακλώνται από τα ιοντισμένα στρώματα που βρίσκονται σε πιο μεγάλα ύψη.

> Οι η/μ διακυμάνσεις των βραχέων συχνοτήτων (HF  $\approx$  3000-30000 kHz) με το μήκος κύματος να μικραίνει και να φτάνει στα 10 μέτρα, απορροφούνται περισσότερο από το έδαφος, σε σύγκριση με τις χαμηλότερες συχνότητες. Στη διάδοσή τους επηρεάζονται εύκολα και με τις ελάχιστες μεταβολές στα ιοντισμένα στρώματα της ατμόσφαιρας (σε ύψος μεταξύ 80  $\sim$  400km). Η ένταση των κυμάτων μεταβάλλεται ασταμάτητα και ακραία στη διάρκεια του 24ώρου και με τις εποχές του έτους. Στη λήψη τους με ένα συνηθισμένο ραδιοφωνικό δέκτη παρατηρούμε καθαρά πολλά φαινόμενα που εξηγούνται από την κυματική συμπεριφορά, όπως είναι η αυξομείωση της έντασης και οι γρήγορες διαλείψεις. Η διάδοση των ραδιοκυμάτων όταν περνούν μέσα σε ιοντισμένα αέρια γίνεται με μικρή διαφορά ταχύτητας, που τελικά προκαλεί την καμπύλωση στη διάδοση των κυμάτων και σε ορισμένες συνθήκες την ανάκλασή τους. Η σύνθεση της ατμόσφαιρας, η έκταση, το πάχος, η πυκνότητα και οι διαφορές στη θερμοκρασία των ιοντισμένων αερίων, η μεταβολή στην κατάσταση του ιοντισμού, η γωνία με την οποία εισέρχονται τα κύματα στα ιοντισμένα στρώματα, όλες αυτές οι μεταβολές και οι διαφορές επηρεάζουν έντονα και με μεγάλη αστάθεια τη διάδοσή τους.

> Οι η/μ διακυμάνσεις των υπερβραχέων συχνοτήτων (VHF  $\approx$  30000-300000 kHz = 30-300 MHz) με το μήκος κύματος να μικραίνει και να φτάνει στο 1 μέτρο, εμφανίζονται καθαρά να απορροφούνται πιο εύκολα από το έδαφος και τα αντικείμενα. Αυτά τα κύματα αρχί-

ζουν να έχουν μια διάδοση ευθύγραμμη και δύσκολα επηρεάζονται από τα ιοντισμένα αέρια της ατμόσφαιρας. Ιδιαίτερα πιο δύσκολα όσο πλησιάζουμε στο άνω όριο αυτής της ζώνης συχνοτήτων. Σε σπάνιες περιπτώσεις πιο έντονου ιοντισμού της ατμόσφαιρας από την ηλιακή ακτινοβολία, δεν είναι απίθανο να αντιληφθούμε τον επηρεασμό της διάδοσής τους με ένα κοινό ραδιοφωνικό δέκτη. Κινούμενα αντικείμενα με διαστάσεις που πλησιάζουν στο μήκος κύματος των VHF συχνοτήτων και κυρίως μεταλλικής σύστασης, συχνά προκαλούν ανακλάσεις ή απορρόφηση και τελικά κάποια αυξομείωση στην ένταση του ρεύματος που λαμβάνει ο δέκτης από την κεραία του.

> Μόνο τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα άνω των υπερβραχέων (UHF  $\approx 300$  MHz =  $3 \times 10^8$  Hz) με το μήκος κύματος μικρότερο από το 1 μέτρο, εμφανίζονται να διαδίδονται σχεδόν όπως το φως. Δεν επηρεάζονται από τα ιοντισμένα στρώματα της ατμόσφαιρας, μπορούμε να τα κατευθύνουμε με κεραίες εκπομπής μικρών διαστάσεων, οι οποίες συμπεριφέρονται σαν καθρέφτες και μπορούν να διαφύγουν από τα στρώματα της ατμόσφαιρας και να φτάσουν στο διάστημα. Ακόμα απέχουμε σημαντικά από τις συχνότητες των κυμάτων που μετρούμε για το φως ( $\approx 10^8$  Hz  $<$   $10^{14}$  Hz), και οι διαφορές τους γίνονται πιο φανερές από τον τρόπο που παράγονται και όχι τόσο από τη διάδοσή τους. Στην τεχνολογία που αξιοποιεί αυτές τις συχνότητες, τα μήκη των αγωγών και το πλησίασμα οποιουδήποτε υλικού κοντά στην πηγή που παράγει τα κύματα επηρεάζουν σημαντικά τη λειτουργία των κυκλωμάτων. Προκαλούν απότομη εξασθένιση, απόκλιση από τη συχνότητα και αλλαγή των τεχνικών χαρακτηριστικών. Αυτός είναι και ο κυριότερος λόγος, για τον οποίο ήταν πιο δύσκολη η κατασκευή κυκλωμάτων και συσκευών που λειτουργούν με πιο υψηλές συχνότητες και ιστορικά προηγήθηκε η αξιοποίηση των ζωνών με τις χαμηλότερες συχνότητες. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τα ηλεκτρονικά κυκλώματα και οι αποστάσεις, που έχουν μεταξύ τους και οι επαφές στο εσωτερικό των εξαρτημάτων, είναι καθοριστικά για το αν θα λειτουργήσουν ή όχι και με πόση απόδοση. Το πλησίασμα των υλικών, οι αποστάσεις των επαφών και τα μήκη των αγωγών, οι χημικές ενώσεις δημιουργούν παρόμοια φαινόμενα με τη διηλεκτρική κατάσταση και την επαγωγή που παρουσιάζει ο κενός χώρος από μόνος του ( $\mu_0$ ,  $\epsilon_0$ ), χωρίς κανένα υλικό σώμα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα με συχνότητα πιο μεγάλη από  $\approx 10^{12}$  Hz παράγονται πιο εύκολα με τη

διέγερση των μορίων και των ατόμων της ύλης, με τον κατάλληλο τρόπο.

> Όσο πλησιάζουμε στις συχνότητες του φωτός ( $\approx 10^{14}$  Hz, ζώνη των THz), τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποκτούν συμπεριφορά που μοιάζει περισσότερο σχετική με την ύλη, με πιο φανερή περίπτωση, την εύκολη εστίασή τους και την πιο εύκολη απορρόφησή τους όταν μεσολαβούν υλικά σώματα. Το μήκος κύματος γίνεται μικρότερο από τα κενά που έχουν μεταξύ τους τα μόρια της ύλης και αυτό επιτρέπει τη διέλευσή τους μέσα από υλικά αντικείμενα, σαν να ήταν αυτά διάφανα. Είναι όμως πολύ εύκολο να αλληλεπιδράσουν, η ενέργειά τους να γίνει θερμότητα και να εξασθενήσουν ή να ανακλαστούν και έτσι σαν ακτινογραφίες να μεταφέρουν χρήσιμες πληροφορίες στους ερευνητές. Η πλησιέστερη ζώνη συχνοτήτων η οποία είναι γνωστή, λίγο πριν τις ταλαντώσεις που αντιλαμβανόμαστε σαν φως, είναι η υπέρυθη ακτινοβολία (infrared radiation). Αυτή η ακτινοβολία περιβάλλει τα υλικά σώματα και γίνεται αισθητή σαν θερμότητα.

> Στην ακτινοβολία του ορατού φωτός, με το μήκος κύματος κάπου  $700\sim 420\text{nm}$  ( $\approx 10^{-6}$  m), παρατηρούμε φανερά την εύκολη αλληλεπίδραση αυτών των κυμάτων με τη δομή της ύλης, με τη διάταξη των ατόμων και με τους χημικούς δεσμούς και ένα πλήθος φαινομένων που είναι καθοριστικά για την παρουσία της ζωής (όπως η φωτοσύνθεση). Επίσης, η ακτινοβολία στο ορατό φάσμα παράγεται και προκαλείται εύκολα από ορισμένες αντιδράσεις των υλικών σωμάτων, όπως όταν αυτά τρίβονται, θερμαίνονται ή μεταβάλλονται χημικά. Η ενέργεια  $hf$  που μπορεί να αποσπάσει ένα ηλεκτρόνιο στο πιο απλό άτομο είναι περίπου 13,6 eV, ενώ η ενέργεια που μεταβιβάζεται στις συχνότητες του ορατού φωτός είναι μεταξύ 1,5~3 eV. Οι ακτινοβολίες με μήκη κύματος μικρότερα από αυτά του ορατού φωτός,  $\lambda < 10^{-6}$  m μπορούν επίσης να προκαλούν ξανά την παραγωγή η/μ κυμάτων (όπως είναι και ο φθορισμός) όταν αλληλεπιδρούν με τη δομή των υλικών στοιχείων.

