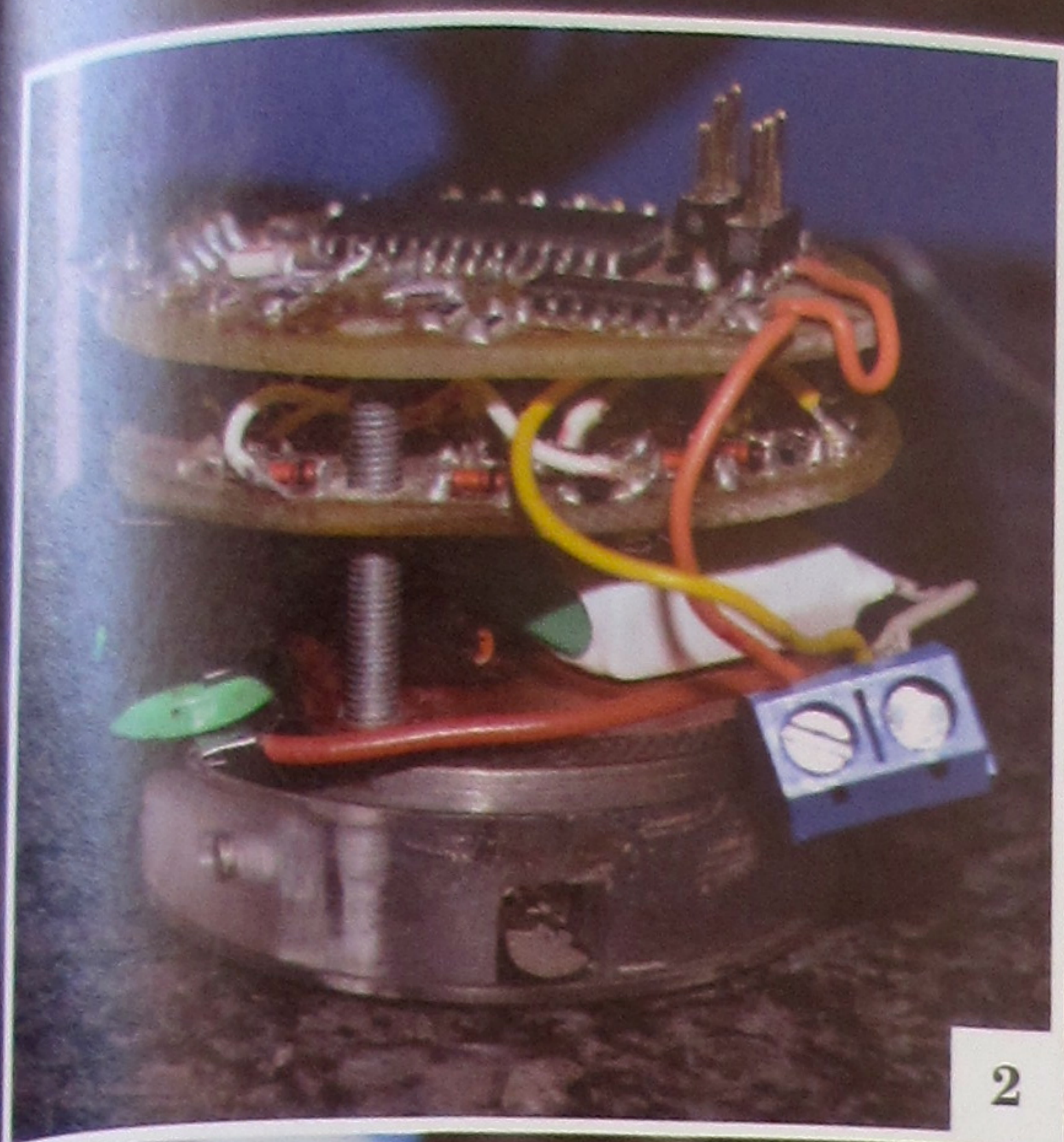
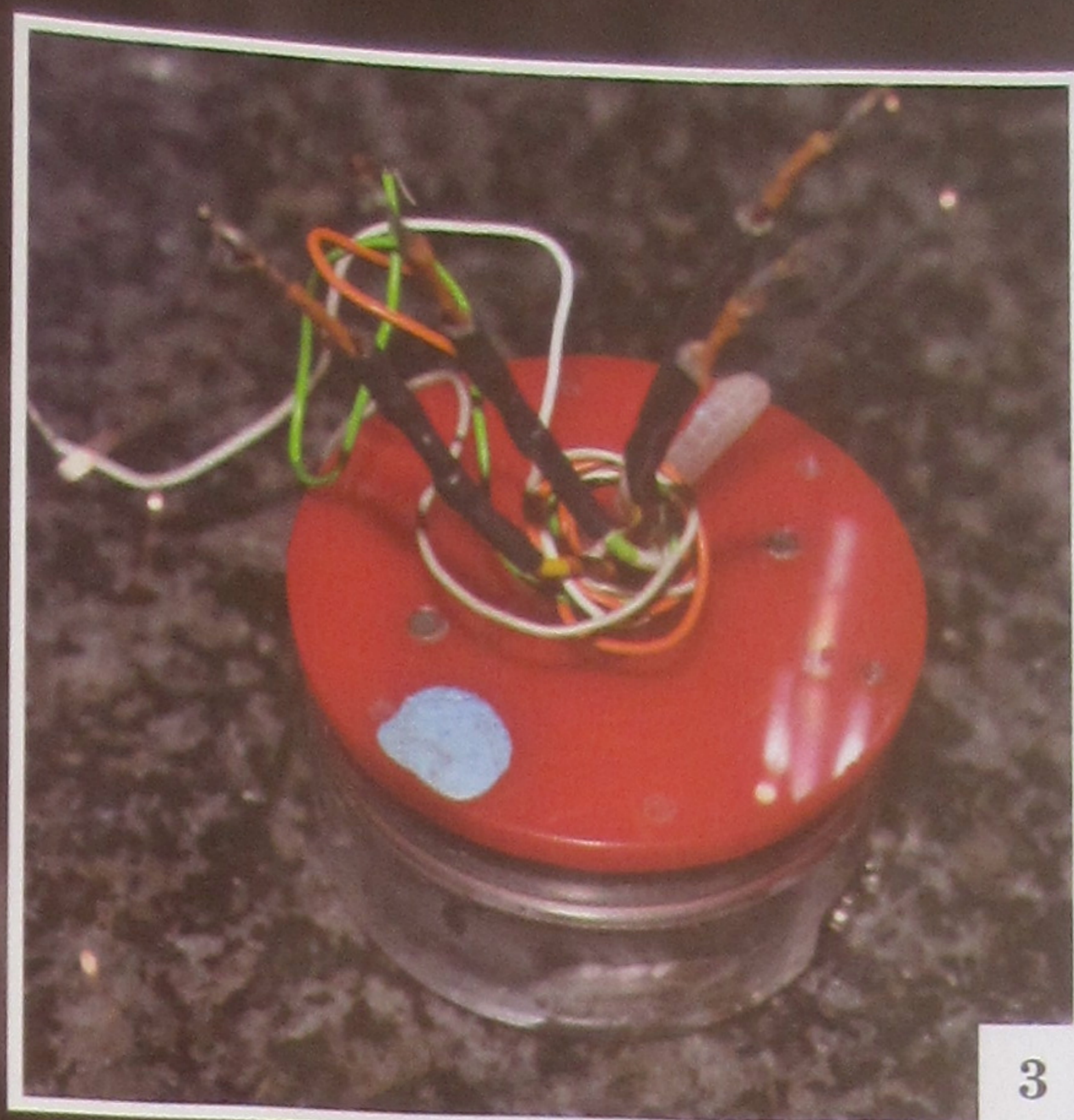


