

Ερευνητική εργασία  
2012-2013



**CAUTION**  
**RISK OF**  
**RADIATION**

**Βιολογικές επιδράσεις**  
της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

**1ο ΓΕΛ Ζακύνθου**  
**Τμήμα Β' 4**

Ερευνητική εργασία  
Τμήμα Β4 - 1ο ΛΥΚΕΙΟ ΖΑΚΥΝΘΟΥ  
Σχ. Έτος 2012-2013

## ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

**Μαθητές:**

**1η ΟΜΑΔΑ**

Μάνεση Διονυσία  
Μαυρία Κωνσταντίνα  
Μπότσινα Αλίνα  
Προβή Δήμητρα

**2η ΟΜΑΔΑ**

Μίχας Κωνσταντίνος  
Μόρφης Διονύσης  
Μποζίκη Διονυσία  
Πέττας Αντώνης  
Πυλαρινός Ανδρέας

**3η ΟΜΑΔΑ**

Μάργαρης Παναγιώτης  
Μαρίνου Ίλια  
Παλλαδινού Μάρω  
Πομόνη Στεφανία

**4η ΟΜΑΔΑ**

Μικρώνης Τάσος  
Μόρφης Αλέξανδρος  
Μυλωνάς Αλέξανδρος  
Παπαδόγκονα Κωνσταντίνα  
Πλέσσα Αγγελική

**5η ΟΜΑΔΑ**

Μαυροπόδης Δημήτρης  
Μπεσίρη Αφροδίτη  
Παπαηλιού Άντζυ  
Πυλαρινός Δημήτρης

**Υπεύθυνος καθηγητής:**

Παπαδάτος-Γιγάντες Αγησίλαος  
ΦΥΣΙΚΟΣ (ΠΕ04.01)

---

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

---

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>4</b>
<b>ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ;</b>	<b>5</b>
<b>ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ</b>	<b>6</b>
<b>ΑΚΤΙΝΕΣ Γ</b>	<b>8</b>
Εφαρμογές	8
Βιολογικές επιδράσεις	9
<b>ΟΙ ΑΚΤΙΝΕΣ Χ</b>	<b>10</b>
Εφαρμογές	11
Βιολογικές Επιδράσεις	12
<b>ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ (UV ΑΠΟ ΤΟ ULTRAVIOLET)</b>	<b>14</b>
Βιολογικές Επιδράσεις	14
<b>ΟΡΑΤΟ ΦΩΣ</b>	<b>16</b>
Βιολογικές Επιδράσεις	17
<b>ΥΠΕΡΥΘΡΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ</b>	<b>19</b>
Εφαρμογές	19
Βιολογικές επιδράσεις	20
<b>ΡΑΔΙΟΚΥΜΑΤΑ - ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ</b>	<b>21</b>
Εφαρμογές	23
Βιολογικές επιδράσεις	24
<b>ELF (EXTREMELY LOW FREQUENCY)</b>	<b>29</b>
Βιολογικές επιδράσεις	30
<b>ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ</b>	<b>32</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΕΠΙΛΟΓΟΣ</b>	<b>34</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>36</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ</b>	<b>37</b>
Ερωτηματολόγιο	38
Απαντήσεις ερωτηματολογίου	40

## Εισαγωγή

---

Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αποτελεί μείζον θέμα της εποχής μας, καθώς όχι μόνο εκπέμπεται από πολυάριθμες ηλεκτρικές συσκευές καθημερινής χρήσης, αλλά και γιατί τα τελευταία χρόνια έχει συσχετιστεί με βιολογικές επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου. Πιο συγκεκριμένα, το 1974 η Αμερικανίδα γιατρός Νάνσυ Βέρτχαιμερ πραγματοποίησε την πρώτη επιδημιολογική μελέτη με τη βοήθεια του φυσικού Εντ Λίπερ, η οποία συνέδεσε την παιδική λευχαιμία με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που προκαλούσαν οι γραμμές μεταφοράς ρεύματος και οι μετασχηματιστές. Έκτοτε, έχει δημιουργηθεί μια τάση αποφυγής της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, η οποία, ωστόσο, δεν είναι πάντοτε συνετή. Αυτό συμβαίνει, διότι οι άνθρωποι δεν είναι πλήρως ή σωστά ενημερωμένοι όσον αφορά την επικινδυνότητα κάθε είδους ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, αλλά και τους τρόπους προστασίας από το καθένα.

Η ιδέα της επιλογής του συγκεκριμένου θέματος για έρευνα προέκυψε από το γεγονός ότι στο σχολείο μας έχει τοποθετηθεί και λειτουργεί κεραία κινητής τηλεφωνίας, κάτι που, όταν έγινε γνωστό, προκάλεσε την αντίδραση των μαθητών και το αίτημά τους για απομάκρυνσή της από το χώρο του σχολείου. Οι εντάσεις αυτές μάς έδωσαν το έναυσμα να μελετήσουμε την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, καθώς και να διαπιστώσουμε κατά πόσο είναι ενημερωμένοι οι συμμαθητές μας για το συγκεκριμένο ζήτημα.

Πρωταρχικός στόχος της παρούσας έρευνας είναι να παρουσιάσει αναλυτικά τις βιολογικές επιπτώσεις των ραδιοκυμάτων, των μικροκυμάτων, της υπέρυθρης ακτινοβολίας, του ορατού φωτός, της υπεριώδους ακτινοβολίας και των ακτινών γ και Χ, αλλά και να τις ιεραρχήσει σε λιγότερο και περισσότερο επιβλαβείς. Στη συνέχεια, δίνεται έμφαση στις ηλεκτρικές συσκευές στις οποίες συναντάται καθένα από αυτά τα είδη ξεχωριστά. Επιπροσθέτως, κύριο σκοπό μας αποτελεί και η παράθεση ορισμένων τρόπων πρόληψης των προβλημάτων που η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι ικανή να συνεπιφέρει.

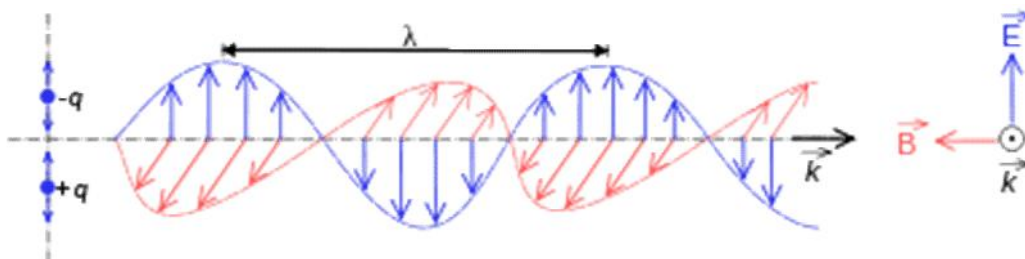
Επίσης, προχωρήσαμε στη διαμόρφωση ενός ερωτηματολογίου, το οποίο μοιράστη-

κε και απαντήθηκε από τους μαθητές του σχολείου μας. Το συμπέρασμα που απορρέει από τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου είναι ότι ο κόσμος δεν είναι απόλυτα καταρτισμένος όσον αφορά τους κινδύνους που η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εγκυμονεί.

Η έρευνα που διεξάχθηκε και καταγράφηκε χαρακτηρίζεται από πληρότητα και ευαισθησία για τη δημόσια υγεία, ενώ πρέπει να επισημανθεί ότι επιτεύχθηκε η επιμελημένη αποφυγή της υπερβολικής κινδυνολογίας, η οποία συχνά συγκαλύπτει την πραγματική απειλή.

## Τι είναι η Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία;

Η Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι εκπομπή στον χώρο ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας υπό μορφή κυμάτων που ονομάζονται ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι συγχρονισμένα ταλαντούμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία τα οποία ταλαντώνονται σε κάθετα επίπεδα μεταξύ τους και κάθετα προς την διεύθυνση διάδοσης του κύματος. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα παράγονται από επιταχυνόμενα ηλεκτρικά φορτία. Δημιουργούνται επίσης όταν ένα ηλεκτρόνιο κάποιου ατόμου χάνει μέρος της ενέργειάς του και μεταπίπτει σε χαμηλότερη τροχιά ή ενεργειακή στάθμη κοντά στον πυρήνα. Διαδίδονται στο κενό με ταχύτητα ίση με την ταχύτητα του φωτός (περίπου 300.000 km/s) αλλά και μέσα στην ύλη με ταχύτητα λίγο μικρότερη απ' την ταχύτητα του φωτός.



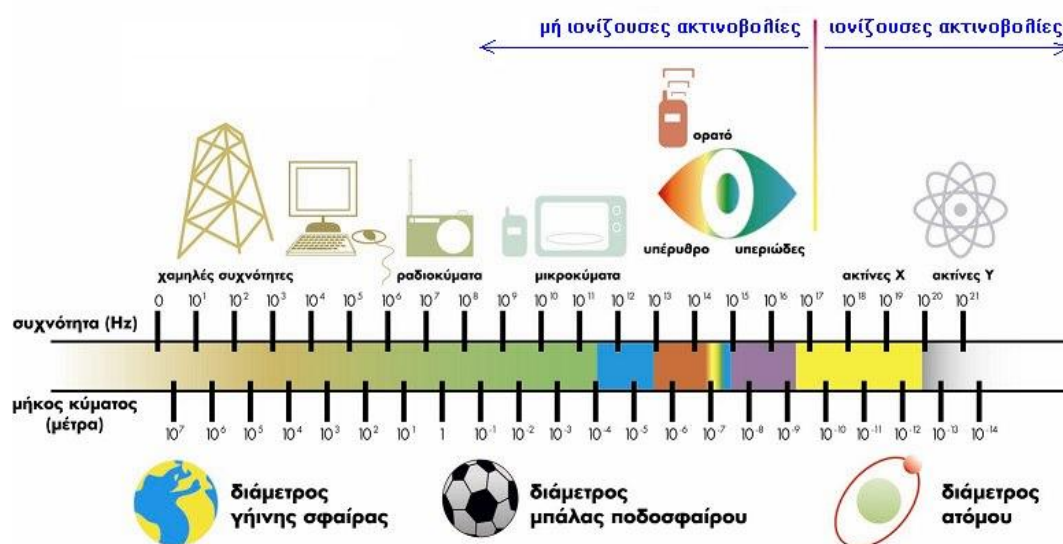
Εικόνα 1: Γραφική αναπαράσταση Η/Μ κύματος

## Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Το σύμπαν είναι διάχυτο από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Το φως που εκπέμπεται από τα άστρα είναι μέρος του συνολικού φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που συναντάται στο σύμπαν. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ανάλογα με την συχνότητα των κυμάτων της και αντίστοιχα την ενέργεια που μεταφέρει χωρίζεται σε περιοχές.

Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα ονομάζεται η πλήρης κατανομή των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε σχέση με τη συχνότητά τους ή το μήκος κύματος. Αν και όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα έχουν την ίδια ταχύτητα στο κενό, η πλήρης κατανομή καλύπτει μια μεγάλη κλίμακα συχνοτήτων, που συνίσταται από πολλές επιμέρους κλίμακες. Οι διάφορες κλίμακες συχνοτήτων φέρουν διάφορες ονομασίες, λόγω της διαφορετικής συμπεριφοράς στην εκπομπή, διάδοση και απορρόφηση των αντίστοιχων κυμάτων.

Το πλήρες ηλεκτρομαγνητικό φάσμα, από τη χαμηλότερη προς την υψηλότερη συχνότητα (από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο μήκος κύματος), περιέχει όλα τα ηλεκτρικά και ραδιοφωνικά κύματα, τα μικροκύματα, την υπέρυθρη (θερμική) ακτινοβολία, το ορατό φως, την υπεριώδη ακτινοβολία, τις ακτίνες Χ και την ακτινοβολία γ.