> Ξεπερνώντας λίγο τη συχνότητα του ορατού φωτός (Ultraviolet, υπεριώδης ακτινοβολία  $\approx 10^{15}$  Hz με  $\lambda \approx 10^{-7}$  m) παρατηρούμε εύκολα την επίδραση και την παρουσία της ακτινοβολίας στα υλικά σώματα με τη μορφή της θερμότητας. Η ακτινοβολία με τα μήκη κύματος λίγο μικρότερα από το ιώδες χρώμα εμφανίζεται να αλληλεπιδρά καθορι-

στικά με τη δομή της ύλης και προκαλεί άμεσα χημικές και βιολογικές μεταβολές ή την επιτάχυνσή τους και ιοντισμό. Συνήθως, αυτή η ακτινοβολία παράγεται από ανακατατάξεις ηλεκτρονίων μέσα στα άτομα της ύλης. Στη συχνότητα  $\approx 2,4179 \times 10^{15}$  Hz αντιστοιχεί μια ενέργεια περίπου 10eV και πλησιάζει την ενέργεια ιοντισμού. Εκτός από την αίσθηση της θερμότητας, όλοι έχουμε αντιληφθεί αλλοιώσεις στο χρώμα και στην υφή πολλών πραγμάτων που τα φώτιζε ο ήλιος και πως επιταχύνονται οι χημικές διεργασίες που προκαλούν τη δυσοσμία ή την αλλοίωση στις τροφές και στα σκουπίδια.

> Κοντά στις συχνότητες  $\approx 10^{19}$  Hz, το μήκος κύματος πλησιάζει σε  $10^{-11}$  m, δηλαδή κοντά στο μήκος Compton του ηλεκτρονίου (κάπου 10000 φορές μικρότερο από το μήκος κύματος του ορατού φωτός). Τα μικρότερα μήκη κύματος πλησιάζουν τη διάμετρο ενός ατόμου. Αυτό το φάσμα ακτινοβολιών ονομάζεται με το γράμμα X ή με το όνομα *Rontgen* (του ερευνητή που ανακάλυψε την επίδρασή τους) και αντιστοιχεί σε ενέργειες μεταξύ 120eV-120keV. Οι ακτινοβολίες X έχουν μήκη κύματος μικρότερα από τις υπεριώδεις και μεγαλύτερα από τις  $\gamma$ . Με την υψηλή ενέργειά τους και το μικρό μήκος κύματος εισχωρούν σε μεγαλύτερο βάθος στα υλικά σώματα και προκαλούν διάσπαση των χημικών δεσμών. Συνήθως παράγονται από ανακατατάξεις των ηλεκτρονίων στην εσώτερη τροχιά (ή στοιβάδα) των ατόμων. Αυτή η εκπομπή επιτυγχάνεται όταν ηλεκτρόνια που έχουν επιταχυνθεί από υψηλή τάση δεκάδων χιλιάδων βολτ μέσα σε καθοδικούς σωλήνες, προσπέσουν με μεγάλες ταχύτητες πάνω σε ένα μεταλλικό στόχο, ανθεκτικό σε υψηλές θερμοκρασίες. Ακτινοβολίες X παράγονται και έχουν ανιχνευτεί επίσης στα άστρα.

> Μετά τις ακτινοβολίες X περνάμε στις ακτίνες  $\gamma$  ( $\approx 10^{19}$  Hz), οι οποίες είναι ακόμα περισσότερο διεισδυτικές και συνήθως παράγονται από ανακατατάξεις των σωματιδίων μέσα στους ατομικούς πυρήνες, οι οποίες προκαλούνται τεχνητά ή φυσικά (ραδιενέργεια). Σε ακόμα πιο υψηλές συχνότητες, παρατηρούνται ακτίνες ηλεκτρονίων ( $\beta$ ) και σχεδόν έχουμε φτάσει στο φαινόμενο της παραγωγής των σωματιδίων ή αντίθετα στην αποδόμηση της ύλης. Η ενέργεια δεν παρουσιάζεται σαν μια διαφορετική φυσική πραγματικότητα από αυτή που γνωρίζαμε, αλλά κυρίως σαν κινητική ενέργεια, που με την πιο βίαιη και γρήγορη αλληλεπίδραση στο μικροσκοπικό χώρο την

ονομάζουμε θερμότητα. Αυτή η κινητική ενέργεια ξεκινάει από ηλεκτρομαγνητικές διακυμάνσεις και αντιστρόφως, προκαλεί τέτοιες διακυμάνσεις, οι οποίες εντοπίζονται να γίνονται χωρίς τα υλικά σώματα ή σε απόσταση από εκείνα.

Με μια απλή καταγραφή της συμπεριφοράς των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παρατηρούμε σχέσεις και αναλογίες, που στη σκέψη του πιο άσχετου αποκαλύπτουν τη στενή σχέση του ηλεκτρομαγνητισμού με τη δομή της ύλης μέχρι και την ταύτιση των σωματιδίων με ποσά ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας. Από τις αποκαλυπτικές παρατηρήσεις αυτής της συνοπτικής καταγραφής, την οποία δεν μπορούμε να μη σκεφτούμε όταν ερευνούμε τη σχέση των δομικών στοιχείων με τη δημιουργία της φύσης, είναι η εξής: Στις κυματικές μεταβολές των χαμηλότερων συχνοτήτων, η ενέργεια εμφανίζεται σαν μοιρασμένη σε μεγάλες αποστάσεις και απλωμένη όπως τα κύματα, σε μια ακραία αντίθεση με την εντοπισμένη παρουσία των σωμάτων. Με αυτές τις μεταβολές, αποκαλύπτεται πιο καθαρά ότι πρόκειται για τον ίδιο τον χώρο που ταλαντώνεται και όχι για μια μετάδοση σωματιδίων με καμπυλωμένες πορείες. Αντιθέτως, στις κυματικές μεταβολές των πιο υψηλών συχνοτήτων, η ενέργεια εμφανίζεται σαν εστιασμένη. Στα μικρότερα μήκη κύματος συσσωρεύονται στιγμιαία πολλαπλάσια ποσά ενέργειας, αφού ο κενός χώρος ταλαντώνεται με πολλαπλάσιους ρυθμούς. Με την ελάχιστη αδράνειά του ( $M_{\min} = 0,737248 \times 10^{-50} \text{ kg}$ ) προκαλείται μια καθυστέρηση στη μεταβίβαση της ενέργειας και αυτή είναι η προϋπόθεση για να γίνονται διακυμάνσεις με πιο γρήγορους ρυθμούς. Με τους πιο γρήγορους ρυθμούς διακύμανσης συσσωρεύεται ή αποσπάται περισσότερη ενέργεια στη μονάδα του χρόνου. Στα πιο μικρά μήκη κύματος και με τους πιο υψηλούς ρυθμούς της διακύμανσης τα ποσά της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας παρουσιάζονται σαν σωματίδια, τα οποία για να διατηρηθούν σταθερά, χρειάζεται κάπως να εμποδίζεται η επαναφορά του χώρου στην κατάσταση ισορροπίας του.

Δεν πρέπει να αφήσουμε απαρατήρητη την ποσοτική σχέση μεταξύ των διακυμάνσεων που βρίσκονται στην ορατή περιοχή του φωτός και των αντίστοιχων ποσών ενέργειας που διατηρούν τη δυναμική δομή της ύλης. Αν το φως είναι διακυμάνσεις ενέργειας σε μια περιοχή συχνοτήτων πιο καθοριστική για τη ζωή μας και κοντά σε γνωστά όρια,

που η δομή της ύλης μπορεί να υπάρχει σταθερή, αυτή η δημιουργική σχέση οφείλεται και στη δομή της ύλης. Η δομή της ύλης μπορεί και σχηματίζεται με τα συγκεκριμένα ποσά ενέργειας και διατηρεί τα βασικά σωματίδια της με ρυθμούς διακύμανσης και ταλαντώσεις ενέργειας, που πλησιάζουν στους ρυθμούς του φωτός. Τέλος, παρατηρούμε ότι στη φύση οι ηλεκτρομαγνητικές διακυμάνσεις των πιο υψηλών συχνοτήτων δεν εμφανίζονται και δεν προκαλούνται πιο δύσκολα και πιο σπάνια σε σύγκριση με το άλλο άκρο του φάσματος, που φτάνει μέχρι τις χαμηλές συχνότητες VLF. Δεν είναι ακόμα σαφές, να πούμε αν το ένα άκρο προηγείται από το άλλο και αν χρειάζεται σαν έναρξη για να μπορούν να γίνονται οι διακυμάνσεις του άλλου άκρου.