Λιλιπούτεια **ΡΟΠΗΟΤ**

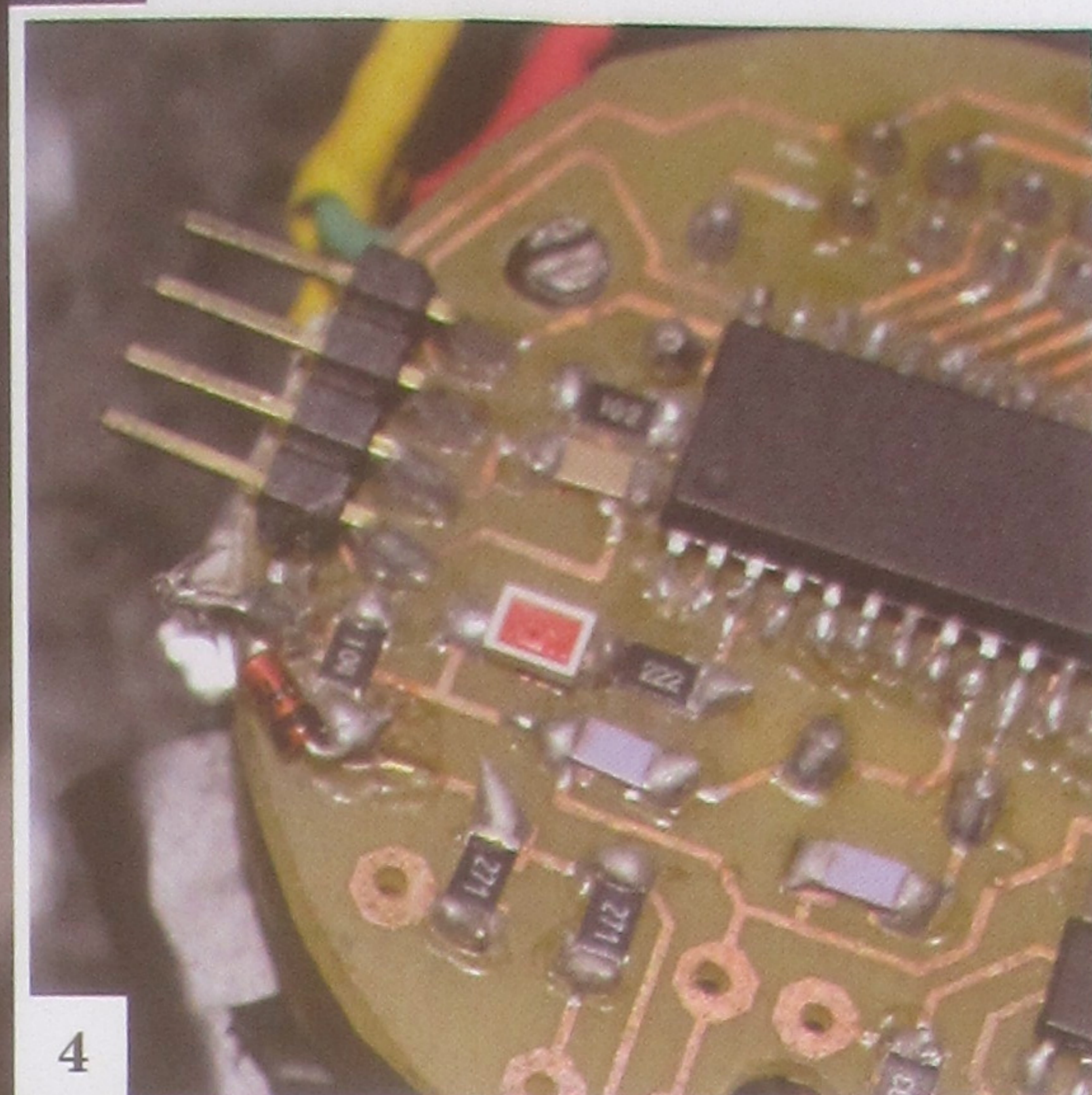
ΣΤΗΝ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑΣ



