

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση


## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

### 14°

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες  
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου




12-14 Απριλίου 2025

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ  
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ**

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr



**Φωτογραφίζοντας το Αόρατο. Οι Θερμικές Κάνερες σε Σχολικές Εργαστηριακές Δραστηριότητες**

*Παναγιώτης Λάζος, Κωνσταντίνος Χαλκιαδάκης*

doi: [10.12681/codiste.9824](https://doi.org/10.12681/codiste.9824)

## Φωτογραφίζοντας το Αόρατο. Οι Θερμικές Κάμερες σε Σχολικές Εργαστηριακές Δραστηριότητες

Παναγιώτης Λάζος<sup>1</sup> και Κωνσταντίνος Χαλκιαδάκης<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD Φυσικός, <sup>2</sup>MEd Φυσικός,

<sup>1</sup>Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ηλιούπολης,

<sup>2</sup>Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ρεθύμνου,

<sup>1</sup>*taklazos@gmail.com*, <sup>2</sup>*chalkia.duck@gmail.com*

### Περίληψη

Οι θερμικές κάμερες ή κάμερες υπέρυθρου είναι συσκευές οι οποίες μπορούν να παράγουν μια εικόνα του περιβάλλοντος με βάση την ένταση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που τα σώματα εκπέμπουν. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπουν την οπτικοποίηση θερμοκρασιακών διαφορών. Μέσω της οπτικοποίησης σε πραγματικό χρόνο μπορούν να προσεγγιστούν με ελκυστικό τρόπο θέματα που δύσκολα μπορούν να μελετηθούν ποιοτικά με κλασσικά εργαλεία όπως το θερμόμετρο. Στο εργαστήριο θα παρουσιαστούν δραστηριότητες που αφορούν στην αγωγιμότητα, στη διατήρηση, τη μεταφορά και υποβάθμιση της ενέργειας, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα κ.α. που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μαθήματα των Φυσικών επιστημών στην Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

**Λέξεις κλειδιά:** Θερμική κάμερα, θερμότητα, υπέρυθρη ακτινοβολία

## Photographing the Invisible. Thermal Cameras in School Laboratory Activities

Panagiotis Lazos<sup>1</sup> and Konstantinos Chalkiadakis<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PhD Physics Teacher, <sup>2</sup>MEd Physics Teacher,

<sup>1</sup>Laboratory Center of Natural Sciences of Ilioupolis,

<sup>2</sup>Laboratory Center of Natural Sciences of Rethymnon,

<sup>1</sup>*taklazos@gmail.com*, <sup>2</sup>*chalkia.duck@gmail.com*

### Abstract

Thermal or IR cameras are devices that can produce an image of the environment based on the intensity of the infrared radiation that bodies emit. In this way they allow the visualisation of temperature differences. Through real-time visualisation, subjects that are difficult to study qualitatively with traditional tools such as the thermometer can be approached in an attractive way. In the workshop, activities will be presented on conduction, conservation, energy transfer and degradation, the electromagnetic spectrum, etc. that can be used in secondary school science lessons.

**Keywords:** heat, infrared radiation, thermal camera

### Εισαγωγή

Οι θερμικές κάμερες ή κάμερες υπέρυθρου (IR-cameras) είναι συσκευές που λειτουργούν με αισθητήρες ευαίσθητους στο υπέρυθρο. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούν μια εικόνα του περιβάλλοντος (ή και απόσπασμα βίντεο) αποδίδοντας σε μια κλίμακα με ψευδοχρώματα τις διαφορετικές τιμές της έντασης της υπέρυθρης ακτινοβολίας που λαμβάνουν από τα σώματα του περιβάλλοντος.

Κάθε σώμα του περιβάλλοντός μας εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που τα χαρακτηριστικά της εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του, και βρίσκεται κυρίως στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος. Η θερμική κάμερα ανιχνεύει αυτή την ακτινοβολία και υπολογίζει τη θερμοκρασία με βάση τη θεωρία του «μέλανος σώματος».