## Η ΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ $\mu_0$ ΚΑΙ Η ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΑ $\epsilon_0$ ΤΟΥ ΚΕΝΟΥ ΧΩΡΟΥ

*Το μαγνητικό και το ηλεκτρικό πεδίο είναι μικροσκοπικά φαινόμενα από την περιοδική μεταβολή της μέγιστης ταχύτητας, με την οποία ο κενός χώρος επανέρχεται ανεμπόδιστα στην κατάσταση ισορροπίας.*

Η ταχύτητα  $c$  του φωτός προκύπτει από τις εξισώσεις του *Maxwell*, οι οποίες περιλαμβάνουν φαινόμενα ( $\mu_0$ ,  $\epsilon_0$ ,  $z_0$ ) που ανήκουν στον ηλεκτρομαγνητισμό. Στην πορεία, ο  $\eta/\mu$  και η κίνηση του ηλεκτρονίου αποτέλεσαν ένα συναρπαστικό, πολύτιμο και ανεξάντλητο πεδίο έρευνας και ένα μεγάλο κομμάτι της επιστήμης, της τεχνολογίας και ιδιαίτερα της φυσικής συνδέονται άμεσα με την ταχύτητα του φωτός και με τον ηλεκτρομαγνητισμό. Ένα δημιουργικό μυαλό δεν μπορεί να μην παρατηρήσει και να μην υποκύψει στον πειρασμό να "αναμείξει" στους μαθηματικούς τύπους, τα φαινόμενα που ανήκουν στον ηλεκτρομαγνητισμό μαζί με τα φαινόμενα που περιγράφουν τις απλές κινήσεις των μακροσκοπικών σωμάτων.

Μαγνητική διαπερατότητα κενού:

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m} = 12,56636 \times 10^{-7} \text{ Henry /m}$$

Ηλεκτρική διαπερατότητα κενού:

$$\epsilon_0 = 1/36\pi \cdot 10^9 = 8,854 \times 10^{-12} \text{ Farad /m} = 8,854 \text{ pF /m}$$

Χαρακτηριστική αντίσταση κενού χώρου:

$$z_0 = \sqrt{(\mu_0 / \epsilon_0)} = \mu_0 c \approx 376,73 \text{ Ohm}$$

Η ταχύτητα του φωτός στο κενό δίνεται από τη σχέση:

$$c_0 = 1/\sqrt{(\mu_0 \epsilon_0)} = 2,997924 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$c^2 = 1 / \mu_0 \epsilon_0 \quad \rightarrow \quad c_0 = 1 / \sqrt{\mu_0 \epsilon_0}$$

> Σύμφωνα με τις προηγούμενες σχέσεις παρατηρούμε, λύνουμε ή αντικαθιστούμε γρήγορα :

$$\mu_0 = 1 / c^2 \epsilon_0 \quad | \quad \epsilon_0 = 1 / c^2 \mu_0$$

$$E = M / \mu_0 \epsilon_0 \quad | \quad M = E \mu_0 \epsilon_0$$

$$\sqrt{(\mu_0 / \epsilon_0)} = \sqrt{1,419254 \times 10^5} = 3,7673 \times 10^2 \Omega = \mu_0 c \approx 120 \pi$$

$$\sqrt{(\mu_0 / \epsilon_0)} = \mu_0 c \rightarrow \mu_0 c = 1/c \epsilon_0 = z_0$$

$$\begin{array}{ll} \mu_0 c = \text{ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ} & \epsilon_0 c = \text{ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ} \\ (\text{H/m}) \text{ m/sec} = \text{H/sec} & (\text{F/m}) \text{ m/sec} = \text{F/sec} \end{array}$$

> **Henry** = Volt sec / Ampere =  $\Omega$  sec  
(Αντίσταση  $R=V/A$ )

> **Farad** = Ampere sec / Volt =  $1/\Omega$  sec =  $\Omega^{-1}$  sec  
(Αγωγιμότητα  $S=A/V$ )

$$\text{Henry} \times \text{Farad} = \text{sec}^2$$

1 Farad	= 1 Coulomb / 1 Volt	(C= Q/V)
1 Volt	= 1 Joule / 1 Coulomb	(V= P/I = IR)
1 Ampere	= 1 Coulomb / sec	(I= Q/t)
1 Coulomb	= 1 Ampere x sec	(Q= I t)
1 Ohm	= 1 Volt / 1 Ampere	(kg m <sup>2</sup> s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup> )

Η μαγνητική διαπερατότητα  $\mu_0$  και η διηλεκτρική σταθερά  $\epsilon_0$  είναι από τα πρώτα φαινόμενα τα οποία εμφανίζονται μακροσκοπικά από την κίνηση μέσα στο χώρο και τα οποία συνδέονται με ιδιαίτερα φαινόμενα του μικροσκοπικού χώρου και αποκλειστικά μέσα στη δομή της ύλης. Όπως το φαινόμενο της σταθερής μάζας παρουσιάζεται από τις πιο γρήγορες και εναλλασσόμενες αυξομειώσεις στη μεταβίβαση της ενέργειας, ενώ μακροσκοπικά η μάζα φαίνεται σαν ένα τελείως ξεχωριστό και αυτοτελές φαινόμενο, το ίδιο τα φαινόμενα του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου παρουσιάζονται σαν να μην έχουν αντιστοιχία με τα φαινόμενα κίνησης στο μακροσκοπικό κόσμο. Ενδεχόμενη κατανόηση αυτών των φαινομένων (που μαθηματικά λαμβάνουν τις τιμές του  $\mu_0$  και  $\epsilon_0$ ) με ισοδύναμους όρους από την κίνηση των μεγάλων σωμάτων θα αποτελέσει μία πύλη εισόδου για την κατανόηση και τη συσχέτιση πολλών άλλων φαινομένων στη δομή της ύλης και για την κατανόηση της σχέσης των φυσικών δυνάμεων μεταξύ τους (δηλ. για την ενοποιημένη ερμηνεία).

Έχει γίνει κάτι περισσότερο από υποψία, ότι ορισμένα από τα φαινόμενα που περιγράφονται στη φυσική σαν άσχετα και ξεχωριστά, εκείνα είναι ενδιάμεσες καταστάσεις ή ιδιαίτερες περιπτώσεις των πιο γνωστών φαινομένων της κίνησης. Μεταξύ εκείνων των φαινομένων, προσδοκούμε ότι είναι η διηλεκτρική σταθερά του κενού χώρου  $\epsilon_0 \approx 1/36\pi \times 10^9$  Farad/m και η μαγνητική διαπερατότητα  $\mu_0 \approx 4\pi \times 10^{-7}$  Henry/m από τα οποία προκύπτει η μέγιστη ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων [ $c = 1/\sqrt{(\epsilon_0 \mu_0)}$ ]. Στενή σχέση με το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο έχει επίσης το ηλεκτρικό φορτίο, το οποίο εμφανίζεται σαν διπολικό και συμπληρωματικό μεταξύ των βασικών σωματιδίων στο άτομο της ύλης, μεταξύ του πρωτονίου και του ηλεκτρονίου. Από τις πρώτες σκέψεις αναμένουμε, ότι αυτή η αντίθετη συμπεριφορά και η αντίδραση εξ' αποστάσεως λόγω του ηλεκτρικού φορτίου είναι ένα κοινό φαινόμενο κίνησης, όπως των ορατών σωμάτων. Το φαινόμενο γίνεται ιδιαίτερο από τους υψηλούς ρυθμούς των διακυμάνσεων σε μικροσκοπικά μήκη και σε τελική ανάλυση, με τις συγκεκριμένες τιμές στις μεταβολές, που διατηρούν σε ισορροπία τη δομή του ατόμου και από τη συνάντηση κυμάτων που γίνεται με ορισμένους ρυθμούς και με ορισμένες γωνίες.