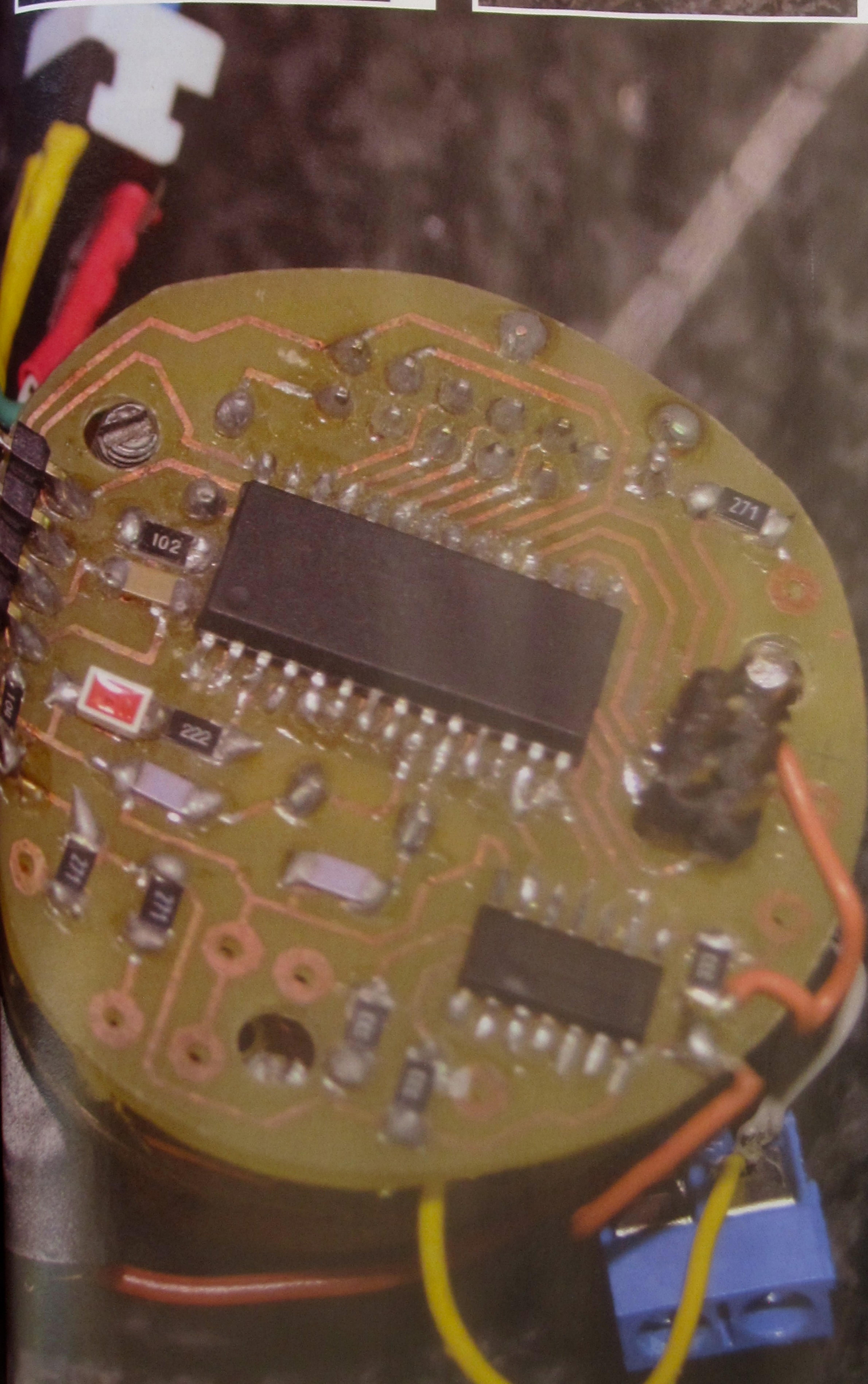
2



3



4



1

ΤΟΥ ΦΙΛΗ ΚΑΪΤΑΤΖΗ

Σκυμμένοι στον πάγκο εργασίας μοντάρουν τις ιδέες τους, συναρμολογούν τις γνώσεις τους, πειραματίζονται πάνω σε νέα δεδομένα, ερευνούν επιστημονικούς δρόμους που θα τους φέρουν πιο κοντά στην ολοκλήρωση ενός εκ των στόχων που έχουν θέσει: την αυτονομία μικρορομπότ, χωρίς πόδια ή ρόδες, με λιλιπούτειες διαστάσεις και μεγάλη κοινωνική προσφορά.

Αυτό τον καιρό εργάζονται προς την κατεύθυνση αυτή, έτσι ώστε ο χειριστής να δίνει την εντολή «υψηλού επιπέδου» και το μικρορομπότ να την εκτελεί υπό την επίβλεψη μόνο του χειριστή.

Αν σας ακούγεται παράξενα όλο αυτό, ο Ευάγγελος Παπαδόπουλος, καθηγητής στη σχολή Μηχανολόγων - Μηχανικών, Εργαστήριο Αυτόματης Ρομποτικής, του Εθνικού Μετσόβιου

1. Κάτοψη των δύο μικρορομπότ. Δεξιά στη φωτογραφία είναι το πρώτο που κατασκευάστηκε και είναι ενεργειακά και επικοινωνιακά αυτόνομο. Αυτό στα αριστερά είναι δεύτερης γενιάς και περιμένει την πηλαγέτα με τις τηλεπικοινωνίες.

2-4. Λεπτομέρειες από το μικρορομπότ.

Πολυτεχνείου, εξηγεί: «Εντολή υψηλού επιπέδου στο μικρορομπότ σημαίνει βιολογικές διεργασίες πολύ λεπτές, όπως αφαίρεση υλικού από ένα κύτταρο, έγχυση σε έμβρυα ψαριών (π.χ. φωσφορίζοντος υγρού για παρακολούθηση ανάπτυξης της καρδιάς σε έρευνα κατά του καρκίνου), αφαίρεση DNA για μελέτη, διέγερση νευρώνων με ηλεκτρική τάση σε κάποιο σημείο από ένα ρομπότ και λήψη της απόκρισης της διέγερσης σε άλλο σημείο από άλλο μικρορομπότ, μεταφορά κυττάρων από αποθήκευση στο σημείο μελέτης και πόσα άλλα...

»Στα πειράματα με τα ψάρια χρησιμοποιούμε γονιμοποιημένα ωάρια από Zebrafish, που προμηθευόμαστε από το Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών της Ακαδημίας Αθηνών.

