



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗΣ**

# **Συσκευή Απολύμανσης Arduino Covid-19**

**ΣΠΥΡΙΔΑΚΗΣ ΠΑΡΙΣΗΣ**

**Αριθμός Μητρώου:48015100**

**Επιβλέπων Καθηγητής**

**Ευστράτιος Δαβίδ, Επίκουρος Καθηγητής Μηχανικών  
Βιοϊατρικής**

**Αθήνα 15/02/2023**

Η Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ο Επιβλέπων Καθηγητής

|                            |                    |                      |
|----------------------------|--------------------|----------------------|
| Δαβίδ Ευστράτιος           | Γκλώτσος Δημήτριος | Ασβεστάς Παντελεήμων |
| Επίκουρος Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α | Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α   | Καθηγητής ΠΑ.Δ.Α     |

[ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ] [ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ] [ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ]

**ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Ο υπογράφων Σπυριδάκης Παρίσης του Αντωνίου με αριθμό μητρώου 48015100 φοιτητής του Τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του διπλώματός μου».

Ημερομηνία

Ο Δηλών

Αθήνα 6/3/2022



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο τη σχεδίαση και κατασκευή μιας φορητής συσκευής αποστείρωσης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-C) με τη χρήση ενός μικροελεγκτή Arduino Uno Genuino. Συγκεκριμένα σε ένα ελαφρύ κουτί (κατασκευασμένο από φελιζόλ) έχουμε τοποθετήσει εσωτερικά ένα πλαστικό λευκό πλέγμα, το οποίο λειτουργεί ως βάση για τη στήριξη των αντικειμένων μας που προορίζονται για αποστείρωση, δύο λαμπτήρες φθορισμού ειδικούς για αποστείρωση UV-C τοποθετημένους αντιδιαμετρικά στο επάνω και στο κάτω μέρος, μια μονάδα ηλεκτρονόμου (ρελέ) 5V, δύο μετασχηματιστές τάσης 220V/60Hz AC σε 5V DC, έναν τερματικό διακόπτη και μία μονάδα κουμπιού 5V (Button). Εξωτερικά του κουτιού βρίσκεται ο μικροελεγκτής Arduino Uno, πάνω στον οποίο έχει συνδεθεί η οθόνη (μονάδα LCD) ελέγχου του μικροεπεξεργαστή, μία φωτοδίοδο (LED) ερυθρού χρώματος για τον οπτικό έλεγχο όταν η συσκευή είναι σε λειτουργία και έναν βομβητή (Buzzer). Η συσκευή ειδοποιεί ηχητικά και οπτικά το χρήστη μέσω μηνύματος στην οθόνη LCD σε περίπτωση όπου κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης ανοίξει το πάνω μέρος του κουτιού και για περισσότερη ασφάλεια ο τερματικός διακόπτης διακόπτει τη παροχή ρεύματος με αποτέλεσμα να απενεργοποιούνται οι λάμπες στην περίπτωση ανοίγματος της συσκευής αποστείρωσης κατά την λειτουργίας της. Ο χρήστης μπορεί να ρυθμίζει τον χρόνο αποστείρωσης με ακρίβεια λεπτού και να ενημερώνεται για τον εναπομένοντα χρόνο ολοκλήρωσης της αποστείρωσης. Για τον έλεγχο της ικανότητας αποστείρωσης της πειραματικής συσκευής πραγματοποιήθηκαν 2 πειράματα στο Νοσοκομείο Παιδών Αγλαΐας Κυριακού υπό την καθοδήγηση της βιολόγου/χημικού Δρ. Αγαρίστης Λαμπροκωστοπούλου (Senior Research Scientist, Virometix AG). Καλλιεργήθηκαν δείγματα ιού πνευμονιόκοκκου (*Streptococcus pneumoniae* οροτύπου 23β) σε τρυβλία Petri και ακτινοβολήθηκαν σε διάφορους χρόνους εντός της συσκευής αποστείρωσης UV-C. Ο συγκεκριμένος τύπος ιού επιλέχθηκε επειδή η δομή του γενετικού υλικού του βρίσκεται σε καψίδιο και μοιάζει αρκετά στην δομή του κορονοϊού τύπου Covid-19. Τα αποτελέσματα της αποστείρωσης ήταν θετικά μιας και σε διάρκεια 5 λεπτών η περιοχή των δειγμάτων που ακτινοβολήθηκε αποστειρώθηκε ολοκληρωτικά και δεν αναπτύχθηκε ο ιός μετέπειτα στην καλλιέργεια του. Η παρούσα φορητή συσκευή αποστείρωσης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-C) θα χρησιμοποιηθεί από το εργαστήριο οργανολογίας του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής για να αποστειρώνει τα breadboards, τα πολύμετρα και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των εργαστηριακών ασκήσεων των φοιτητών. Τα συγκεκριμένα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά όργανα δεν είναι δυνατόν να αποστειρώνονται με υγρά αλκοολούχα ή χλωριούχα διαλύματα.

**Λέξεις Κλειδιά:** *Arduino Uno, Covid-19, UV-C, Φορητή Συσκευή Αποστείρωσης UV-C*

**ABSTRACT**

This thesis aims to design and fabricate a portable ultraviolet radiation (UV-C) sterilization device using an Arduino Uno Genuino microcontroller. Specifically, in a lightweight box (made of Styrofoam) we have placed inside a white plastic grid, which acts as a base to support our objects intended for sterilization, two fluorescent lamps specific for UV-C sterilization placed antimensionally at the top and bottom, a 5V relay module (relay), two 220V/60Hz AC to 5V DC voltage transformers, a terminal switch and a 5V button module (Button). On the outside of the box is the Arduino Uno microcontroller, on which the microprocessor control display (LCD module), a red-coloured light-emitting diode (LED) for visual control when the device is in operation and a buzzer (Buzzer) are connected. The device alerts the user audibly and visually via a message on the LCD screen in case the top of the box is opened during the sterilization process and for added safety the terminal switch cuts off the power supply so that the lamps are switched off if the sterilization device is opened during operation. The user can set the sterilization time to the nearest minute and be informed of the remaining time to complete the sterilization. To test the sterilization capability of the experimental device, 2 experiments were performed at Aglaia Kyriakou Children's Hospital under the guidance of biologist/chemist Dr. Agaristi Lamprokostopoulou (Senior Research Scientist, Virometix AG). Pneumococcal virus samples (*Streptococcus pneumoniae* serotype 23b) were cultured in petri dishes and irradiated at different times within the UV-C sterilization device. This type of virus was chosen because the structure of its genetic material is in a capsid and closely resembles the structure of the Covid-19 type coronavirus. The results of the sterilization were positive since within 5 min the irradiated area of the samples was completely sterilized and the virus did not grow in the culture afterwards. The present portable ultraviolet radiation (UV-C) sterilization device will be used by the organology laboratory of the Department of Biomedical Engineering, University of West Attica to sterilize the breadboards, multimeters and accessories used to perform the students' laboratory exercises. These electrical and electronic instruments cannot be sterilized with liquid alcohol or chlorine solutions.

***Keywords: Arduino Uno, Covid-19, UV-C, Portable UV-C Sterilization Device***

### **Ευχαριστίες:**

Αγαπητέ πατέρα, αδελφέ, κύριοι καθηγητές Ευστράτιε Δαυίδ και Παντελή Ασβεστά του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και κυρία Αγαρίστη Λαμπροκωστοπούλου (Senior Research Scientist, Virometix AG),

θα ήθελα σας μεταφέρω την ειλικρινή μου εκτίμηση για την ευγενική σας υποστήριξη της διατριβής μου. Δεν μπορώ να σας ευχαριστήσω αρκετά που πιστεύετε σε μένα και τις σπουδές μου, καθώς η ενθάρρυνση και η υποστήριξή σας ήταν καθοριστικές για μένα στην στήριξή σας για την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας αλλά και καθ' όλη τη διάρκεια της ακαδημαϊκής μου σταδιοδρομίας.

Η υποστήριξη σας μου έδωσε επίσης περισσότερη αυτοπεποίθηση και έμπνευση για να συνεχίσω να επιδιώκω τους ακαδημαϊκούς μου στόχους. Η γενναιοδωρία και η καλή σας θέληση είχαν μεγάλο αντίκτυπο στη ζωή μου και θα εκτιμώ πάντα τη βοήθειά σας.

Για άλλη μια φορά, θέλω να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη. Είμαι ευγνώμων για τη συνεχή υποστήριξή σας, καθώς μου έδωσε τη δύναμη να επιμείνω, επειδή πιστεύατε σε μένα. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τον υποψήφιο διδάκτορα του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του ΠΑΔΑ Νικόλαο Ποτηριάδη για την βοήθεια του στις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν με το φασματόμετρο υπεριώδους ακτινοβολίας στους λαμπτήρες UV-C της συσκευής.

Ειλικρινείς χαιρετισμοί,

Πάρης

**ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

|  |    |
|--|----|
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ .....  | 8  |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....  | 8  |
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....   | 9  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ .....                     | 10 |
| 1.1 Αποστείρωση - Μέθοδοι και χρησιμότητα .....                        | 10 |
| 1.2 Ακτινοβολία UV-C .....   | 11 |
| 1.3 UV-C Λαμπτήρες και ιδιότητες .....                                 | 13 |
| 1.4 Αντίστοιχες Κατασκευές Αποστείρωσης .....                          | 14 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ .....       | 16 |
| 2.1 Μικροεπεξεργαστής Arduino Uno .....                                | 16 |
| 2.2 Ψηφιακή Οθόνη (LCD Shield) .....                                   | 18 |
| 2.3 Περιφερειακά Ηλεκτρικού Κυκλώματος .....                           | 19 |
| 2.3.1 Διάταξη (Module) Κουμπιού 5V .....                               | 19 |
| 2.3.2 Διάταξη (Module) Ηλεκτρονόμου- Ρελέ 5V .....                     | 19 |
| 2.3.3 Βομβητής .....   | 20 |
| 2.3.4 Μετασχηματιστής .....  | 21 |
| 2.3.5 Τερματικός Διακόπτης .....                                       | 22 |
| 2.3.7 LED .....  | 22 |
| 2.3.7 Μπαταρία 9V .....  | 23 |
| 2.3.8 Λαμπτήρες UV-C .....   | 23 |
| 2.4 Σχεδίαση Συνδεσμολογίας Κυκλώματος .....                           | 24 |
| 2.5 Λογισμικό Ελέγχου .....  | 32 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> – ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....  | 32 |
| 3.1 Μέτρηση με χρήση διάταξης Φασματογράφου .....                      | 33 |
| 3.2 Πείραμα Αποστείρωσης του ιού <i>Streptococcus Pneumoniae</i> ..... | 36 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....              | 41 |
| 4.1 Συμπεράσματα Πειράματος .....                                      | 41 |
| 4.2 Μελλοντικές Βελτιώσεις .....                                       | 42 |
| Αναφορές – Πηγές .....   | 43 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – Κώδικας συσκευής .....                                   | 44 |

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

|  |    |
|--|----|
| ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ..... | 31 |
|--|----|

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|                  |    |
|------------------|----|
| Εικόνα 1.1.....  | 11 |
| Εικόνα 1.2.....  | 12 |
| Εικόνα 1.3.....  | 12 |
| Εικόνα 1.4.....  | 14 |
| Εικόνα 1.5.....  | 15 |
| Εικόνα 1.6.....  | 15 |
| Εικόνα 2.1.....  | 17 |
| Εικόνα 2.2.....  | 17 |
| Εικόνα 2.3.....  | 18 |
| Εικόνα 2.4.....  | 18 |
| Εικόνα 2.5.....  | 19 |
| Εικόνα 2.6.....  | 20 |
| Εικόνα 2.7.....  | 20 |
| Εικόνα 2.8.....  | 21 |
| Εικόνα 2.9.....  | 22 |
| Εικόνα 2.10..... | 23 |
| Εικόνα 2.11..... | 23 |
| Εικόνα 2.12..... | 24 |
| Εικόνα 2.13..... | 24 |
| Εικόνα 2.14..... | 25 |
| Εικόνα 2.15..... | 26 |
| Εικόνα 2.16..... | 26 |
| Εικόνα 2.17..... | 27 |
| Εικόνα 2.18..... | 28 |
| Εικόνα 2.19..... | 28 |
| Εικόνα 2.20..... | 29 |
| Εικόνα 2.21..... | 29 |
| Εικόνα 2.22..... | 30 |
| Εικόνα 2.23..... | 31 |
| Εικόνα 3.1.....  | 33 |
| Εικόνα 3.2.....  | 33 |
| Εικόνα 3.3.....  | 34 |
| Εικόνα 3.4.....  | 35 |
| Εικόνα 3.5.....  | 36 |
| Εικόνα 3.6.....  | 36 |
| Εικόνα 3.7.....  | 37 |
| Εικόνα 3.8.....  | 37 |
| Εικόνα 3.9.....  | 38 |
| Εικόνα 3.10..... | 38 |
| Εικόνα 3.11..... | 39 |
| Εικόνα 3.12..... | 39 |
| Εικόνα 3.13..... | 40 |
| Εικόνα 3.14..... | 40 |



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, η κοινωνία αντιμετωπίζει τις προκλήσεις που θέτει η πανδημία COVID-19. Με τον ιό να εξαπλώνεται εύκολα και γρήγορα, η ανάγκη για αποτελεσματικές μεθόδους απολύμανσης έχει γίνει πιο επιτακτική από ποτέ. Μεταξύ των διαφόρων διαθέσιμων τεχνολογιών, η απολύμανση με υπεριώδες φως (UV-C) έχει αναδειχθεί ως μια εξαιρετικά αποτελεσματική λύση για την εξόντωση των επιβλαβών μικροοργανισμών, συμπεριλαμβανομένου του νέου κοροναϊού. Το φως UV-C είναι ένας τύπος υπεριώδους φωτός που έχει μήκος κύματος μεταξύ 200 και 280 nm, καθιστώντας το ικανό να καταστρέφει το γενετικό υλικό των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα να μην μπορούν να αναπαραχθούν ή να προκαλέσουν βλάβη.