Η ταχύτητα  $c$  δεν καθορίζεται από μία κίνηση, η οποία ξεκινάει

από μηδενική ταχύτητα και με ένα ρυθμό επιτάχυνσης, αλλά από την ελάχιστη χρονική καθυστέρηση στη μεταβίβαση της ενέργειας, που προκαλείται στιγμιαία από μια αυξομείωση (σαν κύμα) σε μια σταθερή ποσότητα και από τη σχέση αυτής της καθυστέρησης με την ποσότητα της ενέργειας που αυξομειώνεται. Ο χρόνος που χρειάζεται η σταθερή ποσότητα ενέργειας για να επανέλθει σε κατάσταση ισορροπίας (και η καθυστέρηση) δεν είναι ανεξάρτητος από την ποσότητα της ενέργειας που μεταβλήθηκε. Όμως στον ελάχιστο χρόνο αναλογεί πάντα μια ελάχιστη ποσότητα ενέργειας. Στην καθυστέρηση αυτή (που περιγράφουμε με το λεξιλόγιο της καθημερινής εμπειρίας), όπως το απέδειξε θεωρητικά ο *Maxwell* 1831-1879) εμπλέκονται η ηλεκτρική διαπερατότητα του κενού  $\epsilon_0=8,8541 \times 10^{-12}$  F/m και η μαγνητική διαπερατότητα του κενού  $\mu_0=12,56636 \times 10^{-7}$  H/m και η χαρακτηριστική αντίσταση  $z_0$  όπως αυτή προκύπτει  $z_0 = \sqrt{(\mu_0/\epsilon_0)} = \mu_0 c \approx 120\pi$ . Η ταχύτητα φωτός προκύπτει από τη γνωστή σχέση  $c_0 = 1/\sqrt{(\mu_0 \epsilon_0)}$ . Αναμένουμε, ότι αυτά τα ιδιαίτερα φαινόμενα συνδέονται με το φαινόμενο της στιγμιαίας μεταβολής της ταχύτητας και με τη χρονική καθυστέρηση, που παρατηρούμε μέχρι την ολοκλήρωση και την επανάληψη της περιόδου του κύματος (ή με την αυξομείωση από τη κατάσταση ισορροπίας). Θα τα αναλύσουμε και θα τα παρατηρήσουμε περισσότερο πιο πέρα στις σελίδες.

Τα φαινόμενα που περιγράφουν τη *διηλεκτρική και τη μαγνητική συμπεριφορά* του κενού χώρου δεν τα συναντούμε μόνο στο φως. Εμφανίζονται ακόμα με διαφορετικές τιμές από τη ροή του ηλεκτρικού φορτίου στους αγωγούς, στα μεγαλύτερα μήκη του ορατού κόσμου μας. Η τεχνολογία τα υπολογίζει και τα αξιοποιεί για την παραγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος και για τη σχεδίαση οποιασδήποτε ηλεκτρικής ή ηλεκτρονικής συσκευής. Η χωρητικότητα και η επαγωγή είναι τα δύο φαινόμενα τα οποία με ορισμένη σύνδεση μεταξύ τους επιτυγχάνουν το φαινόμενο της ταλάντωσης μιας ποσότητας (ηλεκτρικής) ενέργειας και το μετασχηματισμό του ηλεκτρικού πεδίου σε μαγνητικό πεδίο και αντιστρόφως. Όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα (ακόμα και μια γραμμή μεταφοράς ηλ. ρεύματος) είναι επιρρεπή να προκαλέσουν φαινόμενα ταλάντωσης της ενέργειας και συντονισμό στη μεταφορά της, ο οποίος τις περισσότερες φορές είναι ανεπιθύμητος. Ενώ με τη δική μας σχεδίαση, τα ίδια φαινόμενα ταλάντωσης αξιοποιούνται σε

όλες τις τηλεπικοινωνιακές συσκευές. Αυτά τα φαινόμενα ταλάντωσης και συντονισμού στη μεταφορά της ενέργειας εκμεταλλευόμαστε για την παραγωγή, την ενίσχυση και τη λήψη οποιουδήποτε ηλεκτρομαγνητικού κύματος. Ίσως να μην το έχετε ακούσει έτσι απλοποιημένα: Το σύνολο των κατασκευών του ανθρώπου που λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα ή το παράγουν, δεν κάνουν τίποτα άλλο από το να ρυθμίζουν την ποσότητα στη ροή των ηλεκτρονίων και το συνδυασμό των δύο φαινομένων της συσσώρευσης ρεύματος και της επαγωγής του. Όλα αυτά τα φαινόμενα, τα οποία εμείς τα μετράμε, τα υπολογίζουμε, τα αξιοποιούμε και τα ελέγχουμε με πλήθος από γνωστές μονάδες, ξεκινούν από τις δύο *ιδιότητες που εμφανίζονται με την κίνηση του ηλεκτρονίου και τις οποίες ονομάζουμε χωρητική και επαγωγική. Και αυτές οι ιδιότητες υπάρχουν χωρίς την τεχνολογία του ανθρώπου* μέσα στη φύση, από την αρχή που σχηματίζονται τα πράγματα με τα μικροσκοπικά δομικά στοιχεία, στον ίδιο τον κενό χώρο! Ένας τεχνικός θα μπορούσε εύκολα να σκεφτεί για αστείο, ότι στον κενό χώρο γίνονται ταλαντώσεις ενέργειας και προκαλούνται φαινόμενα συντονισμού, όπως τα δημιουργεί ο άνθρωπος. Όμως, χωρίς καμία προηγούμενη σκέψη για την ερμηνεία της δομής της ύλης και για την αρχή δημιουργίας του κόσμου, θα προσπερνούσε αυτή τη σκέψη σαν παιδαριώδη και αστεία, αφού αυτός θα έκανε μια σύγκριση του σκοτεινού, ομοιόμορφου και κενού χώρου με μια συγκεκριμένη ηλεκτρονική συσκευή, η οποία είναι καλά γνωστή και φανερή με όλες τις λεπτομέρειες.

Δεν μπορούμε ν' αφήσουμε απαρατήρητο, ότι τα ηλεκτρικά και μαγνητικά χαρακτηριστικά του κενού χώρου, με τα οποία γίνεται ο μετασχηματισμός των πεδίων που εξαπλώνονται στο χώρο με τη μέγιστη ταχύτητα  $c$ , αυτά έχουν τις ελάχιστες τιμές στις μονάδες της χωρητικότητας και της επαγωγής. Δηλαδή, έχουν τις τιμές που θα είχαν οι πιο μικροσκοπικοί αγωγοί ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Θεωρητικά λοιπόν, ο συνδυασμός μιας ελάχιστης χωρητικότητας με μια ελάχιστη επαγωγή δίνει την πιο υψηλή συχνότητα διακύμανσης ή ταλάντωσης. Στις μεγαλύτερες διαστάσεις, όταν το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο μετασχηματίζονται από την κίνηση των ηλεκτρονίων που γίνεται σε μεγαλύτερα μήκη και επιφάνειες, τότε εμφανίζονται φαινόμενα χωρητικότητας και επαγωγής με μεγαλύτερες τιμές. Ακόμα και ένας μα-

θητής σχολείου γνωρίζει, ότι ο συνδυασμός μεγαλύτερης χωρητικότητας και επαγωγής μαζί, αυξάνει το χρόνο που μετασχηματίζεται το ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο, όπως και το χρόνο ταλάντωσης του ηλεκτρικού φορτίου. Με μεγαλύτερους χρόνους φόρτισης-αποφόρτισης και στο μετασχηματισμό μεταξύ του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου, προκαλούνται φαινόμενα ταλάντωσης ή συντονισμού σε αργότερους ρυθμούς και ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλότερων συχνοτήτων. Για να προκαλέσουμε ηλεκτρομαγνητικές διακυμάνσεις των πιο χαμηλών συχνοτήτων, λ.χ. κοντά στα μακρά κύματα (μερικών δεκάδων Hz), χρειαζόμαστε μεγαλύτερες μεταλλικές επιφάνειες, μεγαλύτερο αριθμό στροφών σύρματος και μεγαλύτερες διαμέτρους. Για διακυμάνσεις πιο υψηλών συχνοτήτων, οι επιφάνειες, ο αριθμός των περιελίξεων και οι διάμετροι επιβάλλεται να μικραίνουν. Όταν φτάσουμε σε συχνότητες  $10^9$  Hz (δισεκατομμυρίων Hz), το 1 χιλιοστό του μέτρου στους αγωγούς και στις επιφάνειες της κατασκευής μας αλλάζει τις χωρητικότητες και την επαγωγή των ρευμάτων τόσο πολύ, που μπορεί να σταματήσει η λειτουργία του κυκλώματος, να γίνουν ανεπιθύμητες ταλαντώσεις ή αποσυντονισμός. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο η εκμετάλλευση των ηλεκτρομαγνητικών διακυμάνσεων ξεκίνησε ιστορικά από τις πιο χαμηλές συχνότητες και η τεχνολογία χρειάστηκε να περάσει από πολλά στάδια εξέλιξης, για να φτάσει να εκμεταλλεύεται τις πιο υψηλές συχνότητες, που θα χρειαζόταν ένα βιβλίο για να παρουσιάσουμε τις εφαρμογές τους.