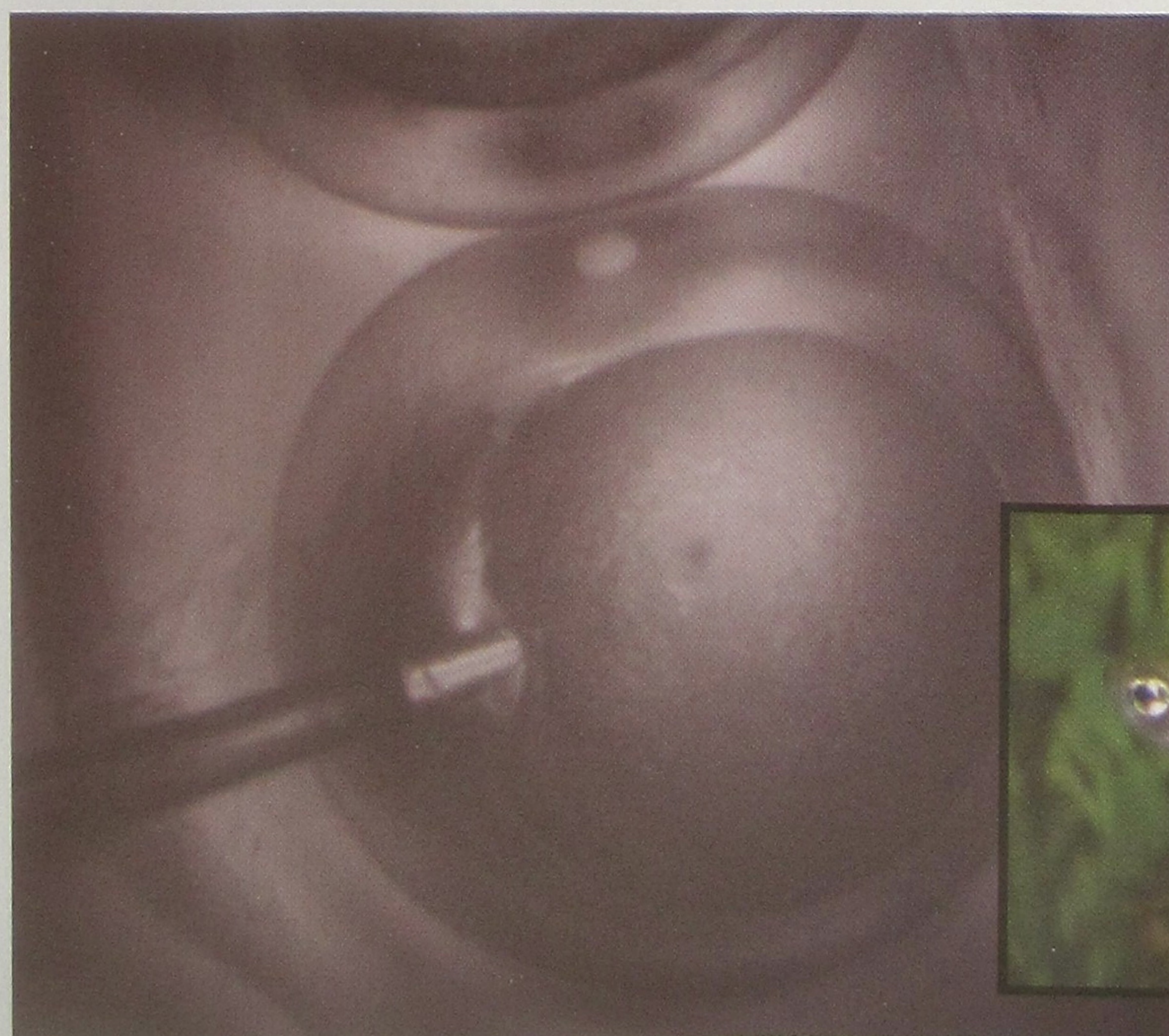
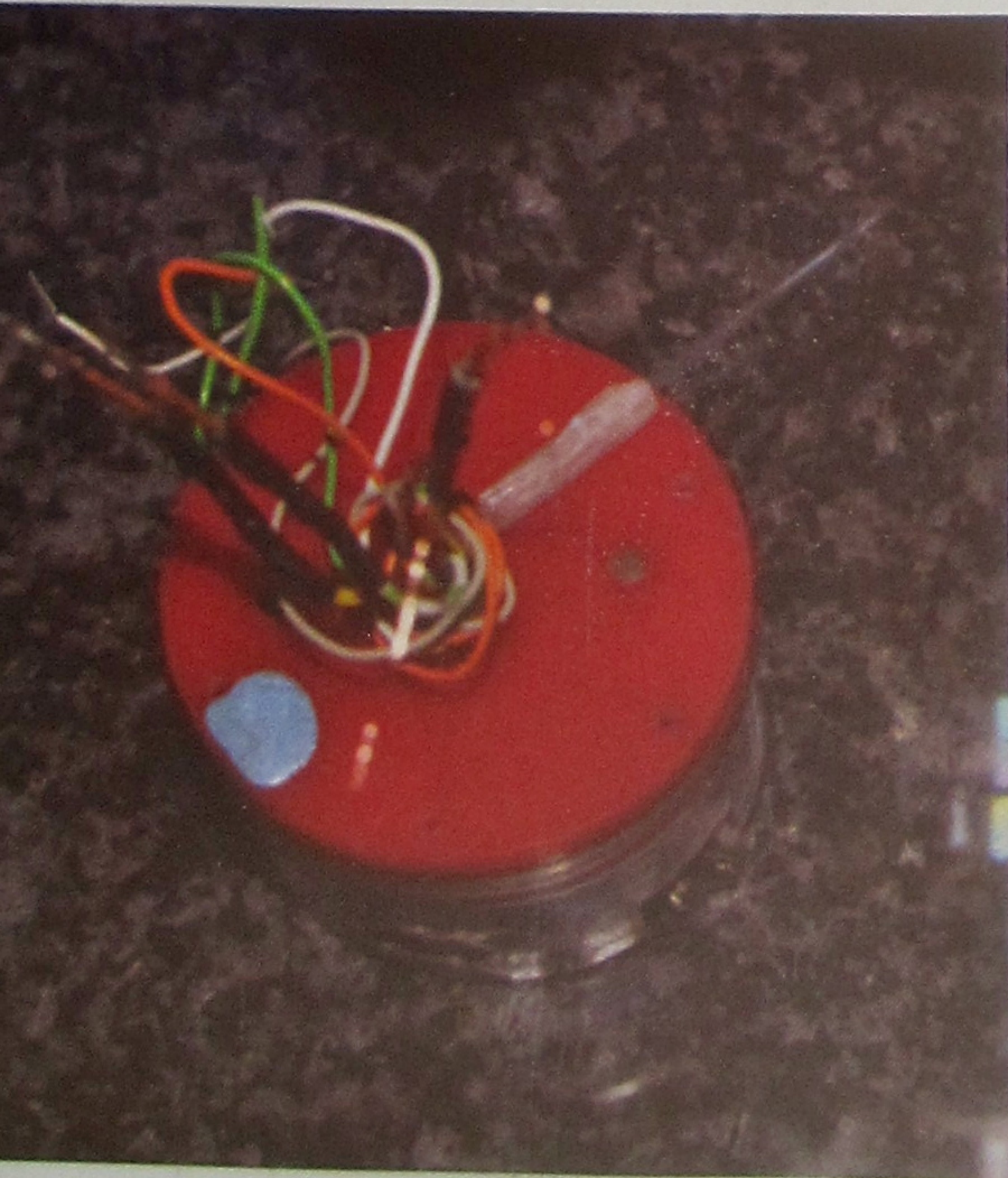
»Είμαστε μια ομάδα και στην παρούσα εργασία μελετάμε ένα διεθνώς πρωτότυπο μηχανισμό κίνησης μικρορομπότ, ο οποίος, σε αντίθεση με τη συνηθισμένη πρακτική, δεν βασίζεται σε πιεζοηλεκτρικά στοιχεία. Ο μηχανισμός αυτός εκμεταλλεύεται φυγόκεντρες δυνάμεις, που παράγονται από μικροκινητήρες με μικρά έκκεντρα εγκαταστημένα στο μικρορομπότ. Οι μικροκινητήρες βρίσκονται εσωτερικά στο σώμα του μικρορομπότ, το οποίο στηρίζεται σε τρία χαλύβδινα σφαιρίδια – δεν υπάρχουν τροχοί ή άλλα κινούμενα μέρη στη βάση του».