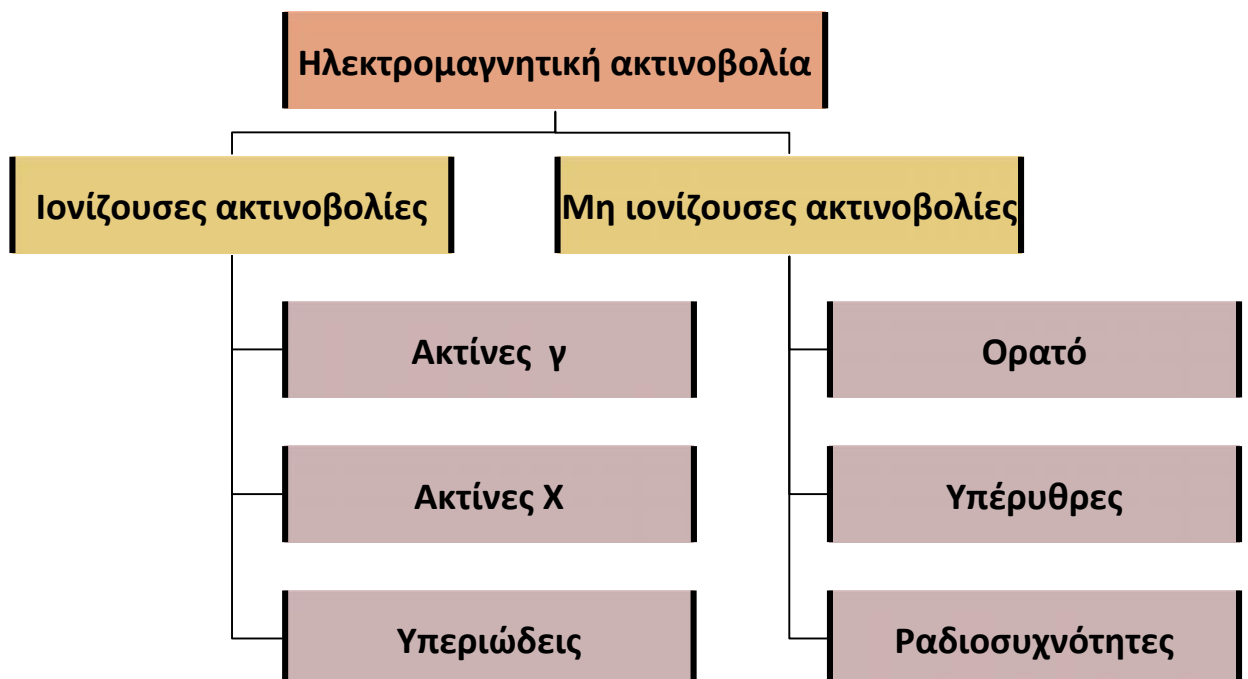


Εικόνα 2: Ηλεκτρομαγνητικό Φάσμα

Οι προηγούμενες περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος διαχωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, τις ιονίζουσες και τις μη ιονίζουσες ακτινοβολίες.

Οι **ιονίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες** είναι αυτές που έχουν συχνότητα υψηλότερη από το ορατό φως. Είναι μικρότερου μήκους κύματος και μεταφέρει πολύ υψηλή ενέργεια. Ιονίζουσες ακτινοβολίες είναι οι **υπεριώδεις ακτίνες**, οι **ακτίνες Χ** και οι **ακτίνες γ** (ραδιενέργεια). Λέγονται ιονίζουσες διότι μπορούν να προκαλέσουν ιονισμό. Ο ιονισμός είναι η απόσπαση ηλεκτρονίων από τα άτομα. Το φαινόμενο αυτό είναι επικίνδυνο διότι διασπά τους δεσμούς του DNA και είναι αιτία βλαβών που προκαλούν καρκίνο και άλλες ασθένειες. Σε αντίθεση με τις μη ιονίζουσες, οι επιπτώσεις των ιονιζουσών ακτινοβολιών είναι αποδεδειγμένα επιβλαβείς.

Οι **μη ιονίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες** είναι αυτές που έχουν χαμηλή συχνότητα και μεγάλο μήκος κύματος. Μη ιονίζουσες είναι οι ορατές, οι υπέρυθρες και οι ραδιοσυχνότητες. Οι τελευταίες προέρχονται από κινητά τηλέφωνα, κεραιές σταθμών βάσης, εκπομπές ραδιόφωνου και τηλεόρασης, οικιακές ηλεκτρικές συσκευές και ηλεκτροφόρα καλώδια. Η ενέργεια που μεταφέρουν τα κβάντα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας, δεν είναι αρκετή για να προκαλέσει ιονισμό. Δεν μπορεί να σπάσει τους χημικούς δεσμούς στα μόρια των κυττάρων. Παρόλα αυτά σύμφωνα με κάποιες επιστημονικές απόψεις που πληθαίνουν τον τελευταίο καιρό και οι μη ιονίζουσες μορφές και κυρίως τα μικροκύματα μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό.



## Ακτίνες γ

---

Προκύπτουν από πυρηνικές αντιδράσεις, όπως η διάσπαση ραδιενεργών πυρήνων, ή στοιχειωδών σωματιδίων. Είναι προϊόν ενός από τους τρεις τρόπους παραγωγής ραδιενέργειας, συγκεκριμένα της διάσπασης γ. Οι ακτίνες γ δεν είναι ραδιοκύματα και γενικά δεν πρέπει να συγχέεται η ραδιενέργεια με τα ραδιοκύματα, το ραδιόφωνο και τα λοιπά. Ταξινομώντας τις σε κατηγορία ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παρατηρούμε ότι βρίσκονται πάνω από τις ακτίνες Χ (σε συχνότητα).

Οι ακτίνες γ παράγονται από ραδιενεργούς πυρήνες και από αστέρια στο διάστημα. Οι ραδιενεργοί πυρήνες προκύπτουν από ορυκτά με περιεκτικότητα σε ραδιενεργή ουσία, από απόβλητα πυρηνικών αντιδραστήρων. Επίσης, από την αντίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας με την ατμόσφαιρα, κατά την οποία παράγεται το ισότοπο του άνθρακα το οποίο περνά στα φυτά κι από εκεί σε όλη την τροφική αλυσίδα. Γενικά, κάθε ουσία, περιέχει ένα ελάχιστο ραδιενεργό ποσοστό της που παράγει ακτίνες γ. Τα αστέρια εκπέμπουν ενέργεια με μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε όλα τα μήκη κύματος. Κυριότερες πηγές ακτίνων γ στο διάστημα θεωρητικά είναι οι αστέρες νετρονίων και οι μαύρες τρύπες. Η ανακάλυψη ισχυρής πηγής ακτίνων γ από το κέντρο του γαλαξία μας υποψιάζει τους επιστήμονες ότι στο κέντρο του βρίσκεται μια μεγάλη μαύρη τρύπα.

Επίσης είναι και ένας από τους βασικότερους κινδύνους που διατρέχει η ανθρωπότητα από την χρήση των πυρηνικών όπλων και την χρήση της πυρηνικής ενέργειας για ειρηνικούς σκοπούς..

### Εφαρμογές

**Ιατρικές:** Χρησιμοποιούνται όπως οι ακτινογραφίες για την απεικόνιση του εσωτερικού του σώματος. Μία τεχνική που χρησιμοποιεί τις ακτίνες γ είναι το σπινθηρογράφημα, όπου η ακτινοβολία παράγεται από ένα ραδιενεργό υγρό που έχει χορηγηθεί στον εξεταζόμενο. Επίσης χρησιμοποιούνται και για να σκοτώσουν διάφορα καρκινικά κύτταρα σε ορισμένους τύπους καρκίνου.

**Αποστείρωση:** Χρησιμοποιείται στην πλήρη αποστείρωση τροφίμων εξοντώνοντας



όλους τους μικροοργανισμούς και διατηρώντας τις θρεπτικές ουσίες.

**Ραδιοχρονολόγηση:** Το χημικό στοιχείο άνθρακας έχει ένα ραδιενεργό ισότοπο τον άνθρακα-14 που εμφανίζεται στην φύση σε συγκεκριμένη αναλογία. Έτσι υπάρχει στην ίδια αναλογία και στους ζωντανούς οργανισμούς. Η συγκεκριμένη αναλογία διατηρείται σταθερή όσο ζει ο οργανισμός αφού αναπληρώνεται μέσω της τροφής. Μόλις όμως ο οργανισμός πεθάνει αρχίζει το ποσοστό του άνθρακα-14 να μειώνεται λόγω της ραδιενεργού διάσπασης. Η ραδιενέργεια που εκπέμπει ο άνθρακας-14 (ακτίνες β και γ), εξαρτάται από τη διάρκεια της απολίθωσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ηλικίας του δείγματος.

**Εξέλιξη:** Η ραδιενεργή ακτινοβολία του διαστήματος, ειδικά πριν το σχηματισμό της ατμόσφαιρας, συνέβαλλε στις μεταλλάξεις των ειδών άρα και στην εξέλιξη.

### Βιολογικές επιδράσεις

Όταν απορροφηθούν από τους ιστούς, διασπούν τους μοριακούς δεσμούς και δημιουργούν ελεύθερες ρίζες (φορτισμένα συγκροτήματα ατόμων), που με τη σειρά τους μπορεί να διαταράξουν τη μοριακή δομή των πρωτεϊνών και ειδικά του γενετικού υλικού (DNA, RNA). Παρεμποδίζουν επίσης τη δράση των ενζύμων και βλάπτουν τον μεταβολισμό επιδρώντας δραστικά στις βιοχημικές διαδικασίες. Είναι δυνατόν το κύτταρο που έχει υποστεί βλάβη από την ακτινοβολία να επιβιώσει, ωστόσο μπορεί να δώσει πολλές γενεές μεταλλαγμένων κυττάρων. Αν οι αλλαγές στο DNA αφορούν γονίδια που ελέγχουν το ρυθμό πολλαπλασιασμού των κυττάρων, μπορεί να προ-

κληθεί καρκίνος. Πιθανόν η υπερβολική έκθεση ενός οργανισμού σε τέτοια ακτινοβολία να προκαλέσει μεταβολές στα γενετικά κύτταρα, οπότε, ο ίδιος μεν ο οργανισμός θα παραμείνει ενδεχομένως υγιής, συμπτώματα όμως ασθενειών, όπως καρκίνος (π.χ. θυρεοειδούς, πνευμόνων, μαστού, λευχαιμία) ή



Εικόνα 3: Ραδιενεργό μανιτάρι

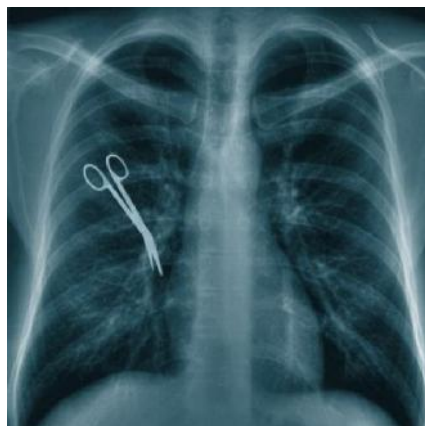
καταρράκτης των οφθαλμών θα εκδηλώσουν σίγουρα οι απόγονοί του.

Ήδη από την δεκαετία του '30 οι Κιουρί και άλλοι διάσημοι φυσικοί ανέφεραν σε συγγράμματά τους τις παρατηρήσεις τους για τις επιπτώσεις της ακτινοβολίας στον άνθρωπο, των τότε χρησιμοποιούμενων συσκευών ακτινοβόλησης και των εφαρμογών τους στην ιατρική για διαγνωστικούς και θεραπευτικούς σκοπούς. Άλλωστε η ίδια η Μαρία Κιουρί ασθένησε και τελικά υπέκυψε από τις ακτινοβολίες αυτές, αφού προηγουμένως, με αυτές ακριβώς τις ακτινοβολίες, βοήθησε χιλιάδες ασθενείς και τραυματίες κατά την διάρκεια του Α΄ Παγκοσμίου Πολέμου. Χρειάστηκαν να πέσουν όμως οι ατομικές βόμβες στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι (1945) για να γίνει συνειδητός ο κίνδυνος της ραδιενέργειας, ενώ το πυρηνικό ατύχημα του Τσερνομπίλ (1986) δικαίωσε τις ανησυχίες για τις επιπτώσεις των ραδιενεργών ακτινοβολιών στην υγεία των ανθρώπων και όχι μόνο. Αυτό πού καθιστά χειρότερα όμως και πλέον ύπουλα τα διάφορα ραδιενεργά υλικά, είναι το μακροχρόνιο της δράσης τους, αφού έχουν χρόνους ημιζωής τεράστιους, ώστε μέχρι να πάψουν να είναι επικίνδυνα, πρέπει να περάσουν εκατονταετίες ή ακόμα και χιλιετίες. Ακόμα ενοχοποιείται η ραδιενέργεια πού προκλήθηκε από την ρίψη των ατομικών βομβών πριν από 68 χρόνια στην Ιαπωνία, για την εμφάνιση ακόμα και σήμερα πολλών ασθενειών (εικόνα 3). Το ίδιο ισχύει και για τη διαρροή της ραδιενέργειας κατά το ατύχημα του Τσερνομπίλ.

## Οι ακτίνες Χ

Οι ακτίνες Χ είναι αόρατη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, μήκους κύματος πολύ μικρότερου από αυτό των ορατών ακτινοβολιών (10 nm με 10 pm), και συγκρίσιμου με τις διαστάσεις των ατόμων άρα και μεγαλύτερης συχνότητας.