Όποιος γνωρίζει το ρόλο του χιλιοστού στο μήκος και στην απόσταση μέσα σε ένα κύκλωμα για συχνότητες που ξεπερνούν τα  $10^8$  Hz και αν έχει αντιληφθεί ο ίδιος αυτό τον κρίσιμο ρόλο του μήκους σαν τεχνικός από τη δική του επέμβαση σε κυκλώματα υψηλών συχνοτήτων, δεν μπορεί να μη θαυμάσει τα πιο σύγχρονα επιτεύγματα της τεχνολογίας, όπως είναι οι ηλεκτρονικοί επεξεργαστές. Οι ηλεκτρονικοί επεξεργαστές αποτελούνται από πολλά εκατομμύρια μικροσκοπικές ηλεκτρικές επαφές, σύμφωνα με ένα σχέδιο, που εξασφαλίζει το συγχρονισμό και τη σταθερή λειτουργία των μικροσκοπικών κυκλωμάτων. Ένας κόκκος σκόνης τη στιγμή της παραγωγής τους είναι αρκετός για να εμποδίσει τη σωστή λειτουργία τους! Γιατί; Ο κόκκος σκόνης σε τόσο κοντινές μεταξύ τους επαφές επηρεάζει την αγωγιμότητα, δηλαδή την κίνηση των ηλεκτρονίων ή του ηλεκτρικού φορτίου όπως πιο σωστά λέμε. Πώς την επηρεάζει; Αλλοιώνει την επαγωγική και τη

χωρητική ιδιότητα των επαφών και των κατάλληλα αναμειγμένων υλικών. Αυτό πάλι σημαίνει, ότι αλλάζει τους χρόνους που μετασηματίζονται το ηλεκτρικό με το μαγνητικό πεδίο στις μικροσκοπικές διαστάσεις, εμποδίζει τη διέλευση των ρευμάτων ή αντιθέτως την εκτρέπει εκτός σχεδίου. Αυτές οι μικροσκοπικές αλλοιώσεις τελικά απορυθμίζουν τις προγραμματισμένες συμπεριφορές στο πέρασμα του ηλεκτρικού φορτίου.

Με την εξάπλωση των φορητών τηλεπικοινωνιακών συσκευών και των συσκευών υψηλής τεχνολογίας, όλοι έχουμε ενημερωθεί για τους ενδεχόμενους κινδύνους από την ακτινοβολία. Θα έχουμε ακούσει πολλές φορές για τις βιολογικές επιδράσεις και ίσως θα έχουμε αντιληφθεί πως μια τηλεπικοινωνιακή συσκευή προκαλεί εύκολα παρεμβολές, που είναι δυνατό να επηρεάσουν τη σωστή λειτουργία μιας άλλης γειτονικής συσκευής, μέχρι και να προκληθεί μια μεγάλη ζημιά. Έχουν ακουστεί ειδήσεις για κίνδυνο σε πτήση αεροπλάνου και έκρηξη σε βενζινοπωλείο. Οι διεθνείς οργανισμοί και οι εταιρείες έχουν θεσπίσει προδιαγραφές για τον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο και την ηλεκτρομαγνητική αλληλεπίδραση για την ασφάλεια από τη χρήση όλων των ηλεκτρικών συσκευών. Όλος ο κόσμος ακούει συχνά για την ηλεκτρομαγνητική επίδραση, χωρίς να μπορεί να καταλάβει πώς προκαλούνται έτσι εύκολα αυτά τα φαινόμενα επίδρασης εξ' αποστάσεως, με κάποια αόρατη ακτινοβολία. Πρώτα, ας σκεφτούμε γενικότερα ότι τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία δεν λείπουν ποτέ από τα πράγματα, ότι με αυτά διατηρούνται τα δομικά στοιχεία, με αυτά τα πεδία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και σχηματίζουν τα μεγαλύτερα μόρια. Ιδιαίτερα, όλες οι συσκευές οι οποίες λειτουργούν με ηλεκτρικό ρεύμα και περιλαμβάνουν κυκλώματα τα οποία παράγουν, ενισχύουν και μετατρέπουν ηλεκτρομαγνητικά πεδία με υψηλές συχνότητες, αυτές οι συσκευές εύκολα μπορούν να επηρεαστούν, όταν ξένα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εισχωρήσουν στα κυκλώματά τους.

Τα περισσότερα ηλεκτρονικά κυκλώματα λειτουργούν ρυθμισμένα με ορισμένες συχνότητες ταλαντώσεων και αξιοποιώντας τα φαινόμενα από την ηλεκτρική ροή και τα μαγνητικά πεδία, που μεταβάλλονται αόρατα μαζί της. Τα ηλεκτρικά και τα μαγνητικά πεδία εναλλάσσονται και μετασηματίζονται μεταξύ τους και μεταβιβάζουν ποσά ενέργειας σε οτιδήποτε βρίσκεται στο πέρασμά τους. Όταν λοιπόν τα

ξένα ηλεκτρομαγνητικά πεδία περνούν ή εναλλάσσονται μέσα από τα ηλεκτρονικά κυκλώματα, τότε τα πεδία-εισβολείς επάγουν ελάχιστα ποσά ενέργειας στα επιμέρους στοιχεία των κυκλωμάτων και προκαλούν τυχαίες αυξομειώσεις στα δικά τους ρεύματα και στις δικές τους ρυθμισμένες ταλαντώσεις. Επηρεάζονται οι ρυθμοί που μεταβάλλονται τα δικά τους ηλεκτρομαγνητικά πεδία και η ποσότητα του ρεύματος που διέρχεται από τα επιμέρους στοιχεία. Έτσι εξ' αποστάσεως γίνεται μια απορρύθμιση που σε ακραία περίπτωση μπορεί να προκαλέσει μέχρι βραχυκύκλωμα και καταστροφή ορισμένων ευπαθών εξαρτημάτων. Ευπαθών από τι; Βλέπετε, το πέρασμα του ηλεκτρικού φορτίου, εκτός από μαγνητικό πεδίο, προκαλεί και θερμότητα. Η ίδια απορρύθμιση των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων γίνεται πιο γρήγορα και πιο φανερά, όταν στα κυκλώματα εισχωρήσουν υγρά και σκόνες. Τότε, επηρεάζονται οι ηλεκτρικές και οι μαγνητικές ιδιότητες των υλικών που είναι ρυθμισμένα και διαμορφωμένα για να λειτουργούν με ένα προγραμματισμένο τρόπο. Τα ξένα υλικά μεταξύ των αγωγών και των επιμέρους στοιχείων του κυκλώματος παρουσιάζουν μια αγωγιμότητα, δημιουργούν παρασιτικές χωρητικότητες, που προσθέτονται ή αφαιρούνται στις σχεδιασμένες. Τότε, μπορεί να συμβεί μια ελάχιστη απορρύθμιση, μέχρι η πλήρης διακοπή της λειτουργίας των συγχρονισμένων κυκλωμάτων και τελικά ανεπανόρθωτη βλάβη στα ευπαθή εξαρτήματα, από τα ρεύματα που διέρχονται αυξημένα ή μέσα από διαφορετικά σημεία ή με διακυμάνσεις, οι οποίες δεν είχαν υπολογιστεί.