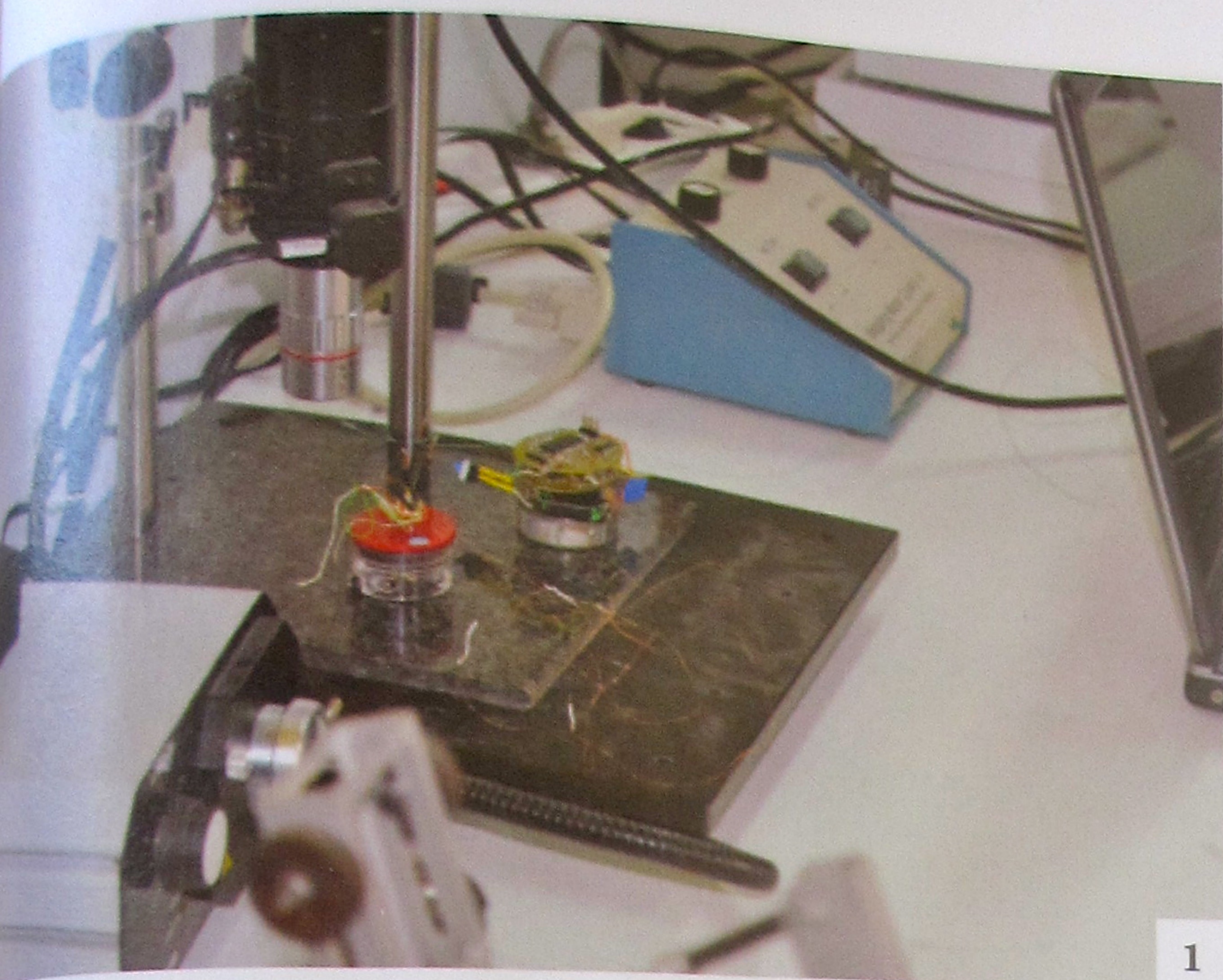
Δύο μικρορομπότ στο φυσικό περιβάλλον εργασίας τους. Κινούνται επάνω σε τράπεζα από γρανίτη και κάτω από βιντεομικροσκόπιο. Η εικόνα που δίνει το μικροσκόπιο εμφανίζεται σε οθόνη υπολογιστή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να οδηγήσει τη βελόνα των μικρορομπότ στο επιθυμητό σημείο.

Το σπουδαίο είναι ότι «σε απλή μορφή, η δυναμική αυτού του μηχανισμού κίνησης εμφανίζεται σε ένα κινητό τηλέφωνο, όταν αυτό βρίσκεται σε κατάσταση δόνησης και “περπατάει” στο τραπέζι. Η ιδέα, πάντως, γι’ αυτή τη μέθοδο κίνησης μας δόθηκε από μία άλλη έρευνα, όπου το ζητούμενο ήταν να ακυρώσουμε την κίνηση μικρών πλυντηρίων από το “περπάτημα” που κάνουν όταν σύβουν».

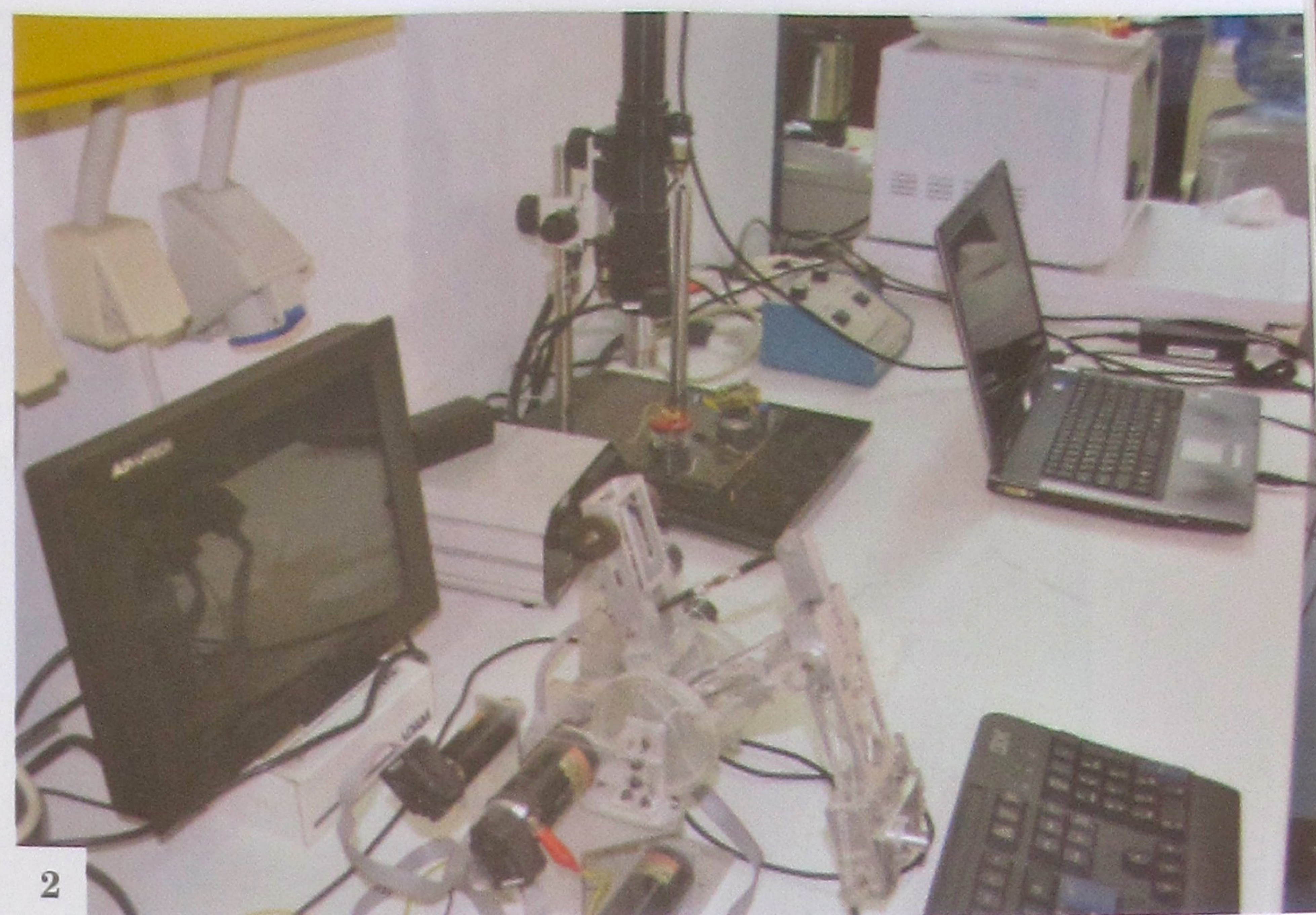
Αυτό που ώθησε την ομάδα του καθηγητή Παπαδόπουλου –μάστερ και διδακτορικό MIT, αργότερα λέκτορας στο ίδιο πανεπιστήμιο και στη συνέχεια, πριν έρθει στην Ελλάδα, επίκουρος στο McGill του Καναδά– προς την κατεύθυνση που μας περιγράφει ήταν ότι «τα τελευταία χρόνια η επεξεργασία κυττάρων, ιστών και πρωτεϊνών ή η συναρμολόγηση μικρομηχανισμών πάνω σε τσιπ οδηγούν στην ανάγκη για μικροχειρισμούς πολύ μεγάλης ακρίβειας και ανάλυσης. Αυτή η διαδικασία μπορεί να γίνει από εξειδικευμένο χειριστή, με κατάλληλα εργαλεία, ή από σταθερούς ρομποτικούς βραχίονες, με μεγάλη ακρίβεια. Όμως αυτή η μέθοδος έχει το μειονέκτημα της χαμηλής παραγωγικότητας, της μικρής πιθανότητας επιβίωσης κυττάρων ή επιτυχίας συναρμολόγησης, των μεγάλων χρόνων εκπαίδευσης και του μικρού αριθμού έμπειρων χειριστών. Υπάρχει μία ακόμα μέθοδος, που