Επειδή η ενέργεια των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων συνδέεται άμεσα με τη συχνότητα, η ενέργεια πού μεταφέρουν οι ακτίνες αυτές είναι μεγαλύτερη από αυτή των υπεριωδών ακτίνων και πολύ μεγαλύτερη αυτής του ορατού φωτός, ιδιαίτερα οι σκληρές λεγόμενες ακτίνες, πράγμα πού τις κά-



Εικόνα 4: Ακτινογραφία

νει ικανές να εισέρχονται βαθιά μέσα στην ύλη, δηλαδή είναι πολύ διεισδυτικές. Ανακαλύφθηκαν τυχαία από τον Γερμανό νομπελίστα φυσικό Ρέντγκεν το 1895 (λέγονται και ακτίνες Ρέντγκεν), και από τότε αξιοποιήθηκαν ευρύτατα λόγω της διαφορετικής απορρόφησής της από τους ιστούς ή τα οστά. Οι ακτίνες Χ διαπερνούν το ανθρώπινο σώμα αλλά και γι' αυτόν ακριβώς το λόγο είναι αξιοποιήσιμες κυρίως από την ιατρική για διάφορες διαγνώσεις. Σχεδόν όλοι οι άνθρωποι χρειάζεται κάποτε να υποβληθούμε σε μια ακτινογραφία θώρακος.

Οι ακτίνες Χ παράγονται κυρίως τεχνητά με κατάλληλες λυχνίες. (π.χ. ακτινολογική λυχνία).

Είναι ακτίνες πολύ επικίνδυνες αλλά και πολύ χρήσιμες στην εποχή μας. Με τη βοήθειά τους, έχουμε καταφέρει να πετύχουμε πολλά πράγματα και στο μέλλον υποσχονται να μας βοηθήσουν σε ακόμα περισσότερα.

## Εφαρμογές

Οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται για ιατρικούς - οδοντιατρικούς σκοπούς όπως ακτινογραφίες, εσωτερική διάγνωση δοντιού, κ.τ.λ.

Επίσης υπάρχει και πιο εξελιγμένη μέθοδος χρήσης (αντί για δισδιάστατη, τρισδιάστατη απεικόνιση), όπου φαίνονται τα πάντα μέσα μας τρισδιάστατα (αξονικός τομογράφος).

Άλλη χρήση των ακτινών Χ, είναι η ασφάλεια σε αεροδρόμια. Χωρίς να μας ανοίξουν τις αποσκευές, οι υπεύθυνοι της ασφάλειας μπορούν να ελέγξουν τα πάντα μέσα στη βαλίτσα μας. (εικόνα 5)

Επίσης, στη βιομηχανία, τις χρησιμοποιούν για να ελέγξουν για σπασίματα, ραγίσματα ή μικροφθορές στο εσωτερικό μηχανημάτων, κινητήρων κ.τ.λ.

Για τους επιστήμονες, βρίσκει επίσης εφαρμογή για παράδειγμα, στη μέτρηση αποστάσεων μεταξύ των ατόμων, σε ένα μόριο κρυστάλλου (Κρυσταλλογραφία ακτίνων Χ).



Εικόνα 5: Ακτίνες Χ στα αεροδρόμια

Τέλος οι αστρονόμοι τις χρησιμοποιούν για να μετρήσουν αποστάσεις με άλλους πλανήτες. Βέβαια, πολλές φορές, λόγω της απορρόφησης τους από την ατμόσφαιρα της γης, η μέτρηση ξεκινάει από κάποιον δορυφόρο.

### **Βιολογικές Επιδράσεις**

Γενικά οι ακτίνες Χ είναι αρκετά επικίνδυνες για τον άνθρωπο. Είναι πολύ διεισδυτικές και μπορούν πολύ εύκολα με μία και μόνο επαφή, να καταστρέψουν ιστούς από το σώμα μας.

Ο μηχανισμός με τον οποίο δρουν είναι ίδιος με των ακτίνων γ. Επειδή όμως έχουν μικρότερη συχνότητα τα φωτόνιά τους μεταφέρουν μικρότερη ενέργεια και έτσι έχουν μικρότερη πιθανότητα να προκαλέσουν βλάβη.

Μετά από δυο μήνες μετά την ανακάλυψη τους, οι ακτίνες Χ χρησιμοποιούνταν στην Ευρώπη αλλά και στη Βόρεια Αμερική όχι μόνο για να φωτογραφίζονται τα εσωτερικά όργανα αλλά και για τη θεραπεία ορισμένων ασθενειών.

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για τις ακτίνες Χ, παράγουν ακτίνες περίπου 120.000 ηλεκτρονιοβόλτ. Οι ακτίνες Χ που χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του καρκίνου είναι πολύ πιο ισχυρές, με την πηγή ενέργειας να φτάνει μεταξύ 2 εκ. και 20 εκ. ηλεκτρονιοβόλτ.



Εικόνα 6: Ακτινολόγος

Η χρήση τους είναι τόσο διαδεδομένη κυρίως στην Ιατρική (ακτινογραφίες, ακτινοσκοπήσεις, αξονική τομογραφία), ώστε υπάρχει ιατρική ειδικότητα, αυτή του ακτινολόγου ιατρού. Μάλιστα οι ακτίνες αυτές, σε συνδυασμό με τις άλλες χρησιμοποιούμενες για ιατρικούς λόγους ιονίζουσες ακτινοβολίες, κατέστησαν αναγκαία την ύπαρξη ακτινοφυσικών στα διάφορα επιστημονικά εργαστήρια, επιφορτισμένο με πληθώρα υποχρεώσεων, από απλή τήρηση αρχείων έως ερευνητικές δραστηριότητες.

Ο ακτινοθεραπευτής είναι ο γιατρός που ειδικεύεται στη θεραπεία με ακτίνες Χ και πιθανόν με την συνδρομή ειδικών φάρμακων για τη νέκρωση των κυττάρων. Ο καρκίνος είναι στις ομάδες των ασθενειών που συνήθως θεραπεύεται κατ' αυτό τον τρόπο αλλά η ακτινοβολία μερικές φορές χρησιμοποιείται και για τη θεραπεία καλοήθων παθήσεων όπως την υπερδραστηριότητα του θυρεοειδούς.

Σήμερα, χρησιμοποιώντας μικρή δόση ακτινοβολίας για την παραγωγή υψηλής ποιότητας εικόνων με ακτίνες Χ, ο κίνδυνος καρκίνου είναι πάρα πολύ μικρός κατά την κατάλληλα επιβλεπόμενη εξέταση. Παρόλα αυτά ο κίνδυνος είναι αθροιστικός. Το προσωπικό που εργάζεται στο τμήμα της Ακτινοβολίας με ακτίνες Χ θα μπορούσαν να εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας. Για αυτό το λόγο και σε κάθε εξέταση κάθονται πίσω από μία οθόνη κάθε φορά που η δέσμη με τις ακτίνες Χ τίθεται σε λειτουργία.

Η ακτινοβολία με ακτίνες Χ μπορεί να προκαλέσει βλάβη στο βρέφος και για αυτό το λόγο η χρήση ακτινοβολιών κατά τη διάρκεια εγκυμοσύνης πρέπει να περιορίζεται στο ελάχιστο. Αν κάποια γυναίκα έχει την υποψία ότι μπορεί να κυοφορεί και έχει παραπεμφθεί σε εξέταση με ακτίνες Χ, θα πρέπει να γνωστοποιήσει το γεγονός αυτό τόσο στους χειριστές όσο και στο γιατρό που θα την εξετάσουν.

## Υπεριώδης ακτινοβολία (UV από το ultraviolet)

---

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, που εκπέμπεται από τον ήλιο.

Η Υπεριώδης ακτινοβολία υποδιαιρείται σε 3 τύπους:

**UVA** με μήκος κύματος 400 - 320 nanometers (nm) είναι η μεγαλύτερη ποσότητα της υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της γης και διεισδύει κάτω από τις επιφανειακές στοιβάδες του δέρματος.

**UVB** (320 - 290 nm) φτάνει σε μικρότερα ποσά λόγω της απορρόφησης μεγάλου μέρους της από τη στοιβάδα του όζοντος. Και πάλι όμως το 10% που φτάνει στην επιφάνεια της Γης αρκεί για να προκαλέσει ζημιά.

**UVC** (290 - 200 nm) είναι εξαιρετικά βλαβερή για το δέρμα, αλλά απορροφάται τελείως από το όζον της στρατόσφαιρας αλλά και τους υδρατμούς, το οξυγόνο και το διοξείδιο του άνθρακα και έτσι δεν φτάνει στην επιφάνεια της γης.

### Βιολογικές Επιδράσεις

Η υπεριώδης ακτινοβολία διεισδύει στο δέρμα.

Τόσο οι UVA, όσο και οι UVB, είναι ιδιαίτερης σημασίας για την ανθρώπινη υγεία. Μικρές ποσότητες υπεριώδους ακτινοβολία είναι αναγκαίες για την παραγωγή της Βιταμίνης D, ενώ αντίθετα, η υπερέκθεση μπορεί να επιφέρει οξείας και χρόνιας μορφής συνέπειες για το δέρμα, τα μάτια και το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου.

Η ελάττωση του στρώματος του όζοντος είναι γνωστό ότι επιδεινώνει τις επιπτώσεις στην υγεία από τη UV ακτινοβολία για τον άνθρωπο, τα ζώα, τους θαλάσσιους οργανισμούς και τα φυτά, διότι τότε δεν απορροφά αποτελεσματικά τη UV ακτινοβολία (ιδίως UVB ακτινοβολία). Υπολογιστικά μοντέλα προβλέπουν ότι μείωση 10% του όζοντος στη στρατόσφαιρα θα μπορούσαν να προκαλέσουν 300.000 καρκίνους του δέρματος (ακανθοκυτταρικό, βασικοκυτταρικό), 4.500 μελανώματα και μεταξύ 1,6 - 1,75 εκατομμύρια επιπλέον περιστατικά οφθαλμικού καταρράκτη ανα έτος παγκοσμίως.

Ο **Δείκτης UV** είναι ένα μέγεθος, το οποίο καθιερώθηκε διεθνώς ως ένα απλό μέσο έκφρασης της επικινδυνότητας της ηλιακής υπεριώδους ακτινοβολίας. Πραγματικές τιμές του Δείκτη UV, αλλά και προβλέψεις για την επόμενη ημέρα, ανακοινώνονται από τα μέσα ενημέρωσης και από το Διαδίκτυο σχεδόν σε όλες τις χώρες, όπως και στην Ελλάδα.

Υπό φυσιολογικές συνθήκες, η τιμή του Δείκτη UV στην Ελλάδα μπορεί να φτάσει μέχρι και 10 ή 11, τιμές που εκφράζουν εξαιρετικά δραστική ακτινοβολία και κατά συνέπεια την ανάγκη άμεσης προστασίας από τον ήλιο. Όσο ο ήλιος πλησιάζει στον ορίζοντα τόσο μικρότερες τιμές έχει ο Δείκτης UV και κατά συνέπεια τόσο μικρότερος είναι ο κίνδυνος από την υπεριώδη ακτινοβολία. Όσο μεγαλύτερος είναι ο Δείκτης UV τόσο πιο εύκολα και πιο σύντομα μπορούν να εμφανισθούν τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα της υπεριώδους ακτινοβολίας.

Όλα τα άτομα δεν είναι ίσα απέναντι στον ήλιο και εμφανίζουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, γενετικά προσδιορισμένα. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθορίζουν το φωτότυπο του κάθε ατόμου και εκφράζουν την ικανότητα μαυρίσματος. Κάθε επιδερμίδα αντιδρά στην ηλιακή ακτινοβολία ανάλογα με τα



Εικόνα 7

φυσικά της χαρακτηριστικά και κυρίως ανάλογα με το φωτότυπό της. Οι φωτότυποι, που κατατάσσονται σε μια κλίμακα λαμβάνοντας υπόψη: το χρώμα της επιδερμίδας (από την πιο ανοιχτόχρωμη έως την πιο σκούρα επιδερμίδα), το χρώμα των μαλλιών, την παρουσία ή μη φακίδων, την φωτοευαισθησία, την ποιότητα του μαυρίσματος. Επιπλέον, ανεξάρτητα από το φωτότυπο, η ξηρότητα της επιδερμίδας επιδεινώνεται κάτω από τον ήλιο. Το ίδιο συμβαίνει και με τη λιπαρότητα, η οποία επιδεινώνεται λόγω της πάχυνσης της επιδερμίδας που προκαλεί η έκθεση στον ήλιο.

Επιπλέον, είναι γνωστό ότι προκαλείται γήρανση και εγκαύματα του δέρματος. Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία που συλλέγονται συστηματικά από την επιστημονική βιβλιογραφία, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει προσδιορίσει δυσμενείς εκβάσεις

υγείας που προκαλούνται σαφώς από έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία.