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές του φωτός UV-C είναι με τη μορφή συσκευών απολύμανσης UV-C. Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν την ακτινοβολία UV-C για την αποστείρωση επιφανειών και αντικειμένων σε σπίτια, νοσοκομεία, σχολεία, γραφεία και άλλους δημόσιους χώρους. Υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη, από ράβδους χειρός έως μηχανήματα μεγάλης κλίμακας που μπορούν να απολυμάνουν ολόκληρους χώρους. Χρησιμοποιούνται επίσης όλο και περισσότερο σε συστήματα κλιματισμού και εξαερισμού για τη μείωση της εξάπλωσης των παθογόνων μικροοργανισμών που μεταδίδονται με τον αέρα. Με την αυξανόμενη ζήτηση για απολύμανση, οι συσκευές απολύμανσης UV-C έχουν γίνει απαραίτητο εργαλείο για την προώθηση της δημόσιας υγείας και την πρόληψη της εξάπλωσης μολυσματικών ασθενειών.

Στο πλαίσιο αυτό δημιουργήθηκε μία συσκευή η οποία θα λειτουργεί ως μέσο αποστείρωσης. Η ανάπτυξη της συσκευής περιλάμβανε τρία στάδια. Στο πρώτο στάδιο έγινε η σχεδίαση και η συναρμολόγηση του κατασκευαστικού μέρους της συσκευής. Απαραίτητη ήταν η σωστή συνδεσμολογία όλων των εξαρτημάτων για την ορθή ολοκλήρωση του δεύτερου σταδίου. Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιήθηκε το λογισμικό μέρος του συστήματος με την ανάπτυξη κώδικα ελέγχου του μικροεπεξεργαστή Arduino. Στο τρίτο και τελευταίο στάδιο έλαβαν χώρα δοκιμές και πειράματα με πραγματικό ιό, οι οποίες πιστοποίησαν την ορθή λειτουργία της συσκευής καθώς και την αποτελεσματικότητά της.

Η διάρθρωση της διπλωματικής εργασίας περιέχει τα παρακάτω κεφάλαια:

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσονται οι θεωρητικές βάσεις που χρειάζεται κάποιος να γνωρίζει για την αποστείρωση με ακτινοβολία UV-C. Επίσης περιλαμβάνονται κατασκευές αντίστοιχου περιεχομένου που πραγματοποιήθηκαν στο παρελθόν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μία ανάλυση του μικροεπεξεργαστή Arduino Uno και των εξαρτημάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της φορητής συσκευής αποστείρωσης. Συγκεκριμένα, περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας και διασύνδεσής των περιφερειακών εξαρτημάτων με τον μικροεπεξεργαστή Arduino και παρουσιάζεται η πορεία συναρμολόγησης της συσκευής.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή της μεθοδολογίας για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιώντας τον ιό *Streptococcus Pneumonie* καθώς και μιας μέτρησης με φασματοσκόπιο υπεριώδους για την ανάλυση της δέσμης φωτός και τη

μελέτη του φάσματος εκπομπής των λαμπτήρων UV-C που χρησιμοποιήσαμε στη κατασκευή.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται τα συμπεράσματα της εργασίας και πιθανές μελλοντικές βελτιώσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> – ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το θέμα της αποστείρωσης με UV-C έχει κερδίσει σημαντική προσοχή τον τελευταίο καιρό λόγω της δυνατότητας της να σκοτώνει αποτελεσματικά παθογόνα όπως βακτήρια και ιούς, συμπεριλαμβανομένου του ιού SARS-CoV-2. Η ανάγκη για μια τέτοια τεχνολογία έχει ενταθεί από την πανδημία COVID-19 και την αυξανόμενη ζήτηση για αποτελεσματικές και αποδοτικές μεθόδους αποστείρωσης σε διάφορα περιβάλλοντα.

Η αποστείρωση UV-C είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει τη χρήση υπεριώδους φωτός μικρού μήκους κύματος (UV-C) για την καταστροφή ή την αδρανοποίηση μικροοργανισμών. Ανήκει στον τομέα της μικροβιολογίας και έχει μελετηθεί και εφαρμοστεί ευρέως σε διάφορες βιομηχανίες, όπως η υγειονομική περίθαλψη, η επεξεργασία τροφίμων και η επεξεργασία νερού.

Αρκετοί ερευνητές, επιστήμονες και επαγγελματίες του τομέα της υγειονομικής περίθαλψης έχουν ασχοληθεί με τη μελέτη και την εφαρμογή της τεχνολογίας αποστείρωσης UV-C. Η έρευνα για την αποστείρωση με UV-C χρονολογείται από τις αρχές του 20ου αιώνα και η τεχνολογία αναπτύσσεται και βελτιώνεται συνεχώς από τότε.

Το παρόν κεφάλαιο θα διερευνήσει τις διάφορες πτυχές της αποστείρωσης με UV-C, συμπεριλαμβανομένης της ιστορίας, των αρχών, των μηχανισμών και των εφαρμογών της. Στόχος της διατριβής είναι να απαντήσει σε ερωτήματα όπως η αποτελεσματικότητα της αποστείρωσης με UV-C σε διάφορα περιβάλλοντα, οι πιθανοί κίνδυνοι που συνδέονται με τη χρήση της και οι μελλοντικές κατευθύνσεις για την έρευνα και την ανάπτυξη.

### 1.1 Αποστείρωση - Μέθοδοι και χρησιμότητα

Αποστείρωση είναι η διαδικασία εξάλειψης όλων των μορφών μικροβιακής ζωής, συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων και των ιών, από μια επιφάνεια ή ουσία. Αποτελεί βασική διαδικασία για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας του ιατρικού και εργαστηριακού εξοπλισμού, των φαρμακευτικών προϊόντων και των τροφίμων.

Υπάρχουν διάφορες διαθέσιμες μέθοδοι αποστείρωσης, η καθεμία με τα δικά της πλεονεκτήματα και περιορισμούς. Η θερμική αποστείρωση, για παράδειγμα, είναι μια κοινή μέθοδος που χρησιμοποιεί ξηρή ή υγρή θερμότητα για να σκοτώσει τους μικροοργανισμούς. Η αυτόκλειστη αποστείρωση, η οποία περιλαμβάνει την υποβολή αντικειμένων σε υψηλή πίεση και θερμοκρασία, είναι μια μορφή θερμικής αποστείρωσης που χρησιμοποιείται ευρέως σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης. Η χημική αποστείρωση, από την άλλη πλευρά, περιλαμβάνει τη χρήση χημικών

παραγόντων όπως το οξείδιο του αιθυλενίου και το υπεροξείδιο του υδρογόνου για την καταστροφή των μικροοργανισμών.

Άλλες μέθοδοι αποστείρωσης περιλαμβάνουν την αποστείρωση με ακτινοβολία, η οποία χρησιμοποιεί ιοντίζουσα ή μη ιοντίζουσα ακτινοβολία για την εξόντωση των μικροοργανισμών, και την αποστείρωση με διήθηση, η οποία περιλαμβάνει τη διέλευση ενός υγρού ή αερίου μέσω ενός φίλτρου για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών. Επιπλέον, η αποστείρωση με πλάσμα χρησιμοποιεί πλάσμα αερίου χαμηλής θερμοκρασίας για την καταστροφή μικροοργανισμών σε επιφάνειες.

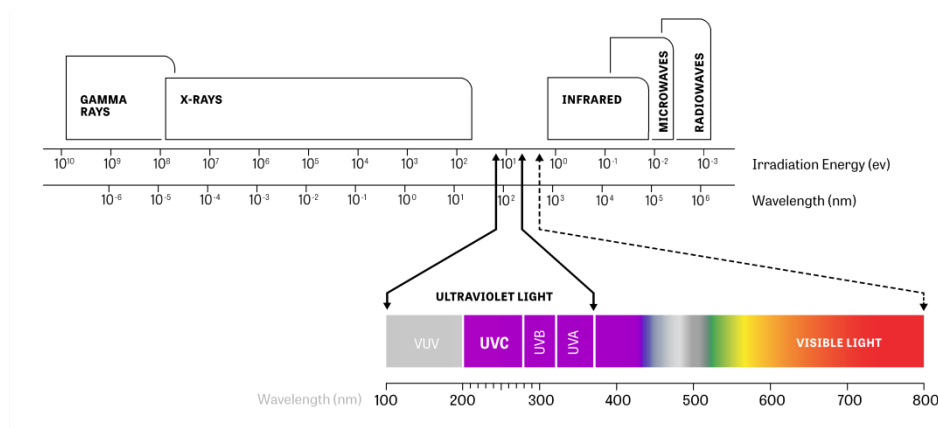
Η επιλογή της μεθόδου αποστείρωσης εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της φύσης του αντικειμένου που αποστειρώνεται, του βαθμού μικροβιακής μόλυνσης και της προβλεπόμενης χρήσης του αποστειρωμένου αντικειμένου. Για παράδειγμα, η θερμική αποστείρωση μπορεί να μην είναι κατάλληλη για ορισμένα θερμοευαίσθητα υλικά, ενώ η αποστείρωση με ακτινοβολία μπορεί να είναι καλύτερη επιλογή για ορισμένα προϊόντα.

Εκτός από τη διασφάλιση της ασφάλειας του ιατρικού και εργαστηριακού εξοπλισμού, η αποστείρωση είναι επίσης σημαντική για την πρόληψη της εξάπλωσης μολυσματικών ασθενειών. Εξαλείφοντας τους μικροοργανισμούς στις επιφάνειες και τα αντικείμενα, η αποστείρωση μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο μετάδοσης παθογόνων μικροοργανισμών από άτομο σε άτομο.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η αποστείρωση δεν είναι πάντα 100% αποτελεσματική και υπάρχει πάντα ο κίνδυνος υπολειμματικής μόλυνσης. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να ακολουθούνται τα κατάλληλα πρωτόκολλα αποστείρωσης και να χρησιμοποιούνται πολλαπλές μέθοδοι μικροβιακού ελέγχου για να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η αποτελεσματικότητα του ιατρικού και εργαστηριακού εξοπλισμού.

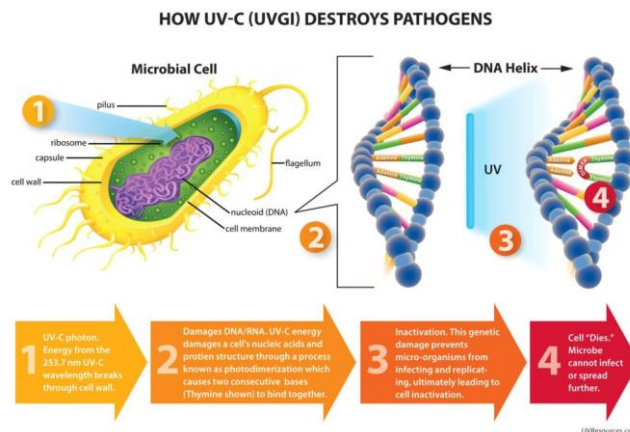
## 1.2 Ακτινοβολία UV-C

Η UV-C ακτινοβολία είναι ένας τύπος υπεριώδους (UV) ακτινοβολίας με μήκη κύματος μεταξύ 200-280 νανομέτρων (nm) [1].



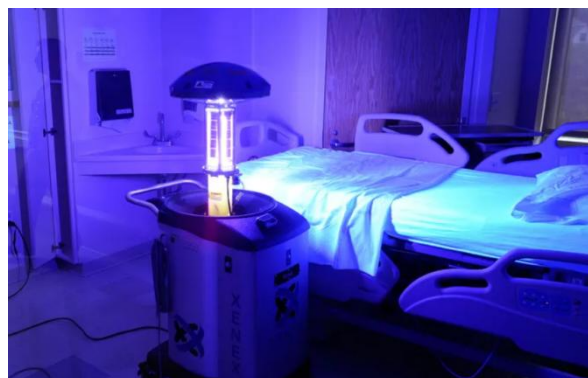
Εικόνα 1.1: Το φάσμα της ακτινοβολίας  
<https://www.shop-uv.com/uvc-guide.html>

Η ακτινοβολία αυτή μπορεί να προέρχεται από την ηλιακή ακτινοβολία και έχει τη δυνατότητα να διαπερνά τη γήινη ατμόσφαιρα όμως μεγάλο ποσοστό της απορροφάται από το στρώμα του όζοντος [2]. Εκτός από τον ήλιο, η υπεριώδη ακτινοβολία μπορεί επίσης να παραχθεί τεχνητά από συσκευές όπως οι μικροβιοκτόνοι λαμπτήρες [3]. Οι λαμπτήρες αυτοί εκπέμπουν ακτινοβολία UV-C που είναι θανατηφόρα για τους μικροοργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων, των ιών και των μυκήτων [4]. Ο μηχανισμός με τον οποίο η UV-C ακτινοβολία σκοτώνει τους μικροοργανισμούς είναι μέσω του σχηματισμού διμερών θυμίνης στο DNA [5].



Εικόνα 1.2: Δέσμη UV-C εισέρχεται στο κύττατο <https://uvresources.com/education/germicidal-uv-faqs/>

Αυτά τα διμερή εμποδίζουν τη φυσιολογική αντιγραφή του DNA και μπορούν να οδηγήσουν σε κυτταρικό θάνατο [6]. Η ακτινοβολία UV-C έχει αποδειχθεί ότι είναι μια αποτελεσματική μέθοδος απολύμανσης σε διάφορες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας νερού, του καθαρισμού του αέρα και της αποστείρωσης επιφανειών [7].



Εικόνα 1.3: Ένα ρομπότ που εκπέμπει υπεριώδες και απολυμαίνει ένα δωμάτιο νοσοκομείου. Φωτογραφία: Essdras M Suarez/Boston Globe.

Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η ακτινοβολία UV-C είναι ιονίζουσα ακτινοβολία και μπορεί να είναι επιβλαβής για το ανθρώπινο δέρμα και τα μάτια και θα πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας κατά τη χρήση λαμπτήρων UV-C [8].