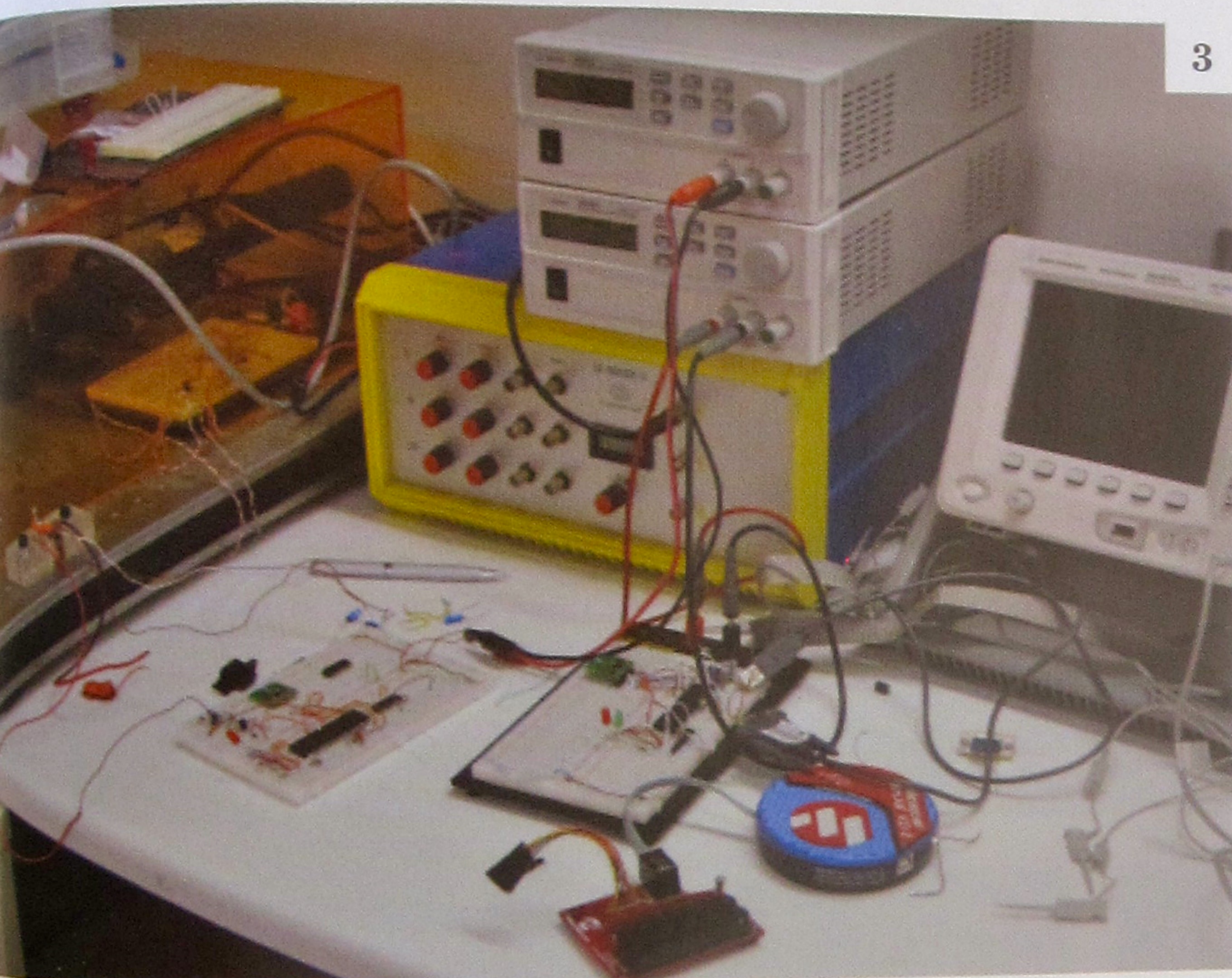
Αριστερά διακρίνεται η βελόνα που είναι προσαρμοσμένη στο μικρορομποτικό μηχανισμό και στη μεσαία φωτογραφία εισχωρεί σε έμβρυο του ψαριού Zebrafish. Τα κύτταρα του ψαριού απεικονίζονται με γκρι σκούρο χρώμα, καθώς είναι κάτω από το μικροσκόπιο. Δεξιά, ένα Zebrafish.