Οι παρακάτω καταστάσεις είναι συνέπεια υπερβολικής έκθεσης αλλά υπάρχει ιδιαίτερη αβεβαιότητα για το νοσολογικό φορτίο των εκτιμήσεων, δηλαδή στο μέρος των παθήσεων που αποδίδεται στην υπεριώδη ακτινοβολία:

- Διάφοροι τύποι καρκίνου του δέρματος.
- Φωτογήρανση: η χρόνια επίδραση από την ηλιακή ακτινοβολία συνδέεται με την ανάπτυξη δερματικών αλλοιώσεων, αποκαλούμενων «υπερκεράτωση λόγω ηλιακής ακτινοβολίας». Στις σπάνιες περιπτώσεις, αυτές είναι προκαρκινικές αλλοιώσεις. Το φορτίο της ασθένειας των δερματικών αυτών αλλοιώσεων είναι 100% αποδοτέο στην έκθεση σε υπεριώδη .
- Ηλιακό έγκαυμα: τα ηλιακά εγκαύματα μπορεί να είναι σοβαρά και το φορτίο που προκύπτει είναι 100% αποδοτέο στην έκθεση σε υπεριώδη.
- Φλοιώδης καταρράκτης: 5% του συνολικού νοσολογικού φορτίου των ατόμων με καταρράκτη αποδίδεται άμεσα στην έκθεση σε υπεριώδη.
- Πτερύγιο: 40 - 70% του νοσολογικού φορτίου της ασθένειας αποδίδεται στην έκθεση σε υπεριώδη.
- Επανενεργοποίηση επιχείλιου έρπητα (RHL): η υπερβολική έκθεση σε υπεριώδη προκαλεί την καταστολή του ανοσοποιητικού συστήματος και την επανενεργοποίηση του ιού του έρπητα (25 - 50% του νοσολογικού φορτίου της ασθένειας).

## Ορατό φώς

---

Φως ονομάζεται η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που ανιχνεύεται από το ανθρώπινο μάτι (οφθαλμό) και που εκλαμβάνεται ως αίσθηση (αντίληψη) αυτής. Συνεπώς είναι το αίτιο της όρασης. Έχει μήκη κύματος από 400 νανόμετρα (nm) έως 700 νανόμετρα (nm)

Όμως η αντίληψη αυτή του "ορατού" φωτός αποτελεί τμήμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Καλύπτει ένα εύρος μηκών κύματος που «μεταφράζονται», από το μάτι, στα χρώματα του φωτεινού φάσματος (δηλαδή στα χρώματα του ουράνιου τόξου).



Ανάλογα με τις εκάστοτε συνθήκες το φως εκδηλώνει ιδιότητες είτε φωτεινού κύματος, (φωτεινή ακτίνα), είτε δέσμης σωματιδίων, (φωτεινή δέσμη ή δέσμες).

Τα στοιχειώδη σωματίδια-κύματα (κβάντα) φωτός ονομάζονται φωτόνια.

### Βιολογικές Επιδράσεις

Το μάτι είναι το εξειδικευμένο όργανο για την λήψη του ορατού φωτός. Η ευαισθησία του ματιού μεταβάλλεται έτσι ώστε να ανταποκριθεί το φως που φτάνει σε αυτό. Αυτή η αλλαγή μπορεί να φανεί όταν η κόρη του ματιού μικραίνει σε έντονες φωτιστικές συνθήκες, παρόλο που η συστολή της ίριδας δεν αποτελεί το κύριο μηχανισμό της προσαρμογής του ματιού αλλά μια λεπτή προσαρμογή για την εξασφάλιση μεγαλύτερου βάθους πεδίου. Η κόρη του ματιού αλλάζει σε περιοχή σε εύρος της τάξης του 16 προς 1, αλλά το μάτι είναι ευαίσθητο σε ένα εύρος φωτεινοτήτων μερικών εκατομμυρίων προς 1.

Αυτό που στην πραγματικότητα συμβαίνει είναι ότι οι φωτοϋποδοχείς, τα φωτοευαίσθητα κύτταρα του αμφιβληστροειδούς είναι υπεύθυνα για την διαδικασία της προσαρμογής. Περιέχουν μόρια ροδοψίνης, που είναι οπτική χρωστική, τα οποία αποδομούνται από φωτόνια, απελευθερώνοντας ηλεκτρική ενέργεια και έτσι καθίστανται λιγότερο ευαίσθητα κατά τη διαδικασία. Από τη στιγμή που το φως απομακρύνεται, οι οπτικές χρωστικές σταδιακά επαναδομούνται έτσι ώστε η ευαισθησία επανακτάται. Είναι μια διαδικασία αυτόματης ρύθμισης: ο αμφιβληστροειδής προσαρμόζεται στη βέλτιστη ευαισθησία για τις υφισταμένες συνθήκες γενικού φωτισμού.

Η προσαρμογή από το σκοτάδι στο φως είναι γρήγορη – μέσα σε μερικά δευτερόλεπτα – ενώ πλήρης αναδόμηση μπορεί να πάρει ως και μια ώρα. Ανάβοντας το φως όταν κάποιος ξυπνάει τη νύκτα δίνει μόνο ένα μικρό διάστημα με κακή όραση, αλλά παίρνει αρκετά λεπτά πριν οι λεπτομέρειες



Εικόνα 8

ενός σκοτεινού δωματίου μπορούν να γίνουν αντιληπτές όταν εισέρχεται από το φως της ημέρας, όπως π.χ. όταν μπαίνουμε σε έναν κινηματογράφο.

Υπάρχουν δυο ειδών φωτοευαίσθητων κυττάρων – υποδοχέων στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, που είναι γνωστά ως ραβδία και κωνία (κύτταρα κωνικού σχήματος). Τα ραβδία είναι ευαίσθητα στα χαμηλότερα επίπεδα φωτός αλλά αποικοδομούνται στα επίπεδα του φωτός ημέρας, και μπορεί να πάρει έως και 30 λεπτά για να προσαρμοστούν πλήρως στο σκοτάδι, επίσης δεν προσφέρουν αναγνώριση του χρώματος. Τα κωνία είναι μικρότερα και πολύ λιγότερα, βρίσκονται στο κέντρο και είναι ευαίσθητα μόνο στα υψηλότερα επίπεδα φωτός, και μας επιτρέπουν να βλέπουμε χρώματα και να διακρίνουμε ακριβώς το περίγραμμα των αντικειμένων, τρεις διαφορετικοί τύποι κωνίων βρίσκονται στον αμφιβληστροειδή χιτώνα ανταποκρίνονται σε διαφορετικά μήκη κύματος και αποτελούν τη βάση για της όρασης των χρωμάτων.

Αυτοί οι υποδοχείς ενεργοποιούνται ανάλογα με το χρώμα και την ένταση του φωτός και στέλνουν ηλεκτρικά ερεθίσματα στον εγκέφαλο. Όλα αυτά τα ερεθίσματα διαμορφώνουν μια εικόνα, η οποία όμως είναι ανάποδα, γιατί ανάποδα αποτυπώνεται η εικόνα στον αμφιβληστροειδή, όπως στο φιλμ στις φωτογραφικές μηχανές. Ο εγκέφαλος αναλαμβάνει να τη γυρίσει κανονικά. Οι εικόνα που στέλνει το κάθε μάτι είναι ελαφρώς διαφορετική, και βοηθάει, ώστε να γίνει αντιληπτή η απόσταση με τη μέθοδο του τριγωνισμού, και γενικά να υπάρξει τρισδιάστατη όραση. Τέλος, ανάλογα με τη συχνότητα εναλλαγής εικόνων γίνεται αντιληπτή η κίνηση, όπως και στον κινηματογράφο.

Βασικά το ανθρώπινο μάτι αντιλαμβάνεται τρία χρώματα το κόκκινο, το πράσινο, το μπλε και την ένταση του φωτός στο ορατό φάσμα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Με βάση αυτά επεξεργάζεται την εικόνα που λαμβάνει και αντιλαμβάνεται και τα υπόλοιπα χρώματα σύμφωνα με το προσθετικό μοντέλο σύνθεσης χρωμάτων που χρησιμοποιείται και στις οθόνες.

## Υπέρυθρη Ακτινοβολία

Η υπέρυθρη ακτινοβολία ή υπέρυθρες ακτίνες είναι τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Στο φάσμα τοποθετούνται ως μικρότερη συχνότητα στην προέκταση της κόκκινης ορατής ακτινοβολίας, από το οποίο προκύπτει και το όνομα «υπέρυθρες» (υπό του ερυθρού). Το μήκος κύματος τους κυμαίνεται από τα 700 νανόμετρα (nm) έως το 1 χιλιοστό (mm). Εκπέμπονται από όλα τα σώματα που έχουν κάποια θερμοκρασία. Τα σώματα με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία εκπέμπουν περισσότερες υπέρυθρες και αντίστροφα τα σώματα που απορροφούν περισσότερες υπέρυθρες αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Το φαινόμενο αυτό σχετίζεται με την ταλάντωση των σωματιδίων από τα οποία αποτελείται, η οποία αφορά τη θερμική ενέργεια του σώματος.



Εικόνα 9: Υπέρυθρη φωτογραφία

### Εφαρμογές

Βρίσκουν πολλές εφαρμογές στην τεχνολογία. Οι υπέρυθρες ακτίνες χρησιμοποιούνται στα οπτικά ηλεκτρονικά μέσα όπως τα CD player, στις ηλεκτρονικές επικοινωνίες με οπτικές ίνες αλλά και με ασύρματη εκπομπή υπερύθρων.

Πολύ σημαντική εφαρμογή έχει η υπέρυθρη φωτογραφία που βρίσκει εφαρμογές στην αρχαιολογία, τη γεωργία, την οικολογία, τη δασοπονία, τη γεωλογία και την υδρολογία.

Τα υπέρυθρα κύματα είναι μια μορφή ενέργειας, η οποία μπορεί να ζεσταίνει αντικείμενα χωρίς να ζεστάνει τον αέρα γύρω τους. Η υπέρυθρη θέρμανση χρησιμοποιείται ήδη εδώ και μια δεκαετία σε χώρες με πολύ κρύο και υγρασία όπως Γερμανία, Αυστρία, Καναδά και διαθέτει περίπου 1.500.000 θερμαντικά σώματα κάθε χρόνο στην παγκόσμια αγορά.

## Βιολογικές επιδράσεις

Η υπέρυθη θερμική ακτινοβολία χρησιμοποιείται εδώ και πολλά χρόνια για θεραπευτικούς σκοπούς και μπορεί να χαρακτηριστεί ως απολύτως ασφαλής.

Αποτελεί βασικό υποστηρικτικό μέσο για τις μεθόδους θεραπείας. Ακόμα και στις θερμοκοιτίδες, για να ζεσταίνουν τα νεογέννητα, θα χρησιμοποιηθούν συστήματα υπέρυθρης θερμότητας. Η υπέρυθη θερμότητα που εισχωρεί σε βάθος, έχει διάφορα πεδία χρήσης και επιδρά θετικά σε κάποιες ασθένειες, όπως υψηλή και χαμηλή πίεση, διαταραχές στο κυκλοφορικό, αποτοξίνωση, στρες, ρευματισμοί, αρθρίτιδα. Χρησιμοποιείται από τους αθλητές (υπέρυθη σάουνα) και συμβάλει στο να διατηρηθούν σε φόρμα οι μύες, ακόμα κι αν χρειάζεται να γίνει μια παύση άθλησης λόγω τραυματισμού.

Η υπέρυθη θερμότητα προκαλεί την απομάκρυνση τοξικών ουσιών από το σώμα και την καύση λίπους, γεγονός, που υποστηρίζει θετικά μια κούρα αδυνατίσματος.

Η κυτταρίτιδα είναι ένα συστατικό σε μορφή ζελέ, το οποίο αποτελείται από νερό, λίπος και περιττά στοιχεία και αποθηκεύεται κάτω από το δέρμα. Η στοχευμένη χρήση υπέρυθρης θέρμανσης σε βαθύτερα στρώματα μπορεί να ξαναφέρει την ισορροπία στο δέρμα και να βοηθήσει το σώμα να αποβάλλει όλες τις περιττές ουσίες με ιδρώτα.

## Ραδιοκύματα - Μικροκύματα

---

Τα ραδιοκύματα είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα που παράγονται από μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά ρεύματα που διαρρέουν κεραίες. Η απλούστερη μορφή μιας κεραίας είναι ένας ευθύγραμμος αγωγός. Αν τον τροφοδοτήσουμε κατάλληλα με εναλλασσόμενη τάση, τότε σ' αυτόν θ' αρχίσει να κυκλοφορεί εναλλασσόμενο ρεύμα ίδιας συχνότητας με την τάση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα γύρω από την κεραία να αναπτυχθεί ηλεκτρομαγνητικό πεδίο και να εκπέμπεται ηλεκτρομαγνητικό κύμα προς τον περιβάλλοντα χώρο.