### 1.3 UV-C Λαμπτήρες και ιδιότητες

Υπάρχουν διάφοροι τύποι λαμπτήρων UV-C που διατίθενται στην αγορά. Ο καθένας διαθέτει ξεχωριστά χαρακτηριστικά όπου αναλύονται παρακάτω [9]:

- Λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης: Αυτοί οι λαμπτήρες είναι ο πιο κοινός τύπος λαμπτήρα UV-C και χρησιμοποιούνται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Εκπέμπουν μήκος κύματος με μέγιστο στα 254nm και έχουν υψηλό επίπεδο μικροβιοκτόνου αποτελεσματικότητας. Οι λαμπτήρες υδραργύρου χαμηλής πίεσης είναι επίσης σχετικά φθηνοί και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, γεγονός που τους καθιστά δημοφιλή επιλογή.
- Λαμπτήρες υδραργύρου μέσης πίεσης: Οι λαμπτήρες υδραργύρου μέσης πίεσης είναι παρόμοιοι με τους λαμπτήρες χαμηλής πίεσης, αλλά εκπέμπουν ένα ευρύτερο φάσμα υπεριώδους φωτός με πολλαπλές κορυφές. Είναι πιο ισχυροί από τους λαμπτήρες χαμηλής πίεσης και χρησιμοποιούνται συχνά σε μεγαλύτερους χώρους, για παράδειγμα εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού.
- Λαμπτήρες αμαλγάματος υψηλής απόδοσης: Αυτοί οι λαμπτήρες έχουν σχεδιαστεί για να παράγουν UV-C υψηλότερης έντασης με μεγάλη διάρκεια ζωής. Χρησιμοποιούνται συχνά σε εμπορικές εγκαταστάσεις και είναι σε θέση να παρέχουν ακτινοβολία UV-C υψηλής έντασης σε μεγάλη γωνιακή κατανομή για μεγάλα χρονικά διαστήματα.
- Λαμπτήρες LED UV-C: Οι λαμπτήρες LED UV-C είναι μια σχετικά νέα τεχνολογία και γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς λόγω της ενεργειακής τους απόδοσης και της μεγάλης διάρκειας ζωής τους. Είναι επίσης πολύ μικρότεροι σε μέγεθος από τους παραδοσιακούς λαμπτήρες UV-C και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορες κατασκευές. Το αρνητικό τους είναι η περιορισμένη γωνιακή κατανομή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας τους.

## 1.4 Αντίστοιχες Κατασκευές Αποστείρωσης

Μερικές κατασκευές που χρησιμοποιούν UV-C και λειτουργούν ως συσκευές αποστείρωσης είναι οι ακόλουθες:

### PhoneSoap 3

Το PhoneSoap 3 είναι ένα κουτί απολύμανσης που χρησιμοποιεί ακτινοβολία UV-C για την απολύμανση κινητών τηλεφώνων και άλλων μικρών αντικειμένων. Το κουτί διαθέτει δύο λαμπτήρες UV-C που εκπέμπουν στα 254 nm, το οποίο είναι αποτελεσματικό στην εξόντωση των μικροβίων και των βακτηρίων που μπορεί να υπάρχουν σε ένα κινητό τηλέφωνο. Η συσκευή αυτή διαθέτει τη δυνατότητα φόρτισης του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης.



Εικόνα 1.4: Συσκευή απολύμανσης PhoneSoap 3.

<https://www.phonesoap.com/products/phonesoap-3-phone-uv-sanitizer>

### InvisiClean Ultrasonic UV-C

Πρόκειται για μια συσκευή που χρησιμοποιεί τεχνολογία υπερήχων για τον καθαρισμό και την απολύμανση αντικειμένων. Η συσκευή εκπέμπει ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας που δημιουργούν μικροσκοπικές φυσαλίδες σε ένα διάλυμα καθαρισμού με βάση το νερό, οι οποίες στη συνέχεια απομακρύνουν τη βρωμιά και τα βακτήρια από την επιφάνεια του αντικειμένου που καθαρίζεται. Εκτός από την τεχνολογία υπερήχων, η συσκευή διαθέτει επίσης ενσωματωμένο λαμπτήρα UV-C που συμβάλλει στην εξόντωση των μικροβίων. Επίσης διαθέτει δυνατότητα ρύθμισης του χρόνου καθαρισμού και επιλογή μεταξύ διαφορετικών τρόπων καθαρισμού.



Εικόνα 1.5: Συσκευή απολείμανσης InvisiClean.  
<https://www.invisiclean.com/invisiclean-ultrasonic-uv-c-cleaner.html>

### UV-Clean Φορητή Τσάντα Αποστείρωσης

Η συσκευή αυτή διαθέτει δύο λυχνίες τύπου LED UV-C που παράγουν μήκος κύματος 253,7 nm, το οποίο είναι αποτελεσματικό στη θανάτωση μικροβίων και βακτηρίων. Η φορητή σακούλα UV-Clean της HoMedics έχει σχεδιαστεί για να είναι φορητή και εύκολη στη χρήση. Η τσάντα είναι συμπαγής και ελαφριά με αποτέλεσμα να καθιστά εύκολη τη μεταφορά της. Η τσάντα είναι επίσης εξοπλισμένη με θύρα USB, η οποία επιτρέπει τη φόρτιση ηλεκτρονικών συσκευών κατά τη διάρκεια της απολύμανσης τους.



Εικόνα 1.6: Τσάντα απολείμανσης UV-Clean της HoMedics.  
<https://www.homedics.com/uv-clean-portable-sanitizer-bag>

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξετάσουμε τη διαδικασία σχεδιασμού και κατασκευής της συσκευής αποστείρωσης UV-C καθώς και την επιλογή των κατάλληλων υλικών. Συγκεκριμένα στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία ανάλυση του μικροεπεξεργαστή Arduino Uno και των εξαρτημάτων που θα χρησιμοποιηθούν στη δημιουργία της κατασκευής. Επίσης περιγράφεται ο τρόπος λειτουργίας και διασύνδεσής τους με το Arduino. Η δοκιμή του για να δούμε αν λειτουργεί όπως σχεδιάστηκε, αναλύεται στο επόμενο κεφάλαιο.

### 2.1 Μικροεπεξεργαστής Arduino Uno

Το Arduino Uno είναι μια πλακέτα μικροελεγκτή ανοικτού κώδικα που βασίζεται στον μικροελεγκτή ATmega328P. Σχεδιάστηκε για να είναι μια εύχρηστη πλατφόρμα για την ανάπτυξη διαφόρων εφαρμογών και κατασκευών.

Μικροελεγκτής: Το Arduino Uno Genuino χρησιμοποιεί έναν μικροελεγκτή ATmega328P, ο οποίος είναι ένας μικροελεγκτής 8-bit με 32KB μνήμης flash και 2KB SRAM. Ο ATmega328P είναι ένας δημοφιλής μικροελεγκτής της οικογένειας AVR και χρησιμοποιείται ευρέως σε ενσωματωμένα συστήματα λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, των υψηλών επιδόσεων και της οικονομικής του απόδοσης. [10]

Ταχύτητα ρολογιού: Το Arduino Uno Genuino λειτουργεί με ταχύτητα ρολογιού 16MHz. Η ταχύτητα ρολογιού καθορίζει την ταχύτητα με την οποία ο μικροελεγκτής εκτελεί εντολές και επικοινωνεί με άλλα εξαρτήματα. Μια υψηλότερη ταχύτητα ρολογιού επιτρέπει ταχύτερη επεξεργασία και καλύτερες επιδόσεις. [11]

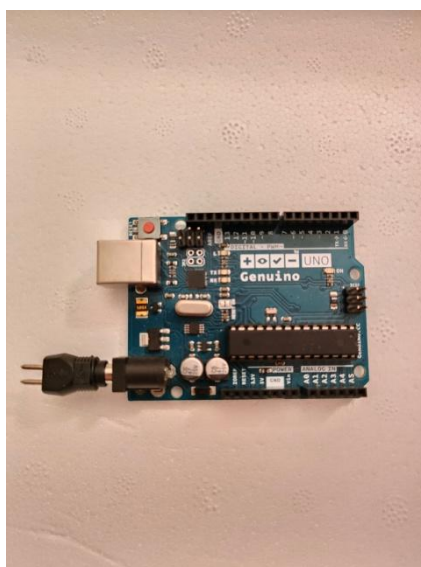
Ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου: Το Arduino Uno Genuino διαθέτει 14 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου I/O, οι οποίες μπορούν να διαμορφωθούν είτε ως είσοδος είτε ως έξοδος. Αυτές οι ακίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη σύνδεση διαφόρων αισθητήρων, ενεργοποιητών και άλλων ηλεκτρονικών εξαρτημάτων στον μικροελεγκτή. Κάθε ακροδέκτης μπορεί να παρέχει ή να λαμβάνει το πολύ 40mA ρεύματος και διαθέτει αντίσταση pull-up 20-50kΩ. [12]

Ακίδες αναλογικής εισόδου: Το Arduino Uno Genuino διαθέτει 6 ακροδέκτες αναλογικής εισόδου, με την ονομασία A0 έως A5, οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη μέτρηση αναλογικών επιπέδων τάσης. Αυτές οι ακίδες έχουν ανάλυση 10 bits, που σημαίνει ότι μπορούν να ανιχνεύσουν επίπεδα τάσης μεταξύ 0 και 5 V με ακρίβεια περίπου 4.9mV.

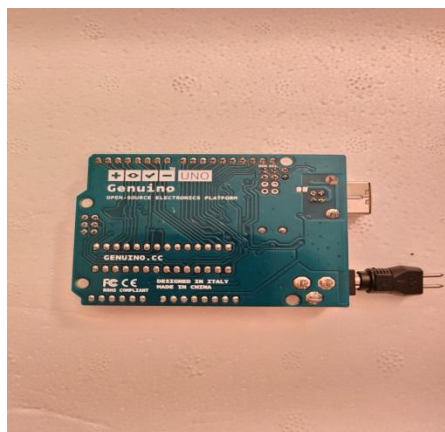
Τροφοδοσία: Το Arduino Uno Genuino μπορεί να τροφοδοτηθεί με ρεύμα χρησιμοποιώντας ένα καλώδιο USB, μια υποδοχή συνεχούς ρεύματος ή ένα εξωτερικό τροφοδοτικό. Η πλακέτα λειτουργεί σε ένα εύρος τάσης από 5V έως 12V και διαθέτει έναν ενσωματωμένο ρυθμιστή τάσης που μπορεί να ρυθμίσει την τάση στα 5V ή στα 3,3V.



Προγραμματισμός: Το Arduino Uno Genuino μπορεί να προγραμματιστεί χρησιμοποιώντας το περιβάλλον ανάπτυξης IDE του Arduino, το οποίο είναι ένα δωρεάν εργαλείο λογισμικού ανοικτού κώδικα που επιτρέπει στους χρήστες να γράφουν, να μεταγλωττίζουν και να μεταφορτώνουν κώδικα στην πλακέτα. Η γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται είναι μια απλοποιημένη έκδοση της C++ και υπάρχει ένας τεράστιος αριθμός διαθέσιμων βιβλιοθηκών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διασύνδεση με διάφορα εξαρτήματα.



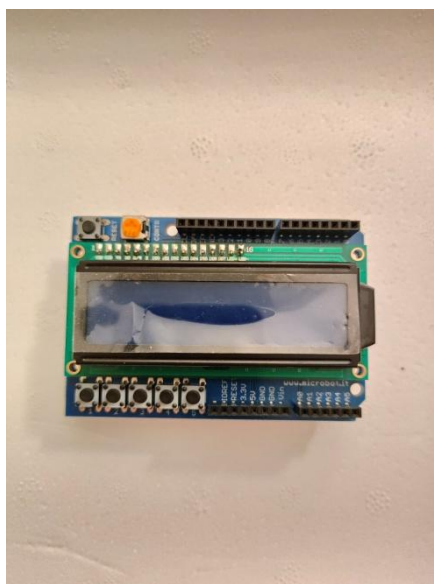
■ Εικόνα 2.1: Μικροελεγκτής Arduino Uno Genuino.



Εικόνα 2.2: Μικροελεγκτής Arduino Uno Genuino. Κάτω πλευρά.

## 2.2 Ψηφιακή Οθόνη (LCD Shield)

Η ψηφιακή οθόνη LCD της Microbot Μοντέλο MR 007-005.1 είναι μια ευέλικτη και συμπαγής συσκευή διασύνδεσης που επιτρέπει στους χρήστες να αλληλεπιδρούν με μια πλακέτα μικροελεγκτή Arduino. Αυτή η συσκευή διαθέτει μια οθόνη LCD 16x2 χαρακτήρων, πέντε διακόπτες με κουμπί και ένα ποτενσιόμετρο ρύθμισης της αντίθεσης, παρέχοντας έναν βολικό τρόπο για την εμφάνιση πληροφοριών και τη λήψη εισόδου από τον χρήστη. Η συσκευή μπορεί να συνδεθεί εύκολα σε μια πλακέτα Arduino και περιλαμβάνει επίσης μια βιβλιοθήκη που απλοποιεί τον προγραμματισμό. Αυτό την καθιστά ιδανικό εργαλείο για την κατασκευή πρωτοτύπων έργων που απαιτούν διεπαφή χρήστη. Σύμφωνα με τον κατασκευαστή, η συσκευή αυτή είναι συμβατή με διάφορες πλακέτες Arduino, συμπεριλαμβανομένων των Arduino Uno, Mega και Leonardo. [13]



Εικόνα 2.3: Ψηφιακή Οθόνη (LCD Shield).

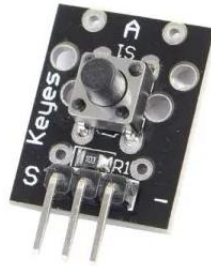


Εικόνα 2.4: Ψηφιακή Οθόνη (LCD Shield). Κάτω πλευρά.

## 2.3 Περιφερειακά Ηλεκτρικού Κυκλώματος

### 2.3.1 Διάταξη (Module) Κουμπιού 5V

Η διάταξη αυτή έχει σχεδιαστεί για να παρέχει έναν απλό και αποτελεσματικό τρόπο εισαγωγής ψηφιακών σημάτων σε έναν μικροελεγκτή. Η μονάδα κουμπιού αποτελείται από ένα μικρό κουμπί, μια αντίσταση και μια ενδεικτική λυχνία LED. Όταν πατηθεί το κουμπί, ένα ψηφιακό σήμα αποστέλλεται στον μικροελεγκτή, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να χρησιμοποιηθεί για την ενεργοποίηση μιας συγκεκριμένης ενέργειας ή διαδικασίας. Η μονάδα είναι επίσης εξοπλισμένη με μια pull-up αντίσταση που εξασφαλίζει σταθερή μετάδοση σήματος, ενώ η ένδειξη LED παρέχει οπτική παρατήρηση σχετικά με την κατάσταση της διάταξης. Αυτό το χαρακτηριστικό καθιστά εύκολη την ανίχνευση της σωστής ή μη λειτουργίας της μονάδας.



Εικόνα 2.5: Μονάδα Κουμπιού 5V.