Περιγράφουμε βιαστικά τα φαινόμενα για την επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στα υλικά πράγματα γενικότερα. Πώς τα ίδια τα υλικά πράγματα παρουσιάζουν πάντοτε ηλεκτρικές και μαγνητικές ιδιότητες και επηρεάζουν με κάποιο τρόπο την παρουσία των ηλεκτρικών και των μαγνητικών πεδίων. Αυτή η επίδραση γίνεται πιο εύκολη και φανερή, όταν οι ηλεκτρομαγνητικές διακυμάνσεις γίνονται στις πιο υψηλές συχνότητες και σε πιο μικρές αποστάσεις. Είτε πρόκειται για βιολογικούς οργανισμούς, είτε για ηλεκτρονικές συσκευές. Και συμπτωματικά, τα δομικά στοιχεία του κόσμου γίνονται και διατηρούνται από ποσά ενέργειας που αντιστοιχούν στις πιο υψηλές συχνότητες, με τα μικρότερα μήκη κύματος. Ενδεικτικά, η ενέργεια ενός ηλεκτρονίου αντιστοιχεί σε μια ποσότητα ενέργειας, αυτή που θα είχε



μια ηλεκτρομαγνητική διακύμανση συχνότητας  $10^{20}$  Hz, ενώ το ορατό φως εμφανίζεται με χαμηλότερη συχνότητα της τάξεως  $10^{15}$  Hz. Και παραδόξως, οι ιδιότητες που χρειάζονται για να προκληθούν τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία υπάρχουν στον κενό χώρο και έχουν τιμές, από τις οποίες υπολογίζουμε την πιο υψηλή συχνότητα του Σύμπαντος!

<●> Όταν θεωρήσουμε ότι η σταθερά του Πλανκ  $h/2\pi$  πλησιάζει ή συμπίπτει<sup>1</sup> με ένα θεμελιώδες μήκος  $\lambda_{\min}$ , μπορούμε ήδη να εφαρμόσουμε τις σχέσεις  $c = 1/\sqrt{(\mu_0 \epsilon_0)}$  και το βασικό τύπο του συντονισμού στην ηλεκτροτεχνία  $T=2\pi\sqrt{LC}$  για να υπολογίσουμε μια μέγιστη συχνότητα  $f_{\max}$  ή ένα ελάχιστο χρονικό διάστημα  $T_{\min}$ .

$$L = \mu_0 \lambda_{\min} = 83,26550 \times 10^{-41} \text{ Henry}$$

$$C = \epsilon_0 \lambda_{\min} = 58,66830 \times 10^{-46} \text{ Farad}$$

$$T = 2\pi\sqrt{LC} = (83,26550 \times 10^{-41}) (58,66830 \times 10^{-46}) =$$

$$4885,05 \times 10^{-87} \text{ sec}^2 \text{ (Henry x Farad = sec}^2 \text{)}$$

$$T = \sqrt{4,88505 \times 10^{-84} \text{ sec}^2} = \mathbf{2,210215 \times 10^{-42} \text{ s}}$$

$$f = 1/T = \mathbf{0,4524446 \times 10^{42} \text{ Hz}}$$

$$\text{Henry} = z_0 \text{ sec} \rightarrow \text{sec} = \text{Henry}/z_0$$

$$\text{Πράγματι } 83,26550 \times 10^{-41} \text{ H} / 376,73 = 2,21021 \times 10^{-42} \text{ sec}$$

$$\text{Farad} = \text{sec} / z_0 \rightarrow z_0 = \text{sec} / \text{Farad} \rightarrow \text{sec} = \text{Farad } z_0$$

Αν λοιπόν στη φύση δεν υπάρχει μικρότερο μήκος από το μέγεθος  $h/2\pi \approx 6,62606 \times 10^{-34} \text{ m}$  τότε ο πιο γρήγορος ρυθμός διακύμανσης μπορεί να πλησιάζει σε  $10^{42}$  κύκλους ανά δευτερόλεπτο. Η συνύπαρξη των δύο ιδιοτήτων που αντιστοιχούν στην χωρητική και στην επαγωγική συμπεριφορά καθορίζει μια μοναδική συχνότητα, στην οποία εμφανίζεται συντονισμός στη μεταβίβαση της ενέργειας. Έτσι, όπως η επαγωγική και η χωρητική συμπεριφορά ενός αγωγού, σε συνδυασμό μεταξύ τους λειτουργούν σαν ένα κύκλωμα (LC), το οποίο μπορεί να

1 Σύμφωνα με τον Μπορ, αυτή η ποσότητα καθορίζει την ακτίνα και τις επιτρεπτές "τροχιές" των ηλεκτρονίων

συντονιστεί σε μια συγκεκριμένη συχνότητα του μεταβαλλόμενου ηλ. ρεύματος, την οποία ονομάζουμε *ιδιοσυχνότητα*. Καταλαβαίνουμε, ότι στις μικροσκοπικές διαστάσεις, αυτή η ιδιαίτερη συχνότητα συντονισμού θα καθορίζει τη μεταβίβαση ή τη διακοπή στη μεταβίβαση της ενέργειας του κενού χώρου στη σχέση του με τα δομικά στοιχεία.

\* Για τον τύπο  $T=2\pi\sqrt{LC}$  την ποσότητα  $2\pi$  συμπεριλάβαμε στο μήκος  $\lambda_{\min}=\hbar/2\pi$ . Από μαθηματική άποψη, δεν είναι λάθος να απαλείψουμε τη μονάδα του μέτρου από τα  $\mu_0$  και  $\epsilon_0$  με πολλαπλασιασμό τους επί μία οποιαδήποτε ποσότητα μήκους. Αφού το  $\mu_0$  και το  $\epsilon_0$  έχουν μονάδα **Henry /m** και αντίστοιχα **Farad /m**, όταν αυτά τα πολλαπλασιάσουμε με μία οποιαδήποτε ποσότητα μήκους, τα μέτρα απαλείφονται και απομένουν μονάδες **Henry** και **Farad**. Εδώ επιλέξαμε για μέγεθος μήκους ένα από τα πιο πιθανά για να προχωρήσουμε δοκιμαστικά και να βρούμε διέξοδο σε ορισμένα ζητήματα. Επιλέξαμε, αρχικά, σαν μήκος τον αριθμό της σταθεράς  $h$  και το μήκος Compton ( $\lambda_e$ ) του ηλεκτρονίου. Εάν οι αριθμοί που επιλέγουμε να τους δώσουμε μία μονάδα, αυτοί συμπίπτουν να έχουν διαστασιακό περιεχόμενο και άλλες μονάδες στη φυσική, η σύμπτωση αυτή δεν απαγορεύει μαθηματικώς να πάρουμε αυτούς τους αριθμούς σαν καθαρές ποσότητες για τη μέτρηση άλλων φαινομένων, με οποιαδήποτε μονάδα επιθυμούμε. Χρησιμοποιούμε το νούμερο και όχι το διαστασιακό περιεχόμενό της. Από την άποψη της φυσικής συνέπειας, μπορούν να τεθούν αντιρρήσεις. Λ.χ. εάν στον τύπο  $V = \sqrt{GM/r}$  βάλουμε στον παρανομαστή στη θέση του  $r$  την ακτίνα της σελήνης ενώ για μάζα στον αριθμητή τη μάζα της Γης, μαθηματικώς ο τύπος είναι σωστός και σωστά θα προκύψουν οι μονάδες. Θα βρούμε, όμως, μία ταχύτητα που πιθανόν να μην εκφράζει μία πραγματική κίνηση. Επομένως, στην περίπτωση μας εδώ, με τα φαινόμενα  $\mu_0$  και  $\epsilon_0$ , από την άποψη της φυσικής μπορούν να τεθούν αντιρρήσεις, αφού το μήκος με το οποίο τα πολλαπλασιάζουμε δεν προσδιορίζεται προς τι και πώς είναι σε σχέση με τα μήκη ή τις επιφάνειες που προκύπτουν οι τιμές αυτών των φαινομένων.