Οι περισσότερες θερμικές κάμερες δουλεύουν στο υπέρυθρο φάσμα 8–14  $\mu\text{m}$ , που είναι ιδανικό για μετρήσεις θερμοκρασίας σε καθημερινά υλικά. Η συμπεριφορά όμως των πραγματικών σωμάτων ενδέχεται να διαφέρει πολύ από το εξιδανικευμένο μέλαν σώμα της θεωρίας, το οποίο έχει τη μεγαλύτερη εκπομπή ακτινοβολίας. Για να είναι έγκυροι οι υπολογισμοί χρησιμοποιούμε έναν διορθωτικό παράγοντα, την εκπεμπτικότητα των σωμάτων (emissivity) που αντιστοιχεί στο ποσοστό της ακτινοβολίας του μέλανος σώματος που εκπέμπει το πραγματικό υλικό. Έτσι αν π.χ  $\varepsilon = 1$  τότε το σώμα συμπεριφέρεται σαν «τέλειο» μέλαν σώμα ενώ αν  $\varepsilon = 0,1$  τότε το σώμα εκπέμπει το 10% της ακτινοβολίας που θα εξέπεμπε το μέλαν σώμα στην ίδια θερμοκρασία. Οι θερμικές κάμερες επιτρέπουν στον χρήστη να μεταβάλλει την τιμή της εκπεμπτικότητας ώστε να γίνει η διόρθωση που απαιτείται στον υπολογισμό της θερμοκρασίας. Από τα σώματα της καθημερινότητας τα γυαλισμένα μέταλλα έχουν πολύ μικρή εκπεμπτικότητα ( $\varepsilon < 0,1$ ).

Οι θερμικές κάμερες χρησιμοποιούνται εδώ και πολλά χρόνια σε πλήθος διαφορετικών εφαρμογών, από τον έλεγχο της θερμικής μόνωσης κτιρίων μέχρι την νυχτερινή όραση σε στρατιωτικές εφαρμογές. Τα τελευταία χρόνια έχουν κατασκευαστεί θερμικές κάμερες σαν εξαρτήματα κινητών τηλεφώνων. Η παραλλαγή αυτή έχει πολλά πλεονεκτήματα που σε συνδυασμό με την οικονομικότερη τιμή τους βρίσκει εφαρμογή εδώ και μερικά χρόνια και στα σχολικά εργαστήρια. Στην εκπαίδευση χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μελέτη φαινομένων που σχετίζονται με τη μεταφορά θερμότητας, την αγωγιμότητα, την υποβάθμιση της ενέργειας, το φαινόμενο Joule στον ηλεκτρισμό, τη θερμοκρασία κ.λ.π

Η οπτικοποίηση των θερμοκρασιακών διαφορών που προσφέρουν οι θερμικές κάμερες επιτρέπει την προσέγγιση θεμάτων όπως τη διατήρηση της ενέργειας κάνοντας ορατές μικροσκοπικές θερμοκρασιακές διαφορές, σε φαινόμενα μεταφορά ενέργειας που είναι δύσκολο να παρατηρηθούν με άλλο τρόπο (Netzell et al., 2017).

Εκτός από τα θερμικά φαινόμενα όμως οι θερμικές κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για την παρουσίαση φαινομένων οπτικής, αφού στην πράξη αποτελούν όργανα καταγραφής ακτινοβολίας. Η υπέρυθη ακτινοβολία είναι ηλεκτρομαγνητικό κύμα έτσι ανακλάται, διαθλάται και απορροφάται καθώς διέρχεται μέσα από υλικά (Wong & Subramaniam, 2019).

Σε ένα επόμενο επίπεδο έχει προταθεί η αξιοποίηση των θερμικών καμερών ως εργαλείων μέσω του οποίου οι μαθητές μπορούν να μάθουν σύγχρονα θέματα Φυσικής χρησιμοποιώντας τη γνώση σχετικά με την λειτουργία της, όπως π.χ το φαινόμενο του μέλανος σώματος (Planinšič, et al., 2022).

## Περιγραφή των δραστηριοτήτων

Οι δραστηριότητες που παρουσιάστηκαν εντάσσονται στο μάθημα της Φυσικής, μπορούν δε να πραγματοποιηθούν τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση πλαισιωμένες με διαφορετικούς εκπαιδευτικούς στόχους. Από αυτές οι τέσσερις πρώτες αφορούν την ενέργεια, την μεταφορά και τις μετατροπές της ενώ οι δύο τελευταίες αφορούν κυματικές ιδιότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας οι οποίες πολύ συχνά είναι πηγές σφαλμάτων στις μετρήσεις θερμοκρασίας.