<https://arduinomodules.info/ky-004-key-switch-module/>

### 2.3.2 Διάταξη (Module) Ηλεκτρονόμου- Ρελέ 5V

Η διάταξη του ηλεκτρονόμου (ρελέ) SRD-5VDC-SL-C είναι ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο ηλεκτρονικό εξάρτημα σε βιομηχανικές και οικιακές εφαρμογές. Αυτή η διάταξη έχει σχεδιαστεί για τη μεταγωγή ηλεκτρικών κυκλωμάτων υψηλής ισχύος χρησιμοποιώντας σήματα ελέγχου χαμηλής τάσης. Αποτελείται από ένα μικροσκοπικό ρελέ 5V DC με διαμόρφωση ενός πόλου διπλής ρίψης SPDT, το οποίο μπορεί να διαχειριστεί ρεύμα έως και 10A σε 250V AC ή 30V DC. Το ρελέ ενεργοποιείται από ένα σήμα χαμηλού ρεύματος, συνήθως 5V DC, το οποίο συχνά παράγεται από μικροελεγκτές ή άλλα ψηφιακά συστήματα ελέγχου. Η μονάδα περιλαμβάνει έναν οπτοζεύκτη που παρέχει απομόνωση μεταξύ του κυκλώματος ελέγχου και του ρελέ, εξασφαλίζοντας ασφάλεια και αξιοπιστία.



Εικόνα 2.6: Μονάδα Ρελέ 5V Songle.

[https://www.botnroll.com/12153-medium\\_default/1-channel-5v-relay-module-for-arduino.jpg](https://www.botnroll.com/12153-medium_default/1-channel-5v-relay-module-for-arduino.jpg)

### 2.3.3 Βομβητής

Ο βομβητής είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που χρησιμοποιείται συνήθως για την παραγωγή ενός ακουστικού ήχου ή σήματος συναγερμού σε διάφορες εφαρμογές. Αποτελείται από ένα πηνίο σύρματος που τυλίγεται γύρω από έναν μαγνητικό πυρήνα, ο οποίος συνδέεται με έναν οπλισμένο με ελατήριο οπλισμό. Όταν ένα ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το πηνίο, δημιουργεί ένα μαγνητικό πεδίο που έλκει τον οπλισμό προς τον πυρήνα. Αυτή η κίνηση προκαλεί τον οπλισμό να χτυπήσει μια επαφή ή ένα διάφραγμα, το οποίο με τη σειρά του δημιουργεί έναν ήχο. Οι συσκευές βομβητή χρησιμοποιούνται ευρέως σε συστήματα συναγερμού, κουδούνια, χρονοδιακόπτες και άλλες εφαρμογές όπου απαιτείται ηχητικό σήμα. Συχνά προτιμώνται έναντι άλλων τύπων ηχητικών ενδείξεων λόγω της απλότητας, του χαμηλού κόστους και της αξιοπιστίας τους. Επιπλέον, οι βομβητές μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν σε άλλα ηλεκτρονικά κυκλώματα, καθιστώντας τους ιδιαίτερα ευέλικτους και προσαρμόσιμους σε διαφορετικές χρήσεις.

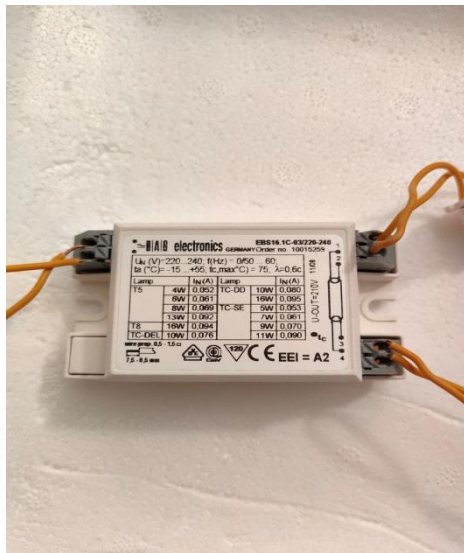


Εικόνα 2.7: Βομβητής.

<https://i0.wp.com/www.makestore.in/wp-content/uploads/2019/06/Buzzer-Large-Size-Piezoelectric-Buzzer-Beeper-Alarm.jpg?fit=458%2C458&ssl=1>

### 2.3.4 Μετασχηματιστής

Οι μετασχηματιστές έχουν σχεδιαστεί για να μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια υψηλής τάσης από το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια χαμηλότερης τάσης που είναι κατάλληλη για χρήση σε σπίτια, επιχειρήσεις και άλλες εγκαταστάσεις. Οι μετασχηματιστές της σειράς EBS είναι ένας τύπος μετασχηματιστή υποβιβασμού, που σημαίνει ότι έχουν λιγότερες περιελίξεις στο δευτερεύον πηνίο από ό,τι στο πρωτεύον πηνίο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της τάσης μεταξύ του πρωτεύοντος και του δευτερεύοντος πηνίου, σύμφωνα με τον λόγο περιελίξεων (σπειρών) του μετασχηματιστή. Οι μετασχηματιστές της σειράς EBS έχουν συνήθως ονομαστική ισχύ μεταξύ 10 kVA και 300 kVA, αν και διατίθενται επίσης μεγαλύτερα και μικρότερα μοντέλα. Αυτοί οι μετασχηματιστές έχουν σχεδιαστεί για να είναι αποδοτικοί και αξιόπιστοι, με υψηλά επίπεδα μόνωσης για την αποφυγή ηλεκτρικών τόξων και άλλων κινδύνων. Όσον αφορά την κατασκευή, οι μετασχηματιστές της σειράς EBS αποτελούνται συνήθως από έναν πυρήνα κατασκευασμένο από πολυστρωματικά φύλλα σιδήρου και δύο σπείρες σύρματος τυλιγμένες γύρω από τον πυρήνα. Το πρωτεύον πηνίο συνδέεται με το δίκτυο υψηλής τάσης, ενώ το δευτερεύον πηνίο συνδέεται με το σύστημα διανομής χαμηλής τάσης. Οι μετασχηματιστές της σειράς EBS είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε συγκεκριμένη συχνότητα, η οποία είναι συνήθως 50 ή 60 Hz ανάλογα με την τοποθεσία. Είναι επίσης σχεδιασμένοι για να αντέχουν ένα συγκεκριμένο επίπεδο ηλεκτρικού φορτίου, το οποίο μετράται σε kVA ή kilovolt x ampere. Συνολικά, οι μετασχηματιστές της σειράς EBS αποτελούν βασικό στοιχείο των σύγχρονων συστημάτων διανομής ηλεκτρικής ενέργειας, επιτρέποντας την ασφαλή και αποτελεσματική παροχή ηλεκτρικής ενέργειας σε σπίτια και επιχειρήσεις σε όλο τον κόσμο. Για τη κατασκευή μας χρησιμοποιήθηκαν δύο μετασχηματιστές της σειράς EBS.



Εικόνα 2.8: Μετασχηματιστής EBS.

### 2.3.5 Τερματικός Διακόπτης

Ο ηλεκτρικός τερματικός διακόπτης είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος με την πραγματοποίηση ή τη διακοπή της ηλεκτρικής σύνδεσης μεταξύ δύο ή περισσότερων αγωγών. Χρησιμοποιείται συνήθως σε βιομηχανικές και εμπορικές εφαρμογές για να παρέχει έναν ασφαλή και αποτελεσματικό τρόπο ελέγχου της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο διακόπτης αποτελείται συνήθως από μια μεταλλική επαφή, η οποία κινείται από έναν μηχανικό ενεργοποιητή ή μοχλό, και μια σταθερή επαφή, η οποία είναι σταθερή στη θέση της. Όταν ο ενεργοποιητής μετακινεί τη μεταλλική επαφή σε επαφή με τη σταθερή επαφή, επιτρέπεται η ροή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω του κυκλώματος. Αντίθετα, όταν ο ενεργοποιητής απομακρύνει τη μεταλλική επαφή από τη σταθερή επαφή, το κύκλωμα διακόπτεται και εμποδίζεται η ροή ηλεκτρικού ρεύματος.



Εικόνα 2.9: Τερματικός Διακόπτης.

### 2.3.7 Δίοδος εκπομπής φωτός LED

Η δίοδος εκπομπής φωτός (LED) είναι μια διάταξη ημιαγωγού που εκπέμπει φως όταν διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα από αυτήν. Ο βασικός μηχανισμός πίσω από τη λειτουργία ενός LED είναι ο ανασυνδυασμός ηλεκτρονίων και οπών μέσα στο υλικό του ημιαγωγού. Όταν εφαρμόζεται τάση στο LED (θέλει σωστή πολικότητα), τα ηλεκτρόνια ωθούνται προς την περιοχή τύπου p του ημιαγωγού, όπου ανασυνδέονται με τις οπές (δηλαδή θετικά φορτισμένες κενές θέσεις) στην περιοχή τύπου n. Καθώς τα ηλεκτρόνια ανασυνδυάζονται με τις οπές, απελευθερώνουν ενέργεια με τη μορφή φωτονίων, τα οποία παράγουν φως. Το χρώμα του φωτός που εκπέμπεται από το LED καθορίζεται από την ενέργεια του χάσματος ζώνης του υλικού ημιαγωγού. Οι λυχνίες LED έχουν πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις παραδοσιακές λυχνίες πυρακτώσεως και φθορισμού, όπως υψηλότερη ενεργειακή απόδοση, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και ταχύτερους χρόνους μεταγωγής. Βρίσκονται σε πολλές εφαρμογές, όπως ο φωτισμός, η σήμανση και οι ηλεκτρονικές οθόνες.





Εικόνα 2.10: Η δίοδος εκπομπής φωτός (LED).

[https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/b\\_rgb:FFFFFF,c\\_pad,dpr\\_1.0,f\\_auto,q\\_auto,w\\_700/c\\_pad,w\\_700/R1278393-01](https://res.cloudinary.com/rsc/image/upload/b_rgb:FFFFFF,c_pad,dpr_1.0,f_auto,q_auto,w_700/c_pad,w_700/R1278393-01)

### 2.3.7 Μπαταρία 9V

Μια μπαταρία 9V είναι μια κοινή πηγή τάσης που χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία ηλεκτρονικών συσκευών, συμπεριλαμβανομένου του μικροελεγκτή Arduino. Η μπαταρία 9V είναι μια μικρή και ελαφριά πηγή ενέργειας που μπορεί να μεταφερθεί εύκολα και να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές.



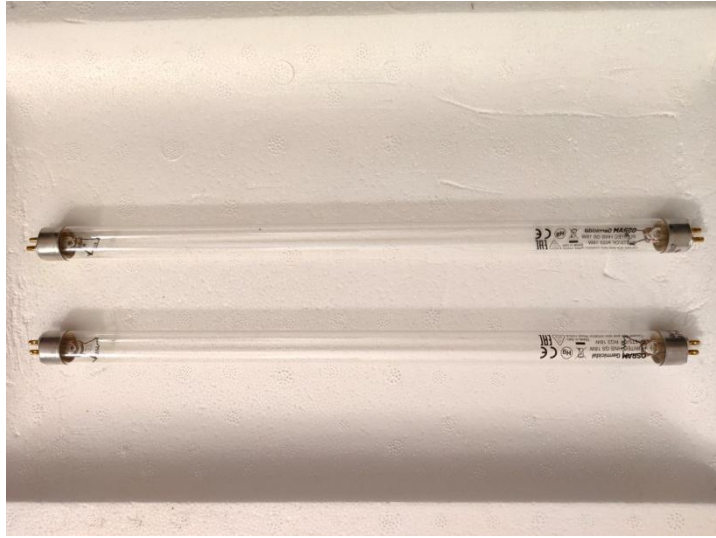
Εικόνα 2.11: Μπαταρία 9V.

<https://www.shutterstock.com/image-photo/red-9v-battery-260nw-99218300.jpg>

### 2.3.8 Λαμπτήρες UV-C

Οι λαμπτήρες UV-C, γνωστοί και ως μικροβιοκτόνοι λαμπτήρες, είναι συσκευές που εκπέμπουν υπεριώδη ακτινοβολία στην περιοχή UV-C (200-280 nm) και χρησιμοποιούνται συνήθως για σκοπούς απολύμανσης. Η αρχή λειτουργίας των λαμπτήρων UV-C βασίζεται στη φωτοχημική διαδικασία της υπεριώδους ακτινοβολίας με οργανικά μόρια. Συγκεκριμένα, η ακτινοβολία UV-C προκαλεί το

σχηματισμό διμερών θυμίνης στο DNA των μικροοργανισμών, το οποίο εμποδίζει την αντιγραφή του DNA και τελικά οδηγεί σε θάνατο των κυττάρων.

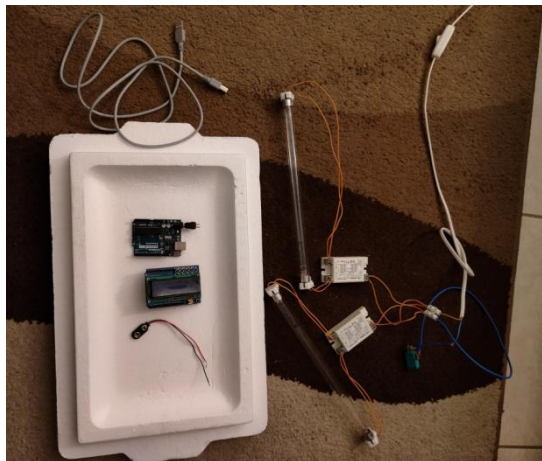


Εικόνα 2.12: Λαμπτήρες UV-C.

## 2.4 Σχεδίαση της συνδεσμολογίας του κυκλώματος

- Βήμα 1: Σύνδεση των λαμπτήρων UV-C στους μετασχηματιστές.

Το πρώτο βήμα ήταν η σύνδεση των δύο λαμπτήρων UV-C με τους δύο μετασχηματιστές και τοποθέτηση του τερματικού διακόπτη.



Εικόνα 2.13: Σύνδεση Λαμπτήρων.

- Βήμα 2: Τοποθέτηση των λαμπτήρων στο κουτί.

Μετά τη σύνδεση των λαμπτήρων, τοποθετήθηκε ο πρώτος στην κορυφή και ο δεύτερος στο κάτω μέρος του κουτιού. Το υλικό κατασκευής του κουτιού είναι από φελιζόλ ώστε να είναι ελαφρύ και φορητό.



- Βήμα 3: Προσθήκη μιας πλαστικής δικτυωτής βάσης.