### Ο ελάχιστος δυνατός χρόνος και η ενέργεια

Η μεταβολή στην ποσότητα της ενέργειας του χώρου προκαλεί κυματικά φαινόμενα, διότι η μεταβίβαση της ενέργειας δεν γίνεται σε μηδενικό χρόνο και βρίσκει στιγμιαία κάποια αντίσταση, την αντίσταση ή αδράνεια που προβάλλει κάθε μέσο διάδοσης όταν αυτό επανέρχεται σε ισορροπία. Μέχρι πόσο μεγάλος αριθμός κυμάτων μπορεί να διέλθει στη μονάδα του χρόνου; Ο αριθμός των κυμάτων που επαναλαμβάνονται μπορεί να αυξάνει απεριόριστα; Εάν ναι, τότε αυτό θα σήμαινε, ότι και τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν από το ένα κύμα μέχρι το επόμενο μπορούν να μικραίνουν απεριόριστα. Επίσης, η **απεριόριστη αύξηση της συχνότητας, θα σήμαινε ακόμα και άπειρη ποσότητα μεταβίβασης ενέργειας στη μονάδα του χρόνου**. Υπάρχει ένα ανώτατο όριο στον αριθμό των κυμάτων και ένα ελάχιστο όριο στο χρονικό διάστημα που αυτά τα κύματα μπορούν να επαναλαμβάνονται και αυτό σημαίνει ένα όριο στην πιο υψηλή συχνότητα. **Ο ελάχιστος δυνατός χρόνος και ο μέγιστος ρυθμός της επανάληψης των κυμάτων σχετίζονται με την ανώτατη οριακή ταχύτητα που θεωρούμε ότι είναι η ταχύτητα του φωτός** (δηλαδή η ταχύτητα που έχουν πάντα τα κύματα μέσα στον κενό χώρο). Το ανώτατο όριο στον αριθμό των κυμάτων ανά μονάδα του χρόνου σημαίνει ακόμα ένα ανώτατο όριο στην ποσότητα της ενέργειας που μπορεί να μεταδοθεί ή να αποσπαστεί κυματικά στη μονάδα του χρόνου. Η μέγιστη ταχύτητα στη φύση είναι ένα **σταθερό όριο που επιβάλλεται από ορισμένες αναλογίες στη μεταβολή της ενέργειας, όπως και η σταθερά  $h$** . Η ομαλή διακύμανση στην ενέργεια του χώρου είναι αυξομείωση μίας ποσότητας, η οποία είναι η ελάχιστη δυνατή **στον ελάχιστο χρόνο και πολλαπλάσια ποσότητα σε πολλαπλάσιο χρόνο**.

Η κοσμολογική θεωρία του Τελειωμένου Χρόνου ή του Ολοκληρωμένου Σύμπαντος αναπτύσσεται θεμελιωμένη σε μια πρώτη σκέψη που περιέχει την έννοια του κυκλικού χρόνου και της περιόδου. Η πιο καθοριστική παρατήρηση και συνέπεια της φυσικής ερμηνείας ενός ολοκληρωμένου και σταθεροποιημένου Σύμπαντος είναι γενικά η ύπαρξη των περιοδικών φαινομένων, κοινών ιδιοτήτων και των ίδιων νόμων σε όλη τη φύση, αφού όλα τα πράγματα θεωρούνται ταχύτατες ταλαντώσεις ενέργειας σε μια σταθερή ποσότητα. Να θυμηθούμε λίγο από τη θεωρία της φυσικής και να ξεχωρίσουμε μερικές παρατηρήσεις που βρίσκονται χαμένες στους όγκους των βιβλίων και προορισμένες για να εφαρμοστούν σε λεπτομέρειες της καθημερινής ζωής και για τις επαγγελματικές απαιτήσεις. Για όλες τις παρακάτω πληροφορίες που συγκεντρώνονται επιλεκτικά και συνοπτικά, υπάρχουν βιβλία με πλήθος από μαθηματικές σχέσεις που περιγράφουν τα φαινόμενα σε κάθε περίπτωση. (...)

Από τη δομή της ύλης, όπου παρουσιάζεται σχετικά μικρός αριθμός σωματιδίων, φαίνεται ότι την παρουσία των στάσιμων κυματικών καταστάσεων ευνοούν συγκεκριμένες συχνότητες και συγκεκριμένα ποσά ελάττωσης της ενέργειας του χώρου. Σύμφωνα με τη φυσική ερμηνεία, όλα τα σωματίδια είναι γρήγορες μεταβολές που γίνονται στην ενέργεια του "κενού" και πεπερασμένου χώρου, δηλαδή μεταβολές και ανταλλαγές ενέργειας (hf) με την παρουσία μιας σταθερής και κοινής ποσότητας. Τα "σταθερά" σωματίδια σχετίζονται μεταξύ τους με δυναμικό τρόπο, διατηρούνται από τον κυματικό τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους και αποκτούν τις ιδιότητές τους. Το φαινόμενο των στάσιμων κυμάτων πλησιάζει και αποσαφηνίζει αυτόν το δυναμικό τρόπο, με τον οποίο διατηρείται η δομή της ύλης και καθοδηγεί τη σκέψη για την αποτελεσματική διερεύνηση.



**Σημαντικές πληροφορίες για τα στάσιμα κύματα:** Όταν ένα οδεύων κύμα συναντηθεί με ένα άλλο κύμα που έχει ίσο πλάτος, αλλά αντίθετη διεύθυνση διάδοσης, τότε γίνεται συμβολή των δύο κυμάτων. Η συμβολή του προσπίπτοντος και του ανακλώμενου κύματος δεν προκαλεί πάντοτε στάσιμα κύματα. Για να δημιουργηθεί και να διατηρηθεί το στάσιμο κύμα θα πρέπει να γίνει κάποιος συγχρονισμός των

ταλαντώσεων σε σχέση με την πηγή που τις προκαλεί. Η ανάκλαση του κύματος σε σταθερό σημείο, προκαλεί μεταβολή της φάσης του κύματος. **Το στάσιμο κύμα έχει ορισμένα σημεία τα οποία έχουν μηδενικό (ή ελάχιστο) πλάτος ταλάντωσης και άλλα σημεία που έχουν μέγιστο πλάτος ταλάντωσης.** Η θέση των σημείων αυτών δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο και για το λόγο αυτό τα κύματα που προκύπτουν λέγονται στάσιμα. Π.χ. όταν πάλλεται μια χορδή, τα παραγόμενα κύματα οδεύουν και προς τις δύο κατευθύνσεις των άκρων της χορδής, όπου εκεί διακόπτονται και ανακλώνται προς το αρχικό σημείο ταλάντωσης και εκεί συναντιούνται. Το μέγιστο πλάτος ταλάντωσης είναι διπλάσιο από αυτό των αρχικών κυμάτων που συμβάλλουν. Τα σημεία τα οποία δεν ταλαντώνονται (όπως είναι τα άκρα της χορδής) ονομάζονται δεσμοί σε αντίθεση με τις λεγόμενες κοιλίες. Σ' ένα στάσιμο κύμα, το μήκος κύματος  $\lambda$  είναι η απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές μέγιστες ή δύο διαδοχικά ελάχιστες τιμές. Από τις γνωστές σχέσεις προκύπτει ότι το μήκος κύματος του στάσιμου κύματος είναι το μισό των αρχικών κυμάτων, δηλαδή  $\lambda = \lambda/2$ . Τα επιτρεπόμενα στάσιμα κύματα σε ένα νήμα μήκους  $l$  δίνονται από τη σχέση  $l = n(\lambda/2)$

### **Βασικές διαφορές των στάσιμων από τα τρέχοντα κύματα:**

α) Στα στάσιμα κύματα, το πλάτος της ταλάντωσης των κυμάτων δεν είναι το ίδιο σε όλο το μήκος. Μεταβάλλεται από μηδέν έως 2 φορές από το πλάτος των αρχικών κυμάτων που συμβάλλουν και εξαρτάται από τη θέση τους. Στα τρέχοντα κύματα όλα τα μέρη/τιμήματα ταλαντώνονται με το ίδιο πλάτος.

β) Στα στάσιμα κύματα δεν γίνεται μεταφορά ενέργειας ενώ στα τρέχοντα μεταφέρεται.

γ) Στα στάσιμα κύματα υπάρχουν σημεία που παραμένουν ακίνητα ενώ στα τρέχοντα κύματα όλα τα σημεία εκτελούν ταλάντωση.

δ) Στα στάσιμα κύματα τα σημεία του "ελαστικού" μέσου περνούν ταυτόχρονα από τη θέση ισορροπίας τους ενώ στα τρέχοντα κύματα σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

ε) Στα στάσιμα κύματα δύο σημεία που απέχουν απόσταση μικρότερη από  $\lambda/2$  έχουν την ίδια φάση μεταξύ δύο δεσμών ή διαφορά φάσης ίση με  $\pi$  εκατέρωθεν του δεσμού, ενώ στα τρέχοντα κύματα δύο σημεία που απέχουν απόσταση μικρότερη από  $\lambda$  έχουν διαφορά φάσης που κυμαίνεται από 0 έως  $2\pi$ .