Τα ραδιοκύματα καλύπτουν την περιοχή φάσματος από 3 KHz έως 300 GHz. Τα Μικροκύματα είναι ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων (η ανώτερη περιοχή συχνοτήτων) με μήκος κύματος μεταξύ 0,1 και 100 εκατοστών, που αντιστοιχεί σε συχνότητες μεταξύ 0,3 GHz έως 300 GHz.

Η επιστήμη των μικροκυμάτων ξεκίνησε με την ανάπτυξη του ραντάρ και επεκτάθηκε κατά τη διάρκεια του 2<sup>ου</sup> Παγκοσμίου Πολέμου. Η ανακάλυψη των μικροκυματικών πηγών όπως το κλύστρον και το μάγνητρον άνοιξε τη συχνότητα των Γιγάκλων ( $1 \text{ GHz} = 10^9 \text{ Hz}$ ) στους Μηχανικούς Τηλεπικοινωνιών. Η εμπορική χρησιμοποίηση των δορυφόρων έφερε επανάσταση στις Τηλεπικοινωνίες και οι μικροκυματικές ζεύξεις αντικατέστησαν πολλά χιλιόμετρα τηλεφωνικών καλωδίων.

Τα ραδιοκύματα χωρίζονται σε ζώνες (λογικά κανάλια).



Εικόνα 10: Ραδιοτηλεσκόπια

Μια αναλυτική καταγραφή των περιοχών συχνοτήτων των ραδιοκυμάτων και των χρήσεών τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

μ	(ITU)		<u>μ</u> - —	μ
(extremely low frequency)	ELF	3–30 Hz	10,000–100,000 km	μ
(super low frequency)	SLF	30–300 Hz	1,000–10,000 km	μ (50–60 Hz)
(ultra low frequency)	ULF	300–3000 Hz	100–1,000 km	μ
(very low frequency) ( μ μ )	VLF	3–30 kHz	10–100 km	μ ( 20 kHz; μ )
(low frequency) ( μ μ )	LF	30–300kHz	1–10 km	μ AM, (NDB), walkie-talkie (μ )
(medium frequency) ( μ μ )	MF	300–3000 kHz	100–1000 m	μ μ (NDB), AM,
(high frequency) ( μ )	HF	3–30 MHz	10–100 m	( μ ), walkie-talkie
(very high frequency) ( μ )	VHF	30–300 MHz	1–10 m	μ , μ FM, GPR
(ultra high frequency)	Μικροκύματα	UHF	300–3000MHz	μ μ , μ μ , μ μ , GPR
(super high frequency)		SHF	3–30 GHz	μ , ,
(extremely high frequency)		EHF	30–300 GHz	1–10 mm

Τα μακρά και τα μεσαία (ραδιοφωνία AM) μεταδίδονται σε μικρές σχετικά αποστάσεις σαν επιφανειακά κύματα (ευθεία διάδοση και ανάκλαση στην επιφάνεια της Γης), αλλά και σε μεγάλες αποστάσεις λόγω ανάκλασης στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας. Τα βραχεία (διηπειρωτική ραδιοφωνία) ανακλώνται στα πολύ υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας κι έτσι μπορούν να διαδοθούν σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Τα υπερβραχεία (VHF), που χρησιμοποιούνται στην τηλεόραση, λόγω της πολύ υψηλής συχνότητάς τους περνούν ελεύθερα από την ατμόσφαιρα, γι' αυτό δεν διαδίδονται σε μεγάλη απόσταση αν δεν υπάρχει οπτική επαφή.

Από την άλλη τα μικροκύματα μπορούν να διαδοθούν μέσα από την ιονόσφαιρα με ελάχιστες απώλειες. Μόνο οι υδρατμοί, η βροχή, το όζον και το οξυγόνο απορροφούν τα μικροκύματα σε ορισμένες συχνότητες. Έτσι οι διαστημικές επικοινωνίες χρησιμοποιούν μικροκύματα.

## Εφαρμογές

Το βασικό χαρακτηριστικό των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι ότι ως φέροντα κύματα μπορούν να μεταφέρουν πληροφορία. Μάλιστα η ποσότητα της πληροφορίας που μπορεί να μεταφερθεί μέσα στο εύρος ζώνης τους αυξάνεται όταν αυξάνεται η συχνότητα του φέροντος κύματος. Γι' αυτό τα μικροκύματα χρησιμοποιούνται για τηλεφωνικές (κινητή και ασύρματη τηλεφωνία) και τηλεοπτικές επικοινωνίες.

Άλλες χρήσεις των μικροκυμάτων είναι στα ραντάρ, για την ανίχνευση υψηλών ταχυτήτων στα αυτοκίνητα, αλλά και για τη θεραπεία πόνων στους μύες. Επίσης χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση οργανικού θείου και άλλων πιθανών ρυπαντών από τον άνθρακα, η ανίχνευση των δινορευμάτων σε ένα κομμάτι μετάλλου με ρωγμές κλπ.

Η εφαρμογή τους όμως που σχετίζεται και με την βιολογική τους δράση είναι στο φούρνο μικροκυμάτων. Σε μια κοιλότητα φούρνου, ένα μάγνητρο μετασχηματίζει την ηλεκτρική ενέργεια χαμηλής συχνότητας σε μικροκύματα υψηλής συχνότητας και στέλνει αυτήν τη συγκεντρωμένη ενέργεια σε έναν κυματοδηγό, που εισέρχεται στα τρόφιμα. Η ενέργεια ραδιοκυμάτων, ειδικά αυτή των μικροκυματικών συχνοτήτων, έχει τη δυνατότητα να θερμαίνει το νερό. Δεδομένου ότι οι περισσότερες τροφές έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε νερό, τα μικροκύματα μπορούν να θερμάνουν το φα-

γητό αρκετά γρήγορα. Η ενέργειά τους κάνει τα μόρια νερού (το νερό λειτουργεί ως δίπολο) στα τρόφιμα να δονούνται 2,5 δισεκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο και υπάρχει θέρμανση λόγω της περιστροφής των μορίων νερού (τριβή).

Σ' αντίθεση με τα συμβατικά συστήματα θέρμανσης, τα μικροκύματα διεισδύουν στο τρόφιμο και η θέρμανση εκτείνεται σ' όλη τη μάζα του τροφίμου. Επομένως ο ρυθμός θερμάνσεως είναι ταχύτερος. Τα μικροκύματα λοιπόν δημιουργούν θερμότητα ως αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής τους με το τρόφιμο.

Παρά την μη σχέση τους με τη ραδιενέργεια, τα μικροκύματα έχουν κατηγορηθεί για πολλές βιολογικές επιδράσεις.

Οι ιατρικές χρήσεις των ραδιοκυμάτων περιλαμβάνουν τη μαγνητική τομογραφία, την εποπτεία και τον προγραμματισμό βηματοδοτών, την υπερθερμία για την αντιμετώπιση του καρκίνου.

### **Βιολογικές επιδράσεις**

Ο τρόπος με τον οποίο τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα προκαλούν τις οποιοσδήποτε επιδράσεις στους ζωντανούς ιστούς είναι ακόμη αντικείμενο έρευνας.

Το θέμα αυτό απασχολεί σχετικά πρόσφατα την επιστημονική κοινότητα λόγω της εξάπλωσης των ασύρματων τεχνολογιών (κινητά τηλέφωνα, wifi...) που φέρνει τις εκπομπές των ραδιοκυμάτων πολύ κοντά στο ανθρώπινο σώμα (κυρίως με τα κινητά τηλέφωνα).

Διακρίνονται δύο μηχανισμοί:

- ο θερμικός μηχανισμός
- ο μη θερμικός μηχανισμός

Θερμικός μηχανισμός είναι αυτός που προκαλεί κάποια βιολογική επίδραση, η οποία οφείλεται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που ακτινοβολούνται (μεγαλύτερη από  $0,1^{\circ}\text{C}$ ). Παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του  $1 \text{ mW/cm}^2$ .

Μη θερμικός μηχανισμός είναι αυτός που προκαλεί κάποια βιολογική επίδραση χωρίς μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας ( $<0,1^{\circ}\text{C}$ ), προκαλείται δε σε πολύ μικρές πυκνότητες ισχύος της τάξεως των  $\mu\text{W/cm}^2$ .



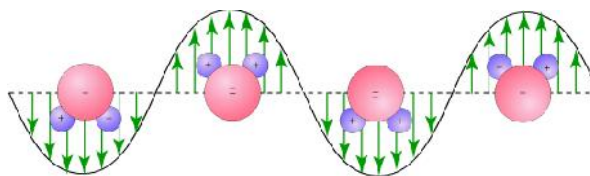
### Θερμικός Μηχανισμός

Σύμφωνα με τη γενικά παραδεκτή άποψη για την επίδραση της υψηλής συχνότητας ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με τους βιολογικούς οργανισμούς, η παρουσία του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου  $E$  αυξάνει την κινητική ενέργεια κυρίως των μορίων  $H_2O$  με αποτέλεσμα τη μεταφορά ενέργειας από τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα στους ιστούς των βιολογικών οργανισμών. Εξαιτίας της αλληλεπίδρασης αυτής παρουσιάζεται αύξηση της θερμοκρασίας είτε τοπικά ή ακόμη σε όλο το ανθρώπινο σώμα.

Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί ως εξής:

Τα μόρια του νερού που αποτελούν περίπου το 70% του ανθρώπινου σώματος είναι ηλεκτρικά δίπολα με τον θετικό πόλο ανάμεσα στα δύο άτομα του  $H$  και του αρνητικού πόλου κοντά στο άτομο του  $O$ .

Όταν το ανθρώπινο σώμα δεχτεί ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα υψηλής συχνότητας τα δίπολα του νερού τείνουν να προσανατολισθούν με τη φορά του εναλλασσόμενου ηλεκτρικού πεδίου και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας ταλάντωσης, σύμφωνα με τη συχνότητα του ηλεκτρικού πεδίου (εικόνα 11). Η κινητική ενέργεια που αποκτούν τα



δίπολα αυτά λόγω της ταλάντωσης γίνεται αισθητή ως θερμότητα, που τείνει να αυξήσει τη θερμοκρασία του σώματος. Εκτός από τα μόρια του νερού και άλλα μόρια ή άτομα, ιόντα και ηλεκτρόνια του ανθρώπινου σώματος τείνουν να προσανατολιστούν και αυτά στη διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου με αποτέλεσμα την αύξηση της κινητικής τους ενέργειας και συνεισφέρουν στην αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος.

### Μη Θερμικός Μηχανισμός

Εκτός από τον κύριο μηχανισμό θερμικής αλληλεπίδρασης υπάρχουν ενδείξεις μη θερμικών μηχανισμών.

Σύμφωνα με ερευνητές ο μη θερμικός μηχανισμός μπορεί να εξαρτάται από τη σχέση της συχνότητας της ακτινοβολίας με τη συχνότητα που εκπέμπει ένας βιολογικός ιστός (π.χ. ο εγκέφαλος).

Επίσης μπορεί να περιλαμβάνει την επίδραση σε βιοχημικούς παράγοντες με μηχανισμούς που δεν είναι απόλυτα γνωστοί και γι' αυτό προκαλεί μεγαλύτερη ανησυχία. Επειδή η ηλεκτρομαγνητική ρύπανση έχει αυξηθεί κατακόρυφα τα τελευταία χρόνια λόγω της διαρκώς αυξανόμενης ζήτησης ηλεκτρισμού και της ολοένα και μεγαλύτερης διάδοσης των ασύρματων τεχνολογιών, σημαντικός αριθμός ερευνών έχει συνδέσει την έκθεση σε τεχνητές ακτινοβολίες με πληθώρα ασθενειών και συμπτωμάτων.