Για τη στήριξη των αντικειμένων προς αποστείρωση, έγινε χρήση ενός δικτυού από πλαστικό ως βάση που τοποθετήθηκε στο μέσο του κουτιού. Αυτό εξασφαλίζει ότι τα αντικείμενα θα είναι σταθερά και δεν θα μετακινούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αποστείρωσης. Επίσης η ακτινοβολία διαπερνά από τα κενά του δικτύου παρέχοντας έτσι την ακτινοβολία των αντικειμένων και από τους δύο λαμπτήρες.



Εικόνα 2.14: Πλαστική δικτυωτή βάση.

- Βήμα 4: Σύνδεση της διάταξης ρελέ.

Το επόμενο βήμα ήταν η σύνδεση της μονάδας ρελέ στο κύκλωμα. Αυτό έγινε διασφαλίζοντας ότι τα καλώδια από τη μονάδα ρελέ ήταν σωστά συνδεδεμένα στο κύκλωμα.



Εικόνα 2.15: Τοποθέτηση Λαμπτήρων και διάταξης Ρελέ.

- Βήμα 5: Προγραμματισμός του Arduino.

Ο προγραμματισμός του Arduino πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού Arduino IDE. Ο κώδικας παρατίθεται στο παράρτημα που υπάρχει στο τέλος της διπλωματικής εργασίας.



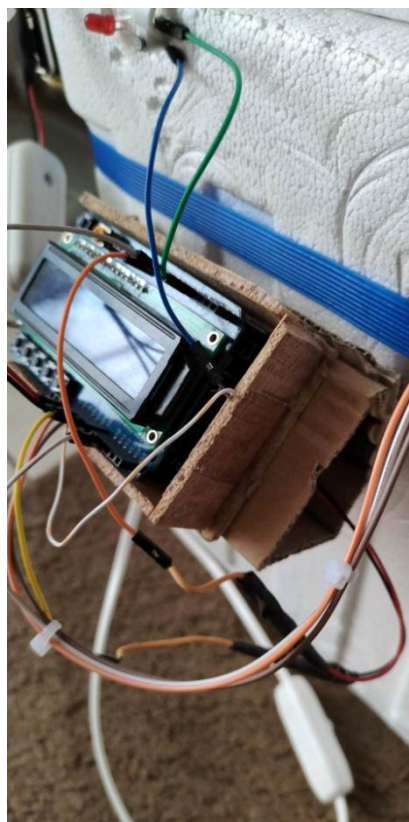
Εικόνα 2.16: Καλώδιο USB 2.0 Cable Type A/B

- Βήμα 6: Σύνδεση της οθόνης τύπου LCD.

Μετά τον προγραμματισμό του Arduino, έγινε η σύνδεση της οθόνης τύπου LCD με το Arduino. Στη διάταξη LCD συνδέθηκε ο βομβητής, το LED, η μονάδα κουμπιού και η μονάδα του ηλεκτρονόμου (ρελέ). Η διάταξη ρελέ και κουμπιού βρίσκονται εσωτερικά στο κουτί, ενώ τα υπόλοιπα στην εξωτερική πλευρά του κουτιού κάτω από το καπάκι.

- Βήμα 7: Κατασκευή μιας βάσης στήριξης για το Arduino

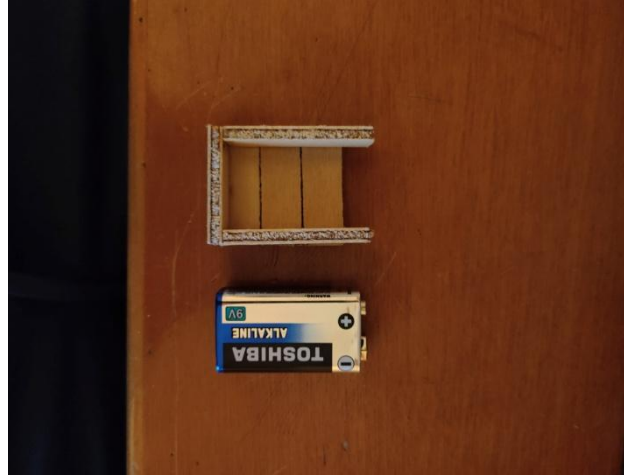
Για τη στήριξη της πλακέτας Arduino στο κουτί, κατασκευάστηκε μια βάση στήριξης χρησιμοποιώντας απλά και φτηνά υλικά από χαρτόνι και ξύλο. Αυτό εξασφάλισε ότι η πλακέτα θα είναι σταθερή και δεν θα μετακινείται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας απολύμανσης.



Εικόνα 2.17: Βάση στήριξης Arduino.

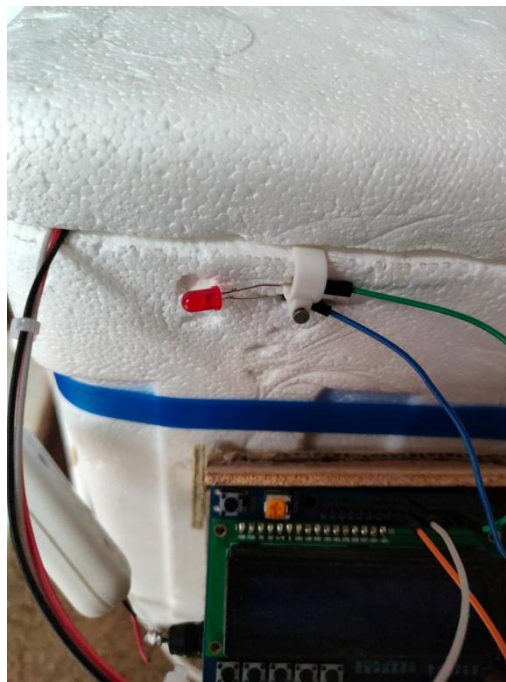
- Βήμα 8: Προσθήκη μιας μπαταρίας 9V για τροφοδοσία.

Κατασκευάστηκε επίσης μια μικρή βάση για μια μπαταρία 9V για την τροφοδοσία του Arduino.



Εικόνα 2.18: Βάση μπαταρίας 9v.

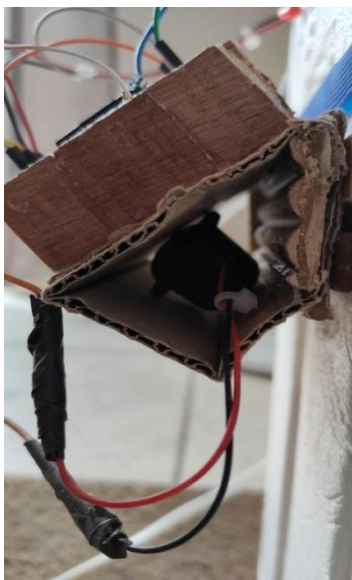
- Βήμα 9: Σύνδεση Led



Εικόνα 2.19: Σύνδεση LED

- Βήμα 10: Σύνδεση βομβητή.

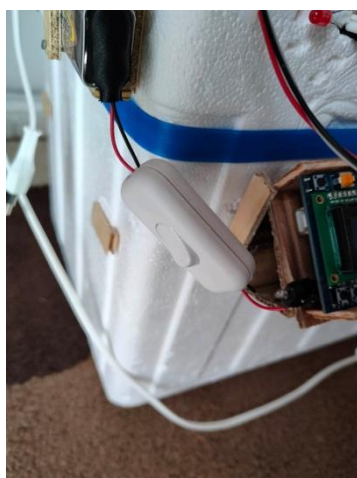
Ο βομβητής θα ειδοποιεί ηχητικά το χρήστη για το τέλος της αποστείρωσης και κατά τη περίπτωση που κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης ο χρήστης ανοίξει καταλάθως το πάνω μέρος της συσκευής. Ο βομβητής έχει τοποθετηθεί στο εσωτερικό της βάσης στήριξης του Arduino.



Εικόνα 2.20: Βομβητής.

- Βήμα 11: Σύνδεση διακόπτη στην μπαταρία.

Τέλος, έγινε η σύνδεση ενός διακόπτη στην μπαταρία των 9V για τον έλεγχο της ενεργοποίησης/απενεργοποίησης του Arduino. Αυτό επιτρέπει την εξοικονόμηση ενέργειας της μπαταρίας όταν η συσκευή δεν είναι σε χρήση.



Εικόνα 2.21: Σύνδεση διακόπτη.





**Επεξήγηση ηλεκτρικού κυκλώματος της συσκευής:**

Αριστερά βρίσκεται το Arduino, συνδεδεμένο με την μπαταρία 9V και τον διακόπτη. Δεξιά βρίσκεται η οθόνη τύπου LCD. Εκεί είναι συνδεδεμένα τα περιφερειακά του ηλεκτρικού κυκλώματος, η λυχνία LED, η διάταξη κουμπιού, η διάταξη του ηλεκτρονόμου και ο βομβητής. Η οθόνη βρίσκεται τοποθετημένη πάνω από τη πλακέτα Arduino.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1. ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΑΚΡΟΔΕΚΤΩΝ

|          | ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ | ΑΚΡΟΔΕΚΤΕΣ<br>ARDUINO |
|----------|------------|-----------------------|
| LED      | VCC        | 4                     |
|          | GND        | GND                   |
| Βομβητής | VCC        | 9                     |
|          | GND        | GND                   |
| Ρελέ     | SIGNAL     | 8                     |
|          | GND        | GND                   |
|          | VCC        | 5v                    |
| Κουμπί   | SIGNAL     | A1                    |
|          | GND        | 5v                    |
|          | VCC        | GND                   |

Παρατηρήσεις:

Ο θετικός ακροδέκτης της διάταξης κουμπιού είναι συνδεδεμένος στη γείωση του Arduino, ενώ ο αρνητικός ακροδέκτης είναι συνδεδεμένος με τον ακροδέκτη τροφοδοσίας 5V. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιήσουμε την ενσωματωμένη αντίσταση της διάταξης ως αντίσταση “pull down”. Η ενσωματωμένη pull-down αντίσταση της διάταξης συμβάλλει στην αποφυγή λανθασμένων ενδείξεων ή σφαλμάτων στο σύστημα, διασφαλίζοντας ότι ο ακροδέκτης εισόδου βρίσκεται σε γνωστή, σταθερή κατάσταση όταν το κουμπί δεν είναι πατημένο. Αυτό συμβαίνει επειδή η pull-down αντίσταση παρέχει μια διαδρομή προς τη γείωση για τυχόν ηλεκτρικά σήματα ή θόρυβο που μπορεί να υπάρχουν στον ακροδέκτη εισόδου. Χωρίς την pull-down αντίσταση, αυτά τα σήματα θα μπορούσαν να προκαλέσουν τυχαίες διακυμάνσεις του ακροδέκτη εισόδου, οδηγώντας σε λανθασμένες ενδείξεις ή σφάλματα στο σύστημα.

## 2.5 Λογισμικό Ελέγχου

Στο υποκεφάλαιο αυτό θα γίνει αναφορά σε κάποια μέρη του κώδικα. Επισημαίνεται ότι το σύνολο του κώδικα παρατίθεται στο Παράρτημα 1 στο τέλος του κειμένου της διπλωματικής εργασίας.

Ο κώδικας χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ενός χρονοδιακόπτη αντίστροφης μέτρησης που ελέγχει μια διαδικασία αποστείρωσης. Ο χρονοδιακόπτης μπορεί να ξεκινήσει, να σταματήσει και να ρυθμιστεί σε συγκεκριμένη διάρκεια. Χρησιμοποιεί μια οθόνη LCD για να δείχνει τη χρονική διάρκεια της αποστείρωσης, έναν βομβητή για να υποδεικνύει το τέλος της διαδικασίας αποστείρωσης και ένα ρελέ για τον έλεγχο της διαδικασίας αποστείρωσης.

Ο κώδικας περιλαμβάνει αρχικά δύο βιβλιοθήκες: LiquidCrystal και EEPROM. Η βιβλιοθήκη LiquidCrystal χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της οθόνης LCD και η βιβλιοθήκη EEPROM χρησιμοποιείται για την ανάγνωση και εγγραφή δεδομένων στην EEPROM της πλακέτας Arduino.

Στη συνέχεια ορίζει διάφορες σταθερές και μεταβλητές τιμές, συμπεριλαμβανομένων των ακροδεκτών για την οθόνη LCD, τα κουμπιά, τον βομβητή και το ρελέ. Ορίζει της μεταβλητές για την αποθήκευση των ωρών, λεπτών και δευτερολέπτων του χρονοδιακόπτη.

Στη συνάρτηση setup, το σκίτσο αρχικοποιεί της ακίδες για τα κουμπιά, τη λυχνία LED, το βομβητή και το ρελέ και αρχικοποιεί την οθόνη LCD. Στη συνέχεια καλεί δύο συναρτήσεις, την CheckButton2() και την INIT().

Η συνάρτηση loop() είναι η κύρια συνάρτηση του κώδικα και εκτελείται συνεχώς όσο η πλακέτα Arduino είναι ενεργοποιημένη. Αρχικά ελέγχει την κατάσταση της διάταξης κουμπιού που είναι συνδεδεμένο στον ακροδέκτη A0, και αν είναι πατημένο, δίνει τη δυνατότητα έναρξης της αποστείρωσης. Κατά τη διαδικασία αποστείρωσης, η λυχνία LED αναβοσβήνει ειδοποιώντας οπτικά το χρήστη. Όταν ο χρονοδιακόπτης φτάσει στο μηδέν, ενεργοποιείται ο βομβητής, ο οποίος στη συνέχεια ειδοποιεί ηχητικά το χρήστη και η διαδικασία αποστείρωσης σταματά.

Αν κατά τη διάρκεια της αποστείρωσης το καπάκι της συσκευής ανοίξει, ο βομβητής ηχεί και ο μικροελεγκτής χρησιμοποιώντας την εντολή void(\* resetFunc) (void) = 0;

Ο κώδικας περιλαμβάνει επίσης διάφορες βοηθητικές συναρτήσεις, συμπεριλαμβανομένων των CheckButton(), CheckButton2() και INIT(). Αυτές οι συναρτήσεις χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της κατάστασης της διάταξης κουμπιού και την ενημέρωση μηνυμάτων στη οθόνη LCD.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> – ΠΕΙΡΑΜΑ ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο, γίνεται η περιγραφή των πειραμάτων που πραγματοποιήθηκαν στο Νοσοκομείο Παιδών Αγλαΐας Κυριακού υπό την καθοδήγηση του επιβλέποντος καθηγητή και της βιολόγου/χημικού Δρ. Αγαρίστης Λαμπροκωστοπούλου (Senior Research Scientist, Virometix AG). Αρχικά αποστειρώσαμε 6 τρυβλία Petri μεταφέροντας τον ιό Streptococcus Pneumoniae με χρήση της συσκευής απολύμανσης UV-C που κατασκευάσαμε και αναλύθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για να επαληθεύσουμε την αποτελεσματικότητα των λαμπτήρων UV-C που



χρησιμοποιήθηκαν στο σύστημα, χρησιμοποιήσαμε ένα φασματόμετρο υπεριώδους ακτινοβολίας για να μετρήσουμε το μήκος κύματος των λαμπτήρων σε νανόμετρα.