### 1. Μετατροπές της μηχανικής ενέργειας σε θερμική

Μία απλή δραστηριότητα για την ανάδειξη της φυσικής σημασίας του έργου της τριβής ολίσθησης είναι η βιντεοσκόπηση ή φωτογράφιση της ολίσθησης ενός σώματος πάνω στο πάτωμα ή σε έναν πάγκο με στόχο να γίνει ορατή η αύξηση της θερμοκρασίας τόσο στην

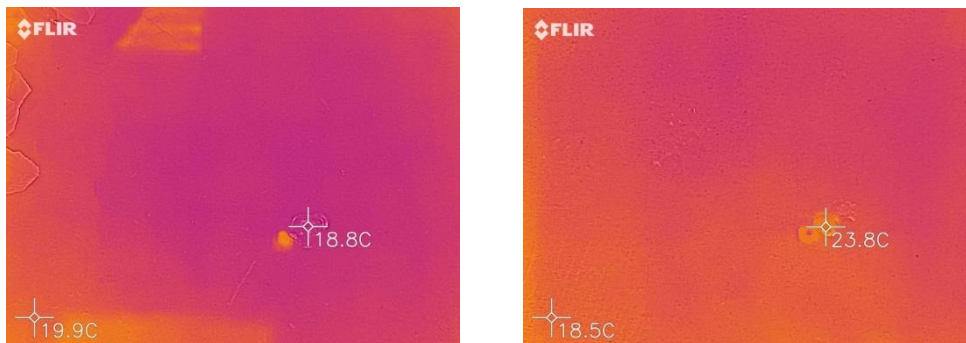
περιοχή από την οποία διέρχεται το σώμα όσο και στο ίδιο το σώμα (Εικόνα 1 ) (Haglund et al., 2015· Vollmer et al., 2001).

**Εικόνα 1.** Μεταβολή της θερμοκρασίας σε πάγκο εξαιτίας της τριβής ολίσθησης



Σε μία δεύτερη δραστηριότητα ένα μολύβδινο βαρίδι αφήνεται να πέσει δέκα συνεχόμενες φορές από ύψος περίπου 1 m. Στο βαρίδι έχει δεθεί ένα μικρό νήμα ώστε να ο πειραματιστής να το επαναφέρει στο αρχικό ύψος χωρίς να το αγγίζει. Οι φωτογραφίες πριν και μετά τις δέκα πτώσεις δείχνουν αύξηση της θερμοκρασίας του, η οποία οφείλεται σε μετατροπή μέρους της κινητικής ενέργειας σε θερμική ενέργεια εξαιτίας της πλαστικής παραμόρφωσης του σώματος (Εικόνα 2) (Haglund et al., 2015).

**Εικόνα 2.** Μεταβολή της θερμοκρασίας ενός σώματος εξαιτίας της πρόσκρουσής του στο έδαφος



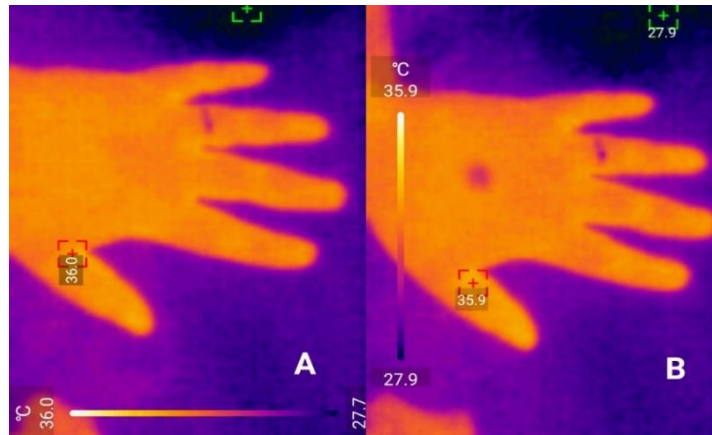
## 2. Ψύξη από την εξάτμιση ενός υγρού

Είναι γνωστή στους μαθητές η αίσθηση της μείωσης της θερμοκρασίας όταν οινόπνευμα ή κάποιο άλλο πτητικό υγρό πέσει πάνω στα χέρια τους. Η αιτία είναι ότι το υγρό εξατμίζεται απορροφώντας θερμότητα από το περιβάλλον του και η θερμοκρασία του σώματος, που είναι σε επαφή με το υγρό, ελαττώνεται (Káconský, 2018). Η μείωση αυτή της θερμοκρασίας μπορεί να γίνει εύκολα ορατή αν ρίξουμε λίγο οινόπνευμα στο χέρι μας. Αυτό φαίνεται στην Εικόνα 3 όπου έχουμε δύο θερμικές καταγραφές ενός χεριού: χωρίς οινόπνευμα στα αριστερά και με μία σταγόνα στη δεξιά. Παρατηρήστε την μείωση της θερμοκρασίας.