## Φαινόμενα γνωστά: Ταλάντωση, συχνότητα, συντονισμός και συγχρονισμός



Η μεταβολή της κίνησης γύρω από ένα κέντρο ή γύρω από το σημείο ισορροπίας, η παλινδρομική κίνηση, με την τάση να επανέλθει στην κατάσταση ισορροπίας λέγεται ταλάντωση. Όταν το πλάτος (=απόκλιση από τη θέση ισορροπίας) παραμένει σταθερό, η ταλάντωση λέγεται αμείωτη. Όταν το πλάτος της ελαττώνεται με την πάροδο του χρόνου (απόσβεση), τότε η ταλάντωση λέγεται φθίνουσα. Ο χρόνος που χρειάζεται ένα σώμα για να εκτελέσει μία ταλάντωση λέγεται περίοδος της ταλαντώσεως. Ένα φαινόμενο λέγεται περιοδικό, όταν επαναλαμβάνεται το ίδιο σε ίσα χρονικά διαστήματα. Συχνότητα είναι ο αριθμός που δείχνει πόσες φορές επαναλήφθηκε η ίδια κίνηση ή το ίδιο φαινόμενο σε μια μονάδα χρόνου ή ειδικότερα πόσες φορές επαναλαμβάνεται μια απόκλιση γύρω από την κατάσταση ισορροπίας.

Όταν απομακρύνουμε ένα σώμα από τη θέση ισορροπίας του (λ.χ. μία χορδή) τότε αυτό αποκτά δυναμική ενέργεια και την τάση να επανέρθει στην αρχική θέση. Από την ενέργεια αυτή μπορεί να εκτελεί ταλάντωση. Όταν συνεχίσει να εκτελεί ταλάντωση αφού δοθεί μόνο μία φορά ενέργεια, τότε η ταλάντωση ονομάζεται ελεύθερη. Σε αυτή την περίπτωση, η συχνότητα με την οποία γίνεται η περιοδική μεταβολή του αντικειμένου, εξαρτάται μόνο από την κατασκευή και τον τρόπο σύνδεσης του αντικειμένου και ονομάζεται ιδιοσυχνότητα. Η ιδιοσυχνότητα είναι σταθερή όσο είναι σταθερό και το σύστημα και όταν οι αποσβέσεις είναι μηδενικές. Όταν η ταλάντωση οφείλεται στην εξωτερική δύναμη που ασκείται περιοδικά τότε λέγεται εξαναγκασμένη ταλάντωση. Ο εξωτερικός δότης της ενέργειας λέγεται διεγέρτης.

Όταν εκτελείται εξαναγκασμένη ταλάντωση τότε ο ρυθμός της ταλάντωσης καθορίζεται από τη συχνότητα του διεγέρτη. Όταν η συχνότητα του διεγέρτη (ο ρυθμός που μεταβιβάζεται η ενέργεια) γίνει ακριβώς ίση με την ιδιοσυχνότητα του ταλαντούμενου αντικειμένου, τότε το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο και το φαινόμενο αυτό λέγεται συντονισμός. Στο φαινόμενο του συντονισμού, το πλάτος της ταλάντωσης γίνεται μέγιστο, υπό την προϋπόθεση ότι η απώλεια ενέργειας (απόσβεση) είναι αμελητέα και η συχνότητα της ταλάντωσης είναι η συχνότητα του διεγέρτη. **Κατά το συντονισμό έχουμε μέγιστη μεταφορά ενέργειας από τον διεγέρτη στο σύστημα και η μεταβίβαση της ενέργειας ή η εφαρμογή της δύναμης γίνεται στα κατάλληλα χρονικά διαστήματα, που**

η ενέργεια μπορεί να μεταβιβαστεί ή η δύναμη να εφαρμοστεί.



Τα ηλεκτρονικά κυκλώματα που εκπέμπουν και λαμβάνουν ηλεκτρομαγνητικά σήματα περιλαμβάνουν ταλαντωτές και κυκλώματα συντονισμού και όταν χρειάζεται μπορούμε να μεταβάλλουμε την ιδιοσυχνότητά τους. Όταν επιλέγουμε ένα ραδιοφωνικό ή τηλεοπτικό σταθμό, ρυθμίζουμε ορισμένα κυκλώματα ταλάντωσης (ηλεκτρικού φορτίου) για να συντονιστούν στην ίδια συχνότητα με το σήμα, που εκπέμπεται από το σταθμό με τη μορφή η/μ κυμάτων. Έτσι λαμβάνουμε το σήμα ενισχυμένο από την κεραία λήψης, μεταξύ των πολλών η/μ σημάτων που στην κυριολεξία πλημμυρίζουν γύρω μας.

Αν δεν υπάρχουν αποσβεστικές δυνάμεις (απώλειες), τότε το πλάτος της ταλάντωσης θεωρητικά μπορεί να γίνει άπειρο. Αν η προσφορά ενέργειας είναι μεγαλύτερη από αυτή με την οποία διατηρείται το σύστημα του ταλαντωτή, τότε υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του συστήματος.

Από την ηλεκτροτεχνία: Στον ηλεκτρισμό, η ταλάντωση είναι διαδοχή ρευμάτων φόρτισης και εκφόρτισης, σε ένα κύκλωμα και αυτή η διαδοχή μπορεί να γίνεται με σταθερό ρυθμό ή εναλλασσόμενα. Όταν ένα κύκλωμα είναι συντονισμένο τότε μεταφέρεται μέγιστη πραγματική ισχύς από την πηγή στον ωμικό καταναλωτή του κυκλώματος.

Όταν η απόκλιση γύρω από την κατάσταση ισορροπίας γίνεται αφού δοθεί μια φορά η ενέργεια (ελεύθερη ταλάντωση) και όταν οι αποσβέσεις είναι μηδενικές, τότε η ταλάντωση εκτελείται στην (ιδιο)συχνότητα που ευνοούν τα χαρακτηριστικά του συστήματος (χαρακτηριστικά, όπως είναι τα μήκη, οι αποστάσεις, οι γωνίες, τα υλικά, η αδράνεια των μερών κ.α.). Στη περίπτωση που υπάρχουν αποσβέσεις όπως συμβαίνει στις φθίνουσες ταλαντώσεις, τότε η περίοδος της ταλάντωσης  $T$  είναι λίγο μεγαλύτερη και συνεπώς η συχνότητα της ταλάντωσης  $f$  είναι λίγο μικρότερη από την ιδιοσυχνότητα και απλά ονομάζεται συχνότητα ελεύθερης ταλάντωσης. Για να έχει ο ταλαντωτής σταθερό πλάτος, δηλαδή σταθερή ολική ενέργεια, θα πρέπει στο ταλαντωτή με κατάλληλο τρόπο να προσφέρεται ενέργεια συνεχώς και ο ρυθμός προσφοράς ενέργειας να είναι ίσος με το ρυθμό που η ενέργεια του ταλαντωτή χάνεται. Στην περίπτωση αυτή, η ταλάντωση που θα προκύψει ονομάζεται εξαναγκασμένη ταλάντωση. Έτσι, όταν στο εκκρεμές ασκείται μια περιοδική εξωτερική δύναμη το σύστημα εξακολουθεί να ταλαντώνεται.

*Η απώλεια της ενέργειας συνήθως οφείλεται σε δυνάμεις οι οποίες αντιστέκονται στην κίνηση και στον τρόπο της περιοδικής μεταβολής. Στις μηχανικές κινήσεις και στις ταλαντώσεις υλικών σωμάτων, οι δυνάμεις αυτές που προκαλούν απώλεια της ενέργειας συνήθως είναι οι τριβές.*

*Χρήσιμη απορία: Στην εξαναγκασμένη ταλάντωση όλη η κινητική ενέργεια του ταλαντωτή μετατρέπεται διαδοχικά σε δυναμική και αντιστρόφως; Όχι ακριβώς. Όλη η κινητική ενέργεια του ταλαντωτή μετατρέπεται διαδοχικά σε δυναμική και αντιστρόφως, μόνο όταν η συχνότητα του διεγέρτη συμπίπτει με την ιδιοσυχνότητα του ταλαντωτή και όταν οι απώλειες ενέργειας είναι μηδενικές.*

Πέρα από τις όποιες άλλες απώλειες της ενέργειας, σύμφωνα με το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο διαρκώς και αναπόφευκτα γίνεται μετατροπή της ενέργειας που απελευθερώνεται ως θερμότητα στο περιβάλλον. Ως εκ τούτου, όλες οι ταλαντώσεις τείνουν να φθίνουν με την πάροδο του χρόνου (φθίνουσες ταλαντώσεις), εκτός αν υπάρχει μια πηγή που προσφέρει ενέργεια στο σύστημα με τον κατάλληλο και συγχρονισμένο τρόπο.