Πιο συγκεκριμένα έχουν υπάρξει μελέτες που κατέγραψαν τα παρακάτω:

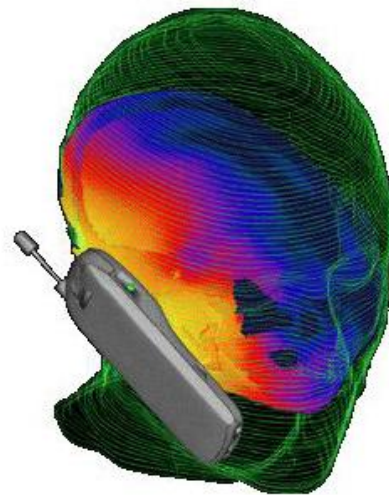
- Έχει παρατηρηθεί ρήξη στις αλυσίδες DNA εγκεφαλικών ιστών σε πειραματόζωα για έκθεση σε μικροκυματικά πεδία (SAR: 1W/kg)
- Διπλασιασμός εμφάνισης λεμφώματος σε ποντίκια προδιαθετειμένα σε λέμφωμα μετά από μακρά έκθεση σε GSM ακτινοβολία. (Αυστραλία).
- Βλάβες στο DNA λόγω έκθεσης των πειραματόζωων σε μικροκυματική ακτινοβολία σε συχνότητες κινητών επικοινωνιών. (Πανεπιστήμιο Washington)
- Επιδράσεις στη βραχυπρόθεσμη μνήμη. (Πανεπιστήμιο Washington)
- Επιδράσεις στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό, (διάνοιξη αιματοεγκεφαλικού φραγμού σε πρωτεΐνες όπως η αλβουμίνη) και πιθανή συσχέτιση με ασθένειες όπως η Alzheimer. (Πανεπιστήμιο Lund)
- Βράχυνση του χρόνου αντίδρασης σε εξωτερικά ερεθίσματα. Έκθεση 35 εθελοντών σε συνεχή και παλμική μικροκυματική ακτινοβολία. (Πανεπιστήμιο Bristol)
- Επιδράσεις στον ύπνο και τη γνωσιακή λειτουργία. Διαταραχή των φυσιολογικών εγκεφαλογραφημάτων ύπνου, μετά από έκθεση σε GSM ακτινοβολία διάρκειας 30 min, (Πανεπιστήμιο Zurich).
- Καρκίνος οφθαλμού. Ανάλυση ερωτηματολογίων που δόθηκαν σε 118 ασθενείς με μελάνωμα, σε σχέση με αντίστοιχα ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε 475 υγιείς μάρτυρες. (Πανεπιστήμιο Essen).
- Ακουστικό νεύρωμα (καλοήθης όγκος ακουστικού νεύρου). Μελέτη σε 150 πάσχοντες από ακουστικό νεύρωμα και 600 υγιείς χρήστες κινητού. (Ινστιτούτο Karolinska)
- «Μικροκυματική Ασθένεια» (σχετική με την έκθεση σε επίπεδα μικροκυματικής

ακτινοβολίας εντός των ορίων ασφαλείας): Καταγράφονται εκνευρισμός, εξάντληση, μυϊκή αδυναμία, μειωμένη πνευματική διαύγεια, μείωση της ικανότητας αυτοσυγκέντρωσης, αυξημένη ευαισθησία σε εξωτερικούς παράγοντες (π.χ. θόρυβος, δυνατό φως), αϋπνίες, πονοκέφαλοι, ζαλάδες. (Παρατηρήσεις από Ρώσους επιστήμονες)

Παρόλα αυτά έχουν υπάρξει και πληθώρα άλλων μελετών που δεν κατάφεραν να αποδείξουν την συσχέτιση των παραπάνω συμπτωμάτων με την χρήση της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας και κυρίως της κινητής τηλεφωνίας. Τα υπάρχοντα στοιχεία παρέχουν ανεπαρκή και αντικρουόμενα δεδομένα όσον αφορά στη σαφή συσχέτιση της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τα κινητά τηλέφωνα με την αύξηση του κινδύνου καρκινογένεσης. Υπάρχουν ενδείξεις ότι η μακροχρόνια χρήση ενδέχεται να διαδραματίζει κάποιο ρόλο σε αυτό, όμως είναι αναγκαίο να ληφθούν υπόψη οι περιορισμοί των συγκεκριμένων επιδημιολογικών ερευνών. Η μέθοδος της επιδημιολογικής προσέγγισης έχει το μειονέκτημα ότι μόνο αναδρομικά μπορεί να μελετήσει την επίδραση ενός παράγοντα στη συχνότητα εμφάνισης μιας ασθένειας.

Η κινητή τηλεφωνία είναι νέα εφαρμογή και ακόμη δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα. Ο χρόνος επώασης ενός καρκίνου ανέρχεται σε μερικές δεκαετίες και άρα χρειάζεται να περάσουν αρκετά χρόνια προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν καρκινογενέσεις που να οφείλονται στη χρήση κινητών τηλεφώνων.

Παρόλα αυτά έχουν εκπονηθεί επιδημιολογικές μελέτες που εξετάζουν τη συχνότητα καρκίνου σε χρήστες κινητών τηλεφώνων. Επειδή η έκθεση από την ακτινοβολία των κινητών επικεντρώνεται στην περιοχή της κεφαλής κοντά στο αυτί, ο καρκίνος του εγκεφάλου αποτελεί πρώτη εστία ενδιαφέροντος. Η χρήση των κινητών είναι ένας μόνο από τους πολλούς παράγοντες που έχουν ενοχοποιηθεί για την ανάπτυξη καρ-



Εικόνα 12: Θέρμανση από το κινητό

κίνου του εγκεφάλου. Οι διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου προέρχονται από έμμεσες επιδημιολογικές μελέτες σε εκτιθέμενους επαγγελματικά σε RF ακτινοβολία. Οι εκθέσεις σε αυτές τις ομάδες πληθυσμού παρουσιάζουν όμως διαφορές από την ακτινοβολία των κινητών.

Σε ότι αφορά το θέμα κινητή τηλεφωνία και κίνδυνος εμφάνισης καρκίνου οι μέχρι σήμερα ανασκοπήσεις, που βρήκαμε στην προσιτή σε εμάς βιβλιογραφία, αναφέρουν ότι δεν εμφανίζονται συσχετίσεις μεταξύ έκθεσης σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητων και μικροκυμάτων και οποιουδήποτε είδους καρκίνου συμπεριλαμβανομένων και των νεοπλασιών εγκεφάλου και νευρικού συστήματος σε ενήλικες και παιδιά.

Επειδή όμως ο τομέας των ασύρματων επικοινωνιών είναι ταχύτατα αναπτυσσόμενος ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας πλέον εντάσσει στα "**πιθανά καρκινογόνα**" τις ακτινοβολίες από το ηλεκτρικό δίκτυο και από ασύρματες πηγές. Δεκάδες φορείς, ανάμεσα τους και το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, έχουν προειδοποιήσει για την ανεπάρκεια των σημερινών ορίων ασφαλείας και την επιτακτική ανάγκη προστασίας παιδιών και εγκύων.

Παρόλο που μέχρι σήμερα δεν υπάρχει καμία επιστημονική τεκμηρίωση για μεγαλύτερη ευαισθησία των παιδιών σε σχέση με τους ενήλικες στην έκθεση στην μικροκυματική ακτινοβολία συνιστάται από διεθνείς φορείς όπως το Εθνικό Συμβούλιο Ραδιοβιολογικής Προστασίας (NRPB) να αποφεύγεται η χρήση κινητών



Εικόνα 13: Κινητή τηλεφωνία

από παιδιά. Αυτό επειδή μέχρι την ηλικία αυτή αναπτύσσεται το νευρικό σύστημα του ανθρώπου και λόγω της μεγαλύτερης μακροπρόθεσμης έκθεσής τους στην ακτινοβολία των κινητών, επειδή έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής υπάρχει περίπτωση να τους συμβεί κάποια άγνωστη μέχρι σήμερα μακροχρόνια επίδραση.

## ELF (Extremely low frequency)

---

Το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται από σταθμούς παράγωγής μέσω γραμμών υψηλής τάσης (150-400kV) στους υποσταθμούς της ΔΕΗ. Η τάση του ρεύματος υποβιβάζεται με τη χρήση μετασχηματιστών και μέσω του δικτύου διανομής (καλώδια πάνω σε κολώνες ή υπογείως) φτάνει στον μετρητή του σπιτιού και από εκεί στον ηλεκτρικό πίνακα, στα καλώδια στους τοίχους, στα φώτα, στις πρίζες και στις ηλεκτρικές συσκευές (με τάση 230V). Όλα τα παραπάνω αγωγίμα μέρη του ηλεκτρικού δικτύου επειδή βρίσκονται υπό τάση παράγουν ηλεκτρικά πεδία εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ όταν διαρρέονται από ρεύμα παράγουν και μαγνητικά πεδία εναλλασσόμενου ρεύματος. Το ρεύμα αποκαλείται εναλλασσόμενο γιατί τα ηλεκτρόνια στους ηλεκτροφόρους αγωγούς αλλάζουν φορά κίνησης 50 φορές το δευτερόλεπτο (συχνότητα 50Hz στην Ευρώπη).

Τα μεταβαλλόμενα εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από το δίκτυο μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, όπως οι γραμμές υψηλής, μέσης και χαμηλής τάσης που χρησιμοποιούνται για τη διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας καθώς επίσης οι υποσταθμοί διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, οι ηλεκτρικές καλωδιώσεις, οι συσκευές και τα μηχανήματα που υπάρχουν στα σπίτια και στους χώρους εργασίας μας εντάσσονται στην (ELF – Extremely Low Frequency) περιοχή της μη ιονίζουσας ηλεκτρικής ακτινοβολίας λόγω της συχνότητάς τους των 50Hz.

Όπως προαναφέρθηκε,

τα πεδία αυτά σύμφωνα *Εικόνα 14: Γραμμές μεταφοράς Υψηλής Τάσης*

με τις εξισώσεις του Maxwell διαδίδονται στο χώρο ασύνδετα μεταξύ τους, δηλ. πρακτικά δε συνιστούν ηλεκτρομαγνητικό κύμα, δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική α-



κτινοβολία αλλά δύο ανεξάρτητα πεδία, το ηλεκτρικό που προσδιορίζεται από το μέγεθος της έντασης  $E$  του ηλεκτρικού πεδίου που μετρείται σε  $V/m$  και το μαγνητικό που προσδιορίζεται από το μέγεθος της έντασης του μαγνητικού πεδίου  $B$  που μετρείται σε  $\mu T$  ( $1\mu T=10mG$ ).

Τα ηλεκτρικά πεδία επηρεάζονται από την παρουσία δέντρων, υψηλών φρακτών, οικοδομικών υλικών ενώ τα μαγνητικά πεδία, μπορούν να διαπερνούν τους τοίχους και τις οροφές των σπιτιών μας χωρίς παραμόρφωση. Η ένταση της ακτινοβολίας των μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων εξασθενούν ανάλογα με το αντίστροφο του τετραγώνου της απόστασης από την πηγή τους.

### **Βιολογικές επιδράσεις**

Για τη μελέτη των πιθανών δυσμενών επιδράσεων των ELF πεδίων στην υγεία έχουν διεξαχθεί πολλών ειδών έρευνες (επιδημιολογικές σε γενικό πληθυσμό και σε επαγγελματικά εκτιθέμενους, σε πειραματόζωα και εργαστηριακές σε κυτταρικό επίπεδο).

Η αξιολόγηση όλων των σχετικών δημοσιεύσεων για την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων ως προς τις επιδράσεις των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στον άνθρωπο απαιτεί τη συνεργασία πολλών ομάδων της επιστήμης. Αυτή γίνεται από ειδικές επιτροπές με κατάλληλη διεπιστημονική σύνθεση αρμοδίων διεθνών οργανισμών όπως είναι ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) και η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP). Υπάρχουν όμως και αρμόδιοι εθνικοί φορείς όπως το Εθνικό Συμβούλιο Προστασίας από την ακτινοβολία (NCRP) των ΗΠΑ και το Εθνικό Συμβούλιο Ραδιοβιολογικής Προστασίας (NRPB) της Μεγάλης Βρετανίας κ.α.

Τα τελικά συμπεράσματα όλων αυτών των φορέων συγκλίνουν στα εξής:

- Δεν υπάρχει επαρκής απόδειξη για μηχανισμό καρκινογένεσης των ELF ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων στους ανθρώπους και στα πειραματόζωα ούτε υπάρχει επαρκής απόδειξη για την πρόκληση καρκίνων στον άνθρωπο λόγω των ELF μαγνητικών πεδίων
- Από το σύνολο των επιδημιολογικών δημοσιεύσεων φαίνεται ότι υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία για την εμφάνιση παιδικής λευχαιμίας για την οποία εμφανί-

σθηκε ασθενής θετική συσχέτιση με το ELF μαγνητικό πεδίο. Ο κίνδυνος λευχαιμίας διπλασιάζεται για παιδιά που ζουν σε σπίτια όπου το μαγνητικό πεδίο (50 Hz) είχε ημερήσιες τιμές πάνω από 0,4  $\mu\text{T}$  (όριο επιτρεπόμενης έκθεσης για το γενικό πληθυσμό 100  $\mu\text{T}$ ).