Παρατηρήστε επίσης τη βέρα στο δάχτυλο του χεριού, η οποία εμφανίζεται να έχει μικρότερη θερμοκρασία από το δάχτυλο στο οποίο βρίσκεται. Όπως έχει αναφερθεί στην εισαγωγή για να υπολογιστεί σωστά η θερμοκρασία που υπολογίζεται από το λογισμικό της θερμικής κάμερας θα πρέπει να ρυθμιστεί ο συντελεστής της εκπεμπτικότητας (emissivity). Το προφανές λάθος οφείλεται στο ότι η θερμική κάμερα είναι ρυθμισμένη για  $\epsilon=0.95$  οπότε μετρά αρκετά καλά τη θερμοκρασία του δέρματος ( $\epsilon=0.98$ ) όχι όμως του μετάλλου της βέρας ( $\epsilon < 0.1$ ). Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι δεν μπορεί στην ίδια εικόνα, με την ίδια ρύθμιση της

κάμερας, να υπολογίσουμε σωστά τη θερμοκρασία δύο σωμάτων με τόσο διαφορετική τιμή του  $\epsilon$ .

**Εικόνα 3.** Η εξάτμιση του υγρού μειώνει τη θερμοκρασία του δέρματος

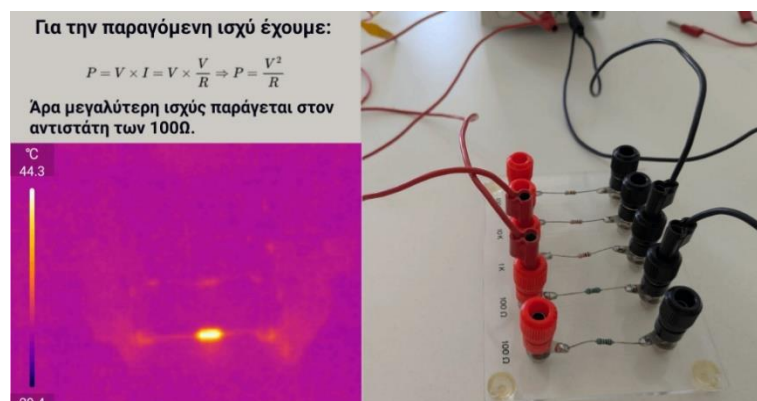


### 3. Ηλεκτρικά κυκλώματα

Η χρήση των θερμικών καμερών για τη διερεύνηση του νόμου του Joule έχει προταθεί από τους Baird et al. (2012) και Κάκονσκό (2018, 2019). Ο νόμος του Joule αναφέρει ότι όλη η ισχύς με την οποία τροφοδοτείται ένας αντιστάτης μετατρέπεται σε θερμότητα. Η ακριβής ποσοτική σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται και της ηλεκτρικής ισχύος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες και είναι έξω από τους στόχους των προγραμμάτων σπουδών στη σχολική εκπαίδευση, έτσι οι παρακάτω δραστηριότητες προτείνονται για ποιοτική παρουσίαση και διερεύνηση του θέματος.

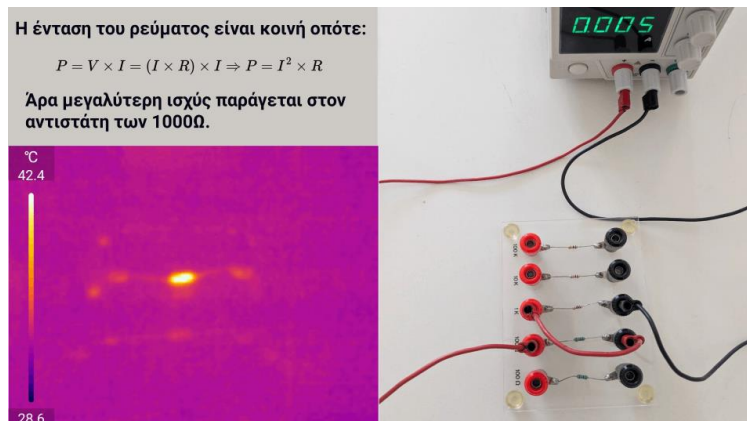
Στην Εικόνα 4 έχουμε συνδέσει παράλληλα δύο αντιστάτες με αντιστάσεις 100Ω και 1000Ω αντίστοιχα. Όταν οι αντιστάτες συνδέονται παράλληλα ο πρώτος από τους δύο (των 100Ω) διαρρέεται από ρεύμα μεγαλύτερης έντασης οπότε και η παραγωγή θερμότητας είναι μεγαλύτερη. Επομένως είναι εκείνος που αποκτά την μεγαλύτερη θερμοκρασία.