### 3.1 Μέτρηση με χρήση διάταξης Φασματογράφου

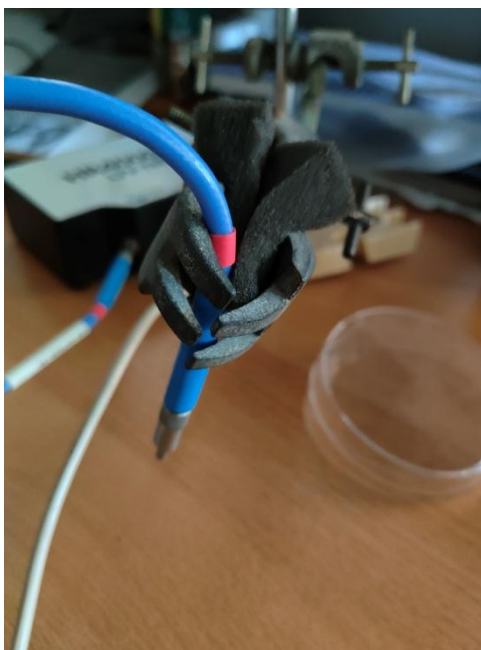
Αρχικά από τον εργαστηριακό εξοπλισμό του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής χρησιμοποιήσαμε το φασματογράφο ή φασματόμετρο HR4000CG UV-NIR. Το φασματόμετρο HR4000CG UV-NIR είναι ένα εξαιρετικά εξειδικευμένο όργανο σχεδιασμένο για επιστημονικές εφαρμογές που απαιτούν φασματικά δεδομένα υψηλής ανάλυσης σε ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος, από την υπεριώδη (UV) έως την εγγύς υπέρυθη (NIR) περιοχή. Είναι εξοπλισμένο με ανιχνευτή CCD υψηλής ανάλυσης, 2048 στοιχείων, ο οποίος επιτρέπει την ακριβή μέτρηση και ανάλυση των φασματικών δεδομένων. Το φασματόμετρο HR4000CG UV-NIR βασίζεται σε μια συμπαγή, στιβαρή πλατφόρμα που είναι βελτιστοποιημένη για χρήση σε εργαστηριακό περιβάλλον. Διαθέτει ανθεκτικό περίβλημα από αλουμίνιο που παρέχει ανώτερη θερμική σταθερότητα και προστασία από κραδασμούς και άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ακρίβεια των μετρήσεων. Επίσης έχει σχεδιαστεί για να παρέχει φασματικά δεδομένα υψηλής ποιότητας με εξαιρετική ευαισθησία και ανάλυση. Άλλο ένα χαρακτηριστικό που διαθέτει είναι ότι μπορεί να μετρήσει με ακρίβεια την ένταση του φωτός σε ένα ευρύ φάσμα μηκών κύματος, από 200 έως 1100 nm, καθιστώντας το ιδανικό για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών στις φυσικές, χημικές και βιολογικές επιστήμες.

Η διαδικασία μέτρησης ενός λαμπτήρα UV-C με ένα φασματόμετρο περιλαμβάνει διάφορα βήματα για τον ακριβή προσδιορισμό της φασματικής ακτινοβολίας και της έντασης του φωτός UV-C που εκπέμπει ο λαμπτήρας. Τα βήματα που πραγματοποιήσαμε ήταν τα ακόλουθα:

Πρώτον, το φασματόμετρο πρέπει να βαθμονομηθεί για να διασφαλιστούν ακριβείς μετρήσεις. Αυτό περιλαμβάνει τη χρήση μιας πρότυπης πηγής φωτός με γνωστή φασματική απόδοση για την επαλήθευση της ακρίβειας του οργάνου. [14] Στη συνέχεια, ο λαμπτήρας UV-C πρέπει να τοποθετηθεί σε συγκεκριμένη απόσταση από το φασματόμετρο για να διασφαλιστεί ότι το φως συλλέγεται σωστά. Η απόσταση αυτή καθορίζεται συνήθως από τον κατασκευαστή και πρέπει να τηρείται προκειμένου να λαμβάνονται ακριβείς μετρήσεις. [15] Μόλις ο λαμπτήρας τοποθετηθεί σωστά, το φασματόμετρο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση της φασματικής ακτινοβολίας του φωτός UV-C που εκπέμπεται από τον λαμπτήρα. Αυτό περιλαμβάνει τη συλλογή και ανάλυση του φωτός με τη χρήση ενός πλέγματος περίθλασης και ενός ανιχνευτή. Τα προκύπτοντα δεδομένα επεξεργάζονται στη συνέχεια για τον προσδιορισμό της έντασης του φωτός UV-C σε διάφορα μήκη κύματος. [16] Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η μέτρηση του φωτός UV-C με φασματόμετρο απαιτεί ειδικές εκτιμήσεις λόγω της δυνητικά επιβλαβούς φύσης αυτού του τύπου ακτινοβολίας. Θα πρέπει να λαμβάνονται οι κατάλληλες προφυλάξεις ασφαλείας για την αποφυγή της έκθεσης στην ακτινοβολία UV-C. Εν κατακλείδι, η διαδικασία μέτρησης ενός λαμπτήρα UV-C με φασματόμετρο περιλαμβάνει προσεκτική βαθμονόμηση και τοποθέτηση του λαμπτήρα, καθώς και τη συλλογή και ανάλυση φασματικών δεδομένων για τον προσδιορισμό της έντασης του εκπεμπόμενου φωτός UV-C.



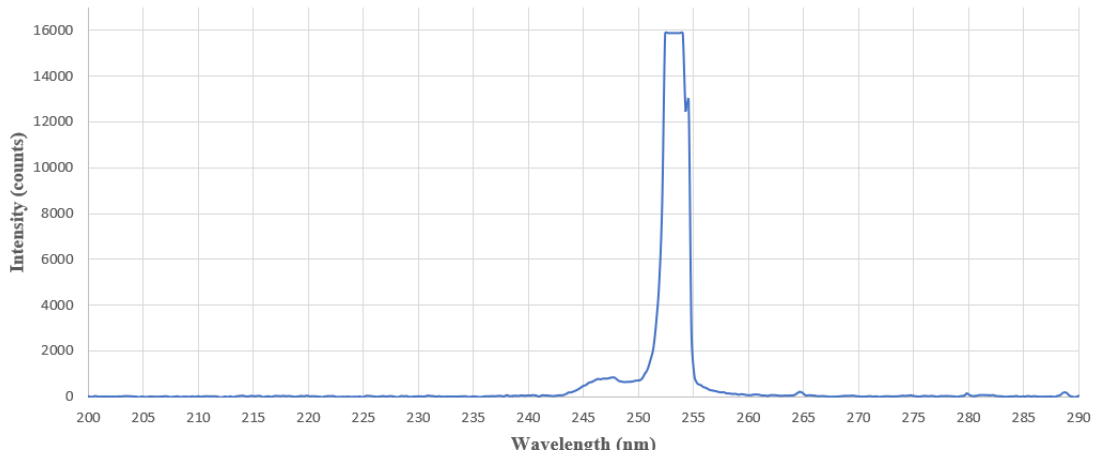
Εικόνα 3.1: Φασματογράφος HR4000CG UV-NIR



Εικόνα 3.2: Οπτική ίνα μεταφοράς του φωτός στο φασματόμετρο

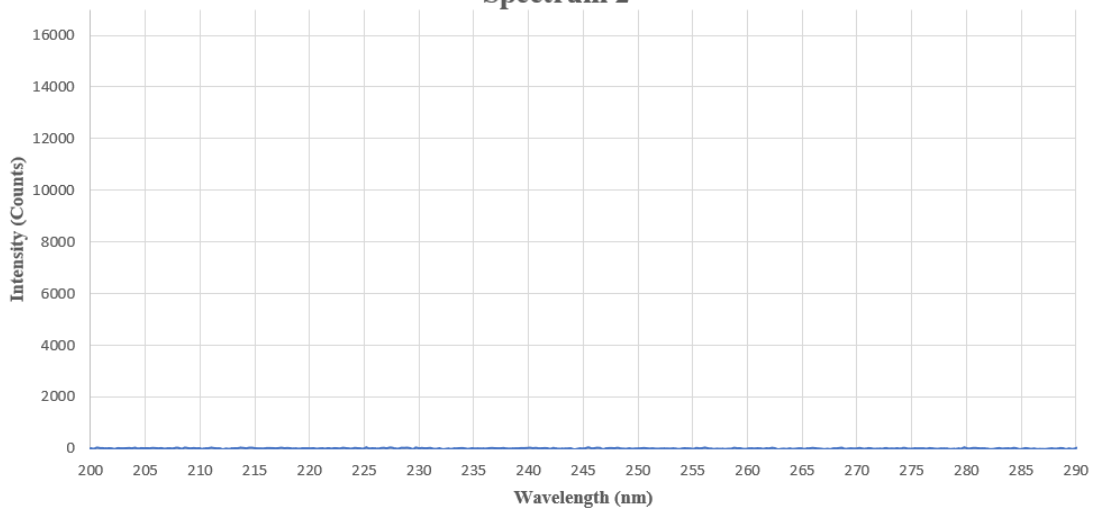
Με το τρόπο που εξηγήθηκε προηγουμένως πραγματοποιήσαμε δύο μετρήσεις. Η πρώτη μέτρηση έγινε μεταξύ του ανιχνευτή και του λαμπτήρα UV-C. Η δεύτερη μέτρηση έγινε μεταξύ του λαμπτήρα και του ανιχνευτή αφού όμως πρώτα τοποθετήσαμε ανάμεσα το πλαστικό καπάκι από ένα τριβλύο Petri. Αφού λάβαμε τα αποτελέσματα των μετρήσεων χρησιμοποιώντας το λογισμικό OceanView 1.6.7 Lite, μεταφέραμε τις τιμές σε ένα αρχείο excel και δημιουργήσαμε δύο γραφήματα ώστε να παρατηρήσουμε τα φάσματα και στις δύο περιπτώσεις.

**Spectrum 1**



Εικόνα 3.3: Φάσμα (Μέτρηση Ανιχνευτή – Λαμπτήρα)  
Οι λαμπτήρες εκπέμπουν στα 254nm και συμφωνούν με τις προδιαγραφές της λυχνίας του κατασκευαστή.

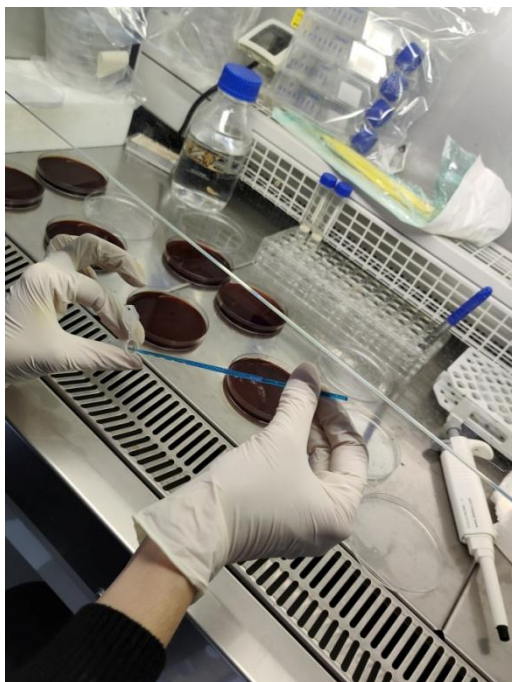
**Spectrum 2**



Εικόνα 3.4: Φάσμα (Μέτρηση Ανιχνευτή – Τριβλύο Petri – Λαμπτήρα)  
Το πλαστικό τριβλύο Petri απορρόφησε ολοκληρωτικά την UV-C που παράγει ο Λαμπτήρας UV-C.

### 3.2 Πείραμα Αποστείρωσης του ιού *Streptococcus Pneumoniae*

Αρχικά, λάβαμε ποσότητα του ιού *Streptococcus pneumoniae* οροτύπου 23β από τη συσκευή της κρυοσυντήρησης ( $-80^{\circ}\text{C}$  σε διάλυμα γλυκερόλης 200mL) και την αποψύξαμε σύμφωνα με τα καθιερωμένα πρωτόκολλα χειρισμού βιολογικών δειγμάτων. Στη συνέχεια, μεταφέραμε 30μL του δείγματος σε θρεπτικό μέσο ανάπτυξης (αίμα αλόγου) μέσα σε 7 αποστειρωμένα τρυβλία Petri με μια πιπέτα ακριβείας.



Εικόνα 3.5: Μεταφορά ιού στα τρυβλία Petri



Εικόνα 3.6: Μεταφορά ιού στα τρυβλία Petri και επάλειψη του.



Εικόνα 3.7: Μεταφορά ιού στα τρυβλία Petri



Εικόνα 3.8: Εικόνα των δειγμάτων του παθογόνου ιού στα τρυβλία Petri

Στη συνέχεια καλύψαμε το μισό τμήμα του κάθε ενός τρυβλίου με μαύρη μονωτική ταινία κατά την απόπειρα του πρώτου πειράματος αποστείρωσης ώστε η δέσμη UV-C να προσκρούσει στο μισό τμήμα του κάθε τρυβλίου. Κατά την διάρκεια του δεύτερου πειράματος τα ανοιχτά δείγματα καλύφθηκαν με μαύρο χαρτόνι μιας και συνειδητοποιήθηκε ότι το πλαστικό καπάκι απορροφά την UV-C ακτινοβολία εξολοκλήρου. Μετά, με τη χρήση μαρκαδόρου σημαδέψαμε τα τρυβλία με τα ονόματα 5α, 5β, 10α, 10β, 15α και 15β αντίστοιχα. Οι αριθμοί αντιστοιχούν στο χρόνο έκθεσης των τρυβλίων στη συσκευή UV-C και αντιστοιχούν σε χρόνους ίσους με 5 λεπτά, 10 λεπτά και 15 λεπτά ακτινοβολήσης αντίστοιχα. Το τελευταίο τρυβλίο Petri το αφήσαμε χωρίς κάλυψη με μαύρη ταινία ή μαύρο χαρτόνι ως δισκίο



αναφοράς και δεν ακτινοβολήθηκε. Τα τρυβλία έπειτα τοποθετήθηκαν στο εσωτερικό της συσκευής πάνω στη βάση στήριξης όλα μαζί, η οποία απέχει 16cm περίπου από τον κάθε λαμπτήρα.