Σύμφωνα με το σύστημα ταξινόμησης της Διεθνούς Επιτροπής Έρευνας για τον καρκίνο (International Agency for Research on Cancer - IARC, του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO), των χημικών και φυσικών παραγόντων ως προς την καρκινογενετικότητα τους έχει κατατάξει τα ELF μαγνητικά πεδία στην κατηγορία 2B ως «ενδεχομένως καρκινογενή» (possibly carcinogenic) για πρόκληση παιδικής λευχαιμίας.

Στην ίδια κατηγορία με τα μαγνητικά πεδία σύμφωνα με την ταξινόμηση της IARC υπάρχουν και άλλοι παράγοντες όπως ο καφές, τα λαχανικά στην άλμη, τα καυσαέρια των βενζινοκινητήρων, τα καμένα λάδια αυτοκινήτων και πολλοί άλλοι.

Υπάρχουν βιβλιογραφικές αναφορές ότι σε συχνότητες < 300Hz (ELF περιοχή) η ακτινοβολία μπορεί να επιδρά με άλλους μηχανισμούς όχι ακόμα γνωστούς (μη θερμικούς). Εκφράζεται η υποψία σε κάποιες εργασίες ότι τα ELF πεδία ίσως λόγω της εγγύτητάς τους με τις συχνότητες των εγκεφαλικών εκπομπών προκαλούν κάποιες βιολογικές δράσεις στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού (μη θερμικές). Επίσης τα μαγνητικά πεδία θεωρούνται ότι προκαλούν επιδράσεις σε όλα τα επίπεδα της βιολογικής οργάνωσης.

Η σημαντικότερη επίδραση είναι η αυξημένη εκροή ιόντων ασβεστίου από τα εγκεφαλικά κύτταρα.

Εκφράζεται όμως η άποψη από μελετητές ότι το συμπέρασμα για τις βιολογικές επιδράσεις που προκαλεί η ELF ακτινοβολία δεν είναι μέχρι σήμερα σαφές διότι υπάρχουν αλληλοσυγκρουόμενα αποτελέσματα μεταξύ διαφόρων μελετητών και υπάρχει σύγχυση για την καταλληλότερη μεθοδολογία προκειμένου να μετρηθεί η έκθεση ενός ατόμου.

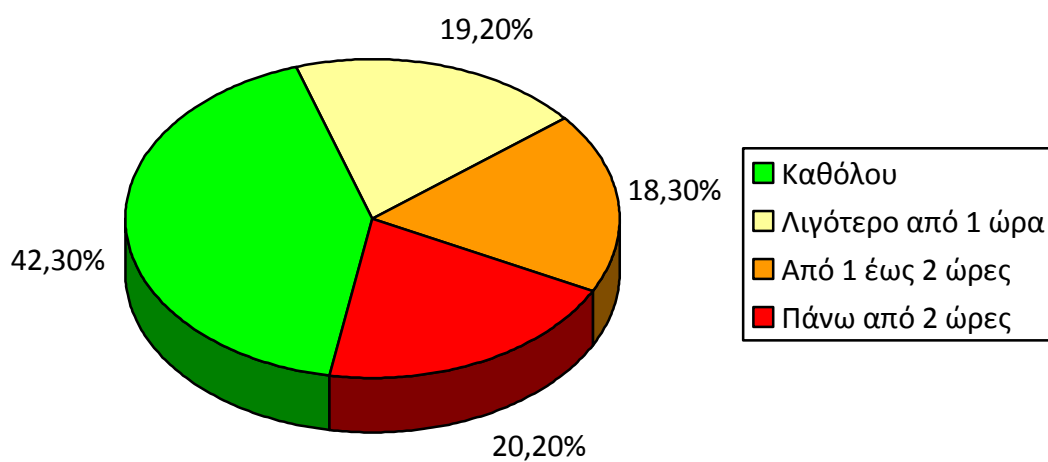
## Ερωτηματολόγιο

Η ερευνητική μας εργασία που έχει ως θέμα τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας δημιούργησε ένα ερωτηματολόγιο με σκοπό να διαπιστώσει αν ο κόσμος γνωρίζει την ύπαρξη και τις συνέπειες των ακτινοβολιών. Το ερωτηματολόγιο και οι απαντήσεις παρατίθενται στο παράρτημα.

Το ερωτηματολόγιο απευθύνθηκε κυρίως σε μαθητές του λυκείου που έχουν στενή σχέση με την τεχνολογία και συνεπώς επηρεάζονται από αυτήν αλλά απάντησαν και μερικοί καθηγητές. Διαπιστώθηκε λοιπόν πως οι γνώσεις τους είναι πολύ περιορισμένες αν και έχουν μια συγκεκριμένη άποψη για τις πηγές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και την επικινδυνότητά τους. Επικεντρωθήκαμε σε κάθε πηγή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ξεχωριστά. Οι απαντήσεις που έδωσαν οι ερωτώμενοι σχετικά με τις ακτινογραφίες φανερώνουν πως σχεδόν οι μισοί δεν γνωρίζουν πως οι ακτίνες Χ είναι βλαβερές για την υγεία.

Στην συνέχεια αναφερθήκαμε στην ηλιακή ακτινοβολία για την οποία οι περισσότεροι γνωρίζουν και λαμβάνουν μέτρα προστασίας, δηλαδή χρησιμοποιούν αντηλιακό κατά τη διάρκεια της ηλιοθεραπείας το καλοκαίρι αλλά υπάρχουν και αυτοί οι οποίοι αποφεύγουν τελείως την έκθεσή τους στον ήλιο.

### Κάνετε ηλιοθεραπεία και αν ναι πόσες ώρες;

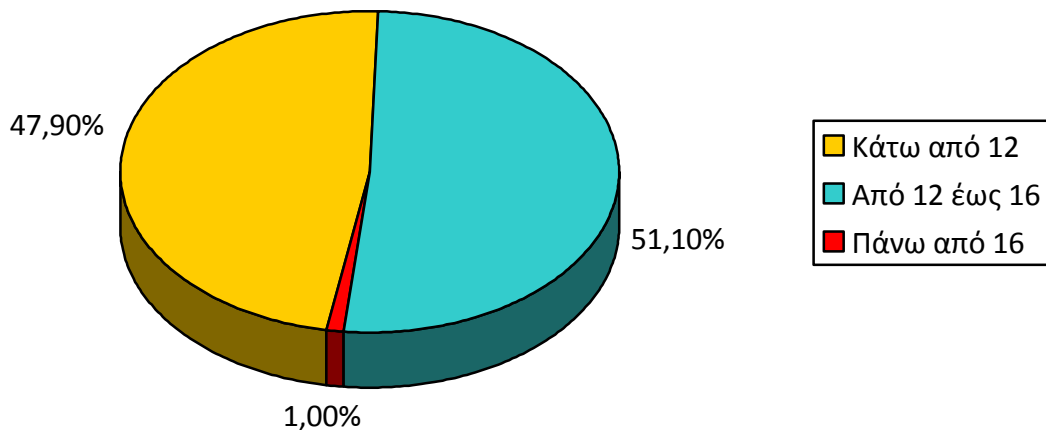


Το πιο αξιοπρόσεκτο όμως είναι το γεγονός ότι οι νεαρές ηλικίες προτιμούν το μπά-



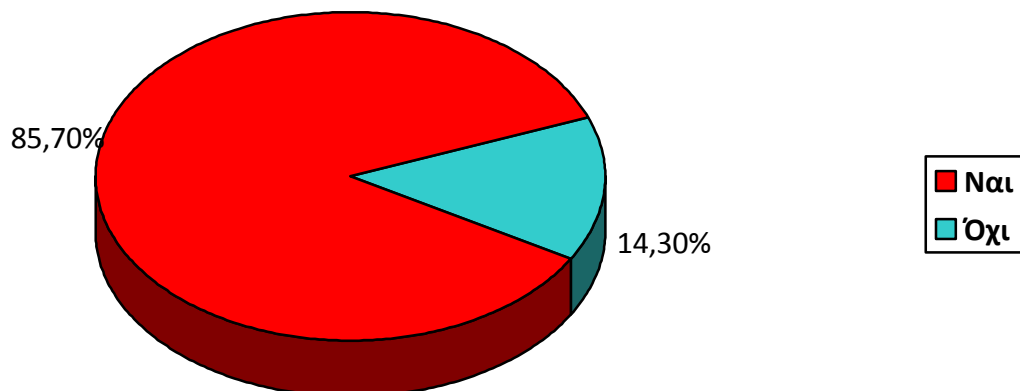
νιο στη θάλασσα τις μεσημεριανές ώρες που ο ήλιος είναι περισσότερο βλαβερός. Το θέμα όμως που μας απασχόλησε περισσότερο, αφού γνωρίζαμε πως απευθυνόμαστε σε νέους ήταν τα κινητά τηλέφωνα και η συνεχής χρήση τους. Έτσι με βάση τις απαντήσεις όλοι διαθέτουν κινητό και μερικοί πάνω από μία συσκευή την οποία απέκτησαν μέχρι τα δεκαέξι χρόνια τους ακόμα και από το δημοτικό.

### Από ποια ηλικία αρχίσατε να χρησιμοποιείτε κινητό;



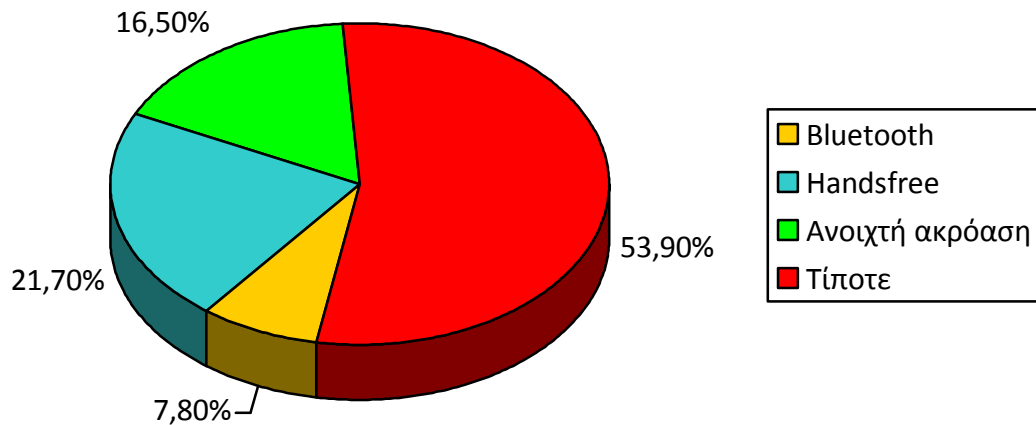
Οι συντριπτική πλειοψηφία των ερωτηθέντων γνωρίζει ότι υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι υγείας από την χρήση κινητού. Μάλιστα οι περισσότεροι πιστεύουν εσφαλμένα ότι το κινητό τηλέφωνο εκπέμπει ραδιενέργεια γεγονός που θα έπρεπε να τους κάνει πιο προσεκτικούς στη χρήση του.

### Γνωρίζετε ότι υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι υγείας από την παρατεταμένη χρήση του κινητού;



Δυστυχώς ένα μεγάλο ποσοστό νέων μιλάει στο κινητό χωρίς κανένα σύγχρονο τρόπο προφύλαξης.

### Όταν συνομιλείτε στο κινητό σας χρησιμοποιείτε:



Ίσως όμως είναι χαλαροί με το κινητό τηλέφωνο και δεν σκέπτονται να διακόψουν τη χρήση του επειδή ακόμα δεν έχει αποδειχθεί η βλάβη του στην υγεία. Τέλος όσον αφορά τις κεραίες κινητής τηλεφωνίας η πλειοψηφία γνωρίζει ότι υπάρχει κάποια στην περιοχή τους, σαφώς τους ενοχλεί αλλά στην πραγματικότητα δεν γνωρίζουν οι ίδιοι το λόγο.

Τα συμπεράσματα από το ερωτηματολόγιο της ερευνητικής μας εργασίας δεν είναι αρκετά θετικά. Οι περισσότεροι έχουν άγνοια σε σχέση με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία κυρίως τις μη ιονίζουσες μορφές της και κατά συνέπεια δεν γνωρίζουν αν χρειάζεται και με ποιόν τρόπο να προστατεύσουν τον εαυτό τους.

## Συμπεράσματα - επίλογος

Στα πλαίσια του μαθήματος της ερευνητικής εργασίας, μας δόθηκε η ευκαιρία να μελετήσουμε, να επεξεργαστούμε και να ερευνήσουμε σε βάθος το θέμα που αφορά τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Δουλέψαμε μέσα σε ένα ευχάριστο κλίμα, όπου κυριαρχούσε η ομαδικότητα, η συνεργασία, η υπευθυνότητα και η αλληλοκατανόηση. Ζήσαμε πραγματικά μια αξιόλογη «περιπέτεια» όπου

μέσα από αυτήν αποκτήσαμε πολλές γνώσεις, τις οποίες είμαστε έτοιμοι να τις αξιοποιήσουμε κατάλληλα στην καθημερινότητά μας και καταφέραμε να τελειοποιήσουμε την εργασία επιτυχώς.