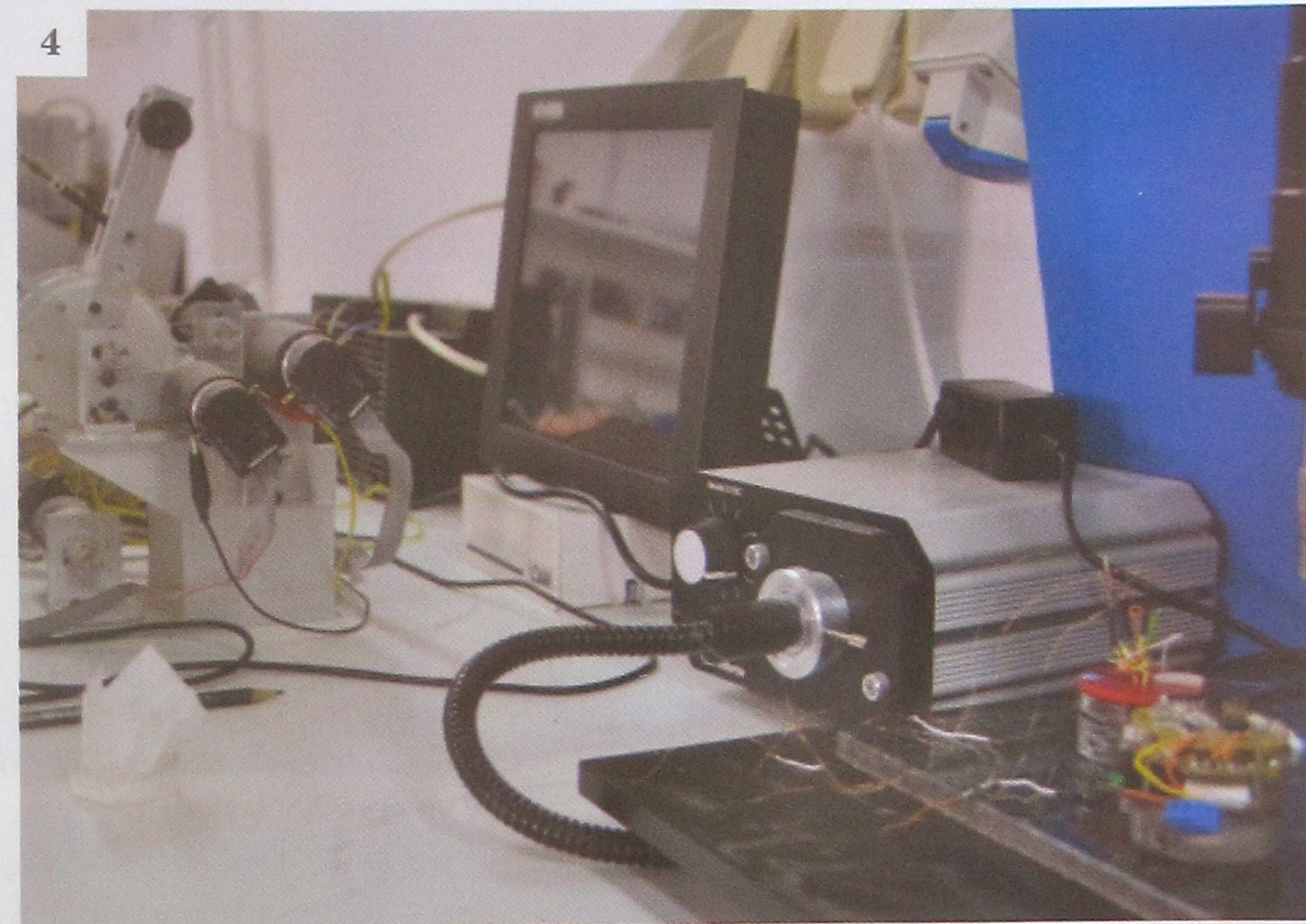
1



2



3



4

αντιμετωπίζει μεν τα μειονεκτήματα της πρώτης, αλλά τα σταθερά ρομπότ είναι πολύ ακριβά, ακίνητα σε ορισμένες θέσεις, καταλαμβάνουν, δε, μεγάλο όγκο σε σχέση με το χώρο εργασίας τους και είναι πολύ δύσκολο να συνεργαστούν μεταξύ τους».

Για το λόγο αυτό, λοιπόν, «τα ημιαυτόνομα και συνεργαζόμενα μικρορομπότ με δική τους κίνηση, που εργάζονται σε περιορισμένους χώρους εργασίας, όπως, για παράδειγμα, εκείνου κάτω από μικροσκόπια, με μεγάλη ακρίβεια κίνησης, με κατάλληλα αισθητήρια και μικροσκοπικά εργαλεία, μπορούν να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι δύο μέθοδοι που ανέφερα».

Στο σχεδιαστικό κομμάτι, «ιδιαίτερη πρόκληση –στα κινούμενα μικρορομπότ– αποτελεί ο μηχανισμός κίνησης που χρησιμοποιούν. Αυτός

καθορίζει την ακρίβεια μετατόπισης του μικρορομπότ, την πολυπλοκότητα των τηλεφωνικών κυκλωμάτων, τις διαστάσεις και την ενεργειακή αυτονομία του. Οι μηχανισμοί κίνησης που έχουν επικρατήσει χρησιμοποιούν –όπως σας προανέφερα– πιεζοηλεκτρικά στοιχεία. Εμείς, όμως, δεν βασιζόμαστε σε αυτά, καθώς παρουσιάζουν λειτουργικά προβλήματα, για παράδειγμα θέρμανσης και αναπήδησης, και δεν διευκολύνουν τη σμίκρυνση και την αυτονομία των κινούμενων μικρορομποτικών συστημάτων».

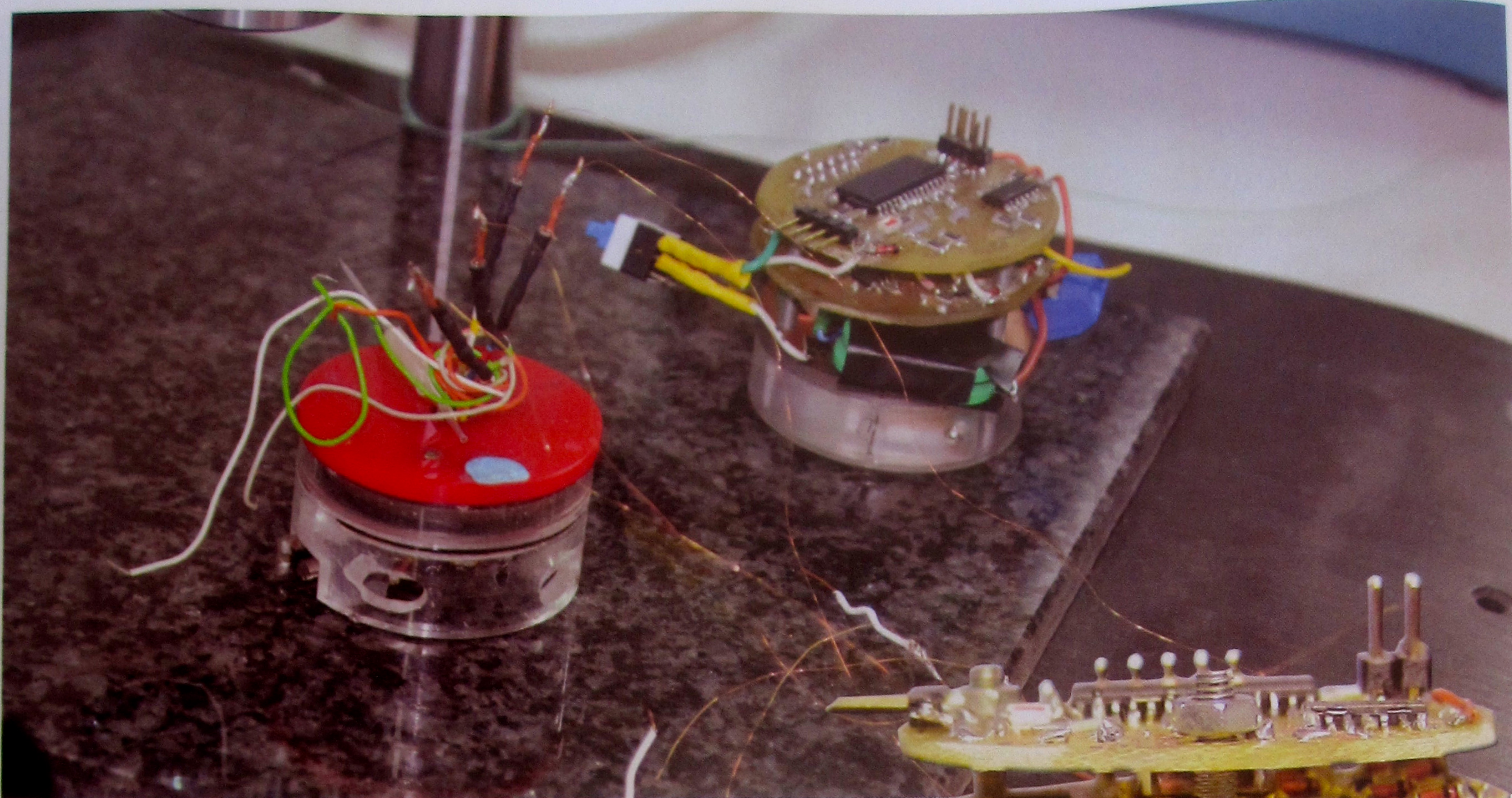
«Τα ρομποτάκια που κατασκευάζουμε», λέει ο καθηγητής, «έχουν δύο ή τρεις μικροκινητήρες με έκκεντρα και τις οδηγήσεις τους, ασύρματο σύστημα τηλεπικοινωνιών για να δέχονται εντολές και να επιστρέφουν. Επίσης, έχουμε προσαρμόσει βελόνη που μπορεί να τρυπήσει ένα κύτταρο και να μετρήσει τη δύναμη κατά τη