**Εικόνα 4.** Διάταξη αντιστατών σε παράλληλη σύνδεση και η θερμική καταγραφή τους



Στην Εικόνα 5 παρουσιάζονται αντιστάτες που συνδέονται σε σειρά. Στην περίπτωση αυτή διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα και ο αντιστάτης των 1000Ω παράγει μεγαλύτερη θερμότητα, οπότε αυτός είναι που αποκτά την υψηλότερη θερμοκρασία.

**Εικόνα 5.** Διάταξη αντιστάτων συνδεδεμένων σε σειρά και η θερμική καταγραφή τους



#### 4. Το φαινόμενο Joule στα δινορεύματα

Τα δινορεύματα (ή ρεύματα Foucault) είναι ηλεκτρικά ρεύματα που επάγονται σε αγώγιμα υλικά όταν αυτά εκτίθενται σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται μέσω του νόμου του Faraday για την ηλεκτρομαγνητική επαγωγή: καθώς το μαγνητικό πεδίο μεταβάλλεται, δημιουργείται ένα ηλεκτρικό πεδίο με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού ρεύματος. Τα δινορεύματα βρίσκουν εφαρμογές αλλά και παρουσιάζουν προβλήματα στην τεχνολογία. Για παράδειγμα, αξιοποιούνται σε επαγωγικά φρένα, σε φούρνους επαγωγής, καθώς και σε μη καταστροφικούς ελέγχους μετάλλων. Ωστόσο, μπορεί να οδηγήσουν και σε ανεπιθύμητη μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε θερμική σύμφωνα με το νόμο του Joule, ειδικά σε μεταλλικά εξαρτήματα μηχανών και μετασχηματιστών. Γι' αυτόν τον λόγο, στις περισσότερες ηλεκτρικές μηχανές χρησιμοποιούνται λεπτές στρώσεις μετάλλου (λαμαρίνες) για να περιοριστεί η ανάπτυξη δινορευμάτων και να μειωθούν οι απώλειες.

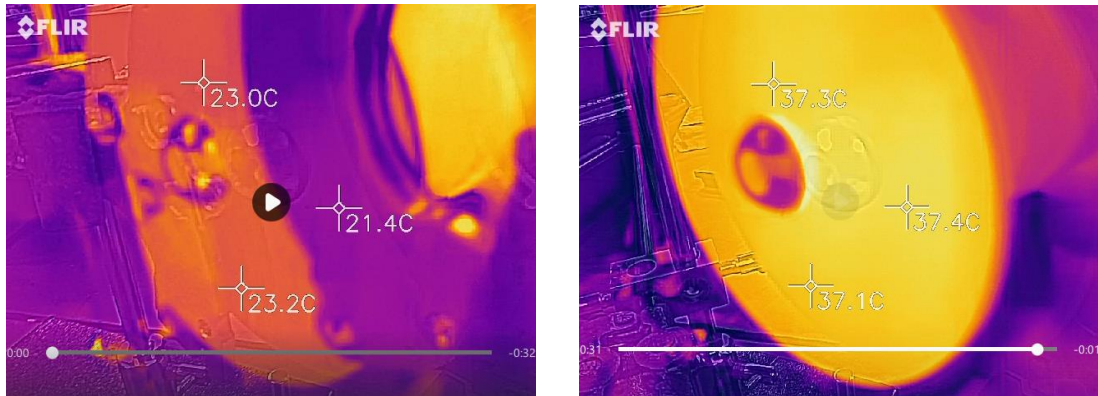
Στη διάταξη της εικόνας 6 ένας μη γυαλιστερός μεταλλικός δίσκος (από λαμπτήρα LED) περιστρέφεται με τη βοήθεια ενός ηλεκτρικού δράπανου. Πολύ κοντά στον δίσκο, αλλά χωρίς να υπάρχει επαφή, είναι σταθερά τοποθετημένοι δύο μαγνήτες νεοδυμίου από σκληρό δίσκο.