Μετά την έκθεση των τρυβλίων στη UV-C ακτινοβολία επώασαμε τα επτά τρυβλία Petri σε κατάλληλη θερμοκρασία 37°C και 5% διοξείδιο του άνθρακα για να διευκολύνουμε την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων *S.pneumoniae*. Αυτό επέτρεψε στα κύτταρα να προσκολληθούν και να αναπτυχθούν στην επιφάνεια του μέσου, σχηματίζοντας ένα ορατό στρώμα ή αποικία.



Εικόνα 3.9: Επώαση των τρυβλίων στον κλίβανο σε θερμοκρασία 37°C και 5% CO<sub>2</sub> .

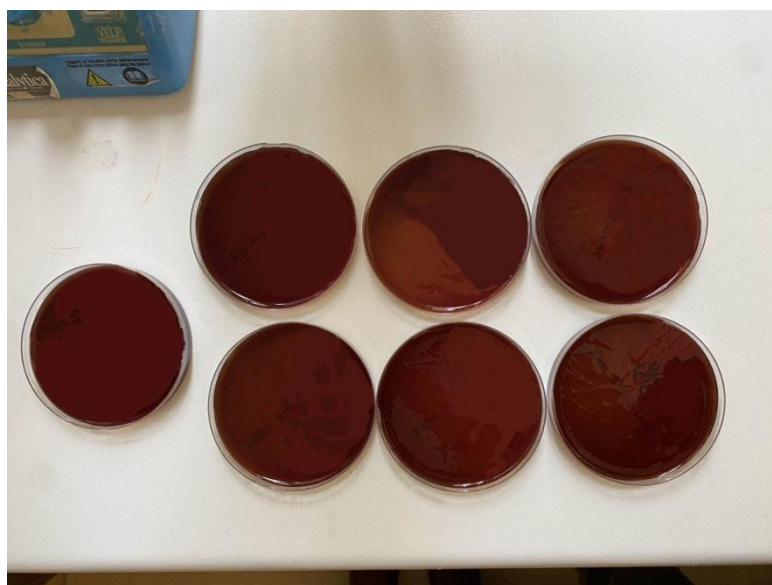


Εικόνα 3.10: Εικόνα του κλίβανου επώασης των δειγμάτων.

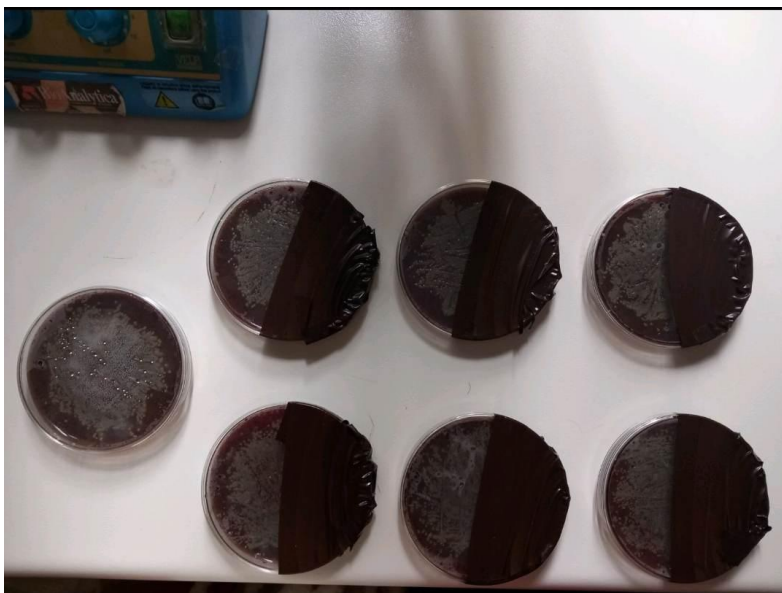
Η διαδικασία του πειράματος πραγματοποιήθηκε δύο φορές. Η κύρια διαφορά ήταν ότι στη δεύτερη φορά τα τρυβλία Petri δεν καλύφθηκαν με τα καπάκια τους μιας και συνειδητοποιήσαμε ότι το πλαστικό καπάκι των τρυβλίων Petri απορροφά εξολοκλήρου την ακτινοβολία UV-C και εμποδίζει την αποστείρωση.



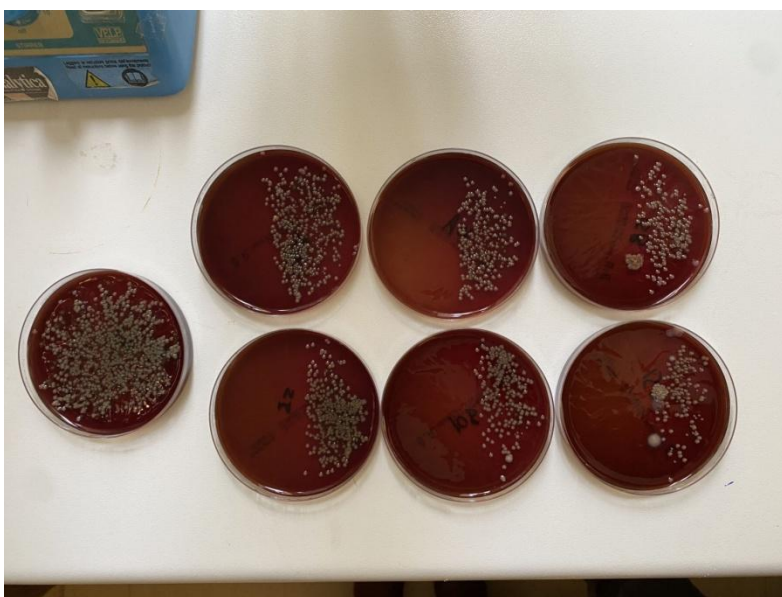
Εικόνα 3.11: 1<sup>η</sup> προσπάθεια με τα προετοιμασμένα δείγματα με καλυμμένα καπάκια και μαύρη μονωτική ταινία.



Εικόνα 3.12: 2<sup>η</sup> προσπάθεια με τα προετοιμασμένα δείγματα χωρίς καπάκια. Τα δείγματα καλύφθηκαν κατά το ήμισυ με μαύρο χαρτόνι κατά την διαδικασία αποστείρωσης.



Εικόνα 3.13: Αποτέλεσμα αποστείρωσης της 1<sup>η</sup> προσπάθεια με καλυμμένα καπάκια



Εικόνα 3.14: Αποτέλεσμα αποστείρωσης της 2<sup>η</sup> προσπάθεια χωρίς καπάκια. Η μισή επιφάνεια όπου έχει αναπτυχθεί ο ιός του πνευμονιόκοκκου είχε καλυφθεί με μαύρο χαρτόνι.

Από τις εικόνες παρατηρείται ότι ακόμα και ο ελάχιστος χρόνος των 5 λεπτών που επιλέχθηκε ως ο ελάχιστος χρόνος ακτινοβόλησης με UV-C είναι ικανός να αποστειρώσει εξολοκλήρου τον ιό που απλώθηκε στα τρυβλία. Επίσης η τοποθέτηση των δειγμάτων στην συσκευή δεν έπαιξε κάποιο ρόλο μιας και τα δείγματα τοποθετήθηκαν όλα μαζί στην δικτυωτή βάση και αποστειρώθηκαν με την ίδια συμπεριφορά είτε βρίσκονταν στο μέσο είτε στις άκρες της συσκευής αποστείρωσης.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> – ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ & ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 4.1 Συμπεράσματα Πειράματος

Με βάση το πείραμα που διεξήχθη με τη συσκευή αποστείρωσης UV-C, προκύπτει το συμπέρασμα ότι η αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας UV-C στην απολύμανση επιφανειών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως εξηγήθηκε στο πρώτο κεφάλαιο. Αυτοί οι παράγοντες είναι ο τύπος της επιφάνειας, ο χρόνος έκθεσης και η απόσταση από την πηγή της ακτινοβολίας.

Στην πρώτη δοκιμή, τα τρυβλία Petri ήταν κλειστά και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η ακτινοβολία UV-C απορροφήθηκε από το πλαστικό υλικό του τρυβλίου Petri, καθιστώντας την αναποτελεσματική στην καταστροφή του ιού. Η παρατήρηση αυτή επαληθεύτηκε και πειραματικά με τις μετρήσεις των λαμπτήρων UV-C με το φασματοσκόπιο τοποθετώντας ανάμεσα το πλαστικό κάλυμμα των τρυβλίων και καταγράφοντας την ακτινοβολία που διαπερνάει. Η παρατήρηση αυτή συνάδει με προηγούμενες έρευνες που δείχνουν ότι η ακτινοβολία UV-C μπορεί να απορροφηθεί από ορισμένα υλικά, όπως τα πλαστικά, το γυαλί και τα υφάσματα, μειώνοντας την αποτελεσματικότητά της.

Στη δεύτερη δοκιμή, όπου τα τρυβλία Petri παρέμειναν ανοιχτά, η απολύμανση ήταν επιτυχής, υποδεικνύοντας ότι η ακτινοβολία UV-C μπορεί να απολυμάνει αποτελεσματικά τις επιφάνειες εάν μπορεί να φτάσει απευθείας στην επιφάνεια χωρίς εμπόδια ή φραγμούς. Τα αποτελέσματα αυτής της δοκιμής καταδεικνύουν ότι η αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας UV-C στην απολύμανση επιφανειών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο του υλικού και την απόσταση μεταξύ της επιφάνειας και της πηγής ακτινοβολίας. Εμείς χρησιμοποιήσαμε λαμπτήρες UV-C 254nm, οι οποίοι απέχουν 16cm από τη βάση στήριξης. Από την εικόνα 3.14 προκύπτει το συμπέρασμα ότι για απόσταση 16cm, ο χρόνος έκθεσης των 5 λεπτών του τρυβλίου στην UV-C ήταν αρκετός για την αποστείρωση του, μιας και δεν αναπτύχθηκε κανένας ιός στην ακτινοβολούμενη επιφάνεια.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα αυτού του πειράματος υποδηλώνουν ότι η ακτινοβολία UV-C μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αποτελεσματικό εργαλείο για την απολύμανση επιφανειών σε διάφορα περιβάλλοντα, όπως νοσοκομεία, εργαστήρια και σπίτια. Ωστόσο, όπως έχει αναφερθεί προηγουμένως είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί της ακτινοβολίας UV-C και να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας κατά το χειρισμό των συσκευών UV-C, καθώς η παρατεταμένη έκθεση στην ακτινοβολία UV-C μπορεί να είναι επιβλαβής για την ανθρώπινη υγεία.

Συμπερασματικά, το πείραμα αυτό αναδεικνύει τις δυνατότητες της ακτινοβολίας UV-C ως απολυμαντικό εργαλείο.

## 4.2 Μελλοντικές βελτιώσεις και χρήση της συσκευής από το εργαστήριο ιατρικής οργανολογίας του ΠΑΔΑ.

Με βάση τα αποτελέσματα του πειράματός μας, υπάρχουν αρκετές αλλαγές που θα μπορούσαν να γίνουν για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της συσκευής αποστείρωσης UV-C. Ορισμένες βελτιώσεις της συσκευής θα μπορούσαν να είναι οι ακόλουθες:

- Προγραμματισμός του μικροελεγκτή με δυνατότητα παύσης της αντίστροφης μέτρησης με το πάτημα κουμπιού.
- Τοποθέτηση αισθητήρα θερμοκρασίας για τη μέτρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας που αναπτύσσεται λόγω των λαμπτήρων.
- Τοποθέτηση οθόνης αφής.

Τα αποτελέσματα της φορητής συσκευής αποστείρωσης που κατασκευάστηκε ήταν θετικά μιας και σε διάρκεια 5 λεπτών η περιοχή των δειγμάτων που ακτινοβολήθηκε αποστειρώθηκε ολοκληρωτικά και δεν αναπτύχθηκε ο ιός μετέπειτα στην καλλιέργεια του. Το πείραμα αποστείρωσης έγινε με τον ιό *Streptococcus pneumoniae* οροτύπου 23β ο οποίος είναι πτητικός και αρκετά επιθετικός μιας και ευθύνεται για την δημιουργία πνευμονίας. Ο συγκεκριμένος τύπος ιού επιλέχθηκε επειδή η δομή του γενετικού υλικού του βρίσκεται σε καψίδιο και μοιάζει αρκετά στην δομή του κορονοϊού τύπου Covid-19. Η παρούσα φορητή συσκευή αποστείρωσης υπεριώδους ακτινοβολίας (UV-C) θα χρησιμοποιηθεί από το εργαστήριο οργανολογίας του τμήματος Μηχανικών Βιοϊατρικής του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής για να αποστειρώνει τα breadboards, τα πολύμετρα και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση των εργαστηριακών ασκήσεων των φοιτητών. Τα συγκεκριμένα ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά όργανα δεν είναι δυνατόν να αποστειρώνονται με υγρά αλκοολούχα ή χλωριούχα διαλύματα.