Συμπερασματικά, θα αναφέραμε τα εξής:

Οι ionίζουσες μορφές της Η/Μ ακτινοβολίας είναι σίγουρα βλαβερές. Τα προβλήματα που δημιουργούν έχουν καλά μελετημένα και γνωστά και η κοινή γνώμη έχει ενημερωθεί αρκετά γι' αυτά. Όμως οι μη ionίζουσες μορφές για πολλά χρόνια δεν φανταζόμαστε ότι συνιστούν πρόβλημα και μόνο τώρα τελευταία έχουμε αρχίσει να ανησυχούμε. Αιτία είναι κυρίως η κινητή τηλεφωνία αφού η χρήση των κινητών τηλεφώνων έχει επεκταθεί και σε πολύ μικρές ηλικίες. Η ακτινοβολία από τα κινητά ενδιαφέρει, ανησυχεί και προβληματίζει αρκετά πολλούς πολίτες. Υποψιάζονται πως κρύβει σοβαρό κίνδυνο, ωστόσο δεν ξέρουν πώς να προστατευτούν. Και αυτό διότι δεν υπάρχει (σωστή) ενημέρωση και οι γνώσεις είναι περιορισμένες και ανεπαρκείς. Εξάλλου και η ίδια επιστημονική κοινότητα είναι διχασμένη και δεν έχει καταλήξει σε οριστικά συμπεράσματα.

Άλλωστε, το γεγονός αυτό το αποδεικνύει και το ερωτηματολόγιο που αναθέσαμε στους μαθητές του σχολείου μας. Κάποιες φορές πάλι υπάρχει πιθανότητα να γνωρίζουν πολύ καλά τις συνέπειες και απλώς να αδιαφορούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα καλοκαιρινά μπάνια στη θάλασσα όπου εξακολουθούν να κάνουν σε ακατάλληλες, βλαβερές ώρες(12:00-4:00) και η μεγάλη διάρκεια της συνομιλίας στο κινητό τηλέφωνο. Αν και δεν έχει βρεθεί κάποια έρευνα που να επιβεβαιώνει σίγουρα το κίνδυνο που προκαλεί η κινητή τηλεφωνία, δημιουργείται όμως μια ανασφάλεια από την πλευρά των πολιτών. Έτσι, όλοι οι μαθητές αυτής της εργασίας ελπίζουμε να υπάρξει μια μεγαλύτερη υπευθυνότητα, ενημέρωση και ευσυνειδησία σε αυτούς τους πολίτες, ώστε να επιτευχθεί όσο περισσότερο γίνεται η αποφυγή του κινδύνου από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.

## Βιβλιογραφία

---

- «Ηλεκτρομαγνητισμός Οπτική Σύγχρονη Φυσική». Τόμος Β' - *D. Hugh Young*. Εκδόσεις Παπαζήση 1994
- «Ηλεκτρομαγνητική Ρύπανση: Έρευνα και Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στη Δ/θμια Εκπαίδευση» - *Χρήστος Κρητικός, Δέσποινα Δοβλέτογλου, Χάρης Χατζηνικόλα, Γιώργος Κρητικός*
- «Κινητή τηλεφωνία και Υγεία- Ερωτήσεις & Απαντήσεις» - *Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας – Υπουργείο Ανάπτυξης*
- «Γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας και καρκίνος» - *John Moulder*, - *Wisconsin. Milwaukee, WI, USA* ( )
- «Μη Ιονίζουσα Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία (ΗΜΓ) Φυσικές Αρχές - Βιολογικές επιδράσεις - Κανονισμοί και Όρια Προστασίας» - *Επίκουρη Καθηγήτρια Άννη Λουίζη*
- «Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία» - <http://aktinobolia.wordpress.com>
- «Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και Υγεία» [http://www.aktinovolies.gr/index\\_files/Page689.htm](http://www.aktinovolies.gr/index_files/Page689.htm)
- [http://el.wikipedia.org/wiki/Κατηγορία:Ηλεκτρομαγνητική\\_ακτινοβολία](http://el.wikipedia.org/wiki/Κατηγορία:Ηλεκτρομαγνητική_ακτινοβολία)
- «Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ» - *Λουκά Μαργαρίτη Καθηγητή Κυτταρικής Βιολογίας & Ραδιοβιολογίας Πανεπιστημίου Αθηνών*. - [http://akrotiri-news.blogspot.gr/2008/04/blog-post\\_373.html](http://akrotiri-news.blogspot.gr/2008/04/blog-post_373.html)
- <http://www.home-biology.gr/>

# Παράρτημα

**Ερωτηματολόγιο****ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ****ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ Β4:  
«ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ»****1. Ηλικία:**

- 15-25       26-35       36-45       46+

**2. Επίπεδο μόρφωσης:**

- Πρωτοβάθμια εκπαίδευση       Δευτεροβάθμια εκπαίδευση  
 Τριτοβάθμια εκπαίδευση

**3. Ποιά από τα παρακάτω πιστεύετε ότι αποτελούν πηγές Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας;**

- Κινητό       Η/Υ       Φούρνος μικροκυμάτων       Ηλ. Κουζίνα  
 Λαμπτήρες       Ήλιος       Αναμεταδότες τηλεόρασης       Όλα τα παραπάνω

**4. Κατατάξτε τα παρακάτω είδη Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας από το περισσότερο προς το λιγότερο επικίνδυνο.**

- Ραδιοκύματα (τηλεόραση, ραδιόφωνο)  
 Μικροκύματα (φούρνος μικροκυμάτων, ραντάρ, κινητή τηλεφωνία)  
 Υπέρουθρες (θερμαντικά σώματα υπερύθρων)  
 Ορατό φως  
 Υπεριώδεις (έκθεση στον ήλιο)  
 Ακτίνες Χ (ακτινογραφίες)  
 Ακτίνες γ (ραδιενέργεια)

**5. Γνωρίζετε ότι πρέπει να αποφεύγουμε τη συχνή έκθεση σε ακτινογραφίες;**

- ΝΑΙ       ΟΧΙ

6. Κάνετε ηλιοθεραπεία και αν ναι πόσες ώρες;

- Καθόλου       Λιγότερο από 1       1-2       Πάνω από 2

7. Βάζετε αντηλιακό όταν εκτίθεστε στον ήλιο το καλοκαίρι;

- ΝΑΙ       ΟΧΙ

8. Ποιες ώρες κολυμπάτε;

- Πριν τις 12:00       12:00-16:00       Μετά τις 16:00

9. Έχετε κινητό; Αν ΝΑΙ, πόσες συσκευές έχετε;

- ΝΑΙ Αριθμός συσκευών....       ΟΧΙ

10. Από ποια ηλικία αρχίσατε να χρησιμοποιείτε κινητό;

- Κάτω από 12       Από 12 έως 16       Πάνω από 16

11. Πόσες περίπου ώρες χρησιμοποιείτε το κινητό για να μιλάτε;

- Λιγότερο από μισή ώρα       Από μισή έως 2 ώρες       Πάνω από 2 ώρες

12. Όταν συνομιλείτε στο κινητό σας χρησιμοποιείτε:

- Bluetooth       Handsfree       Ανοιχτή ακρόαση       Τίποτα

13. Γνωρίζετε ότι υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι υγείας από την παρατεταμένη χρήση του κινητού;

- ΝΑΙ       ΟΧΙ

14. Ποιο είδος ακτινοβολίας πιστεύετε ότι εκπέμπει το κινητό και ευθύνεται για τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία

- Ραδιενέργεια       Μικροκύματα       Υπεριώδης

15. Γνωρίζετε αν στην περιοχή σας υπάρχει κεραία κινητής τηλεφωνίας;

Υπάρχει Δεν υπάρχει Δεν γνωρίζω

16. Θα σας ενοχλούσε να μάθετε ότι στην γειτονιά σας λειτουργεί κεραία κινητής τηλεφωνίας;

 Σίγουρα ναι Μάλλον ναι Μάλλον όχι Σίγουρα όχι

17. Αν αποδειχθεί ότι η χρήση του κινητού συνδέεται με βλάβες στην υγεία θα ήσασταν διατεθειμένοι:

 Να διακόψετε τη χρήση του Να περιορίσετε τη χρήση του Δεν θα κάνω τίποτα

### Απαντήσεις ερωτηματολογίου

Οι απαντήσεις που καταγράψαμε μετά την καταμέτρησή τους έδωσαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

1. Ηλικία:

15-25 : **87**    26-35 : **5**    36-45: **5**    46+: **10**

2. Επίπεδο μόρφωσης:

Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: **0**

Δευτεροβάθμια εκπαίδευση: **87**

Τριτοβάθμια εκπαίδευση : **20**

3. Ποια από τα παρακάτω πιστεύετε ότι αποτελούν πηγές Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας;

Κινητό: **56**

Η/Υ: **34**

Φούρνος Μικροκυμάτων: **40**

Ηλ. Κουζίνα: **15**

Λαμπτήρες: **8**

Ήλιος: **11**

Αναμεταδότες Τηλεόρασης: **30**

Όλα τα παραπάνω: **18**



4. Κατατάξτε τα παρακάτω είδη Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας από το περισσότερο προς το λιγότερο επικίνδυνο.
- ΝΑΙ: **59%**                      ΟΧΙ: **6,5%**                      Μέτρια: **34,5%**
- (Εδώ ταξινομήσαμε τις απαντήσεις σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το πόσο πετυχημένη ήταν η ταξινόμηση)*
5. Γνωρίζετε ότι πρέπει να αποφεύγουμε τη συχνή έκθεση σε ακτινογραφίες;
- ΝΑΙ: **72,6%**                      ΟΧΙ: **27,4%**
6. Κάνετε ηλιοθεραπεία και αν ναι πόσες ώρες;
- Καθόλου: **42,3%**                      Λιγότερο από 1: **19,2%**                      1-2: **18,3%**                      Πάνω από 2: **20,2%**
7. Βάζετε αντηλιακό όταν εκτίθεστε στον ήλιο το καλοκαίρι;
- ΝΑΙ: **65,2%**                      ΟΧΙ: **34,8%**
8. Ποιες ώρες κολυμπάτε;
- Πριν τις 12:00: **7,8%**                      12:00-16:00: **60%**                      Μετά τις 16:00: **32,2%**
9. Έχετε κινητό; Αν ΝΑΙ, πόσες συσκευές έχετε;
- ΝΑΙ: **94,4%** (Αριθμός συσκευών 1: **77,4%**, 2: **13%**, 3: **4%**)                      ΟΧΙ: **5,6%**
10. Από ποια ηλικία αρχίσατε να χρησιμοποιείτε κινητό;
- Κάτω από 12: **47,9%**                      Από 12 έως 16: **51,1%**                      Πάνω από 16: **1%**
11. Πόσες περίπου ώρες χρησιμοποιείτε το κινητό για να μιλάτε;
- Λιγότερο από μισή ώρα: **35,8%**
- Από μισή έως 2 ώρες: **35,8%**
- Πάνω από 2 ώρες: **28,4%**
12. Όταν συνομιλείτε στο κινητό σας χρησιμοποιείτε:
- Bluetooth: **7,8%**                      Handsfree: **21,7%**

Ανοιχτή ακρόαση: **16,5%**                      Τίποτα: **53,9%**

13. Γνωρίζετε ότι υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι υγείας από την παρατεταμένη χρήση του κινητού;

ΝΑΙ: **85,7%**      ΟΧΙ: **14,3%**

14. Ποιο είδος ακτινοβολίας πιστεύετε ότι εκπέμπει το κινητό και ευθύνεται για τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία

Ραδιενέργεια: **63,8%**                      Μικροκύματα: **21,9%**                      Υπεριώδης: **14,3%**

15. Γνωρίζετε αν στην περιοχή σας υπάρχει κεραία κινητής τηλεφωνίας;

Υπάρχει: **53,3%**                      Δεν υπάρχει: **22,2%**                      Δεν γνωρίζω: **24,5%**

16. Θα σας ενοχλούσε να μάθετε ότι στην γειτονιά σας λειτουργεί κεραία κινητής τηλεφωνίας;

Σίγουρα ναι: **39,8%**      Μάλλον ναι: **34,5%**      Μάλλον όχι: **15%**      Σίγουρα όχι: **10,7%**

17. Αν αποδειχθεί ότι η χρήση του κινητού συνδέεται με βλάβες στην υγεία θα ήσασταν διατεθειμένοι:

Να διακόψετε τη χρήση του: **7,8%**

Να περιορίσετε τη χρήση του: **68,9%**

Δεν θα κάνω τίποτα: **23,3%**