**Εικόνα 6.** Η προτεινόμενη διάταξη για το φαινόμενο Joule στα δινορεύματα



Αν ο δίσκος τεθεί σε περιστροφή χωρίς να βρίσκονται δίπλα του οι μαγνήτες δεν παρατηρείται καμία μεταβολή στη θερμοκρασία του. Αν αντίθετα η περιστροφή πραγματοποιηθεί με τους μαγνήτες τότε παρατηρείται άμεση αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία στη συγκεκριμένη περίπτωση έφτασε τους 14°C σε χρονικό διάστημα περίπου 30sec (Εικόνα 7).

**Εικόνα 7.** Μεταβολή της θερμοκρασίας του δίσκου λόγω δινορευμάτων

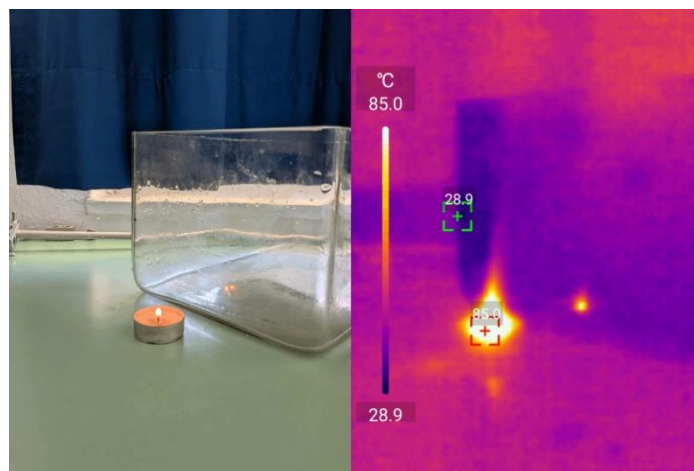


## 5. Ανάκλαση και απορρόφηση

Οι θερμικές κάμερες όπως έχει τονιστεί είναι συσκευές καταγραφής ακτινοβολίας. Οι κυματικές ιδιότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας (ανάκλαση, διάθλαση κ.λπ.) είναι παρούσες και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να μην οδηγούν σε εσφαλμένες εκτιμήσεις για την τιμή της θερμοκρασίας.

Παρατηρήστε το είδωλο του κεριού όπως εμφανίζεται στην γυάλινη λεκάνη τόσο στο ορατό φως όσο και στην υπέρυθρη (Εικόνα 8). Παρατηρείστε επίσης ότι μπροστά στο κεράκι εμφανίζεται ένα δεύτερο πιο αχνό είδωλο που οφείλεται στην ανάκλαση της ακτινοβολίας στην γυαλιστερή επιφάνεια της έδρας πάνω στην οποία είναι τοποθετημένο. Η υπέρυθρη ακτινοβολία ανακλάται επίσης και σε λείες μεταλλικές επιφάνειες. Συνεπώς στις μετρήσεις θερμοκρασίας ενδεχομένως να εμφανίζονται ψευδείς τιμές που προκύπτουν από είδωλα ανακλάσεων.

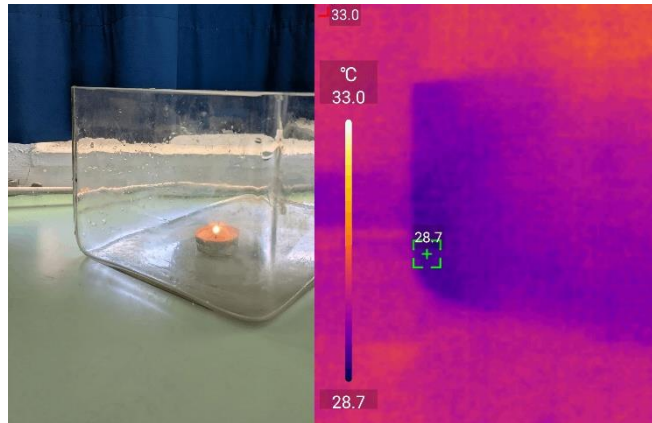
**Εικόνα 8.** Ανάκλαση της υπέρυθρης ακτινοβολίας στην γυάλινη επιφάνεια