## Αναφορές – Πηγές

- [1] Wavelengths of Ultraviolet Radiation. (2021). U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sunsafety/wavelengths-ultraviolet-radiation>
- [2] Ozone Layer Protection | US EPA. (2021). U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/ozone-layer-protection>
- [3] Kowalski, W. (2009). Ultraviolet Germicidal Irradiation Handbook: UVGI for Air and Surface Disinfection. Springer.
- [4] Midura, T. F., & Boyd, T. K. (2014). Ultraviolet disinfection. In Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization (pp. 263-291). John Wiley & Sons.
- [5] Setlow, R. B. (2000). Sunlight and DNA damage to skin. In Human skin cancer, progression and metastasis (pp. 177-184). Springer.
- [6] Barbosa, M. C., La Ragione, R. M., & Woodward, M. J. (2000). Carcinogenic and mutagenic properties of ultraviolet radiation. Advances in molecular genetics of plant-microbe interactions, 2, 117-139.
- [7] Gerchman, Y., & Mamane, H. (2013). A review of UV technology for continuous water disinfection. Journal of environmental sciences, 25(11), 2103-2113.
- [8] DeLange, R. J. (2011). Ocular hazards of ultraviolet and blue-violet light. Eye and vision, 3(1), 26.
- [9] A. S. Elshafei et al. (2018). Amalgam UV lamps: review of their history, theory, and applications. Environmental Science and Pollution Research, 25(10), 9302-9317.
- [10] Atmel Corporation. "ATmega328P Microcontroller." Datasheet. 2015.
- [11] Arduino. "Arduino Uno Genuino Board." Technical specifications. <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
- [12] Arduino. "Digital Pins." <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>
- [13] <https://www.scribd.com/doc/225071065/MR007-005-1>
- [14] P. W. Atkins and J. de Paula, Physical Chemistry for the Life Sciences, 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2011.
- [15] A. Bhattacharya, S. K. Ghosh, and S. Mukhopadhyay, "A Review on the Different Techniques for Measuring Ultraviolet Radiation and their Applications," Journal of Luminescence, vol. 173, pp. 192-204, 2016.
- [16] J. R. Janesick, Scientific Charge-Coupled Devices, 2nd ed. Bellingham, WA: SPIE Press, 2001.

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 – Κώδικας συσκευής**

|  |
|--|
| 1. #include <LiquidCrystal.h>                                |
| 2. #include<EEPROM.h>  |
| 3. const int rs = 7, en = 6, d4 = 5, d5 = 4, d6 = 3, d7 = 2; |
| 4. LiquidCrystal lcd(rs, en, d4, d5, d6, d7);                |
| 5. const int stsp = analogRead(0);                           |
| 6. const int inc = analogRead(0);                            |
| 7. const int dec = analogRead(0);                            |
| 8. const int set = analogRead(0);                            |
| 9. const int buzz = 9;                                       |
| 10. const int relay = 8;                                     |
| 11. const int button =A1;                                    |
| 12. int led = 4;   |
| 13. int hrs = 0;   |
| 14. int Min = 0;   |
| 15. int sec = 0;   |
| 16. unsigned int check_val = 50;                             |
| 17. int add_chk = 0;   |
| 18. int add_hrs = 1;   |
| 19. int add_min = 2;   |
| 20. bool RUN = true;   |
| 21. bool min_flag = true;                                    |
| 22. bool hrs_flag = true;                                    |
| 23. void setup()   |
| 24. {  |
| 25. pinMode(button,INPUT);                                   |
| 26. pinMode(led,OUTPUT);                                     |
| 27. digitalWrite(led, LOW);                                  |
| 28. pinMode(buzz, OUTPUT);                                   |

|   |
|---|
| 29. digitalWrite(buzz, LOW);                        |
| 30. pinMode(relay, OUTPUT);                         |
| 31. digitalWrite(relay, HIGH);                      |
| 32. lcd.begin(16, 2);                               |
| 33. lcd.clear();                                    |
| 34. lcd.setCursor(0, 0);                            |
| 35. lcd.print("STERILIZATION");                     |
| 36. lcd.setCursor(0, 1);                            |
| 37. lcd.print("COUNTDOWN TIMER");                   |
| 38. lcd.clear();                                    |
| 39. if (EEPROM.read(add_chk) != check_val)          |
| 40. {   |
| 41. EEPROM.write(add_chk, check_val);               |
| 42. EEPROM.write(add_hrs, 0);                       |
| 43. EEPROM.write(add_min, 1);                       |
| 44. }   |
| 45. else  |
| 46. {   |
| 47. hrs = EEPROM.read(add_hrs);                     |
| 48. Min = EEPROM.read(add_min);                     |
| 49. }   |
| 50. delay(1500);                                    |
| 51. CheckButton2();                                 |
| 52. INIT();   |
| 53. }   |
| 54. void(* resetFunc) (void) = 0;                   |
| 55. void loop()                                     |
| 56. {   |
| 57. if (analogRead(A0)< 100 && analogRead(A0) >= 0) |

|   |
|---|
| 58. {   |
| 59. lcd.clear();                                    |
| 60. delay(250);                                     |
| 61. RUN = true;                                     |
| 62. while (RUN)                                     |
| 63. {   |
| 64. if (analogRead(A0)< 100 && analogRead(A0) >= 0) |
| 65. { CheckButton();                                |
| 66. delay(1000);                                    |
| 67. if (analogRead(A0)< 100 && analogRead(A0) >= 0) |
| 68. {   |
| 69. digitalWrite(relay, HIGH);                      |
| 70. lcd.clear();                                    |
| 71. lcd.setCursor(0, 0);                            |
| 72. lcd.print(" TIMER STOPPED");                    |
| 73. lcd.setCursor(0, 1);                            |
| 74. lcd.print("-----");                             |
| 75. delay(2000);                                    |
| 76. RUN = false;                                    |
| 77. INIT();   |
| 78. break;  |
| 79. }   |
| 80. }   |
| 81. digitalWrite(relay, LOW);                       |
| 82. digitalWrite(led, HIGH);                        |
| 83. sec = sec - 1;                                  |
| 84. delay(1000);                                    |
| 85. CheckButton();                                  |
| 86. if (sec == -1)                                  |

|                                   |
|-----------------------------------|
| 87. {                             |
| 88. sec = 59;                     |
| 89. Min = Min - 1;                |
| 90. }                             |
| 91. if (Min == -1)                |
| 92. {                             |
| 93. Min = 59;                     |
| 94. hrs = hrs - 1;                |
| 95. }                             |
| 96. if (hrs == -1) hrs = 0;       |
| 97. lcd.setCursor(0, 1);          |
| 98. lcd.print(" STERILIZING..."); |
| 99. lcd.setCursor(4, 0);          |
| 100.     tone(buzz,400);          |
| 101.     noTone(buzz);            |
| 102.     if (hrs <= 9)            |
| 103.     {                        |
| 104.         lcd.print('0');      |
| 105.     }                        |
| 106.     lcd.print(hrs);          |
| 107.     lcd.print(':');          |
| 108.     if (Min <= 9)            |
| 109.     {                        |
| 110.         lcd.print('0');      |
| 111.     }                        |
| 112.     lcd.print(Min);          |
| 113.     lcd.print(':');          |
| 114.     if (sec <= 9)            |
| 115.     {                        |



|      |  |
|------|--|
| 116. | lcd.print('0');                                |
| 117. | }  |
| 118. | lcd.print(sec);                                |
| 119. | if (hrs == 0 && Min == 0 && sec == 0)          |
| 120. | {  |
| 121. | digitalWrite(relay, HIGH);                     |
| 122. | lcd.setCursor(4, 0);                           |
| 123. | RUN = false;                                   |
| 124. | for (int i = 0; i < 20; i++)                   |
| 125. | {  |
| 126. | digitalWrite(buzz, HIGH);                      |
| 127. | delay(100);                                    |
| 128. | digitalWrite(buzz, LOW);                       |
| 129. | delay(100);                                    |
| 130. | digitalWrite(led, LOW);                        |
| 131. | }  |
| 132. | INIT();  |
| 133. | }  |
| 134. | }  |
| 135. | }  |
| 136. | if (analogRead(A0)<670 && analogRead(A0) >570) |
| 137. | {  |
| 138. | delay(500);                                    |
| 139. | while (min_flag)                               |
| 140. | {  |
| 141. | lcd.clear();                                   |
| 142. | lcd.setCursor(0, 0);                           |
| 143. | lcd.print("SET MINUTE: ");                     |
| 144. | lcd.print(Min);                                |

|      |   |
|------|---|
| 145. | delay(100);                                     |
| 146. | if (analogRead(A0)< 250 && analogRead(A0) >150) |
| 147. | {   |
| 148. | Min = Min + 1;                                  |
| 149. | if (Min >= 60) Min = 0;                         |
| 150. | delay(100);                                     |
| 151. | }   |
| 152. | if (analogRead(A0)< 470 && analogRead(A0) >370) |
| 153. | {   |
| 154. | Min = Min - 1;                                  |
| 155. | if (Min <= -1) Min = 0;                         |
| 156. | delay(100);                                     |
| 157. | }   |
| 158. | if (analogRead(A0)<670 && analogRead(A0) >570)  |
| 159. | {   |
| 160. | min_flag = false;                               |
| 161. | delay(250);                                     |
| 162. | }   |
| 163. | }   |
| 164. | while (hrs_flag)                                |
| 165. | {   |
| 166. | lcd.clear();                                    |
| 167. | lcd.setCursor(0, 0);                            |
| 168. | lcd.print("SET HOUR: ");                        |
| 169. | lcd.print(hrs);                                 |
| 170. | delay(100);                                     |
| 171. | if (analogRead(A0)< 250 && analogRead(A0) >150) |
| 172. | {   |
| 173. | hrs = hrs + 1;                                  |

|      |   |
|------|---|
| 174. | if (hrs > 23) hrs = 0;                          |
| 175. | delay(100);                                     |
| 176. | }   |
| 177. | if (analogRead(A0)< 470 && analogRead(A0) >370) |
| 178. | {   |
| 179. | hrs = hrs - 1;                                  |
| 180. | if (hrs <= -1) hrs = 0;                         |
| 181. | delay(100);                                     |
| 182. | }   |
| 183. | if (analogRead(A0)<670 && analogRead(A0) >570)  |
| 184. | {   |
| 185. | hrs_flag = false;                               |
| 186. | delay(250);                                     |
| 187. | }   |
| 188. | }   |
| 189. | if (hrs == 0 && Min == 0)                       |
| 190. | {   |
| 191. | lcd.clear();                                    |
| 192. | lcd.setCursor(0, 0);                            |
| 193. | lcd.print(" INVALID TIME");                     |
| 194. | delay(2000);                                    |
| 195. | }   |
| 196. | else  |
| 197. | {   |
| 198. | EEPROM.write(add_hrs, hrs);                     |
| 199. | EEPROM.write(add_min, Min);                     |
| 200. | }   |
| 201. | INIT());  |
| 202. | }   |

|      |                                |
|------|--------------------------------|
| 203. | }                              |
| 204. | void INIT()                    |
| 205. | { CheckButton2();              |
| 206. | hrs = EEPROM.read(add_hrs);    |
| 207. | Min = EEPROM.read(add_min);    |
| 208. | sec = 0;                       |
| 209. | lcd.clear();                   |
| 210. | lcd.setCursor(0, 0);           |
| 211. | lcd.print("Start / Set Time"); |
| 212. | lcd.setCursor(4, 1);           |
| 213. | digitalWrite(led, LOW);        |
| 214. | if (hrs <= 9)                  |
| 215. | {                              |
| 216. | lcd.print('0');                |
| 217. | }                              |
| 218. | lcd.print(hrs);                |
| 219. | lcd.print(':');                |
| 220. | if (Min <= 9)                  |
| 221. | {                              |
| 222. | lcd.print('0');                |
| 223. | }                              |
| 224. | lcd.print(Min);                |
| 225. | lcd.print(':');                |
| 226. | if (sec <= 9)                  |
| 227. | {                              |
| 228. | lcd.print('0');                |
| 229. | }                              |
| 230. | lcd.print(sec);                |

|      |  |
|------|--|
| 231. | min_flag = true;                         |
| 232. | hrs_flag = true;                         |
| 233. | delay(500);                              |
| 234. | }  |
| 235. | void CheckButton2()                      |
| 236. | {digitalWrite(led, LOW);                 |
| 237. | int CheckButtonPress2 = 0;               |
| 238. | while(1)                                 |
| 239. | {  |
| 240. | CheckButtonPress2 = digitalRead(button); |
| 241. | lcd.clear();                             |
| 242. | lcd.setCursor(0, 0);                     |
| 243. | lcd.print("CLOSE BOX");                  |
| 244. | lcd.setCursor(0, 1);                     |
| 245. | lcd.print("TO CONTINUE");                |
| 246. | digitalWrite(led, LOW);                  |
| 247. | delay(100);                              |
| 248. | digitalWrite(led, HIGH);                 |
| 249. | delay(100);                              |
| 250. | if(CheckButtonPress2 == HIGH)            |
| 251. | {  |
| 252. | lcd.clear();                             |
| 253. | lcd.setCursor(0, 0);                     |
| 254. | lcd.print("BOX IS CLOSED");              |
| 255. | delay(2000);                             |
| 256. | return;                                  |
| 257. | }  |
| 258. | }  |
| 259. | }  |

|      |  |
|------|--|
| 260. | void CheckButton()                       |
| 261. | {  |
|      |  |
| 262. | int CheckButtonPress2 = 0;               |
| 263. | CheckButtonPress2 = digitalRead(button); |
| 264. | if (CheckButtonPress2 == LOW)            |
| 265. | {  |
| 266. | digitalWrite(buzz, HIGH);                |
| 267. | delay(100);                              |
| 268. | digitalWrite(buzz, LOW);                 |
| 269. | delay(100);                              |
| 270. | digitalWrite(buzz, HIGH);                |
| 271. | delay(100);                              |
| 272. | digitalWrite(buzz, LOW);                 |
| 273. | delay(100);                              |
| 274. | digitalWrite(buzz, HIGH);                |
| 275. | delay(100);                              |
| 276. | digitalWrite(buzz, LOW);                 |
| 277. | delay(100);                              |
| 278. | digitalWrite(buzz, HIGH);                |
| 279. | delay(100);                              |
| 280. | digitalWrite(buzz, LOW);                 |
| 281. | delay(100);                              |
| 282. | digitalWrite(led, LOW);                  |
| 283. | lcd.clear();                             |
| 284. | lcd.setCursor(0, 0);                     |
| 285. | lcd.print("BOX OPENED");                 |
| 286. | delay(2000);                             |
| 287. | lcd.clear();                             |

|      |                               |
|------|-------------------------------|
| 288. | lcd.setCursor(0, 0);          |
| 289. | lcd.print("DURING");          |
| 290. | lcd.setCursor(0, 1);          |
| 291. | lcd.print("STERILIZATION");   |
| 292. | digitalWrite(led, LOW);       |
| 293. | delay(2000);                  |
| 294. | lcd.clear();                  |
| 295. | lcd.setCursor(0, 0);          |
| 296. | lcd.print("...RESETTING..."); |
| 297. | digitalWrite(led, LOW);       |
| 298. | delay(3000);                  |
| 299. | resetFunc();                  |
| 300. | }                             |
| 301. | }                             |