1. Τα δύο μικρορομπότ με το βιντεομικροσκόπιο από επάνω τους. Σε πρώτο πλάνο, η συσκευή για το φωτισμό της εικόνας του βιντεομικροσκοπίου, ενώ σε τρίτο πλάνο (μπλε κουτί) η συσκευή για την αυτοματοποιημένη εστίαση του βιντεομικροσκοπίου στο ύψος της βελόνας.

2. Αποψη του εργαστηρίου. Σε πρώτο πλάνο, οπτικός μηχανισμός για την εκπαίδευση οφθαλμικών χειρουργών. Στο βάθος, τα μικρορομπότ και ο υπολογιστής που συνδέεται με το βιντεομικροσκόπιο για τη λήψη του video stream.

3. Ανάπτυξη ηλεκτρονικής πλακέτας για τις τηλεπικοινωνίες των μικρορομπότ. Υπάρχουν δύο breadboard. Το ένα συνδέεται με υπολογιστή, ενώ το άλλο, αφού σμικρυνθεί, προσαρμόζεται στο μικρορομπότ.

4. Τα μικρορομπότ στο χώρο εργασίας. Αριστερά συσκευή για το φωτισμό της εικόνας του βιντεομικροσκοπίου.



διεργασία, την οποία στέλνει ασύρματα σε ένα χειριστήριο με ανάδραση δυνάμεων, και τροφοδοσία από μικρομπαταρίες (Ni-MH), με ενεργειακή αυτονομία της τάξης της ώρας. Ο χειριστής τους έχει οπτική ανάδραση από κάμερα πάνω από τον ευρύτερο χώρο εργασίας και από μικροσκόπιο πάνω από το χώρο όπου βρίσκεται η εργασία (π.χ. κύτταρο) ή ο μικρομηχανισμός».

Ένα παράδειγμα συνεργασίας μικρορομπότ είναι και επάνω στα MEMS (Micro Electro Mechanical Systems): «Ηλεκτρονικά τσιπ, δηλαδή, με κινούμενα μέρη, όπως, για παράδειγμα, τα επιταχυνσιόμετρα που χρησιμοποιούνται σε αερόσακους αυτοκινήτων και είναι MEMS. Η κατασκευή τους απαιτεί συχνά την προσθήκη εξαρτημάτων από υλικά διαφορετικά από αυτά του τσιπ και, συνεπώς, αυτά πρέπει να συναρμολογηθούν».

Τα κινούμενα μικρορομπότ θα μπορούν να φέρουν σε πέρας και μικροχειρισμούς μικροαντικειμένων μικροσυναρμολόγησης για «εργαστάσιο επάνω σε γραφείο» (desktop factory) ή σε τσιπ (factory on a chip), την κατασκευή νέων υλικών και νέων μικροεξαρτημάτων (desktop

manufacturing with micro-robot swarm – σμήνος, δηλαδή, από μικρορομπότ και μια αποδοτική κατασκευή με συνεργασία από μικρορομπότ).

Η ομάδα που εργάζεται για την αυτονομία των μικρορομπότ αλλά και την εξέλιξη των λειτουργιών που πρέπει να επιτελούν είναι: τέσσερις σπουδαστές, από τους οποίους δύο εκπόνησαν τη μεταπτυχιακή τους εργασία, οι Γ. Σούλης και Κ. Μουγιάκος, ένας τη διδακτορική του διατριβή, ο Π. Βαρθολομαίος, και ένας είναι μεταδιδασκτορικός ερευνητής, ο Κ. Βλάχος. Ένας ακόμα, ο Χ. Δημητρόπουλος, εκπονεί τη διπλωματική του εργασία.

Έως τώρα έχουν προκύψει εννέα δημοσιεύσεις σε έγκριτα ξένα επιστημονικά περιοδικά και διεθνή συνέδρια υψηλότερων προδιαγραφών και έχουν ήδη αποσπάσει πολλές αναφορές από άλλους ερευνητές. Στο στάδιο της υποβολής βρίσκονται και άλλες δημοσιεύσεις.

Στο εργαστήριο, εκτός από το μυαλό που καταθέτουν κάθε μέρα, οι εργασίες γίνονται με κατσαβίδια, λαβίδες, πένσες, κόλλες, παλμογράφους, βολτόμετρα, πολύμετρα, φορτωτές μπαταριών, αυτόματο κέντρο κατερ-

Τα δύο μικρορομπότ αποτελούνται από πάρα πολλή διαφορετικά στοιχεία και υλικά: πλαστικά μέρη, τεμάχια αλουμινίου, πλέξιγκλας, χάλυβα, μπαταρία λιθίου, καλώδια, πλακέτες, μικροελεγκτή, μικροκινητήρες, ηλεκτρονικά μέτρησης δύναμης, ηλεκτρονικά οδηγούς και ηλεκτρονικά τηλεπικοινωνιών.

γασιών τεσσάρων αξόνων (φρέζα), ειδικό μηχάνημα που φτιάχνει ηλεκτρονικές πλακέτες, μικροσκόπιο κ.ά. Σκοπός, να φέρουν εις πέρας το πολυπόθητο αποτέλεσμα: «Τους “μπόμπιρες” μικρορομπότ που θα εκτελούν με ακρίβεια αυτό που τους λέμε», τονίζει ο καθηγητής. «Για μας η προσπάθεια συνεχίζεται έως ότου δικαιωθούμε».

Μέσα στον... πανικό, ξεχάσαμε να σας πούμε ότι το ύψος των μικρορομπότ είναι 2,5 έως 3 εκατοστά και η ταχύτητά τους ένα χιλιοστό ανά δευτερόλεπτο. Κάθε βηματάκι είναι της τάξης ενός μικρού χιλιοστού το χιλιοστό: ένα μικρό βηματάκι, αλλά ένα μεγάλο άλμα στην υπηρεσία της κοινωνίας του ανθρώπου. «Η έρευνα συνεχίζεται». ■