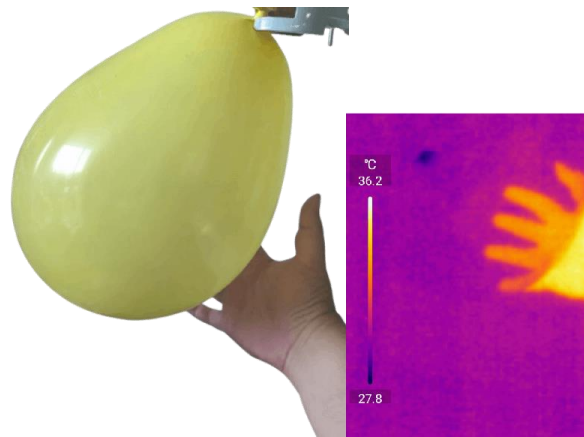
Εδώ παρατηρείται άλλος ένας περιορισμός της θερμικής κάμερας. Η εκτίμηση της μέγιστης θερμοκρασίας στους 85°C, που καταγράφεται πάνω στη φλόγα του κεριού, είναι λανθασμένη, καθώς η φλόγα έχει πάνω από δεκαπλάσια θερμοκρασία από αυτήν. Ο λόγος είναι ότι οι θερμικές κάμερες δεν μπορούν να υπολογίσουν με ακρίβεια θερμοκρασία αερίων για τα οποία δεν μπορούμε να υποθέσουμε ότι προσεγγίζουν το «μέλαν σώμα».

Στην Εικόνα 9 παρατηρούμε ότι το κεράκι μέσα στην λεκάνη εξαφανίζεται στο υπέρυθρο και συμπεραίνουμε ότι το γυαλί απορροφά την υπέρυθρη ακτινοβολία. Αντίθετα το κίτρινο μπαλόνι (Εικόνα 10) είναι σχεδόν ολότελα διάφανο στο υπέρυθρο και αδιάφανο στο ορατό.

**Εικόνα 9.** Το γυαλί απορροφά το υπέρυθρο και το κεράκι «εξαφανίζεται»



**Εικόνα 10.** Το μπαλόνι, είναι αδιαφανές στο ορατό αλλά διάφανο στο υπέρυθρο



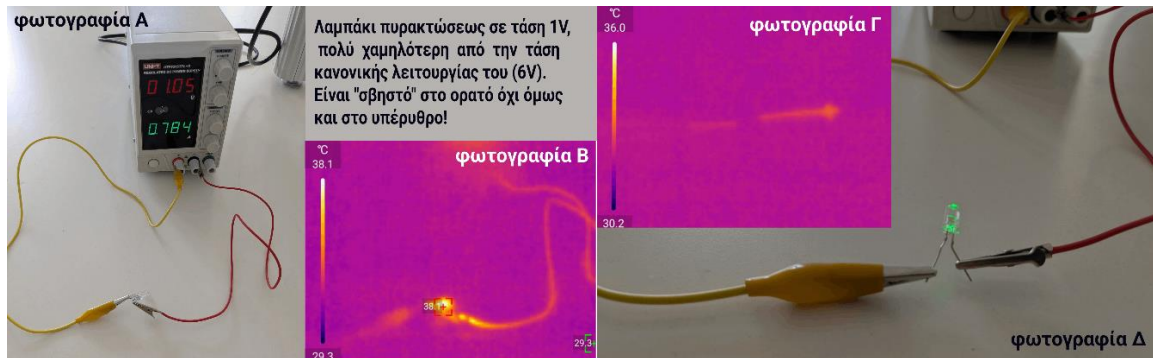
Αξίζει εδώ να παρατηρήσουμε κάτι ακόμη στην εικόνα στο υπέρυθρο που σχετίζεται με την προηγούμενη δραστηριότητα. Η μπλε κηλίδα στα αριστερά πάνω στο μπαλόνι δεν υποδηλώνει χαμηλότερη θερμοκρασία από την υπόλοιπη επιφάνεια του μπαλονιού. Πρόκειται για είδωλο ανάκλασης. Προσέξτε στην φωτογραφία στο ορατό φως το είδωλο του ανοιχτού παραθύρου!

## 6. Λαμπτήρας πυρακτώσεως έναντι λαμπτήρα LED

Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την κάμερα για να καταδείξουμε τη διαφορά ανάμεσα σε λαμπτήρες πυρακτώσεως με φωτεινές πηγές όπως οι λαμπτήρες LED, οι λαμπτήρες φθορισμού ή τα Λέιζερ. Από όλες αυτές τις φωτεινές πηγές εκείνες που πλησιάζουν περισσότερο το πρότυπο του μέλανος σώματος είναι οι λαμπτήρες φωτισμού οι οποίοι παράγουν θερμική ακτινοβολία εξαιτίας του φαινομένου Joule. Στην εικόνα 11 παρατηρούμε δύο φωτογραφίες (Α και Β) ενός λαμπτήρα πυρακτώσεως που διαρρέεται από ρεύμα πολύ μικρότερο από το ρεύμα κανονικής λειτουργίας του. Ο λαμπτήρας ακτινοβολεί έντονα στο υπέρυθρο αλλά καθόλου στο ορατό φως. Στην ίδια εικόνα και στις φωτογραφίες Γ και Δ έχουμε τροφοδοτήσει έναν λαμπτήρα LED ο οποίος παράγει πράσινο φως στο ορατό ενώ δεν

καταγράφεται καθόλου υπέρυθη ακτινοβολία γιατί το φως παράγεται από ηλεκτρική διέγερση ημιαγωγών και όχι από θέρμανση. Παρατηρήστε στη φωτογραφία Δ ότι απεικονίζονται τα κροκοδειλάκια που κρατούν το LED τα οποία θερμαίνονται καθώς διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα. Το δεξιό μάλιστα φαίνεται να εκπέμπει εντονότερα επειδή δεν περιβάλλεται από μονωτικό κάλυμμα.

**Εικόνα 11.** Λάμπα πυρακτώσεως στις Α και Β φωτογραφίες και LED στις Γ και Δ



### Ολοκλήρωση – Συζήτηση - Συμπεράσματα

Την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων ακολούθησε συζήτηση με τους συμμετέχοντες μέσα από την οποία αναδείχθηκε πως η θερμική κάμερα, πέρα από ένα εργαλείο μέτρησης, μπορεί να αποτελέσει ένα ισχυρό όχημα διερεύνησης, οπτικοποίησης και κατανόησης φαινομένων που διαφορετικά μπορεί να παραμείνουν αφηρημένα και απροσπέλαστα για κάποιους από τους μαθητές. Η χρήση της μπορεί να εμπλουτίσει τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών ενισχύοντας τον πειραματισμό και την επιστημολογική σκέψη και να προκαλέσει γόνιμο διάλογο για θέματα μέτρησης, σφαλμάτων και επιστημονικών μοντέλων. Αξίζει να διερευνηθούν περαιτέρω τρόποι αξιοποίησης τέτοιων τεχνολογιών στη σχολική εκπαίδευση.

### Βιβλιογραφία

- Baird, W. H., Richards, C., & Godbole, P. (2012). Advanced Imaging of Elementary Circuits. *The Physics Teacher*, 50(9), 561–562. <https://doi.org/10.1119/1.4767496>
- Haglund, J., Jeppsson, F., Hedberg, D., & Schönborn, K. J. (2015). Thermal cameras in school laboratory activities. *Physics Education*, 50(4), 424-430. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/50/4/424>
- Κάcovský, P. (2018). Thermal Imaging Experiments as an Inspiration for Problem-based Learning. *The Physics Teacher*, 56(9), 596–599. <https://doi.org/10.1119/1.5080571>
- Κάcovský, P. (2019). Electric Circuits as Seen by Thermal Imaging Cameras. *The Physics Teacher*, 57(9), 597–599. <https://doi.org/10.1119/1.5135785>
- Netzell, E., Jeppsson, F., Haglund, J., & Schönborn, K. J. (2017). Visualising energy transformations in electric circuits with infrared cameras. *School Science Review*, 98(364), 19–22. Ανακτήθηκε στις 6/12/2024 από: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1080962/FULLTEXT01.pdf>
- Planinšič, G., Nered, U., & Etkina, E. (2022). An Infrared Camera: Multiple Ways to Use a Modern Device in Introductory Physics Courses. Στο *Thermal Cameras in Science Education*, σσ. 147-167. Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85288-7\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85288-7_10)
- Vollmer, M., Möllmann, K.-P., Pinno, F., & Karstädt, D. (2001). There is more to see than eyes can detect. *The Physics Teacher*, 39(6), 371–376. <https://doi.org/10.1119/1.1407135>
- Wong, C. P., & Subramaniam, R. (2018). Seeing in a different light—using an infrared camera to teach heat transfer and optical phenomena. *Physics Education*, 53(3), 035007. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aaa5ee>